

# RADIOTELEGRAFIA Y RADIOTELEFONÍA

## UN MANUAL DE MAVER

### PARTE 1.

#### INCLUYE:

Primeros telégrafos inalámbricos – Telegrafía por inducción, etc. – Sistemas telegráficos inalámbricos, Marconi, Lodge-Muirhead, Slaby-Arco, Telefunken, Chispa Musical, Von Lepel, Massie, De Forest, Fessenden, Stone, Shoemaker, etc. Departamento Amateur, etc., etc.

### PARTE 2.

#### INCLUYE

Telefonía con rayos de luz – Sistemas de telefonía inalámbrica, Ruhmer, Poulsen, De Forest, Telefunken, Fessenden, Collins, Marjorana, etc.

Por WILLIAM MAVER, Jr.,

EX- ELÉCTRICISTA, INGENIERO DE LA COMPAÑÍA BALTIMORE & OHIO; MIEMBRO DEL INSTITUTO AMERICANO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS; AUTOR, “TELEGRAFÍA AMERICANA Y ENCICLOPEDIA DEL TELÉGRAFO.”

NUEVA YORK

MAVER PUBLISHING COMPANY

1910

COPYRIGHT, 1904 – 1909,

POR WILLIAM MAVER, JR.

Traducción de la obra WIRELESS TELEGRAPHY AND TELEPHONY de William Maver  
por José Carlos Gambau

*NOTA del traductor: No estamos ante un libro de divulgación cualquiera. En esta obra William Maver hace un recorrido por los diversos sistemas de radio que estaban en uso en 1910, citando sus características más importantes. Trata también las diversas teorías que intentaban explicar la propagación de las ondas más allá del horizonte, y los últimos avances de la radiotelefonía. No hay que olvidar que en la época que se escribió esta obra el audión era un elemento primitivo y de poca utilidad; todavía tendrían que pasar cuatro años para descubrir que se podía montar como elemento oscilador y amplificador, lo que abrió de par en par las puertas de la radiotelefonía y la comunicación a distancia.*

*A lo largo de todo este libro el autor, como ingeniero que era, muestra un gran conocimiento del tema, aunque lo expone de forma que lo entienda un profano en la materia. Además, cuando trata de las diversas teorías lo hace sin posicionarse a favor ni en contra de ninguna de ellas, simplemente señala sus virtudes y sus defectos. En resumen, es una obra escrita por un profundo conocedor del tema que trata y aporta numerosos detalles, ahora muy poco conocidos, que interesarán mucho al historiador de la tecnología de las comunicaciones.*

José Carlos Gambau EA2BRN

## INTRODUCCIÓN A LA CUARTA EDICIÓN.

(1910)

El núcleo de este libro se comenzó hace varios años (1901), como un Apéndice a la obra “Telegrafía Americana y Enciclopedia del Telégrafo” del autor, pero los rápidos progresos del arte de la telegrafía inalámbrica y, seguidamente, de la telefonía inalámbrica, han provocado que se necesitara de un libro separado para tratar de estos temas con la amplitud aconsejable; esto explica la existencia de este manual. El trabajo se inició siguiendo las líneas del “Telegrafía Americana”, por tanto, se ha seguido aquí el plan general de ese libro. En consecuencia, se ha tratado cada tema en un lenguaje lo más alejado posible de las fórmulas matemáticas, y todo él se ha escrito de una forma que sea clara para el lector general. En la presente edición del libro, aunque no se prescinde de ningún modo de la teoría, el autor ha intentado prestar atención particular a los aspectos prácticos del tema. Con este fin se han añadido de forma práctica los últimos perfeccionamientos de la telegrafía y telefonía inalámbricas; los datos relacionados con ello y los esquemas que acompañan se han obtenido prácticamente todos de primera mano de los ingenieros e inventores de los sistemas o dispositivos relacionados, por todo ello el autor da las más efusivas gracias y se siente obligado. En respuesta a las numerosas solicitudes se ha añadido un Departamento Amateur a esta edición.

El autor es consciente que la designación autorizada de la telegrafía y telefonía inalámbricas es radiotelegrafía y radiotelefonía, pero por ahora se adhiere a los anteriores apelativos.

W. M., JR.

182 Arlington Avenue,  
*Jersey City, N. J.*

## PARTE 1

# CONTENIDOS

CAPÍTULO I.	
INTRODUCCIÓN	Página 6
Antorchas, semáforos y otros sistemas telegráficos tempranos	
CAPÍTULO II.	
TELEGRAFÍA POR INDUCCIÓN	9
Sistemas de Phelps, Edison, Preece, Dolbear	
CAPÍTULO III.	
TELEGRAFÍA DE ONDAS ELÉCTRICAS O HERTZIANAS	15
Teoría electromagnética de la luz de Maxwell – Experimentos de Hertz – Oscilaciones eléctricas, etc.	
CAPÍTULO IV.	
PRIMEROS EXPERIMENTOS EN TELEGRAFÍA POR ONDAS ELÉCTRICAS	21
Cohesor de Branly – Lodge, Experimentos de Marconi	
CAPÍTULO V.	
TEORÍAS DE LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÉCTRICAS – LA TEORÍA ELECTRÓNICA	23
CAPÍTULO VI.	
TELEGRAFÍA DE ONDA SINTONIZADA	33
CAPÍTULO VII.	
SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE MARCONI	37
Sintonizado, no sintonizado y Larga – Distancia – Estaciones Militares y buques faro – Alfabetos Morse, etc.	
CAPÍTULO VIII.	
SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS DE LODGE Y MUIRHEAD	53
CAPÍTULO IX.	
SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS DE SLABY-ARCO Y BRAUN, TELEFUNKEN, CHISPA CANTANTE, VON LEPEL, FERROCARRILES Y PORTABLES	58 - 67
CAPÍTULO X.	
SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS DE BRANLY-POPP, GUARINI Y DUCRETET-POPOFF	82
CAPÍTULO XI.	
SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE FOREST	87
CAPÍTULO XII.	
SISTEMAS DE FESSENDEN, STONE, SHOEMAKER Y MASSIE	96
CAPÍTULO XIII.	
RAYOS ULTRAVIOLETA-TELEFONÍA INALÁMBRICA-ARCO CANTANTE, ETC.	110

CAPÍTULO XIV.	
DETECTORES-INTERRUPTORES-TRANSFORMADORES-CONDENSADORES-ANTENAS- VARIÓMETROS-.BOBINAS DE SINTONÍA, ETC. Acoplamiento fuerte y débil.	116-133
CAPÍTULO XV.	
RADIACIÓN DIRECTIVA De Forest, Marconi, Braun, Artom, señales directivas de Bellini-Tosi	148
CAPÍTULO XVI.	
APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA TELEGRAFÍA INALÁMBRICA	156
CAPÍTULO XVII.	
DEPARTAMENTO AMATEUR Estaciones de radio amateur, etc.	162
APÉNDICE.	
TEORÍAS-SISTEMAS INALÁMBRICOS DE EHRET Y BULL Sugerencias prácticas sobre señales telegráficas, ondámetros, etc.	181

# TELEGRAFÍA INALÁMBRICA

## CAPÍTULO I.

### INTRODUCCIÓN

#### ANTORCHAS, SEMÁFOROS Y OTROS SISTEMAS TELEGRÁFICOS PRIMITIVOS, ETC.

MUCHO antes de la era cristiana ya se empleaban métodos inalámbricos para comunicar inteligencia a distancia —no telégrafos eléctricos como indica el nombre en general, es cierto, pero eran inalámbricos; y no es difícil trazar el progreso en estas páginas, respecto a los medios de comunicación empleados, entre algunos de los sistemas telegráficos inalámbricos de moda hace unos dos mil años, en especial los que empleaban el éter luminífero como medio de comunicación, y los sistemas telegráficos inalámbricos de hoy día.

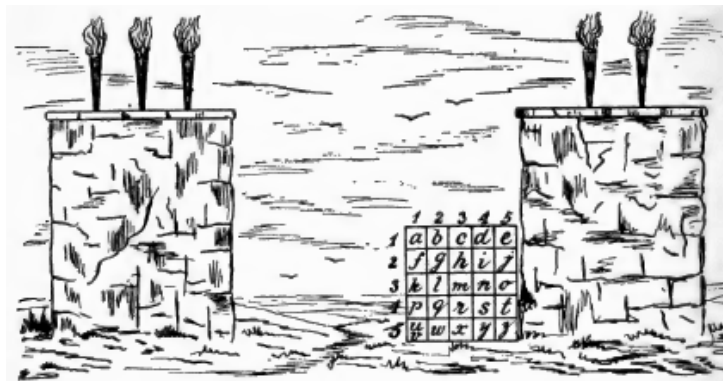


FIG. 1. TELÉGRAFO DE POLIBIO.

Los antiguos griegos probablemente fueron los primeros en adoptar métodos sistemáticos para hacer señales a distancia, y algunos de los métodos que emplearon han llegado hasta nosotros. Uno de ellos era el que se conoce como sistema de Polibio, por el nombre del historiador. En sus escritos se describe este sistema, que se usaba el 300 A.C. El método empleado era el siguiente: En cada estación se construían dos muros de diez pies de largo y unos seis pies de alto. Estos muros estaban separados por un espacio de diez pies. Por la noche se colocaban antorchas encima de los muros, una o más antorchas en cada muro, y una cierta combinación de las antorchas representaban las letras del alfabeto griego. En cada estación se disponía de una tableta que mostraba las letras del alfabeto, como se indica en la Fig. 1. Las antorchas colocadas en el muro de la derecha representaban la fila vertical; las del muro de la izquierda, la fila horizontal. Había un total de cinco antorchas en cada lado. En la Fig. 1 se emplea el alfabeto latino por más claridad. Con este código, la letra M se marcaría colocando tres antorchas en cada muro; la letra H se indicaría con dos antorchas en el muro de la derecha y tres en el de la izquierda, como en la Fig. 1, y así sucesivamente, las letras se encontraban en el punto de intersección de las filas horizontal y vertical de la tableta. Para distinguir con precisión entre los dos grupos de antorchas, ya que por la noche no eran visibles los muros, se empleaba un doble tubo, que estaban preparados para que al mirar por ambos tubos se vieran ambos grupos de antorchas; pero cuando se miraba por un tubo sólo se veía un grupo, lo que aseguraba la visión correcta de la combinación. Cuando no se hacían señales, se colocaban las antorchas detrás de los muros. Cuando se deseaba “llamar” a una estación distante, se colocaban dos antorchas en un muro y la respuesta era una señal similar.

Se indica que el código aquí mostrado se usa, más o menos modificado, hoy en día en los departamentos militares de diversos países como un modo para telegrafiar mapas. Para ello se dibuja el mapa en una hoja de papel cuadrículado, de los que hay un duplicado en cada estación. Las líneas del mapa están numeradas de un modo preacordado para enviar los números horizontales y verticales de las filas de las cuadrículas formadas por las líneas del mapa.

Los galos también, han transmitido inteligencia importante a distancia mediante un método más simple y primitivo, aunque no tan eficiente. Se enviaba un mensajero a una colina, donde gritaba o trompeteaba su mensaje aparentemente a los vientos. No tardaba en llegar una voz o trompeta que le respondía y repetía el mensaje a otro oyente más lejano, y así forma se pasaba el mensaje de uno a otro y de esta forma un mensaje que llamaba a las armas a las tribus de Galia viajó en tres días desde Auvergne hasta los bosques de Armórica en una dirección y hasta las orillas del Rhin en la otra.

Tal vez con unas pocas excepciones, los métodos para transmitir inteligencia a distancia han sido practicados incluso por las razas menos civilizadas. El uso de fuegos por la noche y humo por el día como medio para comunicar las noticias de un enemigo, u otros usos, ha sido muy empleado por las tribus indias en este país. En el Camerún, África, las tribus emplean un instrumento que llaman *elliembec*, que al golpearlo, y con una especie de código fonético sólo conocido por ellos, se envían señales de un punto a otro en las selvas más profundas, y arriba y abajo por los ríos de ese país. El *elliembec* es una especie de tambor de forma cilíndrica, de unos tres pies de largo y seis pulgadas de diámetro, con agujeros en los lados y en el extremo, por los cuales pasa el sonido. Según Garner, por medio de este instrumento se transmiten los mensajes de un poblado a otro separados hasta tres millas.

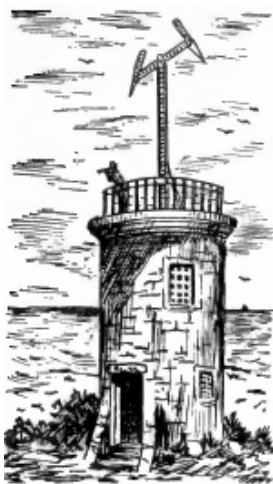


FIG. 2. SEMÁFORO DE CHAPPÉ

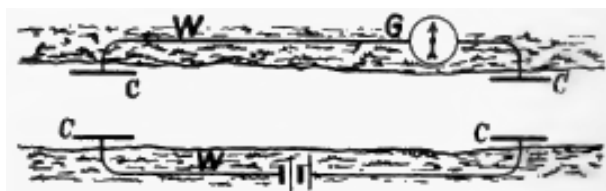


FIG. 3. TELEGRAFIAR A TRAVÉS DEL AGUA.

Hacia finales del siglo XVIII un francés, Claude Chappé, inventó otro sistema telegráfico inalámbrico, el semáforo. El semáforo Chappé, al igual que los dispositivos para señales empleados hoy día en los ferrocarriles, consiste de un poste vertical, en cuya parte superior gira un brazo móvil. Pero en el semáforo de Chappé, los brazos están dispuestos de una forma muy diferente a los semáforos ordinarios del ferrocarril. En él el brazo de la parte superior del poste tiene una longitud de unos catorce pies; en cada extremo de este largo brazo gira un brazo más corto. Con un sistema de poleas y cuerdas se pueden colocar estos brazos en muchas posiciones diferentes, y a las diferentes posiciones se corresponden las diferentes letras del alfabeto. Unos brazos miniatura del semáforo, operados también por cuerdas y poleas, se encuentra en el fondo del poste, y por medio de él el operador puede ver la posición en la que ha colocado los brazos.

Estos semáforos (Fig. 2) se colocaban en torres, colinas, etc. separados por seis a diez millas, y operadores expertos podían enviar señales a una velocidad de tres palabras por minuto. Para que los operadores pudieran ver las señales distantes se disponía de telescopios en cada torre. Este método de telegrafiar se extendió ampliamente en Europa, especialmente en Francia y Rusia, y repitiendo las señales de torre a torre, se cubrían territorios de cientos de millas. Sólo



en Rusia una línea de estas torres se extendía desde la frontera de Prusia a San Petersburgo, una distancia superior a 1200 millas.

Otros sistemas telegráficos inalámbricos, en sentido estricto, son el conocido heliógrafo o sistema de señales por espejo, faros, banderas, hogueras, etc., ahora en uso general por los diversos ejércitos y armadas del mundo, y puede verse una descripción en la obra del autor “Telegrafía americana”.

Después del sistema por semáforo apareció el telégrafo eléctrico por hilos, y después los sistemas telegráficos eléctricos sin hilos. De hecho, se puede decir que, al contrario de lo que pueda creerse, la telegrafía eléctrica inalámbrica se practicó a pequeña escala antes de la invención de la telegrafía por hilos. Hace unos ciento cincuenta años se enviaron señales eléctricas sin hilos a través del agua, ríos, lagos, etc. Por ejemplo, el Dr. Watson, Obispo de Llandaff. Envío sacudidas eléctricas a través del Támesis, y seguidamente a través del New River en Newington. Similares experimentos fueron hechos por Franklin en 1748 a través del Schuylkill en Filadelfia, y por Du Luc un año después a través del Lago de Ginebra. Morse también, en 1842, transmitió señales a través de un canal de una anchura de ochenta pies sin hilos, usando el montaje mostrado en la Fig. 3, en el cual W W son hilos aislados de una longitud entre 200 y 400 pies; G es un galvanómetro; la batería se indica con las rayas verticales gruesa y delgada; C C son grandes placas de cobre de unos cinco pies de largo por dos pies de ancho. Se usa un manipulador para abrir y cerrar el circuito de la batería. Experimentos similares, pero a mayor escala, se hicieron en la India y siempre han mostrado que se obtienen los mejores resultados cuando la longitud de los hilos en la costa es igual a la anchura del río por donde se han de enviar las señales. Pero en todos estos ejemplos el agua o la tierra es el conductor de los impulsos eléctricos o corriente.

Es evidente que los sistemas que se acaban de referir no son inalámbricos en ningún otro sentido que el indicado, ya que en los instrumentos usados, dentro y fuera de ellos, se evidencian mucho los hilos. Sin embargo, el término es adecuado, e indica con bastante claridad lo que significa, la ausencia de un hilo de conexión entre las estaciones, y más en especial cuando se considera lo absolutamente necesarios que se pensaba que eran los hilos de conexión entre las estaciones de un sistema telegráfico eléctrico. Apenas algún escritor sobre el tema de la telegrafía eléctrica hace unos cuarenta o cincuenta años se creía con derecho a alabar sus bondades.

“De cima a cima, de costa a costa,  
Se urdirá el cordón mágico;  
El nuevo Prometeo robará una vez más  
El fuego que despierta a los muertos.”

El término “telegrafía inalámbrica” como se usa ahora generalmente, se refiere a los métodos eléctricos de reciente diseño, como los de Marconi, De Forest, etc., en los cuales se elimina el hilo entre las estaciones transmisora y receptora, y se utilizan las ondas eléctricas o del éter en el espacio libre entre las estaciones transmisora y receptora. Sin embargo, estos no son los únicos sistemas de telégrafos inalámbricos en que las ondas eléctricas son el factor que importa, ya que es muy conocido que hace sólo quince o dieciocho años se usaron de forma muy limitada varios sistemas telegráficos eléctricos inalámbricos, que algunas veces se han llamado, quizás a falta de un nombre más adecuado, sistemas telegráficos de inducción, de los que describiremos algunos.

Lo siguiente son algunos de los otros términos que se han sugerido para la nueva telegrafía: telegrafía espacial, telegrafía de chispas, telegrafía sin hilos de línea, telegrafía de onda eléctrica, telegrafía de ondas etéricas y telegrafía de ondas hertzianas. Sin embargo, en general, en las siguientes páginas se usará el término “telegrafía inalámbrica” para indicar la telegrafía de onda eléctrica o telegrafía de ondas hertzianas.

## CAPÍTULO II.

### TELEGRAFÍA POR INDUCCIÓN

#### SISTEMAS DE PHELPS, EDISON, PREECE Y DOLBEAR.

LOS SISTEMAS por electromagnetismo e inducción electrostática se basan en el fenómeno de la inducción mutua entre hilos. La inducción electromagnética fue descubierta por Faraday y Henry. Los experimentos de Henry fueron en gran parte con bobinas planas, una situada sobre la otra. Cuando se abre y cierra un circuito que contiene una bobina y una batería, se observa que se induce una corriente en un hilo próximo, y la corriente va en la dirección opuesta a la corriente originadora. Esta corriente será indicada con un galvanómetro en el segundo circuito. También tiene lugar esta acción entre dos hilos rectos y paralelos. En la Fig. 4, por ejemplo, A y B son dos circuitos paralelos; *b* la fuente de fuerza electromotriz. Si se abre y cierra a intervalos el interruptor K, se verá en las desviaciones del galvanómetro O que en esos momentos aparecen unas corrientes en B, y que la corriente que aparece cuando se cierra el manipulador es opuesta a la que se origina cuando se abre; y además, la corriente que se origina en B al cerrar tiene la dirección opuesta a la corriente de la batería *b*, y viceversa.

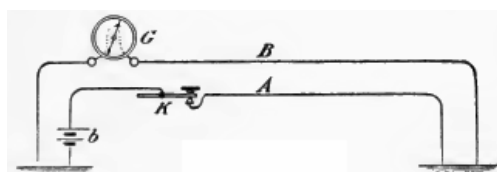


FIG. 4.

Se explica este efecto diciendo que las líneas de fuerza que rodean a un hilo que transporte una corriente, al subir y caer “cortan” al hilo paralelo e inducen en él corrientes que varían de fuerza y frecuencia con la corriente del primer hilo. Si se hacen lo suficiente largos los hilos A y B y se emplea una fuerza electromotriz lo suficiente grande, y se abre y cierra rápidamente en uno de los hilos, las corrientes inducidas se indicarán en el segundo hilo, aunque los hilos estén muy separados. Este hecho se utiliza en los sistemas de telegrafía por inducción de Phelps, Preece y otros.

La inducción electrostática se explica por el hecho que cuando una placa metálica, hilo, u otro conductor de electricidad, recibe una carga de electricidad positiva o negativa induce en un conductor cercano una carga de polaridad opuesta. En el momento de tomar esta carga, y también cuando se disipa la carga, se establece una corriente momentánea en el conductor. Pero en el caso de la inducción estática la corriente que se establece en el conductor cercano, por ejemplo, B, Fig. 4, tiene prácticamente la misma dirección que las corrientes que acompañan la carga y descarga en el hilo A.

**La bobina de inducción.** – Este aparato, que se usa extensamente en la radiotelegrafía, rayos X, etc., está diseñado para aprovechar la inducción mutua entre hilos paralelos. Las espiras de la primera bobina o primario (ver C, Fig. 6) está bobinada sobre un núcleo de hilos de hierro; el hilo secundario o bobina secundaria también está bobinada sobre este núcleo, al lado, o encima, del hilo primario. Las espiras del hilo primario, donde se encuentra la batería, son adyacentes a las espiras del hilo secundario, las aperturas y cierres del circuito, o variaciones rápidas, que se producen en la fuerza de la corriente en el circuito primario, crean corrientes de polaridad alterna en la bobina secundaria. El número de espiras en el hilo primario de la bobina de inducción son relativamente pocas, y el hilo que se usa es grueso; mientras que el hilo secundario se compone de muchas espiras de hilo fino. El número de vueltas en el primario de una bobina de inducción usada en telefonía puede ser de 61, con una resistencia de 0,25 ohmios; el número de vueltas del secundario 1950, con una resistencia de 100 ohmios. En las bobina de inducción grandes, que dan, por ejemplo, una chispa de diez pulgadas, la resistencia del

primario puede ser de 0,3 ohmios; la del secundario, 12.000 ohmios. La fuerza electromotriz que se desarrolla en un circuito es proporcional a las líneas de fuerza que cortan el circuito en un tiempo dado. De aquí que las líneas de fuerza del hilo primario al subir y bajar cortan por separado todas las espiras del hilo secundario, la fuerza electromotriz total en esta última se amplifica muchas veces, mientras que la corriente se reduce, debido a la alta resistencia del hilo secundario. La fuerza de una bobina de inducción se significa normalmente por la longitud de la chispa que salta a través del aire, entre los terminales del hilo secundario.

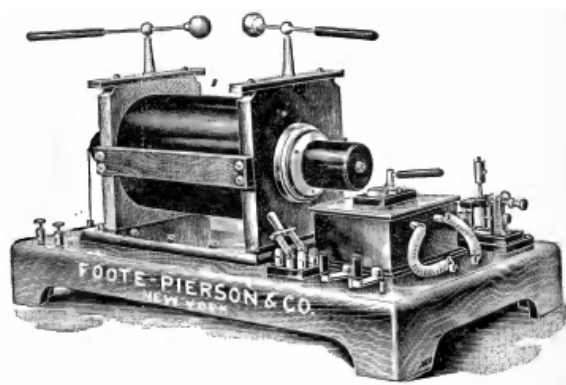


FIG. 5. BOBINA DE INDUCCIÓN.

En las bobinas de inducción de tamaño pequeño las aperturas y cierres del circuito primario normalmente se obtienen con un dispositivo similar al de un “zumbador” o timbre ordinario, como B en la Fig. 6, que se llama interruptor o vibrador. Normalmente se coloca un condensador entre las puntas de contacto del vibrador, se ha observado que ayuna muchísimo a la eficiencia de la bobina y reduce las chispas en los contactos. El condensador es virtualmente una botella de Leiden preparada de una forma adecuada, que consiste normalmente de hojas de estaño separadas por papel parafinado o mica, las capas alternas de hojas de estaño se conectan juntas, formado dos series de hojas. El tamaño de la bobina de inducción que se emplea en la telegrafía inalámbrica para emitir las oscilaciones eléctricas en el circuito transmisor varía entre unas pocas pulgadas de longitud y diámetro hasta un pie de largo y ocho pulgadas de diámetro, dependiendo de la longitud de chispa o potencia deseada. La forma externa general de las bobinas de inducción relativamente grandes se ilustra en la Fig. 5. En las bobinas de este tamaño el vibrador normalmente está separado de la bobina, debido a la rápida desintegración de los contactos en B ante las fuertes corrientes. El vibrador en la Fig. 5 es un interruptor magnético. Se ve a la derecha de la figura. El condensador se encuentra en la caja cuadrada mostrada a la izquierda del interruptor. Se varía la capacidad del condensador por medio de las dos manecillas de encima de la caja. Los interruptores son para abrir e invertir la batería según se desee. También se usan otras formas de interruptores en el primario de la bobina de inducción. Algunos de estos interruptores consisten de dispositivos con los cuales se abre mecánicamente el circuito primario, como en el sistema de Preece. En otros el circuito primario se abre subiendo y bajando los contactos en una pequeña vasija que contiene mercurio, y con otros medios, algunos de los cuales se ilustrarán en un próximo capítulo.

En la práctica se puede suponer que hay una “subida” y una “bajada” de las líneas de fuerza en el circuito secundario a cada cierre y apertura del primario de la bobina de inducción. Aunque algunos experimentos de Bernstein y otros han demostrado que aparecen oscilaciones de la corriente entre las interrupciones de la corriente de la batería, las pulsaciones extras se amortiguan muy rápidamente y su efecto no es muy apreciable. Se harán más referencias a las oscilaciones eléctricas cuando se traten las ondas hertzianas.

#### EL TELÉGRAFO DE INDUCCIÓN DE PHELPS

Tal vez esta sea el primer sistema telegráfico de inducción que funcionó de forma práctica en este país o Europa. Se diseñó en 1886 para comunicar entre los trenes en movimiento y las estaciones de ferrocarril. En la Fig. 6 se puede ver el montaje de los circuitos que empleaba. Se

tiende un hilo aislado W entre los raíles del tren de estación a estación. Se bobina un hilo C sobre un soporte adecuado alrededor del vagón, como indican las líneas negras, el vagón está marcado con líneas de puntos. Se usa una bobina de inducción I para enviar pulsaciones a la bobina, y estas pulsaciones se transmiten, por medio de la inducción electromagnética, a través del aire al hilo W entre los raíles. Se emplea en cada estación un montaje similar con una bobina de inducción, manipulador y teléfono. Las pulsaciones del hilo W se escuchan en el teléfono en la estación como un tono prolongado o “zumbido” cuando se cierra el manipulador o transmisor K, pero cuando se abre el manipulador el tono desaparece, al igual que cuando se abre la bobina secundaria C’. Así, abriendo y cerrando el manipulador K, el operador del vagón puede transmitir tonos largos y cortos que se corresponden con los puntos y rayas del alfabeto Morse que serán recibidos por el operador en la estación. De igual forma se puede hacer funcionar la bobina de inducción en la estación y las pulsaciones atraviesan el hilo entre los raíles e inducen corrientes pulsantes en la bobina que está alrededor del vagón, el operador en la estación también puede abrir y cerrar estas pulsaciones en puntos y rayas que se reciben en el vagón como señales inteligibles. Se puede ver que están preparadas las conexiones de la bobina y del teléfono T de tal forma que cuando se abre el transmisor se coloca en circuito al teléfono, y la bobina de inducción C’ está desconectada del circuito, y cuando se cierra el manipulador, como en la figura, sucede lo contrario. En la figura, B es la armadura o interruptor del circuito primario de la bobina de inducción. Por claridad, las bobinas de inducción respectivas se colocan una al lado de la otra sobre el núcleo de hilos de hierro. Se usó este sistema en una sección de doce a quince millas de un ferrocarril de Nueva York, y el escritor ha tenido varias oportunidades de observar su funcionamiento. Las señales Morse, compuestas, como se ha dicho, de tonos largos y cortos en el teléfono, se intercambiaban fácilmente entre las estaciones y el vagón durante todo el viaje. Incluso aunque el vagón equipado con la bobina y los aparatos se encontraran en la vía lateral a sesenta pies del hilo, era posible intercambiar mensajes entre el vagón y la estación.

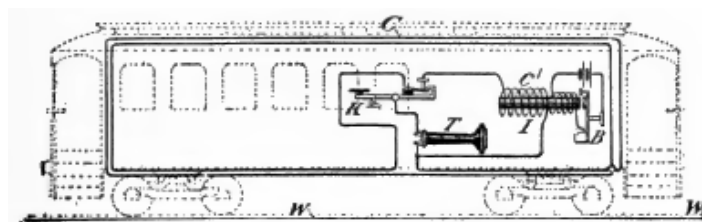


FIG. 6. TELÉGRAFO DE INDUCCIÓN DE PHELPS.

#### EL TELÉGRAFO DE INDUCCIÓN DE EDISON

En la Fig. 7 se puede ver otro sistema telegráfico de inducción, algo similar al descrito, en lo que respecta al montaje de los aparatos transmisor y receptor en la estación y en el vagón, también en funcionamiento para un uso similar en el Lehigh Valley Railroad. Este es un sistema de inducción electrostática, y fue diseñado por Wiley Smith en 1881. Más tarde fue perfeccionado por Edison y Gilliland.

En este sistema se usa el tejado metálico Y del vagón o vagones del tren como una placa de un condensador, los hilos telegráficos que corren al lado de la vía es la otra placa; el medio aislante o dieléctrico es el aire entre ambos. En la estación X varios condensadores ordinarios por medio de un terminal a los hilos telegráficos adyacentes, mientras que el otro terminal se conecta al transmisor o manipulador y después por medio de los aparatos a tierra. En el vagón se conecta el techo metálico al manipulador y de él a la bobina de inducción o teléfono a tierra. En este sistema, cuando se acciona la bobina de inducción en cada estación los condensadores en un caso y los techos e hilos adyacentes se cargan y descargan alternadamente; las corrientes así producidas crean en el teléfono de la estación receptora un tono prácticamente idéntico al de la bobina de inducción con el método magnético.

Cuando se introdujeron estos sistemas se supuso que habría una demanda general en todos los ferrocarriles, los que apoyaban el sistema urgían su adopción como medio para evitar

accidentes, en especial colisiones, e incidentalmente los viajeros estarían en contacto con el mundo “estacionario”. Sin embargo no se realizaron estas expectativas.

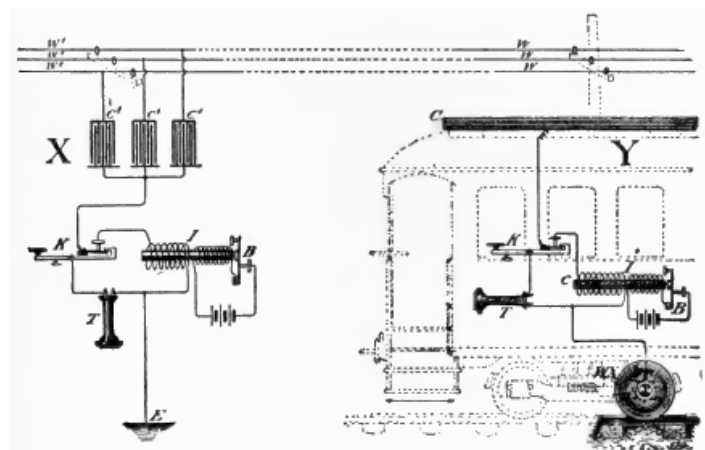


FIG. 7. TELEGRAFÍA POR INDUCCIÓN DE EDISON.

#### EL MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO DE PREECE.

Con un método análogo al sistema de inducción de Phelps, el método electromagnético, Sir W. H. Preece consiguió en 1892 enviar señales a una distancia de tres millas sin hilos de conexión, entre Penarth en tierra, y la isla de Flat Holm en el Canal de Bristol. Se usan dos hilos paralelos sobre postes, uno en tierra firme y el otro en la isla. Los hilos tienen cada uno tres millas de longitud. Estos hilos sirven alternadamente como hilos primario o secundario, dependiendo de que se emplee como hilo transmisor o receptor. Los hilos respectivos están conectados a tierra en cada extremo. Se usan teléfonos como receptores, como en los sistemas de Phelps y Edison.

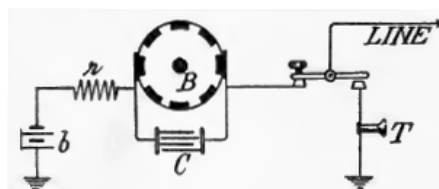


FIG. 8. TELÉGRAFO DE INDUCCIÓN DE PREECE (TEORÍA).

En vez de emplear una bobina de inducción para generar los impulsos electromagnéticos, Mr. Preece emplea un motor para hacer girar una rueda que abre y cierra un contacto (Fig. 8) por medio de la cual se obtiene una brusca subida y caída de la corriente, que a su vez tiene un efecto más pronunciado sobre el instrumento receptor T. La rueda interruptora tiene un condensador C en paralelo;  $r$  es una resistencia ajustable. La batería  $b$  consiste de 100 pilas secas. Se usan unas 600 alternancias por segundo. Mr. Preece afirma que las 100 pilas con su rueda interruptora da buenos resultados a 3,3 millas con una potencia de  $2\frac{1}{2}$  CV transformada en corriente alterna con un transformador, o bobina de inducción, debido a la curva senoidal más suave de la última. Cuando se cierra el manipulador K se transmiten a la línea las pulsaciones de B; cuando se abre, el teléfono T está en circuito con las señales recibidas de la estación distante.

Más reciente el mismo experimentador ha conseguido establecer un circuito telefónico inalámbrico por medio del cual se transmite la voz entre el buque faro de Skerries y Anglesey en tierra firme, con una distancia cercana a 3 millas; el hilo paralelo en Skerries tiene una longitud de 750 yardas, y el de tierra firme 3,5 millas, los extremos de cada hilo terminan en el mar. En estos sistemas se utiliza la inducción magnética y la conducción eléctrica a través de la tierra y agua. Se emplea un teléfono transmisor y receptor ordinario. Se ha sugerido que los barcos podrían hablar entre sí con este montaje, a una distancia considerable, tendiendo un hilo

largo de cobre de proa a popa pasando por los extremos de los mástiles, los extremos de los hilos estarían en el mar.

**Relé de llamada Evershed.** – En el sistema de inducción de Phelps al principio se intentó accionar un relé con las pulsaciones inducidas de la corriente y hacer que el relé accionara un resonador, para poder emplear el método Morse de recepción. Esto permitiría también un método de llamada audible. Sin embargo, este montaje no es muy satisfactorio, y se utiliza el teléfono como receptor. Es obvio que en este último caso es necesario que el operario tenga constantemente el teléfono en el oído para escuchar las llamadas. En el sistema de Preece se soluciona esta dificultad con el uso de un relé sensible, de Mr. S. Evershed. Este relé consiste de un rectángulo de hilo muy fino, que se coloca un lado en el campo de un potente imán. El rectángulo se sujeta por un lado con un bloque aislante. El hilo que forma el rectángulo forma parte del circuito de señales. Cuando se establece una corriente en el rectángulo su extremo libre vibra arriba y abajo, debido al efecto mutuo del campo del imán y el campo de la bobina de hilo fino. Se coloca un tornillo de contacto, o punta, para controlar el circuito local de un timbre, cerca del extremo libre del rectángulo para que se cierre el circuito local cuando vibre el rectángulo, y por medio del mismo se acciona el timbre. También hay una modificación de este relé diseñado por Mr. Evershed, donde dos rectángulos se colocan para que las puntas de contacto unidas a sus extremos libres entren en contacto y cierren un circuito local cuando las pulsaciones magnéticas atraviesan el circuito receptor. Las conexiones de las bobinas correspondientes están de tal forma que las pulsaciones hagan que oscilen en fase opuesta, y las puntas de contacto están preparadas para que cierren el circuito local. Por otra parte, cuando se sacuden mecánicamente las bobinas, vibran al unísono y los contactos no cierran el circuito. La ventaja de esto es que las sacudidas, etc., que sufren estos instrumentos a bordo de un barco no causan falsas “llamadas”. La velocidad de vibración fundamental de estos rectángulos es de dieciséis periodos por segundo. El método que se emplea para hacer las llamadas es el siguiente: un alternador pequeño, al que se une un pesado volante en el eje de la armadura, se pone en movimiento con la mano. Primero se hace girar a mayor velocidad que la necesaria para establecer las pulsaciones de dieciséis periodos por segundo, después “se corta la corriente de excitación y se deja que la máquina se detenga gradualmente, pasando lentamente por la velocidad de sincronismo, de esta forma los rectángulos tienen tiempo para alcanzar su máxima amplitud”, y se da la llamada.

En estos sistemas se ha encontrado que la longitud de los hilos paralelos debe ser igual a la distancia a la que se han de enviar las señales, como en el caso citado del envío de señales a través del agua.

**Experimentos de Stevenson.** – Se han hecho muchos experimentos a gran escala con bobinas de hilo como medio para enviar señales por inducción electromagnética. En algunos de los experimentos la bobina tiene forma de anillo, en otros de triángulo, rectángulo, etc. Como resultado de estos experimentos Mr. C. A. Stevenson encontró que para enviar señales a media milla, se necesitaban nueve espiras de hilo de hierro del No. 8, formando una bobina de 400 pies de diámetro, y una corriente de un amperio.

Mr. Stevenson afirma que la distancia del envío de señales con este método “es proporcional a la raíz cuadrada del diámetro de una de las bobinas, de tal forma que para cualquier número dado de espiras, hacer señales al doble de esta distancia exige doblar el diámetro de las bobinas, o doblar el número de espiras. Pero esta ley no se sigue cuando las bobinas están juntas entre sí.”

En otros experimentos, se emplearon dos bobinas, cada una de un diámetro de 600 pies, y separadas por un espacio de 2550 pies, de centro a centro, y se recibieron fácilmente las señales con dos teléfonos. Se usó una batería de 100 pilas secas, pero todavía se podían escuchar las señales reduciendo la batería hasta 15 pilas. Se probó el efecto de poner a tierra los terminales de las bobinas y se comparó con los resultados con un circuito metálico completo, y se notó poca diferencia.

En 1886 Mr. A. E. Dolbear patentó un sistema telegráfico inalámbrico que consistía de un hilo vertical en cada estación, con los medios para establecer un potencial positivo en una tierra y un potencial negativo en la otra, y al variar el potencial en una tierra se hacía variar el

potencial de la otra tierra, y estas variaciones causaban corrientes que atravesaban la tierra entre las dos estaciones, que accionaban un receptor telefónico. Mr. Dolbear experimentó con estos dispositivos usando una cometa para elevar los hilos verticales, y pudo recibir señales telegráficas a cortas distancias. (Patente USA No. 350.299)

En 1891 Mr. T. A Edison patentó un sistema telegráfico de inducción diseñado para comunicar entre estaciones terrestres y entre barcos en el mar. También propuso usar hilos verticales sujetos a los mástiles de los barcos y con globos cautivos. Propuso usar una bobina de inducción para establecer pulsaciones rápidas en la estación transmisora, y un instrumento receptor sensible, como un receptor telefónico, en la estación receptora. (Patente USA No. 465.971)

La idea de Mr. Edison era que los impulsos electrostáticos se transmitieran inductivamente a través del aire entre las estaciones.

## CAPÍTULO III.

### TELEGRAFÍA CON ONDAS ELÉCTRICAS O HERTZIANAS

#### TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE LA LUZ DE MAXWELL – EXPERIMENTOS DE HERTZ – OSCILACIONES ELÉCTRICAS, ETC.

NO es concebible que una acción de cualquier tipo pueda tener lugar a distancia sin la ayuda de algún medio que intervenga. Cuando estaban de moda las campanillas de puerta del viejo estilo, el medio visible entre el pulsador de la puerta y la campanilla dentro de la casa era el hilo con sus palancas; se hacía sonar la campana de la iglesia en el campanario por medio de la cuerda que corría hacia abajo hasta la sacristía; y que se escuchara una voz, campana o diapasón a una distancia relativamente corta se explicaba con la teoría de la propagación de las ondas sonoras en el aire.

La explicación de la forma que el sonido llega hasta el oído es que la voz, campana o diapasón crea en las partículas de aire que le rodean vibraciones o excursiones adelante y atrás, estas vibraciones u ondas se propagan de partícula a partícula de aire, o de una serie de partículas a otra serie, radialmente en todas direcciones desde la fuente. En cada onda hay dos condensaciones o rarefacciones de las partículas de aire. Cuando las ondas de aire llegan al tambor en el oído este último entra en vibración y se produce la sensación de sonido. Se dice que las ondas de sonido oscilan longitudinalmente en la dirección de propagación.

Que el aire es el medio por el que se transmite el sonido en los casos mencionados, se puede demostrar con el experimento familiar de colocar una campanilla en una cámara de aire de la que se puede extraer el aire. Se puede hacer sonar un timbre eléctrico en la cámara, y a través de las ventanillas de vidrio se puede ver y escuchar el timbre. Cuando se pone en acción la bomba de aire y gradualmente se hace el vacío, el sonido del timbre se va reduciendo y finalmente desaparece, a pesar de que todavía se puede ver al martillito en acción; esto indica que el aire es el medio por el que se propaga hasta nosotros el sonido del timbre. Sin embargo, como se acaba de indicar, el timbre sigue siendo visible. Pero, como es evidente, se ha descartado la idea de una acción a distancia sin un medio de conexión, el medio por el que vemos el timbre todavía no se ha eliminado. A pesar que el aire no es el medio por el que el timbre (o cualquier otra cosa) no es visible, existe otro medio por el que se propaga la luz, algo que todavía es más obvio cuando se considera que la atmósfera no se extiende miles de millas, al menos más allá de la Tierra, y sin embargo todavía nos llega la luz de las estrellas más distantes. Este medio se llama éter, una sustancia que permea aparentemente todo el espacio y todos los cuerpos, y al que las paredes de vidrio de la cámara de aire en el experimento referido son igual de abiertas que una jaula de pájaros dentro de un cubo de agua, y mucho más. El Dr. Lodge ha definido este medio: “El éter es una sustancia perfectamente continua, sutil e incompresible, que permea todo el espacio y penetra entre las moléculas de toda la materia ordinaria, que está embebida en ella y conectada entre sí con sus propios medios. Debemos considerarlo como un medio universal por medio del cual se ejecutan todas las acciones entre los cuerpos; su función es actuar como transmisor de movimiento y energía”.

Se supone que la propagación de las ondas sonoras en el aire, y también algunos fenómenos relacionados con ello, son en algunos aspectos análogos a la propagación de las ondas de la luz en el éter. Quizás valga la pena tocar brevemente algunos hechos conocidos relacionados con las ondas sonoras más familiares a nosotros.

Cuando se golpea un diapasón mientras se sostiene en la mano vibra con una velocidad definida, que depende de la longitud, diámetro, etc., del diapasón; y al hacerlo, da un sonido o nota de un cierto tono, que se llama nota fundamental. Las ondas sonoras viajan por el aire a una velocidad de 1120 pies por segundo (la velocidad varía algo con la temperatura). De esto se deduce que la longitud de una onda dependerá del número de vibraciones por segundo. Por tanto, para producir la nota C se necesitan 261 vibraciones u oscilaciones por segundo, y la longitud de onda será  $1120/261$ , o, aproximadamente, 4,3 pies. Para la octava de esta nota se



han de doblar las oscilaciones, es decir, 522 por segundo, y por tanto su longitud de onda será la mitad.

Cuando la velocidad de vibración fundamental de diapasones, lengüetas, cuerdas, etc., es la misma se dicen que están en unísono, armonía o sintonía. Cuando están sintonizados, los diapasones o cuerdas responden fácilmente a las vibraciones sonoras de su propia frecuencia, y continúan vibrando durante un tiempo después de cesar la causa originadora. Por ejemplo, si se pone en vibración un diapasón sintonizado junto a otro diapasón exactamente similar, este último comenzará a vibrar en respuesta a las vibraciones del aire creadas por el primer diapasón, y continuará vibrando durante un tiempo después de haber sacado el primer diapasón. Pero vibraciones u ondas de diferente orden, a menos que sean armónicos u octavas de la nota fundamental, no afectarán materialmente a los diapasones. Afortunadamente, cosas como el tambor del oído y el diafragma de un receptor telefónico responden fácilmente a una gran variedad de vibraciones y se detienen o están amortiguados para que finalicen con la causa original de las vibraciones. Es muy conocido que las ondas sonoras son reflejadas por los objetos que no pueden penetrar, dando origen al familiar eco. También es conocido que las ondas sonoras se pueden refractar; es decir, cambian su dirección al pasar de un medio a otro.

Según la teoría ondulatoria de la luz, los átomos o moléculas de un cuerpo luminoso, como una lámpara ordinaria, vibran con una notable rapidez, y estas vibraciones se comunican al éter que rodea al cuerpo luminoso, y por tanto se forman en el éter las perturbaciones, vibraciones u ondulaciones correspondientes, que se radia en todas direcciones desde la fuente. Estas ondas u ondulaciones en el éter cuando llegan al ojo dan origen a la sensación de luz. Los experimentos y los cálculos han demostrado que la luz viaja a una velocidad de 186.000 millas por segundo. También las ondas de la luz que caen sobre la retina y se manifiestan como luz roja, vibran a una velocidad de 400.000.000.000.000 por segundo; las ondas que producen la luz violeta, a la velocidad de 700.000.000.000.000 por segundo; y las ondulaciones que producen el amarillo, azul, naranja, etc., caen entre estas cifras; y la combinación de todas estas ondulaciones diferentes da el blanco o luz diurna. La longitud de estas ondas es notablemente pequeña, aproximadamente  $1/35000$  de pulgada para la luz roja y  $1/65000$  de pulgada para la luz violeta. Desde hace tiempo se sabe que las ondas luminíferas, al igual que otras formas de movimiento ondulatorio, se pueden reflejar, refractar, etc.

En 1864 Clerk-Maxwell demostró matemáticamente la teoría electromagnética de la luz, y que, en efecto, estas manifestaciones electromagnéticas se deben a las ondulaciones del éter que permea todo, de una naturaleza más o menos similar a las ondulaciones que producen las manifestaciones de la luz, y lo que las hace diferentes es el número de vibraciones por segundo, las ondulaciones eléctricas del éter varían entre unos pocos cientos y miles de millones. Es decir, hay una diferencia en las longitudes de onda de las ondulaciones respectivas. Además, la teoría demuestra que la luz y la electricidad viajan en el espacio libre a la velocidad correspondiente.

Gordon afirma que la teoría electromagnética de la luz de Clerk-Maxwell es: “la inducción electromagnética se propaga a través del espacio por medio de tensiones o vibraciones del mismo éter que transporta las vibraciones de la luz; es decir, la luz en sí misma es una perturbación electromagnética... El principal parecido entre los modos de propagación de la luz y la inducción electromagnética es que en ambos casos se puede demostrar matemáticamente que la perturbación está en ángulo recto a la dirección de propagación. Se sabe que las ondas de la luz están en ángulo recto a la dirección del rayo. Maxwell ha demostrado que las direcciones de ambas perturbaciones magnética y eléctrica también están en ángulo recto a la línea de fuerza. También están en ángulo recto entre sí.”

Después del anuncio de Clerk-Maxwell de su teoría electromagnética de la luz, que implicaba la existencia de ondas eléctricas en el espacio libre, muchos físicos se impusieron la tarea de demostrar por experimentación la verdad de esta teoría. Sin embargo, no fue hasta 1887 que se demostró la existencia real de las ondas eléctricas en el espacio libre, el gran honor de este logro recae en el profesor H. Hertz, algunos de cuyos experimentos se describirán en breve.

Lord Kelvin fue el primero en demostrar, en 1853, que cuando se descarga una botella de Leiden u otro condensador muy bien aislado, la carga previa no se disipa en una sacudida, sino que lo hace gradualmente, en una serie de oscilaciones. Se puede ofrecer una analogía mecánica de esta acción mecánica. Supongamos que se eleva hasta un cierto punto por encima de cero el

peso de un péndulo o bola, sujeto con una cuerda. Por razón de su posición la bola posee ahora una cierta energía potencial, o potencia para hacer un trabajo, debida en este caso a la gravedad, el trabajo se ha hecho contra la gravedad al elevar la bola hasta su posición actual. Cuando se deja caer la bola desciende y comienza a entregar su energía potencial, pero al hacerlo adquiere una energía cinética, o energía de movimiento (debido a la propiedad de la materia llamada inercia, en virtud de la cual la materia tiende a continuar en reposo cuando está en reposo y a continuar en movimiento cuando está en movimiento), que le lleva a sobrepasar el punto inferior o cero, y sigue en la dirección opuesta. A medida que asciende la bola entrega su energía cinética, pero vuelve a adquirir energía potencial. Si no existiera la fricción del aire, o de cualquier otro tipo, que hubiera que vencer, la bola se elevaría hasta un punto igual al que estaba cuando comenzó, después invertiría su dirección y volvería a cero, adquiriendo energía cinética a medida que cae, que le llevaría hasta su posición de salida original, y continuaría oscilando indefinidamente. Pero como no se puede eliminar la fricción, es evidente que se va reduciendo gradualmente la amplitud y la bola se quedará en reposo en el cero después de unas pocas oscilaciones, que dependen de la cantidad de fricción, la altura a la que se ha elevado originalmente, etc. Además, si la bola se moviera en alguna sustancia viscosa, está claro que podría descender lentamente hasta el punto cero y quedarse en reposo sin oscilar, se habría usado la energía potencial para vencer la resistencia de la sustancia viscosa.

Es bien conocido que en un circuito eléctrico que contiene bobinas de hilo o electroimanes se retardan las subidas y bajadas de la corriente, que se debe de hecho a la propiedad llamada autoinducción, o inductancia. Por el contrario, cuando un hilo posee capacidad estática ayuda a la subida de la corriente y acelera su bajada. La propiedad de la inductancia normalmente se toma como la inercia, y la capacidad se toma como la elasticidad mecánica.

La inductancia es la propiedad de un circuito que depende del número la autoinducción de un número de líneas de fuerza magnética que se establecen alrededor del circuito cuando varía la corriente en el circuito. La capacidad es la propiedad de un circuito que depende de la cantidad de carga que adquiere el circuito con una fuerza electromotriz dada; se puede llamar la capacidad de un circuito para mantener la electricidad. La resistencia puede considerarse como la fricción molecular que debe vencer la F. E. M. para forzar la corriente a través del conductor. En un circuito que no contiene material magnético como el hierro en él o alrededor de él, la inductancia del circuito es constante sin considerar la fuerza de la corriente. La capacidad de un circuito dado también es constante, así como la resistencia de un circuito si se mantiene una temperatura uniforme en el conductor.

Al establecer las líneas de fuerza magnética (que acompañan a una corriente eléctrica) en el medio o dieléctrico que rodea a un circuito, se consume una cierta cantidad de energía (y se retarda el inicio de la corriente), pero esta energía se devuelve al circuito como energía cinética cuando se abre el circuito o cuando se reduce la fuerza de la corriente. A crear la tensión en el medio o dieléctrico que rodea a un conductor que tiene capacidad, se almacena una cierta cantidad de energía potencial, que se devuelve al circuito como energía cinética cuando se reduce la tensión o presión. Por tanto, en ambos casos la energía de la inductancia y capacidad se devuelve al circuito prácticamente como en la analogía mecánica citada. Sin embargo, la energía eléctrica que se gasta para vencer la resistencia del circuito no se devuelve al circuito, sino que se disipa para calentar al conductor.

Un condensador o conductor cargado ha adquirido una energía potencial debida al trabajo hecho al cargarlo, y este trabajo es igual a  $\frac{1}{2}QE$  ergios, o unidades de trabajo, cuando E es el potencial al que la electricidad ha elevado o desplazado de cero, y Q es la carga; Q es igual al producto de E por la capacidad del condensador K. Como el potencial se inicia desde cero, el trabajo total hecho es la media de los potenciales totales durante el tiempo que se está elevando la electricidad hasta el máximo, esta media es la mitad del potencial máximo, es decir,  $\frac{1}{2}E$ , y por tanto el trabajo total es  $\frac{1}{2}QE$ .

Todo esto se expresa frecuentemente como sigue: Energía potencial =  $\frac{1}{2}Q^2/K$  ergios; que equivale a la otra y se deriva por una simple sustitución de términos. Así, si  $Q=KE$ , entonces  $Q/K=E$  y  $Q^2/K=QE$ . De aquí  $\frac{1}{2}QE=\frac{1}{2}Q^2/K$ .

Demos un ejemplo numérico

Si  $Q=12$ ,  $K=3$ , y  $E=4$ ,

entonces  $12=3 \times 4$ , o  $12/4 = (3 \times 4)/4 = 3$ , y  $12^2/3 = 12 \times 4 = 48$ .

Por tanto,  $(\frac{1}{2})12 \times 4 = (\frac{1}{2})12^2/3$ .

En el acto de la descarga, se reduce la energía potencial del condensador o conductor, y se adquiere la energía cinética debida a la corriente de descarga. Cuando la energía potencial ha caído a cero todavía sigue fluyendo la corriente, debido a la energía cinética adquirida. Esta cargará al condensador en sentido opuesto y la energía potencial restaurada de nuevo. De esta forma las oscilaciones tendrían una duración prolongada, si los circuitos no tuvieran resistencia; pero como todos los circuitos tienen algo de resistencia, se generará calor según la ley  $C^2R$ , y obviamente si la resistencia es grande las oscilaciones cesarán rápidamente, o se disipará la energía potencial en un cuarto de vibración. (Ver Apéndice)

El Dr. Lodge ha sugerido lo siguiente como una analogía mecánica perfecta a la carga, capacidad, inductancia y resistencia de un circuito, un peso en un muelle moviéndose en un medio viscoso. El desplazamiento del muelle se corresponde con la carga; la tensión o elasticidad del muelle con la capacidad; el peso en el muelle con la inercia o inductancia; y la fricción del medio viscoso a la resistencia.

La velocidad con la que ocurren las oscilaciones eléctricas en un condensador o circuito adecuado puede ser de muchos millones por segundo. Según la misma autoridad, si se perturba la carga electrostática de una esfera metálica de dos pies de diámetro, la carga oscilará a la velocidad de 300.000.000 periodos por segundo, y radiará ondas al espacio de una longitud de tres pies. La onda “etérea” más corta producida por medios electromagnéticos es de 0,15 pulgadas de longitud. Esto todavía es mucho más largo que las ondas luminosas más largas, unas sesenta o setenta veces más larga que la onda calorífica más larga medida hasta ahora; se sabe que la longitud de las ondas caloríficas cae entre las ondas luminosas y las ondas electromagnéticas.

En los circuitos electromagnéticos que se emplean en telegrafía inalámbrica la resistencia es pequeña (si se elimina el chispero y el cohesor de limaduras) y normalmente no se tiene en cuenta al calcular las componentes del circuito. De hecho, como se ha indicado, si la resistencia es demasiado grande la descarga no será oscilante. El tiempo de una oscilación completa de un circuito que contiene inductancia y capacidad se expresa con la fórmula  $T = 2\pi \sqrt{KL}$ , donde  $T$  es el tiempo en segundos,  $\pi$  es la relación circunferencia/diámetro,  $K$  es la capacidad en faradios, y  $L$  es la inductancia en henrios, o

$$T = 6,2832 \sqrt{KL}.$$

**Experimentos de Hertz.** – Al proceder con sus experimentos Hertz razonó que así como las ondas que se corresponden con la luz afectan al ojo al impactar sobre él, las ondas eléctricas del éter afectan al “ojo” eléctrico adecuado o detector, cuando impactan sobre él. El aparato que empleó Hertz para demostrar la existencia de las ondas eléctricas en el espacio libre consistía en esencia de un oscilador eléctrico y un resonador eléctrico, o detector de ondas. El oscilador es un dispositivo para establecer oscilaciones eléctricas en un circuito, que a su vez emite o radia estas ondas al espacio libre. En la Fig. 9 se bosqueja un oscilador y un detector. El generador consiste de la bobina de inducción  $I$ , los terminales del hilo secundario se conectan a las bolitas  $b b$ , a las que se conectan dos cilindros metálicos cortos o alas  $w$ . Las esferas están separadas por un corto espacio de aire o chispero  $s$ , en el que saltan las chispas cuando se activa la bobina. En esos momentos se establecen en el circuito oscilante oscilaciones eléctricas, cuya rapidez varía con las dimensiones eléctricas del circuito. Se pueden considerar las varillas y alas del oscilador que corresponden con las placas ampliamente separadas de un condensador cuyo dieléctrico es el aire. Las vibraciones del interruptor  $a$  establecen pulsaciones de corriente en el circuito primario de la bobina de inducción  $I$ , que por inducción crean alteraciones de una fuerza electromotriz muy ampliada en la bobina secundaria, que a su vez producen oscilaciones en el circuito  $b b w w$ , como se ha indicado, y este circuito es el propio oscilador.

Estas oscilaciones se deben a que la descarga de la bobina de inducción eleva las bolitas de descarga  $b b$  a un potencial muy alto, esto causa una chispa disruptiva en el espacio de aire que separa las bolitas, y esta chispa reduce la resistencia del aire hasta un valor que permite crear oscilaciones. De esta forma, como ha explicado limpiamente F. K. Vreeland: “Supongamos que desaparece la separación de aire. Aparece una corriente a través del chispero, se libera la tensión

en el dieléctrico, y comienza a fluir una corriente de desplazamiento a lo largo de las líneas de fuerza. Es muy sabido que una corriente variable en un conductor induce corrientes similares en los conductores paralelos cercanos. De esta forma también en el dieléctrico: las corrientes de desplazamiento que se crean súbitamente por la descarga del oscilador induce corrientes de desplazamiento similares en las porciones cercanas del dieléctrico, y de esta forma la perturbación se propaga hacia fuera de punto a punto como una onda en expansión. En el momento que los conductores o bolitas están completamente descargados y la corriente que fluye por el chispero está al máximo de energía y la oscilación es totalmente cinética, es decir, es magnética, y no salen líneas de fuerza del oscilador. A medida que los conductores se cargan de nuevo con polaridades opuestas esto cambia la energía a potencial, almacenada en los dieléctricos tensionados, el oscilador. Y estas alternancias de energía potencial y cinética se transmiten hacia el exterior de una forma parecida a como se transmite el sonido de un diapasón vibrando —hay una capa de aire moviéndose a presión normal, después una capa de aire comprimido sin movimiento, y así sucesivamente, sólo que en el caso de las ondas eléctricas la dirección de la corriente y las tensiones que se alternan son perpendiculares (transversales) a la línea de propagación, mientras que en el caso del sonido la acción está en la dirección de propagación. Además, la acción de éter se puede comparar al movimiento de una serie de placas incompresibles, capaces de deslizarse entre sí, pero sin tocarse y con una conexión elástica que tiende a que retornen a la posición de equilibrio después de haberse desplazado.

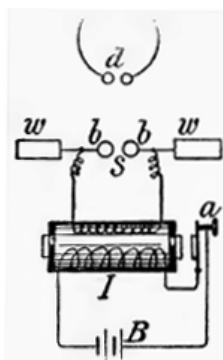


FIG. 9. OSCILADOR Y DETECTOR.

La rapidez a la que vibra la armadura o circuito interruptor de la bobina de inducción puede variar entre cincuenta, o menos, a cientos de vibraciones por segundo. Las oscilaciones del oscilador eléctrico pueden ser muchos millones por segundo. Algunos de los primeros osciladores empleados en la telegrafía inalámbrica tenían un periodo de oscilación de 250.000.000 por segundo; algunos de los últimos, un 1.000.000 por segundo o menos. Por tanto es evidente que la bobina de inducción, u otro generador de corriente alterna, simplemente sirve para agitar o dar un golpe, hablando de forma simple, que crea oscilaciones eléctricas rápidas en el circuito oscilador, de forma análoga a que si queremos poner en vibración un diapasón lo debemos golpear o actuar sobre él a intervalos.

Se puede observar que la fuerza electromotriz en los terminales del hilo secundario de algunas bobinas de inducción puede alcanzar 200.000 voltios. Sin embargo, la corriente es relativamente pequeña.

Hertz supuso que si las oscilaciones eléctricas se producen por las ondas correspondientes en el éter en el espacio libre, estas ondas deberían a su vez producir oscilaciones eléctricas en un receptor adecuado, u “ojo”, dentro del rango de su influencia. Por tanto empleó como detector de estas ondas un hilo de cobre D (Fig. 9), de una forma prácticamente circular, de unas dieciséis pulgadas de diámetro, pero abierto en un punto  $d$ . En los extremos  $d$  de este hilo colocó unas pequeñas puntas metálicas, cuya distancia entre ellas se podía regular con precisión por medio de un tornillo micrométrico. Este hilo se sujetaba con un soporte aislante, a unos pocos pies del oscilador. Con la habitación a oscuras se podían observar unas chispas diminutas que saltaban entre las puntas de descarga  $d$  del detector cuando estaba funcionando el oscilador, y se han aceptado los resultados de este experimento simple como prueba de la existencia de las

ondas eléctricas libres en el espacio. Sin embargo, Hertz no se quedó con esta demostración de la exactitud de la teoría de Maxwell, sino que también en sus subsiguientes experimentos maestros demostró que, al igual que el sonido, el calor y las ondas luminosas, estas ondas eléctricas se podían reflejar, refractar, concentrar en rayos paralelos, enfocarlos, etc.

Todas estas pruebas y otras muchas, según De Tunzelman, fueron hechas por Hertz sin considerar si el circuito secundario (es decir, el circuito detector o micrómetro) estaba en estricta sintonía o armonía con el circuito primario u oscilador. De Tunzelman afirma en su descripción detallada de estas pruebas, de cuya descripción se han extraído estos datos (ver “El transformador de corriente alterna” de Fleming), para determinar si se observan en los resultados cualquier cambio en la capacidad o inductancia de cualquiera de los circuitos bien sintonizados, el Dr. Hertz substituyó los conductores  $w w$  (Fig. 9) por dos hilos rectos de 0,19 pulgadas de diámetro y 51 pulgadas de largo. Se prepararon dos esferas huecas de 11,8 pulgadas de diámetro que pudieran deslizarse sobre estos hilos, una a cada lado del chispero de descarga, y a medida que se movían las esferas sobre los hilos se podía variar la longitud de los conductores moviéndolas hacia cada lado, ya que virtualmente eran los terminales del conductor, considerado eléctricamente. El circuito micrométrico estaba formado de hilo de cobre de 0,78 pulgadas de diámetro, en forma de cuadrado, cuyos lados tenían cada uno 29,5 pulgadas. Este circuito fue diseñado por Hertz para que tuviera un periodo oscilante ligeramente más corto que los hilos primarios. Se colocó uno de los lados del cuadrado a 11,8 pulgadas de los hilos primarios y paralelo a ellos. En estas condiciones la distancia de salto de chispas en el micrómetro era de 0,035 pulgadas. Se colocaron el contacto con los terminales del micrómetro dos esferas metálicas de 3,14 pulgadas de diámetro, que aumentaron la distancia de salto de chispa a 0,098 pulgadas. El Dr. Hertz observó que se podía ajustar fácilmente la capacidad del circuito micrométrico simplemente al suspender de sus terminales dos hilos paralelos, cuya longitud y distancia se podía variar a deseo. De este modo encontró que con un cierto ajuste del instrumento se podía aumentar la distancia de salto de chispa en las puntas del micrómetro hasta 0,117 pulgadas; pero esto era el máximo, cualquier aumento o acortamiento de estos hilos reducía la distancia de salto de chispa. Se hicieron más experimentos, incluyendo el variar la capacidad de los hilos del circuito primario para reducir su rapidez de oscilación, estos experimentos verificaron los resultados antes obtenidos, “y una serie de experimentos en los que se varió de diferentes modos la longitud y capacidad de los circuitos demostraron de forma concluyente que el efecto máximo no depende de las condiciones de cualquiera de los circuitos, sino de la existencia de la relación adecuada entre ellos. También se demostró por experimentación el efecto de variar la inductancia del circuito. Se hizo esto variando la longitud del rectángulo, pero manteniendo constante su anchura. La longitud varió desde unas cuatro pulgadas hasta ocho pies. Se observó que la máxima distancia de salto de chispa se alcanzaba con una longitud de seis pies.”

El Dr. Hertz también demostró en otros experimentos que las oscilaciones eléctricas rápidas con las que estaba trabajando, del orden de 100.000.000 por segundo, se confinaban a las porciones externas, o “piel” de los conductores por los que se propagan, y que su propagación en un hilo tiene una velocidad definida independiente de sus dimensiones y material, el hierro no era una excepción. También la velocidad de propagación de las ondas eléctricas en el aire se correspondían con la velocidad de la luz, y más tarde Sarasin y De la Rive demostraron que esto era cierto también para la velocidad de estas ondas eléctricas rápidas a lo largo de los hilos.

Hertz demostró también que los metales y otros buenos conductores son opacos a ellas y reflejan las ondas eléctricas. Además, cuando se usan estos conductores como reflectores, para obtener los mejores resultados, deben ser grandes respecto a la longitud de onda, y que el reflector no debe estar más lejos que un cuarto de longitud de onda del oscilador. Estas condiciones prohíben virtualmente el uso de reflectores para dirigir las ondas en la telegrafía inalámbrica, aunque se han probado experimentalmente reflectores metálicos para este uso. Lodge ha demostrado que sustancias como el cuerpo humano y una toalla húmeda también reflejan ligeramente las ondas, y que el cobre es mejor reflector que el plomo en relación 100 a 40. El hecho que las ondas eléctricas como la luz se puedan reflejar, refractar, concentrar en rayos paralelos, etc., diferencia marcadamente la radiación eléctrica de la inducción electromagnética; con esta última no se producen estos fenómenos.

## CAPÍTULO IV.

### PRIMEROS EXPERIMENTOS CON TELEGRAFÍA CON ONDAS ELÉCTRICAS

#### COHESOR DE BRANLY, EXPERIMENTOS DE LODGE, ETC.

CON el detector de Hertz la distancia a la que se pueden detectar las ondas eléctricas es muy limitada, unos diez o doce pies como máximo, y por tanto no se hubiera podido hacer mucho con el uso de estas ondas para usos telegráficos de haberse apoyado en él, pero afortunadamente no fue así. Poco después de los experimentos de Hertz el Dr. Branly descubrió que las limaduras metálicas flojas, que en estado normal tienen una resistencia eléctrica elevada, perdían su resistencia en presencia de oscilaciones eléctricas y se convertían prácticamente en conductores de electricidad. Branly demostró esto colocando limaduras metálicas en una caja o tubo de vidrio  $k$ , Fig. 10, y haciendo que formara parte de un circuito eléctrico ordinario. Según la explicación común, cuando se establecen ondas eléctricas cerca de este circuito, la fuerza electromotriz que se genera en él parece apretar las limaduras y acercarlas entre sí, es decir, se cohesionan, de esta forma se reduce su resistencia eléctrica, lo que hizo que este aparato fuera bautizado por el Dr. O. J. Lodge como cohesor (aunque el Dr. Branly le llamó radio-conductor). El instrumento receptor, en la figura puede ser un relé telegráfico, que normalmente no indicaría ningún signo de corriente de la batería pequeña  $B$ , se activará cuando aparezcan oscilaciones eléctricas. El profesor Branly encontró además que una vez se han cohesionado las limaduras mantienen su baja resistencia hasta que se sacuden, por ejemplo, golpeando al tubo. En 1894 Lodge demostró que se podía emplear el cohesor de Branly para transmitir señales telegráficas, y para que las limaduras no permanecieran “cohesionadas” tras el cese de las oscilaciones eléctricas, diseñó un “golpeador” electromecánico según el principio del “zumbador” ordinario, o timbre eléctrico, cuyo martillo golpeaba el tubo durante el tiempo que continuaban las oscilaciones eléctricas. De esta forma las limaduras sustituían virtualmente al manipulador del circuito telegráfico ordinario. En estado normal el manipulador está abierto; en presencia de oscilaciones eléctricas el manipulador está cerrado. Así, abriendo y cerrando el manipulador durante periodos largos o cortos, se puede producir las señales que corresponden a los puntos y rayas. Es decir, estableciendo oscilaciones eléctricas durante los periodos de tiempo que corresponden a los puntos y rayas, se pueden transmitir mensajes desde la estación emisora, y si, en la estación receptora, se dispone de un instrumento registrador (controlado por el cohesor), como un registrador Morse ordinario, se puede obtener un registro del mensaje en puntos y rayas. El Dr. Lodge (ahora Sir Oliver Lodge) usó de hecho un golpeador operado continuamente por un mecanismo de relojería.

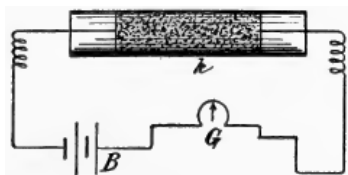


FIG. 10. COHESOR DE BRANLY

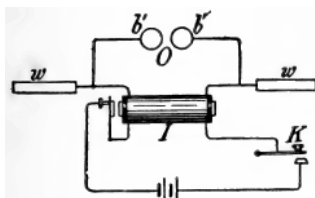


FIG. 11.

EXPERIMENTO RADIOTELEGRÁFICO DE LODGE

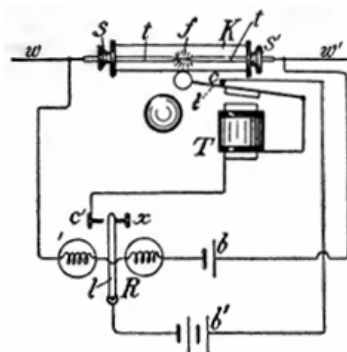


FIG. 12.

En 1895-96 Poppoff y otros utilizaron el cohesor para demostrar la existencia de la electricidad atmosférica, usando para ello un hilo vertical conectado al cohesor. El Dr. Lodge

utilizó en 1894 los aparatos transmisor y receptor de un equipo telegráfico inalámbrico experimental dibujados en las Fig. 11 y 12. En la Fig. 11 O es el aparato oscilador, que comprende el hilo primario y secundario de una bobina de inducción ordinaria I, las bolas metálicas  $b' b'$ , y las “alas metálicas”  $w w$ . Los terminales del hilo secundario de I están conectados a  $b' b'$  y  $w w$  como se indica. Las bolas  $b' b'$  tienen un diámetro de tres cuartos de pulgada, y se pueden separar entre un sexto y tres cuartos de pulgada, dependiendo de la fuerza de la bobina, la capacidad del circuito, etc. Las alas son de cintas de latón o cobre de una pulgada de ancho y doce pulgadas de largo. Servirá también como alas hilo de cobre ordinario del No. 14 o 18 para usos experimentales. Para transmitir señales a una distancia de cincuenta pies no es necesario que estos hilos tengan una longitud superior a tres o cuatro pies, usando una bobina de inducción de una chispa de dos pulgadas. Las señales se hacen abriendo y cerrando el manipulador K en el hilo primario de la bobina. (Ver también la descripción de la Fig. 26)

En la Fig. 12, que representa un receptor de Lodge, K es un cohesor; T el golpeador y el timbre combinados; R es un relé Morse sensible. Los hilos  $w w'$  se extienden desde los extremos del cohesor de forma análoga como en el caso del oscilador. Este cohesor consiste de un tubo de vidrio de cuatro pulgadas de largo, con unas pequeñas varillas metálicas  $t t'$ , del tamaño adecuado para encajar en el hueco interior del tubo, y se insertan en cada extremo como se indica. Estas varillas están cerca del centro del tubo, pero sin tocarse, dejando un pequeño espacio donde se colocan las limaduras  $f$ . Las limaduras pueden ser de níquel. En este caso las varillas pueden disponer de tornillos ajustables  $s s'$  para regular la distancia entre sus extremos en el tubo.

Será suficiente con una pequeña descripción del funcionamiento del receptor. Normalmente la armadura  $l'$  del golpeador tiene la suficiente tensión para mantenerlo tocando al contacto  $c$ . También normalmente la armadura  $l$  del relé R está apoyada sobre el tope aislado  $x$ . Por tanto, en este momento, el circuito local de la batería  $b'$  está abierto. Cuando se cohesionan las limaduras, la pila  $b$  magnetiza al relé R y su armadura  $l$  se mueve hacia el contacto  $c'$ , que cierra el circuito de la batería  $b'$ , cuando el electroimán de T atrae su armadura, que abre el circuito de  $b'$  en el contacto  $c$ . En ese momento la armadura de T se aleja de su punto de contacto, y al mismo tiempo golpea al tubo, descohesiona las limaduras, y desmagnetiza al relé R, cuya armadura  $l$  vuelve a su contacto  $x$  con el muelle retráctil no mostrado en la figura. Inmediatamente, las limaduras vuelven a cohesionarse (suponiendo que continúen las oscilaciones, con el resultado que R se vuelve a magnetizar, cierra de nuevo el circuito de  $b'$  en  $c'$ , por lo que T se vuelve a magnetizar, y estas acciones descritas se repiten muchas veces en un segundo.

## CAPÍTULO V.

### TEORÍAS DE LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÉCTRICAS – LA TEORÍA ELECTRÓNICA

#### TEORÍAS DE LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÉCTRICAS

COMENZÓ sus experimentos en Italia en 1895, con hilos verticales de una altura de veinte pies, Marconi encontró que podía captar señales a una distancia de una milla, y que doblando la altura del hilo vertical en ambas estaciones, podía transmitir señales a cuatro veces esta distancia. Por tanto, con hilos de cuarenta pies de alto podía enviar señales a cuatro millas, y con hilos de ochenta pies de altura, a dieciséis millas, y pensaba que la distancia a la que se enviaban las señales seguiría esta regla, pero los posteriores experimentos demostraron que había que hacer modificaciones; y como resultado de los experimentos del Capitán Bonomo, de la Armada Italiana, se encontró que con los aparatos Marconi normales la distancia de envío de señales parecía variar según la fórmula  $L = 0,15\sqrt{D}$  donde  $L$  es la longitud del hilo vertical, y  $D$  la distancia, en metros, y 0,15 una constante. Seguidamente, Marconi empleó en sus experimentos muchos hilos en paralelo, que se llamaba antena, de unos doscientos pies de altura, y consiguió transmitir señales a una distancia superior a dos mil millas.

La cantidad de energía eléctrica empleada para crear las oscilaciones eléctrica para una distancia cercana a 20 millas es aproximadamente de 150 vatios, proporcionada por cinco acumuladores, a una presión de 10 voltios y 15 amperios, dando aproximadamente un quinto de caballo. Estos acumuladores normalmente se cargan con un gran número de pilas secas en múltiple. Un relé telegráfico ordinario puede ser accionado a una distancia de 200 millas con un gasto de 3 vatios en el extremo transmisor de un hilo telegráfico, o con un quinto de energía usada para accionar el oscilador eléctrico en cuestión. La energía real necesaria para operar el relé telegráfico es de 0,24 vatios, el resto de energía se consume en el propio hilo de la línea. Sin embargo, no se debe suponer que el cohesor es un receptor menos sensible que el relé telegráfico Morse; no lo es, cuando se recuerda que la energía eléctrica consumida en el caso del relé está confinada al hilo, al igual que las ondas sonoras están confinadas en un tubo parlante, mientras que la energía eléctrica del oscilador se radia al espacio en todas direcciones, y por esta razón sólo una pequeña porción de la energía total llega al hilo vertical receptor. Se puede calcular fácilmente que la energía eléctrica recibida en una superficie de un pie cuadrado a una distancia de una milla del transmisor es menor que una trescientas cincuenta millonésima parte de la energía radiada en total, y además se puede observar que la energía radiada como ondas eléctricas tal vez no es mayor que seiscientos u ochocientos veces inferior a la energía que se desarrolla en el oscilador, el resto se pierde en la bobina de inducción como calor, etc., y en el chispero como calor, luz y sonido. Esta relación entre la proporción de energía que llega al hilo receptor y la cantidad de energía radiada se basa en suponer que las ondas se radian realmente en todas direcciones en el espacio, y que la velocidad a la que se radia la energía se corresponde con la entrada en el oscilador, menos las pérdidas. Si se pudiera hacer que la atmósfera, la tierra, o el océano jugara una parte para guiar o conducir las ondas, y que la energía lanzada hacia el hilo vertical se radiara mejor que se recibe (una idea sugerida por Mr. Edison en una conversación sobre este tema con el autor hace unos años), esto implicaría que se podría calificar al receptor de supersensible. (Según las pruebas hechas por el Dr. De Forest, con un transmisor de un kilovatio, un amperímetro de hilo caliente indicaba una corriente de tres amperios en el hilo vertical, con una F. E. M. de 20.000 voltios en el oscilador, que daba, aproximadamente, una cantidad momentánea de radiación de 70 kilovatios; esto se explica, con las notas y cálculos de Hertz como la relación de energía radiada por un latigazo del oscilador)

Al principio se pensó que la distancia de señalización por telegrafía inalámbrica estaría limitada por la curvatura de la Tierra a distancias relativamente cortas, además que no es práctico conseguir mástiles u otros soportes adecuados para los hilos verticales lo suficiente altos para vencer la curvatura de la superficie entre puntos separados por cientos de millas, y se suponía que la Tierra sería una barrera a las ondas eléctricas que viajan en línea recta, como las



ondas luminosas, que como se sabe, las obstruye las sustancias opacas a la luz —es decir, las sustancias que son opacas a las ondas del éter de la longitud de las ondas luminosas. Sin embargo, los experimentos más recientes a larga distancia en telegrafía inalámbrica han hecho pensar que con un transmisor de la suficiente potencia y un receptor sensible, es posible, como se da a entender, detectar señales a una distancia al menos de la anchura del Océano Atlántico, y con hilos verticales con una altura no muy superior a doscientos pies.

Se han avanzado varias teorías para explicar el porqué se han recibido señales a una distancia muy superior al que sería posible si la Tierra interceptara las ondas eléctricas viajando en línea recta. Antes de enumerar algunas de estas teorías se puede avanzar que a pesar de que todavía no se conoce el mecanismo del éter, es evidente que los intentos de explicar el fenómeno que acompaña a las perturbaciones de o en este medio son más o menos hipotéticos. Actualmente, se puede admitir, que nuestro conocimiento del éter es algo parecido a lo que sabían los antiguos respecto al viento; oímos el sonido del éter, pero no sabemos de dónde viene o si va con él. Con los dispositivos adecuados podemos crear perturbaciones en el éter, de una forma análoga a como creamos perturbaciones en el aire, pero todavía ignoramos la acción del éter cuando se perturba, y no sabemos absolutamente nada de sus constituyentes.

Entre las teorías relativas a la manera que se propagan las ondas eléctricas de la telegrafía inalámbrica son las que se supone que las ondas se difractan o reflejan en la curvatura natural de la Tierra. Otras teorías son que las ondas se propagan por inducción electrostática o electromagnética; por corrientes oscilantes en la Tierra; por reflexión entre la atmósfera superior y el océano; por la perturbación de la carga de la Tierra, conocido irónicamente como “bamboleo” de la carga de la Tierra; llevando el hilo vertical a resonancia con la capacidad de la Tierra; y por deslizamiento o patinaje de las ondas o semi-ondas sobre la superficie de la Tierra y el océano.

Como ha observado Mr. J. E. Taylor en un artículo muy interesante sobre radiación eléctrica (“London Electrical Review”, 12-19 Mayo de 1899), las teorías electrostáticas y electromagnéticas apenas se sostienen, debido a que los efectos de la inducción electromagnética se reducen al menos con el inverso del cubo de la distancia, y que para largas distancias, la fuerza disminuiría con tanta rapidez que el efecto no sería perceptible. Una diferencia esencial entre la inducción electromagnética y la radiación electromagnética es que el campo de fuerza de la inducción es, como se denomina, un efecto de volumen, se expande por todo desde la fuente, y está bajo el control de la fuente, aumentando, reduciendo y decaendo con la fuente; mientras que la radiación electromagnética, consiste de ondas eléctricas en espacio libre, y suponiendo que corresponde con la radiación luminosa, es independiente de la fuente una vez se ha despegado de ella, y viaja hacia fuera indefinidamente, si no se encuentra con obstáculos, está en expansión continua, con líneas de fuerza cerradas. Es necesario, como observa también Taylor, para que pueda existir un campo eléctrico independiente de cualquier conductor, que las líneas de fuerza eléctrica sean cerradas. Estas líneas de tensión normalmente se superponen con las que existen con ambos extremos terminados en conductores, además se pueden cortar o subdividir y volverse a unir de nuevo, en forma de hebras elásticas extendidas o contraídas y acortadas indefinidamente.

Antes de referirnos a otras teorías de la propagación de las ondas electromagnéticas, vamos a tratar primero la acción supuesta que tiene lugar en y alrededor del oscilador de Hertz en la producción y propagación de las ondas eléctricas libres en el espacio, tal como han expuesto Maxwell, Hertz, Heaviside, Poynting, J. J. Thomson y otros.

El oscilador de Hertz, como se ha dicho, corresponde a un condensador con las placas ampliamente separadas. En la Fig. 13, *a a* son las varillas del oscilador de Hertz, con el chispero dispuesto verticalmente. En el momento de cargar las varillas *a a*, brotan las llamadas líneas de fuerza eléctrica o tensión *s s* de las varillas, no sólo de la sección de las varillas como se indica en la figura, sino de toda ella, con las varillas como centro. Según la teoría de Maxwell de las corriente de desplazamiento en los dieléctricos, cuando se cierra el circuito de un condensador, en el sentido ordinario, fluye una corriente continua en el circuito (considerando la parte dieléctrica del circuito), pero el dieléctrico, actúa como si estuviera compuesto de innumerables varillas elásticas pequeñas, establece inmediatamente una fuerza opuesta, que aumenta cuanto más se doblan las varillas, hasta que la fuerza que oponen es igual a la fuerza de carga, y cesa de

fluir la corriente de desplazamiento. En ese momento el condensador ha adquirido el potencial de la F. E. M. de carga. Cuando la presión eléctrica de la F. E. M. externa rompe la resistencia del chispero retorna al circuito la energía potencial almacenada y fluye una corriente a través del chispero. Se libera la tensión en el dieléctrico, al mismo tiempo, según Poynting, los extremos de las líneas positivas de la tensión eléctrica se contraen y corren o se deslizan hacia abajo por la varilla, y los extremos de las líneas negativas se deslizan hacia arriba, como indica la Fig. 14. Las porciones exteriores de las líneas de tensión también tienden a contraerse, pero como parte de las líneas lo hacen más lentamente que los extremos de las líneas en el conductor, estos extremos se unen, y como no pueden pasar uno a otro se sueltan los extremos respectivos —se rompen o sueltan un latigazo— del conductor, y, al unirse, forman líneas cerradas de fuerza eléctrica, que se radian al espacio como indica la Fig. 15; los círculos libres o líneas de tensión se empujan hacia fuera, como si lo hicieran los sucesivos círculos sueltos del conductor. (Esta acción se parece a la acción por la que salen los anillos de humo de las chimeneas de las locomotoras, se liberan las burbujas de un tubo, etc.) Al mismo tiempo y debido al colapso de las líneas de tensión eléctrica, aparecen líneas o círculos de fuerza magnética concéntricos con las varillas *a a*, y en ángulo recto a las líneas de tensión eléctrica, como indican las líneas transversales en la Fig. 15. Cuando las líneas de tensión magnética están al máximo, es decir, en el extremo de un cuarto de periodo, las líneas de tensión eléctrica, es decir, la energía potencial, han desaparecido. Sin embargo, comienzan a colapsar inmediatamente las líneas de fuerza magnética, volviendo a aparecer, como antes, líneas de tensión eléctrica (energía potencial) en el dieléctrico, pero en dirección opuesta, de esta forma el extremo superior de la varilla en la Fig. 13 se cargará con potencial negativo y el inferior con potencial positivo. Al siguiente colapso de las líneas de tensión eléctrica las líneas de fuerza magnética tendrán signo opuesto a las líneas de fuerza magnética precedentes, que también serán radiadas o se soltarán como líneas de fuerza eléctrica y magnética cerradas, como indican las flechas de la Fig. 15. Este proceso se repite hasta que se agota la energía del sistema, y cesan las oscilaciones, para salir de nuevo cuando se vuelven a cargar las varillas y salta la chispa.

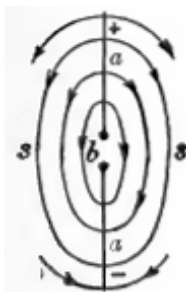


FIG. 13.

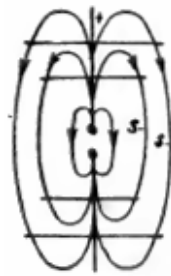


FIG. 14.

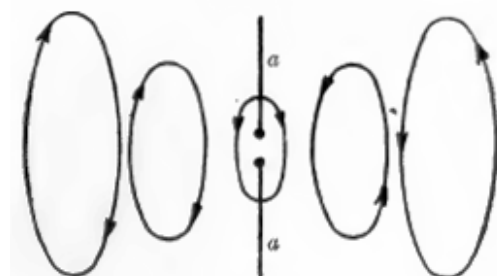


FIG. 15.

Las líneas sueltas de fuerza eléctrica y magnética constituyen en conjunto la radiación eléctrica u ondas eléctricas libres, que se propagan en el éter como ondas electromagnéticas u ondulaciones siempre en expansión, que se hacen más esféricas a medida que avanzan desde su fuente. Estas son ondas hertzianas o libres en sentido estricto, pero Hertz demostró también, en el curso de los experimentos referidos, que estas ondas son guiadas o conducidas, a la velocidad de la luz, por hilos o conductores sobre los que pueden convergir, y cuando los conductores se encuentran en la proximidad del oscilador se pueden detectar las ondas a mayor distancia que cuando no están presentes estos conductores.

Las teorías de reflexión y difracción suponen que las ondas de Hertz se propagan hacia fuera del transmisor igual que se propaga la luz desde su fuente en líneas rectas, y cuando las ondas se acercan a un obstáculo, como la curvatura de la Tierra, se reflejan o difractan alrededor de él. Desde los días de Newton se han atribuido los colores característicos del cielo a la reflexión de las ondas de la luz por partículas de materia en la atmósfera, mayores en comparación con la longitud de las ondas de luz. Por esta razón la teoría de la reflexión tiene la objeción, en base a que las partículas grandes, comparadas con las ondas que se emplean en telegrafía inalámbrica, no existen en la atmósfera. La teoría de la difracción no se considera

correcta, por razón que se ha demostrado que el fenómeno de la difracción a gran escala sólo se obtiene cuando el espesor del borde difractor es comparable en todo con la longitud de onda, una exigencia que no cumple la superficie curvada de la Tierra. La teoría del zigzag de la reflexión de las ondas entre la superficie del océano y la atmósfera superior también se ha considerado poco probable porque se asume que implicaría una rápida disminución de la intensidad de las ondas.

También se ha sugerido que las ondas se propagan en línea recta desde el hilo vertical, y cuando llegan a la superficie convexa del mar pasan a través de él como si fuera un dieléctrico, pero se ha apuntado que el agua de mar, al ser un conductor, es opaca y refleja las ondas de las frecuencias que se usan en telegrafía inalámbrica.

El hecho que se obtengan resultados mucho mejores en el envío de señales de ondas eléctricas cuando el hilo vertical está conectado a tierra que cuando está aislado de tierra, indica que la tierra puede jugar una parte importante en la propagación de las ondas, y esto, junto con otras razones, ha llevado a suponer que la superficie de la tierra o del mar, en especial esta última, actúa como guía o conductor sobre la que convergen las ondas (como en los experimentos de Hertz con conductores), es como si el conductor sostuviera las ondas en un curso dado e impide que se dispersen al espacio libre. Según esto se supone que las ondas se deslizan o patinan sobre la superficie de la tierra o el mar, esta es la razón que a esta teoría se le llame teoría de la onda deslizante. Como esta teoría parece ser la mejor explicación del fenómeno relacionado con la telegrafía inalámbrica, ha sido recibido más o menos favorablemente por varios trabajadores en este campo.

Tal vez fuera la teoría de la onda deslizante la primera teoría propuesta por Mr. Taylor en el artículo mencionado. Se puede apoyar la explicación de esta teoría por medio de los siguientes dibujos. Aquí se supone que el hilo vertical conectado a tierra es igual a medio oscilador de Hertz, la otra mitad es la tierra que cae directamente debajo del hilo vertical. Se supone que la tierra es un conductor perfecto. Por tanto se puede suponer que el hilo vertical tiene una contraparte reflejada directamente debajo de él, como si mantenemos verticalmente un lápiz en la superficie de un espejo dispuesto horizontal sobre una mesa. Esto está en acuerdo con lo que se llama teoría de imagen, avanzada primero por Delaricci y Blondel. Dicho brevemente de otra forma, el hilo vertical de un oscilador de Hertz dividido en el medio por una superficie conductora reflectante. A pesar que este centro es un punto de potencial cero, la superficie conductora no afecta a las oscilaciones excepto que teóricamente las divide en dos medios sistemas de oscilaciones, que se puede eliminar una cualquiera de las dos sin afectar a la otra. Por tanto el hilo vertical conectado a tierra con la superficie conductora de la tierra será un sistema oscilante real sobre la tierra y otro imaginario por debajo de la superficie conductora, como indican las líneas de puntos, Fig. 16. Las oscilaciones que suceden en este sistema se corresponden con las de un oscilador de Hertz, un periodo completo de oscilaciones consiste de una onda entre el chispero y el extremo de la antena, retrocede al chispero, de allí al pie del hilo reflejado o imaginario y vuelve al chispero, que consiste de una longitud de onda cuatro veces la propia del hilo vertical. (Además, este cuarto de longitud se puede aumentar añadiendo capacidad o inductancia a la antena, si consideramos como longitud de onda  $\lambda = 2\pi\sqrt{(K \times L)} \times$  velocidad por segundo).



FIG. 16.

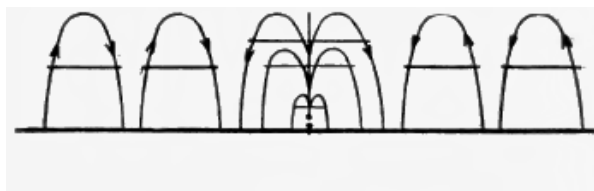


FIG. 17.

En referencia a la Fig. 16, se supone, como en el caso del oscilador de Hertz, que cuando se carga el hilo vertical A, las líneas de fuerza eléctrica que se establecen en el dieléctrico, el aire, las líneas tienen un pie apoyado en el suelo, y el otro en el hilo vertical, como se indica.

En muchos de los primeros experimentos y conferencias de Lodge se demostró que los resultados se corresponden a los que se obtienen en el sistema de hilos de Lecher (Fig. 87 y 88). En estos experimentos la fuente de las corrientes oscilantes eran botellas de Leiden conectadas en serie. Los hilos se continuaban durante una larga distancia del oscilador, y se demostró que las ondas seguían a los hilos aunque hubiera curvas, bucles, etc. Taylor, al proponer su teoría, dijo que si estos hilos o uno de ellos se pone a tierra en vez de mantenerse aislado, las ondas pasarán por él y se deslizarán indefinidamente sobre la superficie de la Tierra. Si sólo se usa un hilo y una botella, todavía se propagarán las ondas. Se puede considerar que este montaje corresponde al sistema de hilo vertical conectado a tierra. El hilo vertical es una placa de la botella, la superficie de la tierra en la base del hilo es la otra placa, y la misma tierra sustituye al hilo de Lodge o Lecher. Cuando tiene lugar la descarga los extremos superiores de las líneas se deslizan hacia abajo por el hilo de la forma descrita con el oscilador de Hertz, hasta tierra, formando una onda similar a las que se propagan a lo largo de los hilos. En este caso las ondas sueltas viajarán radialmente en forma de enormes círculos concéntricos, no hacia el espacio, sino deslizándose sobre la superficie de la tierra como se indica en la Fig. 17. El campo magnético que acompaña al campo eléctrico móvil de la tensión eléctrica tiene la forma de círculos concéntricos (indicado por las líneas transversales), cuyos círculos tienen menor densidad, debido a su mayor circunferencia. Según Poynting, la absorción de energía es proporcional a la densidad del campo magnético y también a la resistencia de la tierra. En consecuencia, en este caso se absorbe poca energía, y al ser menor la conductividad a medida que aumenta la superficie deslizante, que añade Taylor, no hay duda que explica por qué se obtienen mejores resultados sobre mar que sobre tierra. Además, esta teoría explica también porqué las colinas y la curvatura de la Tierra no son obstáculos a la propagación de estas ondas, ya que en esta teoría las ondas viajan sobre las superficies de forma análoga a como viajan por un hilo curvado o doblado en los experimentos de Lodge. Como también esta forma de onda se desliza por el hilo vertical puesto a tierra no hay reflexión de la tierra al espacio y no hay radiación al espacio, como sería el caso con conductores verticales sin la conexión a tierra o su equivalente, Mr. Taylor supone que la intensidad de las ondas no será muy inferior a la inversa de la distancia a la fuente, y combinando esto con el aumento de altura del hilo vertical, se obtiene el resultado de la variación de distancia con el cuadrado de la longitud del hilo. Según el profesor Blondel, la intensidad disminuye de forma inversa con el cuadrado de la distancia.

El profesor Fessenden, en un papel leído el 2 de Noviembre de 1899 ante el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, trata de la teoría de la onda deslizante en la que se supone que las ondas emitidas desde el hilo vertical se propagan como semiondas deslizantes o bucles sobre la superficie del mar o de la tierra. A medida que estas ondas se alejan del transmisor se expanden, pero sus costados se acercan cada vez más hasta que son prácticamente paralelos. En las pruebas hechas por el profesor Fessenden en las que usó el barretter de hilo caliente como instrumento receptor cuantitativo, se averiguó que después de las primeras longitudes de onda la intensidad de las ondas disminuye con el cuadrado de la distancia, y que la altura de las ondas aumenta directamente con la distancia. Las pruebas se hicieron así: (Ver el artículo de A. F. Collins en "Electrical World and Engineer" del 19 de Septiembre de 1903) El aparato transmisor se colocó sobre un bote a un lado de una isla, mientras el aparato receptor, incluyendo un hilo vertical en cada caso, se colocó en el otro lado de la isla en un embarcadero que se extendía sobre el agua a una distancia de trescientos pies. El aparato que se empleó para hacer estas pruebas eran tres dispositivos separados para detectar la intensidad de las ondas a varias distancias, la altura de las ondas y la presencia de ondas en el agua: un detector con un hilo vertical que se movía a los lados; un detector en circuito con un haz de hilo fino de hierro alrededor del cual había unas pocas espiras de hilo de cobre que se movían verticalmente; y dos grandes triángulos de cobre situados vértice contra vértice con sus bases apoyándose en tierra y un detector entre los vértices de los triángulos. Las pruebas demostraron también que no se generaban corrientes en el agua o en la tierra en la dirección de propagación de las ondas sin cambiar la dirección, pero que se generaban corrientes cuando se cambiaba la dirección de propagación. La orilla de la isla tenía una altura de 50 pies, y en el pie y en la cima de la orilla se detectaban corrientes que desaparecían a mitad camino entre el fondo y la parte superior de la orilla, y en otras porciones

inferiores del camino. Las pruebas también demostraron que en la curvatura de la superficie la intensidad era mayor cerca de la tierra, esto está en contra de la teoría de la difracción.

En relación a esto el profesor Fessenden indica que las ventajas del barretter de hilo caliente, es decir, su gran sensibilidad, está prácticamente libre de histéresis, inductancia y capacidad, y el hecho que de efectos acumulativos de la energía recibida, aparte de tener la cualidad que la relación entre la energía absorbida y el aumento de resistencia es lineal hasta el punto de fusión.

Otra teoría de la propagación de las ondas eléctricas, avanzada por Sir Oliver Lodge, es que los hilos transmisor y receptor verticales son las placas de un enorme condensador. Sólo se carga una de las placas durante la emisión, la otra placa está a potencial cero. Supone que se puede extender alguna traza de líneas electrostáticas entre el transmisor y el hilo receptor. Con el corte del chispero y la súbita descarga a tierra las líneas electrostáticas cortan al hilo receptor, con el efecto resultante en el detector.

El profesor Fleming avanza otra teoría, en la que supone que hay una propagación de la acción eléctrica a través de la tierra, esta acción puede consistir en un movimiento atómico o intercambio de electrones, junto con las acciones que constituyen una onda electromagnética libre en el éter encima de la tierra. Cada cambio o movimiento de un semi-bucle de tensión eléctrica sobre la tierra, además supone que está acompañado de una acción equivalente por debajo de tierra de movimientos de los electrones donde terminan los semi-bucles de tensión eléctrica. El trabajo del hilo vertical receptor es hacer una unión entre las dos operaciones por encima y debajo de tierra. Él, al igual que Lodge, enlaza los hilos verticales transmisor y receptor y la tierra a un gran oscilador de Hertz. Se establecen oscilaciones eléctricas de un cierto periodo por la descarga de un condensador en una parte del sistema y se propagan a la otra parte. En la tierra hay una propagación de oscilaciones eléctricas; en el espacio por encima y entre los hilos verticales hay una propagación de ondas eléctricas. Para otras teorías ver el Apéndice.

## LA TEORÍA ELECTRÓNICA

Desde tiempos inmemoriales se ha supuesto generalmente que el átomo de la materia es indivisible –un cuerpo, como afirmó secamente Clerk-Maxwell, que no se puede partir por la mitad; pero en un tiempo relativamente corto apareció una nueva teoría, llamada teoría eléctrica de la materia, o teoría electrónica, según la cual el átomo material, en vez de ser indivisible, está hecho de unidades eléctricas cargadas positiva y negativamente, o corpúsculos llamados electrones. No estaría de más revisar brevemente los aspectos sobresalientes que han esclarecido los investigadores más activos sobre la teoría respecto a los fenómenos relacionados con el tema. Una vista es que el electrón es un corpúsculo material que se ha soltado de algún modo de un átomo. Cada trocito suelto es un electrón, un trozo de materia suelta que lleva una carga de electricidad negativa. La parte de la materia que permanece contiene al electrón positivo, que todavía no se ha descubierto o aislado. La combinación de los electrones positivos y negativos forma una sustancia neutra, es decir, el átomo químico. Una modificación de este punto de vista es que el electrón es la carga aislada de la propia electricidad, y que toda la materia consiste de un número igual de electrones positivos y negativos entrelazados o revueltos en el átomo, siendo así la electricidad una parte fundamental de toda la materia. Sin embargo, se ha apuntado que si el átomo estuviera compuesto de un número igual de electrones positivos y negativos se neutralizarían entre sí y no habría masa, ni inercia. Otros investigadores sostienen que estos “trozos” o electrones son del átomo de hidrógeno, y M. Villard ha demostrado que los electrones tienen las mismas líneas espectroscópicas que el hidrógeno, y si se elimina toda traza de hidrógeno se suprimen los rayos catódicos (que se mencionarán seguidamente).

Se supone que los electrones de un átomo están en rotación orbital estable uno alrededor del otro, que poseen inercia, se atraen y repelen mutuamente, y, en resumen, cada átomo es un sistema solar en miniatura, donde las órbitas calculadas de las diversas partes son en relación tan grandes como las de los planetas del sistema. Como se supone que los electrones poseen inercia, a pesar que los átomos materiales son, con esta teoría, agregados de electrones, se sugiere que la inercia mecánica se puede explicar en base a la inercia eléctrica o inductancia.

De nuevo, otros trabajadores suponen que los átomos materiales están hechos de capas concéntricas de electrones positivos y negativos, siempre con una paca en el exterior de electrones negativos. Para tener una formación de elementos estable se postula que a distancias casi infinitamente pequeñas todos los electrones se repelen entre sí, sin tener en cuenta si son positivos o negativos, mientras que a otras distancias los electrones similares se repelen y los electrones diferentes se atraen entre sí. Para explicar la gravitación con esta teoría se supone que todos los electrones se atraen entre sí cuando están reunidos en átomos, o que la fuerza de atracción de los electrones diferentes es mayor que la fuerza de repulsión de los electrones similares. Además se supone que el número y distribución de los electrones cargados positiva y negativamente de un átomo son diferentes para cada elemento, pero que en todos los casos, comenzando desde el átomo más pequeño conocido, el hidrógeno, que muchos suponen que es la partícula final de toda la materia, el número de electrones en un átomo es un múltiplo o submúltiplo del átomo más pequeño. Por ejemplo, en el átomo de hidrógeno hay, según el Dr. J. J. Thomson, una autoridad reconocida en este tema, y otros investigadores, 700 electrones; en el átomo de oxígeno hay 16 veces más, 0 11.200; en el átomo de sodio unos 15.000; en el átomo de oro, 137.200; en el átomo de mercurio, 140.000; y en el átomo de radio, 160.000 de estos electrones. Esto es aparentemente por el número de electrones en un átomo, y por la manera en particular que están distribuidos en el átomo, así un átomo se reconoce de otro; de forma análoga, quizás, con diferentes combinaciones químicas de moléculas de diferentes sustancias. Podría parecer que el estado de combinaciones posible o agrupamientos del número de estas unidades en átomos es ilimitado, y por tanto el número de elementos diferentes sería ilimitado; pero parece que el número de combinaciones estables se restringe a la de los elementos conocidos. Sin embargo, se ha sugerido recientemente que con las posibilidades de posteriores investigaciones con el radio se puede llegar al descubrimiento de una serie entera de nuevos elementos.

Para tener una idea de la extremada pequeñez del electrón, Sir. O. Lodge ha calculado que si se considera al electrón igual al punto al final de una frase, el átomo de hidrógeno sería aproximadamente igual a un edificio de 160 pies de largo, 80 pies de ancho, y 40 pies de alto. Si se toma el diámetro del átomo de mercurio de una cien millonésima de metro, usando la analogía de Lodge, los 140.000 electrones que componen este átomo ocupan este espacio tal como unos pocos soldados dispersos podrían ocupar un país, no sólo por el grueso del cuerpo sino por su fuerte actividad. La misma autoridad. Al observar que la masa o inercia de una carga eléctrica depende de dos factores, cantidad y potencial, observa que con una carga dada sobre una esfera lo suficiente pequeña se puede elevar el potencial a cualquier valor deseado; de esta forma se puede obtener cualquier inercia que se necesite. Por tanto, teniendo en cuenta la inercia del electrón, su diámetro debe ser de una diez billonésima de metro. También observa que el camino abierto a los electrones libres en un cuerpo con la densidad del platino es de una millonésima de metro. Además, si se disponen en filas de 50 los 140.000 electrones que componen un átomo de mercurio en el diámetro del átomo, el espacio que queda sin ocupar por los electrones en la esfera es diez mil millones de veces el espacio ocupado. Por tanto los electrones se pueden mover prácticamente sin obstrucción en sus órbitas, pero cuando hay colisiones se supone que raramente colisionan directamente. El Dr. Thomson observa que puede considerarse que ocurre una colisión cuando se acerca un electrón a un cuerpo cargado y cambia apreciablemente su movimiento.

Según la teoría del éter desarrollada por el Dr. J. Larmor, a quien debemos la idea de la rotación orbital de los electrones en un átomo, el éter posee una elasticidad rotacional, pero sus diversas partes se resisten a una rotación entera sobre su eje, aunque pueden atravesarse o desplazarse uno sobre otro. La tensión que aparece por el desplazamiento se debe a una fuerza eléctrica, y la tensión desaparece cuando se retira la fuerza eléctrica. En ese éter el electrón es el centro de un punto de tensión perdurable que se puede mover por el éter como se mueve un retorcimiento por una cuerda, pero no lo hace libre. Los electrones sólo pueden crear perturbaciones en el éter y el éter sólo puede moverlos, como si uno estuviera sujeto al otro.

Lo que se ha considerado hasta ahora simplemente como una carga de electricidad positiva o negativa en una sustancia en la teoría electrónica se debe a un exceso de electrones negativos libres o un defecto de electrones positivos; es decir, una carga negativa se debe a un exceso de

electrones negativos, y una carga positiva a la desaparición de un electrón negativo del átomo, que se convierte en positivo —una teoría que en cierto modo se parece a la teoría del fluido de Franklin, la diferencia está en lo que llamó electricidad negativa se sabe que es electricidad positiva, y viceversa. Para explicar en cuenta el fenómeno de la corriente eléctrica, etc., con la teoría electrónica, se supone que además de los electrones neutros que componen los átomos hay muchos llamados electrones libres entremezclados e intercambiándose con los electrones de los átomos y que, bajo la influencia de una fuerza eléctrica, son capaces de moverse relativamente libres a través de los metales u otros conductores buenos; mientras que la estructura de los no conductores es tal que los electrones no se pueden mover con libertad por ellos. En relación a esto se puede observar que prácticamente todos los buenos conductores de electricidad se componen de un sólo elemento, mientras que los dieléctricos o aisladores, como el aire, vidrio, ebonita, mica y la gutapercha son compuestos o combinaciones de elementos. Suponiendo que hay constantemente una acción en que los átomos de los metales se dividen en corpúsculos cargados positiva y negativamente, que se recombinan de nuevo para formar átomos neutros, el Dr. J. J. Thomson observa que en el estado normal el número de tales corpúsculos que se recombinan en átomos neutros será igual a los que están libres. Por tanto, los enjambres de estos corpúsculos, moviéndose en todas direcciones, ganan o pierden energía al colisionar con los átomos del metal, y adquieren una velocidad media de unos 10.000.000 cm. Estos enjambres de electrones bajo una fuerza eléctrica se moverán en dirección opuesta a la fuerza eléctrica, esto constituye, como se ha indicado, la corriente eléctrica. Suponiendo, además, que estos electrones se mueven en un metal a la velocidad media indicada, se podría esperar, como dice el Dr. Thomson, que algunos de ellos escapen al aire cercano; pero al hacerlo, indica que los electrones tendrían una cierta cantidad definida de energía, ya que son atraídos por los electrones positivos, y probablemente por los átomos neutros, que es suficiente para mantenerlos en el metal. Sin embargo, se sabe que escapan o son proyectados por un hilo incandescente, de un metal frío cuando se exponen a los rayos ultravioletas, del cátodo de un tubo de Crookes, y como se ha observado, del radio. La misma autoridad ofrece la siguiente explicación a por qué aumenta la conductividad eléctrica de los metales con el descenso de temperatura. Observa que la cantidad de corriente transportada por unidad de área está determinada, primero, por el número de electrones libres por unidad de volumen de metal, y segundo, por la libertad con que se pueden mover estos electrones, bajo la fuerza eléctrica, entre los átomos del metal. La libertad con que se mueven los electrones depende de la velocidad media de los electrones, ya que si se mueven con muy gran velocidad no se pueden mover muy lejos antes que colisiones con un átomo del metal, y así se neutraliza el efecto producido por la fuerza eléctrica. La velocidad media de los electrones aumenta con la temperatura, y por tanto la conductividad eléctrica se reduce con el aumento de temperatura.

Con la teoría electrónica una corriente alterna se debe a un movimiento o vibración adelante y atrás de los electrones bajo la influencia de una fuerza eléctrica alterna relativamente lenta, mientras que una oscilación muy rápida de los electrones en un conductor crea, por razón de su íntima conexión con el éter, una perturbación en este último en forma de las llamadas ondas eléctricas. Se puede observar que aunque los electrones bajo la influencia de la fuerza eléctrica en rápida oscilación vibran con gran rapidez, no significa que atraviesen una gran porción del metal; su movimiento se puede transmitir de partícula a partícula, de una forma análoga a cómo se propaga el sonido por las partículas del aire. En este último caso la distancia total atravesada por una partícula de aire puede ser inferior a una millonésima de pulgada.

La teoría eléctrica de la materia, aunque su origen es relativamente reciente en diversos aspectos, no es en conjunto una del día, no es la concepción de una mente o de las investigaciones de un hombre. Por tanto, respecto al punto de vista que un átomo no es una partícula de materia indivisible, desde hace años muchos científicos sostienen que todos los elementos son modificaciones de una única sustancia hipotética, del tipo, “material no diferenciado del universo”. Ni la teoría es completamente nueva al suponer que toda la materia es eléctrica. Faraday, Weber, Helmholtz, Clifford, y otros dejaron entrever este punto de vista; y el trabajo experimental de Zeeman, Goldstein, Crookes, J. J. Thomson y otros ha dado grandes avances a la teoría. Hace treinta y cinco años que Weber predijo que el fenómeno eléctrico se debía a la existencia de átomos eléctricos, cuya influencia entre sí dependía de su posición y aceleración y velocidades

relativas. Helmholtz y otros sostienen que la existencia de átomos eléctricos según las leyes de Faraday de la electrólisis, y John Stone Stoney, a quien se debe la palabra “electrón”, demostraron que cada ión químico del electrolito descompuesto lleva una cantidad de electricidad definida y constante; y como estos iones cargados se separan en los electrodos como sustancias neutras, hay un instante, aunque breve, que las cargas deben ser capaces de existir por separado como átomos eléctricos. Clifford, en 1887, escribió, “Hay grandes razones para creer que todo átomo material lleva sobre él una pequeña corriente eléctrica, o bien la corriente consiste de ello.”

Las investigaciones de los rayos catódicos, que se crean por la descarga de una potente bobina de inducción a través de un tubo de vidrio al vacío, también apunta a la probabilidad de un átomo eléctrico, porque se encontró que estos rayos, proyectados por el cátodo (es decir, el polo negativo del aparato) en líneas rectas, igual que el disparo de un arma, son desviados por los imanes, la dirección en la que los rayos son desviados por el imán demuestra que están cargados negativamente.

También se puede decir que el Dr. Thomson, también consiguió desviar estos rayos por medio de una carga eléctrica, tras algunas dificultades, causadas por que estos electrones al moverse electrifican el gas por donde están pasado, y esto los apantalla de los efectos de una fuerza eléctrica externa; pero reduciendo la presión del gas a un bajo valor consiguió desviar los rayos como afirma.

Ahora se sabe que los rayos catódicos son electrones, es decir, diminutas partículas cargadas que se pueden a una velocidad que se estima en un quinto, una tercera parte o la mitad de la velocidad de la luz, y estas partículas, antes de salir del conductor o cátodo, deben existir en el conductor como una corriente eléctrica, esto refuerza la suposición que una corriente eléctrica consiste del movimiento de los electrones libres en un conductor. Por otra parte, los rayos de Roentgen, que son parte del fenómeno observado que acompaña a los rayos catódicos, no son desviados por un imán, y por tanto no se consideran como partículas cargadas, sino más bien como perturbaciones eléctricas o “salpicaduras” en el éter, debidas al súbito frenado del rápido movimiento de los electrones al impactar con grupos de electrones fijos —es decir, con una sustancia sólida como sabemos. Lodge afirma que la energía consumida al detener un electrón en el espesor de una molécula, y moviéndose a una velocidad de 6200 millas por segundo, es de unos 10 vatios (el diminuto tiempo de frenado es de una centésima de milésima de millonésima de segundo); pero sólo una pequeña parte de esta energía se convierte en radiación eléctrica, es decir, una cantidad igual a 100 ergios, el resto de la energía se convierte en calor. Añade que para que se pueda radiar toda la energía sería necesario detener al electrón en algo similar a una décima de su propio diámetro.

Las investigaciones del Dr. Thomson también han demostrado que la carga de un electrón negativo es igual a la de un átomo de hidrógeno en la electrólisis, pero que la masa del electrón es sólo de una milésima del átomo de hidrógeno. También la masa del electrón negativo y la carga del electrón son siempre invariables, independiente de la naturaleza del gas en el tubo o la sustancia de los electrodos, pero, por el contrario, la electrificación positiva siempre está asociada con una masa que corresponde con un átomo ordinario, y varía con los diferentes gases donde se produce la electrificación.

Las sustancias radiactivas de reciente descubrimiento, como el uranio, el torio, el polonio y el radio, emiten unos ciertos rayos sin ninguna causa conocida con precisión. El radio, o más bien una sal de este metal, como el bromuro de radio, es la sustancia más radioactiva, y da al menos tres tipos diferentes de rayos, que el profesor Rutherford ha llamado rayos alfa, beta y gamma. Los rayos alfa tienen poca penetración; los rayos beta son desviados por un imán y son afines a los rayos catódicos, es decir, electrones negativos arrojados a alta velocidad; pero los rayos gamma no se desvían con un imán, y son muy penetrantes, al igual que los rayos Roentgen, afectan a las placas fotográficas, etc.

Las investigaciones de este fenómeno indican que toda la materia es radiactiva por igual, pero en la mayoría de los casos la radiación es tan lenta o tan débil que no se podría percibir una disminución de la sustancia medida en millones de años, mientras que en el caso de las sustancias más radioactivas el proceso sigue siendo tan lento que, según Becquerel, el descubridor de la radiactividad, una superficie de un centímetro cuadrado cubierta con radio puro perdería sólo



0,001 miligramos de su peso en un millón de años. Sin embargo, a partir de estos hechos, se deduce que el proceso de decaimiento físico que aparece ante nuestros sentidos como algo que desintegra los átomos, y que al final, a menos que se produzca un crecimiento correspondiente en los átomos, toda la materia desaparecerá.

Si la teoría electrónica, que es en cierto modo un retorno a la teoría corpuscular de Newton, sobrevive o es sustituida por alguna otra teoría más idónea, el futuro lo determinará. Por el presente, la teoría sirve para el propósito de dar un origen común a la materia, electricidad y el éter, el electrón es la unión común entre ellas.

La concepción de la idea de una radiación universal de materia se atribuye a M. G. Le Bon, que coincidió con el anuncio del descubrimiento de los rayos Roentgen, expresada de forma independiente en una carta al “Electrical Engineer”, de Nueva York.

## CAPÍTULO VI.

### TELEGRAFÍA INALÁMBRICA SINTONIZADA

DURANTE el primer periodo de la historia de la telegrafía inalámbrica práctica se vio que la utilidad de este arte se vería muy afectada porque sólo se podía transmitir un mensaje a la vez entre dos estaciones cualesquiera dentro de la esfera o radio de influencia del transmisor, ya que cualquier intento de enviar dos mensajes a la vez hacía que ambos mensajes fueran ininteligibles. Varios experimentadores trabajaron para vencer este defecto, los más notables el Dr. Lodge, el Sig. Marconi y el Dr. Slaby. El plan que siguieron estos caballeros fue emplear el método de la sintonía; es decir, un método por el cual los circuitos transmisor y receptor están ajustados o sintonizados a una frecuencia dada de oscilaciones eléctricas.

La explicación de este método se puede simplificar si nos referimos al experimento del diapasón ya mencionado. Como se afirma, se puede poner en vibración cualquier diapasón por medio de las ondas de aire de otro diapasón, y ninguno se pondrá en vibración con otro diapasón de otro tono diferente. Como se ha observado, el oído y el teléfono responden con facilidad a las vibraciones y dejan de vibrar rápidamente. Por otra parte, el diapasón es un vibrador persistente en virtud de dos cualidades que posee, elasticidad e inercia. Cuando le damos un pequeño golpe, o lo rozamos, se mueve de su punto de reposo; su elasticidad lo devuelve rápidamente a su posición normal, su inercia o momento que lleva le hace sobrepasar ese punto, su elasticidad lo regresa a su punto cero, la inercia lo hace sobrepasarlo, y así sucesivamente, hasta que la resistencia del aire y la fricción molecular en el diapasón acaban por detenerlo. De forma análoga, un conductor eléctrico o circuito puede tener, prácticamente en cualquier cantidad deseada, los equivalente de inercia mecánica, elasticidad y resistencia o fricción, como inductancia, capacidad y resistencia ohmica, respectivamente; y se puede variar la frecuencia de la oscilación eléctrica de un circuito variando estos factores —cuanto más pequeños son los factores más alta es la frecuencia de oscilación.



FIG. 20.

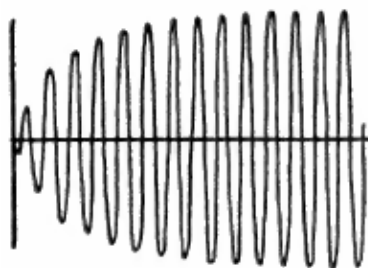


FIG. 21.

Cuando el circuito receptor de un sistema telegráfico inalámbrico se sintoniza con exactitud para oscilar en armonía con el circuito transmisor, dando a los circuitos respectivos prácticamente la misma inductancia, capacidad y resistencia, el circuito receptor responderá sólo a las oscilaciones que emite el transmisor correspondiente. Resumiendo, es la teoría en la que se basa la telegrafía inalámbrica sintonizada. En los experimentos originales de Hertz, como se ha indicado en el capítulo anterior, los periodos de oscilación del circuito transmisor y receptor o resonador eléctrico eran prácticamente iguales o en sintonía. Marconi y otros en sus experimentos encontraron que no era esencial la sintonía perfecta entre los circuitos transmisor y receptor, pero que si había una notable diferencia de oscilación entre ellos los receptores no responderían a nadie excepto a sus transmisores sintonizados correspondientes. Probablemente Sir Oliver Lodge fue el primero que empleó el término “sintonía” (de igual tono) relacionado con los experimentos con las botellas de Leiden, y también fue el primero en diseñar un circuito telegráfico inalámbrico con el transmisor y el receptor sintonizados (que se describirá seguidamente).

Quizás no sea estrictamente correcto decir que un receptor sintonizado sólo responderá a las oscilaciones de su propio periodo. Puede hacer oscilaciones *forzadas*, si la causa excitadora es lo suficiente potente, de forma análoga a cómo se puede hacer que una varilla elástica se mueva rápidamente adelante y atrás con la mano, pero si se empuja y se deja vibrará con su periodo natural, que se puede llamar vibración *libre*; y además, si se golpea a los intervalos regulares adecuados aumentará su amplitud de vibración. En este último caso entra el principio de resonancia, y lo hace también en la telegrafía inalámbrica sintonizada, se entiende que en este último caso los “golpes” consisten de una serie consecutiva de ondas que caen sobre o cortan el hilo receptor.

Lodge, siguiendo a Bjerknes, apunta que un oscilador como el que usó Hertz es un buen radiador de ondas eléctricas, pero “a consecuencia de ello sus vibraciones se amortiguan rápidamente (Fig. 20), y sólo da tres o cuatro oscilaciones fuertes buenas”, y se deduce de ello que establecerá oscilaciones en conductores que no estén en sintonía con él. Por otra parte, el resonador circular de Hertz o resonador es un “vibrador persistente y se adapta bien para captar ondas de una longitud de onda precisa y medible” (Fig. 21). (Ver “La obra de Hertz” de Lodge, pág. 4, 5)

También se sabe que un hilo vertical conectado a tierra en su extremo inferior, como el que se usa en telegrafía inalámbrica, es un excelente radiador de ondas eléctricas, pero, como han indicado Marconi y otros, posee muy poca capacidad, y por tanto sus ondas, al igual que las del radiador de Hertz, están muy amortiguadas, y sólo las primeras pocas oscilaciones tienen la suficiente fuerza para afectar a un receptor, pero estas oscilaciones fuertes, como se ha indicado, afectarán a prácticamente cualquier conductor no sintonizado en el rango de su influencia y establecerán en ellos oscilaciones no periódicas.

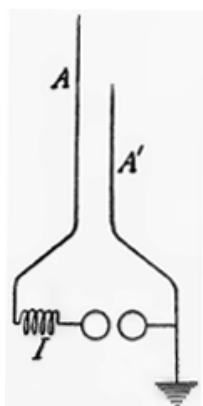


FIG. 22.

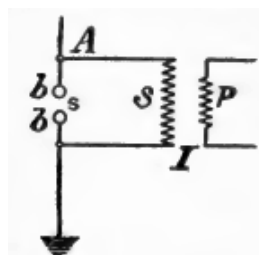


FIG. 23.

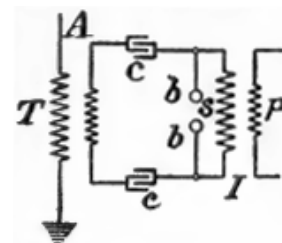


FIG. 24.

Estas consideraciones llevaron a Marconi a experimentar con conductores de mayor tamaño para obtener más capacidad, y por tanto, vibraciones más persistentes, pero se encontró que este plan se neutralizaba él mismo, a pesar que una mayor superficie aumentaba la facilidad para radiar la energía durante las primeras oscilaciones. Para vencer este defecto Marconi aprovechó que la capacidad de un conductor aumenta cuando se acerca otro conductor a él, y sin añadir superficie radiante al primer conductor. En los primeros experimentos siguiendo esta línea usó un conductor conectado a tierra A' (Fig. 22), que era más corto que el hilo transmisor A. Al haber añadido capacidad al hilo, era fácil añadir inductancia al circuito en forma de una bobina de hilo I, y obtener así un radiador sintonizado más persistente. Del mismo modo el circuito receptor preparado igual se convierte en un vibrador más persistente, y por tanto una cantidad de energía consumida en el transmisor para producir una sucesión de oscilaciones de una amplitud más uniforme tendrá un efecto acumulativo o resonante sobre el receptor y finalmente hará que responda a las ondas establecidas por el transmisor, mientras que un circuito receptor no sintonizado que contenga un detector igual de sensible que el primero probablemente no responderá a estas oscilaciones en particular.

En general el chispero y el aparato receptor de los circuitos no sintonizados se conectan directamente a tierra, en serie con el hilo vertical A, como se indica en las Fig. 23, 25 y 26, y

por tanto las oscilaciones en él son de corta duración, se amortiguan rápidamente. Por el contrario, los aparatos y circuitos de los circuitos sintonizados normalmente están separados del hilo vertical por un transformador T y condensadores, como se indica en las Fig. 24 y 27. En las Fig. 23 y 24 *b b* son el chispero; P, S son los hilos primario y secundario de la bobina de inducción I. En la Fig. 24 el chispero *s*, los condensadores *c c*, y el primario del transformador T forman un “circuito oscilante” cerrado, en el cual la capacidad e inductancia puede tener el valor deseado, y normalmente se eligen para dar una longitud de onda igual a cuatro veces la longitud del hilo vertical. Cuando se descarga el condensador en este circuito oscilante, las oscilaciones tienen una duración más o menos prolongada, y se establecen en el hilo vertical oscilaciones de la duración correspondiente por medio del transformador T, el hilo a su vez radia ondas eléctricas de similar duración.

Los circuitos oscilantes de los sistemas inalámbricos no sintonizados se llaman “circuitos abiertos”; los de los sistemas sintonizados se llaman “circuitos cerrados”. Las Fig. 23 y 24 son ejemplos de circuitos transmisores “abierto” y “cerrado”, respectivamente. Se puede observar que se utilizan los circuitos abiertos en algunos sistemas donde no se dispone de sintonía. Se harán más referencias a la sintonía, resonancia, era.

Los experimentos han demostrado que por medio de aparatos sintonizados se puede cubrir una distancia mucho más grande con una cantidad dada de energía eléctrica y altura de hilos. Por tanto Marconi afirma que un transmisor que pudiera accionar a un receptor sintonizado a una distancia de 30 millas no afectaría a un receptor no sintonizado a 160 pies. Se puede asumir esto, como se ha explicado, debido a que en el caso del receptor sintonizado las oscilaciones más débiles, o fuerzas eléctricas que crean los círculos de ondas que llegan al circuito receptor en unísono con estas ondas, y las siguientes ondas sucesivas amplifican la oscilación por resonancia, o fuerzas electromotrices, en el circuito receptor hasta que afectan al cohesor; pero las oscilaciones que tienden a crear las mismas ondas en el receptor no sintonizado están fuera de paso con la oscilación natural del circuito no sintonizado, y debido a esto normalmente se opone en vez de ayudar a las oscilaciones del circuito, con el resultado de prácticamente cero. Por tanto es esencial en los circuitos sintonizados que las conexiones y desconexiones o variaciones del circuito transmisor primario se sigan una tras otra con gran rapidez para obtener los mayores efectos de la resonancia, es decir, que la cresta de la onda entre las series sucesivas de oscilaciones no debe caer demasiado baja para obtener los mejores resultados. Además, la imposibilidad de obtener una sintonía perfecta se atribuye en parte a la dificultad de mantener una sucesión de series de oscilaciones lo suficiente cercanas con los dispositivos transmisores empleados hasta ahora, debido a la resistencia del chispero, que aumenta con la longitud del chispero, y no hay duda que también varía con las variaciones de temperatura del arco, y bien sea por exceso de resistencia que amortigua rápidamente las oscilaciones, o por una rápida variación de la resistencia que varía la frecuencia de las oscilaciones, ya que según Kelvin, el

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LK} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

número de oscilaciones por segundo es igual a  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LK} - \frac{R^2}{4L^2}}$ , y cuando la resistencia es superior a  $\sqrt{4L/K}$  no habrá oscilaciones, sino tan sólo una descarga muerta. Además, con el presente tipo de dispositivos transmisores parece ser esencial un chispero largo debido a los altos potenciales que se emplean en la transmisión a larga distancia. Relacionado con esto ver la presión de aire de los chisperm. La variación de resistencia de las limaduras del cohesor también es un impedimento al mantenimiento de la sintonía en el circuito receptor. No obstante, es fácil diseñar los aparatos fijos y circuitos de un sistema inalámbrico para que tengan la inductancia, capacidad y resistencia deseadas, en esta dirección se ha de mencionar que se esperan más perfeccionamientos en la sintonía. Ya se ha sugerido que se puede disponer para ello un dispositivo como el de Cooper Hewitt, descrito en la sección de interruptores, y Marconi junto con otros han apuntado que su resistencia prácticamente uniforme, además de otras cosas, puede permitir una sintonía más exacta.

Gracias a la sintonía eléctrica se espera que sea posible enviar varios mensajes entre los mismos puntos al mismo tiempo sin interferencia, otorgando diferentes frecuencias de oscilación a los diferentes equipos de aparatos transmisor y receptor. También se espera que sea suficiente un hilo vertical para todos los aparatos en una estación. Los que están familiarizados

con el sistema armónico de Gray en la telegrafía por hilos (descrito en “Telegrafía Americana”, pág. 355a, edición de 1903), donde tres o cuatro instrumentos, sintonizados para transmitir y recibir diferentes frecuencias de pulsaciones de corriente eléctrica, operan con éxito en un hilo al mismo tiempo, no parece imposible esto si se encuentra que es factible la sintonía práctica. También es muy posible que si se emplea un receptor universal como el teléfono, será factible recibir un número de tonos diferentes al mismo tiempo en un instrumento, como se hace en la telegrafía por hilos. (Ver “Electrical World”, 6 Octubre 1888). Se sabe que también se pueden sintonizar los teléfonos, y de hecho M. Mercadier ha propuesto un instrumento de un tono, ajustado para que responda a una frecuencia dada de pulsaciones por segundo en la telegrafía múltiple; y por el profesor A. Blondel para que responda a la frecuencia de carga del hilo vertical; es decir, a la frecuencia de interrupción de la bobina de inducción, en cuyo caso se pueden conectar directamente al circuito de la antena receptora uno, dos o más teléfonos, sintonizados cada uno a una diferente frecuencia de carga de la antena transmisora, análogamente al sistema armónico citado. O se pueden colocar en paralelo con un detector más sensible, este último en serie con el hilo vertical. Aquí las cargas, o grupos de ondas, y no de las propias oscilaciones de la antena, es un aspecto importante. Pero, se puede indicar, que se han sugerido combinaciones de ambos aspectos. Pero hasta ahora, no parece que se haya recibido en una estación más de un mensaje a la vez, excepto, tal vez, experimentalmente; y si no hay éxito o se abandona el sistema armónico de Gray, después de una larga prueba en los hilos, también será un problema difícil un sistema de telegrafía inalámbrica múltiple entre dos puntos dados, aunque no será imposible. Pero si el uso de los aparatos sintonizados permite, con una cantidad dada de energía eléctrica y una altura dada del hilo vertical, transmitir señales a una distancia mayor que la que permiten los aparatos no sintonizados, será un gran avance en el arte.

## CAPÍTULO VII.

### SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE MARCONI, SINTONIZADO, NO SINTONIZADO Y DE LARGA DISTANCIA

#### ESTACIONES MILITARES Y DE BUQUE FARO – ALFABETOS MORSE, ETC.

LA distinción entre sistemas telegráficos sintonizados y no sintonizados se ha tratado en el capítulo sobre la telegrafía inalámbrica sintonizada.

A los experimentos de Lodge en 1894 le siguieron los experimentos de Marconi un año más tarde. Los aparatos principales que empleó Marconi en sus experimentos originales fueron un oscilador y un hilo vertical en la estación transmisora, y un cohesor de limaduras, un relé con un golpeador, y un hilo receptor en la estación receptora. Estos dispositivos, como se ha sugerido antes, eran conocidos, pero fueron modificados en mayor o menor medida por Marconi, que añadió también otros dispositivos que se encontró que eran necesarios para llevar su sistema hasta la utilidad práctica.

El primer montaje empleado por Marconi se bosqueja en las Fig. 25 y 26. En la Fig. 25, I es la bobina de inducción del oscilador;  $b$   $b'$  son las bolas de descarga, entre las que está el chispero; K es el manipulador Morse de fuerte construcción; B es un acumulador de 5 celdas. El hilo vertical A, o antena, se conecta a la bola  $b$ ; la otra bola  $b'$  se conecta a tierra. De esta forma las bolas  $b$   $b'$  están en serie con el hilo de antena. Los terminales  $w$   $w'$  del hilo secundario  $s$   $s$  de la bobina de inducción se conectan respectivamente a  $b$  y  $b'$ .

El tipo de oscilador que empleó Marconi al principio se conoce como oscilador de Righi, que, además de la bobina de inducción ordinaria, consiste de dos bolas metálicas de un diámetro de 4 pulgadas, conectadas con los terminales del hilo secundario de la bobina de inducción. Estas bolas y el chispero estaban sumergidos en aceite en un receptáculo adecuado, con el objeto de obtener un corte más agudo y por tanto una chispa más eficiente. También se encontró que el aceite evitaba la necesidad de limpiar las bolas con frecuencia. Sin embargo, en las siguientes pruebas se abandonó el aceite, y ahora se usan bolas de un diámetro de una pulgada. Con una bobina de seis pulgadas, las ondas eléctricas generadas por este oscilador tienen una longitud de diez pulgadas.

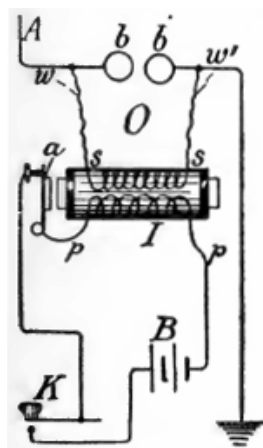


FIG. 25.

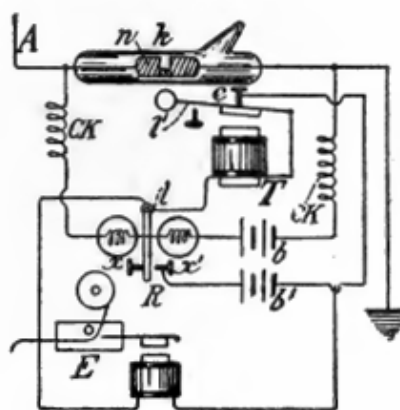


FIG. 26.

La transmisión de los mensajes se hace por medio del manipulador K. Cada vez que se cierra el manipulador entra en funcionamiento el vibrador  $a$ , con el resultado que se crean oscilaciones eléctricas en el circuito de antena y se emiten ondas eléctricas. Cuando se abre el manipulador cesa el oscilador, y de este modo se hace corresponder la duración de un tren de ondas u oscilaciones a los puntos y rayas del alfabeto Morse.

En la Fig. 26 se indica el aparato receptor,  $k$  es el cohesor Marconi. Consiste de un tubo de vidrio, sujeto de la forma adecuada, de una longitud de 1,57 pulgadas y un diámetro interno de 0,1 pulgadas. Se insertan en el tubo unos pequeños tapones  $n$  de plata, de un tamaño que encaje herméticamente en el tubo. Entre sus extremos hay un pequeño espacio de 0,05 pulgadas. En este espacio se colocan las limaduras. Los tapones deben encajar con el tubo para que no se derramen las limaduras entre el espacio de los tapones y el vidrio. Es suficiente con un pequeño número de limaduras. Marconi usa un noventa por ciento de níquel y un diez por ciento de plata para las limaduras, pero se puede variar esta proporción para obtener la sensibilidad deseada, aumenta la sensibilidad con el aumento de la proporción de las limaduras de plata. Por los extremos del tubo salen los hilos que van a los tapones, y, para impedir que se oxiden las limaduras, se extrae el aire del tubo hasta una milésima de atmósfera, tras lo cual se sella herméticamente. T es un golpeador; R es un relé sensible –puede ser un relé Morse o polarizado; E es un impresor de tinta con un carrete de papel, etc. (descrito en “American Telegraphy”, pág. 70). El hilo vertical A se conecta a un terminal del cohesor, el otro terminal del cohesor se conecta directamente a tierra. El relé R está en un circuito local paralelo con el cohesor y una celda de la batería  $b$ . La armadura  $l$  del relé controla el circuito local del golpeador y también del impresor de tinta E, cuyos circuitos se alimentan con la batería local  $b'$ , que consiste de cuatro o seis celdas.  $k$  representa el aspecto usual del cohesor.

En resumen, la operación de este aparato es la siguiente: cuando las ondas eléctricas generadas por el transmisor distante llegan y crean oscilaciones en A, la resistencia del cohesor  $k$  cae lo suficiente para que la batería  $b$  magnetice el relé R, que atrae su armadura, cerrando el circuito de  $b'$  en  $x'$ , como se ha descrito en la Fig. 12. Por tanto, mientras se reciben las oscilaciones el golpeador está vibrando o zumbando, y se detiene cuando cesan las oscilaciones. También, mientras se mantienen las oscilaciones se activa el impresor Morse E, y se imprime un punto o una raya, según sea, en la cinta de papel. La cinta de papel se mueve o se detiene automáticamente por medio de dispositivos muy conocidos en telegrafía, cuando comienzan y cesan las señales. (Ver “American Telegraphy”, pág. 373).

Además de los aparatos dibujados en la Fig. 26, se emplean varias inductancias o bobinas de “choque” CK CK' y bobinas no inductivas, que son esenciales para el funcionamiento práctico del sistema. Las bobinas de choque tienen núcleos de hierro para aumentar el efecto magnético, y están bobinadas rectas; las bobinas no inductivas se bobinan adelante y atrás sobre ellas mismas, y por tanto no son magnéticas, ofreciendo sólo resistencia a la corriente. En breve se darán más detalles de estas bobinas.

En un montaje posterior Marconi introdujo una bobina de inducción o transformador, llamado en jerga, el “jigger” (chisme), entre el hilo vertical y el cohesor, mostrado teóricamente en la Fig. 27, donde P es el hilo primario del transformador. El hilo secundario se divide en dos secciones  $s$   $s$ , como se indica, el cohesor  $k$  se coloca entre ellas. El condensador C se coloca como se indica, formando un cortocircuito para las oscilaciones secundarias para el cohesor (un condensador es virtualmente un conductor para las corrientes momentáneas), CK CK' actúa como bobina de choque, y dirige las oscilaciones hacia C, e impide que se disipe cualquier corriente a través del relé, que está hecho con la menor autoinducción posible.

Según Marconi, estas bobinas de choque consisten de unas pocas pulgadas de hilo fino de cobre bobinadas sobre un trozo de hilo de hierro de 1,5 pulgadas de largo. Las bobinas del jigger, mostradas como J en las figuras siguientes, se bobinan sobre un pequeño tubo de vidrio de 0,3 pulgadas de diámetro. El secundario consiste de 375 espiras de hilo de cobre de 0,002 pulgadas de diámetro, aislado con seda y con una resistencia de 79 ohmios. El primario se bobina sobre el secundario, tiene 175 espiras de hilo de 0,0047 pulgadas, y una resistencia de 7 ohmios. Otra forma de jigger, que describe Marconi, es virtualmente como sigue: El primario se bobina sobre un tubo de ebonita o vidrio de 0,22 pulgadas de diámetro. Consiste de 100 espiras de hilo de cobre de 0,014 pulgadas de diámetro, con una resistencia de 4,5 ohmios, aislado con seda y cubierto de parafina. El secundario es de hilo de cobre de 0,007 pulgadas de diámetro, también aislado con seda. Está bobinado sobre el primario. El secundario está hecho de dos partes. Cada parte del secundario está hecha de 17 capas de hilo, con un número de espiras en disminución en cada capa, 77, 49, 46, 43, 40, 37, 34, 31, 28, 25, 22, 19, 16, 7, 3, respectivamente, haciendo un total de 500, con una resistencia de 23 ohmios. El condensador  $c$  se

compone de doce placas pequeñas de cobre o estaño conectadas de la forma ordinaria y aisladas con papel parafinado. El tamaño de las placas es de 2 pulgadas por 1,2 pulgadas. También se usan botellas pequeñas de Leiden. Se afirma que la bobina de inducción o jigger J actúa como transformador “elevador”, y eleva muchísimo la eficiencia del aparato al aumentar la fuerza electromotriz que actúa sobre el cohesor, y esto aumenta la distancia a la que se pueden enviar señales. Además, protege a los aparatos de las corrientes eléctricas atmosféricas (que podrían perjudicar más o menos al funcionamiento del cohesor), al dar a estas corrientes un camino prácticamente directo a tierra.

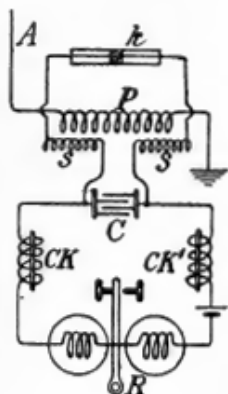


FIG. 27.

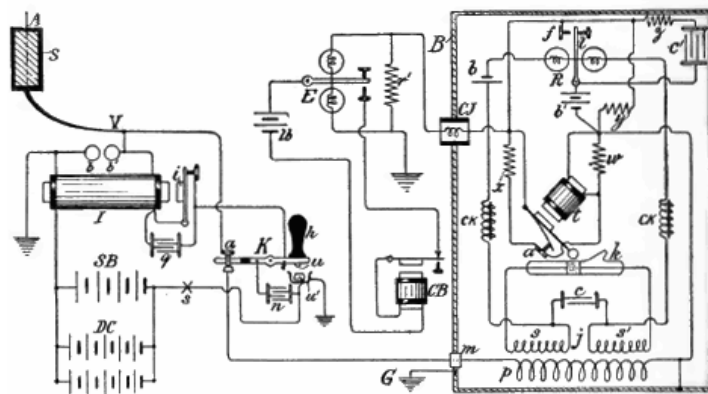


FIG. 28. DETALLES DEL SISTEMA NO SINTONIZADO MARCONI

En un sistema experimental se consideran tantas modificaciones que no se puede esperar ningún montaje fijo para cada estación equipada con este sistema. Sin embargo, en la Fig. 28 se muestra el esquema de un montaje práctico del transmisor y receptor Marconi. En la práctica es aconsejable encerrar el cohesor *k*, el jigger *j*, el relé *R*, el golpeador *t* y los hilos que los conectan en una caja metálica apantallada *B*. Este apantallamiento se conecta a tierra en *G*. Como las ondas eléctricas no pasan a través de los metales, con este dispositivo se impide que las ondas extrañas afecten al cohesor. *R* es el relé controlado por el cohesor; *CK CK'* son las bobinas de choque en el circuito de *R*; *b* es una pila para el funcionamiento de *R*. *R* es un sensible relé polarizado con una resistencia entre 1200 y 10.000 ohmios, y normalmente se encuentra encerrado en una caja cilíndrica para protegerlo del polvo. Se sabe que el cohesor se descohesiona con más facilidad con una corriente débil que con una fuerte, por esta razón es deseable un relé sensible. Algunos de los relés que se emplean se activan con una corriente de 1/20000 de amperio. Para poder obtener una corriente débil algunas veces se conecta una resistencia en el circuito de *b*. Otra razón para emplear un relé sensible es que con una corriente fuerte el cohesor puede activarse de continuo.

Es esencial que no salten chispas en ninguna de las puntas de contacto del relé *R* o el golpeador *t*, ya que las oscilaciones que crean afectarían al cohesor. Para impedir estas chispas y oscilaciones se conecta en paralelo con la bobina del electroimán del golpeador *t* una resistencia no inductiva *w* de 1000 ohmios, sus puntas de contacto *a* con una resistencia *x* similar. La punta de contacto del relé *R* tiene en paralelo una resistencia no inductiva *y* de 4000 ohmios, también con un condensador *c'*, que tiene en circuito una resistencia de 500 ohmios. Se puede ver que la batería *b'* tiene un terminal conectado a tierra en *G*. El registrador de tinta *E* (resistencia 400 ohmios) está fuera de la caja *B*, y, junto con el golpeador *t*, está operado por la batería *b'*, y controlado por la armadura del relé *R*. El golpeador está en un circuito metálico. El registrador de tinta está en un circuito de retorno de tierra, desde tierra *G* a través de *b'*, la palanca *l* y *f*, a través del apantallamiento de la caja a *E* y tierra. El registrador *E* también tiene en paralelo una resistencia no inductiva de 1000 ohmios. Para que ninguna onda eléctrica extraña pueda entrar en la caja por el hilo *E*, este hilo se hace pasar por una bobina inductiva o choque *K J* colocada al lado de la caja. Para ello Marconi empleó primero una bobina de 4 ohmios o 125 espiras de hilo del No 28, aislado con gutapercha y cubierto con cinta de estaño conectada a la pantalla de la caja. En posteriores experimentos otros han empleado una bobina de 45 ohmios. La bobina está muy bien protegida contra daños mecánicos. Un timbre de llamada *CB* está controlado por



la palanca de E, y se muestra alimentado por una batería local independiente *lb*. Un terminal de la bobina primaria *p* del jigger J está conectada a tierra por contacto con la pantalla B; su otro terminal va a una abertura aislada *m* en la caja B. En algunos casos se dispone de una conexión móvil que está en contacto con el contacto posterior del manipulador de transmisión K, en la práctica este contacto móvil consiste de un brazo, no mostrado, del manipulador K, que se inserta en *m* para “recibir”, pero se desconecta para “emitir”, de este modo se desconecta la caja por completo del transmisor. En otros casos el manipulador se conecta en la práctica como se muestra, el espacio de aire entre el frontal y la parte trasera del manipulador es suficiente para asegurar que no suceda ningún daño a los aparatos receptores de los altos potenciales del transmisor, el manipulador tiene un movimiento arriba y abajo de varias pulgadas. La caja B se hace en dos partes y puede abrirse fácilmente para inspeccionar y ajustar los aparatos.

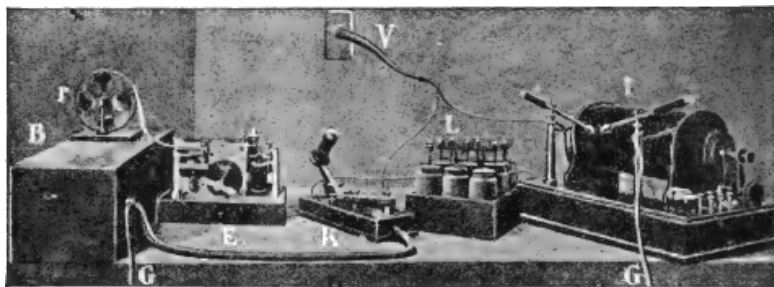


FIG. 29. MONTAJE GENERAL DE LOS APARATOS MARCONI

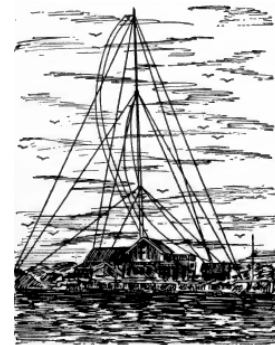


FIG. 30. ESTACIÓN COSTERA

El aparato transmisor se muestra a la izquierda de la figura. K es un manipulador Morse masivo (es necesario debido a las fuertes corrientes y altas presiones que se usan en el circuito oscilador) con contactos delante y detrás, que están bien aislados entre sí. El manipulador dispone de un largo mango de ebonita *h*. Sus contactos frontales *u* están puenteados con el condensador *n*. El contacto inferior es una copa metálica *u'*, y por medio de él las cargas de alto potencial se desvían del manipulador. El interruptor *i* de la bobina de inducción también tiene en paralelo un condensador *q*; I es la bobina de inducción del oscilador; SB es el acumulador para alimentar la bobina de inducción. Se puede ver que está controlado por los contactos frontales de K. La corriente se toma de pilas secas en múltiple que cargan los acumuladores. Normalmente se inserta un interruptor *s* que puede cortar la batería, invertirla, etc.

El montaje general y la apariencia de los aparatos más importantes usados en Marconi y otros sistemas se ilustra en la Fig. 29, B es la caja que contiene el cohesor, relé, etc.; E es el registrador de tinta; *r* es la rueda para guiar la cinta de papel donde se imprime el mensaje; L es una batería de botellas de Leiden o condensadores; I es la bobina de inducción y el descargador; K es el manipulador de transmisión; G G son las conexiones a tierra; V es el terminal del hilo vertical. El aparato ocupa un espacio de 4,5 por 2,5 pies sobre una mesa que normalmente está cubierta de goma.

El hilo o hilos verticales para los barcos, y para enviar señales a distancias relativamente cortas, normalmente es de hilo trenzado, de 0,25 pulgadas de diámetro, aunque Marconi ha usado cintas de mallas de hilo de una anchura de dos pies. El hilo o malla está soportada por mástiles de la altura y fuerza adecuados, asegurados con vientos, como indican las Fig. 30 y 32, que representan una estación costera telegráfica inalámbrica y un equipo telegráfico inalámbrico militar, respectivamente. Algunos de los mástiles que se usan para esto pesan unas cinco toneladas. No es esencial que el hilo se suspenda estrictamente vertical si se puede obtener la altura vertical necesaria. Obviamente, los mástiles separados por varios cientos de millas, debido a la curvatura de la tierra no estarán paralelos entre sí. Los hilos deben estar aislados del mástil o torre de la que están suspendidos, de no hacerlo las cargas eléctricas se disiparían a tierra en tiempo húmedo. No obstante como la fuerza electromotriz que se envía a estos hilos es suficiente para hacer saltar chispas de seis, doce o más pulgadas, es evidente que el aislamiento debe ser muy bueno. Por esta razón los hilos están separados del mástil por medio de largas varillas de ebonita (A, Fig. 31), y, cuando es posible, se hacen pasar a través de una ventana u

ojo de buey a la habitación donde se encuentran los aparatos transmisor y receptor, como se indica en la misma figura que representa el buque faro de Nantucket Shoals, de Massachussets, equipado con el sistema telegráfico inalámbrico Marconi. Desde esta última estación se informa de los barcos que pasan diariamente, y se transmiten y reciben mensajes entre ellos y el buque faro por telegrafía inalámbrica cuando los barcos están equipados con los aparatos necesarios. Cuando este no es el caso, se pueden enviar y recibir mensajes por medio de silbatos de vapor o bocinas, para ello se está usando el código Morse continental, un sonido corto y largo equivale al punto y raya del código, que se incluye al final de este capítulo. Los mensajes así recibidos por el buque faro se telegrafían inalámbricamente a tierra firme.

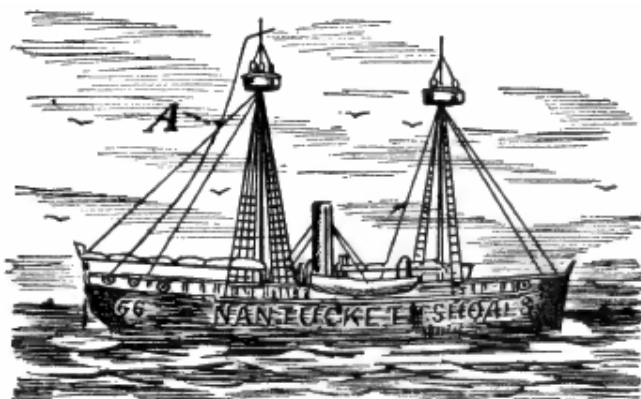


FIG. 31. ESTACIÓN DE BUQUE FARO



FIG. 32. ESTACIÓN DE CAMPO

En la Fig. 28 se indica otro método para llevar el hilo vertical a la sala de operaciones. Se hace en el puente un agujero de unas cuatro pulgadas de diámetro. Se cubre con un tubo de ebonita de un espesor de una pulgada y media, que sobresale 1,5 pies de la superficie del puente, y se protege mecánicamente de cualquier daño con un blindaje grueso de latón. Por el centro de esta abertura se hace pasar el hilo vertical después de haberlo aislado bien con citas de goma y seda aceitada. El espacio entre el tubo de ebonita y el hilo vertical se rellena con un compuesto aislante especial como parafina, y el tubo lleva un tapón de ebonita. Por debajo de este tubo el hilo se va reduciendo gradualmente hasta que se parece a una cola, y de hecho esta porción del hilo vertical se llama “cola de vaca” (ver Fig. 28, 29). De este hilo se llevan dos hilos, uno a la bola *b*’ del oscilador, el otro al manipulador o conmutador, como se muestra. La otra bola *b* del oscilador se conecta a tierra. A bordo la “tierra” se toma de las placas metálicas del barco, el hilo de tierra se remacha o grapa a una placa del casco del barco.



FIG. 33.

En la Fig. 33 se da un facsímil de mensajes “captados del viento” durante las regatas de 1899 en la Bahía de Nueva York. Los boletines del progreso de la regata se enviaron desde el vapor *Ponce* al buque cablero Mackey-Bennet a unas millas de distancia, ambos equipados con aparatos de Marconi, de donde se recogió este espécimen y otros más por un equipo de telegrafía inalámbrica construido por Mr. W. J. Clarke, que estaba supervisando el escritor en el vapor *Le Grand Duchesse*. Probablemente este fue el primer ejemplo de manipular las ondas hertzianas al menos en los Estados Unidos. En estos despachos se emplearon abreviaturas como Shr por *Shamrock*, Col por *Columbia*, los yates en la competición, abt por about (aprox.), db por board (tablero), etc. Se empleó el alfabeto universal o continental.

Con el cohesor de limaduras descrito hasta ahora se limitaba la velocidad de transmisión a doce o quince palabras por minuto, la descohesión, la impresión del mensaje, etc., todo ello tendía a una velocidad lenta. El tipo de manipulador también es esencialmente un manipulador de baja velocidad. Se puede comprobar el grado de sensibilidad del cohesor puentando el cohesor con una resistencia de bajo valor, como una cuerda húmeda o los dedos, si el relé es

demasiado sensible, el golpeador vibrará. En este caso se debe variar el ajuste del relé. Por otra parte, puede deberse este resultado a un cohesor defectuoso, uno de una resistencia inicial demasiado baja, en cuyo caso se debe sustituir por un instrumento perfecto. Para comprobar la operatividad general del aparato receptor algunas veces se usa un pequeño zumbador eléctrico en la proximidad del hilo vertical. La experiencia ha demostrado que no siempre se obtiene fácilmente el ajuste de este aparato, y cuando se obtiene no se debe variar sin necesidad. Cuando un cohesor “agotado” se vuelve inoperativo no se puede restaurar a su condición de trabajo. Por esta razón, entre otras, lo usual es tener un suministro liberal de cohesores a mano.

### SISTEMA INALÁMBRICO SINTONIZADO DE MARCONI

En las Fig. 34, 35 se bosqueja un montaje de los circuitos transmisor y receptor sintonizado de Marconi, se han omitido el golpeador, bobinas en puente, etc. por simplicidad. A es el hilo vertical conectado por su extremo inferior a una bobina de hilo  $w$ , que está conectada a tierra. Se puede conectar un terminal del hilo secundario  $s$  de la bobina de inducción T a cualquier espira deseada de la bobina  $w$ , De este modo se puede variar la inductancia del circuito “abierto” del hilo vertical y por tanto se hace corresponder su periodo de oscilación al del circuito “cerrado” del oscilador, que incluye el hilo primario  $p$  de T. I es la bobina de inducción;  $c$  es condensador ajustable de 0,25 mfd. de capacidad, y por medio de él se puede variar fácilmente el periodo de oscilación del circuito cerrado. Con frecuencia se usan botellas de Leiden para ello. Se varia la capacidad moviendo hacia dentro o hacia fuera una o más placas del condensador, o añadiendo o retirando una o más botellas de Leiden. También se puede colocar una capacidad, no mostrada en el dibujo, en el hilo vertical para facilitar la sintonía. Se aumenta el periodo de oscilación añadiendo espiras a las bobinas  $w$ , y se reduce reduciendo el número de espiras. El periodo también se reduce añadiendo la capacidad de un condensador en serie con  $w$ , y viceversa. Los diversos circuitos estarán en sintonía cuando el producto de la capacidad por la inductancia de cada circuito es igual, ya que el periodo de un circuito es igual a  $2\pi$  veces la raíz cuadrada del producto de la inductancia y la capacidad.

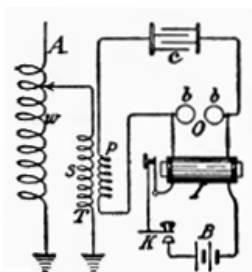


FIG. 34.

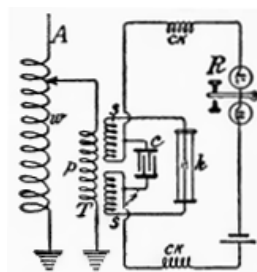


FIG. 35.

En la Fig. 35 se muestra el circuito receptor sintonizado. A es el hilo vertical con las espiras de hilo  $w$ , a las que se une el hilo primario  $p$  de la bobina de inducción o “jigger” T. Es importante que el periodo de oscilación del circuito del cohesor sea el mismo, o una octava, del circuito del hilo vertical. Según Marconi, se puede hacer esto haciendo que la bobina secundaria  $s$  de la bobina T tenga una longitud igual a la del hilo vertical A, en cuyo caso, esta bobina no tiene prácticamente capacidad, y como se puede asumir que tiene una inductancia igual a la del hilo vertical, su longitud de onda será virtualmente la mitad de ese hilo, y su frecuencia de oscilación será una octava superior. El circuito transmisor se ajusta después para que su periodo se corresponda con la del circuito receptor. Se hace esto variando la capacidad del condensador  $c$ . El condensador receptor  $c$  consiste de unas pocas hojas de cobre separadas por hojas finas de papel parafinado, las placas metálicas se conectan de forma alternada. La forma de obtener este “balance” es comenzar con muy poca capacidad en el condensador y añadir placas hasta obtener el mejor resultado en la estación receptora, cuando se añade más capacidad al condensador las señales se desvanecen rápidamente, mostrando que los circuitos están fuera de sintonía.

Se puede variar fácilmente la sintonía —es decir, se pueden quitar o añadir espiras por medio de los contactos deslizantes mostrados en las Fig. 34, 35 y 36.

**Montaje cilíndrico de Marconi.** – Otro dispositivo debido a Marconi, y que también se usa relacionado con los circuitos sintonizados, se muestra en la Fig. 36. En este montaje se sustituye el hilo vertical de cada estación por los cilindros metálicos concéntricos A, el exterior tiene unos 4 pies de alto y 1,3 pies de diámetro. Con este dispositivo se han transmitido señales a 31 millas. El cilindro exterior se conecta al hilo de la inductancia  $w$ , el interior a tierra. Las otras conexiones son prácticamente similares a las mostradas en la Fig. 34. En otros ejemplos se han usado cilindros de 20 pies de altura y 5 pies de diámetro. Los cilindros se pueden transportar en un carruaje a vapor y bajarse cuando se desea. En este caso la conexión a tierra se hace remolcando una red de hilos sobre el suelo; es suficiente con una conexión relativamente débil a tierra. Los cilindros preparados en esta forma son en efecto dos placas de una botella de Leiden, o condensador, que da una capacidad grande, proporcionando así un vibrador persistente, no obstante, con este montaje esta propiedad aumenta en una relación mayor que su propiedad radiante, y, como se ha sugerido, tal vez la proximidad de las placas tiende a aumentar la energía magnética del circuito; no hay duda que esto hace que este dispositivo opere con oscilaciones de un periodo muy definido, ya que en la práctica se ha encontrado que funciona con éxito como un aparato sintonizado.

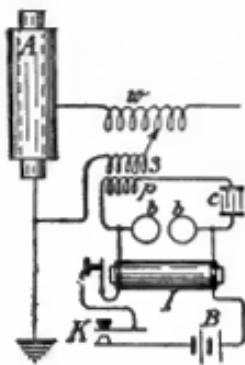


FIG. 36.

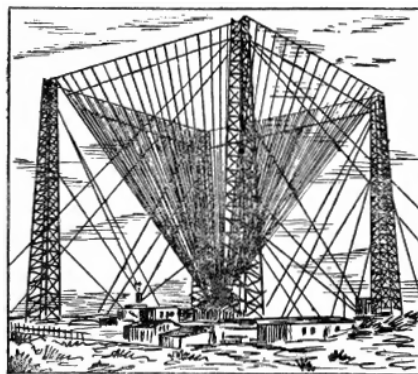


FIG. 37. ESTACIÓN DE SOUTH WELFLEET.

En la práctica es esencial que la inductancia del cilindro interno sea inferior al externo y esto al principio se obtenía haciendo que el cilindro conectado a tierra fuera el más corto de los dos, pero seguidamente se tuvo el mismo resultado usando la inductancia  $w$ , conectada como se muestra, o situada entre el chispero y el cilindro externo. Marconi considera que es necesaria esta desigualdad de inductancia para desfase los dos cilindros, de no hacerlo uno neutralizaría el efecto del otro, y no habría ninguna radiación.

#### TELEGRAFÍA INALÁMBRICA A LARGA DISTANCIA MARCONI

El modo general con el que se consigue la transmisión a larga distancia es aumentar la energía eléctrica en la estación transmisora y aparatos más sensibles en la estación receptora, junto con el empleo de mástiles o torres elevadas, y múltiples hilos de antena en la estación transmisora.

La primera estación equipada para el servicio a larga distancia fue la de Poldhu, Cornualles, Inglaterra, la siguiente en Glace Bay, Cabo Bretón, y la tercera en South Wellfleet, Mass. En las primeras pruebas a larga distancia en Poldhu se emplearon dos mástiles de 160 pies de altura y separados por 200 pies. Entre los extremos superiores de estos mástiles se tendió un hilo del que se suspendieron 50 hilos sin aislar. Estos hilos convergían en el fondo y de allí se llevaba al cuarto de instrumentos. Seguidamente las estaciones de larga distancia se equiparon con mástiles altos dispuestos en un amplio círculo, con los hilos verticales que se sujetaban a hilos horizontales sujetos a los extremos superiores de los mástiles. Sin embargo, esta construcción no era lo suficiente fuerte para resistir las tormentas, y en un último montaje se construyeron fuertes torres. El montaje descrito en la Fig. 37 es el de la estación de South Wellfleet. Se han construido cuatro torres de madera de la forma indicada. Estas torres tienen una altura de 220 pies y se encuentran sobre una colina de arena a 150 pies sobre el nivel del mar. De un hilo

horizontal que corre de torre a torre cuelgan verticalmente un gran número de pequeños hilos de cobre como se muestra. Los hilos verticales convergen como se indica y entran en el cuarto de operaciones; están muy bien aislados en la parte superior de las torres de madera.

Todavía no se han obtenido todos los detalles del montaje de estas estaciones. Se sabe que en la estación de Poldhu se usa un generador de 20 kilovatios que entrega 2000 voltios, y en las siguientes pruebas de larga distancia se emplearon generadores más potentes. Este voltaje se aumenta con transformadores “elevadores”, un tipo de bobina de inducción, hasta quizás unos 100.000 voltios en el hilo de antena. Como se ha dado a entender previamente, debido a las pérdidas en la transformación y en los chisperos solo se radia una pequeña fracción de la energía del generador. Está claro que se debe de disponer de los medios para reducir el peligro y los daños al abrir y cerrar el manipulador de transmisión cuando se usan altos potenciales y fuertes corrientes. Algunas veces se hace abriendo el circuito en aceite, con sopladores en la chispa, etc., para ello se usan manipuladores y dispositivos especiales, algunos de los cuales se describirán o mencionarán.

**El sistema de transmisión Fleming a larga distancia.** – En la Fig. 38 se muestran varios sistemas diseñados para hacer señales inalámbricas a larga distancia por el profesor J. A. Fleming para la Compañía Marconi Wireless Telegraph, lo siguiente es un extracto, con algunos cambios, de las patentes británicas No. 6481, que cubren lo mismo. En el dibujo, D es un alternador de 20 o 25 kilovatios que entrega más de 2000 voltios, con una frecuencia de 50 por segundo; T es un transformador, o varios transformadores en paralelo, cuyos primarios están en serie con D. Se puede observar que las bobinas de este y los demás transformadores dibujados están bobinados uno sobre otro, o al lado, del modo usual, aunque en el dibujo se muestran separados por claridad. El transformador T eleva la F. E. M. hasta 20.000 voltios, carga los condensadores C, que se descargan a través del chispero S, en el secundario de T. Se obtienen osciladores de orden más alto en el primario de T', donde se transforman de nuevo las oscilaciones a un potencial más elevado en el secundario de T', que carga el condensador o condensadores C', que se descargan a través del chispero S', creando oscilaciones en el primario de T<sup>2</sup>, que además aumenta la F. E. M. aplicada al hilo o hilos verticales A. Por medio de esta doble o triple transformación la F. E. M. en los hilos de antena es suficiente para dar una chispa de una docena de pulgadas, o como se dice, una F. E. M. de 100.00 voltios. Cuando se desea reducir la F. E. M. y la frecuencia se omite el circuito oscilador o' y el transformador T<sup>2</sup> y se conecta el secundario del transformador T' a los hilos de antena.

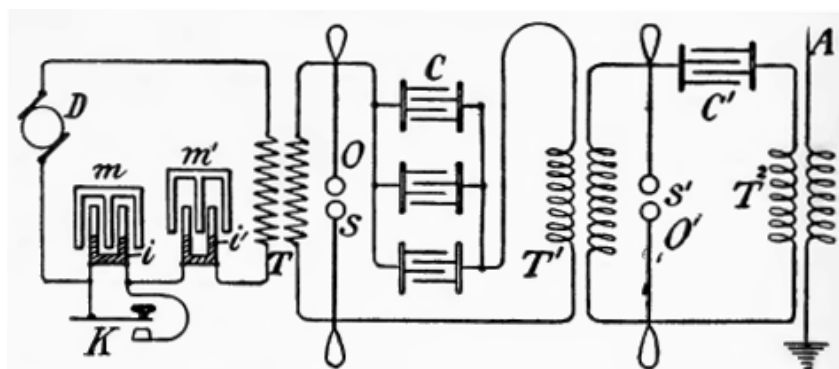


FIG. 38. MONTAJE DEL TRANSMISOR DE FLEMING.

Se emplean condensadores C de construcción especial, que consisten de varias cajas de piedra llenas de aceite de linaza hervido, donde se encuentran 20 placas de vidrio, de 15,5 pulgadas cuadradas cubiertas de estaño por ambos lados. Dieciocho cajas en paralelo dan una capacidad total de un microfaradio. Estos condensadores se conectan como se indica en C de tal forma que la longitud total entre cualquier condensador, el chispero y el primario del transformador T' sea la misma, para que la descarga de todos los condensadores llegue al mismo tiempo al chispero s y tengan todos la misma frecuencia.

En la práctica se obtiene la sintonía de estos circuitos: el primario del transformador T<sup>2</sup> consiste de siete hilos de cobre del No 16 en un cable cubierto de goma, bobinado sobre un

marco de madera cuadrado o redondo de 18 pulgadas de diámetro, entre 7 y 10 del trenzado están en paralelo. El secundario de  $T^2$  consiste de 8 a 10 espiras del mismo cable bobinado sobre el primario. Los condensadores  $C'$  se ajustan para que el circuito  $o'$ , que consiste de  $s'$ ,  $c'$  y el primario de  $T^2$ , tenga el mismo periodo que el hilo de antena y el secundario de  $T^2$ . Para llegar a este resultado, se conectan los terminales de un voltímetro de hilo caliente adecuado para medir de 3 a 5 voltios a un trozo de cable de una longitud de dos pies, que se inserta en el circuito de A y el secundario de  $T^2$ . Las oscilaciones en el circuito de antena calientan al hilo del voltímetro y desvían la aguja. Se averigua por prueba y error el tamaño exacto y longitud del cable para obtener la desviación adecuada. Después, si se altera la capacidad de  $c'$  se observa que a una cierta capacidad que corresponde con las oscilaciones en el circuito de antena se obtiene un máximo, como indica el voltímetro. De esta manera se sintoniza el circuito de antena y el primer oscilador o S. Después se sintoniza el circuito oscilador de S al circuito oscilante  $o'$   $S'$  colocando una inductancia ajustable en el circuito entre el secundario de  $T'$  y el chispero  $s'$ , y se varia esta inductancia hasta que la chispa en el secundario sea lo más larga posible. El circuito del transformador de corriente alterna T y el condensador C se sintonizan variando el número de transformadores T unidos en paralelo, y la frecuencia de las alternancias variando la velocidad del motor hasta que la chispa es lo más larga posible consistente con la chispa oscilante.

Para no tener que abrir y cerrar el circuito primario del transformador de corriente alterna T, se colocan en el circuito dos bobinas de choque  $i$  y  $i'$ , que tienen núcleos de hierro móvil  $m$  y  $m'$ . Se ajusta el núcleo de hierro de  $m'$  para que pueda pasar por el primario de T la misma corriente la misma corriente que pasaría normalmente por el circuito. Después se mueve el núcleo  $m$  de  $i$  para que impida por completo el paso de corriente por el primario de T, por razón de su inductancia. Sin embargo, se puede cortocircuitar la última bobina con el manipulador K, y la corriente en dicho circuito primario alcanza su valor normal. De esta forma el circuito no se abre en el sentido normal. Pero para evitar las chispas el manipulador K es de un tipo que se abre en varios puntos, diez o doce, y se abre en aceite aislante.

En otro dispositivo patentado, debido a Fleming, para evitar el peligro de abrir y cerrar el primario de un transformador de corriente alterna, el circuito se mantiene cerrado y se dirige al chispero un chorro de aire por medio de un tubo o boquilla controlado por un muelle unido a un manipulador, que interrumpe las chispas según el movimiento del manipulador. Para otros particulares sobre variaciones de los aparatos descritos hay que consultar la patente.

Las brillantes chispas y los fuertes ruidos que acompañan la operación de este y otros aparatos transmisores de alto potencial similares hace que a las estaciones telegráficas inalámbricas de larga distancia se les llame “fábricas de truenos”.

#### ANTI-COHESORES, AUTO-COHESORES, AUTO-DETECTORES

Como se ha mencionado antes, de haberse quedado el progreso de la telegrafía inalámbrica con el descubrimiento del detector de Hertz, la utilidad de las ondas eléctricas para telegrafiar hubiera sido muy limitado. Ahora se puede decir que si se hubiera quedado el desarrollo de este arte con el descubrimiento y uso del cohesor de limaduras de Branly, la distancia a la que se hubieran podido transmitir con éxito los mensajes se habría limitado tal vez a 400 o 500 millas, y la velocidad de las señales tal vez a diez o veinte palabras por minuto, ya que la acción del cohesor de limaduras se hace lenta en la producción de señales perfectas, la cohesión y “descohesión”, junto con la inercia mecánica de las partes móviles del golpeador, relé, etc., todo ello en conjunto tiende a ese resultado. Sin duda que se podría aumentar la distancia mencionada como el límite probable de envío de señales con el cohesor de limaduras, como han mostrado los experimentos de Marconi, usando altos mástiles en ambas estaciones y un número incrementado de hilos, y mayor energía eléctrica en la estación transmisora, pero es muy posible que esto fuera a cambio de una velocidad más lenta de señales.

Por tanto era obvio a todos los relacionados con el avance de la telegrafía inalámbrica que la producción de un cohesor u otra forma de detector que pudiera ser más sensible y fiable que el cohesor de limaduras, y que pudiera “cerrarse” al entrar oscilaciones eléctricas en el circuito, y “abrirse” automáticamente al cesar las oscilaciones, y viceversa, era muy deseable. Como siempre sucede en estos casos, no tardó en llegar este deseo supremo, o una aproximación a ello.

Quizás el primer cohesor automático o “auto-restaurado” fuera el auto-cohesor de carbón de Tomassini. Consiste de polvo de carbón, como el que se usa en los transmisores microfónicos, dispuesto en una pequeña apertura circular en una hoja de ebonita de una décima de pulgada de espesor. Se observó que se cohesionaba en presencia de oscilaciones eléctricas y se descohesionaba sin ningún golpe o sacudida al cesar las oscilaciones.

Oro auto-cohesor fue el diseñado independientemente por Neugschwender y Aschkinass. Este es un dispositivo donde se hace un araño en la parte plateada de un espejo de vidrio. El espejo así pintado se hace formar parte de un circuito cohesor ordinario que incluye una pequeña batería y un galvanómetro. Cuando se aplica humedad a la parte arañada del espejo, por ejemplo con el aliento o similar, se desvía la aguja del galvanómetro. En esta condición, si aparecen oscilaciones eléctricas en el circuito la aguja retorna a cero, y cuando cesan las oscilaciones la aguja vuelve a desviarse. La resistencia normal de este montaje es de unos 50 ohmios; bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas sube a 80.000 ohmios. Por tanto su acción es opuesta a la del cohesor de limaduras; de aquí que a este y otros cohesores de este tipo se les llame anti-cohesores.

Otro tipo de anti-cohesor algo similar, debido a Schaefer, consiste de un vidrio plateado en el que se hacen araños. Después se pone sobre los araños una película de celuloide, se observa que bajo la influencia de oscilaciones eléctricas la resistencia del circuito aumenta y se descohesiona automáticamente como en el caso antes citado.

Se presume que el efecto de la película de celuloide, que no penetra en el interior de los araños, es impedir que se disipen las partículas de plata de los araños, y cuyo movimiento, bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas, explique probablemente las variaciones de resistencia del circuito. Sin embargo, estos dispositivos no se usan en la práctica.

El siguiente auto-cohesor más importante fue probablemente el de Solari, que se conoció durante un tiempo como cohesor “Castelli”, también como cohesor de la Marina Italiana, y lo usó Marconi en algunos de sus experimentos trasatlánticos, al que nos referiremos más tarde. En los últimos dos años diferentes trabajadores en este campo han diseñado otros tipos de auto-detectores, entre ellos Marconi en Europa y de Forest y Fessenden en este país. Debido a la sensibilidad de estos auto-cohesores, normalmente se usa con ellos un receptor telefónico en vez del relé usado con el cohesor de limaduras.

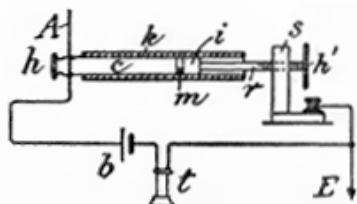


FIG. 39.

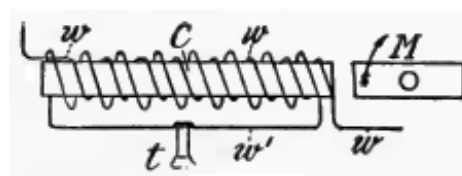


FIG. 40.

**El auto-cohesor de Solari.** – Este auto-cohesor se muestra en la Fig. 39. Consiste de un fino tubo de vidrio *k*, de 1,7 pulgadas de largo, con los soportes adecuados; *c* es una varilla o bloque de carbón; *i* es un tapón de hierro. Se coloca entre *c* e *i* una pequeña gota de mercurio *m*, sin llenar el espacio. Se conectan en circuito con el cohesor un receptor telefónico *t* y una pila *b*, como se muestra. La F. E. M. de la pila no debe superar 1 a 1,5 voltios. Para circuitos no sintonizados las conexiones son virtualmente las del dibujo. *A* representa las conexiones al hilo de antena, *E* las de tierra. En los sistemas sintonizados el cohesor se colocaría en el circuito “cerrado”. Se ajusta la posición del tapón de hierro por medio del tornillo *h'* y la varilla *r* hasta que la gota de mercurio toca el carbón y el tapón de hierro, o hasta que se escucha en el teléfono un débil sonido silbante. Cuando hay oscilaciones en el circuito cohesor el mercurio se cohesionaba con el carbón y el hierro; cuando cesan las oscilaciones el mercurio se descohesionaba automáticamente, con el resultado que las variaciones de corriente son suficientes para producir sonidos crepitantes en el teléfono de duración corta o larga durante la recepción de las señales.

En la práctica de la Marina Italiana, donde se usó por primera vez el cohesor Solari, se emplea un relé para accionar un timbre de llamada. Cuando se usa sólo el teléfono el operador debe mantener continuamente el instrumento ante el oído para escuchar las llamadas. La

experiencia ha demostrado que cuando no está bien cerrado el tubo de este cohesor, entra la humedad y perjudica a su funcionamiento. El tamaño de la gota de mercurio también tiene un efecto importante para el funcionamiento de este cohesor, y para que lo haga perfectamente no debe superar las 0,117 pulgadas, ni tener un diámetro inferior a 0,058 pulgadas. Se debe elegir el diámetro del tubo para que cumpla con estas condiciones. Después de mantener durante un tiempo en uso este cohesor pierde su efectividad, y se debe sustituir el mercurio además de limpiar con cuidado el tubo, para lo cual este cohesor se puede desmontar fácilmente.

**Detector magnético de Marconi.** – Este detector de oscilaciones eléctricas está dibujado en la Fig. 40. Según la descripción de Marconi se construye así: Una capa de hilo fino de cobre  $w$ , de 0,007 pulgadas de diámetro y 7,8 pies de largo, se bobina sobre un núcleo  $c$ , hecho de unos 300 hilos finos de hierro. El hilo secundario  $w'$  del mismo tamaño de hilo de cobre se bobina con las capas sobre  $w$  necesarias para dar una resistencia igual a la del teléfono  $t$ , que está en el circuito del hilo secundario  $w'$ . No hay ninguna batería en ninguno de estos hilos. El hilo interno  $w$  se puede conectar al hilo vertical y tierra, o a los terminales de un transformador, como se describe con el cohesor de limaduras. Se coloca cerca del extremo del núcleo  $c$  un imán permanente  $M$ . Se hace girar el imán por medio de un mecanismo de relojería a una velocidad de 30 revoluciones por minuto. Este detector se basa en un hecho observado, como afirma Marconi, que las oscilaciones eléctricas al actuar sobre el hierro reducen los efectos de la histéresis magnética (la propiedad por la cual un electroimán retarda los cambios magnéticos), haciendo que el metal responda rápidamente a cualquier influencia que pueda tender a alterar su condición magnética, como ha apuntado los profesores Gerosa, Finzi y otros. Por tanto, cuando un electroimán como el núcleo  $C$  está sometido a cambios lentos y regulares de magnetismo, la magnetización lenta debida a la histéresis se retarda y se retrasa respecto a la fuerza magnetizadora ( $M$  en este caso), cuando llegan oscilaciones eléctricas al hilo  $w$  se producen cambios rápidos en la magnetización de  $C$ , con el resultado que se generan corrientes en las bobinas que rodean al núcleo, que se escuchan en el receptor telefónico como sonidos cortos y largos cuando se reciben las señales.

Una modificación de este montaje consiste en sustituir el núcleo  $C$  “por un hilo sin fin de hierro o núcleo de hilos finos que giran sobre unas poleas accionadas por un mecanismo de relojería que hace que pasen a través de los bobinados de hilo de cobre, cerca a un imán de herradura, o preferiblemente, dos imanes de herradura, con sus polos cerca de los bobinados, y con los polos adyacentes del mismo signo. En este caso los bobinados de hilo de cobre están separados del núcleo de hierro por medio de un tubito fino rígido de material aislante, para evitar el roce en los hilos. Con este montaje las señales tienen una fuerza uniforme.”

Marconi observa además que este detector parece ser más sensible y fiable que el cohesor de limaduras, y no precisa un ajuste delicado y las precauciones que son necesarias con él (como bobinas de choque, etc.) También tiene las ventajas sobre el cohesor de limaduras cuando se usa con circuitos sintonizados es que su resistencia no sólo es uniforme, sino que también es mucho más baja que el primero cuando está en estado sensible, y “funcionará con una F. E. M. mucho más baja con lo que se puede hacer que los secundarios de los transformadores de sintonía tengan mucha menos inductancia, su periodo de oscilación se regula con un condensador en circuito con ellos, y el condensador puede ser mucho más grande (a consecuencia de la menor inductancia del circuito) que el que se usa para el mismo periodo de oscilación en un circuito a cohesor, con el resultado que los circuitos receptores se pueden sintonizar de una forma más precisa a un radiador particular de ondas eléctricas bastante persistentes.”

Con los detectores eléctricos del tipo automático la acción parece ser prácticamente instantánea, a diferencia del cohesor de limaduras, en el cual se pierde tiempo en la cohesión y descohesión. En este último, la descohesión tampoco siempre es completa, que es otro defecto que perjudica su uso en la telegrafía inalámbrica sintonizada, ya que esto produce variaciones en la resistencia del circuito cerrado, que, como se ha indicado, crean variaciones en el periodo de oscilación. Como ya se ha observado, la velocidad de las señales con el cohesor de limaduras está entre diez y quince palabras por minuto. Con el cohesor magnético se afirma que se puede obtener una velocidad de treinta palabras por minuto, y Marconi ha reconocido que finalmente será factible operar este dispositivo con aparatos transmisores y receptores automáticos.



Marconi ha dado detalles interesantes de sus experimentos trasatlánticos y otros a larga distancia, el primero de los cuales fue entre Poldhu y Signal Hill, Terranova, a una distancia de 2200 millas, en Diciembre de 1901. En esta ocasión los aparatos que se usaron en Poldhu fueron los ya descritos, mientras que en Terranova se usó un hilo vertical de 400 pies de largo, elevado por una cometa, conectado a un detector. Se transmitió desde Poldhu la letra “S” (tres puntos en código Morse) preconcertada a intervalos regulares. Esta letra se escuchó con frecuencia, pero en esa ocasión no se recibió ningún mensaje regular. Se encontró que debido a las variaciones de la capacidad del hilo vertical en Signal Hill, debido a variaciones de la altura de la cometa, no era adecuado el receptor sintonizado ordinario, y por tanto se probaron un número de diferentes tipos de carbón y carbón-cobalto, y auto-cohesores. Estos cohesores se conectaron en el hilo secundario de un transformador, las señales se escuchaban en un teléfono. También se usó con éxito en esa ocasión el auto-cohesor de Solari.

En Febrero de 1902, se hicieron más experimentos entre Poldhu y el vapor *Philadelphia* mientras navegaba hacia Nueva York. El conductor de antena del *Philadelphia* consistía de cuatro hilos de 197 pies de altura sobre el nivel del mar. Se sujetaron a los mástiles del barco, y se conectaron juntos por su extremo inferior al instrumento receptor. En estas pruebas se usó el cohesor de limaduras en un circuito sintonizado y auto-cohesores en circuitos no sintonizados. En estas pruebas se recibieron mensajes legibles en una cinta a distancias de 1551 millas de Poldhu, y se recibieron indicaciones hasta 2099 millas, aunque no se pudieron recibir señales por encima de 900 millas con ninguno de los cohesores auto-restaurados”, la razón de esto se encuentra probablemente en que el cohesor de limaduras sintonizado “cuando se conecta a una antena fija es más eficiente como conductor.”

Un punto interesante observado durante estas pruebas es que las señales se recibían a una distancia mayor durante la noche que durante el día, que, se supone, podía deberse al efecto descargador de la luz diurna sobre los hilos de antena cargados a alta tensión en Poldhu, Hertz había observado durante sus pruebas que cuando se dejaban caer los rayos ultravioleta sobre el descargador se facilitaba la descarga. Otros experimentos de Marconi también dieron el mismo resultado. De esta forma, entre Poldhu y Dorset, a 152 millas (109 millas sobre mar y 43 millas sobre tierra), durante la noche se recibían las señales con hilos de 39 pies de altura, pero durante el día se necesitaban hilos de 60 pies de altura.

Marconi hizo mas experimentos a larga distancia entre Poldhu y el crucero italiano *Carlo Alberto* en Julio de 1902. El conductor vertical en Poldhu consistía de 100 hilos finos de cobre soportados por cuatro torres de 230 pies de alto; la F. E. M. que se empleaba en esta estación era prácticamente igual a la antes dicha. En el *Carlo Alberto*, que se preparó sólo como estación receptora, se emplearon como detectores un cohesor de limaduras y un registrador Morse, y un detector magnético de Marconi. Se reforzaron los hilos verticales en el barco con una red de hilos finos de cobre cincado suspendidos entre los mástiles del barco. Se enviaron mensajes a horas preacordadas durante el día desde Poldhu. El crucero zarpó primero desde Dinamarca, y se recibieron claramente mensajes hasta una distancia de 560 millas por el Mar del Norte e Inglaterra. Seguidamente se transmitieron mensajes desde Poldhu al *Carlo Alberto* en Gibraltar y más allá, a una distancia de 750 millas. También en estos experimentos la distancia de transmisión durante la noche era mayor que durante el día. También se observó que el efecto de la electricidad atmosférica hacía necesario reducir la sensibilidad de los detectores o proporcionar un camino paralelo para descargar los atmosféricos, que sin duda tenía el efecto de reducir la efectividad de las oscilaciones recibidas. Estas pruebas, como se indica, demostraron también la superioridad del detector magnético sobre cualquier cohesor.

En experimentos más recientes se ha transmitido un despacho desde la estación de South Wellfleet a Poldhu, el mensaje de felicitación del Presidente Roosevelt al Rey Eduardo VII; pero a finales de Junio de 1903, no se ha transpirado nada de naturaleza comercial respecto a la telegrafía inalámbrica trasatlántica, debido esto, según se dice, a roturas en algunos aparatos. Sin embargo, el sistema en el que ha trabajado tanto el Sig. Marconi para desarrollarlo se ha instalado en muchos barcos, navales y mercantes, en buques faro, etc.

# TELEGRAPH CODES.

LETTERS.	MORSE.	CONTINENTAL.*	LETTERS.	MORSE.	CONTINENTAL.
A	.-	---	N	-. -	---
A		----	O	- -	----
B	----	----	Ö		----
C	.. .	----	P	----	----
Ch		----	Q	----	----
D	---	---	R	- - -	---
E	.	.	S	---	---
É		----	T	-	-
F	.-.	----	U	-.-	----
G	----	----	Ü		----
H	----	----	V	----	----
I	..	..	W	----	----
J	----	----	X	----	----
K	----	----	Y	----	----
L	----	----	Z	----	----
M	----	----	&	----	----

## NUMERALS.

	MORSE.	CONTINENTAL.		MORSE.	CONTINENTAL.
1	----	----	6	----	----
2	----	----	7	----	----
3	----	----	8	----	----
4	----	----	9	----	----
5	----	----	0	----	----

## ABBREVIATED NUMERALS USED BY CONTINENTAL OPERATORS.

1 .- | 2 ..- | 3 ...- | 4 ....- | 5 - | 6 -----  
7 ----- | 8 ---- | 9 --- | 10 — (See p. 304).

## PUNCTUATIONS.

	MORSE.	CONTINENTAL.
. Period	----	----
: Colon	----	----
; Semicolon	----	----
, Comma	----	----
? Interrogation	----	----
! Exclamation	----	----

\* Llamado oficialmente código "Universal".

# SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE MARCONI

## ALGUNOS AVANCES POSTERIORES EN ELLO

EN común con las otras grandes compañías comerciales de telegrafía sin hilos la Compañía Marconi ha hecho numerosos avances en su sistema en los últimos años. Desde el 17 de Octubre de 1907, las estaciones trasatlánticas de esta compañía han estado en operación regular, principalmente para la transmisión de despachos de prensa entre la Estación de Clifden, Irlanda, y la Estación de Glace Bay en Cabo Bretón.

Estas estaciones se diseñaron para tener una longitud de onda de 12.000 pies (una frecuencia de 82.000). La longitud de chispa empleada en los aparatos originales era de 0,5 a 0,8 pulgadas. En el descargador de disco, descrito en la sección sobre generadores de oscilaciones sostenidas, Parte II, el chispero tiene una anchura de 0,039 pulgadas, o justo lo suficiente para dejar espacio libre para los dientes del disco. El uso de este descargador también admite una notable reducción de la capacidad del condensador. La capacidad original del condensador en la estación de Glace Bay era de 1,8 microfaradios; los condensadores para dar esta capacidad consisten de grandes placas metálicas separadas por aire para evitar la histéresis dieléctrica. Estas placas se encuentran en dos grandes construcciones en Glace Bay.

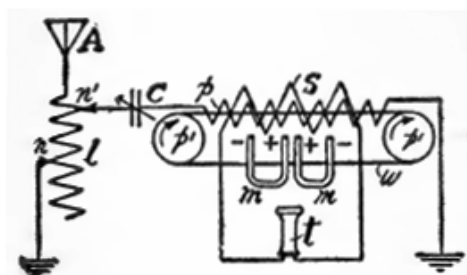


FIG. 1. DETECTOR MAGNÉTICO MARCONI.

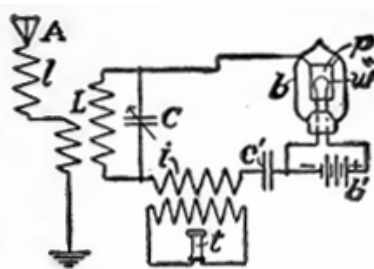


FIG. 2. DETECTOR DE VÁLVULA.

Los detectores que ahora emplea principalmente el sistema Marconi son el detector magnético Marconi, y una modificación de Marconi con la válvula Fleming. Estos detectores están bosquejados en las Fig. 1 y 2 respectivamente. En la Fig. 1, A es la antena,  $l$  es una bobina de sintonía variable, C es un condensador variable en el circuito del primario  $p$  del detector magnético,  $s$  es el secundario,  $m m'$  son los imanes de herradura del detector, dispuestos cerca de la cinta móvil de hierro  $w$ , con los polos iguales juntos, como se indica,  $t$  es un receptor telefónico. La bobina de sintonía  $l$  es variable en pasos pequeños por medio de los contactos  $n n'$ ; en la práctica la compañía no considera aconsejable el uso de contactos deslizantes, debido a que los defectos que causan los contactos imperfectos añaden dificultades a la sintonía, en especial a largas distancias, cuando contactan los deslizantes con más de una espira a la vez. Sin embargo, para cumplir con las necesidades especiales, esta compañía ha diseñado un sintonizador de contacto deslizante que está libre de este defecto mencionado. El dispositivo consiste de un deslizante que pivota para que salte de una espira a la siguiente sin tener en cuenta la dirección en la que se mueve durante la sintonía.

En la Fig. 2 A es la antena,  $l$  es una inductancia variable, L es el transformador de recepción, o "jigger", C es un condensador variable de sintonía, C' es un condensador de muy poca capacidad,  $i$  es el hilo secundario de una bobina de inducción, en cuyo primario se encuentra el receptor telefónico  $t$ . Originalmente se usaba una bobina de inducción de 10 pulgadas en  $i$ , pero ahora se utiliza una bobina de inducción más pequeña. El detector de válvula Fleming,  $b p w$ , etc. se describe en el Capítulo XIV. La modificación de Marconi en este detector consiste en añadir la bobina de inducción  $i$ , que en la práctica aumenta mucho la eficiencia del detector.

En la Fig. 3 se bosquejan los circuitos transmisor y receptor de una estación de a bordo de 2 kilovatios, omitiendo los interruptores usuales, dinamo, reóstatos de campo, etc. K es un manipulador telegráfico suministrado con un contacto adicional C', para cortocircuitar en teléfono  $t$  y la bobina secundaria  $s$  del detector magnético cuando se cierra el manipulador K. Cuando se

abre este manipulador los circuitos se conectan para recibir por medio del secundario  $w$  del transformador oscilante  $T'$ , la baja resistencia e inductancia no afectan materialmente a las oscilaciones captadas. Se coloca una placa de tierra  $g$  en el circuito de antena como se indica. Esta placa consiste de 2 discos metálicos planos en forma cóncava, de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de profundidad, con los bordes cóncavos enfrentados entre sí y separados por 0,005 pulgadas, evitando cualquier efecto condensador. La bobina primaria  $p$  del detector magnético consiste de unas 40 espiras de hilo fino, cuya inductancia, junto con el camino prácticamente directo a tierra por medio de la placa de tierra  $g$ , es suficiente para rechazar las oscilaciones de alto potencial de dicha bobina. De esta forma no es necesario un conmutador para conectar alternadamente los circuitos transmisor y receptor a la antena.

Las bobinas del transformador  $T'$  están bobinadas sobre un marco de 12 pulgadas de largo por 5 pulgadas de ancho. La bobina primaria  $w$  consiste de 2 a 6 espiras de hilo de cobre trenzado del No. 6, 4 pies por vuelta. El bobinado secundario  $w'$  se bobina sobre el primario, pero está aislado de él por medio de hojas de mica, y consiste de 6 espiras de hilo similar. Por regla general estos transformadores oscilantes no son ajustables, las bobinas están preparadas de forma permanente para una longitud de onda dada. Este montaje tiene la ventaja de que permite a cualquier estación transmisora que conozca la longitud de onda una base para el ajuste de los aparatos receptores. Sin embargo, en algunos casos, estos transformadores disponen de una bobina secundaria que puede variarse de 5 a 25 espiras, con 5 espiras a la vez. En la misma figura  $a$  es el generador,  $s$  es la bobina de chispa,  $c$  es la botella de Leiden usual como capacidad del circuito oscilante del transmisor,  $m m'$  son los imanes de herradura del detector magnético, en la figura se ha omitido la cinta móvil de hierro. Se usa una varilla de grafito  $r$  como dispositivo de protección entre los terminales de la bobina primaria del transformador de potencia  $T$ . En la práctica estos transformadores son del tipo de núcleo abierto.

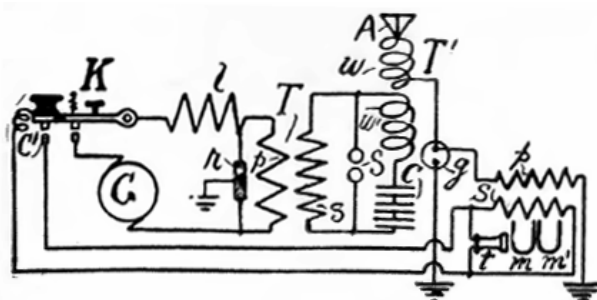


FIG. 3. — ESTACIÓN MARCONI DE 2 KILOVATIOS

En la Fig. 4 se muestra un manipulador para las estaciones de 10 kilovatios de la Compañía Marconi. En esta figura el manipulador  $K$  se conoce como manipulador "Gray". Su función en particular es abrir el circuito primario del transformador de potencia a potencial cero para evitar las chispas en los contactos. El manipulador tiene dos palancas,  $l l'$ , que se pivotan de forma separada como se muestra. La palanca inferior  $l'$  lleva la armadura  $a$  del electroimán  $m$  en el circuito primario. Normalmente el muelle retráctil  $s s'$  eleva estas palancas. Cuando se pulsa la palanca  $l$  se pulsa la palanca  $l'$ , que cierra el circuito primario de  $c'$ . Pero cuando se eleva la palanca superior  $l$ , la palanca  $l'$  no la sigue hasta el momento que no hay magnetismo en  $m$  entre dos alternancias. Sin embargo, debido a la rapidez de las alternancias en el circuito primario en la práctica no se percibe ningún ligero retraso en el seguimiento de la palanca  $l'$  sobre la palanca  $l$ .

En la Fig. 3  $l$ , y en la Fig. 4  $ck ck$  son bobinas de inductancia ajustables para gobernar el desplazamiento de fase del transformador. (Ver notas sobre los transformadores resonantes, Capítulo XIV),  $s$  es el chispero,  $c$  representa las botellas de Leiden usuales en serie con el circuito oscilante,  $x'$  es el transformador oscilante con los contactos  $k$ ,  $A$  es la antena.

En la mayoría de instalaciones Marconi a bordo se emplean bobinas de inducción de 10 pulgadas con interruptor de martillo como fuente de corriente alterna. Alrededor de un cuarto de estas instalaciones están equipadas con transformadores de 2 kilovatios.

En uno de los manipuladores de Marconi la palanca se hace sobre un pivote y se dispone de una extensión que, en una posición de la palanca del manipulador, se extiende hasta un grupo de contactos conectados con los circuitos de transmisión, en cuyo momento se abren los circuitos de recepción. Para cerrar los circuitos de recepción se debe girar el manipulador sobre el pivote para que su extensión entre en contacto con los circuitos de recepción.

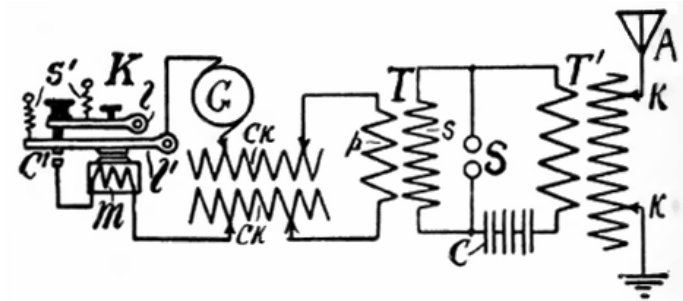


FIG. 4. — ESTACIÓN MARCONI DE 10 KILOVATIOS. MANIPULADOR GRAY.

## CAPÍTULO VIII.

### SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS DE LODGE Y LODGE-MUIRHEAD

#### PRIMER TRABAJO DE LODGE EN LA SINTONÍA

SE ha referido en el capítulo anterior a los primeros experimentos de Sir O. Lodge en con la telegrafía inalámbrica. Como se ha indicado previamente, no hay duda que el primero que diseñó la sintonía, más en especial la sintonía selectiva, y métodos en la telegrafía inalámbrica, y algunas de sus patentes británicas se concedieron en 1897. Lodge había observado que el montaje usual de los primeros circuitos transmisores estaban calculados para producir ondas de una duración muy limitada; por tanto el efecto sobre el cohesor se debía principalmente a la primera oscilación de las oscilaciones. Para obtener oscilaciones persistentes Lodge fue el primero en diseñar aparatos transmisores y receptores buscando el máximo de capacidad e inductancia con el mínimo de resistencia, los circuitos transmisor y receptor se construían para que respondieran con un cierto periodo de oscilación, y obtener por tanto la sintonía y la resonancia.

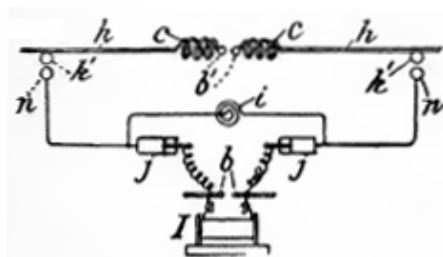


FIG. 41.

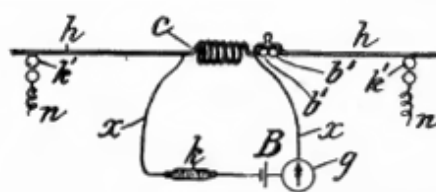


FIG. 42.

En las Fig. 41 y 42 se indican estos aparatos, *h h* son dos hojas triangulares, o placas capacitivas, de cobre de alto grado, de una longitud de seis a ocho pies (en la figura se ven de canto), preparadas como se muestra (Ver Fig. 43). En las placas capacitivas *h h* se insertan una o dos bobinas *c c* de unas pocas espiras de cinta o hilo de cobre bien aislado, y diseñadas para dar inductancia al circuito. Para ello se pueden insertar en la bobina varillas de hierro finamente dividido. Al lado de cada placa capacitiva se encuentran los terminales de metal pulido *k' k'*, como se indica. Los terminales del hilo secundario de la bobina de inducción *I* se llevan primero a la placa interna de las botellas de Leiden *j j* (Fig. 41), Las placas externas de ellas se conectan a los descargadores *n n*. Las placas externas de las botellas se conectan a una bobina de inducción *i* de hilo fino para asegurar la carga de las placas, y la bobina proporciona un camino alternativo para la descarga, pero no impide la chispa en los terminales *k' k'*. Entre las placas internas de la botella y la bobina de inducción *I* hay otro chispero y los terminales *b*. Otros terminales *b'* se conectan a cada extremo de las bobinas *c c*.

Cuando se usa este montaje como transmisor los terminales *b'* se separan a la distancia de chispa adecuada. La operación se hace de la siguiente forma: La bobina de inducción *I* establece cargas de alto potencial que rompen la resistencia del aire en los terminales *k' k'*, que en este montaje el Dr. Lodge llama terminales de “alimentación”. Sigue la chispa, y se inician las oscilaciones en las hojas capacitivas y la bobina de inducción, que a su vez, hace saltar otra chispa a través de los terminales *b' b'*. Según el inventor, esta última descarga es el principal agente que origina las oscilaciones que radian las ondas eléctricas. Sin embargo, las ondas se radiarán, si se cierra o cortocircuita el chispero *b' b'*, pero en este caso se debe proteger los terminales pulidos *k' k'* de la luz ultravioleta, por la siguiente razón. El objeto de excluir esta luz es para conducir a una ruptura más intensa en los terminales pulidos *k' k'* (para lo cual también se emplean las botellas de Leiden), que a su vez excitan oscilaciones más fuertes en el propio circuito oscilante, *h h, c c*.

Se afirma que se obtiene una ventaja en el primer periodo mencionado (a principios de la historia de este arte) para este montaje “cerrado” de los circuitos transmisores, además de la que se obtiene por la avalancha impulsiva causada al cargar el circuito oscilante por medio de los terminales de alimentación  $k' k'$ , y es que dicho circuito no tiene contacto directo metálico con la bobina de inducción u otra fuente de oscilaciones, “y por tanto oscila mucho más tiempo y más simple que cuando se alimenta con hilos de la forma usual”.

Cuando se usa como receptor estas placas capacitivas y bobinas, se cierra el terminal  $b' b'$  o cortocircuita, y se conecta el circuito cohesor  $x x$  a las placas cerca de los terminales de las bobinas, como indica la Fig. 42, donde  $k$  es el cohesor,  $B$  una pila,  $g$  un galvanómetro, u otro instrumento receptor, en serie con el cohesor. En esta figura se muestra sólo una bobina  $c$ . Las otras letras de esta figura se refieren a los aparatos con letras similares de la Fig. 41. En estas figuras no se muestra el golpeador, que en la descripción adapta gran parte de la patente U. S. No. 609.154, de 1898, que cubre estos dispositivos.

Cuando se desea tener transmisores y receptores con diferentes frecuencias de oscilación para el envío selectivo de señales, el Dr. Lodge emplea osciladores con bobinas ajustables que se pueden insertar fácilmente entre las placas capacitivas por medio de conmutadores de mercurio u otros adecuados. Variando estas bobinas se puede obtener fácilmente este resultado, ya que el periodo de oscilación varía además de con la capacidad, con la inductancia de este montaje. Se pueden usar las placas y la bobina de este montaje como transmisor y receptor con pequeños cambios, por tanto es suficiente con un juego de placas en cada estación. En este dispositivo no se usan las conexiones de placa o hilos verticales como se hace normalmente, pero se sugiere una conexión a tierra. El Dr. Lodge afirma que “la radiación de un oscilador que consiste de un par de áreas capacitivas es mayor en la dirección ecuatorial que en dirección axial. Por tanto, cuando se emite en todas direcciones hay que disponer verticalmente el eje del oscilador, o emisor. Además, con el eje así preparado las ondas emitidas son menos propensas a ser absorbidas por el agua o la tierra parcialmente conductora.” En la Fig. 43 se muestra un grupo de osciladores preparados verticalmente para enviar señales a distancia, el aparato de la izquierda representa el transmisor, el de la derecha el receptor.

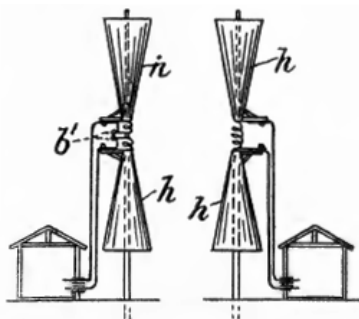


FIG. 43.

En la Fig. 44 el inventor ilustra otro montaje de este sistema, donde  $C$  es el primario y  $S$  el secundario de un transformador sin hierro, y  $c$  es un condensador o resistencia que puentea al cohesor. El objeto de esto es hacer que la bobina secundaria sea “parte del circuito del cohesor para que se vea afectado secundariamente por las corrientes alternas excitadas en el conductor del resonador, y de esta forma el cohesor se estimula por las corrientes en este secundario en vez de las corrientes de la propia bobina de sintonía; la idea es dejar al resonador libre para que vibre eléctricamente sin que le perturben los hilos conectados” —es decir, proporcionar un circuito “cerrado” diferente al circuito “abierto”.

En una siguiente patente británica, No. 18.644, de 1897, de Lodge y Muirhead, se describe un condensador para puentear el instrumento receptor y la batería, virtualmente como se bosqueja en la Fig. 45, y esto se refiere como una parte diferente de la invención, que permite que el circuito cohesor tenga un periodo definido de oscilación, y elimina prácticamente dicha batería y el instrumento receptor en lo que respecta a las oscilaciones. Sin embargo, no se ha tomado la Fig. 45 de dicha patente.

Se dice que se han recibido señales a una distancia de una milla con el aparato y el sistema descrito. El escritor todavía no conoce a qué distancia es capaz de transmitir señales.

Se alude que la Fig. 45 representa un circuito “cerrado” receptor. En la figura  $C'$  es un condensador, indicado como un puente para el registrador de sifón  $a$ , y la batería  $b$ ;  $k$  es un cohesor;  $C$  es un condensador y  $p$  es el primario de un transformador, ambos en el circuito de antena;  $s$  es el secundario del transformador.

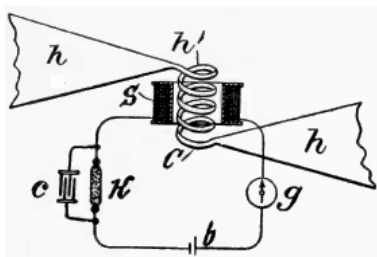


FIG. 44.

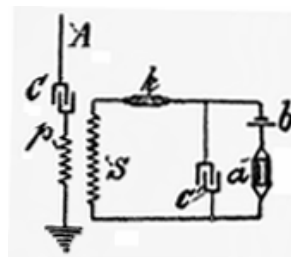


FIG. 45.

**Cohesores de punta única de Lodge-Muirhead.** – Uno de los cohesores usados por el Dr. Lodge, y conocido como cohesor de punta única, consiste de una punta de metal adecuada que se apoya ligeramente sobre una varilla metálica. La varilla y la punta se conectan como en el caso del cohesor ordinario. Cuando aparecen las ondas eléctricas la punta se cohesiona ligeramente con la varilla, lo que reduce la resistencia del circuito. La varilla se mantiene con un ligero temblor por medio de una rueda giratoria en su extremo izquierdo, la rueda se hace girar con un mecanismo de relojería. Esto es suficiente para descohesionar la punta, el efecto sobre el circuito es prácticamente igual al del cohesor de limaduras.

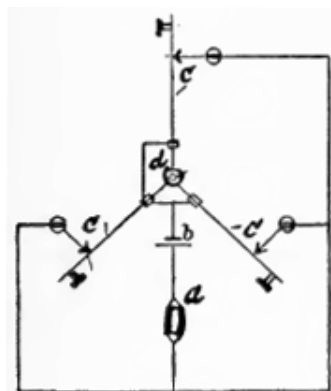


FIG. 46.

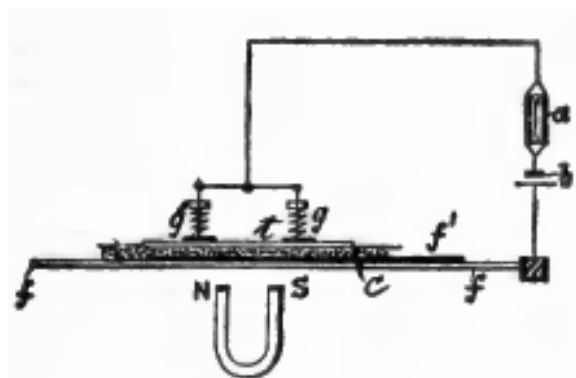


FIG. 47.

En la patente se describe una modificación de este cohesor, que se bosqueja en la Fig. 46,  $c$   $c$  son tiras de metal que se apoyan ligeramente sobre las puntas de contacto indicadas por las flechas. Bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas en el circuito las puntas  $c$  se cohesionan. Estas puntas, como se verá, están en paralelo entre sí y en serie con el instrumento receptor  $a$ , que es un registrador de sifón. Se usan dos o más puntas para asegurar la acción que debe seguir. Los cohesores están en contacto mecánico con una leva giratoria  $d$  que a cada revolución descohesionan las puntas.

**Cohesor de limaduras Lodge-Muirhead.** – Estos inventores han diseñado también un medio para descohesionar de limaduras sin necesidad de martillos vibradores o aparatos similares. Las limaduras  $c$ , Fig. 47, están dispersas sobre una cinta ligera y flexible  $f$  que se sujeta sólo por el extremo derecho, y está en el campo magnético de un imán permanente o electroimán N S. Las limaduras están separadas de la cinta por una película de barniz  $f'$ , u otro material aislante adecuado, excepto en un pequeño espacio a la izquierda, como se muestra, donde las limaduras se apoyan en la cinta. Otra cinta ligera metálica  $t$  se apoya con unos muelles pequeños  $g$  contra las limaduras. Cuando se cohesionan las limaduras pasa una corriente de la pila  $b$  a través de la cinta, y por la acción conjunta del campo magnético y el campo debido a la



corriente se dobla la cinta, y a consecuencia de ello se perturba la masa de las limaduras y se descohesiona.

#### SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE LODGE-MUIRHEAD

Recientemente estos caballeros han sacado al mercado un sistema comercial completo pensado para enviar señales a cortas distancias, por ejemplo a sesenta u ochenta millas, y afirman que es superior a cualquier otro sistema respecto a fiabilidad y claridad de las señales.

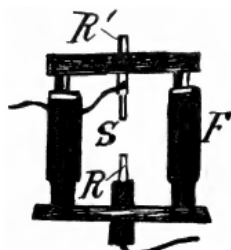


FIG. 48.

Uno de los objetos de los inventores (Ver el artículo de H. C. Mariller, "London Electrician", del 27 de Marzo de 1903) ha sido seguir lo más cerca posible además de práctico los métodos establecidos de la telegrafía por hilos en lo que respecta a la velocidad de transmisión y recepción actual de las señales. Para este fin disponen de un manipulador operado manualmente, un perforador y un transmisor automático para la emisión, y para la recepción un registrador de sifón operado por un cohesor. Para distancias moderadas se usa una bobina de inducción de diez pulgadas, pero para largas distancias se emplea un generador de corriente alterna independiente. La bobina de inducción dispone de un chispero sujeto a un soporte aislado, separado de la bobina, como en la Fig. 48, F es el soporte, S es el chispero, y R R' representan las varillas inferior y superior conectadas con los terminales secundarios de la bobina de inducción por medio de los hilos aislados adecuados. La varilla superior se puede ajustar por medio de un tornillo.

En la bobina de inducción hay un interruptor nuevo que consiste de un montaje, por el cual las señales se hacen manual o automáticamente, el primario de la bobina de inducción se abre y cierra a una velocidad definida por medio de un dispositivo que consiste de dos resonadores telegráficos conectados para que actúan recíprocamente, y operado por un manipulador Morse o un transmisor automático. Uno de los resonadores controla una palanca, en un extremo de la misma hay un brazo de aluminio que termina en una varilla de cobre que se extiende hasta una vasija con mercurio. Este montaje actúa como un "zumbador", abre y cierra el circuito primario a una frecuencia de unas diez veces por segundo mientras se mantiene pulsado el manipulador. Este aparato se ajusta a las mejores condiciones variando el juego de las armaduras o variando la longitud de la punta del brazo en el mercurio. El registro se hace por medio de puntos y rayas consecutivos en este sistema, no en caracteres como los que hace el registrador de sifón en la telegrafía por cable —el registro o línea en un lado de la línea cero representa un punto, en el otro lado una raya. Se ha observado que cuando la frecuencia de las chispas no es suficiente la línea que produce el registrador sobre la cinta es irregular, pero a una frecuencia superior se mantiene el marcador durante la continuación de un punto o raya, esto da líneas uniformes. Sin embargo se ha observado que con el último tipo de cohesor que se emplea en este sistema el registrador de sifón indica en la cinta toda variación en la forma de la onda transmitida y esto proporciona un método útil para estudiar las variaciones en los modos de las señales. Al mismo tiempo estas irregularidades en las líneas de la cinta de papel no afectan a la habilidad del operador para trasladar las señales registradas.

Cuando se prepara el sistema para trabajar con el circuito abierto normal, o no sintonizado, el conductor de antena consiste de una capacidad elevada, como un globo o tejado de hierro o jaula de hierro de la que se suspende el hilo vertical, y se hacen las conexiones al chispero y a tierra de la forma usual.

Uno de los aspectos más importantes de este sistema es el nuevo tipo de cohesor que emplea. En la práctica está encerrado en una caja de hierro, y se muestra en sección en la Fig. 49 y en

vista superior en la Fig. 50. En la Fig. 49,  $w$  es un disco de acero giratorio, cuya periferia entra en una vasija  $r$  que contiene mercurio  $m$ , pero se impide que haga contacto con el mercurio por medio de una película de aceite mineral;  $s$  es una espiral de hilo de platino amalgamado, que asegura la conexión entre el mercurio y el tornillo  $b$ ;  $s'$  es un muelle espiral plano que lleva en su extremo derecho un trocito de fieltro, que se apoya ligeramente sobre la periferia del disco  $w$ , que lo mantiene limpio de polvo. El disco  $w$  gira por medio de un mecanismo de relojería, que se engrana por medio de ruedas de ebonita  $h$  sobre el eje  $a$ . El circuito del cohesor se completa por medio de hilos conectados al tornillo  $b$  y a la escobilla superior  $c$ , que se apoya sobre el eje del disco. La película de aceite normalmente impide el contacto entre el disco  $w$  y el mercurio  $m$ , pero las oscilaciones eléctricas en el circuito causan que se cohesionen el mercurio y el disco. Por medio del potenciómetro ( $p$ , Fig. 51) se mantiene el voltaje normal del cohesor entre 0,03 y 0,5 voltios; un voltio es suficiente cuando el disco está girando a una velocidad moderada para romper el aislamiento normal del cohesor y llevarlo a coherencia.

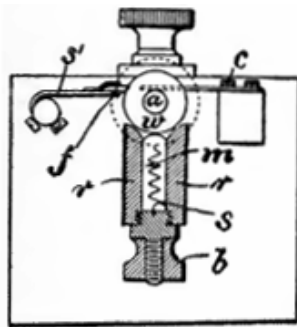


FIG. 49.

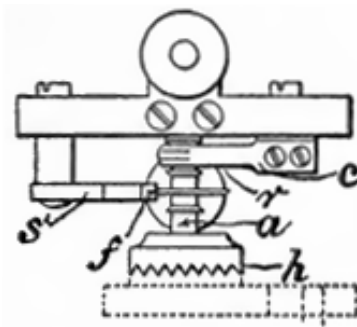


FIG. 50.

En la Fig. 51 se muestra un montaje posterior de este sistema. D es un generador de corriente alterna; A un amperímetro; V un voltímetro; SW, el interruptor que desconecta el sistema receptor; F, un fusible; SF, un fusible de seguridad;  $ac$ , unas bobinas de choque ajustables; K, manipulador Morse; T, transformador de emisión; MS, chispero múltiple, con una pequeña capacidad en puente,  $C'$ , por medio de la cual se obtienen altos potenciales y chisperos cortos sin arco; RT es el transformador de recepción;  $p$ , potenciómetro para regular el voltaje de la batería  $b$  en el circuito local. La antena no está conectada a tierra. Consiste de una red de hilos AN con un área de 6400 pies cuadrados, sostenida por cuatro mástiles de ochenta pies de altura y separados por ochenta pies. En el pie de los mástiles hay una red de hilos similar CP, llamada contrapeso, sostenida por aisladores de porcelana a una altura de tres pies sobre el suelo y muy bien aislada de él. La inductancia I se usa para compensar la inductancia S del transformador de recepción; o para conseguir el balance entre las redes superior e inferior. Los aparatos en cada estación están sintonizados a la misma longitud de onda, 1500 pies, por medio de una inductancia o capacidad ajustable. El condensador  $c$  tiene una capacidad relativamente grande respecto al cohesor  $k$ , por lo cual las variaciones de capacidad de este último no afectan a la resonancia del circuito receptor. El condensador  $c'$  en puente con el registrador se emplea para impedir cualquier efecto de la descarga magnética o' del registrador de sifón SR sobre el cohesor.

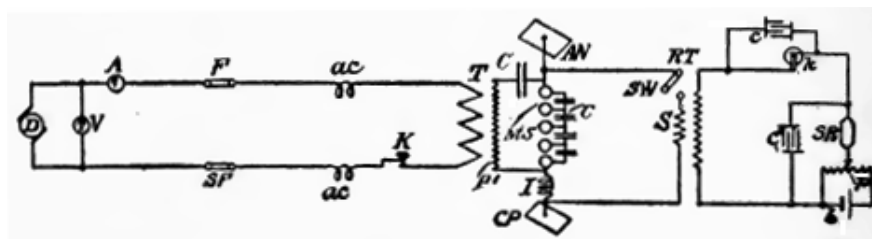


FIG. 51.

## CAPÍTULO IX.

### SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS SLABY-ARCO Y BRAUN

#### EL SISTEMA DE TELEGRAFÍA INALÁMBRICA SINTONIZADA SLABY-ARCO

SEGÚN el Dr. Slaby, este sistema se basa en el principio que cuando se establecen oscilaciones eléctricas de alta frecuencia y alto potencial en un conductor, estando un extremo del mismo libre y el otro extremo a tierra, la mayor amplitud de la oscilación estará en el extremo libre del hilo; y, además, cuando se radian las ondas eléctricas de este hilo transmisor y caen sobre un hilo receptor similar, la mayor amplitud de las oscilaciones estarán también en el extremo libre de este hilo —se supone que en ambos casos el hilo tiene una cuarto de longitud de onda de la onda transmitida. De esto se deduce que el cohesor se debe conectar al extremo libre o superior del hilo receptor, pero como esto no es adecuado, Slaby-Arco conectan un hilo horizontal en el punto nodal del pie del hilo receptor. Este hilo horizontal toma las oscilaciones correspondientes del hilo vertical. Los hilos tienen igual inductancia y capacidad para asegurar la sintonía.



FIG. 52.

En la ilustración de esta teoría, el Dr. Slaby da la siguiente analogía mecánica: refiriéndonos a la Fig. 52, *a, b, 2, 3, 4* es un hilo de acero doblado para que los extremos superiores *a b* tengan cada uno un sexto de la longitud de todo el hilo. Cuando uno de los extremos libres, por ejemplo *a*, se hace oscilar, el otro extremo *b* también comienza a oscilar. Los nodos de la oscilación están en 1, 3, 5, mientras que en 2 y 4 y en los extremos superiores de *a b* la oscilación es máxima. En el experimento la longitud de *a b* debe ser de un cuarto de la longitud de onda, o igual a la distancia entre 1 y 2. La longitud de *a* se corresponde a la del hilo vertical transmisor, conectado a tierra por medio del chispero, *b* corresponde al hilo vertical receptor, cuyo extremo inferior está conectado a tierra y por tanto es un nodo de las oscilaciones eléctricas.

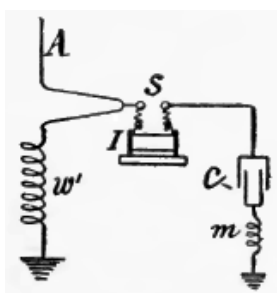


FIG. 53.

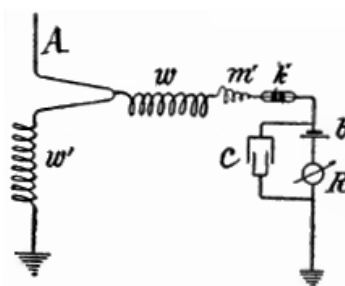


FIG. 54.

La forma en que esta teoría se llevó a la práctica se muestra teóricamente en las Fig. 53 y 54, que representan los aparatos transmisor y receptor de este sistema. *A* es el hilo vertical que termina directamente a tierra; el hilo horizontal se conecta al punto nodal de *A*; *I* es el oscilador; *C* es un condensador o batería de botellas de Leiden ajustables; *m* es una bobina ajustable. El hilo de antena se introduce en el cuarto de operaciones. Se inserta en el hilo vertical una bobina *w'* para la función usual, aumentar la longitud de onda. Se proporciona un grupo de estas bobinas, para poder obtener cualquier longitud de onda que se desee. El Dr. Slaby, al igual que otros, encontró que era muy necesario que el oscilador estuviera sintonizado en armonía con el

hilo vertical, lo que se podía hacer fácilmente por medio de la bobina ajustable  $m$  o las capacidades  $C$ , que estaban marcadas para ello.

En el circuito receptor (Fig. 54)  $A$  es el hilo de antena,  $w$  es el hilo horizontal conectado con  $A$ . Este hilo se puede bobinar en un carrete para que sea accesible, y el cohesor  $k$  se conecta como se indica. El Dr. Slaby afirma que la presión, que es máxima en el extremo de  $w$ , se ve intensificada por la bobina de sintonía o multiplicador  $m'$ , que está en el circuito del cohesor.  $R$  es un relé polarizado en el circuito del cohesor. Su resistencia es de 2000 ohmios, que es también la resistencia del cohesor cuando se cohesionan.  $C$  es un condensador de mica que tiene una capacidad de 0,01 microfaradios, y puentea la batería  $b$  de una celda y el relé  $R$ , impidiendo por tanto los efectos de la inductancia del relé sobre el cohesor. También da un camino libre para que las oscilaciones pasen a tierra. La capacidad del cohesor es de unos 0,001 microfaradios.

El multiplicador  $m'$  es una bobina de hilo de espiras sin apretar bobinada de una forma para que proporcione con el condensador  $C$  y la inductancia  $w$  un gran aumento de potencial debido a la resonancia que se obtiene en su extremo libre, al que se encuentra conectado el cohesor. Esta bobina  $w$  se puede combinar en una única bobina con su bobinado correspondiente. Cuando se conecta esta bobina al hilo de antena para la transmisión imparte al hilo un potencial más alto del que se obtiene sólo con la bobina de inducción.

El profesor Slaby da el siguiente método para sintonizar este sistema: Dos estaciones cualquiera usan una longitud de onda preacordada. Las ondas de esta longitud son las únicas que pueden afectar al circuito del cohesor, las otras ondas pasan a tierra. Sin embargo, cuando se desea recibir en esta estación con el mismo hilo de antena otras longitudes de onda, se puede hacer fácilmente. Por ejemplo, si el hilo vertical tiene 120 pies de longitud la longitud de onda será de 480 pies, y si el hilo horizontal tiene las mismas dimensiones rechazará todas las demás longitudes de onda, como se afirma. Pero si toda la longitud del hilo vertical y el hilo horizontal combinados se hacen igual a media longitud de onda, las ondas recibidas se forzarán hacia el circuito del cohesor, ya que el punto de tierra no es un nodo, pero sólo permitirá esta que entre esta longitud de onda en especial. Si se desea recibir ondas de 600 pies de longitud, todo el hilo debe tener 180 pies de longitud. Para facilitar la recepción de señales de diferentes longitudes de onda, en cualquier estación, sólo es necesario disponer de un número de estos carretes que se puedan conectar fácilmente al extremo inferior del hilo vertical, cada una de estas bobinas se conecta con un aparato receptor.

Normalmente, dos hilos verticales, unidos en la parte superior, con el chispero usual, puenteado con un condensador, en serie con el bucle así formado, no actuarán como radiador, o lo hará muy débilmente, ya que las ondas que se establecen en el hilo se neutralizan entre sí. El profesor Slaby ha encontrado que dando más inductancia a uno de los hilos que al otro, y conectando a tierra el hilo que tiene más inductancia, obtiene un sistema en bucle capaz de radiar ondas eléctricas. Este resultado se debe a que los armónicos, es decir, el primer armónico impar de las oscilaciones originales produce nodos de potencial en el fondo, y un tercero en la parte superior, y un anti-nodo de potencial en la parte superior.

**El cohesor Slaby-Arco.** – El cohesor  $k$  consiste de limaduras de plata o platino y limaduras de acero, se extrae el aire del tubo para impedir que se oxiden, mantener las limaduras secas y que se muevan con facilidad. Las limaduras se descohesionan con un golpeador. Los tapones del cohesor son de plata, y encajan con el tubo para impedir que el polvo se salga entre los tapones y el vidrio. Los hilos de conexión son de platino, y se sujetan en los extremos del tubo por medio de tapones de metal. Los extremos interiores de los tapones del cohesor están inclinados para que el espacio o ranura entre ellos tenga un borde en  $V$ . El objeto de esto es tener una mayor o menor sensibilidad del cohesor, según se desee. Cuando se gira el tubo para que la porción ancha del espacio esté debajo, el polvo se dispersa sobre una superficie mayor, y a consecuencia de ello se reduce la presión y el cohesor esté en el punto de menor sensibilidad. Pero, cuando se gira la separación para que el lado más estrecho esté debajo, las limaduras se aprietan y la sensibilidad del cohesor está al máximo. Como se dispone de los medios para girar el cohesor sobre su eje, se puede ajustar fácilmente su sensibilidad. Cuando se ha conseguido el ajuste deseado se bloquea el cohesor en esa posición por medio de un muelle de bloqueo. En la

práctica se hacen estos cohesores con varios grados de sensibilidad, y cuando alguno es defectuoso, o se desea cambiar por alguna razón, se puede sacar fácilmente de su soporte.

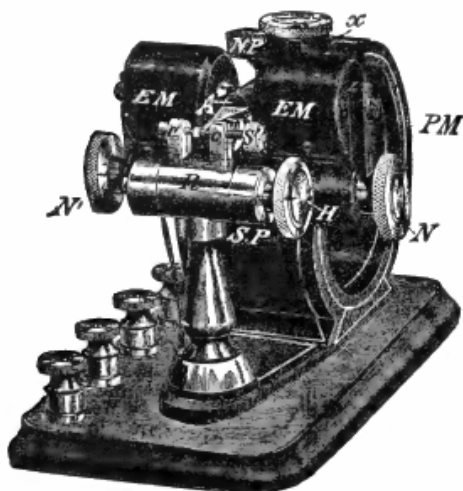


FIG. 55.

**El relé polarizado.** – Hay numerosas formas diferentes de relés polarizados que se usan en la telegrafía por cable, pero se dará una breve descripción el principio general, que es el mismo en todos, y en la práctica es así: La forma mostrada en la Fig. 55 se conoce como relé Phep's, que hace un tiempo se usó extensamente en los Estados Unidos, pero que se sustituyó por otras formas que tienen las partes móviles más ligeras y el instrumento normalmente es mucho más sensible. El relé polarizado normalmente es una combinación de un imán permanente y un electroimán. En el tipo de la figura el imán permanente PM, doblado en la forma indicada, se apoya en la base del instrumento. El yugo o cruceta del electroimán se apoya en el extremo inferior o polo sur del imán permanente. Una armadura de hierro dulce A pivota en la parte superior o polo norte NP de PM en  $x$ , y se extiende entre los polos de EM. Esta armadura está magnetizada constantemente por el imán permanente, y también los núcleos de hierro del electroimán, el extremo exterior del primero con polaridad norte, el otro con polaridad sur, y por tanto, cuando la armadura está “centrada”, se mantendrá contra un tope  $c$   $c'$ , a pesar que es atraída por igual por ambos polos. Sin embargo, cuando pasa una corriente por las bobinas del relé, el magnetismo de los núcleos, debido al imán permanente, aumenta o se reduce, y los polos de EM se hacen norte o sur según la dirección de la corriente en las bobinas, y la armadura es atraída por el polo sur. El juego de la armadura se ajusta por medio del tornillo  $s'$ . Se regula su posición entre los núcleos del electroimán con los topes delantero y trasero, uno de los cuales es el punto de contacto, el otro está aislado o no se utiliza. Estos contactos se mueven en un soporte que se puede mover en el cilindro R por medio del tornillo H, y por medio del mismo se puede colocar la armadura en cualquier posición entre los polos de EM. Los núcleos del relé se pueden mover independientemente adelante y atrás de la armadura por medio de los tornillos N N'. Si no se usa el muelle retráctil, se le da una pequeña tendencia por medio del tornillo de ajuste H que sea suficiente para mantenerla normalmente contra el tope aislado; una corriente en las bobinas mueve la armadura contra el tope de contacto, activando un resonador, un timbre o un impresor de tinta. En otros tipos de relés polarizados la armadura o los núcleos se polarizan sólo por el imán permanente.

El sistema Slaby-Arco está diseñado para transmitir a distancias que van de 25 a 50 millas o más, sobre el mar. Para distancias cortas se usa una bobina de inducción de una chispa de 6 pulgadas con el interruptor ordinario. La batería primaria consiste de pilas secas con una F. E. M. de 15 voltios y 3 a 6 amperios. Para distancias de 25 a 50 millas se usa una bobina de inducción más potente, con un interruptor de turbina de mercurio, que se mueve con un motor eléctrico (Fig. 57). En este caso hay unas 20 interrupciones por segundo, y la F. E. M. y fuerza

de la corriente en el primario son 65 voltios y 15 amperios, respectivamente. Para distancias superiores a 50 millas se emplea un generador de corriente alterna de 3 kilovatios.

El aparato transmisor para distancias medias se muestra en detalle en la Fig. 56, donde el montaje de los circuitos se puede considerar muy similar a los del esquema teórico (Fig. 53). C es una batería de 3, 7 o 14 botellas de Leiden que se contienen en la caja cilíndrica B; *m* es una bobina de sintonía de 4 espiras de hilo del No. 4 bobinadas alrededor de la caja de micanita B; I es la bobina de inducción, *s* el chispero, *w* *w'* las bobinas antes referidas, y A es el hilo vertical.

La Fig. 57 representa las conexiones del circuito primario del oscilador. I es la bobina de inducción; K el manipulador; C' es un condensador que puentea el interruptor de mercurio M, accionado por el motor *m*; S es una resistencia con un contacto deslizante para regular la velocidad del motor, y de este modo se puede obtener cualquier número de interrupciones entre 10 y 10.000 por minuto; R es una resistencia para regular la fuerza de la corriente en el primario de I; *x* es un protector de rayos; D es la fuente de la F. E. M.

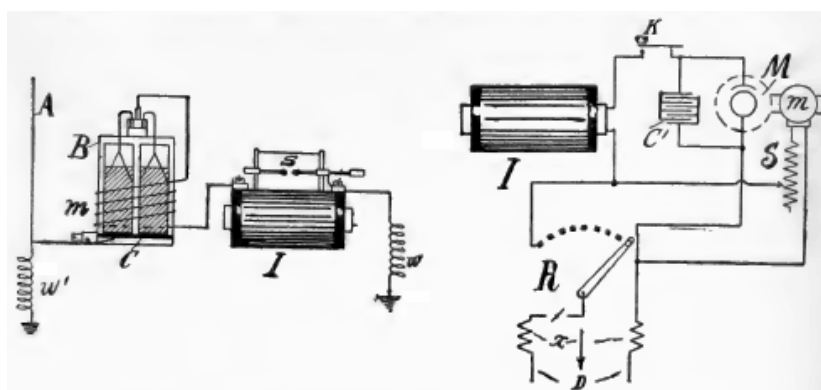


FIG. 56. CIRCUITO TRANSMISOR SLABY-ARCO. FIG. 57.

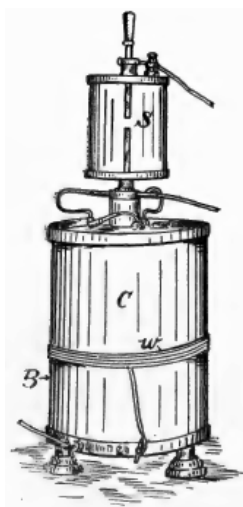


FIG. 58.

Las varillas de descarga de alta tensión S están preparadas verticalmente sobre la parte superior de un cilindro B de micanita u otro material aislante, Fig. 58. Las varillas de la chispa están encerradas en una caja de micanita para amortiguar el sonido, y para la ventilación se dispone de un tubo de ebonita. Para minimizar los accidentes los polos de alta tensión están pitados de rojo.

En este sistema se emplea el golpeador usual, el timbre de señalización y el impresor Morse de tinta, pero estos se han omitido, junto con otros detalles prácticos necesarios, para simplificar los esquemas.

El sistema Slaby-Arc es explotado por la Compañía General Electric de Berlín, de cuyas publicaciones sobre el tema se han tomado gran parte de la materia. Con este sistema se han transmitido señales sobre el mar a 60 millas con mástiles de una altura de 164 pies, y se afirma

que por medio de los dispositivos de sintonía se puede sintonizar el transmisor y el receptor con una exactitud de sintonía del tres por ciento.

También se afirma que con estos aparatos se puede obtener una radiación igual a la de otros sistemas con sólo la mitad de energía eléctrica que necesitan los otros sistemas inalámbricos.

En los equipos portátiles para uso militar y similares se emplean aparatos mucho más simples que los descritos. En este caso se utilizan cometas o globos para sujetar el hilo de antena. Las oscilaciones se generan con una bobina de Ruhmkorff. El relé e impresor Morse se sustituyen por un receptor telefónico, y en vez del cohesor de limaduras se emplea un auto-cohesor en el secundario de un pequeño transformador o circuito ramal. El cohesor está en serie con una pila seca y el receptor telefónico. Las oscilaciones recibidas causan fluctuaciones en la corriente que se escuchan en el teléfono. Es esencial al menos 100 chispas por segundo en el transmisor para dar señales audibles en el teléfono. Los circuitos están sintonizados a la longitud de onda emitida por el transmisor.

El Conde Arco ha publicado los siguientes detalles de este sistema a bordo de los barcos, faros, etc., co-inventor de este sistema junto con el profesor Slaby.

El equipo del S. S. *Deutschland* está distribuido en un espacio de 3 x 4,5 pies y 7 pies de altura. Las oscilaciones se generan con una bobina que da una chispa de 20 pulgadas, alimentada con corriente alterna de 5 a 20 amperios y una frecuencia de 25, evitando de este modo la necesidad de un interruptor. El manipulador de transmisión dispone de un soplador electromagnético, para que no salten chispas en la apertura. Para compensar en lo posible el cabeceo y vaivenes de los barcos, todas las partes móviles, como armaduras de los relés, están contrabalanceadas, y para reducir la vibración, que se aprecia mucho con el barco a velocidad media, se emplea fieltro y goma; pero a pesar de estas precauciones esto reduce considerablemente la sensibilidad de los aparatos. El conductor vertical consiste de un cable de una docena de hilos. Este cable no es una estructura permanente, se eleva al palo de mesana cuando es necesario. El hilo transmisor está aislado con caucho, de 4 pulgadas de grueso, para impedir el contacto con el puente.

Se dispone de montajes para facilitar la comunicación con estaciones y barcos equipados con otros sistemas diferentes al Slaby-Arco. El cuarto de longitud de onda que se emplea en Duhnen, Alemania, es de 300 pies; en Heligoland es de 150 pies. Para ello se dispone en el *Deutschland* de un conmutador por medio del cual se pueden conectar bobinas sintonizadas para las estaciones de Duhnen y el buque faro de Nantucket. La distancia máxima a la que se han comunicado entre dicho barco y Nantucket es de 50 millas, mientras que entre el buque y Duhnen se han cubierto 100 millas. Se supone que en el primer ejemplo el aparejo del buque intercepta las ondas. Para la comunicación entre el buque faro *Vyl* y el faro de Blaavandshuk de Dinamarca, a una distancia de 19 millas, es necesario tener en cuenta el fuerte cabeceo y vaivén del barco en tiempo tormentoso. En esta estación se emplea una bobina que da una chispa de 2 pulgadas alimentada con grandes pilas secas que dan 2,5 amperios a 10 voltios, y debido a la poca energía disponible se puede emplear un condensador que tenga una capacidad de al menos 0,005 microfaradios.

No se emplean mástiles en el faro. Se deja caer un hilo de 208 pies desde la linterna a una cabaña cercana, que da una altura vertical de 160 pies. La corriente en el faro se obtiene con un acumulador que da 20 amperios y 40 voltios, la batería se carga cada dos semanas. A pesar que los hilos verticales en estas dos estaciones tienen diferentes longitudes, se adopta el siguiente plan para conseguir la sintonía. Cuando el buque faro está transmitiendo señales se sintonizan ambos hilos de antena a la misma frecuencia, en el hilo vertical del primero se crean oscilaciones de un cuarto de onda y en el faro de tres cuartos de longitud de onda. A la inversa, cuando está transmitiendo el faro, ambos hilos de antena oscilan a una relación uniforme, en cuarto de onda, la relación de oscilación fundamental del buque faro se reduce insertando una bobina con gran inductancia en su circuito.

Se afirma que este sistema tiene más ventajas como son la completa ausencia de perturbaciones atmosféricas durante la recepción de las señales; la posibilidad de usar para el hilo de antena, en la transmisión y recepción, conductores de pararrayos, chimeneas de hierro, u otros conductores similares conectados a tierra; y la posibilidad de recibir sin interferencias mensajes de varias estaciones transmisoras, debido a la gran intensidad del sintonizador empleado.

## SISTEMA DE TELEGRAFÍA INALÁMBRICA SINTONIZADA DE BRAUN.

Este sistema, debido al profesor F. Braun, conocido también como sistema Braun-Siemens-Halske, se ha establecido en varios lugares en Europa.

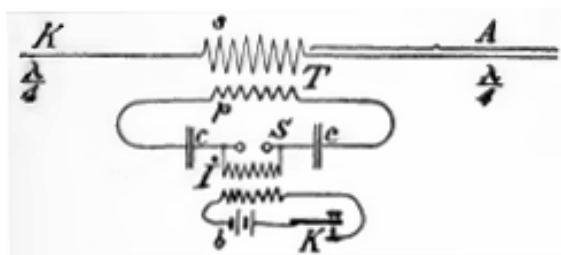


FIG. 59.

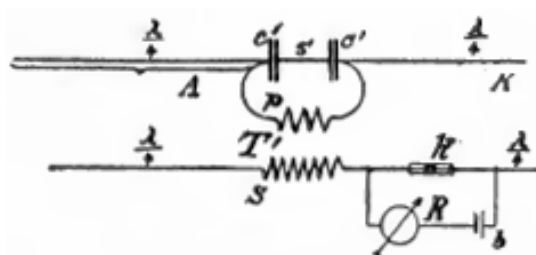


FIG. 60.

TEORÍA DEL SISTEMA SINTONIZADO DE BRAUN.

Los aspectos más importantes del sistema Braun son el circuito cerrado transmisor y receptor y el uso de áreas de gran capacidad en vez de las conexiones a tierra en la base del hilo de antena. Se sabe que se obtienen oscilaciones más persistentes con el circuito cerrado, y al evitar la conexión directa a tierra se eliminan las perturbaciones eléctricas atmosféricas.

En las Fig. 59 y 60 se delinean la teoría de los circuitos transmisor y receptor de Braun. En la Fig. 59, *b* es la batería F. E. M. para el funcionamiento de la bobina de inducción usual *I*, la interrupciones del circuito primario de la misma se hacen con un interruptor de mercurio, o un interruptor Wehnelt, no mostrado en la figura; cuyas interrupciones se convierten en los puntos y rayas del Morse con el manipulador de construcción robusta *K*. Un hilo primario *p* bobinado en espiral, llamado inductor *T*, las botellas de Leiden *c c*, y el chispero *S* forman el circuito oscilante cerrado transmisor. Las oscilaciones generadas por la bobina de inducción *T* se transforman en el circuito secundario *s*, un extremo del mismo se conecta al hilo de antena *A*, el otro extremo a una capacidad que consiste de una placa metálica grande o cilindros *K*, o se puede bobinar el terminal poco apretado para evitar la inductancia. Este es el circuito cerrado para producir oscilaciones persistentes de alta frecuencia combinado con el circuito abierto, que consiste de *K* y el hilo de antena *A*, que es un potente radiador, y que radia fuerte las oscilaciones persistentes que se han transformado en un potencial más alto por medio del transformador *T*. Se eligen el hilo de antena y *K* para que tenga cada uno  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda de la onda emitida, como se indica con el símbolo  $\lambda/4$ ; y por tanto la frecuencia y longitud de onda depende de la resistencia, inductancia y capacidad de los circuitos respectivos, según la fórmula dada.

Respecto a los rasgos de su sistema el profesor Braun afirma lo siguiente: La descarga del condensador a través del circuito primario que excita el extremo inferior del transformador bobinado en espiral, que está aislado de tierra. Por tanto se deduce que la función de la tierra para aumentar la distancia de transmisión no se puede explicar de la manera usual; posiblemente la tierra cause que el transmisor almacene más energía electromagnética. También en el circuito primario se puede emplear de forma útil una mayor cantidad de energía, y la acción del transmisor aumenta con la energía empleada en una relación mucho mayor que la existente cuando se emplea la conexión directa a tierra. Además, se puede aumentar la acción del transmisor aumentando la capacidad de los condensadores además del aumento de potencial. También, las oscilaciones del circuito primario están muy poco amortiguadas, y las oscilaciones que se excitan en el circuito abierto están todavía menos amortiguadas. Da los siguientes ejemplos de la energía electromagnética relativa en el transmisor cuando se excita directamente, y cuando se excita inductivamente, como su método. Con 2 amperios en el circuito primario la energía electromagnética para la excitación directa es 8; para la excitación inductiva, 26. Con 6 amperios en el circuito primario la energía electromagnética para excitación directa es 10; para excitación inductiva, 62.

En la Fig. 60, que representa los circuitos receptores, se puede ver que el montaje del aparato transmisor es virtualmente inverso, el hilo e antena *A* y *K* son el circuito primario, las



débiles oscilaciones recibidas se transfieren al circuito cerrado  $p s' c' c'$ , donde a su vez se transforman en potenciales más elevados por el secundario  $s$  del transformador  $T'$  al circuito del cohesor  $k$ , que controla al relé  $R$  (accionado por una pila  $b$ ) de la forma usual. Estos circuitos respectivos también están preparados como se indica, para tener un cuarto de longitud de la onda recibida, el circuito cerrado  $c' s' c' p$  está sintonizado al circuito transmisor, o a un múltiplo de ese circuito, por medio del transformador, “llevando por tanto a resonancia ese circuito de una forma análoga a como se hace en acústica”. Pero como las oscilaciones recibidas son mucho más débiles que las emitidas, el tamaño de los condensadores  $c' c'$  y el transformador  $T$  es mucho menor que los del sistema transmisor, y se encuentran en una caja pequeña. Los condensadores son de mica y no ajustables.

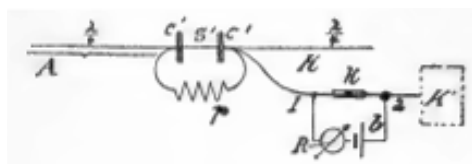


FIG. 61.

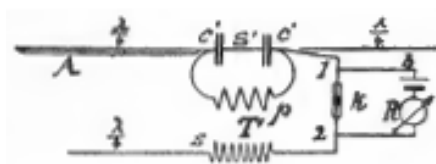


FIG. 62.

#### TEORÍA DEL SISTEMA NO SINTONIZADO DE BRAUN.

En el caso de circuitos no sintonizados el profesor Braun prepara el sistema receptor como indican las Fig. 61 y 62. En el primero no se usa el transformador  $T'$ , y el terminal 1 del cohesor  $k$  se conecta al extremo derecho del circuito cerrado oscilante como se indica, el otro terminal 2 se conecta a una gran placa capacitiva  $K'$ . En la Fig. 62 el terminal 1 del cohesor se conecta a  $c'$ , mientras que el terminal 2 se conecta al secundario del transformador  $T'$ . En estos casos, por supuesto, no se pretende la resonancia.

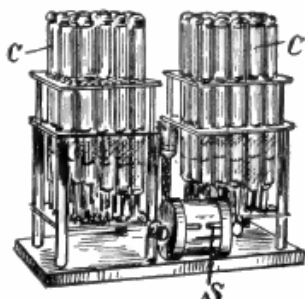


FIG. 63.

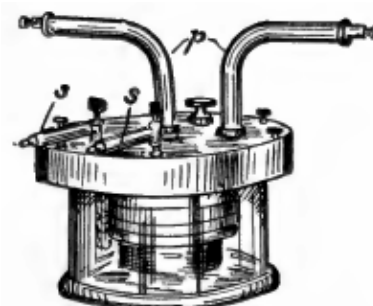


FIG. 64.

La forma de los condensadores adoptada por el profesor Braun para el transmisor es el montaje de botellas de Leiden en miniatura mostrado en la Fig. 63. Se elige esta forma cilíndrica por ser compacta y fácil de ajustar. Cada cilindro consiste de dos tubos que se deslizan uno dentro del otro. Los tubos son de vidrio de 0,078 pulgadas de espesor, y con un diámetro de 1 pulgada. Son intercambiables dentro de los límites de 0,19 y 0,008 pulgadas, en pasos de 0,08 pulgadas. Los cilindros varían de capacidad entre 0,0004 a 0,0005 microfaradios, y poderlos deslizar facilita obtener variaciones mínimas o amplias en la frecuencia de las oscilaciones. Se pueden sustituir fácilmente los tubos cuando se rompen, o cuando es necesario por otras razones, ya que sólo es necesario insertarlos en el rack adecuado para ponerlos en servicio, y para ello se dispone de los contactos adecuados.

El chispero se encuentra en un cilindro de vidrio que se encuentra en la base del rack de las botellas de Leiden, como se puede ver en la Fig. 63. El cilindro tiene los extremos de ebonita y está lleno de aceite, para obtener una mayor capacidad inductiva que en el aire.

En la Fig. 64 se ha dibujado el transformador de alta tensión o bobina de inducción  $T$  del sistema transmisor. Como esta bobina transporta fuertes corrientes su construcción es acorde. Su primario tiene cuatro espiras de hilo grueso. El secundario consiste de cuarenta espiras de hilo relativamente grueso bobinado por fuera del primario. Esta bobina de inducción no está bobinada de forma especial para dar una alta fuerza electromotriz, sino que está diseñada para

tener una baja inductancia y una pequeña constante de tiempo, y también debido a la baja inductancia admite el uso de una capacidad relativamente grande en el circuito, lo que permite por tanto una sintonía más precisa. El hilo grueso también tiende a tener una resistencia baja y por tanto menores pérdidas por calor. Cuando está en uso la bobina está sumergida en aceite. Todos los aspectos de esta bobina o inductor están diseñados respecto a la longitud de onda elegida, que, para conseguir los mejores resultados, debe ser cuatro veces la longitud del hilo vertical. El hilo primario se utiliza simplemente para dar inductancia al circuito cerrado, cuya sintonía deseada se asegura variando la capacidad de las botellas de Leiden ajustables y la resistencia del chispero, esto último se hace aumentando o reduciendo su longitud. También se ajusta el hilo secundario en armonía con las oscilaciones del hilo de antena. Es decir, de esta forma se llevan los diferentes circuitos a la sintonía necesaria para tener los mejores resultados.

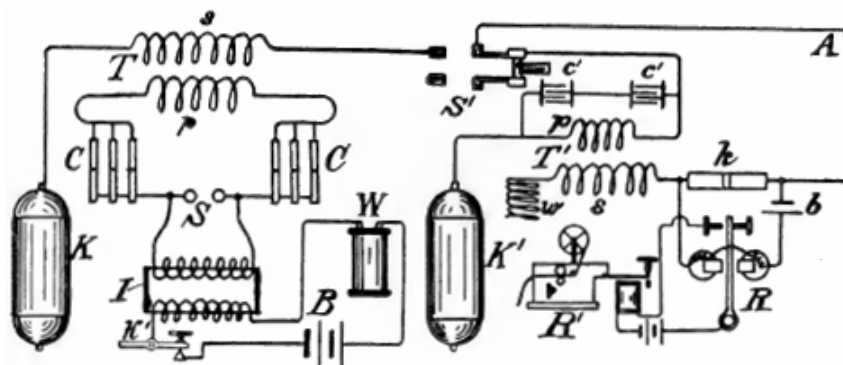


FIG. 65.

APARATOS Y CIRCUITOS DEL TRANSMISOR Y RECEPTOR DE BRAUN.

Los circuitos y aparatos del sistema Braun se muestran esquemáticamente en la Fig. 65, el transmisor está a la izquierda, el receptor a la derecha. I es la bobina de inducción; W es un interruptor Wehnelt o electrolítico de otro tipo, descrito en la sección sobre interruptores. El manipulador Morse  $k'$  está en el circuito primario de la bobina de inducción I. B es la fuente de F. E. M., que debe estar entre 40 y 80 voltios cuando se emplea un interruptor electrolítico. Cuando no se puede disponer de este voltaje se utiliza un interruptor de turbina de mercurio. S es el chispero; C C son las capacidades con botellas de Leiden de la Fig. 63; T es el inductor (Fig. 64), del que  $p$  y  $s$  son los hilos primario y secundario. Un terminal de  $s$  se conecta con K, que es una capacidad en forma de un gran cilindro metálico de dos pies de longitud, que se usa en vez de tierra. El otro terminal se lleva a un contacto del conmutador doble de cuchilla grande  $s'$ . El hilo de antena llega al contacto central del conmutador. Por medio de este conmutador se puede conectar el hilo de antena A en conexión con los circuitos receptor o transmisor a voluntad. En la figura el hilo vertical está conectado con el sistema receptor. Del contacto superior derecha de  $s'$  se lleva un hilo al circuito cerrado receptor  $c' p c'$ , y de allí a otra capacidad cilíndrica  $K'$ . Un terminal del secundario  $s$  de  $T'$  se conecta al cohesor  $k$ ; el otro terminal se bobina a espiras separadas en  $w$ . R es un relé polarizado Siemens encerrado en una caja adecuada para que no entre polvo, y se puede ajustar desde el exterior de la caja, como indica la Fig. 68. Una pila  $b$  está en serie con el relé, y ambos están en circuito con el cohesor. El relé polarizado controla un impresor de tinta  $R'$ . En la práctica las conexiones el cohesor son algo diferentes a las mostradas en la figura, dos hilos que salen de sus terminales se llevan al conmutador  $s'$ , preparados para que cuando el conmutador se mueve hacia la izquierda se desconecte el circuito del cohesor del resto de los aparatos.

En este sistema se usa un cohesor de limaduras que se muestra en las Fig. 66 y 67. Las limaduras son de acero endurecido y tamizadas, el polvo de acero se contiene en un tubo de ebonita dentro del tubo  $k$ . En el tubo no se ha hecho el vacío, los experimentos del profesor Braun han demostrado que el cohesor de vacío no es más sensible y es mucho menos fácil de ajustar que el tipo no al vacío. Las varillas  $r r'$  son de acero pulido. La varilla  $r$  se sujeta en el tubo por medio del tornillo  $s$ . La varilla  $r'$  se puede acercar o alejar de las limaduras por medio del tornillo de ajuste  $s'$ , el muelle en espiral  $a$  retira el tapón cuando se mueve hacia fuera el

tornillo  $s'$ . Cuando se ha obtenido el ajuste deseado se bloquea el tornillo  $s'$  con una tuerca con freno. Todo el cohesor se mantiene en su posición con dos postes metálicos, en cuyo extremo superior hay pinzas que forman los contactos para los circuitos del relé y receptor, y por medio de esas pinzas se puede insertar o retirar fácilmente el cohesor.

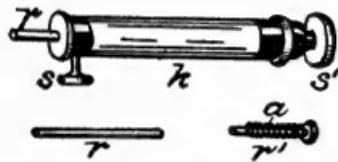


FIG. 66. COHESOR DE BRAUN

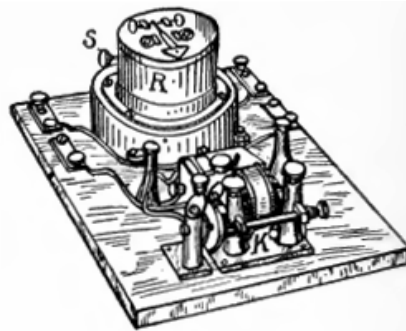


FIG. 67.

Se aumenta la sensibilidad del cohesor empleando limaduras gruesas. Además se ha encontrado que un cierto grado de magnetismo en los tapones del conductor se aumenta la sensibilidad del cohesor sin perjudicar su fiabilidad, se coloca un anillo magnético sobre el tubo y entre los extremos de los tapones. Girando este anillo para que sus polos magnéticos se acerquen a los tapones a la distancia adecuada se obtiene el grado de magnetización adecuado de los tapones. En vez del golpeador común activado electromagnéticamente se emplea en este sistema un golpeador accionado por un mecanismo de relojería para descohesionar las limaduras. Una ventaja del golpeador por muelle es que los golpes siempre golpean con la misma fuerza, restaurando por tanto las limaduras a la misma posición a cada golpe. Cuando las limaduras se han cohesionado un embrague eléctrico libera el golpeador, y cuando las limaduras se descohesionan el embrague sujeta automáticamente al golpeador. Se utiliza un auto-cohesor del tipo de carbón junto con un receptor telefónico cuando por alguna razón deja de estar operativo el cohesor de limaduras.

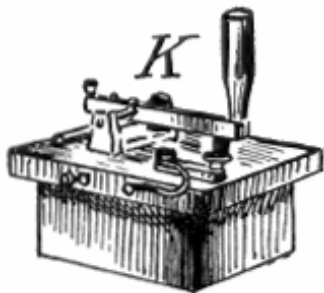


FIG. 68.

En la Fig. 68 se muestra el manipulador Braun-Morse. Este manipulador es capaz de abrir una corriente de 50 amperios continuamente sin dañar al interruptor. Para conseguir este resultado el circuito primario se abre y cierra por medio de un dispositivo adecuado que se abre y cierra separadamente del contacto principal, y por tanto no hay chispas en el contacto principal. El propio manipulador está montado en una caja donde se produce la apertura del circuito, y dispone de un soplador magnético para reducir las chispas. Las paredes de la caja están perforadas para la ventilación.

El equipo militar del sistema Braun se transporta en dos carretas, una tiene los aparatos, la otra un motor a gasolina. Se pueden emplear globos o cometas para elevar el hilo vertical. Se han suministrado varios equipos de estos al Gobierno de los EE.UU. así como a otros muchos gobiernos de Europa.

# SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO TELEFUNKEN – RADIO DESDE TRENES – CHISPA CANTANTE – TELEGRAFÍA INALÁMBRICA DE VON LEPEL, CUERPO DE SEÑALES DE LOS EE.UU., EQUIPOS PORTÁTILES CLARK – ETC.

## TELÉGRAFO INALÁMBRICO DE TELEFUNKEN

Los sistemas inalámbricos Slaby-Arco y Braun se han consolidado desde hace algún tiempo bajo el nombre de Telefunken (Chispa Distante) Wireless Telegraph Company en este país; y en Alemania como Gesellschaft für drahtlose Telegrafie (Sistema Telefunken). Actualmente hay en operación unos 600 equipos Telefunken en diversas partes del mundo, incluyendo estaciones de tierra, de barcos, faros e instalaciones militares portátiles.

La principal diferencia entre los diversos sistemas telegráficos inalámbricos de alta clase comerciales de hoy día (1909) puede decirse que consiste en la calidad de los aparatos que usan las diversas compañías. Se han añadido varios perfeccionamientos al sistema Telefunken aparte de los descritos en las páginas precedentes, y estos perfeccionamientos se corresponden más o menos con el reciente avance general en el arte de la telegrafía inalámbrica de chispas de los que daremos ahora una descripción más o menos completa. También se encontrará una descripción del añadido más reciente de esta compañía a los métodos inalámbricos, el sistema de chispa cantante.

**Circuitos transmisores de Telefunken.** – Se ha de entender que este tipo de aparatos y montajes de los diversos sistemas todavía están siendo modificados según dicta la experiencia práctica. Sin embargo, se puede considerar la Fig. 1 como una representación teórica bastante fiel de los circuitos y aparatos transmisores actuales que la Compañía Telefunken ha instalado en muchas estaciones costeras y a bordo de los barcos, incluyendo varios barcos de la Armada de los EE.UU.

En muchas de estas instalaciones las oscilaciones se excitan primero con un generador de corriente alterna G, accionado por un motor eléctrico M (motor-generator). El motor toma la corriente de los hilos de potencia E E, normalmente conectados con la dinamo del buque.

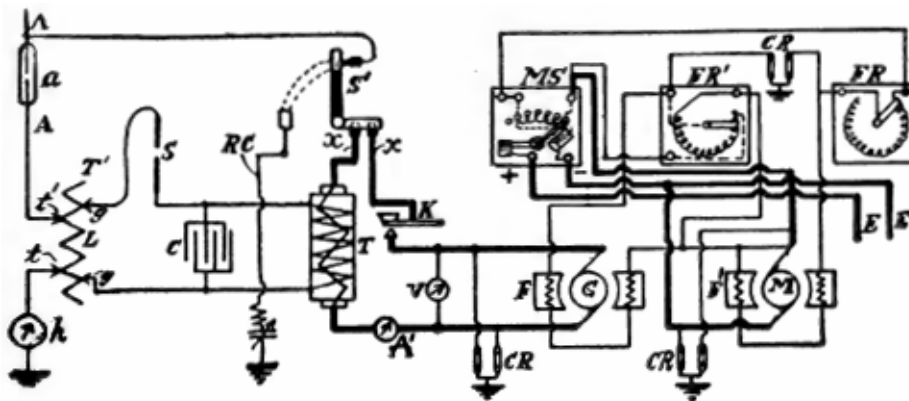


FIG. 1. – CIRCUITO TRANSMISOR TELEFUNKEN

En la instalación particular las líneas gruesas indican el circuito del generador G y del motor M tal como se prepara para el motor-generator del tipo Crocker-Wheeler. Cuando se acciona el arrancador MS del motor, la corriente de alimentación fluye a través del motor M, cuya velocidad se regula por medio de la resistencia reguladora de campo FR. De igual forma, se regula el voltaje del generador G por medio de su reóstato de campo FR', v es un voltímetro, que se usa para indicar el voltaje en el circuito primario del transformador resonante T. Este transformador se muestra como se encuentra en la práctica en la sección de Transformadores del Capítulo XIV. K es un manipulador telegráfico Morse en el circuito primario del transformador. Este manipulador abre el circuito sin un chisporroteo excesivo con una corriente de 25 amperios a 110 voltios. C representa una batería de botellas de Leiden en el circuito oscilante primario. S

es el chispero. Este circuito oscilante se conecta con un acoplamiento más o menos fuerte, según se desee, a la antena A. En algunos sistemas se usa una bobina variable o transformador oscilante en vez de L para un acoplamiento muy débil o indirecto. La Compañía Telefunken emplea para ello dos bobinas independientes de barras gruesas de cobre con espirales ampliamente separadas y con una de las bobinas móvil fuera de la otra para variar el acoplamiento. La inductancia del circuito oscilante cerrado S L C se suministra por número de espiras de la bobina T', ajustable por medio de pinzas  $g\ g$ . También se aplica inductancia al circuito de antena por medio de la bobina T', cuya cantidad se puede variar con las pinzas  $t\ t'$ . Una porción de esta bobina es común a los circuitos de antena y circuito oscilante cerrado. En algunos casos se usa una bobina especial para alargar la antena. Se puede insertar un amperímetro de hilo caliente  $h$  entre el hilo vertical y tierra (o contrapeso).

Al hacer la preparación para las instalaciones lo usual es predeterminedar lo más exacto posible la longitud de onda que se ha de emplear, y diseñar y ajustar la antena y los aparatos transmisores según ello. Por ejemplo, la Armada de los EE.UU. ha adoptado la longitud de onda de 425 metros (1.394 pies) como estándar. Esto es igual a una frecuencia de 700.000 ciclos por segundo. (Ver tabla de longitudes de onda al final de la Parte I) Para ajustar la antena y los circuitos oscilantes del transmisor a la longitud de onda deseada se utiliza el ondámetro. Para ello se generan oscilaciones por separado en los circuitos respectivos y se hacen los ajustes necesarios variando la posición de las pinzas  $g\ g$  (Fig. 1) sobre la inductancia en espiral T' para la oscilación primaria del circuito, y las pinzas  $t\ t'$  para el circuito de antena. Después se "acoplan" los dos circuitos, como se indica en la figura, serán necesarios ajustes posteriores debido a las variaciones en la inductancia debidas a la reactancia mutua de las espiras. Se indicará la resonancia entre los circuitos a máxima lectura del amperímetro de hilo caliente  $h$ . Para variar el grado de acoplamiento entre los circuitos se pueden mover las pinzas  $t\ t'$  uniformemente arriba o abajo a lo largo de las vueltas de la espiral sin variar la distancia entre las pinzas. Cuanto menores son las vueltas de la espiral entre  $t$  y  $t'$  que las incluidas entre  $g\ g'$ , menor es el acoplamiento. En la figura el acoplamiento es relativamente fuerte.

En algunas instalaciones de este sistema el chispero se encuentra en la posición ocupada por el condensador C en la Fig. 1, y los condensadores se colocan a cada lado del chispero cerca de la inductancia. Para evitar daños a las bobinas del generador G o del motor M debidos a descargas de alto potencial las bobinas están puenteadas con dos resistencias de varillas de carbón CR que tienen una conexión a tierra entre ellas. RC indica los hilos que van a los circuitos receptores. Para impedir una conexión accidental entre los circuitos transmisor y receptor se incluye el dispositivo mostrado como conmutador S'. Con el brazo del conmutador en posición vertical del los hilos  $x\ x$  están unidos con una cuchilla metálica y se cierra en ese punto el circuito primario del transformador T. Cuando se mueve el brazo del conmutador a la posición horizontal las cuchillas dejan los hilos  $x\ x$ , abriendo por tanto el circuito primario. En la posición horizontal el brazo está en el extremo externo que hace contacto con un terminal del circuito receptor RC, un botón que se puede retirar y el hilo conectado al conmutador conectan el sistema receptor a la antena A por encima del chispero de seguridad  $a$ . Este chispero de seguridad tiene muy poco efecto en la amortiguación debido al alto potencial de las oscilaciones, pero desvía con efectividad las oscilaciones de alto potencial que irían al circuito receptor.

Esta compañía ha probado extensamente chisperos de chispa múltiple, pero la experiencia dice que en general se obtienen los resultados más satisfactorios con el chispero de una única chispa. Con el chispero de chispa múltiple se observa, por ejemplo, que la descarga no siempre es simultánea en las diferentes separaciones; esto afecta a la eficiencia de las señales. También aumenta la dificultad de ajuste del chispero. El descargador de chispas que emplean ahora Telefunken y otros sistemas consiste de dos varillas de bronce, algunas veces con puntas de una pulgada de cinc. Las varillas tienen un diámetro de 0,4 pulgadas. Se emplean masivamente las puntas de cinc debido a la propiedad de que el metal no facilita los arcos, debido a la alta resistencia del vapor de cinc. Normalmente el chispero se encierra en una caja cuya puerta se cierra para amortiguar el sonido. Con frecuencia se agrupan la inductancia, capacidad y chispero del transmisor para que sea compacto en los barcos como se muestra en la Fig. 2 (en jerga comercial, montaje en "tubo"). El chispero se encuentra en la caja C'; en una caja de goma dura C se encuentra una batería de 7 botellas de Leiden pequeñas. Se coloca alrededor del cilindro C

una gran espiral de hilo de cobre, de 25 pulgadas de diámetro. La cantidad de inductancia que se usa se varia cambiando la posición de las pinzas  $t$   $t'$  sobre la espiral, a intervalos se encuentran tetones o terminales  $w$  para este propósito. Para facilitar este ajuste la pinza  $t'$  se conecta con un hilo flexible a un anillo móvil  $m'$  que a su vez está conectado al hilo de antena, y la pinza  $t$  también está conectada a un anillo que se puede mover  $m$  conectado al chispero, con este montaje se pueden colocar las pinzas en cualquier punto de la bobina;  $k$  es una varilla con la que se puede ajustar la longitud del chispero;  $k'$  está conectado con el chispero;  $l$  es para cortocircuitar algunos espacios del chispero, cuando se emplean chisperos múltiples, los botones  $n$  están conectados con una placa de las botellas de Leiden. Un par de conductores  $x$  llevan la corriente al motor de un ventilador en la parte inferior del tubo para extraer los vapores y el aire ionizado del chispero. Este aparato tiene un rango de longitudes de onda entre 393 pies y 3.280 pies. (120 metros y 1.000 metros, respectivamente, 1 metro equivale a 3,28 pies).

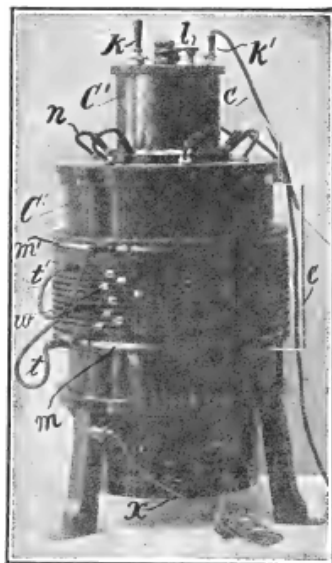


FIG. 2.

**Condensadores Telefunken.** – Se usan botellas de Leiden de construcción especial como capacidades en el circuito oscilante del transmisor de este sistema. Las botellas estándar hasta 5 kilovatios tienen 14,5 pulgadas de alto y 4,6 pulgadas de diámetro. La capacidad de estas botellas es de 0,002 microfaradios. Para una instalación de 1,5 kilovatios y 60 ciclos se usan 3 botellas en paralelo; para una instalación de 1,5 kilovatios y 120 ciclos, se emplean 3 botellas en paralelo en una serie de 2. Para un equipo de 2,5 kilovatios y 60 ciclos, se usan 7 botellas en múltiple. Para un transmisor de 5 kilovatios a 60 ciclos se usa una capacidad igual a 3 o 4 botellas pequeñas; por ejemplo, 3 botellas en múltiple en series de 3. Para instalaciones que superan los 5 kilovatios la botella estándar es de 4 pies y 5 pulgadas de alto y 4,25 pulgadas de diámetro, con una capacidad de 10.000 centímetros o 0,011 microfaradios. El montaje de estas botellas es variable, depende de las necesidades. Un sistema común es usar 9 botellas de este tipo, 3 en múltiple en series de 3, que da una capacidad resultante igual a una botella, es decir, 0,011 microfaradios. En la estación de alta potencia de Nauen, que se describirá más tarde en esta sección, se emplea una batería de 360 botellas grandes preparadas con 120 botellas en múltiple, en series de 3. Como cada botella tiene una capacidad de 0,011 microfaradios, la capacidad total resultante en el circuito oscilantes es de 0,044 microfaradios.

El objeto de preparar los condensadores en serie (o cascada) en circuitos de alto potencial es dividir la presión entre dos o más condensadores; así si el potencial en los terminales del secundario del transformador es de 30.000 voltios cada condensador en una serie de dos estará sometido a una presión de 15.000 voltios, o si está en una serie de tres a una presión de 10.000 voltios. Normalmente se da la medida de los condensadores e inductancias en centímetros según el sistema de unidades electromagnéticas absolutas. Para reducir la capacidad en centímetros a

microfaradios se dividen los centímetros por 90.000. Para reducir la inductancia en centímetros a microhenrios se dividen los centímetros por 1.000.

Debido a la naturaleza frágil de la hoja de estaño y los defectos consecuentes debidos a los daños por abrasión, este material se está sustituyendo por una doble capa de plata y cobre en el interior y el exterior de las botellas. Estas placas se colocan en el vidrio de varias formas. Por ejemplo, la plata se deposita sobre el vidrio por un proceso químico y se quema a una temperatura de 1.000° F. Después se electroplatea una capa de cobre sobre la plata. En otros casos, se deposita primero sobre el vidrio, con medios mecánicos, una alfombra de cobre y plata, después se deposita una fuerte capa de cobre con un proceso de electroplateado. Estos métodos proporcionan una capa fuerte, duradera y hermética. La capacidad de las botellas no se ve afectada materialmente por la sustitución del cobre por estaño.

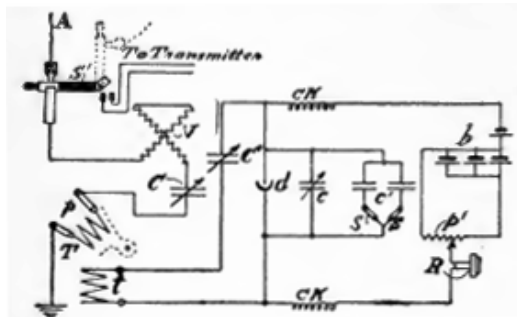


FIG. 3. – CIRCUITOS RECEPTORES TELEFUNKEN.

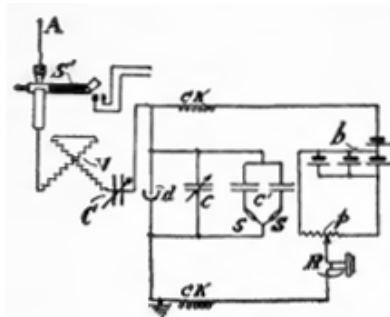


FIG. 4.

**Circuitos receptores Telefunken.** – En las Fig. 3 y 4 se bosquejan los aparatos receptores Telefunken para acoplamiento débil y flojo, respectivamente. En la Fig. 3, A es la antena, S' es un conmutador. V es una bobina de sintonía, llamada variómetro, para variar la inducción para la sintonía. En una forma que se emplea en este sistema este dispositivo consiste de dos bobinas de las mismas vueltas, una bobina es fija, la otra está montada sobre un eje. Las bobinas se conectan en serie, pero por medio del eje en la bobina móvil se puede hacer que el efecto inductivo de una bobina coincida con la otra, o se oponga, con la otra en el grado deseado, variando por tanto la inductancia del circuito. (Ver Variómetros, Capítulo XIV) C es un condensador variable, p y t son el primario y el secundario de un transformador de sintonía u oscilante T, que se describirá seguidamente. C es un condensador variable en el circuito oscilante receptor, d es un detector del tipo electrolítico u otro tipo adecuado, puenteado con un condensador variable c y los condensadores c'; este último se puede conectar o desconectar del circuito por medio de los interruptores s; ck son bobinas de choque pequeñas que se usan normalmente para desviar las corrientes oscilantes del circuito del teléfono R, p' es un potenciómetro que controla la batería b. Una celda de esta batería está fuera del control del potenciómetro; los otros son variables como se indica. A excepción de la bobina de sintonía T, el aparato de la Fig. 4 es similar al de la Fig. 3. Se puede disponer de muchas variaciones eficientes del montaje de acoplamiento por variómetro; por ejemplo, el indicado en la Fig. 4a en el cual l l' son respectivamente las bobinas fija y móvil de un variómetro. C es un condensador variable, d un detector.

En el transformador articulado para acoplamiento débil mostrado como T en la Fig. 3 y como n w en la Fig. 7, la variación deseada del acoplamiento se consigue moviendo la bobina p hacia fuera o dentro de la bobina fija t. El número de espiras de hilo en servicio en el primario de este transformador también es variable por medio de contactos y cables. (Ver Fig. 7) Otro transformador de recepción que emplea esta compañía consiste de una bobina secundaria fija, Fig. 5, montado sobre un núcleo C, de 4 pulgadas de diámetro. La bobina primaria p es móvil sobre dos guías verticales w w, dentro o fuera de la bobina fija. En una posición la bobina móvil puede rodear por completo a la bobina fija o puede alejarse a cualquier distancia hasta 6 pulgadas. En cada bobina se puede ajustar el número de espiras que se usan por medio de contactos n n, insertados en el contacto deseado. Estas bobinas de sintonía se proporcionan en diferentes tamaños según la longitud de onda empleada en una estación dada. Por medio de

estos dispositivos se puede graduar la relación inductiva entre la bobina primaria y la secundaria en pasos muy pequeños hasta que se eliminan todas las ondas excepto la que está sintonizado el receptor, lo que reduce por tanto las interferencias al mínimo. Para reducir la amortiguación de las oscilaciones en el circuito receptor se usa en el secundario hilo trenzado de muy baja resistencia.

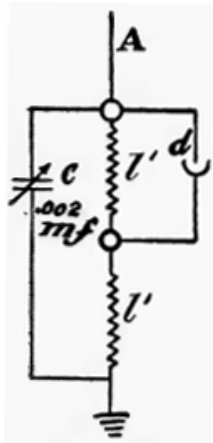


FIG. 4a.

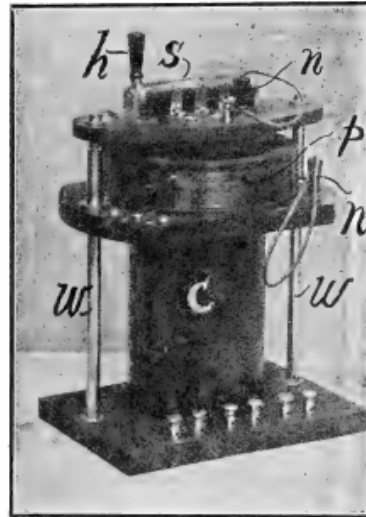


FIG. 5. — TRANSFORMADOR OSCILANTE RECEPTOR.

En la Fig. 5 S es un interruptor, con el que girando el mango *h* del cual se pueden cambiar rápidamente los circuitos para acoplamiento débil o fuerte, por ejemplo, del montaje de circuitos de la Fig. 3 a los mostrados en la Fig. 4. En la práctica normalmente se encuentra que bajo ciertas condiciones las mejores señales se reciben con la conexión directa que con la inductiva, y otras veces al contrario, dependiendo de la naturaleza de las señales transmitidas. Esto también es válido en muchos momentos al transmitir las señales. Actualmente en la práctica, especialmente a bordo de los barcos, se emplea muchísimo el transmisor de circuito abierto con resultados satisfactorios, en especial con buen tiempo.

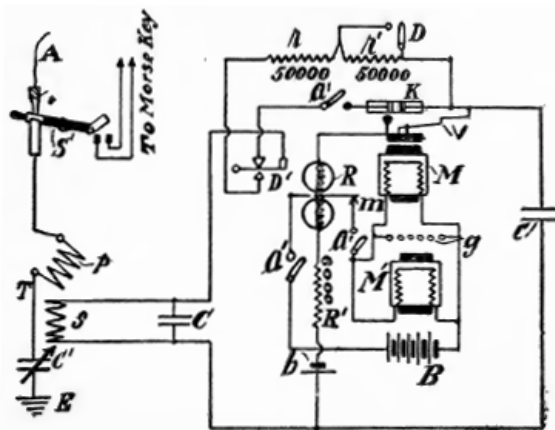


FIG. 6. — CIRCUITO RECEPTOR CON COHESOR DE LIMADURAS.

**Circuitos receptores Telefunken con cohesor de limaduras e impresor de tinta.** — Estos circuitos se bosquejan en la Fig. 6. A es un hilo flexible que lleva a la antena y por medio de un contacto *n* se inserta en el hilo de antena como se muestra en el aparato receptor, etc., y se explica con la Fig. 1, *p* es el primario de un transformador oscilante articulado T en el circuito de antena, *s* es el secundario del mismo. C' es un condensador variable de aire en la antena para la sintonía, o acortar la longitud de onda de la antena cuando es necesario. C es un condensador en paralelo con el cohesor y tiene una capacidad relativamente grande por medio del cual se



elimina el efecto de cualquier variación en la capacidad del cohesor, lo que mantiene por tanto prácticamente uniforme la inductancia y capacidad del circuito oscilante receptor,  $c$  es un pequeño condensador de mica que proporciona un circuito oscilante alrededor del relé  $R$ , pero que no impide que lo accione el cohesor.  $R$  es un relé polarizado en serie con un cohesor granular en un tubo al vacío  $K$ .  $R'$  es una resistencia de 6.000 ohmios en el circuito del relé para reducir la fuerza de la corriente, reduciendo por tanto la energía de la chispa en los contactos  $v$  del golpeador  $M$ . La armadura del relé acciona el golpeador  $M$  y el registrador Morse, o impresor de tinta,  $M'$ , con el contacto  $m$ , prácticamente como se ha descrito por completo con otros sistemas. Se puede chequear la sensibilidad del relé introduciendo en su circuito las resistencias  $r$   $r'$  de 50.000 ohmios cada una, los interruptores  $D$   $D'$  se accionan cuando se desconecta el cohesor con el interruptor  $D'$ . Después se ajusta el relé a la mejor condición de trabajo. Este relé funcionará con un voltaje de 1,4 voltios a través de una resistencia de 100.000 ohmios. Se encuentra que la apertura del cohesor y del circuito del relé con el contacto  $v$  del golpeador facilita las señales. (Ver conexiones del cohesor de Branly). Las células de polarización  $g$  se colocan entre los terminales de los electroimanes  $M$  y  $M'$  para reducir al mínimo las chispas en los contactos  $m$  debidas a la descarga de sus bobinas. Estas células consisten de unos pequeños viales sellados que contienen una solución de ácido sulfúrico donde se sumergen dos electrodos de hilo de platino. Se sintoniza el circuito de antena a la longitud de onda deseada ajustando de la forma adecuada la bobina articulada  $T$  y la capacidad  $C'$ , y se sintoniza el circuito oscilante secundario a la longitud de onda correspondiente,  $a'$  son unos interruptores pequeños para abrir los circuitos locales cuando no se usan.

Se ha sustituido en gran medida el cohesor de limaduras como receptor de señales por diversos auto-detectores y un receptor telefónico, pero todavía se emplea cuando se desea un registro, un timbre de llamada o una alarma.

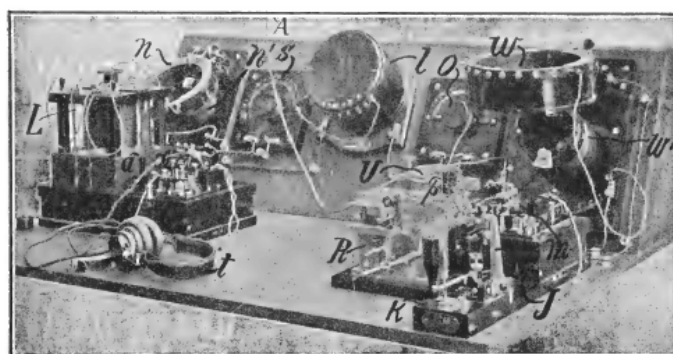


FIG. 7. – APARATO INALÁMBRICO TELEFUNKEN.

**Aparatos inalámbricos Telefunken.** – El manipulador de transmisión  $K$  y los instrumentos receptores se preparan en la práctica para el uso a bordo y en otras estaciones como se muestra en la fotografía de la Fig. 7. Se ilustran una combinación de un cohesor y un impresor de tinta y detectores electrolítico o termoelectrónico con un receptor telefónico. En este montaje combinado los primarios  $p$   $p$  de las Fig. 3 y 4 se colocan en serie. De otra forma las conexiones de los circuitos son virtualmente como se muestran en las figuras.  $A$  es el cable de la antena.  $L$  es un condensador variable en paralelo con el auto-detector y el secundario del transformador de recepción  $n'$ ,  $n$  es el primario articulado, en la antena.  $S$  es un condensador variable en serie con la antena y la bobina de sintonía  $l$ ,  $l$  es común a ambos circuitos receptores.  $O$  es un condensador en serie con la bobina  $l$ ,  $w'$  es el secundario de la misma. Hay un condensador pequeño en la base de  $w'$  en paralelo con el cohesor y con  $w'$ .  $U$  es el relé del cohesor,  $p$  es el conmutador de antena.  $R$  es un impresor de tinta;  $J$  es el tope de su armadura.  $K$  es el manipulador Morse de transmisión,  $m$  es el cohesor,  $a$  es un interruptor del receptor telefónico,  $x$  indica la localización del auto-cohesor,  $t$  es el soporte del teléfono. En general el auto-detector está al lado izquierdo de la mesa; el del cohesor a la derecha.

**Registrador fotoeléctrico Telefunken.** – Recientemente la Compañía Telefunken ha sacado al mercado un detector capaz de accionar un relé muy sensible que a su vez arranca un

mecanismo de relojería y otros aparatos que producen un registro fotográfico de las señales. En resumen, se hace que el relé accione el obturador de una cámara que deja pasar la luz o impide su paso sobre una película sensible en movimiento. La cinta pasa después de salir de la cámara a través de las soluciones adecuadas, y en pocos segundos, el mensaje recibido se ve en puntos y rayas. Se observa que el Dr. Siebt ha diseñado también un registrador fotográfico de las señales inalámbricas en el cual las ondas eléctricas desvían un hilo fino, cuyo movimiento crea sombras que se reproducen como puntos o rayas sobre una cinta de papel sensibilizado.

#### LA ESTACIÓN DE ALTA POTENCIA DE NAUEN

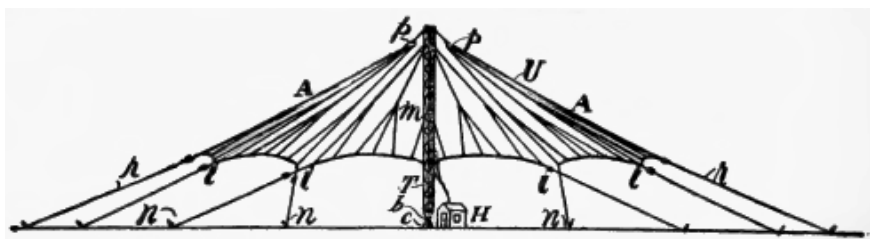


FIG. 8. — ANTENA TIPO SOMBRILLA DE LA ESTACIÓN DE NAUEN.

Esta estación de la Telefunken Wireless Co. se estableció principalmente para uso experimental. Nauen está a 25 millas al noroeste de Berlín. Se han recibido señales inalámbricas de esta estación a bordo del *S. S. Bremen* a una distancia de 1.488 millas, gran parte de ella por tierra. También se ha escuchado Nauen desde San Petersburgo, a una distancia de 837 millas todas por tierra, y en Rigi, Scheidegg, Suiza, a 496 millas, gran parte sobre montañas.

En la estación de Nauen se encuentra terreno pantanoso a 6 pies bajo la superficie, esto permite una tierra excelente. La antena de esta estación está soportada por una torre de celosía de hierro T; Fig. 8. La torre tiene forma triangular, cada lado del triángulo tiene 13 pies de longitud. Cada una de las 3 vigas verticales, está formada por secciones de 28 pies de largo, atornilladas extremo con extremo y conectadas entre sí con soportes en diagonal. A 19 pies del suelo las vigas se unen en una pieza fundida sobre una bola de acero *b*, que se apoya en un zócalo *c*. El peso de la torre se aguanta sobre una capa de aislante en una base de hormigón sólido. La torre se mantiene en posición vertical con tres vientos conectados a la torre a 246 pies del suelo, no mostrados en el dibujo. Los vientos están anclados a pesados bloques de construcción a una distancia de 656 pies de la base de la torre. Los vientos están aislados de la torre y del anclaje. Debido al alto potencial que se emplea en esta estación, algunas veces se produce una chispa de 39 pulgadas de longitud, los extremos superiores de los vientos están aislados en aceite. La antena *A* es del tipo sombrilla. La parte de sombrilla de la antena está preparada en 6 segmentos, como se indica, que se dispersan desde la parte superior de la torre. Cada segmento de la antena se separa de la torre por medio de cuerdas de cáñamo *r* atadas a postes de hierro *n* en el suelo. Pomos de porcelana *i* aíslan las cuerdas de la tierra y la antena. Cada segmento puede ser elevado o bajado con las poleas *p*. La parte superior *U* de la antena se compone de 6 cables del No. 9 B & S de bronce fosforoso. A medida que descenden, estos cables se dividen en 3 cables más pequeños como se indica en *m*. Los propios hilos consisten de 6 cables conectados a la antena de sombrilla, en la parte superior de la torre, y que se llevan abajo hasta el pie de la torre, donde se unen y de allí se llevan hacia el cuarto de operación. Los hilos verticales no están aislados de la torre, ya que la propia torre forma parte del circuito oscilante. La superficie total cubierta por la antena es de 642.000 pies cuadrados. La tierra está formada por 108 hilos que se despliegan radialmente desde la base de la torre, cubriendo un área de 1.300.000 pies cuadrados.

La central de alimentación para esta estación es un generador de 25 kilovatios, accionado por un motor de petróleo, que da 60 ciclos a 750 revoluciones por minuto. Se emplean cuatro bobinas de inducción, o transformadores, para la corriente de excitación, las bobinas primarias están conectadas en serie. El generador suministra la corriente alterna a estas bobinas por medio de cuatro grandes bobinas de choque. Las 4 bobinas secundarias de los transformadores están conectadas en múltiple entre sí y en serie con 2 choques de alta tensión, la batería de botellas de

Leiden y el chispero. El operador de señales acciona un manipulador Morse, que a su vez acciona el solenoide de un relé. Este relé corta la corriente del circuito de botellas de Leiden cortocircuitando las bobinas primarias de los transformadores y el bobinado del generador por medio de dichas bobinas de choque, cuya acción es equivalente a abrir el circuito primario por medio del manipulador Morse. El aparato receptor de esta estación es prácticamente similar a los ya descritos.

**Frecuencímetro.** — Para ayudar a obtener la sintonía se emplea un frecuencímetro de baja frecuencia en el circuito generador de este y otros sistemas. Este medidor, en resumen, consiste en una forma de un electroimán situado en el generador u otro circuito. Cerca del electroimán hay un gran número de pequeñas varillas de hierro o acero, o lengüetas, colocadas lado a lado y verticalmente y fijadas por el extremo inferior. Cada varilla está sintonizada a una cierta nota, o velocidad de vibración. Se sabe que estas lengüetas (o armaduras) están preparadas para vibrar sólo a las pulsaciones de magnetismo a las que están afinadas. Los extremos superiores de las lengüetas se pueden ver a través de una ventanilla de vidrio en la parte superior de la caja donde está encerrado el instrumento, y en cada lengüeta lleva marcada en una escala el número de ciclos al que responde. Como el electroimán que controla estas armaduras se encuentra en el circuito de corriente alterna, es obvio que las alternancias magnéticas corresponden con las alternancias de la corriente que tienen lugar en el electroimán, y vibrará la lengüeta que esté afinada a la frecuencia que existe en el circuito, e indicará por tanto visualmente la frecuencia.

#### TELÉGRAFO INALÁMBRICO TELEFUNKEN PARA LOS TRENES EN MOVIMIENTO

En este país De Forest y otros han hecho experimentos con la telegrafía inalámbrica como medio de comunicación con los ferrocarriles en movimiento. También en Alemania, como se menciona en el Capítulo XV, se ha hecho un considerable trabajo en esta dirección, el objeto es aumentar la seguridad del tráfico ferroviario. En los experimentos de Telefunken el hilo de antena A de la estación fija se suspende entre dos postes telegráficos del ferrocarril P P, Fig. 9, u a unas 12 pulgadas por debajo los hilos telegráficos, por medio de una cuerda de cáñamo c, y aisladores de porcelana b. Un hilo d conecta el hilo de antena con los instrumentos en una cabina adyacente C. La longitud del hilo de antena es de 200 pies. Las señales que salen de C siguen los hilos telegráficos hacia los trenes en movimiento y viceversa. En la Fig. 10 se bosqueja el circuito transmisor, b es un acumulador de 16 voltios. La corriente que sale por el chispero s' de 0,114 pulgadas es de 2 amperios. V es un voltímetro entre la batería. K es el manipulador Morse. I es la bobina de inducción; i es el interruptor, que tiene en puente el condensador usual C' para evitar las chispas. C es una capacidad que consiste de 8 botellas de Leiden. L es una inductancia variable para la sintonía. La longitud de onda natural del circuito de antena, incluyendo la bobina de acoplamiento L, es de 1.148 pies, a la que también está ajustado el circuito cerrado oscilante.

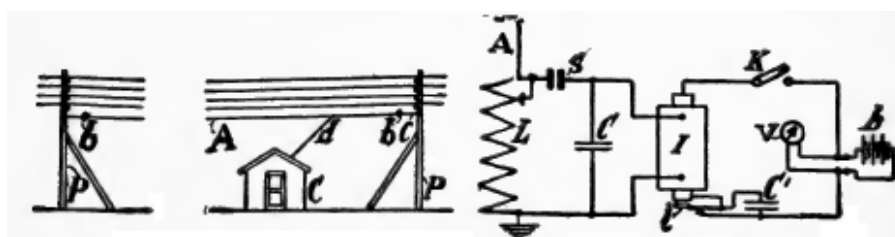


FIG. 9, 10. — CIRCUITOS INALÁMBRICOS PARA FERROCARRIL TELEFUNKEN.

El hilo de antena del tren está dispuesto en el techo de un vagón en forma de rectángulo, sostenido con aisladores de porcelana en la parte superior de unas varillas verticales de un pie de largo en las esquinas del techo del vagón. Los circuitos receptores, de acoplamiento débil, son prácticamente los que se muestran en la Fig. 6.

En estos experimentos no se apreció ninguna diferencia en las señales cuando se dejó el hilo cerca del techo de los coches, pero se observó una diferencia apreciable cuando se variaba la longitud del hilo. La distancia máxima a la que se pudieron recibir las señales durante estos

experimentos fue de 7,5 millas. No parecían afectar a las señales los puentes entre el transmisor y el receptor. Cuando hay muchas vías, como en las estaciones de ferrocarril, no era factible usar los hilos telegráficos para la transmisión de las ondas, pero en estos casos un hilo tendido cerca de los raíles y en paralelo con ellos enviaba las señales hasta una distancia de 1,8 millas.

#### SISTEMA TELEFUNKEN DE CHISPA CANTANTE

La Compañía Telefunken Wireless Telegraph, por medio del Conde Arco, ha anunciado recientemente la introducción por parte de esta compañía de un nuevo método para las transmisiones telegráficas inalámbricas. (Ver “Electrotechnische Zeitschrift” No. 23, 24, de 1903). Este nuevo método consiste esencialmente de un chispero múltiple que consiste de varios discos planos separados por un fino anillo de mica. Estos chisperos reciben la corriente de una bobina de inducción de 250 ciclos y se requieren 2.000, 3.000 voltios o más. Los chisperos tienen una pequeña capacidad y una inductancia en paralelo. Se pueden desconectar más o menos chisperos y se puede variar el espacio entre ellos, o se puede introducir una resistencia en serie, para regular la intensidad. Para obtener una buena conducción del calor se emplea para los discos el cobre o la plata. Por ahora se carecen de más detalles de este sistema. En los experimentos de Fleming se usaron 11 espacios y consistían de placas de cobre de 5 pulgadas de diámetro separadas por anillos de mica de un espesor de 0,01 pulgadas.

El término que se aplica a este generador de oscilaciones de Telefunken es chispa “apagada”. También se llama generador de chispa “sonora” o “cantante”, ya que da un tono musical muy claro, que se puede variar a voluntad. Los representantes del sistema Telegráfico Inalámbrico Von Lepel afirman que precede al descubrimiento de Wein en 1906 del uso de esta adaptación, con el cual se podían obtener descargas muy potentes con propiedades ventajosas para la telegrafía inalámbrica con chisperos muy cortos. (Ver Patente Alemana Telefunken No. G 27483, de 1909, y Patente Alemana Von Lepel No. 24757, de 1909).

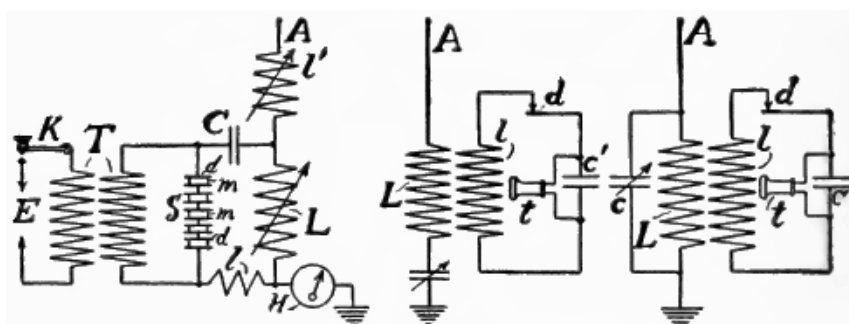


FIG. 11, 12, 12a. – CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR DE CHISPA CANTANTE.

En las Fig. 11 y 12 se bosquejan los circuitos transmisor y receptor del sistema de chispa cantante. En la Fig. 11 T es la bobina de inducción. S representa los chisperos,  $d$  los discos,  $m$  los anillos de mica. C es un condensador de papel. L es un variómetro o inductancia variable, que acopla el circuito oscilante primario a la antena,  $l'$  es una bobina adicional en la antena para variar la longitud de onda. H es un amperímetro de hilo caliente. El variómetro tiene una construcción peculiar, que consiste de una placa fija y otra móvil, sobre las que se sitúan cuatro bobinas que se pueden conectar en serie o en múltiple. En ciertas posiciones de las placas se suman los cuatro campos y la inductancia está al máximo; en la posición opuesta la inductancia está al mínimo. Por medio de este montaje y manteniendo constante la capacidad C se puede variar la longitud de onda entre 500 y 2.000 metros. Se emplea una inductancia pequeña  $l$  en el circuito oscilante primario para mantener el acoplamiento débil con longitudes de onda cortas. K es un manipulador telegráfico en el circuito del generador de corriente alterna.

En las Fig. 12 y 12a se muestran dos montajes del circuito receptor; el primero es para una longitud de onda corta, el segundo para una longitud de onda larga. Para la recepción de las señales transmitidas por el método de la chispa cantante se puede utilizar cualquiera de los receptores bien conocidos. Sin embargo se ha diseñado un receptor especial  $d$ , del tipo

termoeléctrico o de contacto, para recibir sobre un amplio rango de longitudes de onda (de 200 a 3.000 metros) con una pérdida de amortiguación muy pequeña en el montaje para la sintonía. Según el Conde Arco este detector es un 20 por ciento más sensible que el tipo electrolítico y es muy constante. También relacionado con este sistema, se emplea un aparato de llamada que consiste de un timbre selectivo que suena cuando una estación llama durante 10 segundos, pero no responde a las perturbaciones atmosféricas o a las señales Morse regulares. Un relé de resonancia que intensifica las señales más débiles deja más claro que las notas musicales es uno de los aspectos de este nuevo sistema.

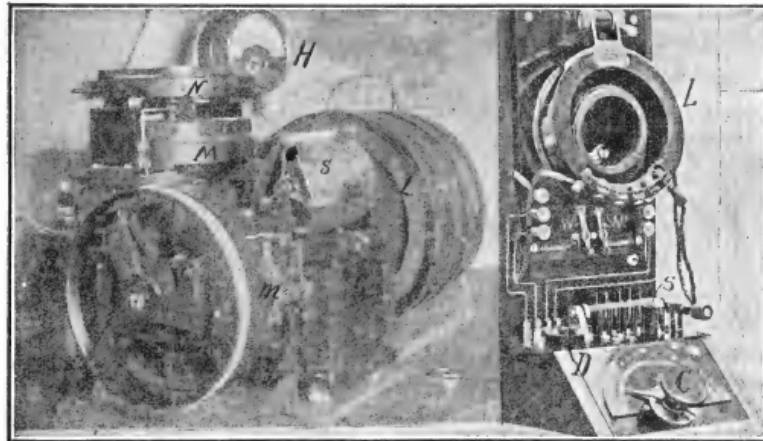


FIG. 13, 14. – TRANSMISOR Y RECEPTOR TELEFUNKEN DE CHISPA CANTANTE.

El equipo transmisor de 2 kilovatios en la práctica aparece como se ve en la Fig. 13. El espacio que ocupa este aparato es de 28 pulgadas de largo, 15 pulgadas de alto y 15 pulgadas de ancho. El chispero de discos está indicado con la letra S; los condensadores de papel se encuentran en una caja C (debido al bajo voltaje usado se pueden usar condensadores de papel). V es el variómetro de emisión. L son las bobinas.

En la Fig. 14 se puede ver el receptor. L es una bobina de sintonía articulada. W W' son los interruptores para onda corta y larga. S es el conmutador usual. C es el mango que permite ajustar las placas de un condensador variable. D es el detector.

Entre las ventajas que se reclaman para la chispa cantante el Conde Arco dice lo siguiente: Antenas pequeñas. Con las instalaciones de arco la experiencia práctica nos dice que la altura del mástil para una distancia dada desde ser, por ejemplo, de 300 a 330 pies; con el nuevo método es suficiente con la mitad. La razón para esto es que la energía nominal del oscilador de arco sólo se puede generar cuando la longitud de onda es muy grande, exigiendo altas antenas; pero la chispa cantante es muy eficiente con ondas cortas o largas. Además, la chispa cantante permite obtener una mayor eficiencia, y, dependiendo del tamaño e idoneidad de los aparatos, puede entregarse del 50 a 75 por ciento de la salida del aparato a la antena, comparado con el 20 por ciento con el montaje con el arco. Además, la longitud de onda emitida por la chispa cantante muestra un decremento por amortiguación muy pequeño, entre 0,08 y 0,025, esto permite una sintonía estrecha. Además las oscilaciones permanecen completamente constantes y son independientes del montaje y propiedades mecánicas del chispero, y se puede obtener una mayor libertad de perturbaciones (2 al 5 por ciento) con la chispa cantante que con el arco. En este último la libertad teórica de las perturbaciones locales es del  $\frac{1}{2}$  al 1 por ciento, pero debido a que la frecuencia no depende tan sólo de las constantes eléctricas, sino también del montaje, longitud y otras propiedades del arco, la libertad real de perturbaciones es del 5 al 6 por ciento, e incluso no siempre se obtiene esto. La chispa cantante también permite obtener un gran rango de oscilaciones, mientras que el oscilador de arco sólo puede emitir unas ciertas ondas fijas. La chispa cantante también posee la ventaja que se puede regular fácilmente la intensidad o amplitud de las oscilaciones entre amplios límites. Por ejemplo, una estación que tenga un alcance de varios miles de kilómetros puede reducir su intensidad para que las señales no se escuchen más allá de 100 kilómetros. Además como la chispa cantante da un tono musical, se

facilita la recepción de las señales entre los atmosféricos. También permite la recepción múltiple de señales con una antena con una frecuencia, por ejemplo, de 500 por segundo de una estación se pueden distinguir fácilmente de la frecuencia de otra estación, por ejemplo de 1.000 por segundo. Obviamente, como se ha citado antes, no es necesario ningún ticker o interruptor con la chispa cantante. El Conde Arco indica además que la chispa apagada transmite sólo una onda y en esto es diferente del emisor de chispa que transmite dos ondas acopladas; de esta forma se simplifica la transmisión telegráfica múltiple. Este efecto se ilustra en los dibujos en que P S' de la Fig. 15 representan las oscilaciones en los circuitos oscilantes primario y secundario del chispero ordinario, y P S en la Fig. 16 las oscilaciones en los circuitos oscilantes primario y secundario del chispero apagado, en circuitos acoplados inductivamente. (Ver Sección sobre Transformadores, Capítulo XIV; también el Generador Von Lepel incluido aquí). Además, una desventaja con el método del arco es que con transmisión de alta energía puede haber una excesiva amortiguación en longitudes de onda largas e irregularidades de muchos tipos, ya que con altos voltajes y fuertes corrientes la lámpara de arco es inestable, y el gran calor que desarrolla provoca un rápido quemado de los electrodos. Estas condiciones inconstantes afectan también a la frecuencia, por cuya razón el método del arco no se ha usado hasta ahora en las estaciones de alta potencia.

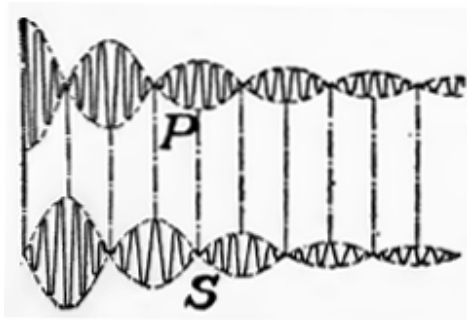


FIG. 15.

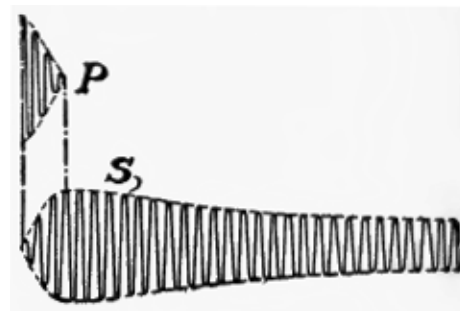


FIG. 16.

Con los aparatos de chispa cantante se espera que un equipo de 8 kilovatios con mástiles de una altura de 200 pies se tenga un alcance de 1.675 millas sobre tierra o mar. También se espera que sea posible recibir dos o más mensajes diferentes en un detector por medio del tono de este sistema.

#### EL SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO VON LEPEL.

El aspecto más importante de este nuevo sistema inalámbrico consiste del generador de oscilaciones Von Lepel. Este ingenioso dispositivo se basa en el descubrimiento de Wein en 1906 que se podían obtener descargas muy potentes con propiedades ventajosas para la telegrafía inalámbrica con chisperos muy cortos. Un montaje diseñado por Von Lepel que se sirve de este descubrimiento se muestra en la sección sobre oscilaciones sostenidas, Parte 2. Como se afirma allí este dispositivo consiste de una caja metálica que tiene dos placas de cobre separadas por una hoja muy fina de papel que tiene una pequeña abertura en su centro. Durante el funcionamiento el papel (se pueden usar una o dos hojas) se quema gradualmente, pero dura dos o tres horas sin renovarlo. Otra forma de generador Von Lepel consiste de dos placas metálicas o electrodos de unas 3 pulgadas de diámetro y separadas por finas hojas de papel. El espacio gaseoso entre las placas durante el funcionamiento es de 0,002 pulgadas, pero este espacio puede variarse entre límites relativamente grandes sin cambiar apreciablemente la frecuencia de la corriente. La placa superior consiste de latón u otra aleación cuando se emplea corriente continua. Esta placa se refrigera por contacto con un depósito de agua, mientras que la placa inferior forma la cubierta de una copa por la que circula agua. Todas estas condiciones combinadas forman un dispositivo que extingue de una forma muy eficiente la chispa e impide los arcos. Las pruebas de carga de este generador no muestran un gran decremento de las oscilaciones en el circuito primario superior a 0,6, que se obtiene únicamente con la proporción

adecuada de la inductancia y la capacidad. (Se encuentra el decremento de las oscilaciones con la relación entre las amplitudes de dos semi ondas sucesivas, llamado algunas veces relación de atenuación, que se escribe como el decremento logarítmico  $s = \pi w \sqrt{\frac{C}{L}}$  donde  $w$  representa las pérdidas de energía debidas al calor y la radiación,  $C$  es la capacidad y  $L$  es la inductancia del circuito).

Se reclaman muchas ventajas para este tipo de generador (o dispositivos similares) de oscilaciones sobre el generador de arco, o el método con el chispero ordinario, algunos de los cuales se han citado en las páginas precedentes. (Ver sistema de chispa cantante de Telefunken). Un punto importante es que debido a la rápida amortiguación o apagado de la chispa entre los electrodos, el circuito oscilante primario deja de entregar energía después del primer golpe, como se dice comúnmente, mientras que el secundario, o circuito oscilante de antena continua oscilando; de una forma virtual como hace un diapasón tras golpearlo a intervalos y retirar rápidamente los dedos o el martillo. Una ventaja práctica de esto es que se ha observado en los circuitos acoplados que sólo se radia un grupo de oscilaciones.

Todavía no se dispone de una explicación completamente satisfactoria del fenómeno de este generador de oscilaciones. Se ha sugerido que pertenece a la naturaleza del arco de Poulsen, el lento quemado del papel proporciona una atmósfera de hidrógeno, pero Von Lepel ha demostrado que saltan las chispas sin la intervención del papel, u otro medio aislante. La introducción del medio aislante es impedir la tendencia de la descarga a moverse al borde de las placas donde formaría un arco. Von Lepel ha usado la mica para este uso, pero ha encontrado que al fundirse por la descarga se vuelve conductora. Por otra parte, al quemarse el papel presenta constantemente puntos nuevos y fríos en las placas para la descarga.

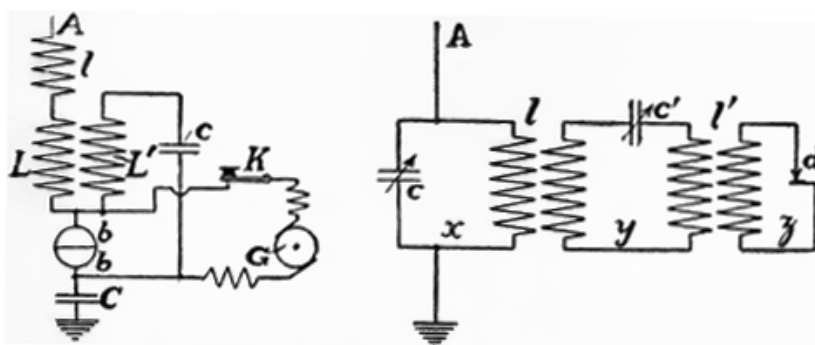


FIG. 17, 18. – CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR VON LEPEL.

En las Fig. 17 y 18 se bosquejan los circuitos transmisor, receptor y de los aparatos para telegrafía inalámbrica de Von Lepel. En la Fig. 17  $b$   $b'$  representan el generador de Von Lepel.  $A$  es la antena,  $l$  es la bobina de sintonía de antena.  $L$  y  $L'$  son inductancias en espiral acopladas.  $C$  es una capacidad en el circuito oscilante.  $K$  es un manipulador telegráfico.  $G$  es un generador de corriente continua que desarrolla 400 voltios y 2 amperios. Se puede emplear un circuito de corriente alterna. La capacidad  $C$  y la inductancia  $L'$  son muy pequeñas.

En la Fig. 18  $A$  es la antena,  $c$   $c'$  son condensadores variables,  $l$   $l'$  son transformadores oscilantes en los circuitos  $x$  y  $z$ . Los circuitos  $x$  y  $y$  están sintonizados; el circuito detector  $z$  no está sintonizado, responderá a cualquier frecuencia,  $d$  es un detector termoeléctrico sensible.

En recientes experimentos Von Lepel ha encontrado que es posible producir una baja frecuencia de oscilaciones, muy variable, con este generador, que le lleva hasta el rango de audibilidad, y por tanto no necesita un ticker o interruptor para la telegrafía inalámbrica. Con 800 vatios en el circuito de alimentación, se desarrollan de 250 a 300 vatios en el circuito oscilante generador, esto indica una eficiencia del 35 por ciento, comparado con el 10 por ciento del oscilador de arco. Este sistema lo ha utilizado por algún tiempo el Ejército Alemán. Se han operado dos estaciones experimentales en Gran Bretaña con las que se han transmitido señales a 300 millas con este sistema. Debido a la alta eficiencia del generador Von Lepel se pueden emplear antenas mucho más pequeñas que las empleadas hasta ahora.

Se puede decir que estos métodos para obtener oscilaciones eléctricas en telegrafía inalámbrica, todavía está en sus inicios, se ha de ver si en la práctica general mantiene las promesas y esperanzas de los inventores.

### EQUIPOS PORTÁTILES PARA TELEGRAFÍA INALÁMBRICA

Los equipos portátiles normalmente están diseñados para uso militar, y por tanto se debe prestar atención especial a aspectos como ligereza, facilidad de manejo, fiabilidad, durabilidad, simplicidad, eficiencia junto con un coste relativamente pequeño, y una gran utilidad de campo.

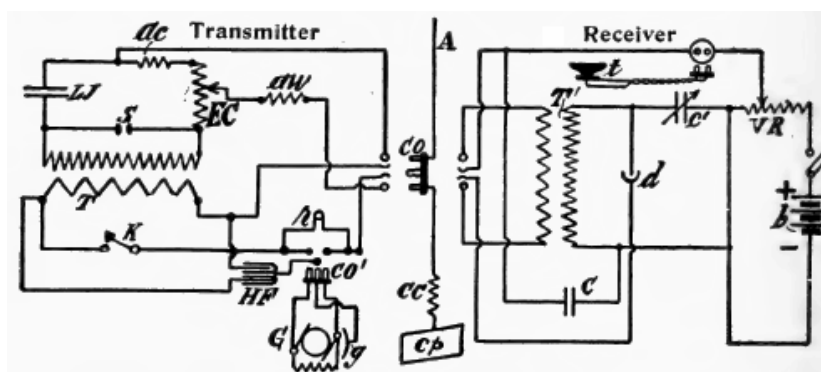


FIG. 19. – CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR PORTÁTIL.

**Estación portátil Telefunken.** – Para cumplir con estas necesidades la estación portátil Telefunken se divide en cuatro partes. La antena, la fuente de energía, los aparatos transmisor y receptor. El mástil para soportar la red de hilos de antena consiste de 7 varillas de magnalio (una aleación de aluminio y magnesio), cada una de 8 pies y 3 pulgadas de largo, que da una altura de 50 pies en total. La antena de sombrilla consiste de 6 hilos de bronce fosforoso, cada uno de 131 pies de longitud y suspendidos a 3,28 pies sobre el suelo; los hilos se extienden radialmente desde un anillo metálico en el mástil, que está aislado del contrapeso. El peso del mástil es de 66 libras. La antena se mantiene en posición con los vientos adecuados. Se emplea el contrapeso debido a la dificultad de conseguir una buena tierra en muchos sitios, y también para minimizar las perturbaciones atmosféricas. Se alimenta por medio de un pequeño generador autoexcitado, que da 150 vatios a una velocidad de 1.300 revoluciones por minuto. El generador es accionado por 2 hombres y una bicicleta tándem, cadena y engranajes. En el circuito oscilante transmisor se emplean botellas de Leiden sumergidas en aceite para obtener la máxima eficiencia.

Los circuitos transmisor y receptor de este equipo portátil se bosquejan en la Fig. 19. Teóricamente son similares a los circuitos transmisor y receptor ya descritos de esta compañía. En la figura G es el generador. CO' es el conmutador. HF es un dispositivo de protección contra las descargas de alta frecuencia; se conecta al marco g del generador, r es una lamparita piloto que indica si la potencia está conectada o desconectada. K es el manipulador telegráfico Morse. T es el transformador de potencia. S es el chispero. LJ son las botellas de Leiden. EC es la bobina de excitación. AC es una bobina de ajuste, aw es la bobina del hilo de antena. CO es un conmutador de desconexión, al accionarlo se puede conectar o desconectar la antena a los circuitos transmisor o receptor. Está diseñado para que los circuitos importantes estén abiertos cuando no están en uso, como indica la figura. CC es la bobina de contrapeso, t es el receptor telefónico, b es una pila seca. VR es una resistencia variable o potenciómetro, d es un detector. C C' son unas capacidades en el circuito oscilante receptor. Se usa como receptor un teléfono junto con un detector termoelectrónico o electrolítico.

Todo el aparato de telegrafía inalámbrica portátil de Telefunken incluyendo mástiles, antenas, bicicleta, generador, etc., pesa 440 libras. Se puede empaquetar el aparato en 4 ponis como ilustra la fotografía de la Fig. 20. Cinco hombres pueden levantar los mástiles en 15 minutos. La distancia a la que se envían señales sobre tierra con este equipo es de 40 millas.





FIG. 20. – EQUIPO INALÁMBRICO PORTÁTIL.

**Equipo portátil de telegrafía inalámbrica del Cuerpo de Señales de los Estados Unidos.**

– Este cuerpo tiene en servicio un equipo de telegrafía inalámbrica portátil que en las pruebas ha dado resultados satisfactorios. Los aparatos transmisor y receptor están situados de forma permanente en 2 camiones. Como fuente de energía eléctrica para el primario del circuito transmisor se emplea una batería que da 16 voltios y 8 amperios, o se puede emplear como fuente de corriente un generador pequeño montado sobre un trípode y movido por 2 hombres por medio de una manivela y engranajes. La dinamo pesa unas 100 libras, y a 1450 revoluciones entrega 6 amperios a 30 voltios. Se usan ocho botellas de Leiden pequeñas para el circuito oscilante del transmisor. El mástil consiste de 10 postes finos de madera de 6 pies de largo. Cada sección del poste lleva una parte del hilo de cobre vertical, que se conectan a medida que se levantan los postes. El mástil se mantiene de pie con vientos aislados a intervalos. La sección superior de los vientos se conecta con el hilo vertical, formando una antena de sombrilla. En las emergencias el hilo vertical se suspende de cometas King sin cola del tipo de caja. El cordón de la cometa, que sirve como antena, consiste de 42 hilos de bronce fosforoso trenzados sobre una cuerda de cáñamo. El aparato transmisor y receptor se corresponde en general con los antes ya descritos. Todo el equipo pesa 410 libras y se puede transportar en las espaldas de 3 ponis. Un avance importante en la telegrafía por equipos portátiles es la que promete el transmisor de “chispa apagada”, mediante en cual se puede obtener un mayor rango de señalización con una reducción del peso de los aparatos y en la altura de la antena.

**Equipo de telegrafía inalámbrica portátil Clark.** – El equipo de telegrafía inalámbrica Clark se ha probado en la práctica y se han suministrado varios equipos al Cuerpo de Señales de los Estados Unidos. La fuente de potencia para el transmisor es un acumulador de 12 celdas que entrega aproximadamente 4 amperios a 20 voltios. Se usa un cohesor de limaduras para accionar un timbre de llamada, y para la recepción de las señales se usa un detector microfónico múltiple de acero y carbón. La antena se sostiene con un mástil ligero o cometas. La tierra o contrapeso se obtiene por medio de un hilo forrado o una red que se extiende por el suelo. Todo el equipo pesa unas 250 libras.

**Circuito de telegrafía inalámbrica en Alaska del Cuerpo de Señales.** – Este circuito de telegrafía inalámbrica a través del estrecho de Norton entre San Michael y Safety Harbor (cera de Nome), Alaska, a una distancia de 107 millas, ha estado en operación con éxito durante varios años. Este circuito inalámbrico es el enlace telegráfico entre Nome, Alaska, y Seattle, Washington, el resto del circuito (3.883 millas en total) lo forman 1846 millas de cable submarino y 1930 millas de líneas terrestres. El volumen del negocio transmitido sobre este circuito inalámbrico es de un millón de palabras al año, gran parte del mismo está cifrado. Este negocio se maneja con muy pocos errores.

La estación en St. Michael fue diseñada y construida por el capitán L. D. Williams del Cuerpo de Señales de los Estados Unidos. Se emplea una antena *L*, soportada por dos mástiles, de 200 pies de altura. Consiste de 4 hilos horizontales, de la que parten cuatro hilos verticales separados por separadores de madera que llevan al cuarto de radio. Se puede bajar la antena por medio de un aparejo para eliminar la acumulación de hielo.

Para obtener la energía eléctrica para la estación se emplea un motor de petróleo que acciona un generador de 3 kilovatios, 500 voltios, 6 amperios y 60 ciclos. El manipulador de transmisión se encuentra en el circuito primario del transformador, los contactos se abren en una burbuja de mercurio. La chispa en el momento de la apertura está entre el borde de un agujero en el contacto superior del menisco de una columna de mercurio en el contacto inferior. Con

esta forma de manipulador, debida al sargento McKinney, el desgaste es inapreciable y se transmiten 2000 palabras por hora en el trabajo regular. Se emplea un dispositivo de seguridad para evitar que voltajes excesivos alcancen la armadura del generador. (Ver patente U. S. 764094). Se emplea un detector electrolítico con un receptor telefónico de 1.000 ohmios. Puenteando el cable de los teléfonos con una resistencia, el capitán Wildman pudo determinar la fuerza relativa de las señales en el receptor en diferentes días. Se aumenta la resistencia en el puente justo lo necesario para escuchar justo las señales débilmente. Trazando la curva de los resultados día a día y anotando la humedad y las condiciones del viento el capitán Wildman concluye que el viento a alta velocidad elimina las partículas de vapor de la humedad de la antena cuando está muy cargada, esto disipa una considerable parte de la carga antes de poderla radiar como una onda. Las curvas del viento y las curvas de la resistencia en el teléfono suben y bajan siguiendo una a otra. Los hilos de la antena se utilizan como un bucle para la recepción, muy parecido a como indica la Fig. 83. Para eliminar la electricidad estática se ajusta una pata de la antena para que la carga pase directamente a tierra sin pasar por el receptor.

Recientemente el Cuerpo de Señales de los Estados Unidos ha construido en Alaska estaciones telegráficas inalámbricas, principalmente para complementar las líneas terrestres en esta región; en Nome (Cape Nome) a 130 millas de St. Michael; Koptek, en la desembocadura del río Yukón, a 80 millas de St. Michael; Fort Gibbon, en la confluencia del Yukón y el Tanana, a 300 millas en línea recta de St. Michael; Fairbanks en el río Tanana, a 120 millas de Fort Gibbon; Fort Egbert (Eagle City) en el Yukón, a 200 millas de Fairbanks; Circle City en el Yukón, a 80 millas de Fairbanks y 70 millas de Fort Egbert. La estación de Safety Harbor se ha abandonado y St. Michael trabaja directamente con Nome. La antena en estas estaciones está suspendida de torres, se emplea la antena tipo sombrilla. En general los montajes transmisor y receptor del Cuerpo de Señales de los Estados Unidos se pueden comparar en la práctica con la mejor práctica estándar de las compañías comerciales.

## CAPÍTULO X.

# SISTEMAS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS BRANLY-POPP Y GUARINI.

## EL SISTEMA TELÉGRAFO INALÁMBRICO BRANLY-POPP.

ESTE sistema, que se explota en Francia, es la invención del profesor Branly, el descubridor del cohesor de limaduras, y M. Víctor Popp de París. El aparato transmisor consiste de una bobina de inducción accionada por un interruptor mecánico (este último arrastrado por un motor pequeño) y el chispero usual.

El aspecto más importante de este sistema es tal vez una nueva forma de cohesor diseñado por M. Branly, la construcción y operación del mismo se basa en la teoría, confirmada por experimentación, que un contacto que consiste de un metal pulido y un metal oxidado es un cohesor que no sólo posee una mayor sensibilidad que el cohesor de limaduras, sino que su funcionamiento también es más regular.

El nuevo cohesor de Branly consiste de un trípode de tres varillas estrechas de acero  $r$  (Fig. 69), unidas todas en la parte superior por un disco metálico  $d$ , y sus pies se apoyan ligeramente en un disco de acero pulido  $s$ . Las varillas se componen de acero templado al que se ha dado primero un alto pulido, y después se ha depositado una fina capa de óxido calentando las varillas en un horno a la temperatura deseada. El cohesor tiene dos pulgadas de alto, y está encerrado en una caja de vidrio. Dispone de un tornillo (Fig. 70) para levantar el trípode del disco inferior cuando no se usa.

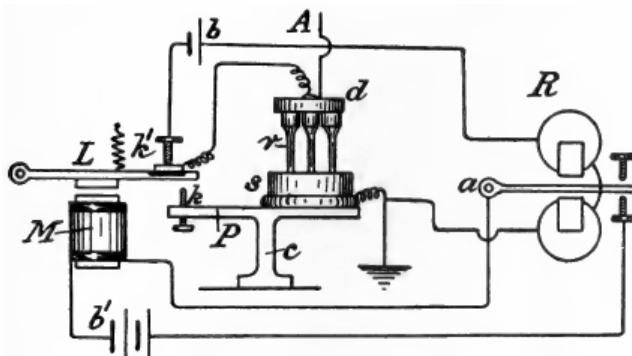


FIG. 69. CIRCUITO RECEPTOR BRANLY-POPP Y COHESOR.

Debido a la sensibilidad del cohesor de trípode es suficiente con un golpe muy ligero para descohesionarlo, y M. Branly se aprovecha de esta ventaja en el montaje de su aparato receptor, mostrado también en la Fig. 69. En esta figura, M es el electroimán de un impresor Morse o registrador; L es la palanca de su armadura, que lleva en su extremo derecho un contacto pequeño de platino, este último está aislado de la palanca. A la derecha del registrador hay una plataforma P apoyada sobre el soporte *c*, donde se encuentra el cohesor, como se indica. Al descender la palanca L golpea sobre el tope inferior aislado *k* con la suficiente fuerza para sacudir la plataforma y descohesionar al cohesor. Normalmente, la palanca L se apoya sobre un contacto superior *k'*, que forma parte del circuito del cohesor, donde está también la pila *b* de un voltio, y un relé polarizado R muy sensible, que acciona al registrador Morse M por medio de la palanca *a* y la batería *b'*.

El hilo vertical A se puede conectar al cohesor y a tierra de la manera indicada, o de cualquier otra forma deseada.

Cuando las oscilaciones captadas llegan al cohesor se reduce su resistencia y acciona el relé R. Este a su vez acciona al electroimán M del registrador Morse, cuya armadura desciende hacia  $k$ , con el resultado sobre el cohesor antes dicho. Se sabe que se facilita la descoherencia cuando no está fluyendo corriente por el cohesor. En este sistema, cuando comienza a descender la

palanca L sobre el tope *k*, abre primero el circuito del cohesor en *k'*, dejando libre al cohesor para descohesionarlo con una sacudida o al agitarlo.

Se afirma que este montaje para la descohesión, al no emplear un dispositivo separado para la descohesión, permite una mayor velocidad en la recepción de señales, se han alcanzado treinta y cinco palabras por minuto con este aparato receptor. Se dice que el cohesor Branly es unas siete veces más sensible que el cohesor ordinario de limaduras, y se piensa que se adapta bien a la señalización a larga distancia.

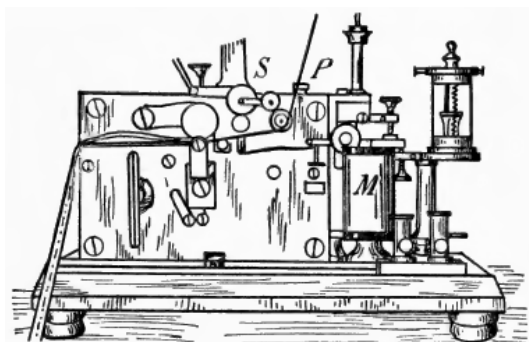


FIG. 70. REGISTRADOR BRANLY-POPP Y COHESOR.

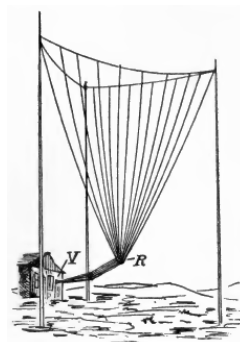


FIG. 71. ANTENA BRANLY-POPP.

Mientras duran las oscilaciones el registrador imprime las señales que llegan en forma de puntos y rayas, como indica la Fig. 70, que ilustra la apariencia y montaje del aparato registrador y el cohesor. En esta figura, M es el electroimán; S es el soporte del carrete del papel, no mostrado; P es el papel, que pasa desde el carrete a las ruedas de guiado, de allí al disco de entintado, que se eleva o se apoya sobre el papel por medio de un brazo que se extiende de la palanca del electroimán M. El papel se mueve hacia adelante por medio de un tambor giratorio que acciona un mecanismo de relojería en la caja de latón del instrumento.

Se propone utilizar el sistema Branly-Popp como medio de distribución de noticias desde una estación central conectada con las oficinas, por medio de mástiles de 150 pies de alto situado en el tejado de las casas en las ciudades; las pruebas actuales han mostrado que esto es practicable a cortas distancias. También se pretende emplear este sistema para hacer señales entre estaciones costeras y con los barcos que pasan. Para ello se han equipado estaciones en el Cabo de Hague y en el Cabo Griz Nez, el sistema de mástiles se bosqueja en la Fig. 71. Este consiste de tres mástiles, cada uno de 130 pies de altura, dispuestos en triángulo con 130 pies de lado. Los hilos verticales se sujetan con cables horizontales, como se muestra, y convergen en un punto R en la estación, que, en la práctica, se sitúa en el centro del triángulo. Después de converger, los hilos se trenzan y se llevan al cuarto de radio en V. Se emplea un motor de gasolina de cinco caballos para mover una dinamo que carga un acumulador que se usa para la bobina de inducción y otros propósitos.

Se espera que estas dos estaciones cubran una distancia de hasta 900 millas este-oeste. Se pretende intercambiar mensajes con otras estaciones y barcos equipados con los sistemas Slaby-Arco y Marconi, un sistema sintonizado diseñado por M. Branly es capaz de recibir diferentes longitudes de onda. Todavía no se dispone de los detalles de este sistema sintonizado.

Para obtener noticias de las carreras, o en caso de accidentes en puntos a diez o veinte millas de la ciudad, se emplea un automóvil de construcción especial, donde se ha situado un equipo de radio. Para sujetar el hilo de antena se usa un mástil alto de bambú atirantado con hilos y situado en un zócalo en el techo del vehículo. La corriente necesaria se obtiene de un gran acumulador que mantiene cargado una dinamo pequeña accionada por el motor de gasolina del automóvil.

#### SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO GUARINI Y REPETIDORES.

En sus primeros experimentos en telegrafía inalámbrica Marconi avanzó hacia la emisión de las ondas eléctricas en una dirección usando un reflector metálico, pero en la práctica se encontró que no era necesario.

M. Guarini ha diseñado un método por el cual se puede enviar o recibir más de un mensaje simultáneamente desde direcciones opuestas sin tener que recurrir a la sintonía. Aprovechando el hecho que los conductores son opacos a las ondas eléctricas de alta frecuencia, emplea un largo tubo metálico que termina en un cilindro metálico con una ranura en un lado. El tubo consiste de un cable apantallado de 57 pies e largo; el cilindro tiene 33 pies de largo, y un diámetro de 1,6 pies. El hilo vertical se encuentra dentro del tubo o cilindro y se conecta con los aparatos transmisor y receptor. Los cilindros, etc., se sujetan con torres y monumentos como se indica en la Fig. 72, donde S representa el cilindro ranurado, S' la ranura y C el conductor.

Durante el funcionamiento la ranura se coloca opuesta al lugar donde se emite el mensaje o del que se ha de recibir. Las ondas que llegan y caen sobre el conductor a través de la ranura establecen oscilaciones que afectan al cohesor. Las oscilaciones que se establecen en la pantalla se desvían a tierra, a donde está conectada la pantalla. Inversamente, al transmitir las señales se emiten las ondas sólo a través de la ranura, y se radian en la dirección hacia donde está encarada la ranura.

**Sistema repetidor Guarini.** – M. Guarini ha diseñado también un método para repetir o reenviar mensajes por telegrafía inalámbrica. Sus experimentos se han hecho entre Bruselas y Amberes, a una distancia de 26 millas, con aparatos repetidores a mitad del camino, es decir, en Malines. La repetición se hace prácticamente con el mismo método que empleó Morse, que hace que la armadura de un instrumento receptor en una estación repetidora o intermedia reenvíe un mensaje de, por ejemplo, una estación al sur, X, a una estación al norte, Y. De la misma forma, Guarini hace que la armadura de un relé controlado por el relé del cohesor en una estación repetidora opere el circuito primario del oscilador, y de esta forma se reenvía un mensaje de una estación a otra.



FIG. 72.

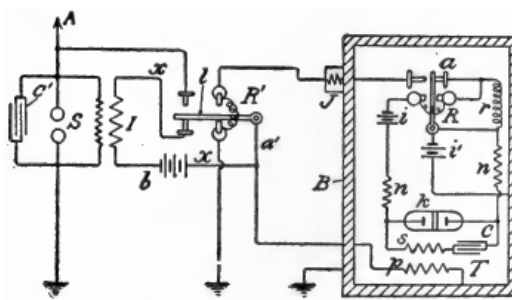


FIG. 71. SISTEMA REPETIDOR DE GUARINI.

En la Fig. 73 se muestran las conexiones teóricas de este montaje, y para claridad se omiten algunas de las bobinas en puente y el golpeador. B es una caja metálica apantallada parecida a la que usa Marconi y para el mismo empleo. En esta caja se encuentra el cohesor  $k$ , el transformador T, el condensador C, el relé R, etc. El relé de repetición R', controlado por el relé R se encuentra fuera de la caja B. En la posición de recepción de la palanca de la armadura  $l$  del relé repetidor R', el hilo de antena A se conecta a la bobina primaria  $p$  del transformador T. En la posición de transmisión la misma palanca cierra el circuito primario  $x x$  del oscilador I, cuyo secundario se conecta al chispero de la forma usual. Por tanto, cuando se recibe una señal en la estación intermedia, por ejemplo de la estación X, se acciona el cohesor, con el resultado que los relés R y R' también se accionan. Esto cierra el circuito primario  $x x$  de la bobina osciladora I, y se transmite la señal a la estación Y. El cohesor se descohesiona instantáneamente con el golpeador, se conecta de nuevo el relé R con el hilo de antena A listo para recibir otras señales de la estación X, y así sucesivamente; se entiende que estas acciones del relé tienen lugar en un espacio de tiempo muy breve, aproximadamente 0,01 segundos, para transmitir adecuadamente las señales.

Como el relé repetidor R' no se limita a llevar la corriente que pueda operar, y se requiere un gran espacio entre los contactos de emisión y recepción, la palanca de la armadura del instrumento es de construcción especial, y el propio relé con su armadura está sujeto sobre dos cilindros muy bien aislados. La palanca es metálica y tiene unas doce pulgadas de longitud. Se divide en tres partes, cada parte está aislada de las demás con goma dura. Una parte lleva el

contacto del hilo de antena, la parte intermedia sujeta la armadura del relé, la tercera parte lleva la corriente de la bobina de inducción y el contacto del hilo primario.

La bobina de inducción I que usa Guarini en la estación repetidora da una chispa de 10 pulgadas, con una corriente de 3 amperios y 30 voltios, se ha observado que una corriente más fuerte destruye rápidamente los contactos del relé repetidor R'. El condensador en el secundario de T tiene dos acciones –abrir la continuidad y modificar la capacidad del circuito, según el inventor.

Para evitar la formación de arcos entre las limaduras del cohesor (similar a la “fritura” en el transmisor telefónico), debidos a un exceso de corriente en el instrumento, que auto-cohesionarian las limaduras, Guarini emplea una resistencia bobinada de 2000 ohmios, que normalmente se cortocircuita con el contacto *a* del relé R, pero cuando *a* se abre se tiene esta resistencia en el circuito del cohesor. El relé R es sensible a una corriente de 1/20.000 amperios; su resistencia es de 1100 ohmios. Es del tipo polarizado. El condensador C', según Guarini, se emplea para reducir la longitud normal de la chispa, esto reduce el recorrido de la armadura del relé R'. El cohesor que emplea Guarini es del tipo regenerable de Blondel, que se describe un poco más adelante. La resistencia del hilo primario del transformador T es de 0,75 ohmios, la del hilo secundario *s*, 11000 ohmios; la resistencia e inductancia del carrete *J n n* son 40 ohmios y 35 henrios respectivamente. La bobina J se usa para excluir del cohesor las ondas extrañas.

Con el montaje de la bobina de inducción T que se usa en el circuito receptor se eliminan los efectos de la electricidad atmosférica. En las estaciones terminales de este sistema de repetición se emplea una bobina de inducción y un interruptor mecánico, pero no se emplea el oscilador y el chispero, el hilo secundario se conecta en serie con el hilo de antena y tierra respectivamente. Por tanto las ondas radiadas son de una frecuencia relativamente baja, a menos, quizás, que las fugas en la bobina de inducción observadas por Bernstein puedan tener algún efecto en la transmisión.

**Cohesor regenerable de Blondel.** – Este cohesor se ha dibujado en la Fig. 74, *c c* son tapones conductores separados por un espacio de 0,2 pulgadas y entre los cuales se depositan limaduras finas *k*, que están hechas de una mezcla o aleación de metales oxidable e inoxidable, como plata y níquel o cobre, *p p* está formada con una pasta de amalgama que se endurece en poco tiempo y hace una junta con los tapones S S. El tubo es de vidrio y se ha extraído el aire. Tiene el tubo una extensión *u* que sobresale de un punto sobre las limaduras en el tubo. En el bulbo *u'* se colocan limaduras adicionales *k*, y de este modo se pueden añadir o retirar limaduras en el tubo, si es necesario.

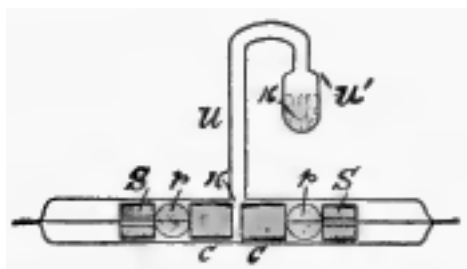


FIG. 74. COHESOR BLONDEL.

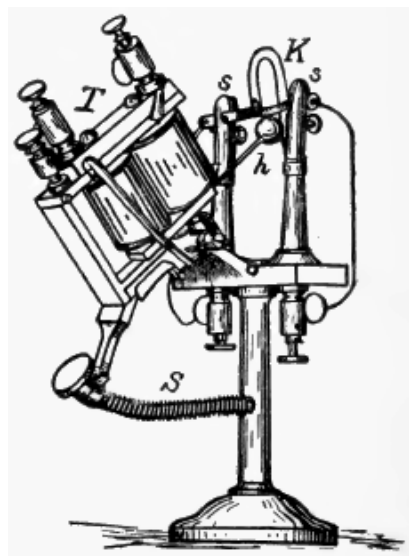


FIG. 75.

En la Fig. 75 se muestran el cohesor y el golpeador como se dispone M. Guarini en la práctica. K es el cohesor Blondel, sujeto sobre los soportes *s s*; T es un golpeador electro-mecánico; S es un muelle mediante el cual se puede ajustar el ángulo de T, y por tanto la

posición del golpeador  $h$  en relación con el cohesor. Para proteger al cohesor de daños en los extremos del tubo se encierra en una cubierta de cobre de la que sobresalen los hilos de conexión. La cubierta se desliza entre  $s$   $s$ , y se mantiene en su posición con unos tornillos.

#### EL TELÉGRAFO INALÁMBRICO DUCRETET-POPOFF.

M. Ducretet, sólo y en unión con M. Popoff, ha diseñado variantes de aparatos transmisor y receptor inalámbricos. Con su primer aparato M. Ducretet transmitió señales a la Torre Eiffel, París, desde una distancia de tres o cuatro millas, usando el oscilador ordinario, el cohesor de limaduras, el hilo vertical, etc. En la Fig. 76 se muestra el tipo de manipulador de transmisión. En él el contacto se abre en una vasija que contiene mercurio. Se emplea un interruptor rotativo para la corriente del primario de la bobina de inducción.

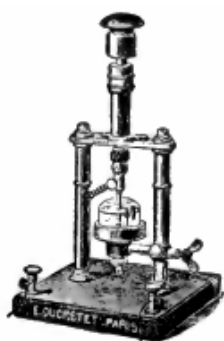


FIG. 76.

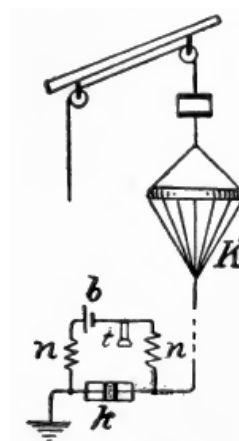


FIG. 77.

En la Fig. 77 se bosqueja el aparato receptor y los circuitos que se emplean en el último montaje de este sistema. Un hilo vertical que termina en una jaula metálica K se mantiene con los soportes adecuados. Se utiliza como receptor un teléfono  $t$ ;  $k$  es un auto-cohesor del tipo de carbón;  $n$   $n$  son bobinas de inducción en el circuito del cohesor;  $b$  es una batería pequeña. Con este aparato se han transmitido señales a una distancia de 60 millas sobre agua.

Como se ha comentado antes, Popoff quizás fue el primero en usar el cohesor unido a un hilo vertical, en la Fig. 12 aparece el montaje del cohesor, relé y golpeador, excepto que no se muestra el hilo de antena y tierra. M. Popoff ha usado diferentes tipos de cohesores en los experimentos relacionados con la detección de vibraciones eléctricas. Uno consiste de dos cintas de platino pegadas en el interior de un tubo de vidrio. Una cinta se saca a la superficie externa por un extremo del tubo, la otra cinta por el extremo opuesto. El tubo se coloca horizontalmente con las cintas de platino en la parte inferior del tubo, las limaduras se encuentran sobre las cintas y las recubren. El tubo se llena hasta la mitad con las limaduras. Se obtienen los resultados más satisfactorios con limaduras de hierro. También se usa en el cohesor antimonio y perdigones.

## CAPÍTULO XI.

### SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE FOREST.

#### SISTEMA DE FOREST NO SINTONIZADO.

ESTE sistema, debido al Dr. Lee De Forest, de Nueva York, está en funcionamiento con éxito en varios lugares en los Estados Unidos y Canadá. Desde el principio el objetivo del inventor ha sido eliminar lo más posible todo aspecto de los aparatos inalámbricos convencionales que puedan presentar problemas con mayor o menor frecuencia en el curso normal de las operaciones, con el resultado que el sistema De Forest se distingue por su simplicidad y no tener aparatos complicados.

De esta forma el generador usual con bobina de inducción se sustituye por una máquina motor-generator, con lo que se evita el uso de todo tipo de interruptores. El cohesor de limaduras, golpeador y relé se sustituyen en el sistema De Forest por un detector de ondas eléctricas llamado “responder” y un receptor telefónico, además el típico manipulador Morse de grandes proporciones para la transmisión inalámbrica se sustituye en este sistema por un manipulador Morse ordinario como el usado en la telegrafía por hilos en este país.

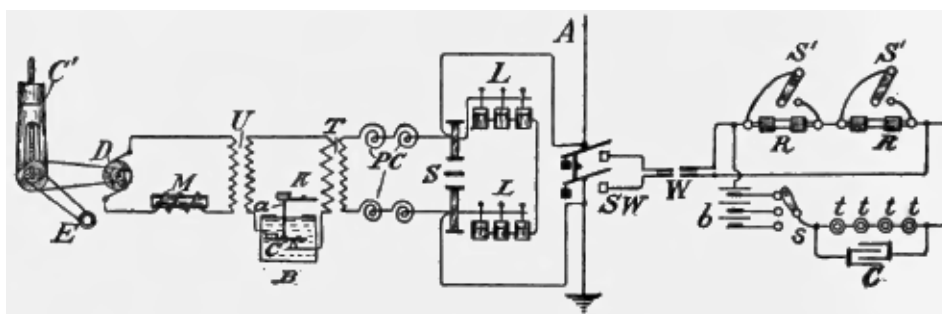


FIG. 78. CIRCUITO TRANSMISOR Y RECEPTOR DE FOREST.

En la Fig. 78 se muestra un montaje de los circuitos transmisor y receptor del sistema De Forest no sintonizado. En la figura, A es el hilo vertical, que está conectado permanentemente con el circuito oscilador y se puede conectar al circuito receptor y los aparatos del sistema por medio del conmutador SW; W es un muelle por el cual, cuando se desea, los aparatos receptores se pueden desconectar por completo del transmisor e hilo de antena; C' es un motor de petróleo o gas, cuando no se dispone de vapor o un motor eléctrico, para accionar el generador de corriente alterna D. (En la Fig. 80, el generador D está conectado al mismo eje de un motor eléctrico C', que hace girar al generador. Este dispositivo se llama motor-generator. El motor recibe la corriente de cualquier fuente disponible). La capacidad del generador varía entre uno y cuarenta o cincuenta kilovatios a 500 voltios, según la distancia a la que se han de enviar las señales. E, en la Fig. 78, es una pequeña dinamo de corriente continua o excitador que se emplea para excitar el campo magnético del generador; M es una bobina de choque de 5 ohmios de resistencia, en el circuito del generador y el primario del transformador de choque U. La bobina de choque M se suministra con un núcleo de hilos de hierro dulce, cuyo número se puede variar fácilmente cuando se desea aumentar o reducir la fuerza de la corriente para engrosar o adelgazar la chispa en el chispero S. El transformador U tiene una relación de transformación igual a la unidad. Su función es impedir que los altos potenciales que se generan en el transformador elevador T salten a través de la armadura D. El transformador T eleva el voltaje del circuito hasta 25.000 o 50.000 voltios. Las bobinas de choque en espiral PC, de cinco pulgadas de diámetro, formadas de 22 pies de hilo aislado del No. 14 B & S, bobinadas en espiral, como se indica, están situadas en el circuito entre el secundario de T y el chispero S, para confinar las oscilaciones rápidas establecidas por el circuito oscilador al hilo vertical A. El chispero está puenteado por cuatro o seis botellas de Leiden L, que forman un circuito oscilante.



La capacidad de estas botellas es de 0,003 microfaradios, pero varía algo según el espesor del vidrio. En este ejemplo se conectan en serie múltiple como se indica, es decir, dos grupos de tres botellas en serie conectadas en paralelo, que da una capacidad total de 0,0045 microfaradios. Estas botellas de Leiden se cargan con el transformador T, y como se ha descrito, establecen oscilaciones de alta frecuencia cuando salta la chispa en el chispero debido a los altos potenciales del transformador. Es decir, almacenan energía eléctrica durante el tiempo que está subiendo la fuerza electromotriz hasta el punto de ruptura en el chispero, cuya energía se disipa para establecer oscilaciones eléctricas en la antena que se radian como ondas eléctricas. Esta energía es relativamente pequeña. Fleming da la energía almacenada como una libra pie en un hilo vertical de 150 pies de largo, que tiene una capacidad de 0,003 microfaradios, y donde el potencial en el chispero es de 30.000 voltios. De Forest usa diferentes formas de dispositivos de chispa. En un tipo se usan dos puntas agudas de latón o puntas rectas, con un disco metálico entre ellas (Ver Fig. 86). En otra forma, mostrada en la Fig. 79, se usan tres discos de aluminio *a b c*. Estos discos tienen 1,5 pulgadas de diámetro y 0,25 pulgadas de espesor. Están hechos de tiras de aluminio bobinadas en espiral para proporcionar una gran superficie para radiar el calor, y están separadas por un espacio de aire de 0,25 a 0,65 pulgadas. Los discos *a* y *c* se mantienen en posición vertical con soportes de ebonita coarrugados *e e*; el disco central *b* está sujeto con una varilla de latón *r* y un soporte aislado o base B. Los discos externos *a c* están conectados al circuito oscilante S L y al hilo vertical A respectivamente, como se muestra en la figura anterior, que junto con el chispero constituye un circuito oscilante cerrado que se descarga al hilo o hilos verticales. Para asegurar la sintonía entre el circuito condensador y el hilo vertical se puede insertar una inductancia en serie con los dos grupos de botellas de Leiden, o se puede variar la capacidad. Para amortiguar el ruido de las descargas en el chispero algunas veces se encierran los discos de chispa en una caja insonorizada. Sin embargo, en el funcionamiento de máquinas de 1 kilovatio el sonido no molesta. En la Fig. 80 L es una caja que contiene las botellas de Leiden, y S es el chispero.

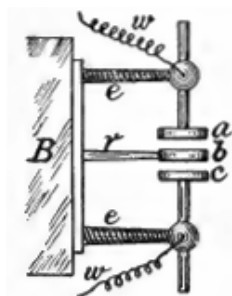


FIG. 79. CHISPERO DE DISCOS.

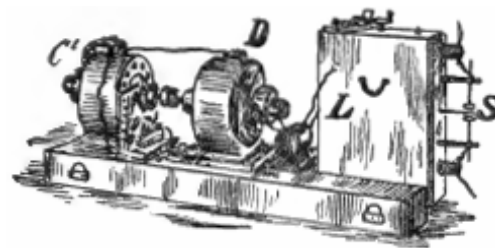


FIG. 80. MOTOR-GENERADOR.

El manipulador K se encuentra en el circuito primario del transformador T, Fig. 78, y, como se observa superficialmente, es un manipulador Morse ordinario, pero no abre y cierra directamente el circuito. Lo hace indirectamente por medio de un brazo *a* que sale proyectado, que normalmente se apoya sobre un manipulador de cinta sumergido en aceite en la caja B. Cuando se pulsa el manipulador se hace que la cinta C cierre el circuito primario de T. Cuando se eleva se abre el circuito. En ocasiones se observa que cuando se ha manipulado este interruptor durante un tiempo en aceite se deposita carbón puro en los contactos, pero esto no es perjudicial. Para enviar señales a distancias relativamente cortas, por ejemplo, con el generador de un kilovatio, no es necesario abrir el manipulador en aceite. Con este tipo de manipulador, mostrado en su base, Fig. 86, la velocidad de manipulación es igual a la que se transmiten las señales en las líneas terrestres, es decir 25 a 30 palabras por minuto, la chispa sigue a todos los movimientos del manipulador de transmisión. (El escritor ha transmitido señales a aproximadamente la velocidad inferior mencionada para este manipulador) De igual forma, el auto-cohesor responde a todas las aperturas en la continuidad de las oscilaciones, las señales se reciben como una sucesión de sonidos cortos y largos en el teléfono.

El montaje del circuito receptor mostrado a la derecha del conmutador SW en la Fig. 78 está diseñado para un único hilo vertical (ver Fig. 83). Los cohesores, cuando están en operación,

están en serie con el hilo vertical. Se muestran dos responders  $R$ , se puede conectar o desconectar cualquiera de ellos del circuito con los interruptores de dos circuitos  $S'$   $S'$  en el caso que uno u otro se desajuste. Una pila  $b$  de tres células y dos pares de teléfonos  $t$  están en puente con el responder  $R$ . Por medio del interruptor en puente  $S$  se pueden poner una u más células en servicio. En las Fig. 81 y 82 se muestran otras variaciones del circuito receptor De Forest. En el primero el teléfono  $t$  está en serie con un condensador de medio microfaradio de capacidad, y ambos están en puente con una resistencia  $r$  de 5.000 ohmios, que se puede regular según necesidad. En la Fig. 82 se indican tres responders  $R$ . Se pueden poner en circuito o no a voluntad, con los interruptores  $S$ .  $R$  es un relé sensible que se usa como llamada o para “elevar” las señales para operar  $t$ , que puede ser un timbre u otro dispositivo adecuado que pueda operar fácilmente la batería  $B$ . Se puede introducir más o menos batería en el circuito del cohesor accionando el interruptor  $S$ .

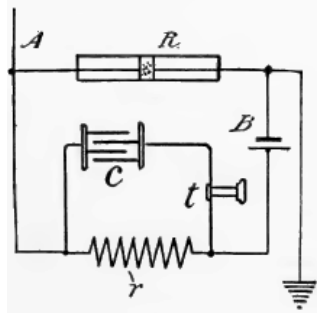


FIG. 81.

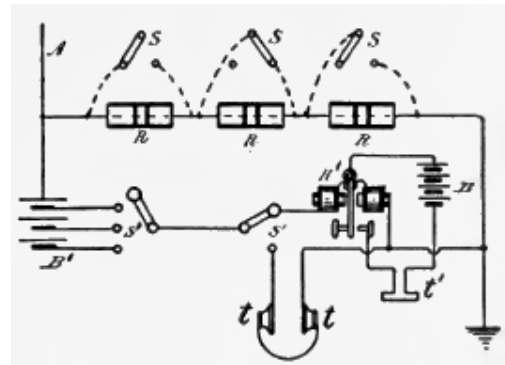


FIG. 82. RELÉ DE LLAMADA.

De Forest usa dos tipos de anti-cohesor, uno de los cuales, llamado comercialmente “goo responder”, es de acción electrolítica; el otro es un anti-cohesor de “aguja”, ambos se describirán más adelante.

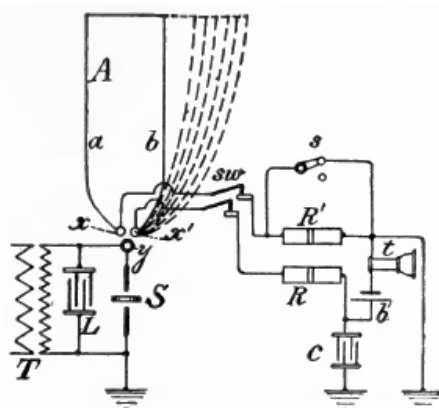


FIG. 83. SISTEMA DE ANTENA MÚLTIPLE DE FOREST.

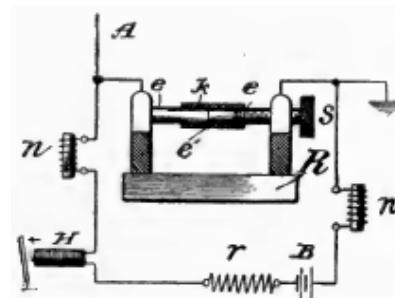


FIG. 84. COHESOR ELECTROLÍTICO DE FOREST.

En la Fig. 83 se muestra otro montaje posterior De Forest transmisor y receptor. En este,  $A$  representa la antena. Los hilos verticales  $a$   $b$  están conectados metálicamente en el extremo superior. Se llevan a dos pequeñas bolas metálicas  $x$   $x'$  respectivamente. Estas bolitas están opuestas a una bola mayor  $y$ , de la que están separadas por un espacio de aire de un treintaidosavo de pulgada. La bola grande se conecta al circuito transmisor, como se indica,  $S$  es el chispero,  $T$  el transformador elevador, y  $L$  las botellas de Leiden. El circuito receptor está unido a las bolas  $x$   $x'$ . En este montaje se puede ver que los hilos  $a$   $b$  de la antena tienen rutas separadas a tierra, una pasa por el responder  $R'$ , la otra vía responder  $R$  y un condensador pequeño  $C$ . Por otra parte, los responders están en serie entre sí, con el teléfono  $t$ , la batería  $b'$  y los hilos  $a$   $b$ . De esta forma, se obtiene en el circuito de los teléfonos el efecto conjunto de

ambos responders, debido a las oscilaciones que establecen las ondas captadas en los hilos verticales. Cuando prevalecen las corrientes “estáticas” debidas a la electricidad atmosférica, el responder  $R'$  se cortocircuita con el interruptor  $s$  y una resistencia no mostrada, esto permite un paso directo a tierra para dichas corrientes, el condensador  $C$  ayuda a esta separación, mientras que las oscilaciones continúan pasando a través del responder  $R$  y el condensador  $C$  hacia tierra,  $sw$  es el interruptor de desconexión.

Cuando se usa un gran número de hilos verticales, uno de ellos,  $a$ , se lleva a la bola  $x$ , como se muestra, los otros, indicados con las líneas de puntos, se conectan a la bola  $x'$ . En la práctica se encuentra que cortocircuitar el pequeño chispero  $x x'$  tiene muy poco efecto amortiguador en las oscilaciones transmitidas.

**Anti-cohesores o responders De Forest.** – En la Fig. 84 se muestra el anti-cohesor electro-lítico De Forest, que representa un primer montaje del sistema receptor De Forest. Este detector es un anti-cohesor, ya que aumenta su resistencia bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas, y fue inventado por el Dr. De Forest y Mr. E. H. Smythe. Se basa en el hecho que ciertos electrolitos que separan dos electrodos metálicos se vuelven conductores cuando pasa una corriente continua por el circuito. Un examen microscópico muestra que esto se debe a una acción por la que partículas metálicas se liberan del electrodo positivo y se depositan en el negativo, hasta formar un “puente” o hebras de estas partículas que abarca de un electrodo al otro. Cuando se elige el electrolito adecuado, se observa que una corriente oscilante rompe este puente y por tanto hace que el electrolito deje de ser conductor. La sustancia que usan los inventores consiste de limaduras de estaño y óxido de plomo a partes iguales que forman una especie de pasta con vaselina o glicerina a la que se añade una pequeña cantidad de agua o alcohol. Esta se sitúa en un espacio  $e'$  entre las varillas metálicas  $e e$  en un tubo adecuado  $k$ . En funcionamiento, cuando sólo está pasando la corriente de una batería  $B$ , estas limaduras forman puentes que cierran eléctricamente el espacio; pero cuando pasan oscilaciones eléctricas por el circuito, sucede una electrólisis disruptiva con una generación explosiva de gas hidrógeno, que destruye los puentes, aumentando muchísimo la resistencia del circuito. Al cesar de las oscilaciones el puente se reforma de nuevo automáticamente bajo la influencia de la batería  $B$ . Las variaciones en la fuerza de la corriente que se producen afectan al receptor  $H$ , que puede ser cualquier instrumento sensible; pero, en la práctica, se emplean teléfonos, como se indica en las demás figuras. Este responder es muy sensible, y por tanto, la fuerza de la corriente que se requiere en el circuito del teléfono es muy baja, de unas seis milésimas de amperio, y responderá con precisión a las ondas que genere una chispa de una longitud de un sesenta y cuatroavo de pulgada, a cuarenta pies de distancia, con un ala metálica de dos pies de longitud, y sin conexión a tierra,  $nn$  son las bobinas de choque usuales que se pueden emplear para forzar que pasen las oscilaciones por el circuito del cohesor. Sin embargo, los responders que se usan en este sistema tienen, en relación, tan poca resistencia que en la práctica no se necesitan las bobinas de choque,  $r$  es una resistencia ajustable de 5000 ohmios, para regular la fuerza de la corriente que proporciona la batería para adecuarla a las necesidades del cohesor. (Ver Apéndice).

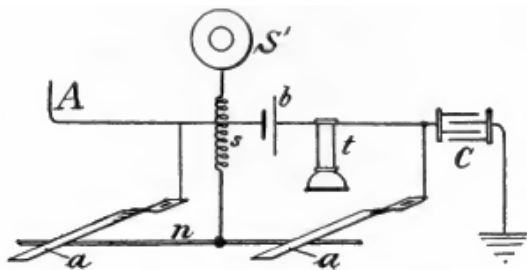


FIG. 85. COHESOR DE AGUJA DE FOREST Y CIRCUITOS.

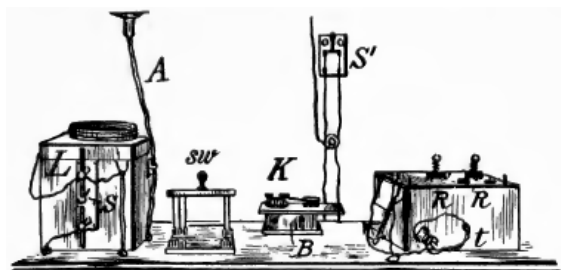


FIG. 86. COHESOR ELECTROLÍTICO DE FOREST.

El anti-cohesor de aguja De Forest, conocido como tipo No. 3, es la misma simplicidad. Consiste de una aguja de acero  $n$ , Fig. 85, que se mantiene entre dos varillas de aluminio  $a$  por medio de un muelle retráctil  $s$  sujeto a la aguja, como se indica, la presión de la aguja  $n$  contra las varillas se regula con el tornillo  $S'$ . Las varillas forman parte del circuito cohesor usual, y el

responder se conecta como muestra R R' en la Fig. 83. Una película de aceite y humedad entre la aguja y el aluminio hace que el dispositivo sea un anti-cohesor, pero su resistencia varía por las oscilaciones, dando así las señales características en el teléfono. El sonido que proporciona este responder se parece al que se induce en los teléfonos cuando es adyacente al circuito de una dinamo de corriente continua, pero más uniforme, este sonido está interrumpido a intervalos cortos y largos –es decir, puntos y rayas.

En la Fig. 86 se bosqueja un equipo para barcos de este sistema, muestra los aparatos principales de transmisión y recepción. S es el chispero; SW es el conmutador de doble circuito; K es el manipulador encima de la caja B que contiene el contactor; R R son los anti-cohesores, y  $t$  los teléfonos; L es la caja de las botellas de Leiden. Esta figura ilustra virtualmente el montaje de los aparatos De Forest en la cabina del yate de vapor *Erin* durante la regata internacional de yates de 1903. A representa los hilos que conectan con la antena. Esta consiste de cinco hilos del No. 14, trenzados y aislados con goma. Estos hilos cuelgan atirantados y se mantienen separados seis pulgadas con aisladores de goma. Un prolongador en el mástil superior da una altura de 120 pies desde el aislador del techo de la cabina hasta el pico de la verga. Para proporcionar la corriente necesaria los motores del yate mueven un generador de corriente alterna de un kilovatio por medio de una correa. Esta corriente se lleva por hilos especiales hasta el interruptor S', y de allí al transformador, no mostrado.

#### EL SISTEMA SINTONIZADO DE FOREST.

La mayor parte del éxito del sistema De Forest que ha conseguido en los últimos tres o cuatro años de su existencia se ha conseguido con el sistema no sintonizado que se ha descrito, que ha encontrado un amplio uso a las distancias a las que se ha aplicado. El Dr. De Forest, en común con otros trabajadores en este campo, ha reconocido que para las operaciones a larga distancia es necesario disponer de las ventajas de la sintonía, y ha diseñado varios métodos de sintonía, por los que ha obtenido recientemente varias patentes, entre otras la patente U. S. No. 730.246.

Los circuitos sintonizados De Forest se basan en el principio que se conoce como sistema de hilos de Lecher, es decir, cuando se conectan a los terminales de un aparato o sistema oscilador T capaz de producir oscilaciones de alta frecuencia, a dos hilos adyacentes paralelos, como los indicados en la Fig. 87, si el hilo tiene un cuarto, o cualquier múltiplo de un cuarto de longitud de onda de las oscilaciones, las ondas se reflejarán en los extremos del hilo.

Se supone que este sistema de hilos no produce distorsión –es decir, la inductancia y la capacidad, al estar distribuidas uniformemente, se cancelan entre sí– y por esta razón no hay atenuación, y por tanto aparecen en este sistema ondas estacionarias o estáticas debidas a las oscilaciones incidentes y reflejadas. La velocidad de propagación de las ondas en este sistema es igual a la de la luz cuando la resistencia del hilo es ínfima comparada con la inductancia, y cuando la inductancia es la inversa de la capacidad por unidad de longitud. Estas condiciones existirán cuando el diámetro del hilo no supere 0,019 pulgadas y cuando su longitud sea inferior a 328 pies.

En este sistema, como indican De Forest y otros, la capacidad y la inductancia se cancelan mientras las dimensiones del hilo, y el periodo de vibración sea independiente del diámetro de los hilos o de la distancia que los separa. En cualquier punto de los dos hilos la carga en ellos tendrá exactamente el mismo potencial, pero de fase opuesta, es decir, uno será positivo y el otro negativo, mientras las corrientes en los hilos esté en direcciones opuestas en cualquier punto correspondiente. Sin embargo, la fase de la corriente difiere en un cuarto de longitud de onda del potencial, este estará al máximo cuando la energía electromagnética o corriente sea cero, y viceversa.

Si las secciones AB y BC tienen media longitud de onda, los puntos B y C serán nodos, mientras que D será un vientre de energía electrostática. Por otra parte, B y C serán vientres y D un nodo de energía electromagnética. Por tanto, como existe una diferencia de potencial máxima en un vientre de energía electrostática, un cohesor que se active por las fuerzas electrostáticas tendrá ventaja en D, mientras que un detector que responda a variaciones de

corriente, como el responder De Forest, puede conectarse con ventaja en los hilos en C. (Para una ilustración mecánica de vientres y nodos, ver la Fig. 52).

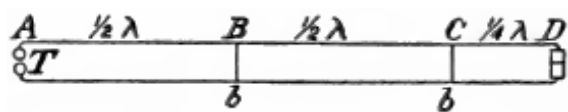


FIG. 87. SISTEMA DE HILOS DE LECHER.

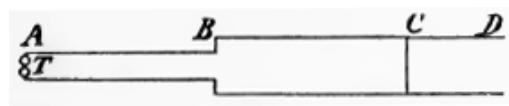


FIG. 88.

Los puentes  $b\ b$ , que consisten en unos trozos cortos de hilo, se pueden insertar entre los dos hilos en B, C, o se pueden poner a tierra estos puntos sin afectar a las oscilaciones; de hecho, será beneficioso poner a tierra los hilos en esos puntos al desviar a tierra todas las ondas que no están sintonizadas al periodo del sistema.

En un sistema inalámbrico no sintonizado, como se ha indicado, las oscilaciones se amortiguan rápidamente, consisten tal vez de dos o tres vaivenes, y por esta razón el efecto sobre el instrumento receptor no es tan grande como sería un tren de ondas más largo. Según De Forest, ha encontrado que el sistema de hilos de Lecher es un excelente vibrador resonante, tiene un periodo propio muy marcado, y responde muy poco a las ondas que no corresponden con su propio periodo de vibración. Además, como la mayoría de líneas de fuerza están en el espacio entre los dos conductores, es un mal radiador de onda, y por tanto es un vibrador persistente, que continua vibrando durante un tiempo después de haber establecido las vibraciones, y de esta forma produce un largo tren de ondas, que está muy poco amortiguado. También al poder establecer ondas estacionarias se obtienen potenciales más altos. Considerando que la velocidad de propagación en un sistema simple de Lecher es igual a la luz, se puede determinar fácilmente la frecuencia o longitud de onda. El sistema se puede sintonizar con precisión a cualquier frecuencia deseada, y como los nodos y vientres de las ondas estacionarias están fijos localmente, se pueden hacer conexiones con los hilos en cualquier fase de la onda que se desee.

Como se ha indicado, un aspecto del sistema de hilos de Lecher es que el periodo de vibración es independiente del tamaño de los hilos o de la distancia entre sus centros, el periodo de cualquier sección de este sistema incluido entre dos puentes consecutivos, como  $b\ b$ , depende por completo de la distancia o longitud entre estos puentes. Se sabe que la inducción mutua de estos hilos disminuye a medida que se acercan entre sí, mientras que aumenta la capacitancia entre los hilos de forma correspondiente. Por tanto, si, como en la Fig. 88, se acercan los hilos de una sección (AB) de este sistema, equivalentes a media longitud de onda, poseerán una capacidad relativamente alta y una inductancia inferior, mientras que los hilos más separados de la sección BC, también de media longitud de onda, tendrán baja capacidad y alta inductancia. Sin embargo, el producto de la inductancia y la capacidad en cada sección seguirá siendo el mismo, pero en el caso de AB la energía electrostática será superior, mientras que en BC predominará la energía electromagnética. De esta forma, cuando pasan dos cargas opuestas desde AB, donde la capacidad es grande y por tanto la diferencia de potencial es baja, a BC, donde la capacidad es pequeña, aumentará por tanto la diferencia de potencial, ya que es muy conocido que para una carga dada en un conductor el potencial es inversamente proporcional a la capacidad. (Puede darse una analogía mecánica: supongamos que un gasómetro tiene un pie cúbico de gas a cierta presión; si se reduce el tamaño del gasómetro por ejemplo a la mitad, manteniendo la misma cantidad de gas, se doblará la presión). Al revés, cuando dos cargas opuestas pasan de una sección de baja capacidad a otra de alta capacidad se aumenta la energía electromagnética mientras se reduce la diferencia de potencial. Por tanto, este sistema proporciona un medio para transformar las oscilaciones de alto potencial a bajo y de baja energía electromagnética a alta.

Sin embargo, al aplicar estos principios no siempre es conveniente separar los hilos para obtener baja capacidad, ni en todos los casos es factible extender los hilos a la longitud de onda de las oscilaciones. Por tanto De Forest ha adoptado el plan de retorcer juntos los hilos de cada sección, como se muestra en la Fig. 89, con hilos aislados, su experiencia ha demostrado que los hilos así preparados poseen las características del sistema Lecher. Además, este montaje permite bobinar los hilos en un carrete, obteniendo así un dispositivo portátil. Para evitar la inducción entre las espiras adyacentes de los hilos, De Forest dice que se debe tender una capa de alquitrán

de al menos tres vueltas o una pulgada sobre un carrete de tres pulgadas de diámetro, con las espiras sucesivas separadas por un octavo de pulgada; pero el uso de las bobinas no se limita a las proporciones indicadas.

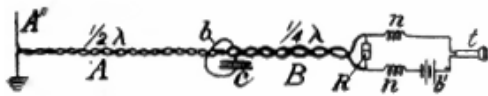


FIG. 89. MÉTODO DE SINTONÍA DE FOREST.

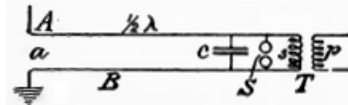


FIG. 90.

En la Fig. 89 se extienden los hilos de un circuito receptor en línea recta desde el hilo vertical A al detector R. Aquí el detector está en el vientre de una onda electrostática,  $n n$  son bobinas de choque,  $b'$  es una batería local, y  $t$  es un teléfono u otro receptor adecuado. Se ve que los hilos en la sección B de cuarto de onda están más separados que en la sección A de media onda. Se puede asegurar esta separación usando un aislamiento más grueso en una sección que en la otra. Se puede colocar un puente  $b$  y un condensador  $c$  entre los hilos, como se muestra, para aumentar el retardo o ajustar el periodo del sistema. Para facilitar estos ajustes se adapta el puente para que haga conexión en cualquier parte deseada de los hilos por medio de una pinza que tiene dos puntas de aguja capaces de perforar el material aislante.

Otro medio por el cual De Forest asegura una mayor capacidad en los hilos es sumergir una sección del hilo en aceite, que tiene una capacidad inductiva específica más alta que el aire. Por supuesto, los métodos para obtener la sintonía o variar la longitud de onda por este medio no se limitan a los métodos descritos, en algunos momentos se usan inductancias, etc.

En la Fig. 90 se muestra una aplicación de los hilos de Lecher a un circuito emisor,  $p s$  son las bobinas primaria y secundaria de una bobina de inducción o transformador T; S es el chispero;  $c$  es un condensador; B es una sección que tiene media longitud de onda, y se conecta al hilo vertical como se indica. La energía eléctrica se almacena en el condensador  $c$  hasta que el potencial supera la tensión de ruptura del chispero, se establecen oscilaciones en la sección B, parte de la energía vuelve reflejada hacia  $a$ , formando ondas estacionarias con nodos de potencial en estos puntos, y parte de la misma entra en el hilo vertical.

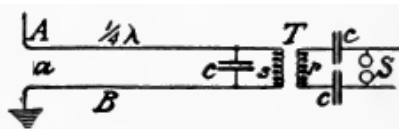


FIG. 91.

En otro montaje de los circuitos transmisores el sistema Lecher se carga inductivamente, el circuito secundario del transformador o bobina de inducción está en circuito con dicho sistema y oscila con él. En otro montaje del transmisor, Fig. 91, la sección B del sistema Lecher se dispone para tener un cuarto de longitud de onda, la bobina secundaria del transformador T equivale a media longitud de onda, en cuyo caso el punto  $a$ , Fig. 8, será un vientre de potencial. Sin embargo, es preferible conectar siempre la antena a un nodo en los conductores paralelos. A es el hilo vertical, conectado a tierra por medio de los conductores paralelos. El condensador  $c$  de la izquierda es el puente o condensador de sintonía;  $c c$  a la derecha con los condensadores del chispero.

Este método de sintonía eléctrica se ha usado con éxito en unas pruebas entre Washington y Annapolis, y se ha extendido su uso en el sistema De Forest. Aparte de la sintonía precisa y exacta que da este método, posee otra ventaja, no le afectan las interferencias externas; De Forest ha encontrado que el periodo de la hélice o bobina ordinaria que se emplea en la sintonía se ve perturbada con facilidad por la proximidad de masas de hierro, o incluso al acercar la mano.

**Estaciones telegráficas inalámbricas De Forest.** — La compañía De Forest Wireless Telegraph tiene en operación o en construcción unas veinte estaciones en los Estados Unidos y Canadá. Entre ellas, de Nueva York a Fort Hancock, 12 millas; de Block Island a Point Judith, 15 millas; de Toronto a Hamilton, Canadá, 40 millas; de Buffalo a Cleveland, Ohio, 180 millas;

de Cleveland, Ohio a Detroit, Michigan, 150 millas; de Block Island a Cabo Hatteras, 300 millas. También entre Chicago y San Louis, 300 millas sobre tierra.

Quizás el trabajo más importante que se ha contemplado y está en ejecución es un circuito que se extenderá desde Cabo Flattey, Washington, en la unión del Estrecho de San Juan de Fuca y el Océano Pacífico, hasta Dutch Harbor, Islas Aleutianas, a una distancia de 1800 millas. Para estas estaciones se están construyendo tres torres de celosía de madera, cada una de 225 pies de alto, preparadas en triángulo, con lados de 275 pies. Las torres tendrán 25 pies cuadrados en la base. Desde la parte superior de estas torres colgará horizontalmente una red hexagonal de cable, desde la que colgarán seis pantallas de hilos verticales que tendrán una longitud media de 250 pies, con un total de 300 hilos. Estos hilos convergerán en la estación que se encontrará en la base de las torres. La estación estará equipada con una máquina de vapor de 90 caballos, un generador de 60 kilovatios, transformadores, etc.

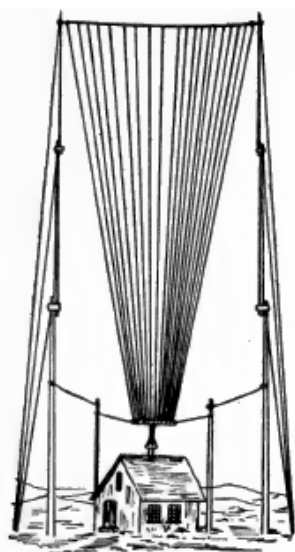


FIG. 92. MONTAJE DE FOREST CON DOS MÁSTILES PARA 20 HILOS.

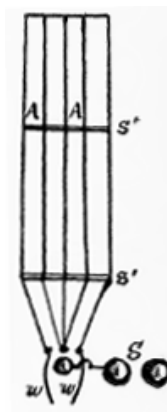


FIG. 93.

El equipo de Cabo Hatteras consiste de una torre, de 200 pies de alto y 23 pies cuadrados en la base. La casa de la estación se encuentra entre las cuatro patas de la torre. La antena consiste de 40 hilos verticales suspendidos desde el extremo superior de la torre y sujetos a una barra en la base de la torre muy bien aislada. La potencia que se emplea en esta estación es de 15 kilovatios. Se contempla comunicar desde esta estación con Block Island y Habana, esta última distante 400 millas.

En las estaciones de Buffalo, Cleveland, y Detroit, se están levantando dos mástiles, cada uno de una altura de 200 pies y separados por 100 pies. El plano de estos mástiles está encarado en la dirección de transmisión de las señales. De un cable horizontal entre los extremos de los mástiles se suspenden 20 hilos verticales que convergen en la caseta de la estación. Cada uno de estos hilos verticales se compone de siete hilos trenzados y estañados del No. 21 B&S. La potencia que se emplea en estas estaciones es de 7,5 kilovatios. El montaje de estos mástiles, hilos verticales y estación se bosqueja en la Fig. 91.

El montaje de los hilos verticales en Point Judith o Providence Journal se bosqueja en la Fig. 92. Aquí se emplean cinco hilos verticales A A, soportados por un mástil de 150 pies de altura. Los hilos se mantienen separados con separadores de madera S' S'. El montaje en la base de los hilos es una pequeña variante de la mostrada en la Fig. 83, los hilos w w son la bajante al circuito receptor, y S es el chispero.

Desde hace un tiempo se han equipado varios automóviles con los aparatos De Forest, que se han utilizado en Nueva York como medio para transmitir información de cotización desde la calle a las oficinas del *Wall Street Journal*. El vehículo lleva una gran caja de vidrio de unos tres pies cuadrados, donde se encuentran los aparatos. Una varilla de latón de unos siete pies de alto

sirve como hilo vertical. Las oscilaciones se generan con una bobina de inducción de una chispa de dos pulgadas alimentada con la batería del vehículo.

En autor se encuentra en deuda con el Dr. De Forest por su cortesía al proporcionarle muchos detalles de su sistema.



## CAPÍTULO XII.

### SISTEMAS FESSENDEN, STONE, SHOEMAKER, MASSIE Y MUSSO.

#### EL SISTEMA TELÉGRAFO INALÁMBRICO SINTONIZADO FESSENDEN.

El inventor de este sistema, el profesor R. A. Fessenden, ha hecho múltiples experimentos en telegrafía inalámbrica en su país bajo los auspicios de la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos, y ha hecho muchos descubrimientos notables y perfeccionamientos en el arte, por los que ha solicitado un gran número de patentes.

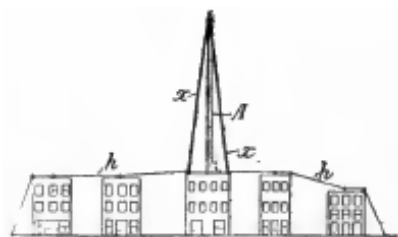


FIG. 94. WAVE-CHUTE DE FESSENDEN.

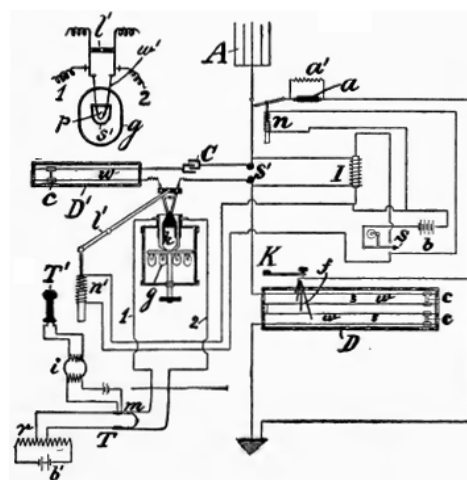


FIG. 95. CIRCUITO SINTONIZADO FESSENDEN.

El profesor Fessenden también ha hecho numerosos experimentos prácticos, algunos de los cuales se describirán, relacionados con la propagación de las ondas eléctricas, en relación con ello afirma que cree que las ondas que se radian desde la antena no son ondas completas, sino tan sólo semi-ondas, que viajan sobre la superficie de un conductor, y por tanto, a diferencia de las ondas de Hertz, se pueden desviar de la línea recta. Observó que para la transmisión y recepción adecuada de estas ondas era esencial que la superficie en la base del hilo vertical sea un buen conductor al menos hasta una distancia de un cuarto de la longitud de onda desde el pie del hilo vertical. Diseñó, por tanto, el montaje de la Fig. 94, que llama “wave-chute” (conducto de ondas), para conseguir este resultado. Consiste del hilo vertical A sujeto por un mástil, en este caso en el tejado de un edificio. Se tiende desde el pie de A, un conductor h h, bien aislado, sobre los tejados, horizontalmente, hasta la distancia requerida, y en la dirección en la que se transmiten las señales, antes de conectarlo a tierra. Para impedir la absorción de energía de las ondas por los vientos de hierro, se añaden a ellos las bobinas x x, esto les da un periodo de oscilación diferente al de la antena.

Actualmente en la práctica el sistema Fessenden ha estado en funcionamiento con éxito entre varios puntos –por ejemplo, entre Cob Point, Md. y Arlington, Va., con una distancia de 47 millas sobre tierra. Este terreno es abierto, pero muy boscoso con árboles de considerable altura. El profesor Fessenden afirma que la fuerza de las señales varía de un modo considerable con la temperatura de la tierra. Mediciones hechas durante un tiempo caluroso muestra que las señales son siete veces más fuertes que cuando el terreno está congelado hasta una profundidad de varias pulgadas.

En la Fig. 95 se muestran teóricamente los circuitos transmisor y receptor de este sistema. Este es un sistema sintonizado. El dispositivo de sintonía que emplea se llama rejilla de sintonía, y consiste de una capacidad e inductancia combinadas, hechas con uno o más pares de hilos paralelos, que, para reducir su inductancia, se doblan adelante y atrás, en una caja D, y para aumentar su capacidad se sumergen en aceite (ver Fig. 96). A es el hilo o hilos verticales.

En la operación práctica de este sistema se asigna a cada estación un cierto periodo de oscilación, como se asigna a cada estación Morse ordinaria una cierta letra del alfabeto. Normalmente, el aparato receptor de cada estación está sintonizado a su propio periodo de oscilación. De aquí que cuando se desee llamar a una estación cualquiera, se transmite una sucesión de ondas de la frecuencia adecuada desde la estación emisora con el resultado deseado. El circuito transmisor se puede trazar desde A al secundario de la bobina I (u otra fuente de oscilaciones), al chispero S', y desde allí a través de los hilos  $w w$  de la rejilla de sintonía D, a tierra. S es un interruptor con el que se abre el primario de la bobina de inducción I cuando se han de recibir las señales;  $b$  es la batería para la bobina de inducción. También opera, cuando se necesite, los solenoides  $n n'$ . Este sistema puede operarse abriendo y cerrando el primario de la bobina de inducción del modo usual, pero el inventor prefiere mantener la bobina en operación continua, y transmitir las señales cortocircuitando o variando el dispositivo de sintonía D, que saca de sintonía al circuito emisor respecto al circuito receptor.

Para hacer este cortocircuito en D, se emplea el manipulador K, con los dedos  $f$ , y estos dedos, cuando se pulsa el manipulador, tocan uno u otro de los hilos  $w e$  en sucesión. Con este montaje, a cada cierre del manipulador K se transmiten una serie de oscilaciones de diferentes periodos, y la estación receptora puede seleccionar a cualquiera de ellos. Por tanto, si la estación receptora considera que está siendo interferida por una estación extraña con un periodo de oscilación, puede sintonizar su circuito receptor a otro de los periodos de oscilación que se transmiten. Se puede variar la capacidad e inductancia de los hilos  $w$  en la caja D por medio de los contactos móviles  $c c$ , que están preparados para moverse a lo largo de los hilos  $w w$  para sintonizar el circuito transmisor, y de una forma prácticamente similar se puede sintonizar el circuito receptor en D'.

Se puede trazar el circuito receptor desde los hilos de antena A al condensador C, a la capacidad e inductancia combinada de la rejilla D', al detector  $k$  (un detector auto-restaurado), a la rejilla D, y a la tierra, todos ellos en serie. T es un teléfono en un circuito paralelo 1, 2, desde el detector  $k$ ; y en serie, por medio de la resistencia  $r$ , con una batería  $b'$  de dos pilas de un voltaje ligeramente diferente, preparadas en oposición entre sí.

El inventor de este sistema ha diseñado un número de diferentes detectores. El mostrado en la figura,  $k$ , le llama "barretter". Se basa en el conocido principio que la resistencia de un metal conductor varía con la temperatura del metal, y la construcción del barretter está diseñada para seguir los rápidos aumentos y reducciones de temperatura dando aumentos o reducciones de corriente en su circuito, y obtener por tanto grandes variaciones de resistencia en el circuito. El barretter se muestra por separado en la esquina superior izquierda de la figura. Consiste de un hilo fino y muy corto de plata, que tiene un núcleo de platino  $p$ . Este hilo se hace con un hilo de plata muy corto de 0,1 pulgada de diámetro con un núcleo de platino de 0,003 pulgadas de diámetro. Después se estira el hilo hasta que su diámetro exterior tiene 0,002 pulgadas, en este momento el hilo de platino tendrá 0,00006 pulgadas de grosor. Después se le da al hilo forma de bucle. En una porción muy pequeña de este bucle (unas pocas centésimas de pulgada) se disuelve la plata por inmersión en ácido nítrico. Después se conecta el bucle a unos hilos de platino como se muestra. Para impedir la radiación del calor, el bucle se encierra en un bulbo de vidrio  $s'$  de una pulgada de largo y media pulgada de ancho, lleno de aire o parafina; también se puede extraer el aire para obtener un aumento muy considerable de sensibilidad. Para impedir la radiación del calor, se encierra el bucle en una cápsula muy pequeña de plata  $g$ , que se sostiene de la forma adecuada.

En este respecto se aumenta todavía más la sensibilidad del bucle si se disuelve sólo una porción del hilo de plata que compone en bucle, para obtener un hilo compuesto con la mitad de resistencia del hilo de platino. Según el inventor, se hace mejor eliminando toda la plata del hilo y recubriendo con plata el hilo de platino hasta que la resistencia del bucle sea justo la mitad del hilo de platino por sí solo.

Esta ganancia en sensibilidad se debe a que la plata tiene un séptimo de volumen que el platino, e igual resistencia, una cantidad dada de corriente calentará el hilo de plata aproximadamente siete veces más que el hilo de platino, esto resultará en una mayor variación de resistencia con una corriente dada. La resistencia del bucle es en algunos ejemplares tan baja como

30 ohmios, mientras que en otros menos sensibles varía entre 150 y 600 ohmios. Ya se ha indicado la importancia de un detector de baja resistencia en la telegrafía sintonizada.

Debido a la pequeña diferencia de potencial entre las pilas  $b'$ , normalmente pasa una corriente muy débil a través del bucle. Cuando atraviesa el bucle  $l$  la corriente debida a las ondas electromagnéticas recibidas, causa un rápido aumento de su temperatura y por tanto de su resistencia, que causa una serie de sonidos en el receptor telefónico T, donde se reciben los sonidos como puntos y rayas del código.

Este tipo de detector o auto-cohesor se diferencia del cohesor de limaduras que en este último la reducción de resistencia se debe principalmente a las fuerzas electromotrices de las oscilaciones recibidas, mientras que el aumento de resistencia del primero se debe principalmente a las corrientes que establecen las oscilaciones recibidas. Se pueden agrupar varios detectores de diferentes grados de sensibilidad en el receptáculo  $k$ , junto con los medios para cambiar rápidamente de uno a otro.

Para llamar se usa un detector o bucle menos sensible, y se añade un transmisor microfónico  $m$  con una batería y una bobina de inducción  $i$  en el lado opuesto al diafragma del receptor telefónico T'. En otras veces se usa para llamar un galvanómetro o teléfono sin el contacto microfónico,  $a$  es un protector de rayos, que, por medio del interruptor S y el solenoide  $u$ , se pone en servicio cuando el aparato está preparado recepción, y se abre el interruptor cuando el aparato está para emisión. De una forma parecida, se desconecta el aparato detector del hilo vertical cuando el interruptor está para emisión, por el solenoide  $u'$  y la palanca  $l'$ , de la forma bosquejada en la figura. El condensador C impide los efectos de las corrientes atmosféricas constantes sobre el detector cuando se conecta al hilo vertical, pero repite o transmite las corrientes oscilantes recibidas.

Por medio de un mecanismo de relojería, indicado con el interruptor S, se puede poner el mecanismo en funcionamiento a periodos establecidos de un minuto, más o menos, se puede cambiar el conmutador S de emisión a recepción automáticamente, cuando la estación no está ocupada. Otras estaciones a la escucha que oyen esta señal regular saben que está disponible la estación, y proceden a llamarla. Este dispositivo automático se desconecta cuando la estación está ocupada.

El protector de rayos  $a$  consiste de un cohesor de carbón Varley, o preferiblemente un cohesor de limaduras de oro y bismuto, hecho de una aleación de oro y bismuto, con el cinco por ciento de bismuto, colocado en un tubo de vidrio entre dos electrodos con las puntas bañadas en una aleación de platino-iridio. También se describe otro dispositivo para este propósito, que consiste de un anillo pequeño de aluminio y plata, que se apoya en el borde de una cuchilla de aleación de oro y bismuto,  $a'$  es una inductancia por medio de la cual se deriva a tierra cualquier carga estática de la antena.

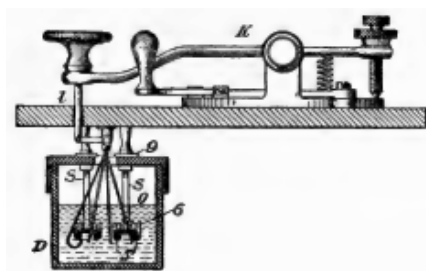


FIG. 96. MANIPULADOR DE TRANSMISIÓN FESSENDEN.

En la Fig. 96 se muestra el manipulador que se usa en este sistema. K es un manipulador Morse ordinario montado sobre la base adecuada. Cuando se pulsa el manipulador, la extensión  $l$  hace que los dedos  $f$  (Fig. 95) golpeen contra los hilos o cintas 6, de la forma y para lo indicado. D es la caja que contiene los hilos 5 y los contactos móviles 6. Estos contactos tienen ruedas acanaladas que sostienen las barras  $s$ , los hilos o cintas 5 se apoyan en las canales;  $o$  representa el aceite donde los hilos están sumergidos; 9 son los brazos de ajuste con los cuales se mantienen las barras  $s$  en la posición deseada.

Aparte de lo dicho, en las patentes U. S. No. 706.735 hasta la 706,747 se describe un gran número de variantes de este sistema, a las que puede acudir el lector para tener más detalles del trabajo del profesor Fessenden en prácticamente todas las ramas de este tema.

### TELÉGRAFO INALÁMBRICO SINTONIZADO MÚLTIPLEX STONE

Se han concedido un gran número de patentes al inventor de este sistema, Mr. John Stone, de Boston. El propósito general de estas invenciones puede describirse resumidamente con un extracto de la patente U. S. 714.831, donde reclama un sistema para desarrollar señales con ondas electromagnéticas armónicas simples libres o no guiadas de una frecuencia definida para excluir la energía de las ondas de señales de otras frecuencias, un conductor elevado y los medios para desarrollar las vibraciones eléctricas simples de la frecuencia correspondiente. En un sistema para recibir la energía de las señales de ondas electromagnéticas armónicas simples libres o no guiadas de una frecuencia definida para excluir la energía de las ondas de señal de otras frecuencias, reclama un conductor elevado y un circuito resonante asociado con dicho conductor y sintonizado a la frecuencia de las ondas, cuya energía se ha de recibir.

De los muchos esquemas que acompañan las especificaciones, se podría seleccionar el de la Fig. 97. Este representa un sistema selectivo sintonizado múltiplex, el aparato emisor se muestra a la izquierda, el aparato receptor a la derecha. X representa un sistema receptor sintonizado para responder al sistema transmisor X'; Y es un sistema receptor sintonizado para responder al sistema transmisor Y'; C son condensadores, y L son inductancias que se emplean para asegurar la frecuencia deseada de oscilaciones en los circuitos respectivos. K K son manipuladores de transmisión;  $w$   $w$  son interruptores en el primario de la bobina de inducción I, y C' C' son los condensadores que se usan en ellas; T T son transformadores o bobinas de inducción;  $k$   $k$  son cohesores, que se descohesionan con golpeadores no mostrados en la figura; R R son relés. Para evitar repetirse, se puede considerar que la operación es parecida a la del circuito transmisor de Fleming antes descrito (Fig. 38). Se observará que los sistemas X' e Y' están conectados ambos al mismo hilo vertical A'; también que los circuitos receptores X Y están conectados igualmente a un hilo vertical A. El sistema receptor X, está sintonizado al sistema transmisor X', que sólo responderá a sus señales. De igual forma, el sistema Y sólo responde a las señales de Y'. Como se ha indicado anteriormente, si es factible asegurar la sintonía con la suficiente precisión, estos montajes serán prácticos, y no se limita a dos equipos de señales.

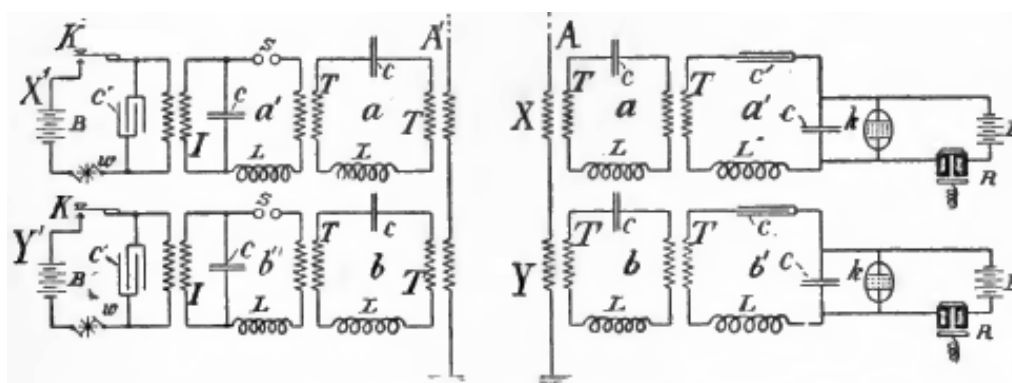


FIG. 97. SISTEMA SINTONIZADO MÚLTIPLE STONE.

Los circuitos oscilantes  $a$   $a'$  del sistema transmisor X' están sintonizados al mismo periodo, el objeto de emplear el circuito  $a$  es "depurar" cualquier vibración armónica que hubiera podido aparecer en el circuito  $a'$ , apantallando por tanto al hilo vertical de estos armónicos. Esta acción de pantalla del circuito interpuesto  $a$ , como indica el inventor, se debe a la propiedad que posee un circuito resonante de oponerse al desarrollo de otras frecuencias diferentes a la que está sintonizado, y favorece el desarrollo de corrientes armónicas simples del periodo al que está sintonizado. De igual forma, los circuitos oscilantes  $b$   $b'$  del sistema transmisor Y' están sintonizados al mismo periodo, pero diferente al periodo de X, para el propósito descrito. También de igual forma, en los sistemas receptores, el circuito  $a$  se corresponde en frecuencia

con  $a'$ , y  $b$  con  $b'$ , para apantallar los circuitos del detector de cualquier onda que no esté en sintonía con las vibraciones asignadas a los circuitos respectivos. El inventor no limita el número de circuitos de apantallado a uno, sino que se pueden añadir inductivamente todos los necesarios. En la operación de este sistema múltiple, que es análogo a un número de sistemas bien conocidos en telegrafía por hilo, se superponen las diferentes frecuencias al hilo vertical, que en estos casos debe prepararse como un vibrador aperiódico, los circuitos receptores respectivos en cada caso seleccionan el tren de ondas al que están sintonizados.

El sistema inalámbrico de Stone ha sido sometido a varias modificaciones desde que se escribió lo anterior, como se puede observar en la Fig. 97a, donde se bosqueja el montaje actual de los circuitos y aparatos de una instalación de 10 kilovatios de este sistema. Los circuitos de transmisión y los aparatos se muestran a la derecha de la línea vertical de puntos; los circuitos receptores se muestran a la izquierda de ella.

Uno de los pocos aspectos de este sistema es el agrupamiento múltiple de la inductancia y capacidad del transmisor. De esta forma el circuito oscilante del transmisor está acoplado inductivamente a la antena A por medio de 4 o más transformadores oscilantes abiertos  $T'$ , cuyos primarios  $p$  y secundarios  $s'$  de los cuales están conectados en múltiple, como se muestra, un terminal de cada bobina secundaria se conecta por medio de una "carga" o inductancia  $l$  a la antena, su otro terminal va directamente a tierra E si está cerrado el relé  $R'$ , o a tierra en E, vía el circuito receptor primario  $a i c$  si este relé está abierto, como se describirá con más detalle. Los transformadores oscilantes ( $T'$ ) están preparados en círculo sobre una mesa, el secundario encima de las bobinas primarias, como se indica. Cada bobina contiene 10 o 12 espiras de cobre grueso, el diámetro de la bobina es de 9 pulgadas. En una comunicación al autor, el Sr. Stone indica que según su experiencia el montaje en múltiple de estos circuitos es el único modo en que puede hacerse una estación de chispa de alta potencia para radiar ondas tan cortas como 400 metros a plena potencia de la estación y con una chispa para cada semi-ciclo (alternancia) del generador. También ha descubierto que su montaje múltiple sirve (como indica la teoría) para hacer que los trenes de ondas se radien con mucha más persistencia que cuando se emplea sólo un condensador y una inductancia.

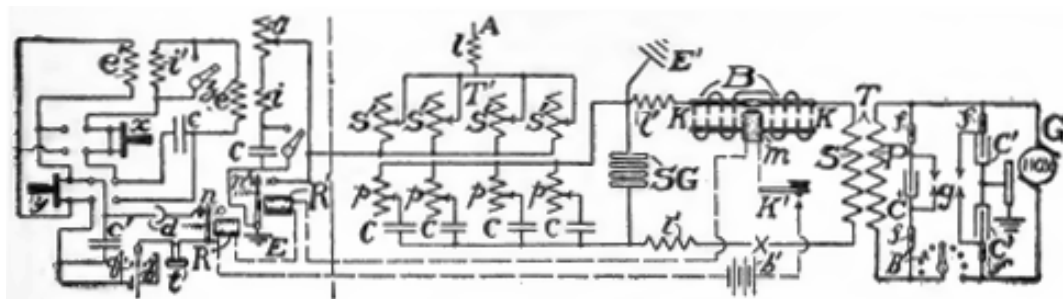


FIG. 97a. CIRCUITOS DE ALTA POTENCIA STONE.

Otro aspecto del sistema Stone es el método que emplea para transmitir las señales Morse. Este consiste en abrir y cerrar el circuito secundario del transformador de potencia elevador, o bobina de inducción, T, por medio de una serie de contactos K en un "interruptor" múltiple B, accionado en conjunto por un electroimán  $m$  (o por separado con electroimanes individuales, no mostrados), las bobinas están en serie en un circuito de 100 voltios, 1 amperio, donde se encuentra el manipulador telegráfico  $K'$ . Se utiliza este dispositivo para evitar los arcos y quemar los contactos de la fuerte corriente en el circuito primario del transformador. En la figura se bosquejan ocho contactos, cada uno de  $\frac{1}{8}$  de pulgada de longitud; se pueden insertar ocho contactos más similares si se desea, como se indica con  $x$ . En la figura G es un motor generador de 10 kilovatios que entrega 110 voltios a 60 ciclos.  $C'$   $C'$  son condensadores,  $g$  representa a pequeños chisperos, y  $ff$  son fusibles (dispositivos de protección) en el circuito primario de un transformador T de núcleo cerrado aislado por aceite con las bobinas primaria y secundaria P S.  $B'$  es una resistencia ajustable en el circuito. El chispero del circuito oscilante consiste de varias varillas de latón SG en paralelo, se pueden desconectar una o más, si se desea. C C, etc., son los condensadores usuales en el circuito oscilante, uno para cada primario del

transformador oscilante  $T'$ . Estos condensadores son de placa de vidrio, y hoja de estaño, sumergidos en aceite, para evitar la descarga en corona en los bordes del estaño,  $l'$   $l$  son bobinas "de carga".

Los circuitos transmisor y receptor de este sistema están preparados para dar al operador la oportunidad de escuchar las interrupciones de la estación distante entre sus propias señales. Se hace esto dando al manipulador  $K'$  el control del electroimán de conmutación  $m$ , y también de los dos relés poney de 4 ohmios  $R R'$ , todos en el mismo circuito local, como se muestra. El acto de cerrar el manipulador  $K'$  cierra el electroimán y los relés. El cierre del electroimán  $m$  cierra el circuito secundario del transformador  $T$  en los múltiples contactos  $K$  del interruptor  $B$ ; el cierre del relé  $R'$  pone a tierra  $E$  la antena vía el contacto  $n'$  de la armadura, y también cortocircuita  $a i c$  en  $n'$ . Al mismo tiempo se abre el circuito del detector  $d$  con el contacto  $n$  de la armadura del relé  $R$ . Cuando se abre el manipulador se abre el circuito oscilante transmisor con los contactos  $K$  del interruptor  $B$ , y caen las armaduras de los relés  $R R'$  hasta sus topes o contactos, cerrando el circuito detector en  $n$  y colocando el primario del circuito receptor  $a i c$  en el circuito de antena por medio de los múltiples secundarios  $S'$  del transformador oscilante  $T'$ , y la bobina de carga o sintonía  $l$ . Así, durante cada apertura del manipulador  $K$  el operador tiene la oportunidad de oír durante las interrupciones.

En la Fig. 97a se muestran los circuitos receptores primario, secundario y terciario. El circuito secundario  $c e i'$  es el circuito enlazado de salida que se usa, como en la figura, cuando se desea una gran selectividad, y cuando se emplean longitudes de onda de 200 a 600 metros. Cuando no es necesaria una gran selectividad, y usar las mismas longitudes de onda, se desconecta el circuito enlazado, o secundario, colocando el conmutador de doble circuito  $x$  y a la derecha y cerrando el pequeño interruptor  $z$ . Para longitudes de onda de 600 a 1000 metros se abre el interruptor  $z$ ,  $x$  y siguen como antes. Para ondas de 1000 a 2000 metros se mueve  $x$  a la izquierda, y a la derecha,  $z$  abierto;  $q$  es un potenciómetro, que controla la pequeña batería  $b$ ;  $t$  es un receptor telefónico,  $d$  es el detector,  $C c c'$  son condensadores variables en el circuito receptor, para la sintonía;  $a$  es una bobina de sintonía ajustable. Esta bobina tiene 2 pulgadas de diámetro y tiene 135 espiras de hilo del No. 20, 20 vueltas por pulgada. La bobina  $i$  del primario del circuito receptor tiene también 2 pulgadas de diámetro y consiste de 33 espiras de hilo del No. 20, 20 vueltas por pulgada. Cada bobina  $e i'$  del circuito enlazado consiste de 30 espiras de hilo de cobre esmaltado del No. 36, trenzado, de 24 pies de longitud y bobinado en un carrete de 1,5 pulgadas de diámetro, con un canal de 0,25 pulgadas. La bobina terciaria  $e'$  consiste de 30 pies de hilo de cobre del No. 30, 36 hilos trenzados y esmaltados, sobre un carrete de 2 pulgadas de diámetro, con un canal de 0,5 pulgadas. Todo en galga B & S.

En las instalaciones de baja potencia del sistema Stone se emplea un manipulador telegráfico de construcción especial, por medio del cual los circuitos receptor y transmisor se conectan alternadamente con el hilo de antena prácticamente de la misma forma que funciona el manipulador  $K$  y los relés  $R R'$ , Fig. 97a. En la Fig. 97b se muestra el montaje. En este caso sólo se emplea un primario  $p$  y un secundario  $s'$  del transformador oscilante. Por lo demás el circuito transmisor es el mismo que en la Fig. 97a. En la Fig. 97b las bobinas del transformador  $T$  se muestra conectado a tierra, como se hace algunas veces para cumplir las condiciones particulares de ciertas instalaciones. En el sistema receptor  $a i$  es el primario;  $e i'$  es el circuito de enlace externo;  $e' c'$  es el circuito terciario. Estos circuitos disponen de interruptores, no mostrados en esta figura, que corresponden con  $x y$ , Fig. 79a. Cuando se abre el manipulador telegráfico  $K$ , como en la Fig. 97b, es aparato está listo para recibir; el contacto de la derecha del manipulador está abierto, esto coloca la antena a tierra por medio de la bobina  $a$  y el primario  $i$ . Al mismo tiempo se cierra el circuito detector y se abre el primario del transformador de potencia  $T$  en el extremo izquierda del manipulador. Cuando se cierra el manipulador  $K$  se invierten estas condiciones. Estos dispositivos evitan la necesidad del chispero de seguridad ordinario y los conmutadores descritos en otros sistemas.

El detector que se usa en el sistema Stone se bosqueja en la Fig. 97b como  $d$ . Consiste de dos tubos pequeños de vidrio, uno contiene un hilo fino de platino, el otro un trocito pequeño de hija de platino; los extremos inferiores se sumergen en una solución diluida de ácido sulfúrico que se encuentra en un vial pequeño. La conexión externa con el hilo fino y la hoja se hace con

mercurio en la parte superior de los tubos y con hilos que llegan a ellos. Con el detector se usa una batería pequeña *b*, un potenciómetro y el teléfono usual *t*.

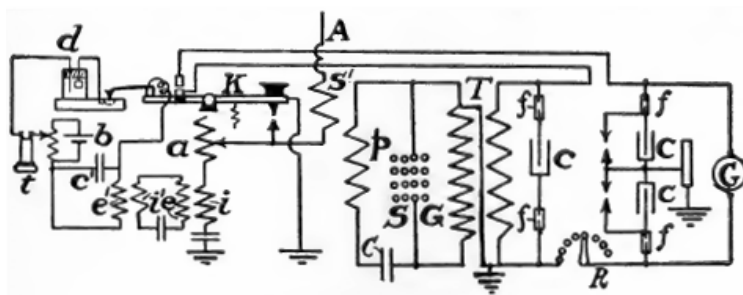


FIG. 97b. CIRCUITOS DE BAJA POTENCIA STONE.

En el sistema Stone el transformador de potencia *T* en algunas instalaciones está diseñado para dar un factor de potencia de uno en el primario con el condensador de oscilación especial. En otras instalaciones, como en la instalación de alta potencia del Navy Yard de Brooklyn, se incluyen en el secundario del transformador una bobina de carga para el factor de potencia, o un condensador de factor de potencia, o ambos para el mismo propósito. Este es un transformador de núcleo cerrado de 15 kilovatios aislado en aceite.

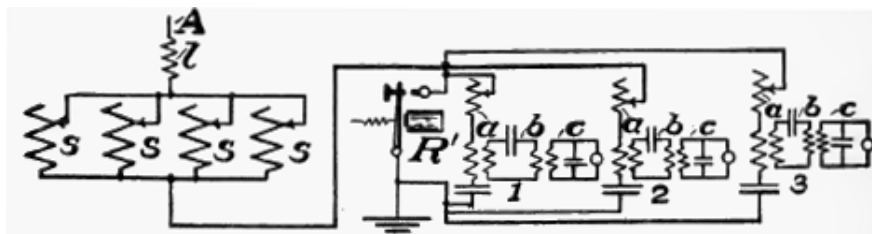


FIG. 97c. CIRCUITOS DE RECEPCIÓN MÚLTIPLE.

En dicha instalación del Navy Yard de Brooklyn del sistema Stone la potencia se suministra con un motor generador de 110 voltios, 60 ciclos de 15 kilovatios. En esta instalación se emplea un dispositivo de “apertura” de 48 contactos, cada contacto de  $\frac{1}{8}$  de pulgada de longitud en el circuito de alto potencial o secundario del transformador. En esta estación hay 8 circuitos oscilantes de transmisión múltiples, que se corresponden con *s p s'*, Fig. 97a, y tres circuitos receptores cada uno corresponde con *a b c* en la Fig. 97c. En la Fig. 97c se muestran tres circuitos receptores 1, 2, 3 conectados a la antena para la recepción triplex simultánea. *A* es la antena, *l* es la bobina de carga y *s* los secundarios de los transformadores oscilantes *T'* de la Fig. 97a. *R'* es el relé pony, preparado para recibir, *a* representa el primario, *b*, el secundario o circuito de enlace; *c* el terciario de los circuitos receptores respectivos 1, 2, 3. Según Mr. Stone por medio de este montaje se han recibido simultáneamente 3 mensajes en la instalación del Navy Yard de Brooklyn, uno de una estación en Cape Cod, otra de la estación gubernamental de Fire Island, y el tercero de un barco en el puerto de Nueva York. Cada uno de estos circuitos múltiples está sintonizado a la longitud de onda de las señales deseadas. Hay numerosas instalaciones del sistema Stone en los Navy Yard de los Estados Unidos y en barcos de guerra.

#### SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO DE SHOEMAKER.

Los dispositivos debidos a H. Shoemaker cubren un amplio rango de circuitos y aparatos para la telegrafía inalámbrica.

Uno de los primeros montajes del Sr. Shoemaker es un oscilador que consiste de dos bolas conectadas con la bobina de inducción usual. Estas bolas están separadas por otras dos bolas, estas últimas dentro de una caja que contiene un gas dieléctrico a alta presión. Este montaje, según se afirma, evita el retardo de la chispa en aceite. El cohesor que se usa en este sistema consiste de un tubo que contiene las limaduras. Inmediatamente encima de las limaduras se

encuentra una bolita de hierro en un receptáculo adecuado. Encima de la bolita se encuentra la pieza polar de un electroimán controlado por el relé del circuito del cohesor. Los movimientos de esta bolita sobre el tubo provocados por el electroimán es suficiente para descohesionar las limaduras.

Otro dispositivo de Mr. Shoemaker consiste de un receptor que comprende una pluralidad de placas en relación inductiva una con otra, y los medios para cargar permanentemente estas placas, junto con un circuito microfónico operado por las placas.

Mr. Shoemaker ha diseñado también un repetidor telegráfico inalámbrico que consiste de un detector y un relé controlado por él; un circuito controlado por el relé que aísla al cohesor y cierra simultáneamente el circuito; también los medios para restaurar el cohesor y para generar la energía retransmitida. Ver patente U. S. No. 718.535.

Sin embargo, el trabajo más importante de Mr. Shoemaker ha estado relacionado con la compañía International Wireless Telegraph, cuyos circuitos transmisor y receptor se muestran teóricamente en la Fig. 98a. El circuito transmisor se muestra a la izquierda, el circuito receptor está a la derecha de la figura. La energía radiada proviene de un generador D que entrega 110 voltios, que se elevan a 25.000 voltios con el transformador T. Esta F. E. M. carga una capacidad C, que se descarga en el circuito oscilante cerrado S, C, L, y de aquí a los hilos de antena A A', que pueden ser dos o más (que no se unen en la parte superior), por medio de los espacios  $b'$  b, separados por 0,03 pulgadas, similar a los que emplea el sistema De Forest (Fig. 83).

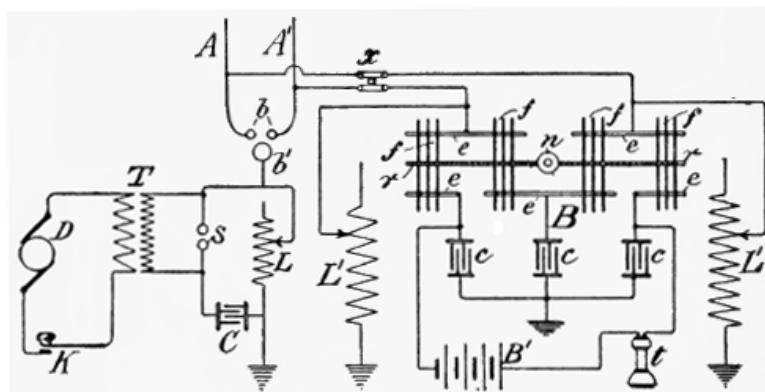


FIG. 98a. CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR DE SHOEMAKER.

Mr. Shoemaker ha encontrado que depende mucho de la forma de energía transmitida, y ha obtenido los mejores resultados con una capacidad C grande y una inductancia L pequeña. La capacidad C consiste de varias botellas de Leiden, preparadas en múltiple. Estas botellas se describen en el Capítulo XIV. La inductancia L está en serie con la antena. Consiste de cinco espiras de tubo de cobre, de 0,15 pulgadas de diámetro, bobinadas alrededor de un tambor o carrete formado por dos piezas gruesas de caoba, que se mantienen separadas por barras de ebonita de 6 pulgadas de largo. El tubo se encuentra en ranuras en las barras de ebonita, y cada espira está separada por un espacio de aire de una pulgada. Las varillas de descarga, que son ajustables, están en el centro del carrete, el chispero está en medio del carrete. El contacto ajustable, indicado por la flecha, es fijo lateralmente, pero se puede mover verticalmente. El carrete puede girar, y el ajuste se obtiene girando el carrete hasta que se obtiene la inductancia deseada. En la práctica se usan 2,5 espiras de tubo. Se puede desconectar el circuito transmisor del circuito receptor mediante el conmutador x, que está incluido en la caja que contiene al detector. El receptor también está separado del sistema transmisor por medio de las pequeñas separaciones de aire  $b'$  b. El hecho que en los sistemas que emplean circuitos oscilantes sintonizados el potencial al pie del hilo vertical sea virtualmente cero hace que no sea necesario tomar precauciones extras. Esto se sigue de los experimentos del oscilador de Hertz. Por razón opuesta, en la que hay que incidir, es muy necesario el aislamiento hacia el extremo superior del hilo. El manipulador K es del tipo Morse, pero algo más grande que el ordinario, y dispone de puntas de contacto de platino muy gruesas, que se abren al aire. Se han probado puntas de





por los tubos para enfriarlos y eliminar el aire ionizado en el chispero. S es un conmutador de dos polos y dos circuitos para colocar la antena directamente a tierra, cortando todos los aparatos, como en la figura, durante las tormentas eléctricas; *a* es un protector de rayos. A es una antena de aro, *v* es un condensador variable de sintonía en el circuito oscilante de recepción, variable entre cero y 0,001, 0,002 o 0,003 microfaradios; *c* es un condensador fijo de 0,001 a 0,003 microfaradios, su función principal es impedir cortocircuitar el receptor telefónico *t* vía la bobina de sintonía *l*. S' S' son partes de un conmutador, más o menos común a todos los sistemas inalámbricos, por medio del cual se mantienen separados eléctricamente los circuitos transmisor y receptor. En la figura el sistema está en recepción, por tanto el circuito primario del transformador de potencia T está abierto por S'. K es un manipulador Morse que abre directamente el circuito primario sin que salten chispas perniciosas en las estaciones de baja potencia. Para las instalaciones de 10 o 15 kilovatios se utiliza el dispositivo de transmisión de la Fig. 98c. Este consiste de las inductancias *a a'*, *b b'* bobinadas en modo diferencial, el manipulador K se inserta en la armadura *b*. Cuando se abre el manipulador se reduce la impedancia de la bobina *b'* que reduce el flujo de corriente por debajo del punto de ruptura del chispero. Cuando se cierra el manipulador se neutraliza la impedancia de una bobina con la de la otra bobina y fluye la máxima corriente. Una ventaja de este dispositivo es que el manipulador abre un circuito donde la fuerza de la corriente es pequeña. Por ejemplo, en la Fig. 98c, si la corriente normal de salida son 100 amperios la corriente que fluirá en las bobinas *a* y *a'* será de 50 amperios; en las bobinas *b b'*, 25 amperios. Se observa que un reóstato de alta resistencia *r*, en puente con el manipulador K elimina las chispas en sus contactos. El Sr. Shoemaker ha observado una característica curiosa de este dispositivo, aparentemente debida al efecto auto-transformador. Por ejemplo, con el manipulador abierto, entre *b'* hay 220 voltios y entre el manipulador K 440 voltios.

El detector Shoemaker consiste de una pequeña varilla de cinc y un hilo fino de platino que se sumerge en una solución diluida de ácido sulfúrico en una pequeña copa y equivale en algunos aspectos a una pequeña batería primaria. El hilo fino de platino está sellado en un tubito de vidrio. Por conveniencia de manejo se incluye una cubierta en la copa con agujeros por donde pasan la varilla de cinc y el tubito de vidrio hasta el electrolito. Se hacen las conexiones al circuito oscilante por medio de grapas en la cubierta de la copa. La punta de vidrio del hilo de platino debe estar sumergido  $\frac{1}{16}$  de pulgada en la solución.

Durante el funcionamiento, si las señales que llegan se vuelven débiles probablemente se debe al quemado del hilo fino del detector por las oscilaciones fuertes de estaciones potentes cercanas, o por fuertes descargas atmosféricas. Cuando ocurre esto se debe retirar la punta de vidrio de la copa y rasparla por medio de una piedra de afilar que se dispondrá para este propósito, hasta que el hilo está de nuevo al nivel del extremo del tubo de vidrio, no es necesario que sobresalga de él. El hilo debe mantenerse escrupulosamente limpio de polvo y grasa. La varilla de cinc debe mantenerse bien amalgamada con mercurio, para lo cual debe retirarse, limpiarse, y si es necesario re-amalgamarla cada dos o tres días. Con este detector, que es bastante sensible, no se requiere una batería externa. Actualmente, en las instalaciones del sistema Shoemaker se usa este detector en vez del detector de carbón mostrado en la Fig. 98a.

Actualmente hay unas 70 instalaciones del sistema Shoemaker en tierra y a bordo en diversas partes del mundo, abarcando una potencia entre 1 kilovatio y 10 kilovatios.

## EL SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO MASSIE

ESTE sistema, debido a Mr. Walter W. Massie, está instalado en varios vapores que navegan entre Nueva York y Fall River, Massachussets; Providence, R. I.; Nuevo Londres y New Haven, Connecticut. También hay estaciones comerciales equipadas con el sistema Massie en Block Island, R. I.; Point Judith, R. I.; Wilson Point, Connecticut; Cape May, N. J., y otros sitios. La Armada de los Estados Unidos y el Cuerpo de Señales de los Estados Unidos también han adquirido varios equipos para uso en estaciones costeras.

En las Fig. 1, 2 y 3 se muestran esquemáticamente los aparatos y circuitos transmisor y receptor de este sistema. En la Fig. 1 A es el hilo vertical, *a* es un chispero de seguridad. S es el chispero que se encuentra en una caja de micanita, que tiene una mirilla, a través de la cual se

puede ver la chispa. Alrededor de la caja de micanita se encuentra una bobina en espiral (Fig. 6). La inductancia se puede variar a voluntad para obtener la sintonía moviendo los clips o cuchillas  $c'$   $c'$ . La capacidad usual  $C$  del circuito oscilante consiste de varias placas de vidrio cubiertas con estaño. (Fig. 6) El transformador de potencia  $T$  es para corriente de 60 ciclos a 110 voltios, de un motor generador  $G$ , que se transforman a 40.000 voltios en los terminales del secundario. La potencia de las estaciones Massie varían entre 2,5 kilovatios, o menos, hasta 15 kilovatios, dependiendo de la distancia que han de cubrir.  $K$  es un manipulador de transmisión Morse del tipo de telegrafía, usado directamente en el circuito primario de las estaciones de baja potencia. En las estaciones de alta potencia, para no quemar los contactos, se hace que el manipulador accione magnéticamente un interruptor en aceite en el primario del circuito del transformador; no mostrado.

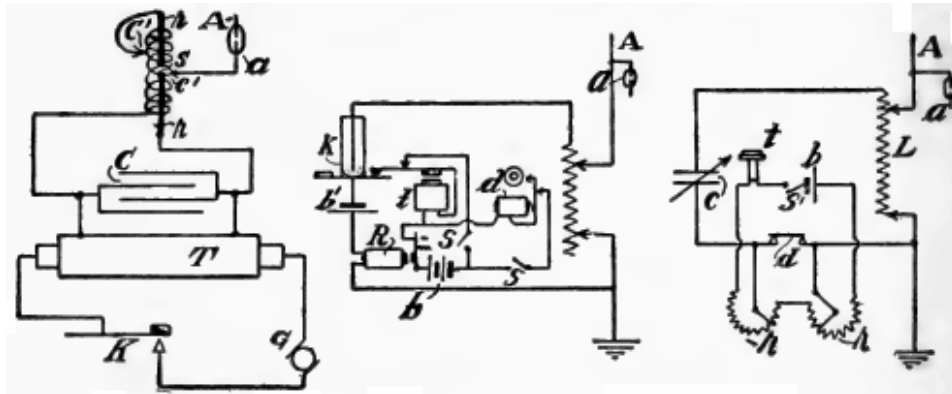


FIG. 1, 2, 3. – CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR MASSIE.

Para impedir el calentamiento del chispero del transmisor las varillas  $r$   $r$ , Fig. 1, se hacen de tubo de cobre y se fuerza el paso de aire por ellas; la acción expansiva del aire enfría los terminales de las varillas. Además, el aire elimina el aire caliente e ionizado cercano al chispero, lo que conlleva una mayor estabilidad de funcionamiento del chispero. El aire expandido escapa a través de la inductancia tubular, lo que reduce su temperatura y aumenta su eficiencia. El aire comprimido entra en las varillas del chispero y la inductancia por medio de válvulas de aguja.

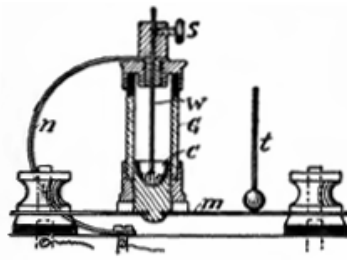


FIG. 4. – COHESOR DE LIMADURAS.

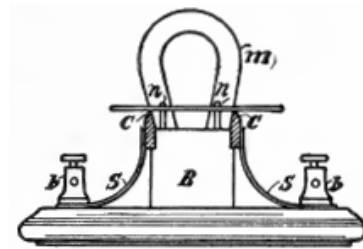


FIG. 5. – DETECTOR DE ACERO-CARBÓN.

En la Fig. 2 se bosquejan los aparatos destinados para una alarma o circuito de llamada. El detector  $K$  es un cohesor de limaduras sensible;  $R$  es el relé usual,  $b$  es la batería para el golpeador  $t$  y el timbre de llamada  $d$ ,  $b'$  es la batería del cohesor,  $s$   $s'$  son interruptores pequeños. Se emplean condensadores y resistencias (no mostrados) para evitar las chispas en los relés y otros contactos.

La Fig. 3 representa el montaje y aparatos de los circuitos que se emplean para recibir los mensajes regulares. Un detector microfónico  $d$ , que se describirá seguidamente, se conecta en serie con la antena en la figura. Un condensador variable  $C$  y una inductancia  $L$  forman el aparato de sintonía. Un teléfono  $t$  bobinado para 1.500 ohmios, y la batería local  $b$  están en puente con el detector.  $S'$  es un interruptor pequeño para abrir y cerrar el circuito telefónico cuando se desee; se puede regular la fuerza de la corriente con las resistencias  $r$   $r$ .

En la Fig. 4 se muestra por separado el cohesor de limaduras Massie,  $m$  es una cinta flexible de latón que sujeta un tubo de vidrio  $G$  y una copa plateada  $C$ , dentro del tubo.  $W$  es una aguja

magnetizada cuyo extremo inferior se extiende hasta las limaduras. Se mantiene en su posición con el tornillo S. La aguja forma parte del circuito oscilante cohesor. Las limaduras de hierro se mantienen por la fuerza atractiva de la aguja, y normalmente están separadas por una película de aire de la masa de limaduras no magnéticas en la copa. Este montaje general parece facilitar la cohesión y descohesión de las limaduras al proporcionar un camino más corto para las corrientes oscilantes sobre la superficie de las limaduras hasta la pared de la copa. Por esta razón no se cohesiona toda la masa de las limaduras, sólo las limaduras de la superficie. Las limaduras se descohesionan con el golpeador *t* que sacude la cinta de soporte *m*. La resistencia del cohesor va desde 50 ohmios en normal hasta 1 ohmio cuando está cohesionado, permitiendo usar por tanto un relé de baja resistencia relativamente más barato.

En la Fig. 5 se muestra el cohesor acero-carbón de Massie llamado oscilofono. Una aguja de acero se apoya sobre los bloques de carbón C C (un compuesto de carbón y parafina) con bordes afilados, sostenidos en unos encastres en una base aislante B por las tiras metálicas S S, que conectan eléctricamente los carbones con los terminales *b b*. Un imán de herradura *m* mantiene firmemente la aguja sobre los postes no metálicos *n n*, impidiendo por tanto que la aguja se deslice o ruede de los carbones. La resistencia de poste de sujeción a poste de sujeción de este detector microfónico normalmente es de 40.000 ohmios, que cae a 1.000 ohmios cuando se reciben oscilaciones. Se descohesiona automáticamente.

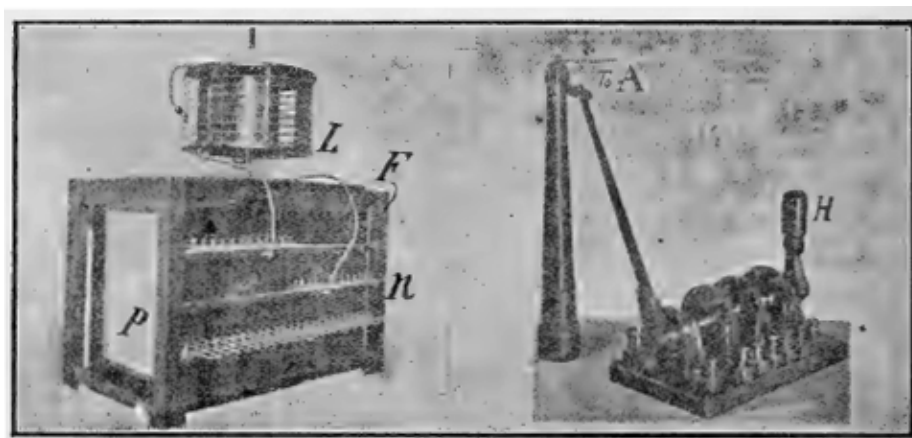


FIG. 6, 7. – APARATO TRANSMISOR MASSIE Y CONMUTADOR DE CONTROL.

Como ya se sabe la sintonía de un circuito varía más o menos cuando se introduce una resistencia cambiante en el circuito oscilante como el detector microfónico, en algunas instalaciones del sistema Massie se utiliza un detector del tipo magnético que posee una resistencia pequeña y fija.

Las placas de los condensadores referidos se pueden ver en la Fig. 6, dentro del marco F, donde se encuentra el chispero y la inductancia L. Se puede variar el número de placas en uso por medio de los puentes o clips *n*. Para evitar o reducir las pérdidas debidas a la descarga en corona en los bordes de las placas, parte del vidrio no cubierto con la hoja de estaño está pintado con barniz de asfalto.

Normalmente el cohesor de limaduras está conectado con el hilo vertical para recibir las llamadas. Por tanto no es necesario que el operador mantenga continuamente el receptor telefónico en el oído. Cuando se recibe una llamada se conecta el receptor microfónico al circuito y se desconecta el cohesor de limaduras. También, cuando se desea transmitir un mensaje, se desconectan ambos circuitos detectores y el circuito transmisor sólo está conectado con la antena. Estas operaciones de conmutación se hacen moviendo el mango H de un conmutador de control S, Fig. 7, cuyos contactos están diseñados para que no sea posible conectar ninguno de los circuitos receptores con el otro o con el circuito transmisor al mismo tiempo.

## EL SISTEMA SÍNCRONO MUSSO.

Este sistema, invención del Signor Guisippe Musso, es un sistema telegráfico síncrono, diseñado principalmente para ser operado en conexión con aparatos telegráficos inalámbricos. Consiste en esencia de un volante o disco en una estación transmisora, de la forma común a otros sistemas telegráficos síncronos. Sin embargo, normalmente como otros sistemas transmite en Morse con el método de punto y raya, o, si se imprimen las letras en la estación receptora, se imprimen en una cinta de papel –no es un método muy satisfactorio para el uso público. En el sistema Musso se pretende imprimir el mensaje en una página. No es difícil comprender el principio de este sistema síncrono.

En cada estación hay un volante  $W$ , que gira sobre un eje  $S$  y mueve un mecanismo de relojería, indicado con  $S'$ . Debajo de esta rueda hay un disco de goma dura estacionario  $D$ . En la superficie de la goma dura se insertan un par de anillos de cobre  $c c$ . A intervalos regulares en estos anillos se encuentran unos agujeros  $h h$ , uno para cada pulsador de un teclado. Unos hilos  $w w$  van desde estos anillos al primario  $p$  del circuito oscilador. En el lado inferior del volante se encuentra un borde metálico  $v$ . Este borde es lo suficiente ancho para abarcar el espacio entre los anillos  $c c$ , pero sin tocarlos. Cuando se pulsa una tecla  $K$  del teclado, se eleva su palanca  $l$ , con sus brazos  $a a$ , que se acercan más tarde entre sí con un muelle  $s'$ . Los extremos de los brazos pasan por los agujeros y se mantienen en esa posición hasta que pasa sobre ellos el borde  $v$ , y una vez que ha pasado los separa para que caigan debajo de los anillos  $c c$ , retirándolos el muelle  $s$ . Al mismo tiempo el borde metálico, al contactar con los brazos metálicos de  $a a$ , cierra el circuito oscilador, permitiendo que pasen las oscilaciones al hilo de antena  $A$ . Esto es para el montaje transmisor.

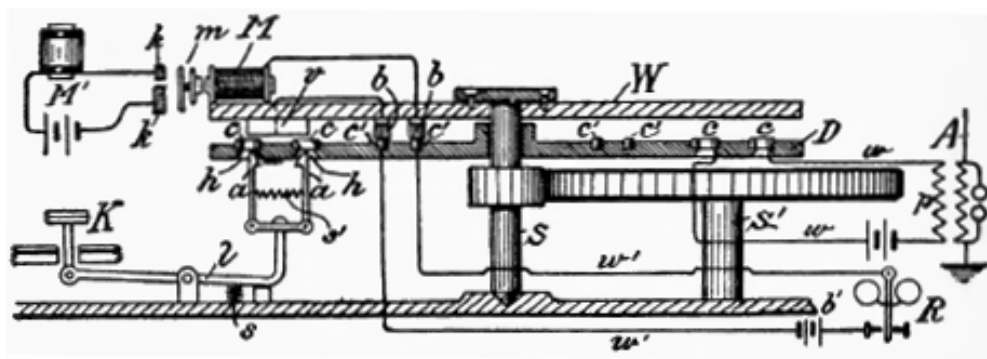


FIG. 98. SISTEMA SÍNCRONO MUSSO.

En sistema receptor está unido al mismo disco y volante. En el disco se encuentran otros dos anillos de cobre  $c' c'$ . Están conectados con los hilos  $w' w'$  a la armadura de la palanca del relé del cohesor  $R$ . Un par de escobillas  $b b$  se encuentran en el lado inferior del volante  $W$  y yuxtapuestas a los anillos  $c' c'$ , y conectadas con hilos que van a un electroimán  $M$ , que también está en el disco  $W$ , formando un circuito que controla el relé  $R$ . Concéntricamente alrededor de la periferia del volante  $W$  hay varios puntos de contacto  $k k$ , un par para cada tecla del teclado, o para cada letra u otro carácter del teclado. Cuando actúa el relé al recibir una señal el cohesor, el electroimán  $M$  permite que su armadura, que lleva un interruptor metálico  $m$ , puentee los contactos  $k k$ , cerrando por tanto el circuito del electroimán  $M'$  de una máquina de escribir, e imprima una letra.

Suponiendo que los volantes de cada estación están en sincronismo, está claro que al pulsar una tecla cuando el borde  $w$  de la estación transmisora llega a los brazos de dicha tecla, se establecerá un tren de oscilaciones, y como en ese instante las escobillas  $b b$  o el electroimán  $M$  en la estación receptora habrán llegado a los contactos opuestos de la letra que corresponde con la tecla pulsada, se imprimirá la letra o carácter deseado.

Se emplean dispositivos, no mostrados aquí, para detener y arrancar automáticamente los aparatos en ausencia de un empleado. También dispositivos mediante los cuales cualquier estación puede eliminar a todas las estaciones del mismo sistema excepto con la que se desea

mantener la comunicación. Ver patente U. S. 707.612. El Signor Musso también ha diseñado para su sistema un relé más sensible que el cohesor de limaduras ordinario, que consiste de fragmentos de magnetita y plata pura.

La velocidad de transmisión del sistema telegráfico síncrono no es muy alta, y se conoce bien la dificultad de mantener el sincronismo necesario. Se puede observar que los sistemas síncronos inalámbricos no deben contender con los efectos de “cola” debidos a la capacidad estática de las líneas, pero no hay duda que se enfrentará a otros problemas igualmente difíciles de vencer. Con una rueda o disco que gire, por ejemplo, cinco veces por segundo, y suponiendo treinta letras o contactos, la duración de la escobilla o borde en cualquier segmento será de  $\frac{1}{120}$  de segundo por revolución. A la velocidad de una revolución por segundo la duración en un segmento será de  $\frac{1}{30}$  de segundo. Es dudoso que un cohesor de limaduras y su relé puedan actuar eficientemente en este tiempo. Por tanto se tendrá que reducir la velocidad de rotación, probablemente a una revolución cada tres segundos, más o menos, que daría una baja velocidad de transmisión. El escritor no sabe de ningún sistema de cualquier sistema impresor inalámbrico o sistema telegráfico síncrono que esté actualmente en operación.

## CAPÍTULO XIII.

### SEÑALIZACIÓN POR RAYOS ULTRAVIOLETAS – TELEFONÍA INALÁMBRICA – LUZ PARLANTE, ARCO PARLANTE, ETC. – SISTEMAS DE ZICKLER, BELL, HAYES, RUHMER, SIMON, COLLINS, ARMORL.

#### SISTEMA DE TELEGRAFÍA INALÁMBRICA DE ZICKLER POR RAYOS ULTRAVIOLETAS.

APROVECHANDO el descubrimiento de Hertz que cuando los rayos ultravioletas caen sobre el chispero de una bobina de inducción se facilita la chispa —es decir, una F. E. M. que normalmente no tendría la suficiente potencia para saltar una distancia dada, lo hará cuando se proyectan rayos ultravioletas en los electrodos, el profesor Karl Zickler ha diseñado un sistema de telegrafía sin hilos por medio de estos rayos, cuyos aparatos se pueden ver en las Fig. 99, 99a.

En la Fig. 99 se muestra el transmisor. C es una caja que contiene una potente lámpara de arco *a*, que usa 54 voltios y 25 amperios con un arco de 0,39 pulgadas, los rayos que salen normalmente por la apertura *w*, se encuentran ante un obturador compuesto de una o más placas de vidrio. Se usa el vidrio debido a que deja pasar los rayos de luz ordinarios, pero es opaco a los rayos ultravioletas más cortos. El obturador se puede operar neumáticamente, igual que los aparatos fotográficos. La caja C se puede ajustar en plano horizontal o vertical, para que los rayos que salen por la abertura en la caja se puedan dirigir fácilmente hacia la estación receptora. Para dirigir los rayos se emplea un espejo cóncavo o dos lentes convexas en el transmisor, o se puede usar una combinación de ambos, como se muestra en la Fig. 99, en *l* y *q* respectivamente.

El receptor se bosqueja en la Fig. 99a. Comprende una caja tubular de vidrio G, donde se encuentran dos electrodos *d* S, enfrentados entre sí y sujetos en las posiciones mostradas por la caja de vidrio, donde están fundidos. El electrodo S es una esfera, de unas pocas décimas de pulgada de diámetro; *d* es un disco metálico pequeño. La caja está cerrada herméticamente con una placa de cuarzo *q'*, que es transparente a los rayos ultravioletas. Un tubo metálico *t*, que tiene una abertura cónica *t'*, se encuentra sobre la caja de vidrio, como se indica. En el extremo izquierdo de *t'* hay otra lente de cuarzo *l'*. R es un tornillo con el que se puede ajustar el tubo para que los rayos de luz del transmisor salgan en forma de un punto pequeño ovalado de luz sobre el disco, que se encuentra con el ángulo adecuado para reflejar los rayos sobre la esfera S.

En la Fig. 99a se muestran también las conexiones eléctricas del receptor. Los terminales de los electrodos se conectan al secundario de una bobina de inducción pequeña I, que da una chispa de 0,3 a 0,6 pulgadas, ajustable con la resistencia *r*; *b* consiste de dos acumuladores pequeños que proporcionan una corriente de 1,5 amperios; S se conecta al polo positivo, *d* al polo negativo. Se ajusta la resistencia *r* para mantener la F. E. M. justo por debajo del punto de chispa, pero saltan las chispas cuando caen los rayos ultravioletas sobre los electrodos. Se pueden poner en el circuito secundario un cohesor, un relé ordinario o un teléfono para indicar el paso de las chispas entre los terminales.

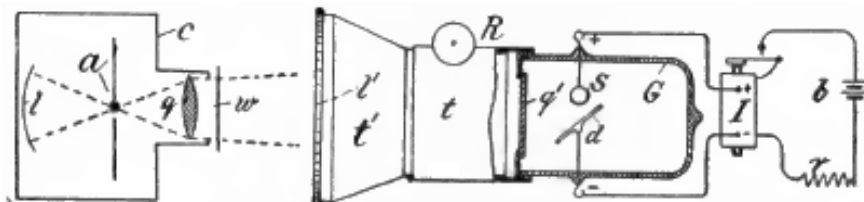


FIG. 99.  
TRANSMISOR ZICKLER.

FIG. 99a.  
RECEPTOR ZICKLER.

El funcionamiento es virtualmente el siguiente: Se abre y cierra el obturador de la estación emisora, permitiendo por tanto que pasen los rayos ultravioletas a intervalos que correspondan, por ejemplo, a los puntos y rayas del código Morse. Estos rayos ultravioletas llegan al disco *d*

haciendo saltar las chispas como se ha dicho antes, y a intervalos que corresponden con la apertura y cierre del obturador de vidrio en la estación transmisora.

En otros experimentos relacionados con el sistema Zickler se aprovecha de otro descubrimiento de Hertz, la longitud de la chispa cuando está iluminada y no iluminada por los rayos ultravioletas aumenta hasta un cierto punto cuando se reduce la presión de aire en el chispero, y por tanto se reduce la presión de aire en el tubo de vidrio.

La distancia a la que hasta ahora se han transmitido señales con ondas ultravioletas ha sido muy limitada, seiscientas o setecientas yardas; pero el profesor Zickler espera aumentar considerablemente esta distancia. Sin embargo, otros experimentadores apuntan que debido a la rapidez con que son absorbidos estos rayos ultravioletas en una atmósfera húmeda no creen que con este sistema se supere alguna vez una distancia de una milla.

#### FOTÓFONO DE BELL O LUZ PARLANTE.

Los sistemas o aparatos con los que se hace que las ondas luminosas o la lámpara de arco reproduzcan la voz articulada se han llamado “luz parlante” o “arco parlante” respectivamente. Se darán ejemplos de ambos.

El fotófono es un dispositivo debido a Alexander Graham Bell, el inventor del teléfono, con el cual se transmite la voz mediante ondas de luz. El principio se muestra esquemáticamente en la Fig. 100. Un haz de luz se concentra por medio de una lente  $l$  sobre un pequeño espejo cóncavo, que se encuentra en el centro exacto de un diafragma adecuado cerca de la boquilla  $P$ . Los rayos reflejados se dirigen sobre la estación receptora con una lente convexa doble  $l^2$ .

En el sistema receptor se utiliza la propiedad del selenio por la que varía su resistencia eléctrica bajo las fluctuaciones de la luz.  $S$  es una célula de selenio, colocada en el foco de un reflector parabólico  $l^2$ . La célula es parte de un circuito local con un receptor telefónico  $t$  y una batería  $b$ . Por tanto cuando llegan los sonidos a la boquilla el diafragma vibra en consonancia con ellos, esto causa variaciones en los rayos que se reflejan en  $P$ , estas variaciones a su vez se repiten en la célula de selenio. Por tanto se crean variaciones en la resistencia del circuito local, con el resultado que se reproducen en el teléfono los sonidos que han llegado a la boquilla.



FIG. 100. FOTÓFONO DE BELL.

La célula de selenio consiste de hilos de platino en forma de rejilla, cuyas dos secciones no se tocan, están conectadas por el selenio, los hilos y el selenio juntos forman parte del circuito con  $b$  y  $t$ ; Por tanto las variaciones rápidas de la resistencia del selenio se detectan fácilmente en el teléfono. Una célula que el autor conoce va desde 300.000 ohmios en la oscuridad hasta 75.000 ohmios iluminada, una relación de 4 a 1. El rango de otros tipos va desde 500.000 hasta 25.000 ohmios, y otras que se describirán, como la célula de Ruhmer, todavía son más eficientes. Giltay sugiere desconectar la célula de selenio por medio de un interruptor antes de abrir el circuito telefónico, para evitar que la extra-corriente cortocircuite a la célula.

#### RADIOFONO HAYES-CRAM.

Este sistema, de los Sres. Hayes y Cram, de Boston, Massachussets, ha estado en funcionamiento en este país desde 1900, y tal vez antes, para distancias cortas. Los inventores han mostrado diversas variantes de este dispositivo, una de las cuales se muestra en la Fig. 101.

Esta figura comprende los reflectores parabólicos  $l$   $l'$  uno frente al otro; un arco luminoso  $a$  en el foco de  $l$  ( $a$  se conecta con los hilos  $w'$   $w'$  al generador  $D$ );  $M$ , un transmisor microfónico en paralelo con el arco por medio de los hilos  $w$   $w$ . En el foco del reflector receptor  $l'$ , hay una sustancia extremadamente sensible al calor. En este caso se usa una pequeña cantidad de material fibroso carbonizado.  $T$  es un bulbo de vidrio pequeño o tubo donde se encierra el



material carbonizado. El tubo se sella en el reflector; fuera de él el tubo está abierto y se conecta con un tubo de goma a las puntas auriculares *e*. Cuando se habla ante el transmisor M, se modifica la corriente que pasa por el arco según las variaciones de la resistencia en el circuito paralelo, y se obtienen las variaciones correspondientes en la luz del arco. El reflector *l* reproduce estas variaciones, aunque son tan diminutas que no son visibles al ojo, y se transmiten al reflector *l'*, que las enfoca sobre el material carbonizado S, y los sonidos se corresponden con los pronunciados ante el diafragma del transmisor M.

En otro montaje de este sistema los inventores montan un transformador entre el micrófono y el circuito de la lámpara de arco, y en el reflector receptor colocan un dispositivo sensible al calor, como el selenio. Sin embargo, en la práctica el receptor usado consiste del material mencionado, y la distancia máxima a la que se ha transmitido la voz con este dispositivo es de dos millas.

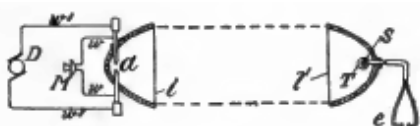


FIG. 101.

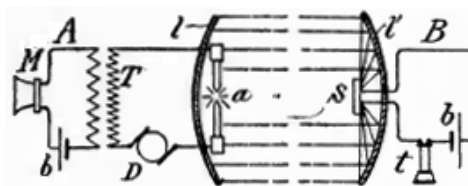


FIG. 102. LUZ PARLANTE DE RUHMER.

### EL TELÉFONO FOTOELÉCTRICO DE RUHMER.

Este es otro sistema de “luz parlante”, debido al Sr. E. Ruhmer, que sigue en cierto modo las líneas del fotófono de Bell. El sistema se bosqueja esquemáticamente en la Fig. 102, donde A es el emisor y B la estación receptora. M es un transmisor microfónico con su batería *b* y la bobina primaria del transformador T, cuyo secundario está en serie con la dinamo D que genera la corriente para la lámpara de arco *a*. Una lente cilíndrica *l* dirige los rayos de la lámpara a la lente *l'* hacia B, donde se enfocan los rayos recibidos sobre una célula de selenio S por medio de la lente *l*. En el circuito de S está el teléfono *t* y la batería *b*.

Al igual que en los sistemas análogos que se acaban de describir, la acción de este sistema se debe al efecto modificador del micrófono sobre la corriente del circuito del arco, que produce varios grados de iluminación del arco, que se detectan con la célula de selenio sensible en la estación distante, dando por resultado la reproducción de la voz en el teléfono *t*.

La distancia a la que Ruhmer ha conseguido transmitir la voz por medio de su “luz parlante” es de ocho o diez millas. En sus pruebas emplea un transmisor microfónico muy sensible, que usa de 6 a 8 voltios en su circuito local. Según Ruhmer hay que ajustar con cuidado el grado de iluminación del arco para que se adapte mejor a la célula de selenio y mantenerlo durante la operación. Para distancias superiores a cuatro millas usa una F. E. M. de 62 voltios y una corriente de 14 amperios.

La célula de selenio diseñada por Ruhmer para este servicio consiste de un tubo de vidrio de 0,8 pulgadas de diámetro y 1,7 pulgadas de largo, sobre el que se bobinan dos hilos finos de platino, y entre los intersticios se coloca una película de selenio. El selenio actúa como dieléctrico entre los hilos, que los separa entre sí, y como estos hilos forman parte del circuito local telefónico, la resistencia de este circuito varía con la del selenio. Dando a la célula de selenio una forma cilíndrica se obtiene una gran uniformidad de la luz que cae sobre ella, lo que es deseable. Para asegurar la uniformidad de condiciones que rodean la célula esta se encierra en un tubo de vidrio al vacío. La célula de Ruhmer descrita tiene una resistencia en la oscuridad de 120.000 ohmios, que cae a 1.500 ohmios ante una luz brillante. Además esta célula tiene la propiedad de variar su resistencia de forma prácticamente instantánea, como un buen auto-cohesor —es decir, tiene una baja constante de tiempo.

Es obvio que las señales telegráficas ordinarias se podrían transmitir usando un relé sensible en vez del receptor telefónico, en cuyo caso es presumible que se podría aumentar la distancia de señalización. La máxima distancia a la que es visible la luz de potentes focos es de unas treinta millas.

## EL ARCO PARLANTE DE SIMON.

El Dr. Simon descubrió en 1897 que se puede hacer que un arco eléctrico reproduzca la voz.

Hay varias formas para conseguir esto. Uno de los métodos más simples es el de la Fig. 103. Aquí,  $a$  es una lámpara de arco;  $R$   $R'$  son resistencias;  $n$   $n'$  son inductancias;  $C$  es un condensador entre el arco;  $B$  es una batería o dinamo;  $M$  es un transmisor microfónico. Cuando se habla ante el transmisor los sonidos articulados se reproducen en el arco. Para obtener el sonido más fuerte el arco debe ser largo. Se han usado con ventaja arcos de 3,9 pulgadas de largo.

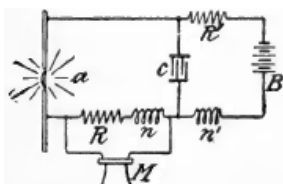


FIG. 103. ARCO PARLANTE DE SIMON.

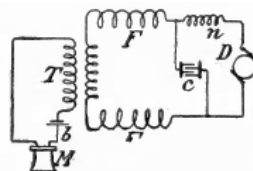


FIG. 104.

En la Fig. 104 se muestra otro montaje similar, con el cual las variaciones de corriente creadas por la voz en el circuito primario de un transformador  $T$  se aplican al circuito de campo magnético  $F$   $F$  de una dinamo  $D$ , con el resultado que todas las lámparas de arco del circuito reproducen las palabras que se hablan ante el transmisor  $M$ . Se ha sugerido que con un montaje de este tipo se podría montar un altavoz para una audiencia de gran tamaño mediante la disposición adecuada de las lámparas.

Simon ha experimentado también con una variante de la luz parlante de Bell, usando como receptor una célula de selenio  $S$ , Fig. 105, en serie con una inductancia  $n$  y una batería  $B$ , y un condensador  $C$  en paralelo con la célula  $S$  y el receptor telefónico  $t$ . Para el transmisor usa un arco donde el carbón positivo tiene 0,195 pulgadas y el negativo 0,117 pulgadas de diámetro, alimentado por una corriente de 3 a 5 amperios. Para los mejores resultados el arco debe ser muy pequeño. Con este dispositivo se ha transmitido claramente la voz hasta 1,5 millas.

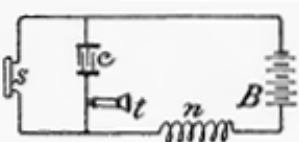


FIG. 105. LUZ PARLANTE DE SIMON.

Mr. R. A. L. Snyder también ha hecho experimentos con éxito con el arco parlante, usando un montaje muy similar al mostrado en la Fig. 103. Emplea un transmisor microfónico robusto, una lámpara y una bobina de impedancia  $n$  con un condensador  $C$  en paralelo, que según Snyder, su uso ayuda materialmente a la reproducción perfecta de la voz. La lámpara que usa es una lámpara de hilo caliente de Schuster, alimentada con corriente continua de 110 voltios. Snyder emplea un carbón positivo impregnado con sustancias desconocidas, para aprovecharse de que los carbones impregnados muestran una caída más uniforme a lo largo de todo el arco, a diferencia de los carbones ordinarios, entre los que hay una gran caída de potencial cerca del carbón positivo.

Como ha observado Snyder, la teoría más aceptada en general de la acción parlante del arco se debe a los cambios bruscos en la temperatura del arco, que causan rápidas expansiones y contracciones del aire caliente. El vapor de carbón del arco, al estar en un estado de alta vibración molecular, tiene un bajo calor específico. La temperatura del arco varía según el cuadrado de la corriente, y también varía casi en correspondencia con la corriente. Por tanto, cuando varía la corriente varía rápidamente la temperatura del arco y aumenta o se reduce con ella, y las variaciones del volumen de vapor que dependen de la temperatura, generan ondas sonoras en el aire que rodea al arco. (Ver Actas del A. I. E. E., Marzo de 1903).

## TELÉFONO INALÁMBRICO DE COLLINS.

Mr. A. F. Collins ha apoyado consistentemente la causa de la telefonía inalámbrica desde hace años, y durante este tiempo ha hecho numerosos experimentos para demostrar que es práctica, al menos para distancias cortas.

Sin embargo, no ha dado los detalles de sus experimentos, está pendiente de la concesión de la patente. En general, los aparatos Collins consisten de un oscilador y un cohesor unido a un timbre para llamar, y un transmisor telefónico y un receptor de construcción especial para la transmisión y recepción de la voz articulada. En algunos experimentos Mr. Collins ha usado la tierra como el medio donde se propagan las ondas eléctricas creadas por la voz. En este caso las conexiones a tierra están cerca entre sí, separadas quizás por un pie o dos. La mayor distancia cubierta hasta ahora es cerca de una milla. En otros experimentos en el puerto de Nueva York se han levantado mástiles en ferrys con hilos que terminan en el agua. Se crean oscilaciones eléctricas de baja frecuencia y las vibraciones de la voz se superponen a ellas con un transmisor microfónico, este varía las ondas eléctricas de una forma similar a la que se varía el arco parlante. Con este modo se ha enviado la voz a una distancia de varios cientos de pies entre los ferrys. El principal uso de la telefonía inalámbrica para estas distancias cortas es en tiempo de niebla.

## SEÑALES TELEGRÁFICAS INALÁMBRICAS DURANTE LA NIEBLA.

Mr. C. M. Kelway, de Londres, ha diseñado y descrito una combinación de telegrafía inalámbrica con sirenas de niebla para indicar no sólo la dirección de la que provienen las señales de niebla, sino también la distancia de la estación con la sirena de niebla. El dispositivo se basa en la velocidad del sonido, de 1.100 pies por segundo, y que la velocidad de las señales inalámbricas es prácticamente instantánea. Simultáneamente con el sonido de la sirena de niebla se envía una señal inalámbrica en una estación costera. Anotando el tiempo entre la señal inalámbrica y el sonido de la sirena se calcula fácilmente la distancia.

Para determinar la dirección de la estación con la sirena, como es casi imposible determinar la dirección de la que emana el sonido en la niebla, el plan de Mr. Kelway requiere la siguiente operación: Suponiendo que la primera señal haya mostrado que el barco se encuentra a diez millas de la sirena en una cierta dirección, después el barco navega por ejemplo tres millas en una cierta dirección y espera a otra señal. Supongamos que la distancia del barco es de siete millas de la sirena. Esto da un triángulo con los lados de nueve y siete millas y una base de tres millas, que por un simple cálculo matemático, demuestra que la sirena se encuentra directamente adelante. Para evitar el problema de tener que construir los triángulos y hacer los cálculos, el inventor ha diseñado un telémetro, que es una “combinación de tres reglas de dos pies divididas en pulgadas que representan millas, y estas pulgadas subdivididas en décimas que representan cables”, y por medio de ellas, se indica la dirección y distancia de la estación de señales sin ningún problema.

Otro inventor ha diseñado un plan por medio del cual los barcos equipados con aparatos de telegrafía inalámbricos pueden averiguar su distancia a una estación costera en medio de la niebla. La estación costera está equipada con mástiles verticales de tres alturas diferentes. Se envían las señales desde la costa a intervalos establecidos con cada uno de los mástiles de forma consecutiva. Las señales enviadas desde el mástil más alto afectará al cohesor a mayor distancia. Por tanto, si un barco capta primero una cierta señal, por ejemplo repetida dos veces, y después navega durante un cierto tiempo capta una señal repetida tres veces, es evidente que se está acercando a la estación, y viceversa.

## EL SISTEMA TELEGRÁFICO INALÁMBRICO ARMORL.

Este sistema deriva su nombre de la primera sílaba de los nombres de sus inventores, Sres. Armstrong y Orling. Difícilmente se podría incluir este dispositivo en la categoría de sistemas de telegrafía inalámbrica, pero se puede describir como un tipo de sistema de conducción.

En la Fig. 106 se muestra el montaje emisor y receptor. El receptor es un relé basado en la acción capilar de una corriente eléctrica sobre un líquido contenido en un tubo. J es una vasija llena de mercurio, en el que entra el tubo de un sifón B; el otro extremo del sifón entra en una célula *h* que contiene agua acidulada *x*. El sifón está abierto por ambos extremos. Una balanza delicada de metal *b* pivota sobre un trozo de ágata *n*. El extremo derecho de *b* desciende, como se puede ver, por debajo del sifón en *x* y prácticamente le toca. El otro extremo de *b* lleva un contacto *l* que controla un circuito local que consiste del hilo *n'*, la batería pequeña *b'*, y el electroimán de un registrador Morse I, con su bobina de papel R. El sifón también está lleno de mercurio. El polo positivo del circuito externo entra en el sifón a través de un tope en *c*, y el polo negativo de la célula *h*, como se indica. Cuando entra una corriente en el polo positivo la acción capilar hace que una gotita de mercurio pase del extremo inferior del tubo al extremo del balance *b*. Esto eleva el extremo izquierdo de la báscula, que cierra el circuito local y abre el electroimán. Cuando se presiona así el extremo derecho de *b* el mercurio cae al fondo de la célula. Se dice que este aparato es más sensible que el teléfono como receptor.

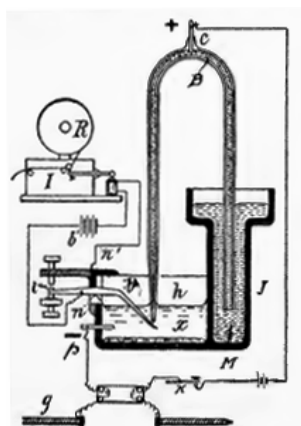


FIG. 106. SISTEMA INALÁMBRICO ARMORL.

Para la transmisión y recepción de los mensajes se insertan las picas de hierro *g* en tierra a una profundidad de dos pies y separados por quince pies. Para la transmisión, se usa un manipulador Morse K y una batería de ocho voltios, y el operador sujeta un receptor telefónico, no mostrado en la figura. En la recepción, se desconecta la batería y el teléfono. Se dice que se han transmitido señales hasta una distancia de quince millas a través de la tierra con este aparato.

Los mismos inventores han diseñado un sistema telefónico inalámbrico en el cual se sustituye el aparato transmisor de la Fig. 106 por un transmisor telefónico en paralelo con una bobina. El transmisor también está en paralelo con la porción local de tierra del circuito entre las estacas *g*. La corriente la proporciona una batería entre un terminal de la bobina o transmisor y la tierra. La función de la bobina es aumentar las variaciones de corriente. Por ejemplo, según los inventores, cuando aumenta de repente la resistencia del transmisor aumenta la corriente en la tierra del circuito local, cuyo aumento está aumentado por la descarga o "rebote" de la bobina que ocurre al mismo tiempo. En la estación distante las señales se reciben con un receptor telefónico cuyos terminales están conectados a tierra separados por una corta distancia. Los experimentos parecen indicar que la corriente no sigue un camino directo entre una estaca *g* y la otra, sino que parece que se dispersa sobre una gran área como las olas en la superficie del agua. La fase de las ondulaciones están separadas 180°. Por tanto, si se conecta a tierra un receptor donde haya una diferencia en el potencial en sus terminales respectivos, se escucharán los sonidos correspondientes a las variaciones de corriente en el transmisor.

## CAPÍTULO XIV.

### DETECTORES – INTERRUPTORES – TRANSFORMADORES – CHISPEROS – CONDENSADORES – ANTENAS – ACOPLAMIENTO FUERTE Y DÉBIL – BOBINAS DE SINTONÍA – VARIÓMETROS.

#### DETECTORES DE ONDAS ELECTRICAS.

EL término cohesor fue usado por primera vez por Sir Oliver Lodge en relación con un fenómeno descubierto por él, cuando dos electrodos metálicos están en contacto débil, las oscilaciones eléctricas en el circuito ocasionan que se cohesionen; un ligero golpe es suficiente para descohesionarlos, y más o menos vale para todos los demás tipos de detectores de ondas eléctricas. Si consideramos que varios detectores nuevos no son cohesores en absoluto en el sentido mencionado, se usan otros términos como detector magnético de Marconi, responder electrolítico De Forest, y el barretter de Fessenden, junto con los términos de auto-cohesor, anti-cohesor, etc., para indicar de forma más definida el tipo en particular de detector en cuestión. Como término genérico para todo tipo de detector de ondas eléctricas, el profesor J. A. Fleming ha sugerido la palabra “kumascopio”, de dos palabras griegas que significan “espía de ondas”. Siguiendo esta sugerencia, otros escritores han propuesto el término “kumagrama” para un mensaje inalámbrico o por ondas. El presente escritor ha propuesto más de una vez los términos “ondascopio”, “ondagrafo” y “ondagrama”, de la palabra francesa “onde” (onda) por ser descriptiva y eufónica, aunque no siempre aceptable para los filólogos.

La causa del cambio en la resistencia eléctrica de las partículas de un cohesor de limaduras cuando le actúa las oscilaciones eléctricas no se sabe con precisión. Arons y otros han investigado su acción bajo el microscopio, y han observado que cuando las limaduras están en contacto imperfecto (que tienen en ese momento alta resistencia) se hace simultáneamente un contacto perfecto cuando hay oscilaciones eléctricas. Arons ha observado que las limaduras se agitan violentamente y ha visto saltar chispas entre ellas. También ha encontrado que se destruyen los contactos después de una continua exposición a las ondas, y que los cohesores sufren de fatiga tras un tiempo, que también ha observado Marconi y otros. Se ha sugerido que el efecto mencionado es magnético, pero este punto de vista no es sostenible, ya que sustancias no magnéticas, como la escayola en polvo, también se ven atraídas bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas. La explicación generalmente aceptada es que las limaduras se atraen electrostáticamente entre sí con la suficiente presión en el caso de las limaduras metálicas para hacer caer su resistencia. Lodge considera una singular variedad de soldadura eléctrica. Con esta suposición, las limaduras deben ser pocas, la F. E. M. no debe estar muy subdividida, de poco peso, y que no se oxiden con facilidad. Se ha propuesto el aluminio por su ligereza, pero no es adecuado debido a la facilidad con que se cubre de una película de óxido, que introduce una alta resistencia que hace que el metal sea poco sensible para este uso. Las pruebas han demostrado que después haber sometido a las limaduras a una fuerte descarga y haberse cohesionado, si se someten a una descarga ligera las limaduras pierden parte de su cualidad conductora. Lodge ha mostrado que la resistencia de las limaduras parece variar directamente con la intensidad de las ondas eléctricas, y se apoya en este hecho para descohesionar las limaduras, envía ondas débiles desde una fuente momentánea disponible a través del cohesor. Otra teoría que explica dicho cambio de resistencia en el cohesor es que el aire que se sabe que existe entre las partículas, incluso aunque estén en contacto ligero, se disipa por un aumento de la tensión superficial de dichas superficies, debido a las oscilaciones eléctricas. Se ha observado que existe una cierta resistencia mínima durante el tiempo que el cohesor está sometido a las oscilaciones. Si el estado normal de equilibrio corresponde a un valor similar a este mínimo, la condición es la de un cohesor ordinario. Por el contrario, si el equilibrio es inestable, el cohesor se puede descohesionar espontáneamente, o auto-descohesionarse. M. Hurmuzesen explica esto porque la acción de las oscilaciones eléctricas produce chispas entre las limaduras metálicas, que hace que se suelden, ocasionando una coherencia real, que necesita un golpe para la descohesión. O las

oscilaciones producen una descarga en corona que oxida las partículas, y aumenta por tanto la resistencia de la cadena metálica, produciendo la anti-coherencia. Si el metal no está en una atmósfera oxidante y la cohesión no se determina por soldadura, la descarga en corona cesa con las oscilaciones, produciendo la auto-coherencia.

M. O. De Bast considera al cohesor de limaduras o polvo como un grupo de condensadores muy pequeños dispuestos en serie-paralelo (ver el montaje de las botellas de Leiden De Forest), cada par de partículas están separadas por una fina película de óxido, formando así las placas opuestas de un simple condensador de muy poca capacidad. Si la diferencia de potencial del hilo vertical es suficiente para causar una chispa en el cohesor con el que está en serie, la chispa salta de una partícula a otra, dañando en cada separación una pequeña parte de la película de óxido y haciendo contacto metálico que permite fluir a la corriente de la batería, un ligero golpe separa las partículas.

Los experimentos de Mr. Carl Kinsley han mostrado que el cohesor de limaduras bajo una F. E. M. de 2,5 a 5 voltios, dependiendo de la sensibilidad del cohesor, hay aparentemente una F. E. M. crítica para cada cohesor. Esto es igual a decir que cada cohesor posee una “figura de mérito”, una frase que se ha usado desde hace mucho tiempo en telegrafía, es decir, la recíproca de la mínima cantidad de F. E. M. o corriente a la que responderá operativamente, y esto se aplica a todos los tipos de detectores de ondas. (Ver pruebas de Fessenden, al final de esta sección.)

E. Dorn examinó varios metales bajo diferentes condiciones así como su adaptación para los cohesores, y observó que los metales nobles, platino, oro y plata, prácticamente no presentan ningún cambio de resistencia. Las limaduras de cobre a primera vista no cambian de resistencia, pero tras algunas horas se observa un ligero cambio, y en tres semanas la resistencia inicial era de 300.000 ohmios en vez de un ohmio, como en el primer momento. Entonces tras exponerlo a oscilaciones eléctricas la resistencia cae a 10 ohmios. Después de darle un golpe, la resistencia sube a 187.000 ohmios. Un diapasón reduce la resistencia a cerca de 10.000 ohmios. Algunos primeros experimentos de E. Aschkinass demostraron que el peróxido de plomo actúa como un cohesor. No parece que ocurra ninguna reacción química incluso después de una prolongada exposición a las oscilaciones. Al contrario que Dorn, observó que algunos metales nobles, como la plata, el oro y el platino, actúan como cohesor después de un fuerte agitado; además, un ligero calor tiende a restaurar los cohesores a su resistencia original, y que un cohesor caliente es “auto-restaurado”. La principal dificultad que se encuentra con los cohesores de limaduras de plata, oro y platino es su gran sensibilidad; y, como se ha citado, Marconi usa un pequeño porcentaje de plata en su cohesor para aumentar su sensibilidad.

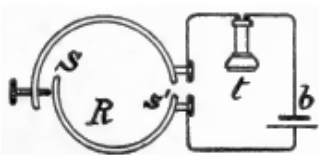


FIG. 107. RESONADOR DE TURPIN.

M. Turpin, en su obra “Ondas eléctricas”. Apunta que si en un resonador de Hertz R, Fig. 107, se hace una apertura de por ejemplo 1,2 pulgadas, independiente de la del tornillo micrométrico  $s$ , y si se coloca un teléfono  $t$  con una batería  $b$  en la apertura  $s'$ , el resonador funcionará con eficacia cuando esté cerrado. En el momento que una chispa cierra virtualmente el circuito reduciendo la resistencia del chispero  $s$  se nota el efecto en el teléfono. No son las oscilaciones las que afectan al teléfono, sino el cierre del circuito en el chispero el que varía la F. E. M. de la batería y produce así el sonido en el teléfono; esto no tan sólo proporciona un medio para estudiar las ondas, sino también proporciona un método más delicado y satisfactorio, el oído es un órgano mucho mejor para detectar las variaciones del sonido que el ojo las variaciones de la luz. Las oscilaciones emitidas por el excitador tienen un periodo muy corto del orden de billones por segundo, y el receptor, al vibrar al unísono con el excitador, tiene un periodo similar. El efecto en el micrómetro no está producido por un billón de chispas por segundo, sino por billones de variaciones de potencial por segundo. El ojo en lo que respecta a

las chispas no puede observar su extrema rapidez y las ve como un único grupo, pero de hecho cada grupo está formado por diez millones de oscilaciones. En resumen, M. Turpin añade, el teléfono en este aspecto es unas diez veces más sensible que el ojo.

Mr. F. J. Jervis-Smith afirma que el polvo muy fino de carbón, hecho de carbón de lámpara eléctrica, y colocado en un pequeño tubo de vidrio con los electrodos en punta adecuados, y en circuito con un galvanómetro de 50 ohmios, una resistencia de 8000 ohmios y una pila seca de 1,4 voltios, representa un detector muy sensible a las perturbaciones eléctricas.

La utilidad del polvo de carbón, así como otros muchos tipos de auto-cohesores, está algo limitada por que la variación en la resistencia antes y después de la coherencia es muy pequeña. Esto exige un instrumento muy sensible para detectar las variaciones. Mr. S. A. Varley fue probablemente el primero en demostrar el efecto de la alta tensión o las corrientes alternas en la rotura de la resistencia de partículas de carbón, y antes de 1870 se aprovechó de esta propiedad del carbón para crear un protector de rayos. También demostró que la resistencia del carbón se reducía con el aumento de temperatura.

Branly demostró que dos agujas de acero ligeramente oxidadas y tendidas una sobre otra actuaban como un cohesor. Fenyi observó que se podía usar una corriente muy fuerte con varios cohesores de aguja de acero en serie. Con seis cohesores de este tipo en serie se podía conectar una pila de 1,5 voltios. Si se usaban varias pilas, se debía añadir tres o cuatro cohesores por cada voltio adicional. De este modo se podían emplear corrientes de una décima de amperio. En un experimento Fenyi tenía seis cohesores en circuito con un timbre eléctrico y una pila Leclanché. Una chispa pequeña excitaba al cohesor y el timbre sonaba. La vibración del timbre descohesionaba al cohesor. Se puede usar este cohesor para anunciar tormentas distantes si se pone a tierra por un lado y se conecta a un hilo aislado de 100 a 1000 pies de largo –cuanto más largo es el hilo mejores resultados se obtienen.

Mr. R. H. Bell, de San Francisco, encontró que una simple mezcla de limaduras de plata y carbón con una cantidad muy pequeña de hierro era un excelente polvo para un cohesor. Describe otro cohesor que consistía de un micrófono en el que se sustituye un lápiz de carbón por una cinta estrecha de estaño. Se inclina el instrumento hasta que la hoja se apoya ligeramente sobre el carbón inferior. La hoja se une al lápiz superior, y se regula la presión por medio de un muelle delicado. El carbón inferior se afila hasta tener un borde afilado. Se conecta un relé de la forma usual. Se usan cinco pilas Leclanché. Se dice que se obtiene una ventaja para obtener señales claras y decisivas variando la presión sobre el carbón.

Alex. Popoff ha descrito, prácticamente como se dice, un auto-cohesor que consiste de un tubo de vidrio con electrodos compuestos de pequeñas hojas de platina solapadas una sobre otra en el tubo. Las limaduras son granos gruesos de acero con bordes agudos, y una fractura granular, preparado para poder tener superficies con varios grados de oxidación. Los granos se hacen de bolas de acero ordinario, astilladas y oxidadas. Los exteriores redondos y pulidos se cubren de una capa de óxido muy fina; las partes interiores o no pulidas se cubren de una capa más gruesa; mientras que las partes que corresponden a las escisiones están carecen casi por completo de óxido.

Mr. James Foster King ha patentado un cohesor y un sistema receptor que consiste de un tubo de vidrio al vacío donde hay dos electrodos planos de plata longitudinalmente y aislados entre sí. Las limaduras que se apoyan en estas placas, tienen un núcleo magnético de hierro, sobre la que hay una fina película de platino que resiste las chispas y también es un buen conductor, permitiendo por tanto que fluya más corriente de la que pasaría de otro modo. La parte superior del tubo de vidrio está unida a un electroimán que a su vez está conectado al núcleo de una bobina de inducción. El relé está en el hilo secundario de esta bobina, el primario de la misma está en serie con el cohesor, una batería pequeña, una bobina, y parte del hilo de antena. Cuando hay oscilaciones, las partículas se cohesionan y fluye una corriente a través del hilo primario. Esto induce una corriente en el secundario, que acciona al relé y al mismo tiempo magnetiza la pieza polar que atrae las partículas magnéticas, descohesionándolas.

El profesor G. M. Minchin ha diseñado un auto-cohesor que ha encontrado que es muy sensible, es un tubo de vidrio donde se coloca una varita de carbón de 0,5 pulgadas de largo, sostenida por dos estribos de aluminio, los extremos curvados de ellos forman una cuna donde se apoya ligeramente la varita. El hilo vertical, en cuyo extremo superior hay una gran placa, se

une a uno de los hilos de aluminio; el otro se conecta a tierra por medio de una bobina de alta inductancia pero baja resistencia. Una batería pequeña y un receptor telefónico están en paralelo con el cohesor de la forma usual. Una modificación de este cohesor consta de un tubo de vidrio en cuyo fondo se encuentra algo de mercurio. La varita de carbón se mantiene sobre los estribos de aluminio como el anterior. Se conecta un electrodo de aluminio a ambos estribos en paralelo. El otro electrodo se apoya en el mercurio. Un hilo de platino conecta la varita con el mercurio. Antes de sellar el tubo se hierve el mercurio, esto deja vapor de mercurio en el tubo. Este detector se descohesiona rápidamente con un receptor telefónico, pero como los estribos de aluminio están en paralelo deben actuar ambos ante un relé sin ningún golpe. En el montaje descrito primero el relé debe operar cuando actúa sólo uno de los contactos.

Un detector debido a M. Righi consiste de un tubo donde hay un gas a baja presión y dos electrodos muy juntos (0,039 pulgadas), en circuito con una batería cuya fuerza es justo un poco más baja que la necesaria para que pase la corriente. Cuando aparecen ondas eléctricas en su proximidad el tubo se ilumina, y la iluminación cesa con las ondas u oscilaciones. Se puede poner en circuito un galvanómetro, que volverá a cero al cesar las ondas.

M. Tissot ha diseñado un cohesor cuyo tubo está portado por la armadura de un electroimán. Cuando se acciona el cohesor la armadura de un relé polarizado cierra el circuito de dicho electroimán que atrae al tubo del cohesor, dando un pequeño choque al cohesor, y lo descohesiona. También observó que la sensibilidad de un cohesor de limaduras de hierro-níquel aumenta al colocar el tubo paralelo a las líneas de fuerza del campo magnético, que, como se había sugerido, se debe al aumento de cohesión de las limaduras. Mr. C. G. Brown describe un detector que se descohesiona con magnetismo. Usa limaduras de hierro o níquel en un tubo con electrodos de hierro. Se hace girar un imán permanente entre los electrodos, o se puede rodear con una bobina por la que pase una corriente alterna. En presencia de oscilaciones las limaduras se cohesionan de la forma usual, pero cuando cesan las ondas las limaduras se descohesionan, es evidente que el magnetismo externo separa las partículas. Mr. Brown también demostró que las oscilaciones eléctricas reducen la resistencia de un contacto vibrando. Otro escritor ha indicado la analogía entre el micrófono como un contacto imperfecto que detecta minúsculas ondas sonoras, y el cohesor como un dispositivo de contacto imperfecto para detectar las diminutas ondas eléctricas. Respecto al detector conocido como Castelli, Solari o cohesor de la Marina Italiana, se puede afirmar que este detector fue descrito por primera vez por el profesor Tommasina en una nota a la sociedad de Génova, que se publicó en "L'Elettricità", Milán, 7 de Julio de 1900, cuya nota menciona, entre otros cohesores, uno que consiste de una gota de mercurio entre dos electrodos de carbón. Mr. Gavey encontró que un lápiz afilado, ajustado y que reposa suavemente sobre un muelle de acero, con una gotita de aceite en la punta de contacto, actúa muy bien como detector. Con este receptor ha captado señales de todo tipo de longitudes de onda de estaciones en Inglaterra y Francia.

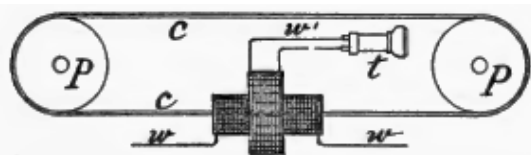


FIG. 108. DETECTOR MAGNÉTICO DE MARCONI.

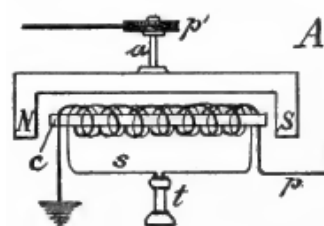


FIG. 109. DETECTOR MAGNÉTICO DE SHOEMAKER.

En la Fig. 108 se refiere la modificación del detector magnético de Marconi. P P son las poleas, de una pulgada de diámetro, accionadas por un mecanismo de relojería; c c representa la cinta de hierro que pasa a través de un pequeño tubo de vidrio sobre el que se bobinan las bobinas w w'. La banda de hierro tiene unas dieciocho pulgadas de longitud, y está hecha de varios hilos finos de hierro, cada uno de 0,005 pulgadas de diámetro, mantenidos juntos y cubiertos con un trenzado de seda o algodón, el diámetro exterior tiene cerca de un octavo de pulgada. La banda se magnetiza con dos imanes ordinarios de herradura (no mostrados en la figura), cuyos extremos están puestos holgadamente, con sus polos iguales juntos, en las



bobinas, y se ajustan sus posiciones sobre las bobinas hasta que se obtienen los mejores resultados. Las patas de los imanes tienen unas cuatro pulgadas de largo. Aunque se dice que este detector es muy sensible, los sonidos que se producen en los teléfonos son muy débiles y se necesita un buen oído para detectarlos. La experiencia del escritor con varias formas diferentes de detectores sensibles con los que se usa el teléfono indica que una buena insonorización sería un valioso accesorio al sistema receptor, ya que incluso el zumbido de un motor de petróleo en la habitación contigua tiene un efecto perturbador sobre el operador que recibe las señales. En la práctica el cohesor de limaduras y el detector magnético son intercambiables por medio de un conmutador que conecta uno u otro a la antena según se desee. En la última forma de cohesor de limaduras de Marconi los extremos internos de los tapones tienen forma de cuña, para el mismo propósito que el descrito con el cohesor Slaby-Arco. El golpeador Marconi es una bolita de latón, de un diámetro inferior a 0,25 pulgadas, que se encuentra en el extremo de la armadura; su movimiento es bastante limitado, y golpea al tubo ligeramente pero con rapidez.

Los detectores magnéticos en general se basan en el descubrimiento del profesor E. Rutherford que cuando se pone un hilo muy pequeño de hierro magnetizado en el centro de una bobina de hilo, con los extremos conectados a una antena o alas, las oscilaciones eléctricas en la bobina tienen el efecto de precipitar la desmagnetización del hierro, cuyo efecto observa Rutherford con un magnetómetro, un dispositivo similar al espejo del galvanómetro reflector de Thomson, cuyo movimiento indica un grado mayor o menor de magnetismo en su proximidad.

En la Fig. 109 se muestra otro detector magnético que emplea este principio, debido a Mr. H. Shoemaker. En este se suspende un imán permanente de un brazo o eje *a*, con los polos N S, que está unido rígidamente a la polea *p'*. Esta se hace girar con un mecanismo de relojería. Un número de hilos pequeños de hierro *c* (calibre No. 26), que forman un núcleo de 0,4 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de largo, rodeado por las bobinas primaria y secundaria *p s*. El primario consiste de una capa de hilo del No. 26 B & S; el secundario, de siete capas de hilo del No. 36 B & S. Los terminales del primario están conectados con el hilo de antena A y tierra; el secundario está en circuito con un receptor telefónico *t*. La rotación del imán alrededor del núcleo *c* produce cambios de magnetismo en el núcleo que normalmente no salen en el circuito del teléfono. Sin embargo, cuando se establecen oscilaciones en la antena los rápidos cambios de magnetismo afectan al núcleo, y estos generan corrientes en el secundario que se detectan fácilmente en el teléfono *t*. Este detector no es muy sensible, pero se ha encontrado bastante eficiente hasta distancias de 25 millas con 24 hilos verticales de 160 pies de altura.

El Dr. Lee De Forest también emplea un sensible detector magnético, basado en el principio de Rutherford, pero los detalles de él todavía no están listos para su publicación.

Otro uso del descubrimiento de Rutherford, debido al profesor J. A. Fleming, es para determinar cuantitativamente la potencia de las ondas de diferentes radiadores de onda, la eficiencia de diferentes formas de chisperos, circuitos oscilantes, etc., y el inventor da esta descripción: Un tubo de pasta de cartón de 0,75 pulgadas de diámetro y 6 pulgadas de largo está rodeado con 6 bobinas de hilo cubierto de seda del No. 40, cada una con 6.000 espiras. Las bobinas se unen en serie y tienen una resistencia de 6.000 ohmios. Dentro del tubo se colocan 8 manojos pequeños de hilo de hierro de 6 pulgadas de largo, cada manojito se compone de 8 hilos del No. 26 S. W. G., previamente bien parafinado o pintado con laca. Cada manojito se bobina uniformemente con una bobina magnetizadora formada de hilo cubierto de seda del No. 36 en una capa; y sobre esta, pero separada por una o dos capas de tejido de gutapercha, se bobina una capa de hilo del No. 26, que forma una bobina desmagnetizadora. Esta última bobina está, a su vez, cubierta por una o dos capas de gutapercha. Las bobinas magnetizadoras se conectan en serie entre sí, para que cuando pase una corriente a través de todas ellas magneticen todos los manojos en el mismo sentido. Las bobinas exteriores o desmagnetizadoras se unen en paralelo. Además de esta bobina hay un conmutador rotativo, que consiste de varios discos de fibra dura, sujetos a un eje de acero movido por un motor eléctrico a unas 500 vueltas por minuto. Hay cuatro discos, y cada uno tiene en su periferia una cinta de latón, que ocupa un cierto ángulo de la circunferencia. El sector de latón del primer disco ocupa 95 grados de circunferencia. Los sectores de latón del segundo y tercer disco ocupan 135 grados de circunferencia, y el del último disco, 140 grados. Unas escobillas de latón hacen contacto con estos discos, y sirven para interrumpir o hacer contacto eléctrico mientras giran. La función del primer disco es abrir y cerrar el circuito de las

bobinas magnetizadoras alrededor del manojó de hilos de hierro, esto aplica una corriente magnetizadora durante una porción de un periodo de rotación del disco, dejándolo magnetizado durante la porción restante. La función del segundo y tercer disco es cortocircuitar los terminales de la bobina secundaria durante el tiempo que el primer disco está aplicando la corriente magnetizadora. Se emplea un galvanómetro sensible de bobina móvil conectado con la bobina secundaria, un terminal del galvanómetro está conectado permanentemente a un terminal de la bobina secundaria, y el otro terminal se conecta a través del contacto intermitente hecho por el cuarto disco. Este disco está preparado para que el tiempo que la bobina secundaria está cortocircuitada, y mientras se aplica la corriente de la batería para magnetizar los hilos, esté abierto el circuito del galvanómetro. Durante una revolución completa la operación es la siguiente: Primero, se aplica la corriente magnetizadora de una batería de células secundarias para magnetizar el manojó de hilos, y durante el tiempo que se está aplicando esta corriente magnetizadora, se cortocircuitan los terminales de la bobina secundaria de hilo fino, y se desconecta el galvanómetro. Poco después de interrumpir la corriente magnetizadora, se abre el cortocircuito de la bobina secundaria, y un instante más tarde se cierra el circuito del galvanómetro y se mantiene completo durante el resto de una revolución. Si durante el periodo que está conectado el galvanómetro a la bobina secundaria, pasa una oscilación eléctrica a través de las bobinas desmagnetizadoras, se induce una fuerza electromotriz en la bobina secundaria debido a la desmagnetización del hierro, y causa una desviación del galvanómetro. Como la rotación del conmutador es rápida, estos impulsos producen una deflexión continua del galvanómetro que es proporcional a la fuerza desmagnetizadora que se aplica al hierro. Se puede emplear el instrumento como receptor telegráfico, o se puede usar para verificar la ley según la cual la radiación cae con la distancia. Para comparar la potencia de diferentes radiadores se deben conducir las bobinas oscilantes a dos hilos largos de conexión, o se puede conectar uno a tierra y el otro a una antena vertical. El profesor Fleming sugiere que este instrumento no sólo será valioso para el diseño de radiadores y transmisores de telegrafía inalámbrica con ondas hertzianas, sino que también para la investigación de la transparencia u opacidad de diversas sustancias ante las ondas hertzianas. El instrumento se puede hacer tan grande como se desee, pero es necesario que los hilos de hierro sean bastante pequeños, y que se ensambren en manojos pequeños. También es necesario cortocircuitar la bobina secundaria de hilo fino, como se ha descrito antes, durante la magnetización del núcleo.

El profesor R. Fessenden ha patentado recientemente un barretter líquido, que se dice que es mucho más sensible que el barretter de hilo caliente mencionado con el sistema inalámbrico de Fessenden. Se han descrito varios detectores de este tipo. Uno consiste de una pequeña copa en cuyo centro interior se coloca un diafragma de vidrio. Se hace un agujero pequeño en el centro del diafragma, y se hace pasar por el agujero un tubo capilar, que tiene un diámetro interior de 0,003 pulgadas, y se cementa, después se apartan los extremos del tubo hasta que están nivelados con el diafragma. La copa se llena con una solución líquida, y el diafragma forma una partición entre dos porciones de la solución, estas porciones están separadas excepto por la fina columna de líquido en el tubo capilar, y esta columna forma el barretter. Un hilo pequeño de platino conectado con el hilo vertical se extiende hasta la porción superior de la solución, y un hilo similar de platino conectado con tierra entra en la parte inferior de la solución a través de la copa; o puede estar conectado al circuito secundario de un transformador. Otra forma de barretter líquido consiste de una fibra diminuta, p. ej. una hebra de algodón, que se usa como el bucle de un barretter, el líquido sube por la fibra por capilaridad. El profesor Fessenden ha observado que líquidos como el carbonato de sodio y el nitrato de potasa dan buenos resultados, pero es preferible el ácido nítrico, ya que proporciona los efectos más fuertes. Algunas ventajas del barretter líquido observadas por el autor se deben a que debido a su naturaleza no son dañados por descargas excesivas; también la resistencia específica de los líquidos es mucho más alta que la de los metales, en algunos casos hasta un millón de veces superior, y por tanto, se puede usar una masa mucho más pequeña para obtener la misma resistencia, capaz de calentarse a mayor temperatura; además, la cantidad en que cambia la resistencia por grado de temperatura es mucho mayor –por ejemplo, la resistencia del ácido sulfúrico cuando no está muy concentrado cambia aproximadamente un doce por ciento por grado centígrado, mientras que el cambio del platino es sólo de un tercio del uno por ciento. Con un barretter líquido que tenga una

resistencia de 600 o 2000 ohmios el aumento de conductividad cuando se calienta el líquido es tan marcado que puede accionar un grabador de sifón, aunque se puede usar un teléfono cuando se desea.

En la práctica se ha observado que las precauciones que se toman para proteger al cohesor de las ondas extrañas cuando se usan cohesores muy sensibles no son esenciales con cohesores menos sensibles. En este último caso, es suficiente con puentear los circuitos perturbadores con resistencias no inductivas. La cualidad del golpecito dado al tubo tiene un resultado importante sobre la facilidad con que el cohesor retoma su resistencia original. Algunos experimentadores han observado que es preferible golpes a intervalos regulares a una serie de golpes a intervalos irregulares. Los cohesores hechos con metales magnéticos, hierro, níquel y cobalto, dan mejores resultados en la práctica.

Una forma común para averiguar la sensibilidad de un cohesor o detector es accionar un timbre eléctrico pequeño o zumbador con una o dos pilas cerca de él. Por ejemplo, en el caso del responder del Dr. De Forest, que está expuesto libremente a las ondas extrañas, como se muestra en la Fig. 86, se puede ajustar el instrumento con las ondas generadas por un timbre o zumbador, la distancia del timbre a la antena da una idea de la sensibilidad del ajuste. Un cohesor de limaduras para operar a una distancia de una docena de millas debe tener una sensibilidad para detectar un timbre a una distancia de al menos seis pies. Un cohesor muy sensible se verá afectado por las oscilaciones a una distancia de cuarenta o cincuenta pies y con puertas y paredes entre medio. La apertura del interruptor del circuito de una bombilla eléctrica o el manipulador de un circuito telegráfico cercano también afectarán a un cohesor o detector.

Un método simple y tosco empleado por el escritor para mostrar la acción de las ondas eléctricas sobre las limaduras es el siguiente: Se extienden algunas limaduras de níquel en el centro de una pieza de papel secante o en una tarjeta de visita. Son adecuadas las limaduras de una moneda de níquel de cinco centavos. Se insertan dos alfileres comunes en la tarjeta de forma que sus puntas estén cerca en las limaduras. Se conecta un hilo fino a las cabezas de los alfileres y se llevan al circuito de un relé o galvanómetro. El escritor usa un relé Hughes de 150 ohmios. Se coloca un timbre eléctrico común en circuito con la armadura del relé. Con una batería de cinco o seis pilas secas el circuito del timbre las chispas en el contacto local crean ondas que son lo suficiente energéticas para afectar al cohesor. Las chispas se establecen primero al cerrar la armadura del relé con el dedo. Las limaduras se cohesionan y permanecen así hasta que se golpea la cartulina con el dedo. También se puede usar una chispa eléctrica estática común para crear las oscilaciones.

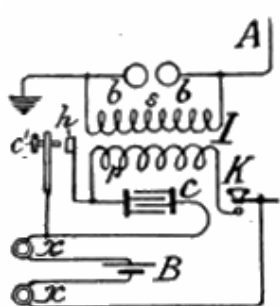


FIG. 110.

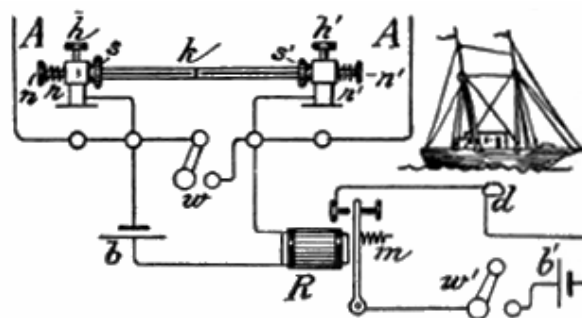


FIG. 111.

Mr. W. J. Clarke, de Nueva York, que parece ser que fue el primero en experimentar con la telegrafía inalámbrica en este país, ha diseñado varias variantes de circuitos oscilantes, cohesor y aparatos, en la Fig. 110 se muestran algunos que se usan para experimentos simples. En la Fig. 110, I es la bobina de inducción de chispas de 2 pulgadas del oscilador, que más tarde se dejó a la distancia adecuada del receptor; b b son las bolas del chispero, de una pulgada de diámetro, conectadas a un hilo corto A y tierra, y al secundario de la bobina s; p es la bobina primaria. La bobina tiene un núcleo (no mostrado) de hilos finos de hierro dulce, y en un extremo se encuentra la armadura del martillo h, que, cuando está en funcionamiento, vibra adelante y atrás de la punta de contacto c'. El interruptor de martillo h tiene en paralelo el condensador C

situado en la base del instrumento. Este condensador se hace con unas ochenta hojas de estaño, de ocho pulgadas de largo por cuatro pulgadas de ancho, cada hoja separada por papel parafinado fino. La resistencia del hilo primario es de 2 ohmios, de hilo del No. 17, la del secundario de 3.200 ohmios, de hilo del No. 35. K es un manipulador Morse en el circuito primario. La batería B, que puede consistir de cinco o seis pilas secas, se conecta a los terminales  $x x$ . La Fig. 111 representa los aparatos y circuitos por medio de los cuales Mr. Clarke demostró experimentalmente la voladura de barcos en miniatura, etc., en un tanque de agua. Este montaje con un cohesor separado se puede usar para cualquier propósito donde se desee cerrar un circuito a distancia sin hilos, como por ejemplo, para disparar cañones, explotar minas, etc. Para este trabajo el cohesor no debe ser muy sensible, ya que las ondas parásitas podrían cerrar prematuramente el circuito. En la figura,  $k$  es un cohesor sin el golpeador;  $b b$  son las baterías; R es un relé Morse de una resistencia de 100 ohmios;  $d$  es un detonador situado bajo un barco o en la mina.

Las limaduras están indicadas por la línea gruesa vertical en el centro del tubo. Mr. Clarke usa de 40 a 60 limaduras pequeñas de níquel. Se añaden varillas pequeñas de latón a las cabezas roscadas  $n n'$  que se insertan en el tubo. La posición de las varillas en el tubo se ajusta con los tornillos  $s s'$ , los muelles  $r r'$  tienden a apartar las varillas, que se mantienen en cualquier posición por los tornillos  $h h'$ . Los hilos verticales A A de 10 a 20 pies de altura están conectados a los terminales externos; se indican los hilos del relé y el cohesor a los terminales internos. Para este uso el cohesor de limaduras se descohesiona golpeándolo con los dedos o un lápiz. El modo de ajuste del cohesor es el siguiente: Las varillas en el tubo se separan hasta que las limaduras no cierran el circuito. Después se cortocircuita el cohesor con un trozo de hilo o cinta K. (Como se ha dicho siempre, se puede cortocircuitar un cohesor muy sensible tocando sus terminales con los dedos húmedos.) Esto cierra el circuito del relé. Después se ajusta la armadura del relé R abriendo y cerrando el interruptor  $w$ , el juego de la armadura entre sus contactos es muy pequeño y la fuerza retráctil del muelle  $m$  es muy pequeña, el relé se acciona con una pila seca  $b$ . Después se abre el cortocircuito y se acciona el oscilador cercano I. Ahora se opera el transmisor y se empujan las varillas o electrodos del cohesor hasta que las limaduras se cohesionan lo suficiente para que la influencia de las ondas eléctricas cierren el relé. Se abre el transmisor y se descohesiona el cohesor con un golpe. Normalmente el circuito del cohesor está abierto. Es esencial colocar un interruptor  $w'$  en el circuito detonador para mantener al circuito abierto hasta que se hagan los montajes preliminares.

El detonador consiste normalmente de una mezcla de pólvora con unos 100 granos de fulminato de mercurio colocado en un vial de una onza. Como esta preparación es más bien algo peligrosa de transportar, se puede sustituir por un vial de dos onzas lleno con 1,25 onzas de pólvora de rifle. Se coloca un “iniciador” en el vial, y los hilos se pasan por un lado del corcho, después se sella la botella con cemento “eléctrico”. Según Mr. Clarke el cemento se hace así: 5 libras de resina, 2 libras de cera de abeja,  $\frac{1}{2}$  libra de ocre, 2 onzas de escayola. Mezclar con un suave calor y excluir rigurosamente las llamas. Se cuelga la botella hasta que el corcho esté tres o cuatro pulgadas por debajo del fondo del barco. En este experimento hay que ver con gran cuidado si la botella cuelga recta en el agua, de lo contrario la explosión puede sacar del agua el vial de vidrio. Si se usa una pequeña cantidad de fulminato de mercurio, se debe pulverizar el vidrio y esto lo hace inofensivo. Sin embargo es suficiente sólo con la pólvora.

Cuando se coloca un resonador o registrador en el circuito de  $b'$  en lugar del detonador, y cuando se usa un golpeador, este último se ajusta hasta que se obtienen los mejores resultados, que indican la naturaleza de las señales recibidas. Se puede observar que debido al carácter recortado de las señales que recibe un cohesor de limaduras, es necesario un detallado ajuste del registrador para obtener señales legibles. La dificultad aumenta, según la experiencia del escritor, cuando se intenta recibir las señales a oído con el resonador Morse ordinario. Se pueden leer las señales del sonido del golpeador, que vibra con la armadura del relé.

Diversos inventores, principalmente Mr. Nikola Tesla, han sugerido el uso de cohesores y telegrafía inalámbrica para dirigir el movimiento de submarino o barcas torpederas, e iniciar explosivos en estos botes. Esto se haría por medio de motores preparados para actuar diferentes operaciones en un barco, cada motor estaría controlado desde un punto dado por una serie de

receptores inalámbricos sintonizados a diferentes frecuencias de ondas eléctricas. Un motor podría arrancar la máquina, uno o más actuarían sobre el timón, etc.

El profesor Fessenden da los siguientes datos relacionados con las eficiencias relativas y absolutas de los diferentes detectores de ondas. La energía eléctrica que se precisa para operar el cohesor de limaduras de Marconi, 4 ergios por punto (un ergio = una diez millonésima de vatio). El detector de oro-bismuto (oro 95 por ciento, bismuto 5 por ciento), 1 ergio por punto. Receptor de Solari y varios tipos de detectores de carbón-acero, acero-aluminio y acero-mercurio, 0,22 ergios por punto. El detector de histéresis magnética, 0,1 ergio por punto. Barretter de hilo caliente, 0,80 ergios por punto. Barretter líquido, 0,007 ergios por punto. En las pruebas que han dado estos resultados los detectores se ajustaron a su máxima sensibilidad operativa, y los receptores telefónicos se ajustaron hasta un punto en que son justo estables cuando no son actuados, y dan un cambio de corriente de una millonésima de amperio en el teléfono.

Considerado desde un punto de vista práctico, se puede decir que en general hay dos tipos de detectores de ondas eléctricas, el registrador y el no registrador. El primero incluye los detectores en los cuales las variaciones de corriente producidas por las oscilaciones es suficiente para accionar algún tipo de relé; el segundo incluye los que la variación de resistencia o corriente no es suficiente para accionar un relé, pero es suficiente para producir señales en un receptor telefónico, es muy conocida la supersensibilidad de este instrumento. (Los cálculos han mostrado que este instrumento responde a una cantidad de energía eléctrica representada por una millonésima de ergio, e indicará una variación de corriente de una sesenta millonésima de amperio.) Es obvio que se también puede utilizar el teléfono con detectores menos sensibles. Un detector registrador requiere menos destreza por parte del operador para la recepción de señales, además es más fácil de aprender a leer las señales registradas que por sonido. El teléfono como receptor tiene la ventaja que en el caso de señales interferentes un operador experto puede captar algunas veces las señales de su propia estación, y en la reciente regata de yates en el puerto de Nueva York se dice que los operadores De Forest hicieron esto. Estas señales apenas serían legibles impresas en una cinta ordinaria. También se observó esta ventaja del teléfono en el circuito inalámbrico de Fessenden entre Jersey City y Filadelfia, que también indicó que cuando aumentaba la fuerza de las señales interferentes y se hacían débiles las señales de Filadelfia los mensajes se seguían recibiendo con facilidad; y, añade, esto demuestra que si la diferencia de intensidad es lo suficiente grande, entre unos límites, se pueden separar fácilmente los sonidos.

## INTERRUPTORES – TRANSFORMADORES

Hasta ahora el método más común para originar las oscilaciones eléctricas que se ha empleado en la telegrafía inalámbrica ha sido por medio de una bobina de Rhumkorff que daba una chispa de diez pulgadas. Según Fleming, el primario de una bobina que diera una chispa de diez pulgadas consiste normalmente de 350 espiras o 300 pies de hilo grueso de cobre, de 0,1 pulgada de diámetro, con una resistencia de 0,35 ohmios, con una inductancia de 0,02 henrios. El hilo secundario consiste de 10 millas de hilo de cobre de 0,008 pulgadas de diámetro, que da 50.000 espiras de hilo, con una resistencia de 6600 ohmios y una inductancia de 460 henrios.

Estas bobinas, han sido sustituidas en muchos casos por generadores de corriente alterna y transformadores elevadores. Como se ha indicado al principio, el interruptor ordinario de las bobinas de inducción se basa en el principio del martillo de los timbres, donde un martillo de hierro dulce en el extremo de una tira de metal elástico se coloca cerca del núcleo de la bobina (ver Fig. 110). Los contactos del primario se llevan al muelle y a un terminal adyacente a él. Esto se llama interruptor de martillo, su velocidad de vibración es de ocho a doce por segundo, dependiendo en parte de la tensión del muelle. Debido a las corrientes relativamente fuertes que se emplean (unos ocho amperios) en el circuito primario los contactos se queman rápidamente, y precisa mucha atención para mantenerlo correctamente ajustado. Cuando se usan corrientes por encima de diez amperios los contactos de platino se funden, y esto exige emplear otras formas más prácticas de interruptores.

Como se da a entender en todos los lados, la F. E. M. que se emplea con la bobina de inducción normalmente es de 10 a 15 voltios. Esto lo proporciona normalmente una batería de

acumuladores. Cuando se dispone de la corriente pública se debe reducir el voltaje por medio de bombillas incandescentes u otra resistencia adecuada.

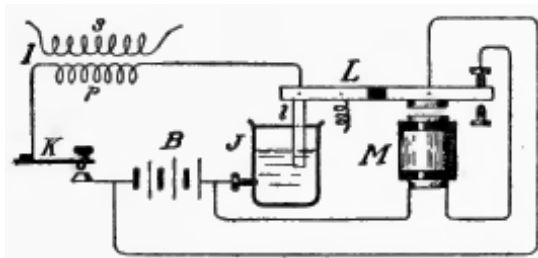


FIG. 112. INTERRUPTOR DE MERCURIO.

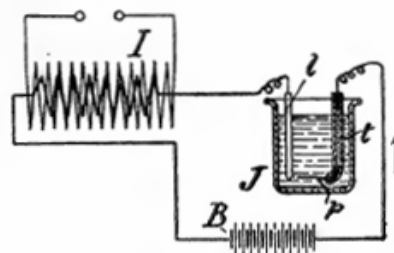


FIG. 113. INTERRUPTOR DE WEHNELT.

En otras modificaciones del interruptor de martillo, se abre el circuito primario independientemente del núcleo de la bobina, como se bosqueja en la Fig. 112, donde  $p$  y  $s$  son los hilos primario y secundario de la bobina de inducción  $I$ ;  $K$  es un manipulador Morse;  $J$  es una vasija que contiene mercurio;  $l$  es un brazo metálico que se extiende de la palanca  $L$  hasta el mercurio;  $M$  es un electroimán. El montaje del circuito es tal que la palanca  $L$  vibra continuamente, el brazo  $l$  sale del mercurio a cada movimiento hacia arriba, e interrumpe por tanto el circuito de la batería  $B$  y el hilo primario  $p$  cuando se cierra  $K$ . Cuando está abierto este manipulador no pasa corriente por el hilo primario. Se dispone de un interruptor para abrir el circuito de  $M$  cuando se desea. Para apagar rápidamente la chispa cuando el brazo  $l$  deja el mercurio, y evitar además la oxidación, se coloca sobre el mercurio una capa de agua, alcohol o petróleo. Algunos prefieren el petróleo para esto, ya que tiene un alto punto de encendido y se evapora lentamente. Una ventaja del interruptor de mercurio sobre el de martillo es que la apertura es más brusca; también con el primero se puede hacer más larga la duración del contacto. Lord Rayleigh ha indicado que si se puede hacer la interrupción del circuito con la suficiente rapidez, por ejemplo cortando el hilo con un disparo de un rifle, no es necesario el condensador de la bobina de inducción; y otros experimentadores han obtenido un aumento decidido de la longitud de la chispa, con una F. E. M. dada, usando dispositivos que abren rápidamente el circuito primario. Para facilitar las aperturas rápidas para ello, se emplean otras formas de interruptores, conocidos como de chorro de mercurio, en el cual se lanza un chorro de mercurio contra unos contactos metálicos que un motor hace girar con rapidez.

Otro modo de obtener rápidas aperturas en el circuito primario de la bobina de inducción es el interruptor de Wehnelt, mostrado en la Fig. 113, que se ha usado en la telegrafía inalámbrica. Este es un interruptor electrolítico, y se conecta directamente en el circuito primario de la bobina de inducción, no se necesita ningún condensador. En esta figura,  $J$  es una jarra de un cuarto, llena con una solución de una parte de ácido sulfúrico por ocho partes de agua. La jarra dispone de una tapa aislada que mantiene de pie una hoja de plomo  $l$ , y un tubo de vidrio  $t$  de un diámetro de 0,25 pulgadas, lleno de mercurio. La hoja de plomo llega prácticamente al fondo de la jarra. Un hilo de platino  $p$ , del No. 20, se extiende fuera del tubo, y está sellado en él. Girando el tubo  $t$  se puede ajustar fácilmente la posición del extremo inferior del tubo de platino respecto a la hoja de plomo. El extremo superior de  $l$  y el mercurio del tubo están conectados con grapas a una fuente de F. E. M.,  $B$ , y al primario de la bobina de inducción  $I$ . Se necesitan al menos 25 voltios para hacer funcionar a esta celda como interruptor. Cuando se cierra el circuito de  $B$  las interrupciones se suceden a una velocidad entre 100 y 1700 por segundo, la velocidad de las interrupciones aumenta con el voltaje. La eficiencia del aparato aumenta con cualquier aumento de la autoinducción en el circuito. Normalmente es suficiente con la inductancia del primario de la bobina de inducción. Una ventaja de este interruptor es que se puede aumentar la F. E. M. y la fuerza de la corriente más allá de lo que sería factible con los contactos de platino de un interruptor de contacto ordinario, y de este modo se puede aumentar la salida de la bobina de inducción. Se debe prestar cuidado a que no se rompa el tubo cerca de su extremo inferior, y por esta razón se prefiere un tubo de ebonita al vidrio. Se han ofrecido varias teorías para explicar la acción de este interruptor. Según Walter, cuando comienza a fluir la corriente se forma oxígeno en el polo positivo, y aumenta rápidamente la temperatura hasta que se forma una capa de vapor

en ese polo. Esta es lo suficiente no conductora para que reduzca de forma considerable la corriente. La auto-inducción en el primario produce un aumento considerable de la F. E. M.; se electroliza la capa de vapor formado una mezcla de gases explosivos que finalmente explota por una chispa. La explosión aleja el líquido del polo positivo, produciendo por tanto un cese momentáneo de la corriente.

En la mayoría de transmisores que se emplean ahora en la telegrafía inalámbrica las oscilaciones no sólo están amortiguadas rápidamente, sino que también tienen un intervalo relativamente largo entre cada interrupción, todo ello perjudica a la resonancia. Por tanto se sugiere con frecuencia que para obtener una resonancia más eficaz se debe alimentar al transmisor con corrientes de amplitud uniforme a alta presión y alta frecuencia. Por tanto, el interruptor de Wehnelt, con su capacidad de interrupciones rápidas, parece excelente para este uso si no fuera por el hecho de que a cada interrupción se ha de cargar una capacidad –bien el hilo de antena o el condensador, actualmente se emplea este último, que descarga sobre el hilo de antena su energía almacenada. Y como el tiempo de carga de un condensador es aproximadamente siete veces superior a la constante de tiempo del circuito, y esta constante es igual al producto de la resistencia en megohmios y la capacidad en microfaradios del circuito, la alta resistencia del hilo secundario de la bobina de inducción que se usa con el interruptor de Wehnelt introduce un límite más bien bajo al número de interrupciones por segundo que se puede utilizar con este aparato o cualquier otro interruptor que emplee directamente una bobina de inducción. Por ejemplo, si la resistencia del secundario es de 10.000 ohmios (igual a 0,1 megohmios) y la capacidad del circuito es de 0,02 microfaradios, la constante de tiempo será de 0,0002 segundos, y el tiempo durante el cual se puede aplicar la máxima F. E. M. para cargar adecuadamente el condensador será aproximadamente un quinientas parte de segundo, que limitará el número de interrupciones en ese circuito a 500 por segundo. Esto es sin contar el total de tiempo de carga y descarga, que reducirá todavía más este límite.

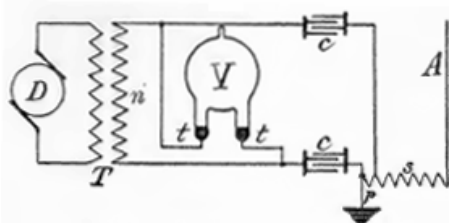


FIG. 114. INTERRUPTOR DE HEWITT.

El interruptor de vapor de mercurio, que es una modificación de la lámpara de vapor de mercurio de Hewitt, se ha propuesto también para la telegrafía inalámbrica para obtener la resonancia adecuada, debido a la alta frecuencia y uniformidad de sus interrupciones, pero todavía está lejos de ser práctico. Este interruptor se indica con la letra V, en la Fig. 114. Consiste de un globo de vidrio, en cuyo fondo se encuentran sellados dos tubos de mercurio  $t t$ . Estos tubos están llenos parcialmente con mercurio. En la figura se muestran las conexiones para este interruptor tal como se prepara para la telegrafía inalámbrica, D es un generador de corriente alterna y T es un transformador para elevar el potencial hasta 10.000 o 14.000 voltios, según se desee. El interruptor ocupa el lugar del chispero ordinario y con los condensadores  $c c$  y la inductancia  $p$  forma parte del circuito oscilante. Esta inductancia, con las otras porciones  $s$  de la bobina, constituye también un auto-transformador que corresponde al mostrado en la Fig. 98a. Al funcionar la lámpara de vapor de mercurio Hewitt se observa que el electrodo negativo ofrece una resistencia muy alta al paso de la corriente por él hasta que la F. E. M. llega a un cierto valor crítico, por ejemplo 10.000 a 14.000 voltios, y entonces colapsa de forma brusca esta resistencia, por lo que fluye una corriente a través de la lámpara o tubos. Sin embargo, cae ahora la F. E. M. a un valor pequeño, y la resistencia inicial del cátodo (polo negativo) vuelve instantáneamente a su valor inicial, deteniendo el flujo de corriente. Cuando se prepara como en la figura, el transformador carga los condensadores durante el corto tiempo que existe la alta resistencia de cátodo. Tan pronto cae esta resistencia como se ha indicado, el condensador se descarga a través del globo, creando rápidas oscilaciones en el hilo de antena u otro circuito,

cuya frecuencia se regula variando la capacidad  $c$  o la inductancia  $L$ . Este interruptor se diferencia del chispero ordinario en que cuando está prácticamente completado el semi-periodo del transformador, y la corriente está cerca de su valor cero, entra en juego la resistencia de cátodo hasta que el condensador se vuelve a cargar. De este modo, esto apunta a una rápida sucesión de impulsos de corriente, separados uno de otro por un pequeño intervalo de tiempo; estos intervalos de tiempo dependen de la velocidad con la que el transformador puede recargar al condensador después de cada descarga disruptiva en los tubos. Se ha estimado que con una potencia lo suficiente alta en la dinamo y en el transformador los impulsos de corriente pueden ocurrir a una frecuencia de varios millones por segundo. En los experimentos descritos por el inventor, donde se empleó un pequeño alternador de 2 kilovatios, la capacidad de los condensadores era de 0,015 microfaradios y el diámetro de la bobina secundaria  $n$  de 38 pulgadas, se obtuvo una relación de descarga de un millón por segundo. Este interruptor era notablemente eficiente, hay una caída de 14 voltios a todas las presiones en el tubo; esta pérdida de energía se usa para vaporizar el mercurio que se condensa en las paredes del globo y se desliza hacia el receptáculo inferior del mercurio, ayudando a enfriar el globo.

Otro interruptor, algo análogo al anterior, que también ha sido propuesto para la telegrafía inalámbrica es el conocido como arco musical, que se debe a W. Duddell, y se describe en la patente británica No. 21.269. En resumen, este interruptor es uno con el que se aplica una corriente continua a una lámpara de arco que está en paralelo con una capacidad y una inductancia. Con el ajuste adecuado de la capacidad y la inductancia aparecen rápidamente corrientes alternas.

La necesidad de radiar mayor potencia para la transmisión a larga distancia, como ya se ha mencionado, ha llevado a la adopción de inductores y transformadores oscilantes especiales, de los cuales se han dado ejemplos en las páginas precedentes. Los transformadores que usa Marconi, De Forest y otros abarcan una capacidad entre 1 kilovatios o menos hasta cincuenta o más kilovatios, y los transforman la F. E. M. del generador a 25.000 o 50.000 voltios según se requiera. La frecuencia de las alternancias del transformador depende del diseño y frecuencia del generador. Los generadores que usa International Wireless Telegraph Co. funcionan a 60 ciclos por segundo y tienen una salida de 40 amperios a 100 voltios.

Ahora se usa en la telegrafía inalámbrica una forma especial de bobina de inducción de una longitud de cuatro pies. El núcleo de hierro se hace de hilos de hierro de cuatro pies de largo, formando un manojo de tres pulgadas de diámetro. El hilo primario se compone de hilo de cobre del No. 16 que mide unos 7 ohmios. Se bobina sobre el núcleo de hierro, un terminal sale por un extremo del núcleo, el otro por el otro extremo. Se coloca sobre el núcleo primario un tubo de goma dura, de media pulgada de grosor, de extremo a extremo. El secundario se bobina por encima del primario en dos secciones, cada sección se compone de hilo fino que mide unos 6000 ohmios. La bobina terminada tiene unas diez pulgadas de diámetro. La bobina terminada se coloca en una caja que se llena con cera líquida que se ha endurece rápidamente hasta una consistencia como la resina. Los terminales del primario se conectan a un generador que da la corriente al voltaje y frecuencia deseados, que se eleva a un voltaje en los terminales del secundario, en algunos casos entre 20.000 y 40.000 voltios.

El montaje de las bobinas y condensadores que forman el circuito oscilante, donde el condensador se carga por el secundario de un transformador o bobina de inducción, y que dicho condensador se descarga a su vez en el primario de otro transformador, algunas veces se llama bobina de Tesla de alta frecuencia. (Ver patente US No. 454.622.)

Una forma de bobina de inducción o transformador de 10.000 voltios hecha por Mr. W. J. Clarke, de Nueva York, consiste de un núcleo compuesto de hilo de hierro dulce bien oxidado del calibre 14, de 14 pulgadas de largo y 3,5 pulgadas de diámetro. Sobre esta bobina se enrollan 326 pies de hilo de cobre del No. 11, es decir, unas tres espiras y un octavo por voltio. Esta bobina y el núcleo se aseguran verticalmente por medio de tornillos sobre una base de madera dura. Sus terminales se sujetan con grapas en la base. El secundario se bobina sobre un tubo de papel de 4,125 pulgadas de diámetro, y está compuesto de 56.000 pies de hilo del No. 32, tendido en secciones de 0,25 pulgadas, con paredes bien aisladas. Esta bobina se desliza sobre la bobina primaria, y se puede retirar o sustituir por otra bobina a voluntad. Esta bobina,



cuando se conecta a un circuito de corriente alterna de 104 voltios, entrega 10.000 voltios en el secundario; o se puede conectar con un interruptor de mercurio o de Wehnelt.

Se puede emplear una forma de oscilador en telegrafía inalámbrica que consiste de un hilo primario de una espira de media pulgada de tubo de cobre o latón, preparado como un cuadrado con los lados de 50 pulgadas. El secundario es una espiral plana de 110 espiras de hilo de cobre o latón del No. 18 B & S, colocados sobre una tabla u otro soporte adecuado, las espiras están bien separadas. El primario se coloca a cinco pulgadas por debajo o detrás del secundario. El secundario está en serie con un chispero y un condensador de placas de vidrio de 10 por 12 pulgadas, que se puede ajustar quitando o poniendo placas. Cuando se conecta el primario con el secundario de inducción que da 10.000 voltios a 60 ciclos por segundo, se puede hacer saltar una bella chispa de 15 pulgadas desde el terminal del centro al aire, el otro terminal se conecta a tierra. Se puede obtener una chispa de 12 pulgadas entre los terminales interno y externo. Esta bobina está manufacturada por el Sr. Clarke.

M. Lebedew y M. Bose diseñaron un oscilador capaz de producir oscilaciones cuya longitud de onda no tienen más que 0,23 pulgadas. Comprende dos cilindros de platino de 0,05 pulgadas de largo y 0,019 pulgadas de diámetro, colocado cada uno en un tubo de vidrio con sus extremos de chispa uno frente al otro. Los hilos, que es un condensador, conectan los cilindros con la bobina de inducción. Este oscilador se coloca en la línea focal de un pequeño espejo cilíndrico que tiene una longitud focal de 0,23 pulgadas. El espejo y el oscilador están sumergidos en aceite.

#### CHISPEROS – CONDENSADORES – ANTENAS.

Con transformadores relativamente pequeños sólo son necesarias las precauciones normales en el chispero para evitar los cortocircuitos; pero cuando se usan transformadores muy potentes se observa que cuando se acercan mucho las puntas se forma un arco, que tiende a cortocircuitar el circuito secundario del transformador y establecer por tanto corrientes muy fuertes en el circuito primario. Incluso un cortocircuito parcial detiene las oscilaciones en el circuito condensador. Como no es permisible aumentar la longitud de la chispa más allá de un cierto punto, debido a la resistencia que esto introduciría, se emplean otros medios para evitar este arco, algunos de los cuales ya se han indicado, colocar un fuerte campo magnético transversal en el chispero, también usar un chorro de aire, que apagan al arco pero no impide la acción de las chispas oscilantes. (El chorro de aire tiende además a mantener frías las puntas de descarga), Fleming evita este arco con un cierto montaje con bobinas magnéticas en el circuito primario del transformador de su circuito de transmisión. Otros experimentadores han acertado el chispero mientras mantenían una alta F. E. M. usando aire comprimido o gases entre las bolas o puntas del chispero. Por ejemplo, Fessenden ha observado que con una F. E. M. capaz de dar una chispa de cuatro pulgadas en aire ordinario sólo daba una chispa de un cuarto de pulgada cuando los electrodos se colocaban bajo una presión de 50 libras por pulgada cuadrada. Observó, además, que al conectar un radiador de ondas eléctricas a una de las bolas del chispero, a una presión de 50 libras por pulgada cuadrada no se mejora la radiación, pero por encima de esa presión la radiación aumenta mucho. Por ejemplo, a una presión de 80 libras la radiación aumenta tres veces, la F. E. M. es la misma en cada caso.

Para un operador experimentado el carácter de la chispa es una medida de la naturaleza de las oscilaciones, y por tanto de la radiación, y no tarda en adquirir la habilidad para ajustar la longitud del chispero y la cantidad de inductancia y capacidad necesarias para tener los mejores resultados por la apariencia general de la chispa. Si la capacidad es demasiado pequeña para el transformador u otra fuente de energía, la chispa será amarilla y llameante, como un arco. Si es demasiado grande, se debe reducir la longitud del chispero y la chispa será intermitente e irregular. Con una capacidad constante la chispa es plana y blanca si se reduce la inductancia del sistema oscilante de antena, azul y fibrosa cuando se añade inductancia.

Algunos operarios han encontrado en la práctica emplear un circuito oscilante con un exceso de capacidad sobre la inductancia para la transmisión a larga distancia. Sin embargo, Lord Rayleigh ha demostrado que si la capacidad de un sistema radiante supera un cierto valor crítico se reduce materialmente mucho su eficiencia. Los experimentos actuales de Shoemaker

han indicado que un exceso de capacidad en el circuito oscilante da una curva de potencial en la antena que aumenta lentamente cerca del máximo, después se ensancha abruptamente. Un exceso de inductancia da un pequeño vientre de potencial en el extremo superior, mientras que una cantidad igual de inductancia y capacidad da una curva prácticamente uniforme, pero un potencial máximo más pequeño. El experimentador empleó dos varillas metálicas largas tendidas horizontalmente, conectadas a uno de los terminales que conectaba con un circuito oscilante. Puenteó estas varillas en el primer nodo de potencial, como en el sistema de hilos de Lecher. Más allá de ese puente movió un hilo rígido, un extremo del mismo se dejaba apoyado transversalmente sobre una varilla, mientras que el otro extremo se acercaba a la otra varilla, midiendo la longitud de la chispa que se obtenía a medida que se movía el hilo a lo largo de las varillas paralelas, obteniendo los resultados indicados.

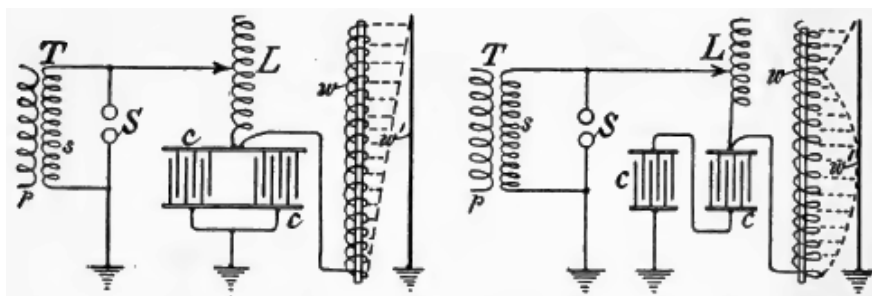


FIG. 115.

INDICADOR DE POTENCIAL DE SEIBT.

FIG. 116.

El profesor Seibt muestra la variación de potencial en un hilo con el siguiente montaje, Las Fig. 115 y 116, donde  $p$   $s$  son las bobinas de un transformador  $T$  con un circuito oscilante ajustable  $S$ ,  $L$ ,  $c$ ,  $c$ . Se enrolla una bobina larga de hilo fino  $w$  sobre una varilla aislada de madera de seis pies de largo y dos pulgadas de diámetro, y se conecta en su extremo inferior al circuito oscilante, como se indica,  $w'$  es un hilo que se mantiene paralelo a la bobina  $w$  y puesto a tierra. Cuando se hace corresponder la inductancia y la capacidad del circuito oscilante con la del periodo natural de la bobina  $w$ , se pueden ver saltar descargas luminosas entre la bobina  $w$  y el hilo conectado a tierra  $w'$ , el brillo de las mismas aumenta con el potencial, a lo largo del hilo, que en el caso indicado está representado por las líneas de puntos de la Fig. 115. Si se aumenta el periodo del circuito oscilante variando la inductancia y la capacidad de  $c$ , por ejemplo colocando condensadores o botellas en serie, se acorta la longitud de onda como indican las líneas de puntos en la Fig. 116, cuyos resultados se pueden variar ajustando adecuadamente la inductancia y la capacidad.

M. G. Ferriè describe un método que emplea para determinar la longitud de onda de las oscilaciones producidas en un hilo vertical. Conecta un hilo horizontal al hilo vertical en un punto entre el oscilador y tierra. En el hilo horizontal coloca un amperímetro de hilo caliente, que mediante el movimiento de su puntero indica la amplitud de las oscilaciones. Después variando la longitud del hilo horizontal, varía la amplitud de las oscilaciones entre un máximo y un mínimo: el máximo ocurre cuando el hilo está en sintonía con las oscilaciones. De este modo se puede averiguar el periodo de oscilación fundamental así como los armónicos del sistema oscilante. (Ver ondámetros en el Apéndice)

El objetivo principal, como se ha indicado previamente, de emplear varios hilos verticales es conseguir un aumento de la capacidad para almacenar energía eléctrica para radiarla como ondas eléctricas, el hilo vertical sirve como la placa o placas de un condensador, la tierra es la otra, y el aire es el medio aislante. La capacidad de un hilo vertical es obvio que no es uniforme en toda su longitud, sino que se reduce con la distancia a tierra. Por tanto dada una carga oscilando en el hilo, el potencial en los puntos dados en el hilo aumentarán a medida que se reduce la capacidad (ver sistema de hilos de Lecher), que añadirán algo a la amplitud del vientre de potencial en el extremo superior del hilo vertical, suponiendo una longitud de onda igual a cuatro veces la longitud de ese hilo. Fleming da la capacidad de un hilo vertical de 0,1 pulgadas de diámetro y 100 pies de longitud, con su extremo inferior a 6 pies de tierra, como 0,0002 microfaradios. Se ha encontrado que, debido tal vez a un efecto opuesto de inductancia mutua,

los hilos se cargan con polaridades similares, y la capacidad efectiva de los hilos verticales adyacentes paralelos no es igual al de un número similar de hilos ampliamente separados, pero, según pruebas hechas por la autoridad antes citada, es igual a la raíz cuadrada del número de hilos. También apunta ("Popular Science Monthly", Agosto 1903) que para almacenar una cantidad definida de electricidad en un condensador, se requiere una cierta cantidad definida de dieléctrico, sin contar cómo se preparen. Por tanto, suponiendo un condensador de vidrio de 0,0027 microfaradios, cuyo dieléctrico tiene 12 pulgadas cuadradas y 0.03 centímetros de espesor, da un volumen de 270 centímetros cúbicos, cargado a 20.000 voltios. La energía almacenada en forma de tensión eléctrica es 0,5 julios. Para almacenar un julio (igual a 0,7373 pies libra) exigiría 520 centímetros cúbicos de vidrio. En el caso de condensadores de aire el almacenaje de energía es mucho menor, de un pie libra por pie cúbico de volumen.

A partir de una descripción de uno de los equipos de una estación Marconi, Koepsel ha calculado que debe tener una longitud de onda de 8528 pies, que exigiría un hilo de 1968 pies de longitud para tener una buena resonancia. El hilo sólo tiene 295 pies de longitud, Koepsel supone que es necesario el sistema de hilos verticales empleado para acortar la resonancia cuando se usan grandes capacidades y longitudes de onda y no para aumentar la radiación al espacio.

Los condensadores para los circuitos de transmisión en telegrafía inalámbrica son una parte muy importante del equipo. Generalizando, las botellas de Leiden se usan para instalaciones de uno a dos kilovatios, debido a la facilidad de manejo, limpieza, etc., pero para instalaciones que no emplean más de dos o tres kilovatios Marconi, De Forest y otros usan con frecuencia condensadores de placas de vidrio. Los condensadores de placa de vidrio que usa De Forest tienen 30 pulgadas de largo y 15 pulgadas de ancho, y tienen un espesor de 0,25 pulgadas. Se colocan las hojas de estaño a cada lado de la placa dejando un margen de cuatro pulgadas alrededor excepto en el punto de conexión. Es esencial empastar o pegar por completo las hojas de estaño al vidrio para eliminar el aire. Las placas generalmente se sumergen en aceite de linaza de buena calidad, aunque algunos usuarios de condensadores de placa de vidrio han obtenido resultados satisfactorios sin aceite. El coste de las placas de vidrio domésticas es de un dólar cada una. Las placas importadas de Alemania del mismo tamaño cuestan tres dólares cada una en este país. El grosor del vidrio para este uso debe ser al menos de una décima de pulgada cada 20.000 voltios. La botella de los condensadores que usa Shoemaker tiene 16 pulgadas de alto por 5,25 pulgadas de diámetro, y se hacen especialmente para resistir las presiones a las que está sometido, con un espesor máximo de 0,25 pulgadas y un mínimo de 3/64 de pulgada. Su coste es de setenta centavos por botella. Estas botellas tienen una capacidad de 0,004 microfaradios. En la práctica son muy duraderas, pero las botellas de Leiden pierden su eficiencia después de un servicio relativamente corto, debido al deterioro de las hojas de estaño debido a la descarga en corona y las chispas. Los condensadores de placa de vidrio tienen ventajas respecto al tamaño. Se ha de eliminar la descarga en corona para obtener una sintonía y resonancia estrechas, parece ser imperativo el uso de condensadores de placa de vidrio en aceite. Como los efectos inductivos son proporcionales a la frecuencia, que en la telegrafía inalámbrica es alta, se debe reducir la inductancia siempre que sea posible. Para este fin debe ser la misma la longitud de los hilos que conecta cada condensador o botella. Cuando se desea evitar la histéresis dieléctrica se emplean placas metálicas con aire como dieléctrico.

Ya hemos mostrado varios montajes diferentes de antenas en telegrafía inalámbrica. En el sistema de Shoemaker una torre de celosía de madera soporta los hilos. Desde la parte superior de una torre de 160 pies de alto, sobresalen cuatro brazos bien aislados. Cada uno de estos brazos lleva seis hilos del No. 14 (mantenidos aparte con separadores), que caen verticalmente hasta 15 o 20 pies de la tierra, donde entran unidos en el cuarto de radio. En algunas de las recientes estaciones de tierra de la compañía Marconi, por ejemplo, el circuito de 90 millas entre Milwaukee y Chicago, se sujetan 15 hilos de un mástil de la siguiente forma: Los hilos se suspenden en series de cinco desde el extremo superior del mástil, donde están bien aislados. Los hilos de cada serie están separados 10 o 15 pies en el centro; cada serie está separada por una distancia de 50 o 60 pies. Cada hilo de una serie se engancha a una distancia de 50 pies del extremo superior del mástil M (Fig. 117) a un viento  $r$ , que más tarde se engancha a un anclaje  $a$  en el suelo, a 40 pies o más de la base del mástil. En este punto de conexión con el viento cada

hilo se tensa hacia el pie del mástil, donde convergen todos los hilos verticales y se llevan al cuarto de radio. Los hilos forman una  $\Delta$  con el mástil como base, se separan entre sí, esto se evita de forma medible la inducción estática. El mástil en la estación de Milwaukee se sitúa a un cuarto de milla de la orilla del lago. La propia estación consiste de un edificio de madera de una sola habitación de 18 pies de largo, 15 pies de ancho y 10 o 12 pies de alto, con una extensión algo más pequeña, que alberga el motor de petróleo y el generador.

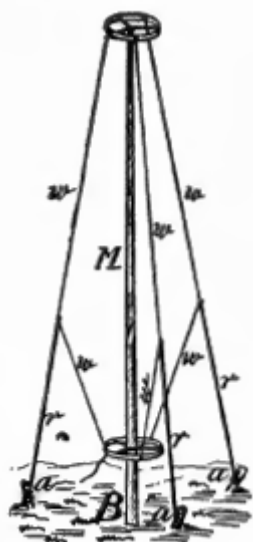


FIG. 117.

En la estación de Fessenden en Jersey, se suspenden 20 hilos, del calibre No. 16, de un largo larguero de madera que se sostiene con aisladores de fustán soportados por una soga entre los extremos superiores de dos mástiles de 150 pies de alto y separados por 80 pies. Los hilos, separados dos pies, caen verticalmente a un larguero similar de madera, que se sujeta paralelo con el larguero superior, donde los hilos se conectan juntos y entran en el edificio por un casquillo en una gran placa de vidrio de ventana.

Para elevar el hilo vertical, se han propuesto cometas y globos cautivos desde los primeros días del arte de la telegrafía inalámbrica, y con frecuencia se han usado para los trabajos temporales. Como apunta Marconi, la variación en la altura de una cometa afecta negativamente al funcionamiento de los sistemas sintonizados. Edison, en su patente de telegrafía inalámbrica de 1891, propone el uso temporal de globos para esto mismo. Se ha encontrado que la inclinación del ángulo de los hilos verticales no crea grandes diferencias en los resultados obtenidos, pero no debe superar los  $40^\circ$ . El material del hilo vertical no parece que sea muy importante excepto si consideramos la fuerza, peso y durabilidad. Como se ha observado siempre, el aislamiento del hilo vertical es muy importante, y se han citado algunos dispositivos con los que se obtiene el aislamiento adecuado. Las cuerdas y sirgas metálicas para los vientos deben estar muy bien aislados del mástil y de tierra. De Forest también aconseja aislar los vientos por secciones. Según Zenneck, un segundo hilo vertical tan largo como el hilo transmisor, levantado cerca y conectado a tierra, intercepta las ondas eléctricas, e impide por tanto que lleguen a estaciones distantes en esa dirección. Braun ha observado que dos hilos verticales reciben las señales sólo cuando sus planos coinciden prácticamente con la dirección que llegan las ondas. De este modo se puede determinar la dirección de la estación emisora con  $10^\circ$  de precisión, un resultado de especial importancia para usos náuticos y militares.

La mayoría de experimentadores ha encontrado que es tan esencial la necesidad de una buena tierra en telegrafía inalámbrica como en la telegrafía por hilos. Esto parece ser el caso en la parte emisora, aunque en la recepción también una buena tierra da por resultado una mejora en las señales. Mr. H. B. Jackson ha observado en el curso de varios experimentos que la ausencia de tierra en el receptor reduce la distancia en un 50 a 70 por ciento, y la ausencia de una tierra en el transmisor, al 80 por ciento. Las investigaciones del profesor Tanakadate han demostrado que es más importante una gran capacidad en la placa de tierra que la mera buena

conductancia, y por tanto, las placas preparadas en forma de cintas son superiores para estos usos que las placas cuadradas. Por esta razón, probablemente, Marconi usa en algunas de sus estaciones una larga cinta de metal insertada de canto en la tierra y sobresaliendo un pie de la superficie de la tierra. De diversas partes de esta placa salen hilos hacia los aparatos. En algunos casos De Forest usa una hoja de cobre de treinta pies de largo y cuatro pies de ancho enterrada dos o tres pies en la tierra, que da una superficie de 240 pies. Cuando se puede hacer, la placa de tierra se sumerge en el mar, cuya conexión es considerada por algunos trabajadores como la mejor. A bordo, como se ha indicado anteriormente, se obtiene la tierra conectando un hilo a los remaches del casco de hierro del barco. La experiencia de Braun al usar placas capacitivas no conectadas directamente a tierra parecen ser una variante de los experimentos de otros, y por tanto se piensa que las capacidades que emplea sólo son aparentemente independientes de tierra. Se sobreentiende que en algunas de las últimas instalaciones del sistema Braun se emplea una tierra. Jackson, en los experimentos referidos, observó que un condensador de la capacidad adecuada actúa casi tan bien como una tierra. Guarini también ha transmitido señales entre Bruselas y Malines, en 1901, sin una conexión a tierra.

Como se ha observado anteriormente, el profesor Fessenden emplea una tierra artificial en la parte inferior de la antena. Esta tierra artificial puede consistir de un número de hilos conectados todos juntos con hilos transversales, o por una cinta metálica; y donde las ondas son interrumpidas por altos edificios o árboles, este conductor se debe extender hasta más allá de los límites del obstáculo y ponerse a tierra. Esta forma de tierra asegura que las condiciones cerca de la antena sean prácticamente similares en todas condiciones climáticas; y el inventor cita un ejemplo donde, sin esta superficie conductora artificial en costas rocosas, la sal dispersada por las tormentas algunas veces hace que sea conductora la superficie de la tierra cerca de la antena, mientras que en tiempo calmado es aislante. Ha encontrado incluso que una resistencia de unos pocos ohmios en la conexión a tierra hace imposible enviar señales a menos que se disponga de la superficie conductora artificial. En la práctica, los hilos que forman la tierra artificial consisten de diez o doce hilos de hierro galvanizado, del calibre No. 8, que, en ausencia de edificios, se extiende a lo largo de la superficie de la tierra hasta una distancia de 100 pies o más, en la dirección de transmisión, y en ese punto se ponen en contacto con tierra por medio de varillas metálicas clavadas en el suelo. Mr. Blondel no considera necesaria este añadido de conductor metálico de media longitud de onda bajo el hilo vertical, una gran capacidad o placas metálicas de tierra son suficientes.

En recientes experimentos cerca de Detroit, Michigan, Mr. T. E. Clark usa una gran capacidad en el pie de una antena transmisora de 65 pies, no conectada a tierra, para evitar, como afirma, sobrecargar un lado de la bobina osciladora, y ha obtenido buenos resultados a una distancia de doce millas sobre terreno con colinas y bosques. La fuerza de la corriente en el hilo primario de la bobina de inducción es de 1 amperio a 110 voltios, de corriente continua, interrumpida por un vibrador magnético en serie con un interruptor líquido que da una alta tasa de interrupciones. El chispero es de 0,25 pulgadas. Un amperímetro de hilo caliente muestra de 1 a 1,3 amperios en la antena transmisora. En la estación receptora se usa un cohesor de limaduras en serie con un hilo vertical puesto a tierra.

ANTENAS DE TIERRA Y DE BARCO – RECTIFICADORES DE CORRIENTE ALTERNA  
 COMO DETECTORES DE RADIO – DETECTORES DE SILICO, PERIKON, CARBORUNDO,  
 VÁLVULA Y OTROS – SENSIBILIDAD DE LOS DETECTORES, ETC. – AMPERÍMETRO  
 DE HILO CALIENTE – RELÉS DE ALLSTROM Y SULLIVAN – TRANSFORMADORES –  
 ACOPLAMIENTO – BOBINAS DE SINTONÍA – VARIÓMETROS, ETC.

Desde que se escribieron las páginas anteriores de este capítulo (1902) se han hecho numerosos perfeccionamientos en los dispositivos mencionados en él, así como han aumentado los conocimientos relacionados con los mismos, por tanto se da una referencia a todo ello.

**Antenas de tierra y de barco.** – En la Fig. 1 se muestran diversos modos en que se pueden preparar dos o más hilos de antena. Raramente se usa como antena un solo hilo. Los hilos pueden ser de diversa longitud dependiendo de las circunstancias. En la figura *a* se indican dos hilos que pueden ser abiertos o cerrados en la parte superior; *c* representa un montaje de 4 hilos, del que hay muchas variantes; *f* es un montaje en jaula que consiste de 4, 6 o más hilos, donde los hilos se mantienen separados por aros; *g* es un método en caja donde los hilos están separados por un marco de madera adecuado. El montaje de hilos de *c*, o sus modificaciones, es el más adoptado. Los hilos normalmente se mantienen separados con separadores de madera arriba y abajo, y en el medio si los hilos son muy largos, *a'* representa un montaje con una cometa de “Eddy” para soportar la antena; se pueden usar dos o más de estas cometas en tándem.

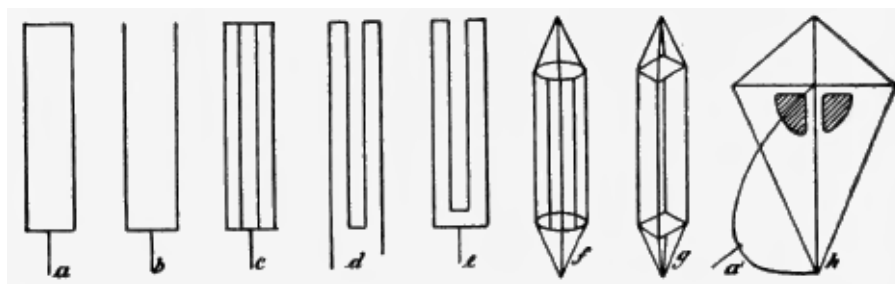


FIG. 1. – ALGUNAS FORMAS DE ANTENA.

A bordo cuando los mástiles disponibles son relativamente bajos es esencial que se aumente el número de hilos para obtener una mayor capacidad en el sistema radiante. Esto se hace de diferentes modos. En algunos ejemplos se parecen los hilos a la jaula de *f* en la Fig. 1, donde los hilos se mantienen en el extremo mástil por medio de los soportes adecuados, desde donde se llevan los hilos, más o menos oblicuamente, al cuarto de radio. En otros casos los hilos se suspenden en forma de caja entre los extremos de dos mástiles, y se bajan hilos verticales desde los hilos horizontales al puente.

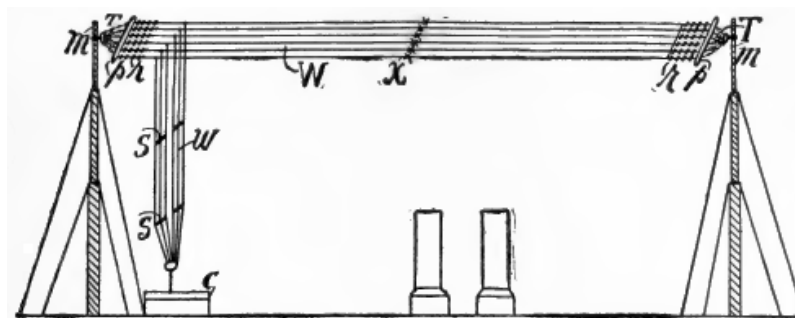


FIG. 1a. – ANTENA EN L PARA BARCO.

Una forma de antena muy usada a bordo y en las estaciones costeras es la que se conoce como antena en T o en L. En la Fig. 1a se puede ver un ejemplo de una antena en L, donde 6 hilos horizontales se sujetan entre 2 mástiles y de los cuales 6 hilos verticales *w*, que se mantie-

nen separados con separadores de madera S, bajan hasta un punto cercano al puente, donde convergen y después de cablearlos se llevan al cuarto de radio C de cualquiera de las formas usuales. En una antena T los hilos verticales se conectan al centro de los hilos horizontales, en  $x$ , en vez de a un extremo de los hilos. En el montaje en L los hilos horizontales que añaden capacidad a la antena, y posiblemente tienen un efecto direccional sobre las ondas radiadas, se unen en el extremo alejado. En el montaje en T normalmente se cierran los extremos. Con frecuencia sólo se usan 2 hilos verticales  $w$  en vez de los 6 conectados con las antenas en T y en L, un hilo vertical se puede conectar en este caso, por ejemplo, con 3 hilos horizontales, en la antena de plano cerrado. En la Fig. 2, que indica la antena de un buque de guerra reciente, la altura de los mástiles es de 65 pies; la distancia entre los mástiles es de 200 pies. Los hilos de antena se componen de trenzas de 7 hilos de bronce fosforoso del No. 18 para asegurar la robustez mecánica necesaria. Los hilos horizontales están sujetos por medio de aisladores finos y coarrugados  $r$ , de 2 pies de longitud, hechos de un material llamado “electrose”, y sujetos al tope del mástil por medio del aparejo adecuado T, que a su vez sujeta una verga gruesa P, de 15 pies de largo, a la que se sujetan los aisladores. Los hilos horizontales están separados 2,5 pies.

En algunas de las construcciones más recientes de las antenas trasatlánticas de Marconi se emplea el montaje en L, o doblada, virtualmente como se indica en la Fig. 1a, excepto que los hilos más largos horizontales que se emplean se sujetan con los mástiles adecuados. (Ver Antena doblada, señales inalámbricas directivas, Capítulo XVI.)

En la estación de radio den Navy Yard de Brooklyn se utiliza una antena T que consiste de 10 hilos horizontales y 10 hilos verticales. Los hilos se sujetan entre 2 mástiles de 180 pies de altura y separados por 300 pies. La longitud real de los hilos horizontales es de 200 pies. Están separados por 2,5 pies, y están sujetos en ambos extremos con separadores de madera de 27 pies de largo, y estos separadores a su vez están sujetos con los dispositivos aisladores adecuados sujetos en el tope de los mástiles. Los conductores de antena se componen de hilos de bronce fosforoso del No. 7. Los hilos verticales se bajan hasta el lado del cuarto de radio en 2 grupos de 5 cada uno, separados por medio de separadores, desde allí se introduce cada grupo de hilos en el cuarto de radio con un cable compuesto de 10 conductores cada uno de 24 hilos del No. 7. Esto admite el uso de una antena en lazo o recta, según se desee. En esta estación se ha instalado un equipo de radio Stone de 15 kilovatios. En este Navy Yard también hay un sistema Telefunken de 5 kilovatios.

**Rectificadores de corriente alterna como detectores inalámbricos.** – Al principio se creía que el funcionamiento del muy conocido detector de silicio y otros detectores se basaba en una acción termoeléctrica, por la cual la presencia de calor desarrollado por la corriente eléctrica en la unión de dos conductores diferentes da origen a una F. E. M. en dicha unión o par. Sin embargo, posteriores experimentos de Pickard demostraron aparentemente que la operación de esta y otras muchas sustancias comprobadas se debía a una propiedad rectificadora de corrientes y no a un efecto termoeléctrico. Es decir, el efecto se debe a una propiedad de ciertos minerales, en virtud de la cual conducen una corriente de electricidad sólo en una dirección, o al menos en mayor medida en una dirección que en la otra. Todavía no se ha avanzado una explicación satisfactoria de esta acción. Fleming ha sugerido que se puede considerar que los conductores homogéneos dejan paso libre a los electrones, mientras que las sustancias compuestas pueden excluirlos o admitirlos por medio de un sistema de válvulas, y es posible que en una sustancia cristalina todas las válvulas se encuentren en un sentido, facilitando por tanto el movimiento de los electrones en una dirección y se opongan a sus movimientos en la otra dirección. (Ver Magazine de Cassier, Sept. 1908, pág. 461).

Posiblemente el primero que se dio cuenta de esta propiedad rectificadora de los minerales fue el profesor Ferdinand Braun (Poggendorf Annalen, 153, 1874, pág. 550). En sus experimentos Braun empleó el mineral tetraedrita en un circuito que contenía un potenciómetro, una batería, un galvanómetro y un conmutador de polaridad. Se hacía el contacto con el cristal del mineral por medio de 2 hilos de plata con los extremos redondeados. Cambiando la dirección de la corriente en el circuito se obtenía una mayor desviación del galvanómetro en una polaridad que en la otra; en un ejemplo se obtuvo una relación 3 a 1. Que este resultado no se debe a una acción termoeléctrica es evidente porque, como observó Braun, al aplicar una F. E. M. de 15

voltios ciertos minerales habían mostrado una conductividad unilateral mucho mayor que la explicada satisfactoriamente por acción termoeléctrica.

En las primeras investigaciones de Pickard sobre este tema descubrió que para obtener unos resultados satisfactorios uno de los terminales de los conductores del rectificador no sólo han de tener un contacto perfecto, sino que también deben tener un área grande; de otra forma la rectificación será irregular o estará ausente, debido a que si el segundo contacto tiene un área pequeña, actúa por sí sola como un rectificador en oposición, reduciendo o neutralizando, por tanto, la acción rectificadora observable.

Se sabe que hay numerosos rectificadores de corriente alterna (u oscilante) automáticos. Por ejemplo, los rectificadores electrolíticos como el rectificador de aluminio en que un electrodo de aluminio en el electrolito adecuado se opone a un electrodo de platino o plomo. O rectificadores gaseosos como el tubo Elster-Geitel (desarrollado como detector de radio por Fleming). Pickard propone aplicar el término rectificadores “sólidos” a los tipos de mineral para distinguirlos de los rectificadores electrolíticos o gaseosos.

De todos los rectificadores sólidos probados por Pickard hay sólo tres que han sido detectores comercialmente satisfactorios, silicio, óxido de cinc (perikon) y sulfuro de molibdeno; afirma que el más eficiente es el perikon. El molibdeno tiene una apariencia similar al plomo, pero es una sustancia más blanda que en la práctica puede afectar algo a su utilidad como detector. Usado como detector de ondas eléctricas, los rectificadores sólidos permiten que sólo pase una semionda, dando origen por tanto en el circuito del teléfono corrientes pulsantes en una dirección y a los que responde el teléfono. Estos rectificadores de corriente no necesitan una batería externa, la F. E. M. para el funcionamiento del receptor telefónico la suministran las oscilaciones captadas, rectificadas por el detector. Sin embargo, algunas veces se encuentra que una pequeña F. E. M. local de la polaridad adecuada mejora materialmente las señales recibidas; la polaridad de la batería está preparada para cooperar con la corriente rectificada. Esto se debe aparentemente a que a potencial cero la conductancia de estos detectores es baja y además el cambio rápido o punto crítico de conductancia está confinado a un rango de unas pocas décimas de voltio. En el caso del detector perikon se encuentra que la resistencia es de 25.000 a potencial cero; también este detector se lleva a su punto de conductancia más eficiente con 0,1 voltios de la batería local. En el caso del detector de silicio el potencial más eficiente o crítico de la batería local es de 0,15 a 0,2 voltios; la dirección de corriente está dispuesta para que fluya desde el silicio a la punta de latón. En el caso del detector perikon se debe preparar la corriente para que fluya hacia la cincita a un potencial de 0,05 a 0,1 voltios. Además, el potencial más eficiente de esta batería local es ligeramente más alto para trenes persistentes de oscilaciones fuertemente amortiguadas. La F. E. M. crítica se encuentra por medio de un potenciómetro entre los terminales de la batería local. (Ver Potenciómetro, Capítulo XVII.)

**El detector de silicio.** – El descubrimiento de la utilidad del silicio como detector de radio se debe a Mr. G. W. Pickard. (Patente US. No. 836.531). El mejor montaje de este detector consiste en usar un pequeño trozo de silicio de forma hemisférica, cuya superficie redondeada se embebe en una sustancia fusible como la soldadura en una copa metálica para proporcionar el gran área mencionada; el otro electrodo es un trozo de metal puntiagudo que se clava bajo presión en la superficie plana del silicio. Pero un fragmento de silicio sostenido simplemente entre dos varillas de latón con la presión adecuada da un excelente resultado comercial. La unión del silicio y otro metal debe ser un contacto eléctrico prácticamente perfecto; por tanto el grado de presión con que se unen los dos elementos es de gran importancia en este detector. El detector de silicio es altamente sensible, aproximándose en este aspecto a los detectores electrolítico y magnético. Su sensibilidad no está perjudicada por las fuertes descargas estáticas, ni se ve afectado por la humedad o variaciones en la temperatura externa. Es duradero y económico. Sin embargo, para los mejores resultados, se recomienda el silicio más puro. Cualquier impureza en el silicio produce puntos en la superficie pulida que exigen mover el metal para encontrar un punto sensible. Gran parte del silicio comercial contiene una cierta cantidad de calcio metálico, y como este metal se ve atacado rápidamente por el aire se forma una capa de hidróxido de calcio que rápidamente cubre la superficie del silicio y, según el inventor, cesa prácticamente toda acción detectora.



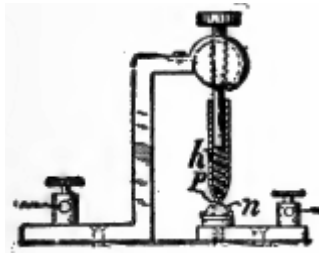


FIG. 2.

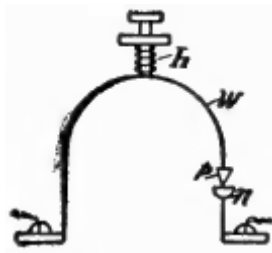


FIG. 2a.

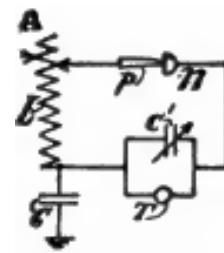


FIG. 3.

En las Fig. 2 y 2a se muestran diferentes montajes del detector de silicio. En la Fig. 2 se sostiene una punta de latón  $p$  contra el silicio  $n$  por medio de la presión de un muelle helicoidal  $h$ , que se puede ajustar con un tornillo. Se varía la presión del muelle hasta obtener los mejores resultados en el teléfono. En la Fig. 2a,  $w$  es una tira metálica flexible que lleva en un extremo la punta de latón  $p$ , que se hace apoyar con una presión constante sobre la superficie del silicio  $n$ , esta presión se ajusta mediante el muelle  $h$  como se indica.

En la Fig. 3 se muestra un circuito receptor convencional incluye un detector de silicio.  $A$  es el hilo vertical;  $L$  la inductancia de sintonía;  $C$   $C'$  son condensadores;  $T$  es el receptor telefónico;  $p$  es una punta de latón y  $n$  el elemento de silicio del detector.

**El detector perikon o de cincita.** – Según Mr. Pickard, a quien se debe este detector, es el doble de sensible y más fácil de ajustar que el detector de silicio, y es el medio más eficiente conocido para operar el teléfono sin energía exterior (batería local) por medio de las ondas eléctricas de alta frecuencia, convirtiendo una gran parte de la energía de las oscilaciones recibidas en una corriente continua adecuada para operar este instrumento. (Ver patente US. 886.154). Este detector es del tipo de válvula o rectificador. Sus elementos son un fragmento de óxido de cinc, o cincita, y calcopirita (Un sulfuro de hierro y cobre), el elemento operativo es la cincita, que se mantiene en contacto bajo presión. El detector se contiene en un soporte adecuado y se conecta en serie con el circuito oscilante receptor con el teléfono usual, y puede tener la forma del detector de silicio de la Fig. 3; en cuyo caso  $p$  sería el “terminal rectificador”, o calcopirita, y  $n$  sería la cincita, o conductor rectificador. En la práctica la pieza de cincita  $p$  que se usa es de media pulgada y una pulgada de diámetro y no tiene dimensiones uniformes. Está embebida en un anillo  $f$ , de metal fusible sostenido en un receptáculo de latón  $r$ , de una pulgada de diámetro; el metal fusible se emplea como en el caso del detector de silicio para proporcionar un área grande. Una punta roma de calcopirita  $c$  se mantiene con la varilla  $m$  contra la cara rugosa de la cincita por medio del muelle  $s$ , la posición de la punta de calcopirita contra la cincita se puede ajustar moviendo el mango  $h$  de la junta móvil  $n$  que pivota en  $i$  sobre la base  $b$ .

**El detector de carborundo.** – El descubrimiento del carborundo como detector auto-restaurado de ondas eléctricas se asigna al general G. H. C. Dunwoody, recientemente del Cuerpo de Señales de los EE.UU. Como su nombre implica este detector consiste de un cristal  $K$ , Fig. 5, de carborundo, sostenido entre 2 superficies metálicas planas  $m$   $m$ , con una presión que se puede regular con el tornillo  $S$ .

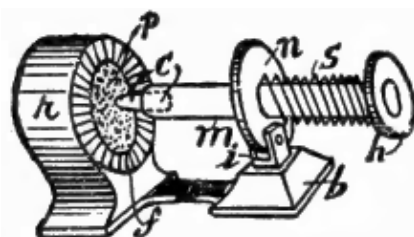


FIG. 4. – DETECTOR PERIKON.

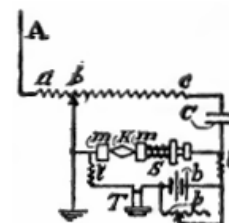


FIG. 5.

El carborundo es el producto de una combinación de sal, serrín y coque, fundido a una temperatura de 7.000° F. en un horno eléctrico. A baja temperatura el carborundo tiene una resistencia eléctrica muy alta, que, sin embargo, se reduce rápidamente con el calor. Como un área muy pequeña o borde del cristal está en contacto con las superficies metálicas (estimada en

una billonésima de una pulgada cuadrada), se supone que incluso las oscilaciones más diminutas debidas a la llegada de señales de radio actuando sobre una pequeña masa produciría variaciones de resistencia observables y las consecuentes variaciones de fuerza de corriente perceptible en el receptor telefónico. Este detector, al igual que el electrolítico y otros detectores, se observa que da las mejores señales a un potencial crítico de la batería local *b*, y ese potencial se obtiene variando el contacto deslizante del potenciómetro *p*. Los experimentos de Pickard han demostrado que la resistencia del cristal de carborundo varía con más rapidez con un potencial de 1 a 1,2 voltios, y bajo estas condiciones una variación de 0,1 voltios debido a las oscilaciones inalámbricas captadas darán una variación en la resistencia del 4 por ciento, y la variación consiguiente en la fuerza de la corriente que se apreciará como un sonido en el receptor telefónico. Es menos de un veinteavo de sensible que el detector magnético y electrolítico, y es comparable con el detector de acero-carbón. Tiene la importante ventaja para uso a bordo que su funcionamiento no se ve afectado por el cabeceo. El detector de carborundo es usado extensamente por la Compañía American De Forest y en muchas estaciones amateur.

En los experimentos hechos por Mr. H. J. Round con el detector de carborundo, observó que la inductancia o la capacidad en serie con la antena no mejoran los resultados. Las bobinas de choque *l l*, de la Fig. 5, que consisten cada una de 150 pies de hilo del No. 30 bobinado en una capa sobre un tubo de papel, mejoran claramente las señales. Se emplearon cuatro pilas secas *b*, con un potenciómetro variable *p*. Con carborundo en polvo en un tubo de vidrio entre dos tapones de cobre cuya presión se podía regular con un muelle, se obtuvieron los resultados más favorables cuando la inductancia *b c* era grande ya la capacidad *C* era pequeña. La sensibilidad de este montaje era comparable a la del detector electrolítico. (Ver Electrical World, 25 Agosto 1906).



FIG. 6.

**Detector Hozier-Brown.** – Este detector se emplea en el sistema Hozier-Brown Wireless Telegraph en Gran Bretaña. Consiste de un pellet prensado de peróxido de cinc *n* situado entre un contacto romo de plomo *l* y una placa de platino *z*, Fig. 6, conectado a la antena y tierra respectivamente, y en paralelo con un acumulador *b* y un receptor telefónico *t*, o un registrador de sifón. En la práctica el detector se sitúa directamente en el circuito de antena. Cuando se utiliza el registrador de sifón se conecta esta bobina a un ligero brazo de contacto para hacer sonar una alarma. Con una antena de 185 pies de altura con este detector se han registrado señales a una distancia de 100 millas. Se dice que es fiable, duradero y precisa muy poca atención. El detector actúa como una batería bajo la influencia de las oscilaciones captadas y si se conecta en oposición a la batería *b* reduce la fuerza de la corriente en el circuito lo suficiente para operar un registrador de sifón, o producir señales fuertes en el receptor telefónico. Su acción es automática, su acción sobre la batería cesa instantáneamente al cesar las oscilaciones. En otros aspectos el sistema Hozier-Brown Wireless Telegraph no se diferencia materialmente de otros sistemas de telegrafía inalámbrica de chispa.

**Detector de óxido de titanio.** – El óxido de titanio en forma de cristal si se conecta de forma similar a K en la Fig. 5 con una punta aguda apoyada sobre una pinza *m* servirá como detector. Mr. G. W. Pierce, a quien se debe su descubrimiento, ha observado que el telurio-plata también es bastante sensible como detector.

**Detectores de hilo de tántalo y platino.** – Este detector, diseñado por Mr. L. H. Walter de Londres se hace de la siguiente forma: Un hilo de platino sellado en un bulbo de platino se hunde en el mercurio contenido en el bulbo. Otro hilo sellado tiene sujeto en su extremo inferior un trozo de filamento de tántalo, de una longitud de  $\frac{1}{16}$  de pulgada, que toca justo el mercurio. El mercurio se vierte en el bulbo a través de una abertura, y después se hace el vacío y se sella.

Cuando está bien construido este detector se dice que da resultados satisfactorios, es duradero y sensible. Esta forma de dispositivo no es adecuado para usarlo a bordo, ya que el cabeceo lo deja inoperativo. Para uso a bordo se usa una modificación de este montaje, el hilo de platino se sella en un pequeño bulbo de vidrio en el extremo de un tubito de vidrio, donde se coloca un hilo de platino, un extremo del mismo se hunde en una gota de mercurio.

H. Gernsback de Nueva York ha observado que un hilo de Wollaston, como se llama al hilo fino que se emplea en el detector electrolítico (usado por Wollaston en 1801. Ver el artículo del autor "Electricidad: su historia y progreso", Enciclopedia Americana, 1907) actuará como detector si se coloca con cuidado en una superficie de mercurio. Es necesario un delicado ajuste, un tornillo de paso muy fino para subir y bajar el hilo sobre el mercurio; la superficie del mercurio también debe estar limpia de polvo. Parece ser que su acción es microfónica. Para evitar el efecto del cabeceo, el instrumento se debe colocar sobre varias capas de fieltro.

**Detectores termoelectrónicos.** – Los detectores de este tipo emplean el conocido principio del par termoelectrónico, por el cual el calor que se aplica o desarrolla en la unión de ciertos materiales diferentes, establece una fuerza electromotriz. Un tipo de este detector empleado por el sistema de la Compañía Telefunken Wireless Telegraph se puede describir resumidamente como sigue: Se apoya un hilo fino de platino sobre el borde de una pequeña copa plana de cobre con la copa de cobre en el circuito oscilante receptor, de la forma común en los auto-detectores. Se coloca una pequeña llama de alcohol cerca del hilo fino, que lo calienta y desarrolla una F. E. M. en la unión del par, y por tanto también desarrolla una diminuta corriente en el circuito. Las oscilaciones captadas perturban esta corriente y producen variaciones perceptibles en el receptor telefónico. Las partes operativas del detector están encerradas en una caja de latón, y desde el exterior se puede girar la copa de cobre para encontrar nuevos puntos de ajuste, etc.

**Detector de válvula oscilante de Fleming.** – Se sabe desde hace varios años que el aire o gas que rodea a un hilo, filamento u otro conductor incandescente se ioniza o electriza, debido a los electrones o partículas negativas o iones que escapan del cuerpo incandescente. Probablemente los primeros experimentos en esta línea fueron los de Elster y Geitel en 1882, que colocaron un filamento metálico o hilo  $f$  en un bulbo al vacío  $B$ , Fig. 7, y cerca de él pero sin tocar al hilo, una placa de platino  $p$ . Una corriente eléctrica de la batería  $b$  calentaba al hilo hasta la temperatura deseada, y se observó que la placa se electrificaba, como demostraba un galvanómetro, esto indicaba que el gas intermediario se había ionizado o vuelto conductor eléctrico. Se observó que el grado de ionización, o el número de electrones liberados o proyectados por el conductor calentado o incandescente, según la naturaleza del conductor. El sodio y el potasio emiten electrones a muy bajas temperaturas. El carbón y el tántalo también tienen un alto rango en este aspecto.

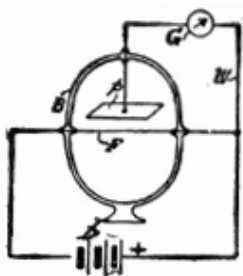


FIG. 7. – EXPERIMENTO DE ELSTER Y GEITEL.

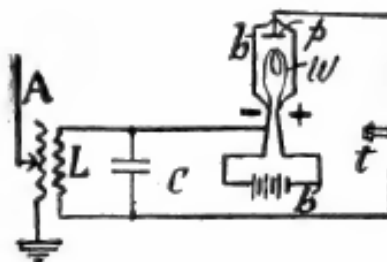


FIG. 8. – DETECTOR DE VÁLVULA DE FLEMING.

Mr. J. A. Fleming ha producido un detector de ondas eléctricas basado en el descubrimiento de Elster-Geitel, que llama detector de válvula oscilante. Este detector está bosquejado en la Fig. 8, donde A es la antena, L el transformador, C la capacidad usual,  $b'$  la batería de caldeo,  $b$  el bulbo,  $w$  el filamento,  $p$  la placa de platino,  $t$  un receptor telefónico.

Fleming ha encontrado por experimentación que este dispositivo actúa como un rectificador de corriente, que sólo permite el paso de las oscilaciones de polaridad negativa del filamento a la placa. Por tanto, las oscilaciones que entran se rectifican en el detector y pasan al circuito telefónico como un tren fluctuante de impulsos de corriente continua que producen sonidos o

señales en el teléfono que corresponden con las que establece el transmisor. Fleming también ha demostrado que un dispositivo del tipo Elster-Geitel tiene una resistencia muy alta a una baja F. E. M., pero que cuando se aplica una F. E. M. de unos 20 voltios aumenta notablemente su conductancia. (Ver “Principios de telegrafía de ondas eléctricas” de Fleming, 1906, pág. 402) A la baja F. E. M. promedio que se obtiene en la antena receptora, de un valor de décimas, centésimas o milésimas de voltio, este dispositivo podría parecer altamente ineficiente sin una F. E. M. auxiliar. Por tanto se describe aquí una forma modificada de este detector relacionada con el sistema inalámbrico Marconi.

**Detector de gas Telefunken.** – En la Fig. 9 se bosqueja un detector de reciente patente en Alemania (No. 193.383), aparentemente una modificación del tubo Elster-Geitel. En él B es un bulbo de vidrio que contiene un vapor metálico o de gas. El ánodo *t* es un tubo metálico, por el que pasa un hilo, el cátodo, cubierto con óxido de un alcaloide. El hilo de cátodo se calienta hasta el rojo apagado con una batería auxiliar *b'*, el gas se ioniza y fluye una corriente entre los electrodos. Las ondas eléctricas que pasan establecen oscilaciones en el circuito oscilante *l c c*, que afecta a la resistencia del gas del bulbo, o se rectifican en él, dependiendo de la teoría de acción adoptada, y se reproducen como señales sonoras en el receptor telefónico *r*, *c* es un condensador variable en la antena *a*, *ck* es una bobina de choque, *b* es una batería en el circuito del teléfono.

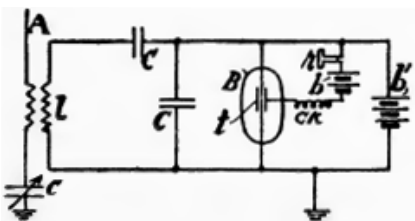


FIG. 9.

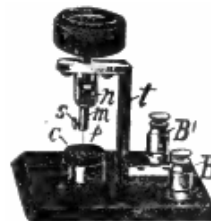


FIG. 10.

**Montaje para el detector electrolítico.** – Este detector se describirá en otro lugar. (Ver Índice) En la Fig. 10 se muestra un montaje adecuado debido a Gernsback para usar el hilo desnudo de Wollaston, donde *p* es el hilo fino de platino, *C* es una copa de carbón con un diámetro de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y de la misma profundidad, para contener el electrolito, 4 partes de agua, 1 parte de ácido nítrico. *B B'* son los terminales usuales. El hilo se acerca o se aleja del electrolito por medio del botón y un muelle en espiral *n*. En el caso el detector electrolítico e punta de vidrio, mencionado con el detector de Shoemaker, y que se tratará más adelante, el manejo del hilo es simple, pero en el caso del detector de hilo desnudo es más difícil el tema de conectar el hilo al soporte adecuado por soldadura, grapado u otra forma, debido a la extrema finura del hilo que puede romperse, etc. Mr. Gernsback ha solucionado en gran parte esta dificultad de la siguiente manera: Se tiende un extremo del hilo fino (de una pulgada de longitud) en un trozo de hoja de estaño ordinaria de  $\frac{1}{2}$  pulgada de largo y  $\frac{1}{4}$  de pulgada de ancho. Una parte de la hoja se dobla sobre el hilo como una grapa; la hoja se vuelve a doblar varias veces, y finalmente se enrolla la hoja entre el índice y el pulgar para formar un rollo compacto, por un lado sobresale un extremo del hilo. Después se eleva el soporte tubular *n*, Fig. 10, hasta su límite, se afloja el tornillito *s* a su máxima distancia y se inserta el rollo de hoja de estaño en la cavidad del soporte *m*, dejando que sobresalga el hilo como se ve en la figura. La hoja protege al hilo fino del tornillo *s*. Ver el Capítulo XVII para buscar sugerencias sobre la mejor forma de ajustar el detector electrolítico para su funcionamiento. Para el trabajo a larga distancia el espesor del hilo de platino no debe ser superior a 0,0001 y 0,0003 pulgadas. Fessenden ha usado hilo tan fino como 0,00006. Para distancias no superiores a 8 o 10 millas se puede emplear perfectamente hilo entre 0,001 y 0,005 pulgadas.

**Sensibilidad de los detectores.** – Pickard ha hecho numerosas pruebas en su laboratorio de Amesbury, Massachussets, usando un detector sensible de silicio, por medio de aparatos de diseño especial para determinar la sensibilidad de diversos detectores, así como para medir la energía de las señales inalámbricas recibidas. El método, en resumen, cuyas conexiones del circuito se muestran en la Fig. 11, consiste en comparar la intensidad de la descarga de un

condensador pequeño con las señales recibidas. A la derecha del conmutador S se muestra un circuito receptor ordinario, que consiste de una inductancia de sintonía ajustable L, las bobinas primaria y secundaria del transformador oscilante T, la capacidad C, el detector de silicio D y el receptor telefónico R. Un circuito de sustitución incluye un pequeño condensador C', un potenciómetro p y la batería b que se muestra a la izquierda. Se ajusta la inductancia L hasta obtener la máxima respuesta en el receptor R. Con el conmutador a la derecha el operador escucha los puntos de las señales captadas en el receptor R. Se cambia el conmutador a la izquierda y al cerrar el manipulador K se escucha en el receptor una descarga del condensador C'. La capacidad C' se hace igual a la de la antena, y como se puede despreciar la inductancia de la antena en comparación con L y T, la frecuencia de las oscilaciones debidas a la descarga de C' será igual a la de la estación distante cuando se ajusta la descarga en el condensador C' para que sea igual a las señales captadas, como indica la intensidad de los sonidos en el teléfono. Se hace este ajuste cambiando alternadamente el conmutador a la izquierda y a la derecha y variando el potencial en el circuito de sustitución por medio del potenciómetro hasta que se obtienen los resultados deseados. Después, sabiendo la capacidad de C' y el potencial al que se carga, se puede calcular la energía de las señales recibidas con la fórmula  $W \text{ (ergios)} = CV^2$ , donde C es la capacidad y V el potencial en voltios. Se puede usar el manipulador K' para obtener un único clic en el receptor de la estación distante, cerrando el manipulador por una pequeña fracción de segundo, y se equilibra el sonido del clic con el de la descarga del condensador como antes.

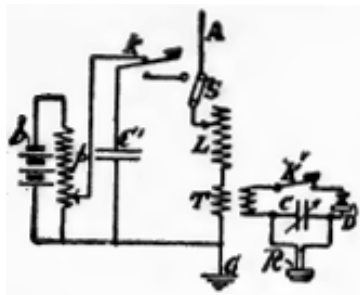


FIG. 11.

Se ha observado que a una distancia de 90 millas de una estación transmisora de alta potencia (Wellsfleet) la máxima energía recibida de las señales es de 0,03 ergios por punto. Con la antena corta empleada durante las pruebas esto era igual a un máximo de 3 voltios en la antena. Otras mediciones hechas por el mismo experimentador de señales recibidas de estaciones menos potentes a distancias de 50 a 100 millas, indican que en la antena existe una F. E. M. de un voltio o menos, y una F. E. M. media inferior a 0,001 voltios; en el caso de un circuito de acoplamiento inductivo la F. E. M. media elevada en el circuito secundario es probable que fuera de 3 a 5 veces la de la antena.

Un receptor telefónico de alta resistencia como los que se usan en la telegrafía inalámbrica dará una señal clara de un punto por la descarga de un condensador, que corresponde a una millonésima de ergio. Los detectores electrolítico o magnético precisan aproximadamente de una milésima a una centésima de ergio para producir una señal a una frecuencia de 500.000 ciclos. Esto indica, como observa Mr. Pickard, que si no fuera por la ineficacia del teléfono a altas frecuencias sería por mucho el detector más sensible que se pueda usar; y además, los resultados anteriores parecen mostrar que los puntos de vista respecto a la sensibilidad de los detectores de radio basados en la suposición que la energía recibida en la telegrafía inalámbrica está muy por debajo de la que se usa en cualquier otra rama de la señalización eléctrica no está apoyada por los resultados, ya que se ha demostrado que la energía que se recibe actualmente en la estación receptora, incluso para las distancias más largas cubiertas hasta ahora, es cientos de veces mayor que la necesaria para actuar el receptor telefónico.

También Mr. Pickard ha empleado el montaje de la Fig. 11 para medir la sensibilidad de los diferentes tipos de detectores con los siguientes resultados:

Electrolítico	0,00364	a	0,000400 ergios
Magnético	0,000400	a	0,000430 ergios
Silicio	0,000430	a	0,000450 ergios
Carborundo	0,009000	a	0,014000 ergios

Estas mediciones indican que el detector de silicio tiene prácticamente el mismo orden de sensibilidad que el detector electrolítico. En la práctica la diferencia de sensibilidad real del detector de carborundo no es perceptible en el receptor telefónico como podrían indicar estas pruebas, la explicación que se ofrece es que el oído humano no determina el sonido en proporción directa a su intensidad, sino más bien a la relación de la raíz cuadrada de la intensidad de los sonidos.

En pruebas posteriores el mismo experimentador ha observado que con el detector perikon cualquier señal recibida capaz de dar un sonido apreciable en el receptor telefónico desviaría perceptiblemente la aguja de un galvanómetro d'Arsonval de 2.000 ohmios en un circuito telegráfico inalámbrico regular, y sujeto a las diminutas perturbaciones extrañas usuales de estos circuitos. En circuitos libres de estas perturbaciones y empleando un galvanómetro más sensible se ha visto que era posible medir señales recibidas a las cuales el receptor más sensible no responde. En este caso el galvanómetro tiene un periodo de 10 segundos, y por tanto su acción es acumulativa, mientras que el teléfono es prácticamente instantáneo. Mr. Pickard compara este resultado con el efecto acumulativo de una placa fotográfica al detectar la luz de estrellas que son invisibles al ojo. Sin embargo, no se puede utilizar en la práctica este efecto acumulativo del galvanómetro, por la razón que si se disminuye el periodo del instrumento se pierde la ventaja del efecto acumulativo. La información relacionada con estos interesantes experimentos se ha obtenido principalmente de los datos proporcionados por Mr. Pickard, a quien agradece el autor su cortesía.

**Amperímetro de hilo caliente.** – En la Fig. 12 se muestran en teoría las conexiones del amperímetro de hilo caliente. Su funcionamiento depende principalmente de la expansión de un hilo de platino plateado que causa el paso de una corriente o corrientes a través de él. Se mantiene tenso el hilo por medio de un pequeño peso *s*. La expansión y contracción del hilo hace girar el pequeño tambor *d* y con él la aguja *n*; la escala *s* está calibrada para indicar la fuerza de la corriente. Estos instrumentos no tienen prácticamente nada de autoinducción.

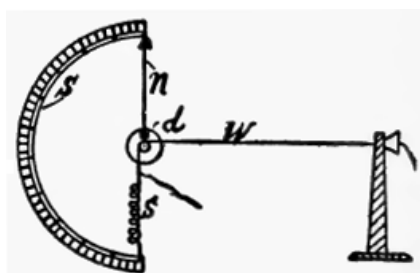


FIG. 12. AMPERÍMETRO DE HILO CALIENTE.

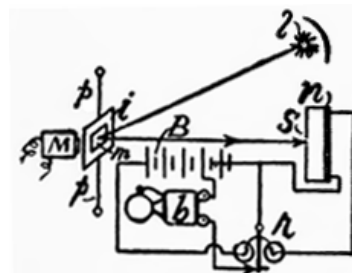


FIG. 12a. RELÉ ALLSTROM DE SELENIO.

**El relé Allstrom de selenio.** – Este relé combina algunos de los aspectos del galvanómetro de reflexión Thomson. Se suspende una pequeña pieza muy ligera de hoja de hierro *i* de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  de pulgadas cuadradas como se muestra en la Fig. 12a de 2 hilos de platino *p*, de 0,0001 pulgada de diámetro. Se pega un pequeño espejito a la hoja de hierro. Cae sobre el espejo la luz de una lámpara *l* y se refleja hacia una célula de selenio *S*, en el circuito donde hay una batería *B* y un relé sensible *r*, esta último controla un timbre de llamada *b*. Un imán *M* bobinado para 10.000 ohmios tiene su polo situado directamente debajo de la hoja de hierro y casi tocándola. La célula de selenio está encerrada en una caja *n* frente a la cual hay una estrecha ranura. Normalmente el haz de luz no cae sobre la ranura, sino que lo hace cuando se mueve la hoja de hierro que lleva el espejo. Corrientes oscilantes muy débiles que atraviesan la bobina del electroimán *M* desvían la hoja, haciendo que la luz caiga sobre el selenio, reduciendo su resistencia y acciona por tanto al relé *r* y al timbre de llamada. Se puede usar el hierro del

diafragma de un receptor telefónico para este dispositivo. Se afirma que el relé Allstrom responde a una mil millonésima de amperio. Sin embargo, su acción tal vez sea demasiado lenta.

**Relé Sullivan.** – Este relé se usa extensamente en la telegrafía inalámbrica. En resumen consiste de una bobina pequeña de hilo fino que lleva un brazo ligero de aluminio con un contacto de platino. La bobina se suspende entre dos potentes imanes, en la línea del registrador de sifón de Thomson y el galvanómetro d'Arsonval. Marcará señales de una pila seca a través de una resistencia de 250.000 ohmios y responderá a un timbre o relé de alarma con una pila a través de 5.000.000 ohmios.

**Transformadores.** – Se sabe que con los circuitos abiertos del transmisor de una capacidad dada se puede obtener un aumento de la energía almacenada en la antena para hacer comunicados a larga distancia aumentando el potencial en el transmisor. Esto normalmente implica un aumento de la longitud de la chispa que resulta con una mayor amortiguación de las oscilaciones, debido al aumento de resistencia del chispero. La experiencia ha demostrado que el aumento de la amortiguación de las oscilaciones debido a esta causa normalmente es superior a las ventajas de aumentar el potencial cuando se desea la resonancia o una radiación sostenida. Por esta y otras razones se recurre al uso de circuitos transmisores cerrados, donde se establecen oscilaciones más persistentes con la descarga de una capacidad  $c$ , cuyas oscilaciones se aplican a la antena con un transformador oscilante  $T$ . Además, para obtener un aumento de capacidad en las antenas para almacenar la energía eléctrica para la radiación, se ha de aumentar el número de hilos verticales y esto, como se ha observado anteriormente, ha extendido las formas de  $T$ ,  $L$ , “arpa” y “Sombrilla”. De este modo se alcanza un aumento de energía en las ondas radiadas con un potencial dado en el chispero.

También, en numerosas estaciones de radio, para obtener una mayor energía de salida inicial, los transformadores de potencia han desplazado a las bobinas de inducción con sus martillos u otras formas de interruptores. Para mejorar el servicio en general también se ha recurrido a tener medios más precisos para la sintonía en los circuitos transmisor y receptor inalámbricos. Para hacer lo mejor posible en los circuitos transmisores en algunos casos se utiliza la resonancia entre los circuitos primario y secundario de los transformadores de potencia. En estos transformadores la corriente primaria normalmente se suministra con un generador de corriente alterna de 60 ciclos y 110 voltios.

Los tipos de transformador que se emplean son de núcleo abierto, o bobina de inducción, o del tipo de núcleo cerrado. El tipo de núcleo cerrado es el más económico porque tiene en el núcleo un circuito magnético cerrado y sólo necesita para una salida dada una cuarta parte de espiras de hilo en las bobinas primaria y secundaria que en el tipo de núcleo abierto, pero, excepto algunas estaciones de muy alta potencia, el transformador de núcleo abierto es el que se emplea más generalmente, por razones de eficacia práctica.

Al probar por separado el voltaje y corriente de un transformador normalmente se encuentra que el producto de estas cantidades, es decir, la potencia en vatios del circuito, es mayor que las indicaciones del vatímetro, debido a que las corrientes en los circuitos primario y secundario no están en fase. Por ejemplo, el producto de los voltios y amperios del circuito de un transformador es 500 y el vatímetro indica 250 vatios, la relación entre el primero y el segundo es de  $500/250 = 0,5$ , es decir media unidad. Esta relación se llama factor de potencia de la máquina. La salida de un transformador normalmente se da en kilovatios a un factor de potencia del 100 por ciento. En el ejemplo dado el factor de potencia será del 50 por ciento de la unidad, y en realidad su salida efectiva sería la mitad de la salida prevista. Algunas pruebas en la práctica han mostrado que el factor de potencia aumenta hasta cierto punto con el aumento de la longitud de chispa en el chispero en la telegrafía inalámbrica, pero más allá de un cierto punto crítico aumenta muy rápidamente la amortiguación.

Con una corriente de 60 ciclos por segundo en el circuito primario de un transformador habrá 120 alternancias de corriente por segundo, y si se eligen la bobina secundaria y la longitud del chispero para que la longitud de la separación sea justo la ruptura a la máxima  $F. E. M.$  de cada alternancia en el circuito secundario, habrá 120 descargas por segundo en el circuito oscilante; y 120 trenes de ondas, que durará cada uno un tiempo relativamente corto, y serán radiados por la antena. Sin embargo, si el potencial del secundario es tal que la tensión de

ruptura del chispero se alcanza antes que el potencial llegue a su máxima F. E. M., habrá una tendencia a formar un arco en el chispero, que puede ser continuo mientras está subiendo hasta el máximo la F. E. M. de la alternancia y hasta que cae a un punto demasiado bajo para mantener el arco, donde tiene lugar la oscilación de la descarga, pero debido al bajo potencial de la descarga en ese instante la energía de las ondas radiadas no será muy alta. Además, aumenta mucho el calentamiento del chispero debido al arco no deseado, a esto se añaden las pérdidas por calor. Además, en los transformadores de núcleo cerrado en especial, la inductancia mutua entre las bobinas, si no se compensa de alguna manera, tiende a mantener el potencial entre los terminales de la bobina secundaria en el momento de ruptura del chispero, en cuyo momento el circuito está virtualmente en corto en el chispero, y la fuerte corriente puede también sostener a un arco. Se puede reducir esta acción o eliminarla con una inductancia en serie en el circuito primario o secundario con la que se equilibran o anulan las reactancias inductiva y capacitiva del circuito, con el resultado que se obtiene la resonancia entre los circuitos primario y secundario. Para obtener este equilibrio la reactancia inductiva ( $2\pi nL$ ) debe ser igual o equilibrar la reactancia capacitiva ( $2\pi nC$ ) donde  $2\pi$  es 6,28,  $n$  es la frecuencia,  $L$  es la inductancia y  $C$  es la capacidad. Cuando se obtiene este equilibrio prácticamente no habrá impedancia en el circuito y por tanto no habrá retraso en las corrientes. (Para un tratamiento elemental de las reactancias e impedancia capacitiva e inductiva, puede acudir el lector a "American Telegraphy" del autor, pág. 100.)

Se ha observado que el uso de inductancia en el circuito primario permite una reducción considerable en las espiras necesarias en la bobina secundaria del transformador cerrado. En el caso de ciertos transformadores de núcleo abierto (Ver Fig. 13) diseñado para dar resonancia en telegrafía inalámbrica, la bobina secundaria se bobina con el hilo más grande que sea práctico, para reducir la resistencia. El generador contiene una cierta cantidad de inductancia en su armadura y algunas veces se inserta una inductancia en el circuito primario, por medio de la cual se obtiene un "acoplamiento débil" entre el generador y la bobina primaria. Finalmente, en la práctica actual se pueden llevar a resonancia los circuitos primario y secundario del transformador con el ajuste adecuado del potencial y frecuencia del generador, la inductancia o espiras de la bobina primaria, de la carga capacitiva del circuito secundario y de la longitud del chispero.

En la Fig. 13 se ilustra un transformador de 5 kilovatios del tipo de núcleo abierto o bobina de inducción que se emplea en el servicio inalámbrico de Telefunken. S S son los terminales de la bobina secundaria. P P son los terminales de la bobina primaria. Las dimensiones externas de este transformador son prácticamente iguales a la bobina de inducción antes descrita.



FIG. 13. – TRANSFORMADOR DE NÚCLEO ABIERTO DE 5 KILOVATIOS.

Por medio de la resonancia entre los circuitos primario y secundario del transformador se puede separar el chispero donde son necesarias varias alternancias o vaivenes para cargar al circuito secundario hasta el potencial de la chispa. Por ejemplo, en el caso de una corriente de 60 ciclos se puede preparar la distancia de chispa para que pasen 60 o 30 chispas por segundo. El resultado de este montaje es que mientras hay pocas descargas del condensador por segundo se alcanza un potencial alto a cada descarga y se puede cubrir distancias cada vez mayores con un gasto dado de energía. Se ha sugerido que este método de acumular la energía de varios ciclos sucesivos en el circuito secundario se podría usar con ventaja para llamar a estaciones empleando una descarga de chispa muy baja, mientras que se dispondría de una velocidad



mayor para el envío de los mensajes. Hay un límite a la reducción permisible de descarga de chispa por segundo en el circuito secundario, debido a que cuando caen las descargas por debajo de 30 por segundo las oscilaciones se vuelven inaudibles al teléfono. Además, la experiencia ha demostrado que el oído es más sensible a los tonos altos que a los bajos, y sólo por esta razón en la práctica es preferible un rango de 60 descargas por segundo. Además se ha encontrado que las descargas atmosféricas dan un tono bajo en el receptor que tenderá a confundir las señales de una baja velocidad de chispa. Las descargas atmosféricas debidas al potencial eléctrico en la atmósfera pasan a la tierra por cualquier antena conductora, como se sabe con los experimentos que se han hecho con hilos de antena suspendidos de cometas, etc. En la jerga radiotelegráfica se llaman X's a estas descargas. A veces producen ruidos en el teléfono receptor que se escuchan a 6 pies del instrumento. Como se ha dicho antes, los contrapesos en la antena en vez de una conexión directa a tierra son eficaces para eliminar los X's.

Cuando los circuitos primario y secundario del transformador están en resonancia con el voltímetro en el circuito primario da una lectura prácticamente uniforme durante la duración de las alternancias uniformes en el circuito primario. Manteniendo igual lo demás, se puede aumentar el número de trenes de onda transmitidos por segundo aumentando la F. E. M. del generador, ya que esto produce más descargas en el chispero. En la práctica actual, con un transformador resonante de núcleo abierto similar al de la Fig. 13, la F. E. M. normal del generador es de 110 voltios, 60 ciclos, y es posible aumentar la F. E. M. del generador hasta 200 voltios, quitando inductancia del primario del circuito transformador, aumentar la longitud del chispero a 2,75 pulgadas y ventilar el chispero para acelerar la amortiguación, y obtener un número mucho más alto de trenes de onda muy amortiguados, unos 300 por segundo, de gran amplitud (descargas explosivas), con una capacidad total de carga de 0,002 microfaradios en el circuito oscilante con 3 botellas pequeñas (de 4 pulgadas de diámetro) preparados con tres en múltiple en serie de 3, sin desarrollar un arco en el chispero y sin dañar las botellas de Leiden. Se han alcanzado distancias de 1.200 millas en el mar con este montaje y una antena en L de 180 pies de altura.

En general se puede indicar que con una salida dada de un transformador, y entre ciertos límites, se cubrirán mayores distancias utilizando la longitud de onda natural de la antena transmisora y sintonizando la estación receptora que ajustando la antena arriba o abajo a un periodo de oscilación arbitrario.

**Acoplamiento fuerte y débil.** – También se consigue una sintonía más exacta y se mejora la resonancia usando el acoplamiento débil, como se llama, entre el circuito de antena y los circuitos de transmisión y recepción respectivamente, y estos métodos ahora se han adoptado generalmente. Se han descrito algunos métodos ingeniosos y aparatos para facilitar y simplificar el ajuste débil y fuerte. (Ver sistema Telefunken). Se describirán otros.

Por acoplamiento fuerte y débil se quiere decir la conexión más o menos directa o relación inductiva entre el circuito de antena y los circuitos oscilantes transmisor y receptor. Ya se han dado ejemplos de acoplamiento débil y fuerte. En la Fig. 24, se hace el acoplamiento débil por medio de un transformador oscilante con bobinas primaria y secundaria. En la Fig. 98a (Sistema Shoemaker), el acoplamiento se hace con un auto-transformador. Estos métodos de acoplamiento también se llaman indirecto (o inductivo) y directo. En el acoplamiento débil se emplea un transformador oscilante cuyas bobinas se separan para debilitar el acoplamiento. El acoplamiento débil indirecto tiene ventajas en que reduce en gran medida la inductancia mutua, la reactancia y por tanto reduce la amortiguación de las oscilaciones. Este acoplamiento reduce la fuerza o intensidad de las señales recibidas, pero aumenta su claridad. También, el acoplamiento débil da una sintonía aguda y oscilaciones persistentes, la amplitud de las ondas se reduce. Según Eichhorn, en ciertas condiciones de acoplamiento débil las oscilaciones por descarga (consultar el libro "Telegrafía inalámbrica" de Eichhorn, pág. 35) se aumentan 3 veces, mientras que la amplitud del potencial se reduce 47 veces. Abraham ha demostrado que el potencia máximo en el extremo de la antena es menos deseable en los circuitos de acoplamiento relativamente fuerte que un vientre de corriente en la parte inferior. Wein observa que este vientre de corriente es prácticamente proporcional a  $\sqrt{CC'}$ , donde C es la capacidad del condensador del circuito oscilante y C' la de la antena, de ahí la ventaja de varios hilos de antena. Para los circuitos de acoplamiento débil no se aplican estas consideraciones de una

forma tan material, ya que se desea más bien osciladores persistentes que la intensidad. En general para el acoplamiento débil o para obtener oscilaciones sostenidas o persistentes no es tan esencial muchos hilos paralelos de antena como para el acoplamiento fuerte, ya que los hilos en paralelo reducen la inductancia que en este caso es deseable. Sin embargo, para el acoplamiento fuerte, y para la llamada radiación explosiva, que usualmente viene acompañada de oscilaciones no persistentes o altamente amortiguadas, se aconsejan antenas múltiples. Las mediciones con el ondámetro indican que en los circuitos sintonizados acoplados normalmente hay dos grupos de oscilaciones de diferentes frecuencias, ambas diferentes de la frecuencia normal o natural de sus circuitos respectivos. Se puede averiguar las longitudes de onda de las oscilaciones respectivas anotando las lecturas de un ondámetro, con las que se puede dibujar una curva que muestra las amplitudes relativas de las respectivas oscilaciones observando la magnitud de la fuerza de la corriente de cada oscilación, como indica la altura a la que sube el líquido, por ejemplo, en el ondámetro de Donitz, o por el grado de luminosidad del tubo del de Fleming y otros ondámetros (ver Índice); o por la debilidad del tono o sonido en el teléfono cuando se usa un detector sensible para ello. Además, se puede deducir el grado de agudeza de la sintonía anotando las indicaciones máximas del ondámetro si decrecen rápida o lentamente, a medida que se hacen pequeñas variaciones en el ajuste, hacia ambos lados de la posición de resonancia. Si se indica rápidamente un bajo decremento de la amortiguación u oscilaciones persistentes; o si lentamente un alto decremento de la amortiguación. Estos resultados podrían venir indicado en las curvas dibujadas por un pico agudo o redondo, respectivamente. En la práctica estas curvas se llaman “jorobas” superior e inferior. De esta forma, en una reciente prueba en la práctica, la longitud de onda fundamental de la antena son 335 metros, acoplada directamente al circuito oscilante, se encontró que las longitudes de onda empleadas eran 420 metros en la joroba superior y 318 metros en la joroba inferior. Al recibir señales de radio en estas condiciones los circuitos se deben sintonizar a una u otra de los dos grupos de oscilaciones, y es obvio que hay una pérdida de energía. Para utilizar la energía de ambos grupos de oscilaciones, Fleming ha sugerido recientemente el uso de 2 circuitos receptores sintonizados respectivamente a un grupo de oscilaciones y conectado con estos circuitos sintonizados un receptor telefónico con 2 bobinas, una para cada circuito receptor.

Se cree que el fenómeno de los circuitos acoplados inductivamente es análogo a la siguiente acción de dos pesos en muelles sobre una cuerda horizontal. Al hacer este conocido y simple experimento hace varios años el escritor tendió un trozo de cordón entre dos ranuras en el borde de la mesa y usó como pesos dos tuercas de hierro de  $\frac{1}{2}$  pulgada cuadrada suspendidas de la cuerda horizontal por trozos de cuerda de 6 pulgadas de longitud. Cuando se hace balancear a uno de los pesos (a) imparte movimiento por medio del cordón horizontal al segundo peso (b). Este trabajo de mover el peso (b) no tarda en llevar al peso (a) al reposo, y en ese momento el peso (b) se está balanceando al máximo. Ahora se convierte el peso (b) en el motor y acaba el peso (a) con el máximo movimiento, mientras que el peso (b) se detiene, y se repiten estas operaciones muchas veces hasta que se pierde la energía inicial. El escritor también experimentó con varios pesos de diferentes longitudes de cuerda vertical y separados por diferentes distancias en la cuerda horizontal, con muchos resultados interesantes y se podría decir divertidos en el cese súbito, arranque, etc., de los pesos. La cuerda horizontal no debe estar demasiado tirante. De forma análoga se asume que las oscilaciones de alta frecuencia del circuito primario establecen oscilaciones en el circuito de antena que a su vez reaccionan con el primario, y de esta forma se establecen dos grupos de oscilaciones. Como ha indicado Fleming, cuando un circuito cualquiera actúa de motor se reduce su velocidad de oscilación, mientras que la del circuito arrastrado se aumenta, que, según esta analogía, formaría las frecuencias de oscilación alta y baja en estos circuitos. (Ver Fig. 15 y 16 del circuito de chispa cantante de Telefunken). Al momento de hacer estos experimentos, el escritor pretendía encontrar una analogía entre las acciones observadas y la de los circuitos oscilantes primario y secundario de un sistema inalámbrico, pero en ausencia de conocimientos relativos a la existencia de dos oscilaciones diferentes en los circuitos acoplados (que el ondámetro ha revelado) concluyó que estas acciones recíprocas de los circuitos anularía la radiación.

La experiencia ha demostrado que la oscilación de baja frecuencia (longitud de onda larga) tiene el decremento más bajo de amortiguación; es decir, sus trenes persisten más que los trenes

de la frecuencia más alta. En pruebas de Ferdinand Braun relacionados con sus experimentos de ondas dirigidas observó que de las dos oscilaciones siempre encontraba en el hilo transmisor que la más fuerte de las dos oscilaciones era la longitud de onda más corta. El debilitar el acoplamiento entre la antena y el circuito oscilante o condensador reduce la diferencia entre las dos oscilaciones o jorobas, y viceversa. En los circuitos con acoplamiento directo esta diferencia es proporcional a  $\sqrt{(C'/C)}$ , donde  $C$  es la capacidad del condensador del circuito oscilante y  $C'$  la del circuito de antena.

**Bobinas de sintonía con contacto deslizante.** – Una forma común de bobina de sintonía en un tiempo de uso general y que todavía se emplea bastante extensamente en las instalaciones inalámbricas es la indicada en las Fig. 14, 14a. La bobina de sintonía  $t$  está preparada en espiral de hilo de cobre aislado del No. 16 o 18 bobinada sobre un tambor adecuado y encerrada en una caja, como se muestra. Se hace una ranura en un lado de la caja, y opuesta a esta apertura se elimina el aislante de la espiral. Se mueven tres contactos deslizantes  $b$   $c$   $d$  arriba y abajo sobre las guías  $d$  en el lado de la caja. Los dedos en estos contactos deslizantes, indicados por las flechas en la Fig. 14a, hacen contacto con una parte u otra de la espiral de hilo, incluyendo más o menos de la bobina en los circuitos externos. Se conectan hilos flexibles a los contactos deslizantes,  $b$  y  $c$ , que llevan al detector;  $d$  se conecta con la tierra y  $A$  con la antena. El montaje exacto de estas conexiones puede variar según los diferentes aparatos. Las longitudes de onda que corresponden aproximadamente a la posición de los contactos deslizantes se indica algunas veces en una escala sobre el lateral de la caja. Se hacen los ajustes moviendo los contactos arriba o abajo sobre la bobina hasta recibir las señales, pero obtener rápidamente las mejores señales es principalmente tema de experimentación y destreza en el ajuste de los contactos por parte del operador.

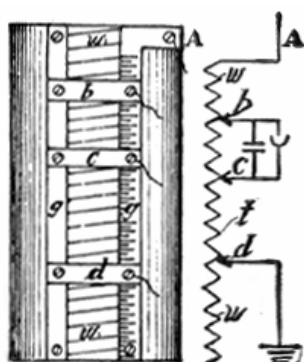


FIG. 14, 14a.

El uso de bobinas de sintonía con contactos deslizantes con sus desventajas propias, debida a contactos imperfectos, etc., está llevando a su sustitución en las estaciones inalámbricas por inductancias de variación continua, variómetros, etc. que se describirán más adelante. En la práctica no es nada raro encontrar que se reduce la fuerza de las señales en un 50 por ciento al introducirse resistencia en los contactos deslizantes. Para la comunicación a larga distancia se tienen grandes dificultades para conseguir una sintonía precisa debido a la tendencia del deslizante a apoyarse en dos espiras a la vez. En algunos sistemas esto ha llevado a adoptar inductancias enchufables en las que están preparadas las bobinas para variar la sintonía en pequeños pasos. (Ver sistema Marconi).

**Variómetros, transformadores oscilantes variables y condensadores.** – El variómetro permite una variación continua de la frecuencia en los circuitos receptores donde se coloca en contraste a las bobinas de sintonía paso a paso o con contactos deslizantes. En el sistema Telefunken en el Capítulo IX se han dado ejemplos de bobinas de sintonía variables que incluyen el variómetro. El variómetro emplea el principio del conocido estándar de inducción de Ayrton y Perry. Hay diferentes montajes mecánicos de este dispositivo que se usa actualmente, entre otros el variómetro Lorenz, ilustrado en la Fig. 15, que consiste de dos bobinas, la exterior fija y la interior móvil por medio del mando K. Las bobinas están conectadas en serie bien con el circuito de antena o en el circuito oscilante cerrado del receptor, por medio de los terminales

S S. Cuando se colocan en serie en un circuito producen un aumento de inductancia; la primera en la serie, por ejemplo, tiene un rango de 0,33 a 3,3 microhenrios, la segunda un rango de 3 a 30 microhenrios, la tercera de 29 a 290 microhenrios. Cuando las bobinas de un variómetro están sintonizadas al punto de mínima inductancia, o punto cero, se cortocircuitan automáticamente, impidiendo por tanto la pérdida de energía debido a la resistencia de las bobinas. Los conductores de estas bobinas son trenzados y están bobinados para que una cantidad igual de trenza caiga fuera del cable, minimizando así la resistencia pelicular para corrientes de altas frecuencias. En la Fig. 15a se muestra un dispositivo de acoplamiento inductivo o transformador oscilante receptor. En este la bobina interna es la fija; la bobina externa se puede girar con el mando K. Se puede usar cualquier bobina como bobina primaria o secundaria de un sistema inalámbrico. La Fig. 15b representa un tipo de condensador variable de aire o aceite para el circuito receptor, que consiste de dos series de placas semicirculares de aluminio, una serie está fija, la otra se mueve por medio del mando K, aproximándose o alejándose de las placas fijas. P es un puntero que se mueve sobre una escala graduada (Ver Condensador variable, Índice), indicando por tanto la capacidad del condensador con las placas en una posición dada. El rango de este condensador es de 0,00005 a 0,005 microfaradios. El la práctica está encerrado en una caja.

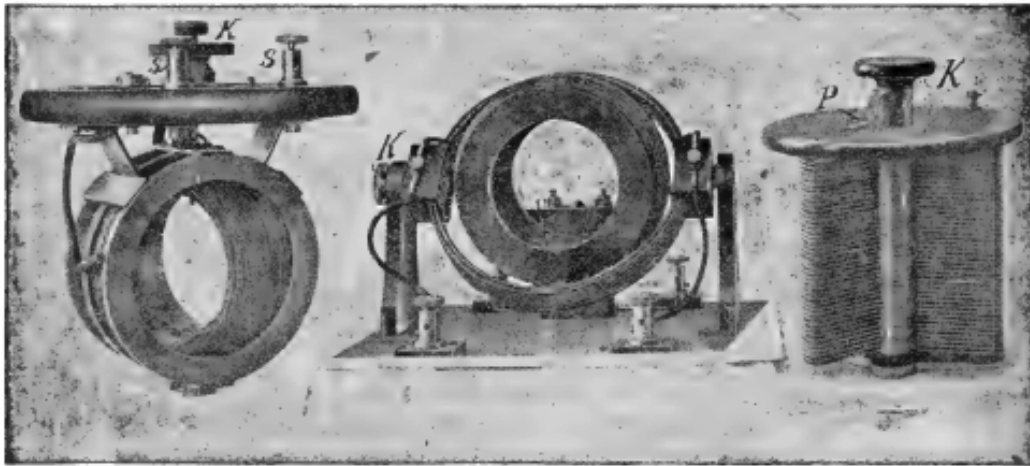


FIG. 15.

FIG. 15a.

FIG. 15b.

## CAPÍTULO XV.

### RADIACIÓN INALÁMBRICA DIRECTIVA.

LOCALIZADOR DE ONDAS ELÉCTRICAS STONE – AEROFORO DE FOREST – ANTENA DOBLADA DE FOREST – ANTENA DOBLADA MARCONI – EXPERIMENTOS DE RADIO DIRECTIVA DE BRAUN – SEÑALES INALÁMBRICAS DIRECTIVAS ARTOM, BELLINI Y TOSI.

Como se ha indicado anteriormente, el intento de concentrar y reflejar ondas eléctricas (por ejemplo, como se concentra la luz), por medio de espejos metálicos no tuvo éxito, debido a la dificultad de cumplir la exigencia de que el espejo ha de ser grande en comparación con la onda eléctrica. Esta dificultad es obvia cuando se usan grandes longitudes de onda como se hace ahora en la telegrafía y telefonía inalámbricas, por ejemplo, con una frecuencia de 100.000, sobre 9.840 pies. Por otra parte, la longitud de las ondas en el éter constituyen que constituyen la luz es tan infinitesimal que los espejos más pequeños que se pueden hacer, o incluso las partículas que flotan en el aire, son grandes en comparación con las ondas eléctricas.

Recientemente se han conseguido algunos éxitos en el tema de las señales directivas con métodos diferentes al método de reflexión en espejo, de los que se dará ahora una descripción.

Las ondulaciones de onda o vibraciones en forma armónica simple se suelen mostrar gráficamente como una curva senoidal u onda senoidal, derivada, por ejemplo, del movimiento de un punto en la circunferencia de una rueda giratoria, o del trazo que hace un lápiz en una ranura rectangular, bajo la cual pasa una cinta de papel en movimiento uniforme; el movimiento oscilatorio del pincel corresponde a un punto moviéndose adelante y atrás a lo largo del diámetro de un círculo. En la Fig. 1 las líneas verticales  $lm$  pueden representar este movimiento adelante y atrás, la línea  $AB$  el movimiento adelante de la rueda u onda, y  $xx'$  la distancia cubierta por una revolución de la rueda; esto se corresponde con una longitud de onda. Si las líneas verticales indican los movimientos adelante y atrás de las partículas del medio donde tienen lugar las ondas, la longitud de una línea vertical entre la línea cero  $AB$  y el punto de intersección de la curva representará la amplitud de movimiento de una partícula dada o de la onda en un punto e instante dado. Esto se muestra gráficamente con las líneas horizontales desde la línea vertical  $CC'$  en el círculo a  $ba$ ;  $a'b'$  en la curva. Cuando se usa para representar una onda de corriente alterna estas líneas indican la fuerza de la corriente o la F. E. M. en cualquier punto e instante del ciclo.

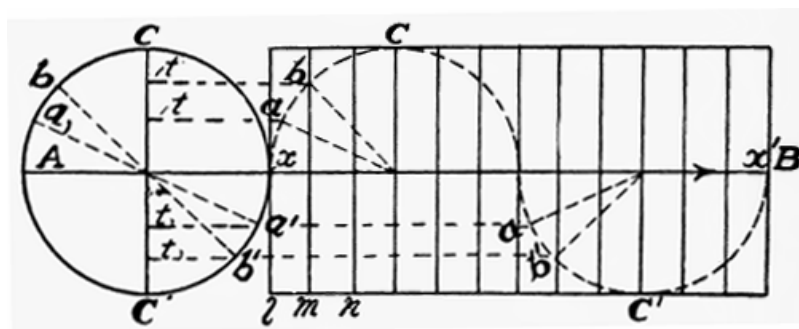


FIG. 1.

El periodo de una onda es el tiempo que tarda una partícula en moverse desde, por ejemplo, el punto  $x$  alrededor del círculo hasta de nuevo el punto  $x$ ; o la punta del lápiz en la ranura en hacer un movimiento adelante y atrás. En la línea sólida horizontal, como se ha visto antes, correspondería a la distancia  $xx'$ . En el movimiento ondulatorio se entiende que las partículas del medio no se mueven adelante con la onda, sino que simplemente suben y bajan como trocitos de corcho en la superficie de un estanque a medida que las olas pasan bajo ellos. A

medida que progresa la onda cada partícula del medio sube hasta la cresta y cae a través de la onda. En un medio elástico se supone que la partícula se desplaza desde su posición cero con una fuerza o tensión que resiste con una contrafuerza llamada tensión, la tensión varía con la cantidad de desplazamiento, y tiende a restaurar la partícula a su posición cero.

La posición de una punta o partícula en un instante dado relativo a cualquier posición fija se llama fase, y la diferencia de posición de un punto o partícula dada relativa a otra partícula durante su movimiento sobre un círculo se llama diferencia de fase. Así una partícula en  $b$  pasará a través del punto  $c$  antes que la partícula  $a$ , la dirección de movimiento se muestra por la flecha, y su diferencia de fase cuando se mide como un ángulo igual a la diferencia entre los ángulos hechos por sus radios respecto a una línea fija  $A X$ . Por ejemplo, la diferencia de fase entre una partícula en  $C$  y otra en  $x$  es de  $90^\circ$ , o un cuarto de longitud de onda, mientras que una partícula en  $C'$  tendrá una diferencia de fase de  $180^\circ$ , o media longitud de onda. Cuando dos partículas pasan por el mismo punto al mismo tiempo no hay diferencia de fase. Cualesquiera dos partículas que estén separadas por una longitud de onda se dice que tienen la misma fase, y dos ondas de la misma frecuencia cuyas partes correspondientes se muevan en direcciones opuestas con la misma velocidad se dice que tienen una diferencia de fase de  $180^\circ$ .

Por ahora se puede considerar la línea curvada en la Fig. 1 que representa el contorno de una onda eléctrica, en cuyo caso la porción de la curva por encima de la línea  $x x'$  puede representar una fuerza de signo positivo, por debajo de la línea una fuerza de signo negativo, y la magnitud de la fuerza de la onda en un punto e instante dados se puede representar por la longitud de las líneas verticales entre  $x x'$  y su intersección con la curva. De esta forma las ondas de igual o diferente fase y magnitud y en acuerdo o en oposición en dirección o signo, pueden apoyarse o neutralizarse entre sí, en el curso de esta sección se darán ejemplos y analogías que se pueden encontrar en los libros de texto sobre la luz y el sonido.

**El localizador de ondas eléctricas Stone.** – En 1902 Mr. John Stone patentó un dispositivo para determinar la dirección de las señales telegráficas espaciales, que si no es el prototipo de algunos de los dispositivos que se emplean en experimentos más recientes sobre telegrafía inalámbrica directiva, se puede considerar como una sugerencia. (Ver patente U. S. No. 716.135, de 1902)

En la Fig. 2 se bosqueja la teoría de este dispositivo.  $V V'$  son hilos verticales situados sobre un eje común  $a$ , y en serie con ellos están las bobinas  $x y$ , respectivamente. Se pueden hacer estas bobinas, como se indica en la figura, para que cuando pasen simultáneamente por los hilos  $V V'$  oscilaciones de igual fuerza y dirección, la bobina  $z$ , que está en una relación inductiva igual que estas bobinas, no se vean afectadas. En el circuito de la bobina  $z$  se coloca un detector  $d$ , un condensador  $C$  y el teléfono  $t$ . Sin embargo, cuando las oscilaciones en las bobinas  $x y$  están en direcciones opuestas o tienen diferente fuerza, se verá afectada  $z$ . Para obtener el máximo efecto de la onda la energía, los hilos  $V V'$  en el montaje de Stone están separados por una distancia de media longitud de onda. Suponiendo que la longitud de las ondas que llegan es de 50 pies, los hilos están separados por 25 pies y su plano está en la línea de movimiento de avance de la onda, los hilos recibirán las ondas con una diferencia de fase de  $180^\circ$ , media longitud de onda. Por tanto Las oscilaciones debidas a ella tendrán igual fuerza, por ejemplo, 10, en la figura, pero de signo opuesto, o dirección, en las bobinas  $x y$ , y por tanto la bobina  $z$  se verá afectada en este caso al máximo. Si se mueven los hilos para que la distancia entre ellos sea inferior a media longitud el signo en los respectivos todavía será opuesto, pero no será igual la fuerza en cada uno. Si, por ejemplo, se mueve el hilo  $V'$  hasta el punto indicado por la línea de puntos  $n$ , la fuerza de la onda en  $V$  seguirá siendo 10+, pero en  $V'$  será menor de 10-, por tanto la fuerza de la corriente oscilante en la bobina  $x$  predominará sobre la de la bobina  $y$  y la bobina  $z$  y el detector  $d$  se energizarán. O además, manteniendo separados los hilos por media longitud de onda, pero se giran sobre el eje  $a$  hasta que su plano sea perpendicular al frente de la onda en avance tendrá en un instante dado una fuerza de, por ejemplo, 10+, y caerá en ambos hilos como indica la línea horizontal  $m$ , a una posición donde la fuerza y el signo sean iguales. Se establecerán oscilaciones de igual fuerza y dirección en los hilos verticales y en las bobinas  $x y$ , el efecto de ellas sobre la bobina  $z$  será nulo, por las razones indicadas. Para determinar la dirección de las ondas que llegan sólo es necesario mover los hilos  $V V'$  sobre su eje  $a$  hasta

que las fuerzas combinadas de las oscilaciones en las bobinas  $x$  y sobre  $z$  sea nula, en este caso el plano de los hilos estará en ángulo recto con la dirección de llegada de las ondas eléctricas.

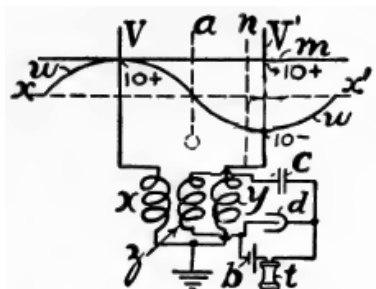


FIG. 2. LOCALIZADOR STONE.

Es obvio que en un barco no es posible girar los hilos verticales, pero se puede cambiar fácilmente la posición del barco para obtener los mismos resultados. Hace unos años se hicieron pruebas con este dispositivo en el buque carbonero U. S. *Lebanon* que determinaron los rumbos y direcciones de las estaciones telegráficas inalámbricas a una distancia de 30 millas con una precisión de medio punto. Seguidamente se hicieron pruebas entre los buques de guerra *Washington* y *Tennessee* en mitad del océano, donde se determinó el rumbo del *Washington* desde el *Tennessee* a una distancia de 75 millas con una precisión de dos tercios de punto. Según Mr. Stone, los aparatos nunca se han usado con una longitud de onda exactamente del doble de la distancia entre las dos antenas, y el único objeto de tener la longitud de onda igual al doble de dicha distancia es que en este montaje los hilos tengan la máxima intensidad de señales; las señales bajo todas condiciones dan el máximo cuando el plano de las ondas está en ángulo recto al plano donde están las dos antenas; las señales son cero total siempre que el plano de las ondas sea paralelo al plano que pasa por las dos antenas.

**Aeroforo De Forest y antena doblada.** – En el curso de su experiencia práctica De Forest observó que ciertas señales se recibían mejor en una dirección que de las otras, y al investigar esto averiguó que depende de la dirección en la que se disponen las antenas en relación a la estación distante. Por ejemplo, usando una rejilla de hilos verticales en un plano, De Forest encontró que la transmisión y recepción de las señales era mejor desde una dirección perpendicular al plano de dichos hilos. Por tanto girando la rejilla hasta dejarla encarada a la estación deseada era posible obtener una medida del efecto directivo, que se pensaba que estaría disponible para que los faros y buques determinaran su cercanía respectiva. Para facilitar esto, De Forest construyó un aparato llamado aeróforo, que consiste de una rejilla de hilos verticales operado por un tren de engranajes, por medio de los cuales se puede girar mecánicamente para estar frente a cualquier dirección deseada, delante y atrás. Al mismo tiempo se transmiten automáticamente ciertas señales en código. Estas señales indican la dirección en la que se propagan las señales; este, norte, oeste, sur, etc. Por tanto un barco equipado con un aeroforo al recibir estas señales en código puede determinar la dirección de la que han emanado y actuar según ello.

De Forest también descubrió que usando un hilo vertical, al que se conecta un hilo horizontal giratorio, con el detector usual en el hilo vertical, se recibían señales, cuya fuerza “variaba según la posición de los hilos estuviera cerca o alejada de una posición paralela con la dirección de avance de las ondas”. (Ver patente U. S. No. 771.819, de 1904) Se puede observar que se pueden emplear los diversos montajes de antenas T y L para que las estaciones a bordo y en tierra puedan corresponder más o menos al dispositivo anterior. La experiencia práctica que se ha obtenido hasta ahora no parece que indique de forma definida que en el funcionamiento normal de un barco las señales se vean afectadas favorable o desfavorablemente respecto al efecto directivo en las señales con este montaje de antena.

**Antena doblada Marconi.** – Marconi ha hecho numerosos experimentos relacionados con la radio directiva y ha encontrado que colocando un gran número de hilos preparados como una antena L, o como se llama, antena doblada, y con el extremo abierto apuntando hacia la estación distante, se puede controlar en gran medida la dirección de la radiación efectiva o transmisión.

También que usando una antena similar se mejora muchísimo la recepción de las señales. Este montaje de antena se emplea ahora en varias estaciones Marconi de alta potencia con, como se indica, un notable éxito. La mayor altura de los hilos verticales en estas estaciones es de 210 pies. La longitud de los hilos horizontales es de 2.500 pies. La cantidad total de hilo en la antena es de 35 millas, que implicarían el uso de unos 60 hilos verticales y 60 hilos horizontales, que se sostienen con numerosos mástiles.

Este montaje de antena doblada se usa también con ventaja pero a pequeña escala en los equipos portátiles Marconi para usos militares. En este caso el mástil que se emplea es de una altura de 30 pies. El hilo horizontal es de 400 pies de largo y gira en el extremo del mástil. En la práctica un hombre lleva el extremo del hilo en un círculo alrededor del mástil hasta que el operador anuncia la mejor posición para las señales.

**Experimentos en señales directivas de Braun.** – Braun tal vez fue de los primeros en atacar el problema de la radio directiva apartándose de los espejos metálicos, aunque en sus primeros experimentos empleó un equivalente a ello, usando un montaje descrito en su patente alemana del 31 de Julio de 1901, donde muestra un número de hilos verticales transmisores preparados en una parábola. Suponiendo que comienzan simultáneamente las oscilaciones en estos hilos, se producirá una onda en el plano en ángulo recto al eje de la parábola y procederá en la dirección del eje; pero, como en el caso del espejo metálico, las grandes dimensiones de la parábola en este montaje lo hacen impracticable.

Seguidamente el Dr. Braun concibió la idea de que se podía construir un sistema simple de antenas transmisoras que se podía hacer que una onda interfiera en una dirección e intensificarla en otra. Para ello diseñó un plan que consistía de 3 hilos verticales que se pueden designar como *a*, *b*, *c*, sobre postes levantados en las esquinas de un triángulo rectángulo, en cuyo centro está el cuarto de radio donde entran los hilos horizontales desde el pie de los hilos verticales. Con los aparatos adecuados en el cuarto se pueden establecer las oscilaciones sincronizadas en los hilos *a* y *b*, pero en el hilo *c* se establecen oscilaciones de la misma frecuencia, pero ligeramente retrasada o ligeramente adelantada a las oscilaciones en los hilos *a* y *b*. Si las oscilaciones en el hilo *c* están retrasadas, se obtienen interferencias entre las oscilaciones de *a* y *b*, se forma una sombra eléctrica en la dirección de *c* y entre *a* y *b*. Por el contrario, si las oscilaciones en el hilo *c* están ligeramente adelantadas a las de *a* y *b*, se proyecta una onda de mayor intensidad en la dirección mencionada, pero se proyecta una sombra detrás del hilo *c*, y la interferencia está a los lados de *a* y *b*. Por medio del conmutador adecuado en el cuarto de radio es factible transmitir mensajes en 6 direcciones diferentes intercambiando el hilo *c* con el de *a* y *b*. En estos experimentos los postes tenían 65 pies de alto, los lados del triángulo 98 pies. Los hilos de antena tenían 108 pies de largo y terminaban en una red de hilos. Se emplearon capacidades e inductancias variables para ajustar las frecuencias del sistema. La distancia a la que se transmitió en estos experimentos fue de 4.260 pies. Los resultados de los experimentos demostraron que se podían dirigir las ondas en una dirección bastante definida, pero no se ha usado este método en la práctica. En el London Electrician de 1906 se encuentra una traducción de la descripción del Dr. Braun.

**Experimentos de Artom en telegrafía inalámbrica directiva.** – Los libros de texto en óptica explican que la luz blanca se compone de ondas de diversas longitudes apuntando en todas direcciones. En esta condición se dice que las ondas no están polarizadas. Cuando mediante algún medio adecuado se colocan paralelas entre sí las ondas de luz se dice que están polarizadas en el plano. Por otra parte, cuando dos ondas cualesquiera tienen igual amplitud y con una diferencia de fase de un cuarto de longitud de onda se colocan en ángulo recto entre sí, se produce una polarización circular. Si la diferencia de fase es mayor de un cuarto de longitud de onda se dice que las ondas tienen polarización elíptica.

Actuando sobre una demostración analítica de Righi que una combinación de dos oscilaciones eléctricas rectangulares entre sí y con la misma intensidad, la misma frecuencia y una diferencia de fase de un cuarto de longitud de onda, lleva a la producción de oscilaciones con polarización circular, y ondas polarizadas en una cierta dirección. El Conde Artom ha avanzado para obtener ondas dirigidas para telegrafía inalámbrica.

Para conseguir este objetivo Artom ha hecho numerosos experimentos, pero obtuvo sus resultados más satisfactorios con el siguiente montaje. Colocó dos hilos *w* *w'*, Fig. 3, en ángulo



recto entre sí, algo parecido a las dos patas de un trípode. En el extremo inferior de  $w$  conectó la bobina  $a$  con una botella de Leiden. En el extremo inferior de  $w'$  conectó la bobina  $a'$ , y el secundario de otra bobina  $C$ . La botella y la bobina  $C$  están unidas a las capacidades de compensación  $n n'$ . Los hilos se cargan indirectamente con el transformador  $T$  y la bobina de Tesla  $t$ , con los chisperos  $S S'$ .

Con este montaje el hilo  $w'$  se carga por inducción electromagnética mientras el hilo  $w$  se excita por inducción electrostática. Los hilos  $w w'$  están aislados entre sí, y esto forma dos circuitos oscilantes abiertos, en los que aparecen oscilaciones de la misma amplitud, y con una diferencia de fase algo mayor que un cuarto de longitud de onda. En el aparato receptor se colocaron dos varillas preparadas igual a una distancia de 18 pies del transmisor y 9 pies de la pared en una habitación de 36 pies de largo. La longitud de onda elegida era de 36 pies. Se usaba un tubo de Braun excitado por una máquina de Wimshurst como indicador de la presión de las oscilaciones recibidas, colocado entre los terminales superiores de las varillas receptoras. La pequeña onda eléctrica imagen de las ondas eléctricas se observaba como una sombra curvada alrededor del punto luminoso fijo del tubo de Braun. Artom apunta a que se prueba la existencia de ondas eléctricas de polarización elíptica debido a que si se movía el receptor hacia el centro de la habitación desaparecía la sombra.

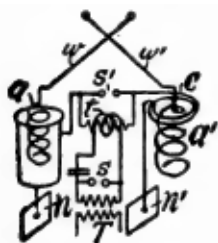


FIG. 3.

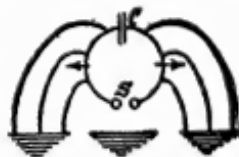


FIG. 4.

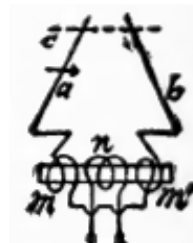


FIG. 5.

Al hacer sus experimentos más prácticos el Conde Artom empleó varios montajes diferentes de antenas, en general consistían de 2 o 3 conductores inclinados uno hacia el otro en ángulos que variaban entre 45 y 90 grados, por ejemplo, como indica  $a b$  de la Fig. 5.

Se sabe que un circuito abierto como las varillas oscilantes de Hertz o el hilo vertical que se usa en telegrafía inalámbrica radia en todas direcciones o simétricamente; mientras que un circuito oscilante cerrado radia las ondas principalmente en la dirección del plano del circuito, como se dibuja en la Fig. 4, donde  $S$  es el chispero y  $C$  es una capacidad. El montaje triangular de la antena es virtualmente un circuito cerrado y por tanto tiende a radiar las ondas eléctricas principalmente en dirección al plano del circuito cerrado.

En la narración publicada de sus experimentos Artom dice que cuando se establecen corrientes oscilantes con la fase desplazada en conductores preparados de esta forma adquieren una importante propiedad directiva, tanto en transmisión como en recepción; esto en las antenas que se inclinan una hacia la otra la inducción mutua es muy pequeña cuando fluyen las corrientes oscilantes a través de ellos, que de hecho permite establecer un avance absoluto del periodo que se ha de usar en la transmisión. Además, esta inclinación de las antenas produce el fenómeno de composición e interferencia entre las ondas electromagnéticas que emiten los dos conductores, debido a que fuerza una superposición de los haces respectivos de las líneas de fuerza eléctrica y magnética.

Para la recepción de ondas eléctricas Artom emplea el montaje mostrado en la Fig. 5, donde  $a$  y  $b$  son los dos hilos preparados como triángulo,  $m m'$  son bobinas en serie con ellos y bobinadas de tal forma que su efecto inductivo en la bobina central  $n$  es nulo cuando las corrientes que pasan simultáneamente por ellas tienen la misma dirección y fuerza. Pero las corrientes en cualquier bobina sólo inducirán oscilaciones en la bobina  $n$ . Cuando un frente de onda llega en la dirección del plano de  $a b$  cae primero en el hilo más cercano, por ejemplo,  $a$ , como indica la flecha, estableciendo una oscilación en  $m$ , y tras un cierto intervalo caer sobre el hilo  $b$ , estableciendo una oscilación en  $m'$ , ambas oscilaciones actúan sobre la bobina  $n$ , cuyo resultado es que el detector en el circuito de esa bobina actúa del modo ordinario. Pero, por otra parte, cuando un frente de onda que llega desde una dirección perpendicular al plano de  $a b$  cae sobre

los hilos  $a b$  al mismo tiempo, como indica la línea  $c$ , estableciendo como antes corrientes oscilantes de la misma fuerza y dirección en las bobinas  $m m'$ , cuyas corrientes no tienen efecto sobre la bobina  $n$ , por las razones antes dichas. El Conde Artom en 1905 utilizó este montaje para determinar la posición de las estaciones transmisoras en barcos y en tierra. Para una narración completa de estos experimentos ver "Atti Della Associazione Elettrotecnica Italiana, Vol. XII".

### SISTEMA INALÁMBRICO DIRECTIVO BELLINI-TOSI

Más recientemente Bellini y Tosi han introducido un montaje para enviar señales directivas que ha tenido un cierto éxito práctico en Francia. Estos inventores comenzaron sus experimentos con un circuito de antena triangular, casi cerrado capaz de girar sobre su eje, usando un transmisor y un receptor muy similar a los ya descritos.

En común con otros experimentadores Bellini y Tosi encontraron que la fuerza de las señales recibidas era máxima cuando el plano del triángulo transmisor estuviera apuntando en la dirección de la estación receptora, y que al girar el triángulo sobre su eje, alejando su plano de esa estación, se debilitaba gradualmente la fuerza de las señales y siempre era cero cuando el plano estaba en ángulo recto a esa estación. El ángulo límite para señales legibles depende de la potencia empleada en el transmisor y de la sensibilidad del detector.

Sin embargo, para evitar las dificultades que implica el uso de antenas móviles para uso directivo Bellini y Tosi han diseñado el ingenioso plan de emplear dos grupos de antenas triangulares, cada triángulo se coloca en ángulo recto respecto al otro, como se dibuja en las Fig. 6, 7 y 8 (donde  $W E$  representan los dos lados superiores de un triángulo y  $N S$  los lados similares del otro triángulo); y con este montaje de antenas utilizan un dispositivo llamado radio-goniómetro,  $n w c$ .

El radio-goniómetro consiste de dos bobinas fijas  $n w$  en ángulo recto uno respecto al otro, y una bobina central  $C$  móvil sobre un eje en cualquier dirección respecto a las bobinas  $n w$ . Cuando se usa para la transmisión la bobina  $C$ , Fig. 6 y 8, es el primario de un transformador oscilante con dos secundarios,  $n, w$ . A la inversa cuando se usa para la recepción de señales, como en la Fig. 7, la bobina  $C$  se convierte en el secundario de dos primarios  $n w$ . La bobina fija  $n$  está conectada con los hilos de antena  $N S$ ; la bobina fija  $w$  se conecta con los hilos de antena  $W E$ .

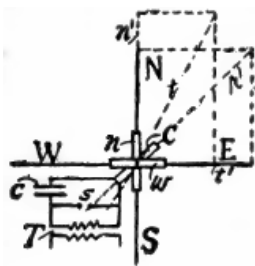


FIG. 6.

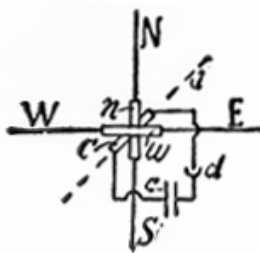


FIG. 7.

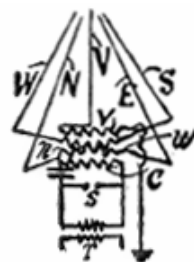


FIG. 8.

Cuando se usa el dispositivo como transmisor, si se desea transmitir señales en la dirección del plano de, por ejemplo,  $N S$ , se gira la bobina primaria  $C$  sobre su eje hasta que esté paralela con la bobina  $n$ , en ese momento los efectos inductivos serán inapreciables en la bobina  $w$ , pero serán máximos en la bobina  $n$  y la dirección de transmisión será  $N S$ . De igual forma si se coloca la bobina primaria en paralelo con la bobina  $w$  la dirección de radiación será  $W E$ . O si se desea enviar las señales en cualquier dirección entre  $W N$  o  $E S$ , esto se hará colocando la bobina  $C$  en la posición deseada. En este último caso cada bobina  $n w$  será influida proporcionalmente a su ángulo respecto a la bobina  $C$ , y la dirección de radiación será la resultante de la combinación de las dos fuerzas electromagnéticas desarrolladas por las bobinas  $n w$ , virtualmente según la ley del paralelogramo de fuerzas. En la Fig. 6, por ejemplo, con la bobina como se muestra, la dirección resultante está indicada por las líneas de puntos  $r$ ; la longitud de las líneas gruesas  $N$  y  $E$  respectivamente representa la magnitud supuesta de la componente de

las fuerzas en las direcciones indicadas por estas líneas. O, si se gira la bobina C en la dirección de la línea de puntos o resultante  $t$ , la magnitud de la componente de la fuerza debida a la bobina W se reducirá en la cantidad indicada por la intersección de la línea de puntos en  $t'$ , mientras que la componente de la fuerza debida a la bobina  $n$  se incrementará en una cantidad indicada por la línea de puntos  $n'$ . Para una explicación elemental y ejemplos de operación de esta ley de fuerzas relacionada con temas análogos puede consultar el estudiante a los Capítulos VII y XIX de la obra "American Telegraphy" del autor.

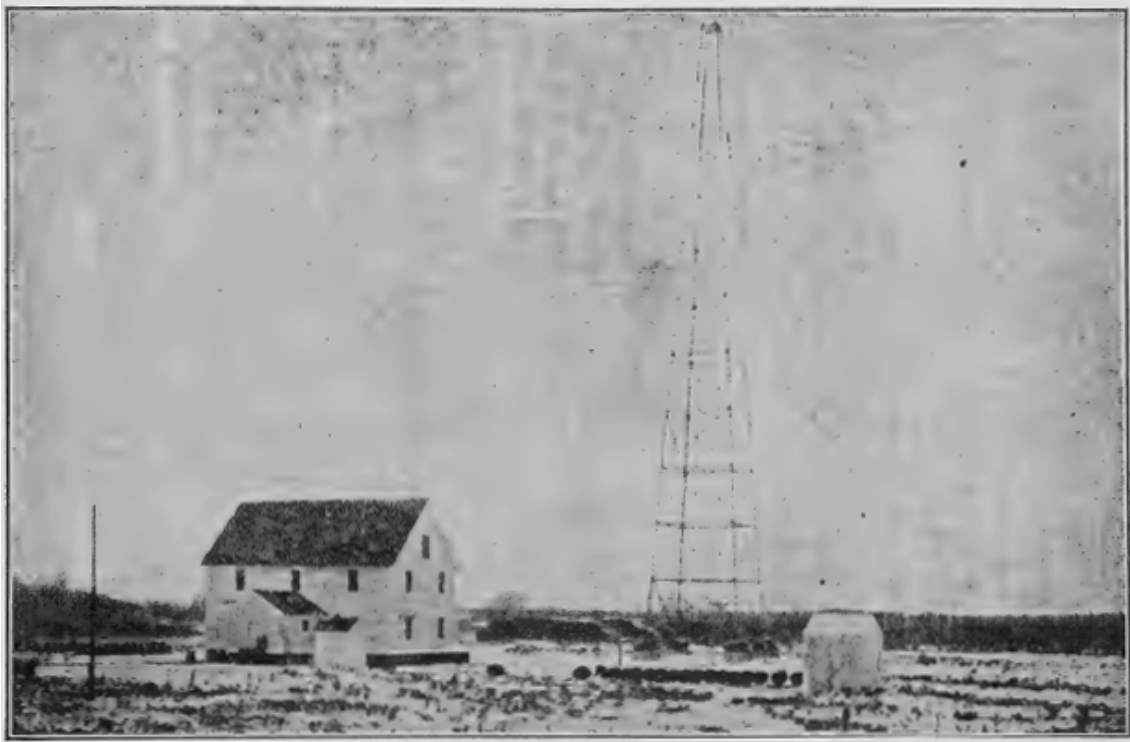
Al revés, cuando se usa el radio-goniómetro como receptor, Fig. 7, los frentes de onda caen sobre los circuitos oscilantes cerrados de antena, virtualmente como se ha dicho en relación a la Fig. 5. Si, por ejemplo, el frente de onda llega en el plano N S, sólo se verá afectada la bobina  $n$  y el operador gira la bobina C hasta obtener la máxima señal. Por otra parte, si el frente de onda avanza desde una dirección a mitad entre N y E, las bobinas  $n$  y  $w$  serán afectadas por igual y la mejor posición para la bobina C será la indicada por la línea de puntos  $l$ .

Normalmente la radiación en un circuito oscilante cerrado es en ambas direcciones, adelante y atrás, en el plano del circuito, como indica la línea de puntos  $r$  en la Fig. 6. Para confinar la radiación en la dirección de la estación receptora, se conecta con la bobina  $v$  un hilo vertical V, Fig. 8, que también está en relación inductiva con la bobina C. Al excitar la bobina  $v$  y por tanto el hilo V hasta una fuerza crítica y con una relación de fase deseada para ayudar a la radiación resultante hacia adelante y anular la radiación hacia atrás del circuito cerrado de las antenas, se obtiene el resultado deseado.

En la práctica el primario de la bobina C consiste de una única espira de 3 hilos gruesos en paralelo bobinados sobre un cilindro que gira sobre un eje vertical. Los dos secundarios consisten de 10 espiras de hilo grueso bobinados en ángulo recto sobre un cilindro hueco, donde se coloca el primario. Se han tomado precauciones en la construcción mecánica del transformador para asegurar que los desplazamientos angulares del primario y la dirección de transmisión siempre se mantengan uniformemente. El sistema también está preparado para el acoplamiento directo o indirecto con las antenas.

En los experimentos de Bellini-Tosi la estación transmisora se encontraba en Dieppe, las estaciones receptoras estaban en Havre y Barfleur. La distancia entre Dieppe a Havre es de 55 millas sobre tierra; con Barfleur 105 millas sobre mar. La base de la antena triangular usada era de 180 pies, la altura del mástil de soporte era de 160 pies. Los lados del triángulo consistían de una celosía de 9 trenzas de cobre en paralelo, separadas por 5 pulgadas; cada trenza estaba compuesta de 7 hilos del No. 9. La distancia entre el extremo superior del triángulo era de 9,75 pulgadas. La longitud de onda empleada era de 350 a 400 metros.

Debido a que el montaje del circuito cerrado de las antenas es un mal radiador de energía Bellini y Tosi encontraron, como se anticipaba, que es necesario emplear algo más de potencia que la necesaria para enviar señales a una distancia dada con las antenas verticales ordinarias. Por ejemplo, era esencial un máximo de 500 vatios para la transmisión entre las estaciones mencionadas. Debido a las ventajas de las oscilaciones persistentes y la libertad de perturbaciones atmosféricas que se obtiene con el montaje en circuito cerrado, junto con las grandes ventajas de las señales directivas, los inventores creen que el tener que emplear una potencia extra queda más que compensado con el uso de sistemas de señalización directiva.



ESTACIÓN DEL CUERPO DE SEÑALES DE LOS ESTADOS UNIDOS, FAIRBANKS, ALASKA

## CAPÍTULO XVI.

### APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA TELEGRAFÍA INALÁMBRICA.

ADEMÁS de los circuitos inalámbricos ya mencionados que están en operación, hay uno desde la isla de Lizard a la isla de Wight, con una distancia de 186 millas. También hay sistemas instalados en diferentes puntos en las costas de los países de Europa —en La Panne, Bélgica, por ejemplo, y en la isla de Borkum en el Mar del Norte, fuera de la desembocadura del Ems. También se han equipado otros muchos faros y buques faro con equipos de radio, y finalmente, sin duda, todos los faros, buques faro y estaciones de salvamento tendrán estaciones telegráficas inalámbricas, por medio de las cuales se podrán enviar mensajes de y para los barcos de paso. Ya se han equipado cientos de buques mercantes con equipos de radio, y ha sido algo común a dichos barcos mantenerse en comunicación entre ellos durante horas en medio del océano. En otros momentos los barcos han estado en comunicación inalámbrica entre ellos durante todo el viaje. También se han levantado estaciones inalámbricas en los muelles de algunos de los grandes trasatlánticos, por medio de las cuales los barcos pueden estar en comunicación con sus agentes mucho después de haber zarpado, o antes de llegar, a sus muelles. No hay duda, que en un periodo de tiempo relativamente corto todos los barcos de todo tipo estarán igualmente equipados, y con el tiempo todo tipo de naves, para la seguridad de sus oficiales y tripulación, y probablemente también por economía, y en lo que respecta a los seguros, estarán equipados con aparatos inalámbricos suficientes, al menos, para transmitir señales en código.

No hay duda tampoco que en un futuro próximo todos los barcos de guerra usarán la telegrafía inalámbrica. Ya hay muchos barcos equipados con los sistemas Marconi, Braun, Slaby-Arco y otros. Hay varias razones por las que estos sistemas se pueden aplicar y son deseables en los buques de guerra, que son indispensables para enviar señales de un barco a otro. En primer lugar, por ahora no hay otro método práctico para hacer señales en el mar a una distancia de unas pocas millas en medio de la niebla o la bruma. Además, los oficiales de estos barcos, por regla, ya tienen, o han adquirido, la necesaria destreza técnica para operar diestramente el sistema. Además, los barcos ya llevan los mástiles necesarios para los hilos verticales, y no es necesario que los aparatos y baterías, u otra fuente de F. E. M. sean portátiles. Esto último se aplica también a los buques mercantes.

Respecto al uso de la telegrafía inalámbrica para uso militar en la guerra actual, la cuestión es algo diferente, y los obstáculos para su uso en este trabajo son considerables. Por tanto la cuestión de obtener y transportar los mástiles y otros soportes adecuados para la antena es algo serio. Ya se ha encontrado que esto es una dificultad en la actual guerra en Sudáfrica. Aparentemente los globos cautivos o las cometas no son en conjunto adecuados para esto, aunque se han usado estos globos con cierto éxito en el trabajo experimental. También está el hecho que se ha de considerar que el envío de señales sobre tierra por telegrafía de ondas eléctricas no es tan factible como por el agua. También se ha de decir de pasada, que los experimentos de Fessenden han indicado que la transmisión sobre agua salada es unas treinta veces mejor que sobre agua dulce. Como se ha observado siempre, se han cubierto distancias sobre tierra de 15 a 160 millas, pero no siempre con regularidad satisfactoria. Incluso a una distancia de 15 a 30 millas, que sin duda sería un añadido muy importante para el envío de señales en tiempo de guerra. Sin embargo, siempre está en tierra la alternativa de la telegrafía por hilos; y aunque las dificultades de transportar los postes o varillas ligeras y el hilo sobre tierra para la telegrafía por hilos son con frecuencia muy grandes, raramente han sido insuperables, y donde pueda ocurrir esto, como cuando el enemigo está entre un ejército de refuerzo y una fortaleza sitiada, no es extraño que el enemigo, abriendo un fuego cruzado de ondas eléctricas, pueda impedir la comunicación por medio de la telegrafía inalámbrica. Se puede observar que el heliógrafo se empleó con éxito entre el ejército de refuerzo británico y la fortaleza de Ladysmith durante la última guerra de Sudáfrica. Se está instalando ahora un sistema telegráfico inalámbrico en Alaska para el Cuerpo de Señales de los Estados Unidos. Probablemente este será el sistema

más extenso sobre tierra establecido hasta ahora, y se seguirá su progreso con el mayor interés. Se extenderá desde Fort Gibbon hasta Chena, 200 millas, con una estación intermedia en Tolovana, en el Río Tanana. Todas estas estaciones son puestos militares. El gobierno de los EE.UU. (o sus diversos departamentos) han experimentado también con los sistemas Marconi, Fessenden, De Forest, Slaby-Arco y Braun, en diferentes lugares de este país.

El Dr. Scholl ha propuesto emplear la telegrafía inalámbrica en la expedición al Polo Norte que se está organizando en Munich. El plan incluye una estación equipada con el sistema Braun en la isla Spitzbergen, de la suficiente capacidad para mantener la comunicación con el buque explorador, donde habrá un equipo inalámbrico similar.

Se informa que se ha hecho un considerable progreso en la telegrafía inalámbrica en Japón. Los primeros experimentos se hicieron entre Yawata y Funabashi, a una distancia de once millas sobre tierra, y después, entre la costa y los buques de guerra en la Bahía de Tokio, donde se cubrió una distancia de veinte millas. Se está construyendo actualmente una gran estación de radio entre Japón y la isla de Formosa, a una distancia de 850 millas. El sistema que se emplea en Japón se debe a un nativo de ese país, y todavía no se ha descrito.

Se ha probado en Canadá y Alemania el uso de la telegrafía inalámbrica desde trenes en movimiento. En las pruebas en Alemania el hilo conductor del tren se llevaba sobre aisladores a lo largo del alero de los vagones, y las ondas que se emplearon era de una longitud de 656 pies. Las oscilaciones se transmitían adelante y atrás de los vagones sobre hilos especiales que colgaban sobre los hilos telegráficos a lo largo de las vías. Las corrientes oscilantes no perturbaban las señales que pasaban por los hilos telegráficos o telefónicos contiguos, aunque se escuchaba en el teléfono un ruido crepitante. Por otra parte, el sistema de radio estuvo al principio muy perturbado por las señales telegráficas, las chispas al abrir y cerrar los manipuladores telegráficos creaban oscilaciones que viajaban a lo largo del conductor y afectaban al cohesor. Se solucionó este defecto puenteando los manipuladores con resistencias no inductivas. Se puede añadir que no hubo demanda por un servicio de este tipo en este país cuando se ofreció en forma de telegrafía inductiva.

El uso de la telegrafía inalámbrica cuando hay líneas telegráficas terrestres se ha visto perjudicado por las violentas tormentas. Sin embargo, esto presupone que los mástiles o torres de los sistemas inalámbricos deberían quedar intactos en esos momentos, que no siempre será el caso. De cualquier modo, hasta que sean prácticos los circuitos telegráficos inalámbricos múltiplex, en estos casos sólo se podría emplear el sistema inalámbrico de forma limitada, que sin embargo, en algunos momentos sería de importancia capital. En relación a esto, el profesor Fessenden apunta que durante los años 1900, 1901 y 1902, no hubo ninguna interrupción en el servicio inalámbrico que emplea su sistema entre Cabo Hatteras y la isla Roanoke, con mástiles de 125 pies de altura. En el mismo periodo era frecuente que los hilos telegráficos y telefónicos se rompieran durante las fuertes tormentas. El mismo escritor también afirma que con los sistemas altamente selectivos no hay problema con la electricidad atmosférica, pero con los sistemas no selectivos los receptores, si están directamente al circuito de antena, son propensos a quemarse; sin embargo, este no es el caso con los detectores líquidos. En el circuito que se acaba de referir se informa que la velocidad de transmisión es de 25 palabras por minuto.

Todavía no se ha determinado la distancia extrema a la que se pueden transmitir las señales por telegrafía inalámbrica con la suficiente precisión y fiabilidad para cumplir las exigencias comerciales. Todos los días se ven perfeccionamientos en grandes y pequeños detalles, pero es demasiado pronto para esperar que haya terminado el perfeccionamiento de los aparatos telegráficos inalámbricos. También hay que vencer las interferencias de sistemas inalámbricos cercanos así como las variaciones en las distancias de envío de señales que se encuentran en la práctica, y que pueden deberse a cambios atmosféricos u otras causas; y también las variaciones de distancia de señales entre el día y la noche, de los que ya se han dado ejemplos. Se pueden vencer las interferencias de sistemas inalámbricos cercanos cuando se consigue una sintonía satisfactoria (y están avanzando rápidamente perfeccionamientos en métodos y aparatos en este aspecto), y por acuerdos entre las diferentes compañías para adscribirse a las longitudes de onda prescritas. Sin embargo, la sintonía no evita las interferencias cuando el espectro de las oscilaciones eléctricas está saturado por sirenas eléctricas funcionando cerca de las estaciones receptoras.

Para obtener los mejores resultados cuando se emplea la telegrafía inalámbrica para el manejo regular comercial de los negocios, también es necesario que la transmisión y recepción de los mensajes vayan simultáneamente de las mismas estaciones. Fessenden y otros han patentado dispositivos para este propósito. Las variaciones en la distancia de señalización que se deben al efecto de la luz diurna se pueden vencer en cierta medida aumentando la fuerza de las señales transmitidas o aumentando la sensibilidad del receptor. Pero vencer las variaciones causadas por las condiciones atmosféricas que son más o menos oscuras no hay duda que son más difíciles. El capitán H. B. Jackson, en una serie de experimentos a bordo en el Mediterráneo, observó que el viento siroco, que tiene lleva, sal y polvo en suspensión, absorbe las ondas eléctricas en gran medida. Los rayos, observó, siempre producen señales, y ocasionalmente imitan palabras en código Morse, aunque usualmente es *e i*. Por otra parte, Fessenden afirma que con los sistemas altamente selectivos las fuertes tormentas no impiden la transacción de mensajes, aunque se pierde alguna palabra ocasionalmente. Jackson encontró también, al enviar señales desde el mar que pasaban por tierra, que algunas ondas pasan a través, sobre y posiblemente rodean la tierra, pero al hacer esto se reduce su energía en una cantidad que depende de la longitud, altura y naturaleza de la obstrucción. En un ejemplo, ante un promontorio extremadamente escarpado y estrecho de 800 pies de altura, que consistía de roca dura con mena de hierro, que estaba entre el transmisor y el receptor, las señales se cortaban de inmediato, aunque en mar abierto se podían intercambiar señales fácilmente a una distancia de 45 millas manteniendo las mismas condiciones.

Para asegurar en gran medida las ventajas de la telegrafía inalámbrica en el tema de evitar colisiones entre barcos en el mar, para solicitar ayuda, etc., cuando es necesario, que se supone popularmente que son usos a los que se adapta en especial, y que ya han demostrado su utilidad en numerosos momentos, parece evidente que los aparatos deben simplificarse más o menos y mejorar su fiabilidad, especialmente respecto a las fuentes de oscilaciones. Por el presente, hay que admitir que los aparatos precisan una buena destreza en el manejo que no siempre está disponible en las naves pequeñas. En los barcos grandes se puede emplear un operador especial, como es habitual ahora, y en los vapores de tamaño mediano el trabajo de manejar los aparatos se puede delegar en algún oficial joven. No hay duda que conocer la forma de operación de los aparatos inalámbricos será con el tiempo una cualificación esencial de los oficiales. Para cumplir con las necesidades de los barcos grandes y estaciones importantes en tierra en el tema de operadores expertos, más de una compañía de telegrafía inalámbrica ya ha establecido escuelas de entrenamiento en este país y en Europa, donde los alumnos aprenden el alfabeto Morse, y también se les instruye en todos los detalles de la operación de cada pieza de los aparatos que se emplean en el sistema. También se les instruye cómo detectar y solucionar cualquier defecto que pueda ocurrir en los aparatos, y hacer cualquier reparación ordinaria que sea necesaria. La duración de esta enseñanza varía entre cuatro y ocho semanas, dependiendo de las aptitudes del alumno. Esto se ha de entender que se refiere a la instrucción para recibir con el impresor Morse, que se aprende rápidamente. Aprender a recibir a oído requiere más tiempo.

Para hacer señales con el código simple, la destreza necesaria es mínima y lo puede hacer cualquiera que sea capaz de manipular el código de banderas de la marina. Todavía se han de simplificar los aparatos y se ha de adaptar el sistema a los barcos de todo tipo, a los buques faro, faros, estaciones de salvamento, etc. Un gran paso en esta dirección sería sustituir la batería primaria o acumulador e interruptor por alguna forma de F. E. M. operada manualmente y con la suficiente potencia para cubrir una distancia de, por ejemplo, cinco a diez millas, que sería suficiente para todos los usos normales de la señalización en código. Las señales recibidas en este caso consistirían de un timbre, o un resonador, operado por el relé del cohesor un número preacordado de veces para cualquier mensaje dado. En casos de niebla en el mar la simple posibilidad de hacer sonar un timbre a intervalos en un barco próximo serviría al menos para poner en alerta a los oficiales de los barcos. Una simplificación más de los aparatos y métodos sería sin duda la telefonía inalámbrica que tendría un éxito asegurado; aunque en algunos momentos, como cuando los barcos son de diferente nacionalidad y comunicarse entre ellos sea una exigencia, tal vez sería de gran utilidad un sistema donde se pudiera emplear un código universal.

En la prensa pública se anuncian casi diariamente varios usos de la telegrafía inalámbrica, como el envío de ordenes de dinero entre los barcos, jugar al ajedrez enviando los movimientos por radio, etc., que junto con otros anuncios análogos excitaron y maravillaron el interés público en los primeros días de la telegrafía por hilo, como la captura de un criminal escapado por medio del telégrafo; pero como es obvio que estas buenas nuevas son incidentes naturales a cualquier forma de telegrafía, la telegrafía inalámbrica al ser una parte del aumento de la esfera de utilidad del telégrafo, que ya lo había hecho en un alto grado.

En lo que ha encontrado una gran utilidad la telegrafía inalámbrica es en la transmisión de inteligencia entre barcos en el mar, entre barcos y tierra firme, entre puntos divididos por el mar, o entre ciertas localidades en tierra donde no es factible o económico tender un cable. La telegrafía inalámbrica trasatlántica, o telegrafía sin cables, como se ha llamado, todavía (1904) no es un factor conseguido, considerado desde un punto de vista comercial. Como se ha explicado en las páginas precedentes, se ha hecho un considerable trabajo en el esfuerzo de establecer la telegrafía inalámbrica como competidora de la telegrafía por hilo entre puntos donde esta última ya está funcionando perfectamente, pero sin éxito comercial. Tal vez todavía no sean deseables estas pruebas. La telegrafía inalámbrica tiene un campo especial para la que está muy bien adaptada, y que, según su naturaleza, la telegrafía por hilos no puede entrar. También podría desarrollarse la inversa de esta verdad, y que el campo cubierto con éxito por la telegrafía por hilos es el que no se adapta bien a la telegrafía inalámbrica, pero actualmente el escritor no comete esta imprudencia, a la luz de lo que se ha conseguido en el pasado en el arte de la telegrafía eléctrica, como poner alguna limitación a las posibles aplicaciones de la telegrafía inalámbrica.

También M. Guarini ha propuesto la aplicación de la telegrafía inalámbrica a la telegrafía automática contra incendios, y ha experimentado con aparatos diseñados para ello. El aparato para proteger edificios consiste de la usual bobina de inducción, chispero e hilo vertical. Un termostato que consiste de un tubo que contiene mercurio controla el circuito local. Cuando la temperatura del tubo supera un punto predeterminado se cierra el circuito local, cuyo cierre acciona una armadura que libera una rueda que gira inmediatamente, abriendo y cerrando el circuito de la bobina de inducción, con el resultado que se envían un cierto número de impulsos de alto potencial al hilo vertical. Estos a su vez afectan al cohesor en el cuartel de bomberos, dando la alarma, el número de señales transmitidas indica la localización del edificio protegido de una manera bien conocida. (Ver Capítulo XXVII, de “Telegrafía Americana y Enciclopedia del Telégrafo.” Del autor).

Por ahora (inicios de 1910) no ha aparecido nada que contradiga los puntos de vista expresados en esta sección relacionados con el progreso anticipado de la telegrafía inalámbrica. Este arte de hecho ha encontrado su lugar como un medio fiable de comunicación entre los barcos en el mar, y entre los barcos y la costa, cuya capacidad ha demostrado recientemente una vez más su importancia capital para prestar asistencia inmediata a los barcos en peligro. Este resultado ha aumentado el ímpetu a la demanda ya existente de que al menos todos los barcos de pasajeros estén equipados con aparatos inalámbricos. Pero aparte del valor de la telegrafía inalámbrica en los momentos de peligro su utilidad es poner a los propietarios en comunicación con sus barcos cercanos a la costa, recibir o dar instrucciones, junto con las ventajas que permite al poner a los pasajeros de estos barcos en contacto con sus amigos en la costa, lo que en la mayoría de los casos es suficiente para querer instalar los aparatos y tener un empleado para su funcionamiento.

La señal aceptada en general para pedir ayuda en caso de gran peligro en el mar en aguas americanas ha sido “CQD”. Se ha abusado de esta llamada más de una vez por parte de bromistas, que no tienen la suficiente inteligencia para darse cuenta de la gravedad de la infracción. En parte a consecuencia de esto, y también para disponer de una señal de peligro universal se puede emplear desde ahora la señal de peligro que se ha estado usando en Europa desde hace varios años. “SOS”, (3 puntos, 3 rayas, 3 puntos). Un mensaje para todas las estaciones se indica con la señal “CQ”. La llamada en Europa para una “pausa” o cese de las señales, consiste de 6 rayas. Cuando una estación costera cualquiera emite esta señal se requiere a todos los barcos que dejen de transmitir. Una señal de “busca” consiste de 3 puntos, 3 rayas. Esta señal seguida por el nombre del barco que se busca, se repite hasta que responde el barco,



“Aquí”. El reglamento alemán requiere que antes de comenzar a llamar todas las estaciones deben ajustar el receptor, a su mayor punto de sensibilidad para evitar interferir con los mensajes que ya están en proceso de transmisión. Se usa la señal “99” en este país cuando se ha de enviar un mensaje de emergencia a una estación, al escucharla se espera que todas las demás estaciones se abstengan de interferir.

Si alguien se pregunta hasta que punto está actualmente la telegrafía inalámbrica en operación, dejará de preguntárselo cuando monte un simple equipo de recepción y una sencilla antena, que puede consistir de 100 o más pies de hilo B & S del No. 20 (con una altura de 50 pies) con los que puede detectar el paso continuo de mensajes inalámbricos; escuchará tres o cuatro mensajes en tránsito a la vez, por el día y la noche; separados uno de otro en cualquier receptor por medio de las variaciones de fuerza o frecuencia. El escritor ha captado recientemente los siguientes mensajes típicos en las ondas del éter, en la costa de Nueva Jersey, sólo se han cambiado los nombres: Para “John Amos, Asociación de Vecinos, Sands Street, Brooklyn. Atracaré mañana por la mañana a las nueve. John.” “Filadelfia, 27 Agosto 1909. Para Miss P. E. Saxon, Str. Harvard. Viaje placentero y seguro en su viaje a casa. Recuerdos de Bellevue-Stratford. W. H. Pilson.”

Lo siguiente es una lista parcial de llamadas de estaciones costeras y a bordo del Atlántico y del Pacífico:

Anápolis, Md, Academia Naval	QG	Tacoma, Wash.	PB
Atlantic City, N.J.	AX	Tatoosh Island, Wash.	SV
Beaufort, N. C.	QS	Yerba Buena Island, Cal	TI
Boston, Mass. (Navy Yard)	PG	Cordova, Alaska	SN
Baltimore, Md.	B	Nome	SA
Brant Rock, Mass.	BO	Sitka	SO
Brooklyn Navy Yard	PT	Belle Isle, Que.	BL
Brigdeport, Conn	BG	Battle Harbor, Labrador	BH
Cape Cod (Wellsfleet)	CC	Cape Bear Faro, Pr. Ed. Isl.	BF
Cape Cod (North Truro)	PH	Fame Pont Faro, Que.	FP
Cape Elizabeth	PA	Father Point, Que.	RT
Cape Hatteras	HA	Point Amour, Que.	PR
Cape Henolopen, Del.	PX	Whittle Rocks, Labrador	WR
Charleston, S.C. (Navy Yard)	SN	Heath Point, Anticosti	HP
Colon, Zona Canal	SL	Cape Race, N.F.	CE
Diamond Shoals, Buque faro	QP	Cape Ray, N.F.	CR
Elizabeth City, N. J.	HD	Cape Sable, N.S.	SB
Fire Island, N.Y.	PR	Cape Rich, N.S.	TC
Fort Totten, N.Y.	FT	Halifax, N.S.	MCN
Fort Wood, N.Y.	FD	Sable Island	MSD
Galilee, N.J.	G	Sidney, Cape Breton	ND
Galveston, Tex.	GV	Quebec, Que.	Q
Isle of Shoals, N.H.	A	Picton, N.S.	RU
Jupiter Inlet, Fla.	RA	Borkum, Alemania	KBM
Key West (Estación Naval)	RD	Borkum Reef, Alemania	FBR
Key West, Fla.	KW	Elbe, buque faro, Alemania	FEF
Manhattan Beach, N.Y.	DF	Heligoland, Alemania	KHG
Mobile, Ala.	MB	Dover, Inglaterra	DDD
Nantucket Shoals, buque faro	PI	Holyhead, Inglaterra	HD
New Orleans, La. Estación naval	DO	Lizard	LD
New Orleans, United Fruit Co.	HB	Niton	UI
New Orleans, United Wireless	HK	Gibraltar	GIB
Newport, R.I., Estación Torpedo	PK		
New York City (Waldorf Astoria)	WA	BARCOS	
New York City (42 Broadway)	NY		
New York City (Hotel Plaza)	FS	New York (Amn)	MNK
Norfolk, Va. (Navy Yard)	QL	Philadelphia (Amn)	MPH
Norfolk, Va. (Pública)	N	St. Louis (Amn)	MSL
Pensacola, Fla. (Navy Yard)	RK	St. Paul (Amn)	MSP

Philadelphia, Pa. (Navy Yard)	PV	Lusitania (Cunard)	MFA
Philadelphia, Pa. Bellevue-Stratford)	BS	Mauretania (Cunard)	MGA
Point Judith, R.I.	PJ	Lucania (Cunard)	MLA
Port Arthur, Tex.	RV	Minnehaha (ATL)	MMA
Portsmouth, N.H. (Navy Yard)	PC	Minneapolis (ATL)	MMS
Savannah, Ga.	SV	Virginian (Allan)	MGN
Sea Gate, N.Y.	MSE	Victorian (Allan)	MVN
Siasconsett, Mass.	MSC	Tunisian (Allan)	MTN
Southwest Pass. La.	SW	Arabic (WSL)	MCF
St. Augustine, Fla.	QX	Cedric (WSL)	MDC
Tampa, Fla.	PD	Deutschland (HAL)	DDL
Washington, D.C. (Navy Yard)	QI	President Lincoln (HAL)	DDT
Wilmington, Del.	DU	President Grant ((HAL)	DDS
Wilson's Point, Conn.	WN	K. Wilhelm der G. (NGL)	DKW
Cape Blanco, Oregon	TA	K. Wilhelm II (NGL)	DKM
Everett, Wash.	DK	Kronpr. Cecille (NGL)	DKA
Farallon Island, Cal.	TH	Bremen (NGL)	DBR
Honolulu	UC	Caledonia (Anchor L.)	MAP
Guam Island	UK	Columbia (Anchor L.)	MOI
Fort Warden, Wash	FW	Furnesia (Anchor L.)	MFI
Los Angeles, Cal	(G) (PJ)	Bermudian (Que. Line)	BA
Mare Island, Cal.	TG	Trinidad (Que. Line)	BD
Pasadena, Cal.	DE	Momus (So. Pac.)	KM
Portland, Oregon	PE	Yale (Met. Line)	RY
Puget Spund, Wash.	SP	Harvard (Met. Line)	RH
San Francisco, Cal.	SF	Plymouth (N.E. Nav.)	HY
Table Bluff, Loleta, Cal.	TD	Priscilla (N.E. Nav.)	CA

En un panfleto publicado por el Departamento Naval de Washington D. C. se da una lista completa de las estaciones telegráficas inalámbricas del mundo.

## CAPÍTULO XVII.

### DEPARTAMENTO AMATEUR

OSCILACIONES ELÉCTRICAS Y CIRCUITOS – ESTACIONES INALÁMBRICAS AMATEUR – APARATOS INALÁMBRICOS – ANTENAS – NOTAS SOBRE SINTONÍA, AJUSTE DE LOS APARATOS, ETC.

HOY día hay miles de estaciones telegráficas inalámbricas amateur en diferentes partes de este país, y el número está creciendo constantemente. No estaría mal dar algunas notas que pertenezcan particularmente a las necesidades de los amateurs aparte de las dadas.

Es muy conocido que las señales telegráficas inalámbricas se transmiten por medio de las ondas eléctricas establecidas por oscilaciones eléctricas en un hilo o hilos verticales, llamado normalmente antena. Durante el tiempo que están estas oscilaciones en la antena transmisora, la energía eléctrica, de alguna forma todavía no muy bien comprendida, se radia por la antena, en forma de ondas electromagnéticas en el éter del espacio libre. Estas ondas al llegar a la antena receptora establecen en ella las oscilaciones correspondientes (normalmente muy diminutas comparadas con las oscilaciones transmitidas) que afectan al detector inalámbrico, y se reproducen las señales transmitidas.

Se puede considerar como algo intangible que penetra en todo y donde se pueden establecer ondas de muchos tipos —ondas de luz, ondas de calor y ondas eléctricas— y análogamente a las ondas que se expanden en un estanque al arrojar una piedrecilla a él, con los medios adecuados podemos establecer, como se ha dicho, ondas electromagnéticas en el éter que viajan y se alejan de su fuente con la velocidad de la luz.

También puede ser una ayuda para comprender este tema general por parte de los principiantes si se tiene la idea que las oscilaciones eléctricas en las antenas transmisora y receptora son simplemente corrientes alternas, es decir, corrientes eléctricas ordinarias, que van adelante y atrás en un circuito cientos de miles o millones de veces por segundo. Como no puede haber una corriente eléctrica sin fuerza electromagnética (F. E. M.) y como no puede fluir una corriente en un conductor recto sin establecer líneas de fuerza magnética, y como aumentar y colapsar las líneas de fuerza magnética en o cerca de un conductor tiende a establecer un potencial eléctrico en el conductor, es evidente que estas oscilaciones de alta frecuencia, al igual que las oscilaciones eléctricas de baja frecuencia ordinarias o alternancias, deben estar acompañadas por el fenómeno de las líneas de fuerza magnéticas y eléctricas.

Es bien conocido que si se mueve rápidamente una barra magnética a través del centro de una bobina de hilo se establece una F. E. M. en el hilo debida a que el hilo “corta” las líneas magnéticas de fuerza en movimiento. Este es el principio de funcionamiento de una dinamo, excepto que las líneas de fuerza magnética son estacionarias, mientras las bobinas de la armadura cortan las líneas de fuerza. Como se afirma en el Capítulo I, cuando un conductor recibe una carga positiva o negativa de electricidad estática (la componente eléctrica de la onda electromagnética) se establece una corriente en el conductor. Cada onda electromagnética en el éter se supone que consiste de una fuerza eléctrica y una magnética o componente, cada componente posee una cantidad igual de energía. Según la teoría generalmente aceptada, a medida que estas ondas emanan de un hilo vertical, la componente magnética está en ángulo recto al hilo vertical, mientras la componente eléctrica de la onda está en el plano vertical del hilo. Así, si se mostraran en esta página una sección de cada componente, la fuerza magnética estaría representada por una raya horizontal, y la fuerza eléctrica por una raya vertical.

Cuando, una onda electromagnética llega a un hilo vertical receptor la componente magnética u horizontal de la onda en ángulo recto al hilo lo corta y establece en él una F. E. M. momentánea, y cuando la componente de fuerza eléctrica o vertical llega al hilo le imparte una carga eléctrica, y en ambos casos se crean en el hilo oscilaciones eléctricas. Mientras pasa la onda hace una rotura en su contorno, o frente de onda, que corresponde a la sombra que arroja un obstáculo en el camino de la luz. La onda después de alcanzar al hilo vertical, cada onda

entrega una porción de su energía a él, y si el periodo de oscilación de la antena está en acuerdo con el de las ondas que llegan el efecto de cada onda sucesiva tenderá a acumularse en el hilo. De aquí el deseo de sintonizar la antena a las señales recibidas. Para una idea aproximada de la acción de una onda electromagnética, será suficiente suponer que la onda sólo tiene una componente, virtualmente como una simple ola de agua tiene una componente, y en general, para usos prácticos se puede emplear la analogía de una onda que avanza por el agua. (Ver las notas en las Fig. 1 y 2 en la Radiación inalámbrica direcciva). Se puede observar que la atmósfera no juega ninguna parte en la propagación de las señales de telegrafía inalámbrica, excepto que muchas veces tiene partículas ionizadas o electrificadas que perturban la propagación ordinaria de las ondas eléctricas en el espacio.

## OSCILACIONES ELÉCTRICAS Y CIRCUITOS

En la telegrafía inalámbrica se coloca en el circuito secundario de una bobina de inducción, o transformador (*a*) un condensador (capacidad), (*b*) una bobina o hélice de hilo llamada inductancia, y (*c*) un chispero; y una antena o hilo vertical conectado inductiva o directamente con este circuito. Las propiedades eléctricas de la capacidad y la inductancia se han descrito al principio de esta obra. Como se observó, las oscilaciones eléctricas son simplemente corrientes alternas en un circuito, Estas corrientes en el caso supuesto son establecidas por la bobina de inducción. La operación y construcción de esta bobina se basa en el principio de la inducción electromagnética por el cual una corriente que pasa por un hilo induce una corriente en un hilo paralelo cercano. La bobina de inducción consiste de dos bobinas de hilo llamadas hilos primario y secundario; el primario consiste de un pequeño número de vueltas y el secundario de un gran número de vueltas. Por tanto, cuando se interrumpe rápidamente la corriente en el circuito primario la F. E. M. del primario desarrolla una F. E. M. mucho más alta en el secundario. Lo inverso de esto también es cierto; si las vueltas en el primario son muchas, y las del secundario son pocas, la F. E. M. del primario, como se ha dicho, se reduce en el secundario. La forma en la que se hacen las interrupciones en el circuito primario y la forma en que se crean corrientes alternas en el secundario de la bobina de inducción se han descrito en el Capítulo II. Seguidamente se dan detalles de la construcción de una bobina de inducción.

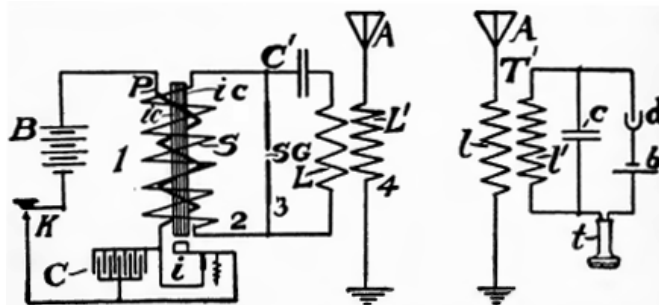


FIG. 1, 2. — CIRCUITOS TRANSMISOR Y RECEPTOR INALÁMBRICOS.

En la Fig. 1 se muestra un circuito transmisor telegráfico inalámbrico simple. Se divide en tres, o como podríamos decir, cuatro circuitos separados. (1) el circuito primario de *B*, *p*, *i*, consiste de la batería de alimentación *B*, el primario de la bobina de inducción *p*, e *i* el interruptor del circuito primario; (2) un circuito que consiste del secundario *S* de la bobina de inducción, y de *SG* el chispero; (3) el circuito oscilante primario consiste del chispero, el condensador *C'* y una inductancia *L*; (4) la antena, o circuito oscilante secundario, que consiste del secundario *L'* del transformador oscilante (*L L'*) y el hilo de antena *A*, *ic* es el núcleo de hierro de la bobina de inducción. *K* es un manipulador telegráfico Morse. *C* es un condensador para evitar las chispas en el interruptor *i*.

El objetivo final de los circuitos de este montaje es establecer oscilaciones eléctricas en el circuito de antena. Se consigue esto de la siguiente forma. Cuando se cierra el manipulador *K* el interruptor *i* abre y cierra rápidamente el circuito primario (1). Esto establece corrientes alternas en el circuito secundario de la bobina de inducción, donde se encuentra el chispero *SG*. Se debe

ajustar el chispero para que cuando la presión eléctrica, de una corriente alterna dada alcance su máximo (se debe recordar que el potencial inicia en cero y sube más o menos gradualmente hasta el máximo) se rompa la resistencia del aire en el chispero. El efecto algunas veces es mejor si el ajuste es tal que la chispa salta justo antes de que llegue la alternancia a su máximo. (Se puede incidir que en un ciclo completo hay dos alternancias de corriente –una alternancia positiva y otra negativa. Es decir, en cada ciclo la corriente sube desde, por ejemplo, cero hasta el máximo positivo y cae a cero; después va al máximo negativo y vuelve a cero. Así hay cuatro variaciones de corriente y dos alternancias de corriente en un ciclo) (Ver notas sobre Transformadores, Capítulo XIV) Pero en el momento en que una alternancia dada sube al máximo y, se prepara para saltar el chispero al mismo tiempo carga el condensador  $C$  en el circuito 3. En resumen, la operación eléctrica del condensador se basa en que cuando se carga con electricidad un conductor aislado con cualquier fuente adecuada parece que excita o induce en cualquier conductor cercano una carga de electricidad igual pero de signo opuesto. Por tanto, si dos placas metálicas  $a$   $b$  se colocan cerca, pero aisladas entre sí, y se conecta el polo positivo de una batería a una de las placas  $a$ , se inducirá una carga de electricidad negativa en la otra placa  $b$ , suponiendo que el polo negativo de la batería y la placa  $b$  se conectan a tierra o por medio de un hilo. Los condensadores tienen la propiedad que cuando se cargan y se dejan descargar a través del circuito adecuado, uno donde la resistencia no sea excesiva, la energía de la carga se gasta en oscilar adelante y atrás en el circuito cerrado, algo parecido al péndulo mencionado en las primeras páginas; o igual que al golpear un diapasón. Por tanto, en el caso que tratamos, cuando salta una chispa en el chispero, el espacio se convierte virtualmente en un cortocircuito debido al aire caliente y al vapor, y el condensador  $C$  se descarga en una serie rápida de oscilaciones, adelante y atrás a través del circuito 3.

Volvamos al circuito 3 de la Fig. 1. Observaremos que la inductancia  $L$ , que está preparada como un transformador oscilante, o bobina de inducción, tiene su secundario  $L'$  en serie con el hilo de antena. Por tanto, cuando salta una chispa en el chispero y se establecen oscilaciones en el circuito 3, como se ha dicho, la inductancia primaria  $L$  actúa inductivamente sobre el hilo secundario  $L'$ , que establece las oscilaciones correspondientes en el circuito oscilante de antena 4, y estas oscilaciones actúan sobre el éter del espacio libre, como se ha dicho anteriormente, que lleva a la radiación de las ondas electromagnéticas, que se alejan del hilo vertical a la velocidad de la luz, en números redondos a 186.000 millas, o 300.000.000 metros por segundo. Se han ofrecido varias hipótesis para explicar la forma en que se propagan estas ondas en el éter, y el lector interesado puede dirigirse al Capítulo V para tener algo de información sobre este punto.

Al llegar al hilo de antena receptor  $A$ , Fig. 2, las ondas electromagnéticas del éter imparten algo de su energía al hilo, y se establecen oscilaciones eléctricas en él. Estas oscilaciones al pasar por la bobina primaria  $I$  del transformador oscilante de recepción  $T'$  establecen líneas de fuerza magnética que actúan inductivamente sobre la bobina secundaria  $I'$ , y se establecen por tanto oscilaciones en el circuito oscilante  $I'c$  del receptor, con el resultado que afectan al detector, y se escuchan sonidos en el receptor telefónico  $t$ . En la figura se indica un detector electrolítico  $d$ . En los diagramas siguientes se verá una modificación del transformador oscilante  $I I'$ , por ejemplo,  $TC$ , Fig. 3. Este es virtualmente un auto-transformador y la F. E. M. que le envía la antena depende en cierta medida del número de vueltas de la bobina  $TC$  que entran en acción con los contactos deslizantes 2, 3. Como se ha indicado en el Capítulo XIV, cuando se emplea el transformador oscilante  $I I'$  se dice que el circuito oscilante está acoplado inductivamente con la antena (acoplamiento débil); cuando se emplea el auto-transformador se dice que el circuito oscilante está acoplado directamente a la antena (acoplamiento fuerte).

Ya se ha referido antes a la manera en que un diapasón vibra. De la misma forma si se mantiene una lengüeta metálica por un extremo y se le da un pequeño soplo vibrará de un lado a otro a su vibración fundamental, y ambos, el diapasón y la lengüeta darán un tono, audible si la frecuencia de vibración está en el rango de audición del oído. La nota fundamental de un diapasón o una lengüeta depende de su longitud, espesor, elasticidad, etc. Si se varía cualquiera de estos factores la frecuencia de vibración variará. La frecuencia de vibración de una lengüeta también se puede variar de otros modos, por ejemplo, por medio de mover un peso arriba o abajo sobre la lengüeta; esto varía la inercia de la lengüeta. Hay otro medio para variar la inercia

de una armadura vibrante que se puede ver en el registrador de sifón Cuttriss descrito en la “Telegrafía Americana” del autor, pág. 270. En este la armadura vibratoria lleva un pequeño tubo de vidrio vertical que contiene glicerina. Un delgado tubo de goma lleva la glicerina al tubo vertical desde un depósito, y el líquido se eleva o se baja en el tubo por medio de una boya que se sumerge, mientras la armadura está en movimiento, hasta obtener la frecuencia de vibración deseada.

De un modo análogo la frecuencia de oscilación o sintonía de un circuito eléctrico contiene los equivalentes de la elasticidad mecánica y la inercia, es decir, capacidad estática e inductancia, que se puede variar cualquiera de estos factores. Con las bobinas y condensadores variables que se emplean en la telegrafía inalámbrica tenemos un medio simple para variar la frecuencia y por tanto la longitud de onda de las oscilaciones transmitidas y recibidas. En la Fig. 3, por ejemplo, la longitud de onda del circuito oscilante transmisor se puede variar moviendo los contactos deslizantes 2, 3, a lo largo de la bobina de sintonía TC, o añadiendo más o menos capacidad al circuito por medio de las placas de vidrio o botellas de Leiden del condensador C, hasta que el amperímetro de hilo caliente muestra la máxima corriente en el circuito. Esto se hace añadiendo más y más capacidad al circuito, hasta que, después de alcanzar la corriente una cierta fuerza, comienza a retroceder. Esto implica que hay demasiada capacidad, por lo que hay que reducir la capacidad. O lo que es lo mismo, se puede variar la inductancia hasta observar y obtener los mismos resultados. Además, se puede variar la frecuencia de las oscilaciones del circuito receptor variando la inductancia de la bobina de sintonía RC de la Fig. 3, o variando la capacidad de C. Más tarde se aludirá a los métodos para obtener la sintonía.

Es costumbre llamar a las corrientes eléctricas de alta frecuencia que corren por un circuito, oscilaciones eléctricas. Cuando la energía de las oscilaciones se transforma en efectos electromagnéticos en el éter se llaman ondas electromagnéticas. La longitud de una oscilación eléctrica u onda se puede averiguar cuando se conoce la capacidad e inductancia de un circuito. Por ejemplo, se puede demostrar matemáticamente que el periodo de tiempo, es decir, el tiempo que ocupa una oscilación completa, es igual a 6,28 veces la raíz cuadrada del producto de la capacidad e inductancia de un circuito, según la fórmula  $T = 2\pi\sqrt{KL}$ . Aquí T es el periodo del tiempo en microsegundos, es decir, la duración de una única oscilación; L es la inductancia del circuito, y  $\pi$  (letra griega pi) el símbolo que representa la relación de la circunferencia de un círculo respecto a su diámetro, es decir, 3,1416, y, por tanto  $2\pi = 6,28$ . Esto equivale a decir que la raíz cuadrada de dicho producto debe multiplicarse por cuatro veces un cuarto de dicha relación. (Esto se elabora algo más en la “Telegrafía americana” del autor, Capítulo VI.) Sabiendo, por tanto, como se dice, los factores K L, en microfaradios y microhenrios, respectivamente, que son medibles en un circuito, se puede deducir fácilmente la frecuencia y longitud de onda de la oscilación, u onda correspondiente. Sabiendo el periodo de tiempo en microsegundos de una oscilación, se obtiene que la frecuencia  $n$  (número por segundo) de oscilaciones u ondas será igual a  $1/T$ , es decir, un segundo dividido por el periodo de tiempo de la oscilación. Supongamos, por ejemplo, que un diapasón hace una vibración completa, o ciclo, en una centésima de segundo (T), es evidente que será  $1/0,01 = 100$ , es decir cien vibraciones por segundo. De igual forma, si una oscilación eléctrica tiene lugar en una millonésima de segundo (T) en un circuito, está claro que habrá un millón de estas oscilaciones en un segundo. Por tanto la frecuencia está representada por la fórmula  $n = 1/2\pi\sqrt{KL}$ , ya que  $2\pi\sqrt{KL} = T$ , y  $1/T$  es igual al número de oscilaciones por segundo.

Sabiendo la velocidad de la electricidad, 186.000 millas por segundo, o (adoptando la unidad metro que ahora se emplea de forma general en las mediciones de la longitud de onda, 300.000 kilómetros o 300.000.000 metros, por segundo), está claro que la longitud de onda será igual a la velocidad V dividida por la frecuencia  $n$ ,  $300.000.000/1/2\pi\sqrt{KL}$  (o por sustitución), longitud de onda =  $TV\sqrt{KL} = 2\pi V\sqrt{KL}$ . Por tanto al hacer esa división tenemos una fórmula relativamente simple para averiguar la longitud de onda de un circuito, es decir, longitud de onda =  $1884,90 \sqrt{KL}$ , la respuesta está en metros. La expresión  $\sqrt{KL}$  se llama *constante de oscilación*. La capacidad e inductancia de un circuito oscilante se puede medir por separado comparando con condensadores e inductancias estándar, los métodos de estas mediciones están descritos en los libros de texto. En la tabla de Mr. Pickard de longitudes de onda al final de esta sección (que ha cedido bondadosamente los derechos al autor para usarla aquí) proporciona las

longitudes de onda, frecuencias y el producto de la capacidad e inductancia. Para obtener la constante de oscilación referida, se debe encontrar la raíz cuadrada del producto  $KL$  dada en la tabla; que cuando se multiplica por la constante 1884,96 da la longitud de onda en metros.

### ESTACIÓN DE RADIO AMATEUR

Se han descrito los tipos más simples de aparatos telegráficos inalámbricos. Consisten de una bobina de inducción ordinaria, y un chispero conectado directamente en serie con el circuito de antena en la estación transmisora; y del cohesor, relé y golpeador en la estación receptora. Para el principiante este montaje de los aparatos y circuitos algunas veces es suficiente, pero a medida que progresa con sus experimentos aprende que se pueden obtener los mejores resultados y distancias mayores usando bobinas de sintonía, y detectores electrolíticos u otros más sensibles, además de antenas altas de varios hilos, por lo que aspira a estos perfeccionamientos, y con frecuencia consigue obtenerlos –además ahora los principiantes ya comienzan con estos perfeccionamientos desde el inicio. Por razones antes dadas se asume el uso de alguna forma de detector auto-restaurado.

Ahora nos referiremos a una instalación simple de un transmisor y receptor inalámbricos de una estación amateur, muy típica y exitosa, pero modesta que está en funcionamiento en este país, en cuya descripción se incluye un esquema completo de los circuitos y aparatos que emplea, junto con detalles de construcción de algunos aparatos y de la antena. Esta estación se supone que emplea una bobina de inducción de 2 pulgadas y tiene una capacidad de transmisión de, por ejemplo, 10 millas, que depende de la longitud de la antena, etc., y una distancia de recepción de 50 a varios cientos de millas que depende también de la longitud de la antena, la sensibilidad del detector, la localización de la estación y otras condiciones.

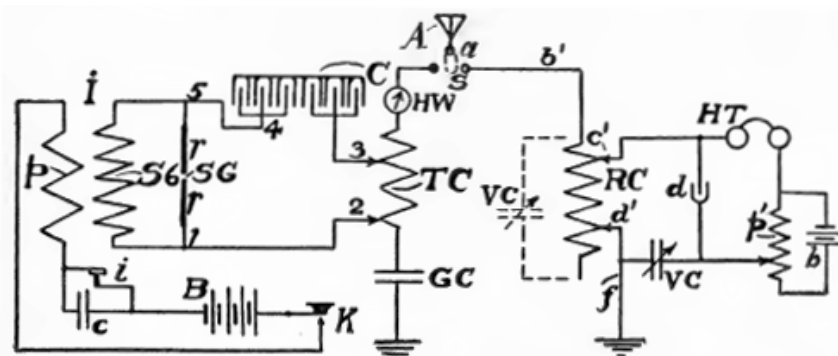


FIG. 3. – ESTACIÓN INALÁMBRICA AMATEUR TÍPICA.

En la Fig. 3 se bosquejan los circuitos y aparatos de esta estación, B puede ser una batería de acumuladores de 3 células, 40 amperios hora, que da 6 voltios y 5 amperios, que es igual a 30 vatios en el circuito primario  $p$  de una bobina de inducción de 2 pulgadas  $i$ , las dimensiones de la misma se darán más tarde. (También se puede usar una batería Edison de óxido de cobre de 7 celdas BB, si se desea). El vatio es la unidad de potencia eléctrica, es decir, la relación del trabajo hecho, y es igual al producto de los voltios y amperios de un circuito, el voltio es la unidad de F. E. M., el amperio la unidad de la fuerza de la corriente. 746 vatios es igual a un caballo mecánico de potencia. Un kilovatio son 1.000 vatios. El kilovatio es el caballo de potencia eléctrico. K es un manipulador telegráfico ordinario con unos contactos de platino extragrosos. (Ver Fig. 3a) C es un condensador variable en el circuito oscilante transmisor. En este caso consiste de 9 condensadores tubulares de vidrio que se describirán seguidamente. TC es la bobina de sintonía de transmisión o hélice, cuyas dimensiones se darán por separado. SG son las varillas del chispero de latón o cinc, de 3,16 pulgadas por 7 pulgadas; algunas veces en la punta con bolas de latón de 1 pulgada de diámetro en las estaciones de baja potencia. En las Fig. 3b, 3c se dan ejemplos de chisperos ajustables. Las varillas de la Fig. 3b son de cinc; las de la Fig. 3c de una aleación. Este último es adecuado para manejar 250 vatios. Estos chisperos se pueden colocar en cualquier posición conveniente, pero usando el menor hilo posible.

Normalmente los chisperos grandes se encierran en cajas para amortiguar el sonido. En la Fig. 3c la varilla superior es móvil hacia arriba o abajo por medio del mando K. Se apoya sobre un soporte de ebonita coarrugada *e*, atornillado a una base de mármol *m*. Los terminales se conectan a los terminales de tornillo *b b'*. Para una bobina de 2 pulgadas es suficiente con un chispero de un cuarto de pulgada o incluso menor.

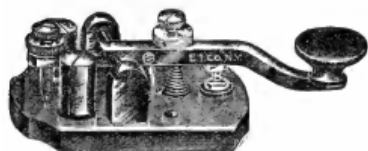


FIG. 3a.

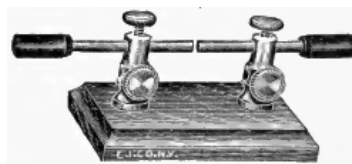


FIG. 3b.

En la Fig. 3 también se emplea un amperímetro de hilo caliente H W (ver Capítulo XIV) como en casi todas las estaciones comerciales para averiguar la corriente máxima en el circuito de antena del transmisor, y por tanto las mejores condiciones de resonancia o sintonía entre el circuito oscilante cerrado 1, 2, 3, 4, 5, Fig. 3, 4, y el circuito de antena, *a b* TC GC. El amperímetro de hilo caliente normalmente se conecta entre la hélice de sintonía y tierra. En la Fig. 3d se muestra una forma de amperímetro de hilo caliente. Este instrumento tiene dos escalas, una lee desde cero hasta 250 miliamperios, el otro desde 0 a 2.500 miliamperios. Las conexiones necesarias se hacen por medio de terminales de tornillo en la base del instrumento. GC es un condensador de placa de vidrio que se puede usar o no en el circuito de antena. En algunos casos es útil. Se puede construir de 10 placas, de 12 por 14 pulgadas, y un espesor entre  $\frac{2}{32}$  hasta  $\frac{1}{3}$  de pulgada; y hojas de estaño de 10 por 12 pulgadas.

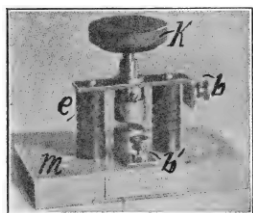


FIG. 3c. CHISPERO AJUSTABLE.



FIG. 3d. AMPERÍMETRO DE HILO CALIENTE

La bobina de sintonía del receptor se describirá en breve. V es un condensador variable. Algunas estaciones amateur usan aquí un condensador fijo, que consiste de dos condensadores en serie (8 placas de vidrio de 4 por 4 pulgadas en cada condensador; hoja de estaño de 3 por 3 pulgadas). En algunos casos este condensador fijo se coloca entre el contacto *d'* y tierra. VC es también un condensador de aire variable de recepción, mostrado desconectado en el circuito, ya que se puede usar o no, según se desee; sin embargo, algunos amateurs lo encuentran de una considerable utilidad. Cuando se usa este condensador en V, como se ha dicho, algunas veces se coloca un condensador fijo muy pequeño entre los terminales del receptor telefónico con buenos resultados. Este montaje fue usado por C. F. Varley en los primeros días de la telegrafía por hilo para mejorar las señales rápidas en un relé. Ver Fig. 18. D es un detector electrolítico, silicio, carborundo u otro tipo de detector auto-restaurado. Casi todos los amateurs tienen su detector favorito. También se puede emplear también un cohesor de limaduras o detector microfónico del tipo acero-carbón. Sin embargo, estos no son tan sensibles como los otros detectores mencionados, y el cohesor de limaduras tiene además la desventaja que precisa de un relé, un golpeador o descohesor, con la batería adicional, etc.

También la velocidad de transmisión de señales con el cohesor de limaduras es relativamente lenta. Pero, por otra parte, posee la importante ventaja de por medio del relé se puede accionar un timbre de "llamada" o una alarma. Para una completa descripción del cohesor de limaduras ver el Capítulo IV, también consultar el Índice. Para información relacionada con el detector de silicio y otros auto-detectores ver el Capítulo XIV.



La Fig. 4 es muy similar a la Fig. 3, excepto que algunos instrumentos se muestran en la Fig. 4 tal como aparecen en la práctica. Por ejemplo, el chispero se muestra dentro de la hélice TC. También se muestra en la Fig. 4 el conmutador de doble polo y doble posición y en la Fig. 3 por separado. Por medio de este conmutador se puede conectar rápidamente el transmisor y el receptor al hilo de antena a voluntad del operador. Cuando el conmutador está hacia arriba está listo para emitir, y viceversa. Este conmutador puede ser del tipo de doble cuchilla y dos posiciones, como se indica en la figura, o puede ser del tipo botón mostrado en la esquina superior derecha de la figura. En este último las tiras pivotan en el centro y se mueven en conjunto a la derecha o a la izquierda con un mango en la pieza cruzada CP. Cuando se mueve a la izquierda se conecta la antena al transmisor; cuando está a la derecha, al circuito receptor. Se pueden trazar los circuitos por medio de las letras pequeñas y las figuras en cada corte; *a, b, c; 1, 2, 3, etc.* Letras similares se refieren a los aparatos correspondientes en ambas figuras.

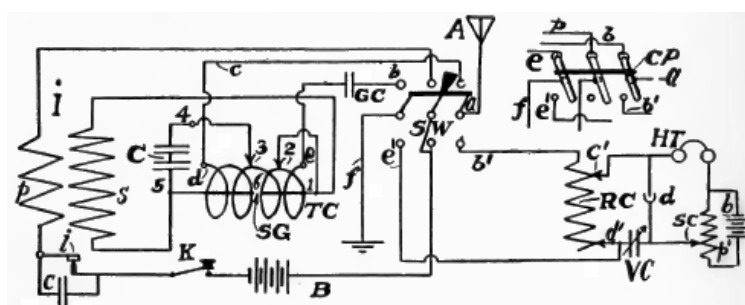


FIG. 4. — CIRCUITOS INALÁMBRICOS CON CONMUTADOR.



FIG. 5.

Se puede observar que el montaje de los circuitos mostrados en las Fig. 3, 4 es meramente sugestivo; son posibles muchas variaciones que actualmente están en funcionamiento. HT en las Fig. 3, 4 representan un par de auriculares telefónicos, del tipo caja de reloj, ilustrados por separado en la Fig. 5.

## APARATOS TELEGRÁFICOS INALÁMBRICOS

**Auriculares telefónicos.** — En la Fig. 5, se ha abierto un auricular de un receptor para mostrar la construcción interna. Cuando se desea una alta sensibilidad se bobina cada receptor para 1.000 ohmios con hilo de cobre del No. 40 o 50. El montaje y el ajuste de los auriculares son auto-explicativos. Como indicación de la sensibilidad de estos receptores se puede decir que cuando se humedecen las puntas de los cables y se ponen en contacto entre sí se escucha un ruido en los receptores. La F. E. M. y la corriente que se generan probablemente no superan una cienmilésima de voltio y una millonésima de amperio.

**Potenciómetro.** — Este instrumento está indicado por *p'* en las Fig. 3 y 4. Es un dispositivo para variar el potencial en los terminales de las pilas secas *b* del circuito detector, por medio de una resistencia y un contacto deslizante SC. Esto es para un propósito útil ya que los detectores del tipo electrolítico y otros más operan de la forma más eficiente a un potencial crítico o presión en sus terminales, y este punto se obtiene con el potenciómetro. La operación de este dispositivo se basa en el hecho que el potencial eléctrico cae en un circuito en proporción a la resistencia que ha de vencer. En la Fig. 6, *w* representa una resistencia elevada de hilo o una varilla entre el hilo grueso *t t'*, de una batería de 1 voltio. La fuerza electromotriz en este hilo caerá uniformemente desde 1 voltio positivo en 1, a cero en 0. Por tanto, si la resistencia de *w* es, por ejemplo, 100 ohmios, y se coloca una escala que representa 100 ohmios a lo largo de su longitud, en divisiones, por ejemplo, de un ohmio, se puede calcular fácilmente el voltaje en cada punto. Si se coloca el contacto deslizante *c* en 20 ohmios sobre la escala, donde el potencial ha caído 0,20 de un voltio, la F. E. M. en el detector *d* será 0,80 voltios, menos la caída de potencial debido a la resistencia del hilo de conexión *w'*. Obviamente se puede variar el

potencial en  $d$  hacia arriba o abajo en grados muy pequeños moviendo el contacto deslizante a lo largo de la resistencia  $w$  del potenciómetro hasta encontrar el mejor potencial de trabajo o corriente para el detector.

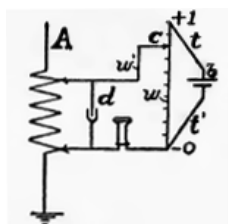


FIG. 6.



FIG. 7. POTENCIÓMETRO DE CARBÓN.

Algunos potenciómetros para telegrafía inalámbrica se hacen en forma de reóstato con variaciones muy pequeñas de resistencia entre pasos. Otros se hacen de aleaciones de alta resistencia en una longitud continua. En algunos potenciómetros de este tipo la resistencia es de 800 ohmios. En la Fig. 7 se muestra otra forma de potenciómetro simple y eficiente, debida a Gernsback, se emplea como resistencia una varilla de grafito de  $7\frac{1}{2}$  pulgadas de largo,  $\frac{1}{8}$  de pulgada de ancho. Con este dispositivo se proporcionan dos varillas, una de 300 ohmios, la otra de 500 ohmios. Las varillas se mantienen en una canal en la base por medio de dos clips y se pueden intercambiar entre sí. Normalmente en la práctica no se necesitan más de 100 ohmios, Con este dispositivo se usan cuatro pilas secas. Para evitar los arañazos y daños en las varillas de grafito, el deslizante dispone de una bola de contacto. Los dos terminales de contacto están en contacto con los extremos de la varilla de grafito. Los hilos de la batería también se conectan a estos terminales; se conecta un terminal del receptor telefónico con el terminal de la derecha y un hilo que lleva a un terminal del detector  $d$ , virtualmente como se dibuja en la Fig. 6.

**Condensadores, notas sobre, etc.** – En la Fig. 8 se ilustra un tipo de condensador variable para el circuito oscilante transmisor que se usa considerablemente en las estaciones amateur de baja potencia. Consiste de 6 condensadores tubulares de vidrio de 1 pulgada por 6 pulgadas, cubiertos hasta la mitad con hoja de estaño o aluminio. Estos tubos están preparados en una caja para retirarlos fácilmente y ajustar la sintonía. El receptáculo para cada tubo tiene un hueco circular, un muelle en la parte superior y una arandela de metal en el fondo, ya que los tubos se pueden romper fácilmente durante el servicio; se conectan en múltiple serie según se desee; los terminales superiores se conectan juntos con una cinta metálica.

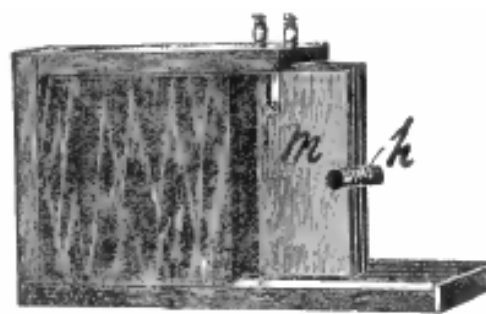
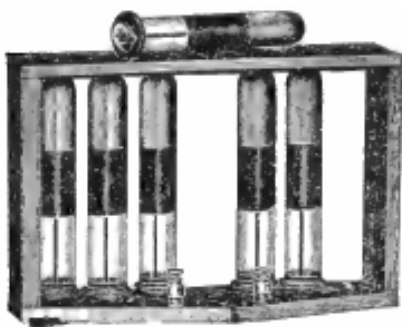


FIG. 8. – CONDENSADORES – FIG. 9.

Se usan mucho también las botellas de Leiden y placas de vidrio para obtener capacidades para el circuito oscilante transmisor. Las botellas de Leiden para este uso se obtienen de tiendas de suministro de electroterapia y de material eléctrico. Serán suficientes dos o tres botellas de 4 cuartos para una bobina de inducción de 2 o 3 pulgadas. Se pueden conectar en el circuito a voluntad por medio de dos o tres interruptores de dos contactos. En la Fig. 9 se muestra un condensador variable de forma simple para un receptor. Consiste de 5 placas fijas y 4 placas móviles, de  $\frac{1}{40}$  de pulgada de espesor, separadas por aire. Las placas fijas están soldadas entre sí en un extremo; al igual que las placas móviles. Estas últimas se deslizan en unas canales de  $\frac{1}{4}$

de pulgada de hondo y  $\frac{1}{16}$  de pulgada de separación y se mueven dentro o fuera de las placas móviles con un mango aislado *h*. Se obtiene la máxima capacidad en cada condensador cuando las placas móviles se empujan hasta el fondo, y viceversa. Este condensador tiene  $10\frac{1}{2}$  pulgadas de largo por  $6\frac{1}{2}$  pulgadas de alto y  $2\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho. Pesa 3 libras. En el Capítulo XIV se ilustra otro tipo de condensador variable para recepción.

Se pueden construir de la siguiente forma condensadores de placa de vidrio adecuados para los circuitos oscilantes de transmisión. Las placas pueden ser de 10 por 10 pulgadas o de otro tamaño deseado. Primero se deben limpiar bien las placas con una solución de amoníaco y agua.

Se laca las placas por ambos lados y por los bordes. Se cubren con hoja de estaño hasta 2 pulgadas de los bordes en ambos lados de la placa, se redondean las esquinas de la hoja. Se tiende la hoja sobre la placa con un pincel bien untado de laca o aceite de banana, tendiendo cuidado de evitar burbujas debido a la entrada de aire o un exceso de aceite o laca entre la hoja y el vidrio. Se debe tener mucho cuidado al hacer esto. Para conectar estas placas tender, por ejemplo, 6 u 8 de ellas en fila sobre la mesa. Llamamos A a la cara que se presenta ante el observador A, y coloque una cinta de hoja en la esquina inferior de la derecha y justo en el borde de cada placa. De la vuelta ahora las placas y repita la misma operación en la cara B de la placa. Después consiga un marco de madera adecuado, bien cubierto de laca, con ranuras o costillas de un cuarto de pulgada de hondo, donde puede deslizarse el borde de estas placas (de la forma que indica la Fig. 9). Coloque una tira metálica a lo largo del frente y detrás del fondo de las costillas para que cuando se introduce verticalmente una placa en la ranura, la cara A esté en contacto con la cinta del frente y la cara B con la cinta trasera. Después se conectan las cintas frontales y traseras con el circuito oscilante primario. Para variar la capacidad se pueden insertar más o menos las placas en las costillas, o se puede inclinar una placa sobre su borde para que no haga contacto con la cinta. Se entenderá que colocando 2 condensadores iguales en serie o en tándem se reduce la capacidad total resultante a la mitad de un solo condensador, 3 condensadores iguales en serie reducen la capacidad total a un tercio de un solo condensador, etc., mientras que colocando 2 o 3 condensadores de igual capacidad en paralelo o múltiple (es decir, uno al lado del otro) se dobla o triplica la capacidad total. La Fig. 4 muestra condensadores en múltiple, en serie de 2 en C. Cuando se colocan los condensadores en serie con el hilo de antena, se reduce la capacidad total de la antena y por tanto se acorta la longitud de onda. Esto se puede compensar añadiendo inductancia o mayor longitud de hilo a la antena, pero normalmente no se inserta capacidad a la antena excepto para acortar la antena, o más bien, la longitud de onda. Para ver otros tipos de condensador ver el Índice.

**Bobina de inducción.** – En resumen, una bobina de inducción I de 2 pulgadas, Fig. 10, puede consistir de las siguientes partes. Un núcleo de hierro *ic*, de 9 pulgadas de largo y 1 pulgada de diámetro, compuesto de un manojo de hilos de hierro muy dulce del No. 14, B & S. La bobina primaria *p* puede consistir de 2, o como máximo 3 capas de hilo de cobre aislado del No. 14, bobinadas sobre el núcleo de hierro, pero separados por una capa de papel parafinado. La bobina primaria no debe tener más de 8 pulgadas sobre el núcleo, dejando sobresalir media pulgada por cada extremo. Se pasa un tubo de goma dura sobre toda la longitud del núcleo y la bobina primaria. Se colocan verticalmente anillas o placas de goma dura *r*, *r*, verticalmente y ajustadas sobre el tubo, a media pulgada de cada extremo, para servir de pared de la bobina secundaria. La bobina secundaria se compone de hilo de cobre con doble cubierta de seda del No. 36. Se pueden usar  $2\frac{1}{2}$  libras de este hilo para la bobina secundaria. Unas 125 vueltas de este hilo cubrirá una pulgada de longitud de la superficie del tubo. Hay 13.283 pies por libra de este hilo; su resistencia es de 0,43 ohmios por pie, o 5.715 ohmios por libra. Con estos datos se pueden calcular las dimensiones externas de la bobina; el diámetro exterior de los discos de borde serán  $3\frac{1}{2}$  pulgadas.

Para una bobina de 6 pulgadas, se ha de usar hilo de cobre aislado del No. 12 para la bobina primaria, con un núcleo de 12 pulgadas de largo y  $1\frac{1}{8}$  pulgadas de diámetro. Para el secundario de una bobina de 6 pulgadas se necesitan unas 9 libras de hilo de cobre del No. 36 con doble capa de seda.

En la construcción de estas bobinas la práctica usual es bobinar la bobina secundaria en secciones de, por ejemplo, una pulgada cada una para mejorar el aislamiento. Cada sección está separada por anillos de papel grueso parafinado *r'* que se deslizan sobre el tubo de goma. Para

unir las bobinas respectivas entre sí es aconsejable conectar entre sí los terminales externos de las secciones contiguas en un caso y los terminales internos en el siguiente caso. De esta forma si hay cuatro secciones, se unen los terminales internos de 1 y 2, los terminales externos de 2 y 3, los internos de 3 y 4. Los terminales externos de 1 y 4 serían los terminales exteriores de la bobina. Hay que tener un gran cuidado para aislar perfectamente los bobinados de la bobina secundaria haciendo pasar el hilo por parafina líquida caliente justo antes de bobinarlo y verter el líquido sobre y alrededor de la bobina después de bobinarla, para llenar todos los espacios.

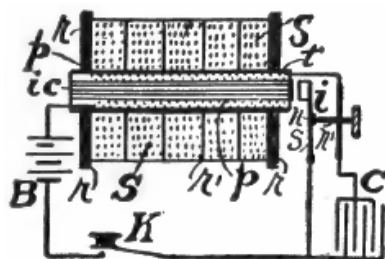


FIG. 10.

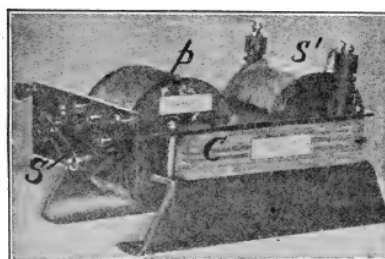


FIG. 11. – TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

Cuando se ha terminado la bobina se fija sobre una base de madera bien lacada, o una base de goma dura. Se fija a la base un interruptor *i* que consiste de una cinta elástica de acero *s* que lleva un trozo pequeño de hierro como armadura de tal forma que la armadura se encuentre frente a un extremo del núcleo *ic*. La cinta lleva también un contacto de platino *n*, frente a un contacto ajustable *n'* sujeto a la base. El condensador de chispa se suele colocar en un espacio hueco debajo de la base. Normalmente este condensador consiste de tiras de hoja de estaño separadas por papel fino parafinado, sin agujeros ni otros defectos, las hojas se conectan alternadas entre sí en sus extremos respectivos, como indica *c* en la figura. Probablemente haya que experimentar para determinar el número adecuado de hojas de estaño para obtener los mejores efectos. Unas 100 hojas de 7 por 5 pulgadas pueden ser suficientes. Se deberá aumentar o reducir el número de hojas hasta que se eliminen prácticamente por completo las chispas en el interruptor. En caso de no poder eliminarlas mirar bien el aislamiento del condensador, buscar perforaciones. El manipulador *K* y la batería *B* completan el circuito primario. Para más detalles de construcción que las que se han dicho el lector puede acudir a cualquier libro que trate extensamente el tema de las bobinas de inducción.

**Transformadores de potencia.** – En las estaciones amateur donde se dispone de corriente alterna de 110 o 220 voltios y 60 o 125 ciclos se puede utilizar un transformador (sin interruptor) en vez de la bobina de inducción, y normalmente con resultados más satisfactorios. Ahora se dispone de transformadores pequeños adecuados para este servicio a precio moderado. Como ejemplo de este tipo de transformador se da la ilustración de la Fig. 11. Este es un transformador de núcleo cerrado. La bobina primaria dispone de un conmutador *s*, con el cual se puede tomar la corriente en cuatro puntos diferentes, dando 4 variaciones de salida. Este transformador está construido para tener la resonancia entre los circuitos primario y secundario cuando se emplea un condensador de la capacidad adecuada en el circuito secundario, lo que permite variar la descarga de chispa de la forma mencionada en el Capítulo XIV sobre los transformadores resonantes. El núcleo *C* de este transformador está hecho de láminas de hierro dulce que forman un marco oblongo, y en los extremos del mismo están las bobinas primaria *p* y secundaria *s'* respectivamente.

Se puede introducir una bobina de inducción en un circuito de 110 voltios de corriente alterna con la resistencia adecuada en el primario para regular la corriente; o se puede cambiar la corriente alterna de 110 o 220 voltios a corriente continua por medio de un rectificador de corriente para una bobina de inducción y el interruptor.

**Bobina de sintonía del transmisor.** – Un amateur hábil puede construir la bobina de sintonía del tipo auto-transformador adecuada para un equipo experimental de 2 pulgadas como el mostrado en las Fig. 12 y 13 de los planos detallados por Mr. A. C. Austin en "Modern Electrics" Vol. 1, con quien está en deuda el escritor por los diversos dibujos y sugerencias prácticas que se han empleado aquí. Las dimensiones del marco son las siguientes: Una base de

madera dura B de 1 pulgada de grueso y  $7\frac{1}{2}$  pulgadas de largo por 9 pulgadas de ancho, con los cantos redondeados. Sobre esta se coloca el propio marco que consiste de dos discos de madera dura D de  $11\frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro,  $\frac{1}{4}$  de pulgada de espesor. Al cortar estos círculos se deja una base de  $3\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho en el fondo y  $\frac{3}{4}$  pulgadas de alto como soporte para el marco, tal como se indica en la Fig. 12, *b*, que es una vista del marco. En el centro de los discos se taladra un agujero *h* de  $1\frac{1}{4}$  pulgadas de diámetro para que pasen las varillas de chispa *r*, *h*. Los discos se mantienen separados por ocho listones de madera dura de 10 pulgadas de largo,  $1\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho,  $\frac{1}{2}$  pulgada de grueso, los extremos de estos listones se atornillan a las caras internas de los discos al ras con la circunferencia, como se indica; el lado estrecho de los listones hacia fuera. Se atornilla firmemente un terminal doble *p* en el extremo de cada disco, para ello se habrá preparado una superficie aplanada.



FIG. 12.

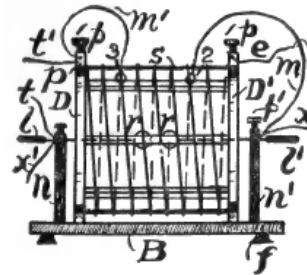


FIG. 13.

Ahora se puede colocar la bobina sobre el marco. Para ello se usarán unos 35 pies de hilo de cobre desnudo del No. 8 B & S. Para preparar el bobinado primero se hace un agujero pequeño en el extremo superior del listón *S'*, Fig. 12, y comenzando desde un punto a  $\frac{1}{8}$  de pulgada desde el lado interior del disco D, se hace un pequeño canal inclinado transversal en la parte superior del listón en la dirección que correrá el hilo. Después se gira el marco hacia el observador y se hace un canal en el siguiente listón, a  $\frac{1}{4}$  de pulgada del disco, y así sucesivamente, para que cuando se haya dado una vuelta completa la siguiente canal en el listón superior estará a una pulgada del disco. Se continua este proceso hasta el disco *D'*, que se encontrará que hay espacio para 10 espiras de hilo. El hilo se inserta ahora en el agujerito de la cinta superior desde abajo, y se conecta al terminal de conexión de la izquierda *p*. Después se bobina el hilo apretadamente sobre las cintas, siguiendo la ruta de las canales oblicuas, y se conecta al terminal de conexión de la derecha *p* de la misma forma que el inicial. Los contactos deslizantes se hacen encajando los extremos de dos terminales de contacto hasta el primer agujero roscado, por medio del cual se pueden conectar los terminales de contacto, como en 2, 3, a cualquier parte deseada de la bobina de sintonía.

Se atornillan en la base inferior dos varillas de goma dura *n n'* de  $6\frac{1}{4}$  pulgadas de largo y  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro. Se atornilla una tira de goma en la parte superior de cada varilla, y se atornilla a esta tira en la parte superior de cada varilla un terminal de contacto doble *p'*. Para las varillas, o puntas, se emplean dos varillas de latón de 7 pulgadas de longitud. Al un extremo de cada varilla se atornilla un mando de goma *l* de  $5\frac{1}{2}$  pulgadas de largo y  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. Se hace pasar cada varilla por una de las aberturas en los terminales de conexión dobles *p'*. Se pueden atornillar en el otro extremo de cada varilla una bola de latón de 1 pulgada de diámetro, o de cualquier otro tamaño adecuado. Se puede hacer pasar ahora por el agujero central en cada disco y se coloca en su posición, como se dibuja en la figura. Ya está listo el chispero para su ajuste, cuando sea necesario. Para levantar la base de la bobina sobre la mesa puede ser necesario atornillar un pie de goma *f* a cada esquina de la base.

Refiriéndonos a la Fig. 4, se pueden indicar ahora las conexiones correspondientes de la bobina de sintonía. Un hilo *x* va a un terminal de la bobina secundaria *s*; *x'* va al otro terminal de *s*. El hilo *m* va al contacto deslizante 2; el hilo *m'* va al contacto deslizante 3. Los hilos *t* y *t'* van respectivamente a los terminales del condensador C. El hilo *e* va al terminal del condensador GC.

Se debe usar un hilo flexible aislado con goma de buena calidad para los hilos que llevan a los circuitos de alto potencial; y no se debe emplear más hilo del necesario para hacer las

conexiones, esto es para minimizar la inducción y la resistencia. Un cable que se usa mucho para esto es un conductor de cobre trenzado del No. 18 B & S, cubierto con varias capas de goma aislante.

**Transformador oscilante de transmisión.** – La Fig. 4 tipifica una forma de transformador oscilante del tipo bobina de Tesla que se puede conectar en lugar de la bobina de sintonía, Fig. 4, cuando se desea un acoplamiento débil. En este dispositivo la bobina primaria *p*, dispuesta en un extremo del marco *F*, consiste de una cinta de cobre de una pulgada de ancho preparada en una espiral de 5 vueltas, que se pueden añadir o quitar más o menos del circuito por medio del contacto giratorio *C*. Este contacto en ningún momento deja la cinta. El eje *m*, sobre cuyo brazo está el contacto, sigue el juego entre las espiras. La bobina secundaria *S*, que se puede ver entre los extremos del marco, está compuesta de 41 espiras de cinta fina de cobre de  $\frac{1}{8}$  de pulgada de ancho, separadas por  $\frac{1}{16}$  de pulgada, el número de espiras se puede reducir o aumentar por medio del contacto deslizante *C'*.

Como las corrientes de alta frecuencia viajan principalmente por la superficie de un conductor, no tienen tiempo de penetrar al interior (un fenómeno conocido como efecto “pelicular”) el uso de cinta metálica en alta frecuencia es ventajoso, ya que proporciona una mayor superficie y por tanto mayor capacidad de transporte de corriente que tendría un hilo conductor del mismo peso. Este tipo de transformador oscilante opera en un rango de potencia de salida entre 250 vatios a 1 kilovatio. El tamaño del instrumento más pequeño es de 8 por 8 por 11 pulgadas. Este oscilador dará una máxima longitud de onda de 600 metros, que se puede incrementar con una inductancia en serie hasta 900 metros. Se puede observar que se puede calcular la inductancia de una espiral o hélice de hilo aproximadamente con la fórmula  $L = (3,1416 \times d \times n)^2 \times l$ , siendo *d* el diámetro medio interior en centímetros de una espira circular de la hélice, *n* es el número de vueltas por centímetro y *l* la longitud de la hélice en centímetros. La respuesta está en centímetros. Para tener la respuesta en microhenrios se ha de dividir el resultado por 1.000.

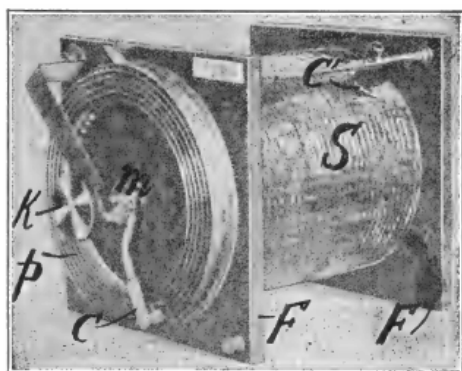


FIG. 14. – TRANSFORMADOR OSCILANTE DE TRANSMISIÓN.

**Bobina de sintonía de recepción.** – En la Fig. 14 del Capítulo XIV se muestra una bobina de sintonía que se usa mucho en el trabajo comercial. Se puede construir una forma algo más simple de la siguiente manera: Se obtiene un tubo o rollo de fibra o madera de  $6\frac{3}{4}$  pulgadas de largo; con un diámetro de  $2\frac{1}{4}$  pulgadas. Completamente lacado y bobinado apretadamente con 300 vueltas de hilo esmaltado del No. 24 o hilo de cobre cubierto con una capa de seda, con los extremos asegurados por medio de tachuelas de cabeza ancha y con unas pocas pulgadas de hilo sobrante en cada extremo. Se dejan  $\frac{3}{8}$  de pulgada de tubo sin cubrir en cada extremo. Se toman dos piezas de madera dura de  $3\frac{1}{2}$  pulgadas cuadradas y  $\frac{3}{8}$  de pulgada de ancho, se sujetan a cada extremo del tubo, se pasan los terminales de la bobina por un agujero en los extremos de madera y se sujetan los terminales a un tornillo, como muestra la Fig. 15. Se retira ahora una porción de esmalte, o seda, según sea el caso, de  $\frac{5}{8}$  de pulgada de anchura y se extiende a través de la parte superior de la bobina a lo largo de toda su longitud, dejando expuesta la barra de cobre. Se colocan juntas dos piezas de latón de  $7\frac{1}{2}$  pulgadas de largo y  $\frac{1}{4}$  de pulgada cuadrada, pero sin tocarse, sobre la barra. Se conectan con tornillos al marco de madera. Se conecta un

terminal al extremo de las varillas de latón. Se colocan dos contactos deslizantes en cada varilla. Los contactos deslizantes mostrados en la figura tienen en sus extremos inferiores una bola rodante que se mantiene ajustada contra el hilo desnudo por medio de un muelle no mostrado. Estos contactos están preparados para que la bola sólo pueda tocar una vuelta a la vez, y el que rueda evita dañar a la bobina. Si se usa junto con los circuitos mostrados en la Fig. 3, el hilo  $b'$  puede llevarse al terminal inferior izquierda, el terminal inferior derecha se deja sin usar. Los hilos  $c'$  y  $d'$  se conectarán con los dos superiores, o contactos deslizantes respectivamente. Los contactos deslizantes se mueven a lo largo de la bobina por medio del mango pequeño aislado que se muestra.

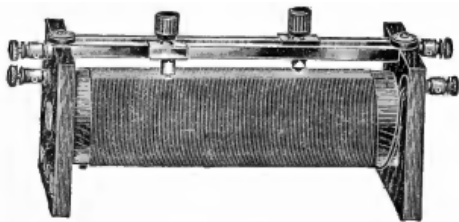


FIG. 15.

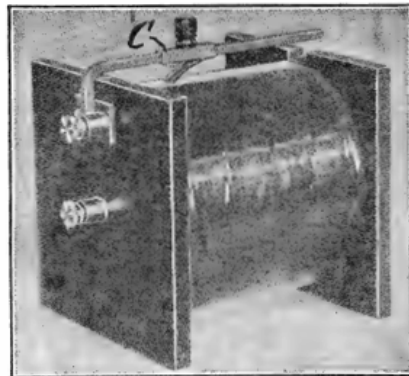


FIG. 16.

Otra forma de bobina de sintonía de recepción emplea sólo un contacto deslizante como se muestra en la Fig. 16. Esta bobina se enrolla sobre un tubo de fibra y consiste de 200 vueltas de hilo de cobre desnudo del No. 30, las espiras adyacentes no se han de tocar. Con una antena de 60 a 80 pies de largo se pueden recibir longitudes de onda de 1.500 metros con esta bobina. Cuando se emplea una bobina de sintonía de recepción con un solo contacto deslizante, las conexiones del circuito pueden ser idénticas con las mostradas en la Fig. 3, pero omitiendo el deslizante  $d'$ . La inductancia de esta bobina es de 700 microhenrios. La longitud de la bobina es de  $4\frac{1}{2}$  pulgadas, y el diámetro de 5 pulgadas.

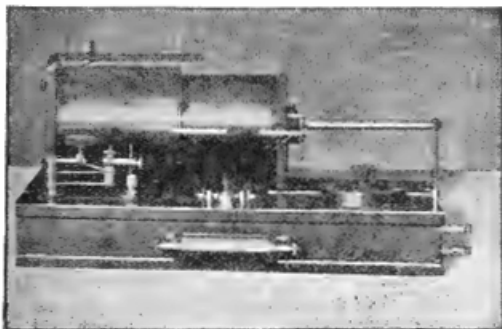


FIG. 17. – TRANSFORMADOR OSCILANTE DE RECEPCIÓN.

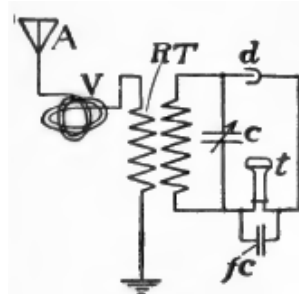


FIG. 18.

En la Fig. 17 se muestra un transformador oscilante receptor. Este consiste de dos bobinas, una se desliza sobre la otra, como se indica, para variar el grado de acoplamiento. Cada bobina dispone de un contacto deslizante, por medio del cual se puede variar el número de vueltas y la inductancia. Estas bobinas están hechas prácticamente como se ha descrito en relación con la figura anterior. La longitud de las bobinas es de  $4\frac{1}{2}$  pulgadas; el diámetro de la mayor de 5 pulgadas, de la menor  $4\frac{1}{2}$  pulgadas. El número de vueltas en cada bobina es 200, de hilo de cobre del No. 30. En la Fig. 17 también se indica un detector “ferron”, un condensador variable, un condensador fijo y un conmutador pequeño, lo que conforma un receptor inalámbrico compacto y práctico. A la derecha, sobre la parte superior de la caja se puede ver el mando del condensador variable; el conmutador en el centro de la tapa, el condensador fijo al lado, y el

detector a la izquierda de la tapa. Este detector es del tipo de contacto mineral. El elemento activo mineral se encuentra en una pequeña copa. El contacto con el mineral se hace con un hilo vertical acabado en punta, y el grado de presión se regula con un muelle plano ajustable con un tornillo, como en el caso de los detectores de silicio y carborundo.

**Variómetros.** – Para el trabajo experimental están entrando en uso los variómetros económicos para sintonizar los circuitos receptores. Las bobinas esféricas se hacen de madera seca dura e hilo sólido (no trenzado). En todo lo demás se parecen al variómetro ilustrado en el Capítulo XIV. En la Fig. 18 se muestra un montaje del variómetro para un circuito receptor, donde A es la antena, V es el variómetro, R es el primario del transformador oscilante receptor RT,  $c$  es un condensador variable,  $fc$  es un condensador fijo pequeño y  $t$  es un receptor telefónico. Si se desea se puede insertar el variómetro en el circuito de la bobina secundaria, o para una sintonía todavía más precisa se puede colocar un variómetro en la antena y en el circuito secundario. Como se ha indicado previamente, el uso de variómetros elimina los defectos por posibles contactos imperfectos en los deslizantes de las bobinas y da un ajuste más continuo que los obtenidos con otros modos.

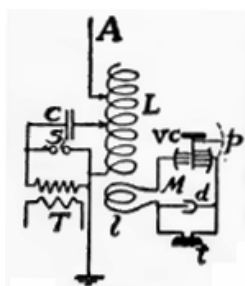


FIG. 19.

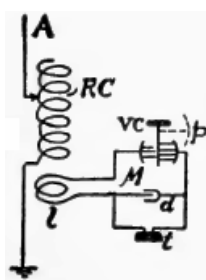


FIG. 20.

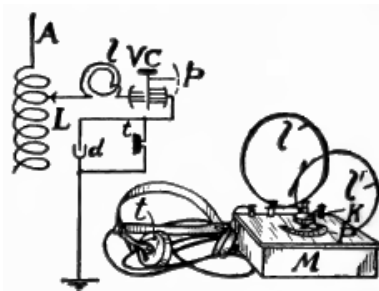


FIG. 21.

FIG. 22.

**Ondámetros.** – Es muy deseable tener un ondámetro como auxiliar en el equipo de una estación inalámbrica, ya que por medio de él se puede determinar fácilmente la longitud de onda de las ondas captadas. Estos instrumentos son capaces de medir longitudes de onda entre 350 y 1.500 metros, y ahora se pueden obtener para uso experimental a un precio razonable. Los ondámetros  $m$  de las siguientes figuras comprenden una inductancia fija  $l$  y una capacidad variable VC, con un índice o puntero  $p$ ; se utiliza un detector ordinario  $d$  y un receptor telefónico  $t$  ordinarios para determinar cuando se ha obtenido la sintonía entre la antena y los circuitos del ondámetro. Para medir la longitud de onda de las ondas que se emiten se prepara el aparato como se indica en la Fig. 19. Se coloca la bobina  $l$  cerca del auto-transformador L del circuito transmisor, A C S y se ajusta el condensador variable VC hasta que se escucha el máximo sonido en el teléfono  $t$ , en ese momento que el puntero  $p$  marcará una cierta cifra en la escala. Una tabla que acompaña al medidor muestra la longitud de onda en metros para esa cifra. Se proporcionan con el medidor dos bobinas separadas  $l$ ,  $l'$ , Fig. 22, para longitudes de ondas cortas y largas, y se proporciona una tabla para cada bobina. Para medir las ondas que se captan se puede emplear el montaje de la Fig. 20, donde el anillo o bobina  $l$  se coloca al lado de la bobina receptora RC, y se hacen los ajustes y cálculos como antes. En la práctica se puede conectar regularmente en el la antena del circuito receptor, como se indica en la Fig. 21, y se ha encontrado que presenta ventajas para eliminar las interferencias de otras estaciones. En la Fig. 22 se bosqueja el medidor por completo. El condensador variable se encuentra en una caja M, en cuya cubierta se encuentra el puntero  $p$ , la escala y el mando K para girar las placas móviles del condensador y dicho puntero. Los terminales de la bobina, el detector y los teléfonos se conectan a los terminales de conexión en la caja. El ondámetro se calibra en el laboratorio con otro o cualquiera de los detectores más sensibles y con el teléfono usual en circuito. El ondámetro dará unas mediciones muy precisas de las longitudes de onda cuando se use con el detector perikon, de silicio o de carborundo, o con cualquiera de los teléfonos estándar, ya que la capacidad de estos instrumentos es prácticamente la misma. Al usar estos ondámetros la bobina medidora no debe estar más cerca de una pulgada de la bobina en pruebas, ya que la reacción inductiva de la bobina medidora sobre la otra podría darnos una lectura incorrecta.



## ANTENAS

Para uso general de los amateurs suele ser suficiente un mástil o asta de bandera de 30 a 50 pies de alto. Se puede colocar un mástil de 30 pies encima del tejado de un edificio con la construcción adecuada, o a una chimenea adyacente o se puede usar también un árbol para servir de soporte de la antena, en poco daremos ejemplos de ello. De todos modos al elegir un sitio para la antena se debe mirar que no esté cerrada por un encofrado alto de hierro, árboles, etc., ya que estos absorben o apantallan la energía de las ondas transmitidas y recibidas.

En algunos casos se han usado con éxito tubos de hierro pequeños para formar un mástil para las antenas. Para ello se pueden emplear tres trozos de 20 pies de tubo de hierro de 3, 2½ y 2 pulgadas de diámetro respectivamente, con los extremos roscados en cada extremo y los acoplamientos de reducción necesarios. Los dos primeros tubos, después de haberlos puesto extremo con extremo, se pueden levantar por medio de un bloque y aparejos atados al extremo de un poste de madera vertical (con un collar de hierro por el que se eleva el tubo) y el fondo del tubo, se sujeta con vientos atados al extremo mientras se eleva. El tercer tubo se une al segundo, se eleva y sujeta como antes. Si se desea un cuarto o quinto tubo se aconseja poner un segundo grupo de vientos. Los vientos deben estar aislados en secciones por medio de aisladores de porcelana u otros “separadores de circuito”. (Ver *b c*, Fig. 28) En especial si se usa para la transmisión el mástil de hierro debe estar aislado de tierra, por ejemplo colocando en su base un zócalo de madera embebido en cemento. Se debe colocar un capuchón o fustán en la base para cubrirlo de la lluvia. Antes de elevar el tubo o cualquier otra forma de mástil se debe dejar puesta en la parte superior del mástil o del tubo una polea con drizas para levantar y bajar la antena.

Suponiendo que se dispone de los soportes necesarios para las antenas, se ha de considerar el número de hilos que se han de levantar. Se pueden usar uno o dos hilos, y algunas veces se usan cinco o seis hilos en las estaciones amateur. Se obtienen buenos resultados con un hilo bastante alto junto con bobinas de sintonía y detectores sensibles, pero la experiencia de muchos experimentadores ha demostrado que considerando todo normalmente la antena de 4 hilos es la más satisfactoria. Es preferible conectar la antena de 4 hilos para poderla usar como antena recta o en bucle. Algunos experimentadores han encontrado que la antena de bucle evita mucho las interferencias de la estática atmosférica, o X's, al proporcionar un paso, a través de la bobina de sintonía *I*, como en la Fig. 24. Otros han encontrado que impide la inducción de los hilos de alumbrado y potencia cercanos. De Forest, que patentó la antena de bucle, afirma que es en cierto sentido un circuito oscilante cerrado y se adapta mejor a la recepción que una antena recta, ya que el circuito cerrado tiende a prolongar las oscilaciones y es un mal radiador de energía. Una posible desventaja de la antena de bucle para las estaciones de baja potencia está en el uso de los anclajes, mostrado en las Fig. 23 y 24, que se emplean para reducir los vaivenes, y que pueden reducir la energía transmitida.

Con frecuencia se utilizan dos bobinas de sintonía con la antena de bucle, como se muestra en la Fig. 98a del sistema Shoemaker.

Además otros experimentadores han encontrado que el montaje de doble deslizante, mostrado por ejemplo en la Fig. 3, permite un camino lateral para las descargas estáticas a tierra a través de la bobina RC, contacto *d'* y el hilo *f*. Este plan evita usar un montaje con anclajes en relación con la antena de bucle y evita cualquier pérdida de energía en ese punto. Sin embargo, se pueden insertar conmutadores en la antena de bucle si lo justifica la pérdida de energía.

Como las descargas de corrientes estáticas normalmente son de naturaleza continua o directa (no alterna), una bobina no es una barrera para ellas, mientras que un condensador sí que lo es. Por otra parte, las bobinas se oponen al paso de corrientes alternas de alta frecuencia, mientras que los condensadores no lo hacen.

La naturaleza del material que componen los hilos de la antena no es importante (excepto el hilo de hierro debido a sus efectos magnéticos), siempre que el hilo tenga la suficiente fuerza para resistir la tensión del viento y las tormentas. Actualmente se usa mucho para las antenas hilo de cobre endurecido, hilo trenzado de bronce fosforoso o de aluminio del No. 14 B & S; en

especial el aluminio, debido a su ligereza combinada con la fuerza y la durabilidad. También se puede usar hilo de hierro galvanizado.

En muchos casos los amateurs no disponen de aparatos transmisores contentándose con captar las señales que pasan por la antena. Esto simplifica considerablemente la estación. Si se usa la estación para transmitir hay que prestar mucha más atención al aislamiento de la antena y los hilos de la bajante que si se usa sólo para recibir. Cuanto más alta sea la potencia empleada, más cuidado se ha de prestar al aislamiento de la antena en todos los puntos, o la energía de las ondas se desviará o absorberá.

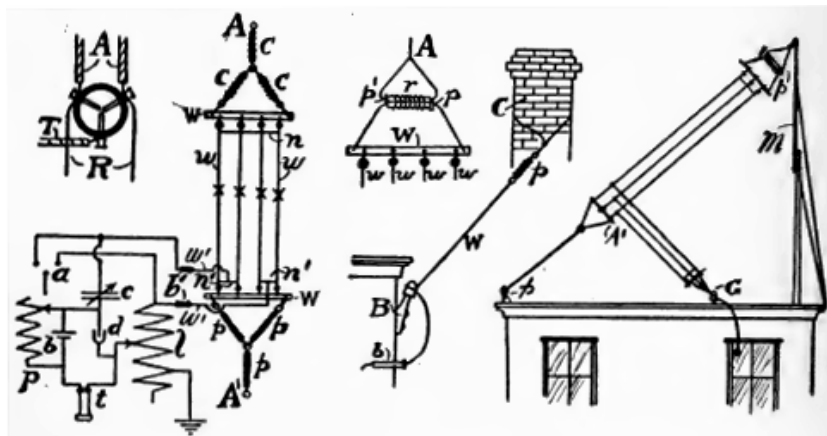


FIG. 23, 24.

FIG. 25, 26.

FIG. 27.

En la Fig. 24 se delinea un montaje de una antena de 4 hilos para transmitir y recibir. Los hilos verticales  $w w$  están suspendidos entre dos separadores de madera dura  $W W$ . Estos separadores pueden tener  $3\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho, 1 pulgada de grueso, y han de permitir un espacio de al menos  $1\frac{1}{2}$  pie entre los hilos, 7 pies de largo. O se pueden emplear separadores de madera de 2 pulgadas de diámetro y 7 pies de largo lacados para protegerlos de la humedad. Para asegurar un buen aislamiento para la antena los separadores  $W W$  se sostienen en el extremo superior y el fondo por aisladores de barra, de los que se muestran dos tipos,  $c c$  son aisladores compuestos coarrugados;  $p p$  pueden ser varillas de goma o porcelana, de 6, 8, 10 pulgadas o más de longitud y un diámetro de 1 pulgada. Estas varillas se conectan o atan entre sí y con los separadores con un hilo que pasa por unos ojos en cada extremo. Para conseguir un mayor aislamiento se pueden conectar más varillas  $c$  o  $p$  en tandem. O, en algunos casos, sólo puede ser necesaria una varilla en cada extremo de los separadores. Para una bobina de dos pulgadas será suficiente con una varilla de 6 pulgadas de longitud. Para atar los hilos a los separadores, se pueden utilizar aisladores de tensión como los mostrados en la Fig. 28 como  $d, e$ , o se pueden hacer agujeros para casquillos de porcelana, goma u otro material aislante, y por los que pueden pasar los hilos y sujetarlos con un nudo en el hilo, pasando por él un clavo del mismo material para impedir que se deslice el nudo. En la Fig. 24 se sujeta la antena en  $A$  en el extremo superior de un mástil, chimenea u otro soporte adecuado. El extremo inferior se asegura con un viento o cuerda (no mostrada) en  $A'$ . Los hilos de bajante  $w' w'$  se entran en el cuarto de radio por medio de casquillos de porcelana  $b b$  u otro material aislante. Donde pasan los hilos por el casquillo se debe usar un cable aislado de buena calidad, en cuyo caso será suficiente con un casquillo para los hilos de bajada. Para no atravesar una pared, se puede colocar una madera en la parte superior de una ventana por encima de la guillotina, o se puede cortar un agujero redondo en el vidrio. Los hilos verticales  $w w$  se conectan entre sí en  $n$  con hilos de cruce del mismo material, y para la antena en bucle en pares en  $n'$ , como se muestra. Donde no se emplea la antena el bucle se pueden atar los hilos en  $A'$  y desde allí llevarlos en conjunto al cuarto de radio. Las antenas rectas, es decir, las que no están en bucle, se indican en las Fig. 26 y 27. En la Fig. 24 los aparatos receptores se bosquejan a la izquierda, mostrando los montajes para una antena en bucle. Un anclaje  $a$  lleva a los aparatos transmisores. En la Fig. 23 se muestra por separado un anclaje ajustable, donde  $A$  es la antena,  $R$  el receptor y  $T$  los hilos de transmisión. En esta figura no se muestran interruptores de desconexión. Si se desea utilizar el montaje de la

Fig. 24, como una antena T o inclinada, se puede conectar el extremo A' a otra casa, chimenea o mástil, en cuyo caso los hilos de bajante  $w' w'$  se conectarían a  $x x$ .

En la Fig. 25 se muestra un plan sencillo para sujetar la antena a un mástil, casa, etc. En este plan se sujetan a cada lado dos tubos o casquillos de porcelana, de 12 o 14 pulgadas de largo, con una cuerda fuerte  $r$ . Se hace pasar una cuerda por el tubo  $p'$  y se sujeta al mástil en A; se hace pasar una cuerda similar a través del tubo  $p$  para elevar el separador W y los hilos  $w w$ .

En la Fig. 26 se muestra un método para suspender una antena de un solo hilo a una chimenea cercana  $c$ , de la que está aislada con un aislador de varilla  $p$  y se baja a un aislador de brida B al lado de la casa hasta el cuarto de radio a través de un casquillo  $b$ .

En la Fig. 27 se indica un modo para emplear un mástil de 25 o 30 pies en el tejado de una casa. En la Fig. 25 se bosqueja el plan para suspenderlo que se podría utilizar. La antena se aparta del mástil con una cuerda y una polea sujeta al separador inferior A'; los hilos se llevan a un aislador de vidrio G, desde el que pasan al cuarto de radio.

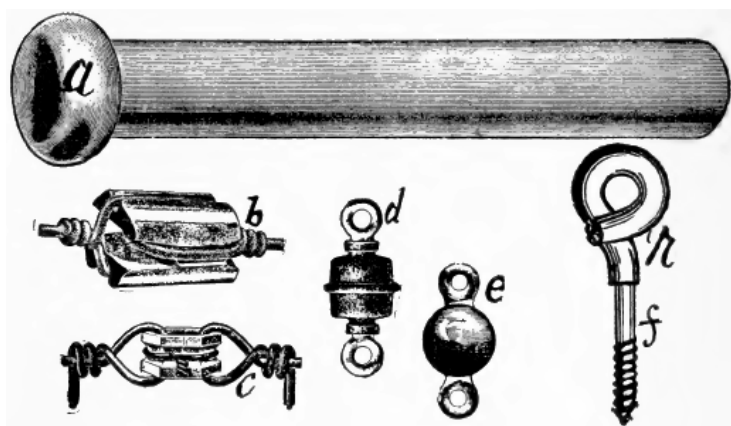


FIG. 28. - AISLADORES.

Cuando se emplea la antena sólo para recibir, no es esencial un aislamiento tan alto como se ha explicado. Para asegurar los hilos al separador en este caso se emplean ojos atornillados  $f$ , como se muestra en la Fig. 28, o se podrían utilizar tornillos ordinarios cubiertos con cinta aislante, y sujetar el separador superior a su soporte directamente con una cuerda o por medio del dispositivo mostrado en la Fig. 25 en  $r$ .

En la Fig. 28,  $a$  es un tubo o casquillo de porcelana o material compuesto. Se hacen de diversas longitudes,  $b b$  son aisladores partidos o de porcelana para los vientos,  $d$  y  $e$  son aisladores de tensión "gigantes" y de "globo",  $f$  es un aislador de ojo con tornillo para madera, aislado con un manguito de goma  $r$ .

Para facilitar las reparaciones a la antena, o para evitar tormentas, se puede prever subirla y bajarla por medio de una polea en la parte superior del mástil, y cuerdas. Los hilos de la antena se deben apartar lo más posible de las paredes, tejados de chapa, etc., en especial para transmitir, ya que estos materiales tienden a apantallas o cortocircuitar las ondas eléctricas por efecto condensador. Los hilos de la antena deben estar separados al menos 18 pulgadas en las instalaciones amateur. Añadir más hilos en paralelo en la antena no afecta materialmente a la longitud de onda excepto lo que pueda variar la capacidad y la inductancia de la antena. La naturaleza de la tierra para la antena en telegrafía inalámbrica es de la mayor importancia. Siempre que sea posible se debe preferir una tubería de agua, no de gas, ya que esta última suele tener juntas aislantes, introduciendo por tanto una alta resistencia en el circuito. Si no se dispone de tubería de agua se debe hacer la conexión con una placa metálica o una varilla enterrada en un suelo húmedo.

#### NOTAS GENERALES SOBRE LA SINTONÍA, AJUSTES DE LOS APARATOS, ETC.

Cuando dos estaciones, amateur u otras, desean sintonizar sus aparatos para el intercambio de señales, primero deben ajustar sus antenas y aparatos lo más cerca posible a la longitud de onda correspondiente. En ausencia de un ondámetro se puede estimar aproximadamente la

longitud de onda de una antena, como se ha indicado previamente, en cuatro veces la longitud de la antena. Esto se refiere a la distancia entre el extremo alejado de la antena y los instrumentos. La distancia entre los instrumentos y tierra debe ser corta. Una de las estaciones transmitirá una señal preacordada a intervalos de 20 o 30 segundos, mientras tanto el operador de recepción va variando la posición de la bobina de sintonía y del condensador variable hasta conseguir las mejores señales. En vez de un ondámetro o amperímetro de hilo caliente se puede conectar con la antena una bombilla incandescente para indicar con su grado de luminosidad el mejor punto de resonancia o sintonía. También se puede mover el contacto deslizante arriba y abajo sobre la hélice, o bobina de sintonía, pero sin tocarla, y observar el punto donde da la chispa más larga. Este será el punto donde se ha de colocar el contacto deslizante. También se puede usar un anclaje ajustable.

Para “escuchar” o ajustar las señales captadas se pueden emplear las conexiones de la Fig. 3. Si se desea se puede usar la bobina de sintonía RT como un dispositivo se un único contacto deslizante colocando el contacto 2 en el extremo inferior de la bobina o desconectarlo y se usa sólo el contacto superior. Si no se escuchan señales se puede mover el contacto deslizante  $c'$  de la bobina a lo largo de su recorrido 10 o 12 espiras a la vez, parando un momento en cada paso para escuchar las señales, variando mientras tanto gradualmente el condensador C. Si después de recorrer arriba y abajo la bobina una o dos veces sin captar señales será conveniente revisar concienzudamente todas las conexiones buscando malos contactos. Algunas veces está averiado el detector. Para determinar esto se puede usar un zumbador, como se ha descrito, puesto a una distancia de 6 u 8 pies. Si el detector está bien responderá rápidamente a las ondas creadas por el zumbador. Para ajustar el detector electrolítico se ha de seguir el siguiente procedimiento. Por medio del tornillo de ajuste se baja el hilo de Wollaston sobre la solución (4 partes de agua por 1 parte de ácido nítrico) hasta que se escucha un sonido de burbujeo en el teléfono. Después se eleva el hilo hasta que se escuche un siseo y se continúa levantando hasta que el sonido sea lo más fuerte. Después se ajusta el potenciómetro hasta que desaparezca el sonido. Se debe poner en marcha el zumbador a intervalos frecuentes para asegurar que las conexiones del detector están intactas; no es nada raro que el hilo fino se separe del líquido al mover la mesa. Muchos amateurs lo hacen muy bien sin emplear un zumbador, en especial después de haberse habituado a la sintonía, pero con frecuencia se ahorra tiempo al demostrar que es en el detector y no en la sintonía donde está el fallo. Abrir un circuito de alumbrado cercano también dará el mismo resultado al ocasionar un clic en el teléfono si el detector está correcto. Cuando el aparato receptor está en su mejor punto de sintonía las señales recibidas salen con claridad y regularidad.

Algunos amateurs han encontrado que el punto de mejor contacto en el detector de carburo está entre los cristales, en la parte que parece como escoria, mientras que otros observan que el mejor contacto es a lo largo del borde agudo del cristal. Se encuentra el ajuste del detector de silicio presionando la punta metálica sobre la superficie del silicio y se mueve la punta variando la presión hasta encontrar el resultado más efectivo. El mejor montaje para el detector de Solari es el que se hace con una varilla de hierro y carbón con una gota de mercurio entre las varillas. Para ajustar este detector se acercan los extremos de las varillas hasta que se escucha en el teléfono el clic del contacto, después se separan las varillas hasta que se escucha un sonido silbante en el receptor telefónico. La gota de mercurio debe ser muy pequeña, del tamaño de una cabeza de alfiler, y las varillas de hierro y carbón justo deben hacer contacto con él. Las limaduras del cohesor deben estar limpias de grasa y no se deben tocar con la mano. Para limpiar las limaduras se han de colocar 12 minutos en un vaso de vidrio que contiene una solución de 2 partes de amoníaco líquido y 10 partes de agua destilada. Después de sacarlas del líquido, se secan bien las limaduras calentándolas en una estufa. Se puede limpiar el tubo de las limaduras y los tapones con la misma solución si es necesario, se ha de tener el mismo cuidado al secarlos. La experiencia ha demostrado que se aumenta la distancia de señalización aumentando correspondientemente el número de limaduras en el tubo, por ejemplo, para distancias de 4 millas con  $\frac{1}{4}$  de pulgada entre los tapones. Se ha encontrado que el detector de limaduras de acero y plata de Slaby-Arco es muy eficiente y fiable con la proporción de 88 partes de limaduras de acero y 12 partes de limaduras de plata pura. Las limaduras de acero deben ser gruesas y de  $\frac{1}{16}$  de pulgada de longitud y de prácticamente el mismo grosor.

Para los detectores microfónicos es adecuada una varilla de carbón duro similar al usado en las lámparas de arco. Si se tienen problemas al quemarse el hilo de Wollaston en las estaciones amateurs cerca de las estaciones de alta potencia es aconsejable usar un hilo de Wollaston más grueso o reducir el número de hilos en la antena, por ejemplo, de 4 hilos a 2 o 1, cuando se recibe, para reducir la energía recibida. Suele ser frecuente que se reciban en el teléfono los sonidos de las estaciones de alta potencia cercanas sin empelar un detector. Para ver sugerencias prácticas en el aprendizaje del alfabeto Morse, el cuidado de los aparatos, etc., ver el apartado SUGERENCIAS PRÁCTICAS PARA APRENDER CÓDIGOS Y LAS SEÑALES EN TELEGRAFÍA INALÁMBRICA que se encuentra en el APÉNDICE.

Para facilitar el uso de diversos minerales detectores se emplea un soporte similar al de la Fig. 29; El material como carborundo, molibdeno, etc., se coloca entre las superficies como se indica, con cualquier grado de presión. Otros soportes para detectores están preparados con una superficie metálica plana en la base de un contenedor con una punta vertical de latón sobre ella; el mineral se coloca entre la superficie plana y la punta.

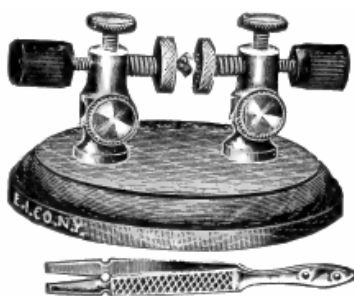


FIG. 29.

Muchas estaciones amateur con antenas cortas no son capaces de captar algunas estaciones de alta potencia debido a la gran longitud de onda de estas últimas estaciones. Introducir una inductancia grande en la bobina de sintonía suele conseguir sintonizar a estas estaciones. Por otra parte, no hay duda que muchas estaciones que tienen largos hilos horizontales sobre tejados no son capaces de captar señales en ondas cortas. Para remediar esta condición hay que acortar la antena, también será útil colocar un condensador en serie con la antena.

Al acercarse una tormenta con rayos lo mejor es desconectar todos los aparatos de la antena y conectar directamente la antena a tierra. Se puede usar un conmutador de dos circuitos y dos posiciones para ello. Ver s, Fig. 98b, Capítulo XII. Ver también la Fig. 4 en este capítulo.

La energía eléctrica aproximada que se necesita para transmitir señales a una distancia de 50 millas sobre el agua por la noche con aparatos eficientes y antenas de unos 60 pies de altura, es de 50 vatios. Como la energía que se necesita a efectos prácticos varía con el cuadrado de la distancia, se requiere 4 veces esta energía o 200 vatios para cubrir 100 millas, y 12,5 vatios para cubrir 25 millas. La distancia de recepción con antenas de diversas alturas, usando un detector electrolítico u otro igual de sensible, puede colocarse aproximadamente entre 150 y 200 millas con una antena de 30 pies; 300 a 400 millas con una antena de 50 pies; 800 a 1.000 millas con una antena de 100 pies, todo ello sobre agua.

Muchas de estas notas son simplemente sugerencias. Uno de los placeres de la experimentación en la telegrafía inalámbrica es diseñar nuevos medios y modos de obtener los mismos resultados o mejores.

## APÉNDICE.

### TEORÍAS DE LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELÉCTRICAS.

AL aplicar la teoría electrónica a la propagación de las ondas eléctricas, se supone que bajo la fuerza eléctrica que establece una fuente de fuerza electromotriz, las placas opuestas del condensador o hilo vertical se cargan con electrones positivos y negativos, respectivamente, hasta que la presión rompe el aislamiento del chispero, tras lo cual se tiene una oscilación de los electrones análoga a la que se supone en el caso de las cargas eléctricas en un condensador. Los electrones son, como se asume, el centro de fuerza en el éter, y cuando oscilan producen tensiones y contracciones en el éter, que se supone que se radian de la manera que se describe como líneas de fuerza desconectadas. Estas fuerzas al llegar al hilo o hilos receptores producen una fuerza eléctrica bajo la cual los electrones establecen oscilaciones en esos hilos.

Una teoría de la propagación de las ondas eléctricas, debida a A. E. Kennelly, y descrita en el "Electrical World & Engineer", dice lo siguiente:

"Según las mediciones del profesor J. J. Thomson, el aire a una presión de 1-100 milímetros de mercurio tiene una conductividad para corrientes alternas aproximadamente igual al 25 por ciento de una solución acuosa de ácido sulfúrico. Se sabe que este último tiene aproximadamente 1 mho por centímetro, de esta forma un cubo de un centímetro tendrá una resistencia de un ohmio. Por tanto, el aire a temperatura ordinaria, y rarificado 76.000 veces sobre el nivel del mar, tiene una conductividad unas 20 veces mayor que la del agua de mar, aunque unas 600.000 veces inferior a la del cobre. Si aplicamos la fórmula ordinaria para averiguar la elevación que corresponde a una presión dada del aire, encontramos que si el aire tiene una temperatura uniforme de 0°, la altura de este estrato de aire, con una rarefacción de 76.000, será de 55,77 millas. Si el aire tiene una temperatura uniforme de -50° se reduce esta elevación en un 18,3 por ciento, o a 45,5 millas. La temperatura de la atmósfera de la Tierra se ha medido sólo en un rango de muy pocas millas sobre la superficie del mar, y por tanto no se tienen a mano los materiales suficientes para un cálculo preciso de la altura de los estratos conductores. Sin embargo, se puede inferir que a una elevación de 50 millas existe un vacío que, a temperaturas ordinarias, hay una conductividad para corrientes alternas de baja frecuencia unas treinta veces mayor que la del agua marina.

"Es muy conocido que las ondas de telegrafía inalámbrica, al propagarse a través del éter y la atmósfera sobre la superficie del océano, se reflejan en la superficie eléctricamente conductora. En las ondas que se transmiten a unas pocas millas el estrato superior conductor de la atmósfera puede tener poca influencia. Sin embargo, las ondas que se transmiten a distancias que son grandes comparadas con 50 millas, es posible que puedan encontrar una superficie conductora superior en el estrato rarificado conductor del aire. Parece razonable inferir que las perturbaciones electromagnéticas emitidas por una antena emisora se dispersan horizontalmente hacia fuera, o también hacia arriba, hasta que encuentran el estrato conductor de la atmósfera, tras lo cual las ondas se mueven horizontalmente hacia fuera en una capa de 50 millas entre la superficie eléctricamente reflectante del océano inferior y una superficie eléctricamente reflectante, o una serie sucesiva de superficies, en el aire rarificado de encima.

"Si este razonamiento es correcto, la curvatura de la Tierra no tiene significado en el fenómeno, y a partir de un radio de, por ejemplo, 100 millas del transmisor, las ondas se propagan con una atenuación uniforme cilíndrica, como en un espacio de dos dimensiones. El problema de la telegrafía inalámbrica a larga distancia se reduce por tanto a la condición de propagación relativamente simple en un plano, más allá de un cierto radio de la estación transmisora. Fuera de este radio la energía por volumen de las ondas disminuirá en proporción simple a la distancia, despreciando las pérdidas por absorción en las superficies reflectantes superior e inferior, de esta forma a una distancia doble la energía por metro cuadrado de frente de onda será la mitad. En ausencia de una superficie reflectante superior la atenuación será considerablemente mayor. Tan pronto las ondas de radio de larga distancia disfruten de

mediciones precisas, podemos esperar encontrar, de las atenuaciones observadas, suficientes datos para calcular las condiciones eléctricas de la atmósfera superior. Si se encontrara que la atenuación está prácticamente en proporción simple a la distancia, se podría considerar como demostrada la existencia de la capa superior reflectante.

El profesor J. A. Fleming, en una conferencia ante la Royal Institution de Londres, expresó los siguientes puntos de vista relacionados con el efecto de la curvatura de la Tierra en la propagación de las ondas eléctricas. Las ondas eléctricas que empleó Marconi en las pruebas trasatlánticas tenían una longitud de unos 1.000 pies, que no es muy pequeña comparada con los obstáculos que tenían que encontrar, es decir, la colina de agua formada por la curvatura de la Tierra, que calculó que es de 110 millas en la línea recta que une Lizard y Terranova. Por tanto, la curvatura requerida, no es grande comparada con la distancia, es comparable a una onda de una centésima de pulgada de longitud rodeando un obstáculo de un quinto de pulgada de altura. Pensó en una pregunta interesante, si es concebible enviar una onda eléctrica alrededor del mundo, y sugirió que es una posibilidad interesante. El agua es opaca a las ondas hertzianas, y cree que es posible que el estrato superior de aire, muy rarificado, fuera también opaco a estas ondas. Imaginó que por reflexión interna entre estas dos opacidades un haz de rayos siempre se podría confinar entre ellas, y así, siempre que el impulso tuviera la suficiente fuerza, podría ir a cualquier distancia emparedado entre ellas con independencia de la curvatura de la Tierra.

Se incluye otra teoría, avanzada por Rankin Kennedy, en el "London Electrical Review," vol. L.:

"El hecho que el Sr. Marconi haya detectado oscilaciones electromagnéticas a una distancia de 1500 millas de su fuente en el globo lo pone ante un aspecto diferente en la teoría de propagación de ondas al aplicar los resultados de Marconi. El resultado de los experimentos actuales no está en acuerdo con la propagación rectilínea de las ondas; sorprendentemente la curvatura de la Tierra no afecta, termina con la propagación en línea recta. Sin embargo, una lámpara potente, situada en Land's End no podría enviar un rayo de luz a un barco a 1500 millas de ella; nadie podría hacer que un oscilador enviara ondas alrededor de la Tierra si estas ondas viajaran en línea recta, como hace la luz. Me parece que los efectos no se deben a que las ondas etéreas viajen como hace la luz, sino a que las oscilaciones eléctricas se establecen en la Tierra en toda la esfera, aislada en el espacio, y se pueden reproducir los mismos efectos a pequeña escala sobre una bola grande, o tierra artificial, como se le podría llamar.

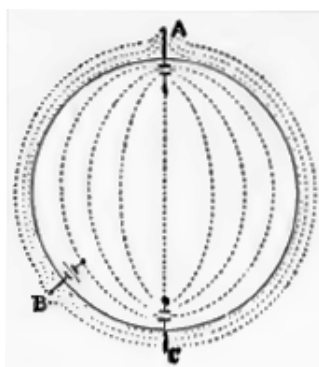


FIG. 1a.

"Imaginen un gran globo suspendido en el espacio, prácticamente un buen conductor. Eléctricamente el globo es neutral, no existe ninguna diferencia de potencial entre cualquier parte; pero se puede perturbar la condición eléctrica en cualquier punto –por ejemplo se hace una separación súbita de electricidad en el punto A en la Fig. 1a; sabemos por el conocimiento común que la perturbación en A se propagará en toda la esfera, de un modo prácticamente igual a cuando una bola de marfil es golpeada en A por otra bola, todas las partículas de la bola se verán perturbadas por el golpe en A. O si consideramos la bola toda cubierta por agua de mar, y explota en A una mina submarina, arrojando el agua. Se creará una ola, o mejor una serie de olas, que viajarán por toda la bola.

“Desde este punto de vista de la transmisión electromagnética de las onda, podemos imaginar la rápida descarga de gran potencial en A que agita todo el sistema eléctrico de la Tierra, y que la Tierra está rodeada por una atmósfera que normalmente está eléctricamente en reposo y neutral, así cuando se perturba en un punto, esta atmósfera vibrará u oscilará en toda su masa. Y por tanto no hay razón para que no se pueda comunicar entre las antípodas, A y C. Se podría utilizar como modelo un gran globo sobre el que se pueda tender una bobina de chispa y un cable en A, como en una instalación de Marconi. No hay duda que una serie rápida de cargas y descargas de potencial en A se podría detectar en B o en C con un tubo de Branly u otro medio.

“En este punto no tienen mucho valor las consideraciones de los experimentos en laboratorios o incluso en un área de unas pocas millas. Marconi ha aplicado la prueba a toda la Tierra, con el resultado que, hasta donde se pudo ver, todo telegrama inalámbrico es en realidad un efecto de la carga superficial de la Tierra en su totalidad, y no en absoluto a la energía radiante que viaja por el espacio como un rayo de luz. Sin embargo podría ser así, el tema exige un tratamiento muy diferente al que ha recibido hasta ahora, quizás no tanto en interés de la telegrafía inalámbrica sino en interés del conocimiento fundamental. Si la Tierra se electrifica por completo como una bola con una carga en ella tiene poca importancia; si está electrificada, el oscilador agita simplemente esta carga. Hace cuarenta años Lord Kelvin demostró claramente que la superficie de la Tierra está cargada, y sugirió que podía existir una carga opuesta en la capa rarificada superior de la atmósfera; si es así, el dieléctrico gaseoso está polarizado verticalmente. También apuntó que se podía electrificar considerablemente toda la superficie de la Tierra con una pequeña carga de electricidad. Por tanto es muy posible, que se pueda perturbar lo suficiente el equilibrio eléctrico de la Tierra con aparatos muy débiles, comparados con las dimensiones del globo, para accionar un detector muy delicado en cualquier parte de su superficie.

“Esta teoría se apoya sobre la transmisión de la onda, no sobre la acción en línea recta, las vibraciones se propagan a través de la masa, no es la materia la que vibra, sino la carga eléctrica sobre ella...”

El Dr. Lee De Forest, escribe en el “Electrical World & Engineer” del 17 de Mayo de 1907:

“... La onda radiante en tierra tenderá a seguir y concentrarse en el camino que ofrece mayor conductividad,... la tierra tenderá a absorber la energía de las ondas cuyas líneas eléctricas de desplazamiento son paralelas a ella, y de esto surge la necesidad de antenas verticales en vez de horizontales...”

“Como apuntó primero Hertz, la energía de esta onda decrece con el seno del ángulo entre el vector, que va a un punto en su superficie hasta el chispero, y el eje del oscilador. Por tanto, la principal energía electrostática reside cerca del plano ecuatorial, al menos sobre agua donde los obstáculos no consumen demasiado la misma. En esta dirección están los interesantes experimentos que se han hecho con instrumentos receptores conectados a los extremos superiores de hilos suspendidos de globos a diversas distancias de la antena emisora y a diferentes altitudes. Le Carme en sus observaciones en los Alpes obtuvo señales con un hilo de 54 yardas suspendido directamente sobre una elevación similar en la superficie de la Tierra, demostrando que lo mismo no daba una onda transversal pura. Con la teoría de Hertz esta línea axial era la de menos radiación de energía. Pero a 3,7 millas del hilo emisor, Le Carme informó que se obtenían señales a mayor altitud, 872 yardas, ilustrando esto la expansión hacia arriba que acompaña a la radiación hacia arriba...”

“Relacionado con esto es interesante observar que se obtendrán los mejores efectos cuando la longitud de los hilos de recepción sea el doble que la longitud del emisor. Esto se esperaba, puesto que cuando no está conectado a tierra oscila a su propia frecuencia; el otro está conectado a tierra y equivale sólo a un cuarto de longitud de onda. Con estas observaciones queda claro el papel que juega la tierra en la transmisión al impedir la dispersión del campo en el espacio —otro ejemplo de la bondad de la Naturaleza hacia el hombre...”

“Consideremos ahora al aparato emisor, usando simplemente una capacidad en vez de una conexión a tierra. Es evidente la razón por qué no se consigue una transmisión a larga distancia con este montaje; pero todavía existe la influencia de la Tierra como medio conductor, aunque reducida. Si hay dos cuerpos cargados en oposición, como en la Fig. 2a, y cerca hay un plano



conductor M M, una porción de las líneas de desplazamiento estático correrán hacia el conductor como se muestra. Cuando salta una descarga entre los dos cuerpos ninguna de las líneas de fuerza se emitirá como cerrada, pero una parte viajará sobre o hacia la hoja M M. Por tanto si la capacidad en la base del chispero está cerca de tierra, y el sistema entra en oscilación lo suficiente rápida respecto a sus dimensiones, todavía tendremos una cierta cantidad de transmisión sobre la superficie conductora. Sin embargo, una gran parte de las líneas, al estar cerradas, radiarán rectilíneamente al espacio, o se reflejarán en la superficie de la tierra. Cuando los trenes de onda en su avance encuentran cualquier obstáculo conductor, las secciones de las líneas de desplazamiento que componen a esta onda serán suprimidas. El obstáculo, si es grande en relación con la longitud de onda, creará una sombra electromagnética, pero cuando la longitud de onda es de varios cientos de pies en un conductor vertical ordinario, debido al fenómeno de la difracción, no apantallará mucho a otro situado un poco por detrás de él. Como ha ilustrado perfectamente Heaviside, las líneas de la onda al desplazarse en una dirección normal a su longitud al cortar un cuerpo metálico en su camino, entrarán en él en una dirección prácticamente perpendicular a la superficie del conductor, y por tanto, viajarán arriba o abajo del mismo a medida que avanza la onda. Esta acción significa simplemente la excitación en la piel del conductor de unas corrientes de conducción, de la misma frecuencia que la oscilación excitadora; o si está muy amortiguada, o aperiódica, el único impulso de la carga hará que el conductor se descargue u oscile a su propio periodo de vibración natural. De esta forma la acción sobre el hilo recto vertical es inductiva, aunque no según la interpretación ordinaria que dan todos. Esto, al ser un efecto en volumen, variará respecto a la inversa del cubo, pero, cuando la acción se debe simplemente a la carga estática sobre el extremo superior de la antena emisora, la ley sería según el inverso del cuadrado; si desde el hilo, según la primera potencia de la distancia, como se comprueba realmente en el laboratorio. Lietz, usando como receptores un termo-elemento de Klemencis y un bolómetro de Ruben, ha observado que esta ley es un intermedio entre las dos. Por otra parte, los efectos inductivos de las dos fuerzas aumentan respecto al cuadrado y la primera potencia respecto a la intensidad de la fuente. Ascoli, razonando con la fórmula de Newman, ha demostrado que la acción mutua entre dos antenas solas varía directamente según el producto de sus alturas, o, si son iguales, el cuadrado de una, e inversamente a la distancia. Muchos datos de campo corroboran la exactitud de esta ley, haciendo las debidas concesiones al aumento extra del alcance que surge de la mejor transmisión sobre obstáculos de las ondas de longitud larga. Con un montaje de antena como el mostrado en la Fig. 3a, se puede aumentar muchísimo el cuarto de longitud de onda, pero también está la carga de los armónicos, o vibraciones múltiples, de la antena como un todo y sus componentes. Si las pulsaciones electromagnéticas son demasiado lentas, no están acompañadas por ningún campo estático alterno, y no emiten energía radiante; las ondas no se separan del conductor, no hay decremento hertziano o amortiguación, y toda acción a distancia es simple inducción”.

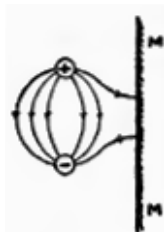


FIG. 2a.

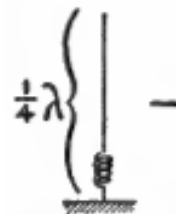


FIG. 3a..

En una discusión posterior de este tema general en el mismo periódico el 5 de Julio de 1902, el Dr. De Forest escribe:

“... aunque es cierto que la demostración más sorprendente de Hertz, la existencia de las ondas electromagnéticas libres en el éter, como predecía la teoría de Maxwell, idénticas, excepto en frecuencia con las ondas de la luz polarizada, sólo se generaban estas ondas Hertzianas por medio de ‘oscilaciones eléctricas’ en conductores, y sólo se demostró la existencia de las mismas con las oscilaciones eléctricas inducidas en sus resonadores. Hertz fue el

primero en demostrar que estas oscilaciones de muy alta frecuencia viajaban a lo largo de los conductores, que existían sólo en la superficie de los metales, que se reflejaban, formaban ondas estacionarias con nodos y vientres, y su energía era electromagnética y electrostática por turnos, que en el caso de un hilo infinitamente delgado de una conductividad perfecta se obtiene una onda etérica pura de desplazamiento eléctrico transversal, con un velocidad de propagación igual a la luz. Por consenso general, estas vibraciones sueltas o viajando sobre una superficie conductora se han llamado más apropiadamente ondas hertzianas. También son ‘corrientes oscilantes’ cuando atraviesan conductores. Esta fue la demostración de Hertz. Las oscilaciones de la descarga de una botella de Leiden, de una frecuencia muy inferior a la del radiador de Hertz, se llaman en ocasiones oscilaciones de Federsen. Es obvio que no se puede definir la frontera. Pero cuando se descarga un sistema eléctrico, que tenga una constante de tiempo tan pequeña que las pulsaciones se sucedan a una velocidad de millones por segundo, tenemos condiciones muy diferentes a las que se clasifican ordinariamente como corrientes alternas u oscilantes. Una gran parte de la energía es electrostática, y la fuerza implicada se puede concebir como líneas de desplazamiento eléctrico perpendicular a la superficie conductora, que viajan a lo largo de ella desde la fuente de energía, siguiendo un camino en zig-zag, rodeando esquinas, reflejándose toda o en parte en todos los cambios bruscos en forma o naturaleza del conductor. Si se coloca un segundo hilo paralelo cerca del extremo de un hilo que conduce estas ondas eléctricas, el tren de ondas se transferirá total o parcialmente al segundo hilo, y correrá a lo largo de él sin cambiar la fase. Si el segundo hilo u hoja metálica que esté cerca del primero es *perpendicular* a él, las líneas de fuerza electrostática de la onda al cortar esta obstrucción excitarán en él corrientes oscilantes u ondas de la misma frecuencia, que a su vez atravesarán la longitud y anchura de este segundo conductor.

“Aparte del simple razonamiento teórico, se ha medido el periodo de descarga de un conductor vertical a tierra y se ha encontrado que es respecto a la medida de su altura, aproximadamente, un cuarto de la longitud de onda de la oscilación. Para un hilo vertical de 54,5 yardas, esto significa una frecuencia de 1.500.000 por segundo, suponiendo una velocidad de propagación cercana a la luz. En el laboratorio con estas frecuencias observamos todos los fenómenos y efectos peliculares antes descritos. ¿Por qué no en telegrafía inalámbrica? Tenemos una superficie plana conductora, el mar, perpendicular al oscilador en su base. Nuestras líneas de desplazamiento electrostático no pueden penetrar en este conductor, deben viajar sobre él, es decir rodearlo. En virtud de la altura del oscilador, las crestas o vientres de estas líneas de desplazamiento al principio estarán muy elevadas (si se puede permitir la expresión). A cien o mil millas de distancia hay un segundo conductor elevado, por ejemplo en un ángulo de 90° al primero, y tal vez en un ángulo de 45° con la superficie del mar. No obstante, tiene una componente vertical, de tal forma que el mástil crea una sombra en las líneas de fuerza verticales en avance. En este conductor excitan corrientes oscilantes u ondas hertzianas al cortar estas líneas estáticas, positivas y negativas; y un detector sensible insertado en este conductor, esté conectado a tierra, una capacidad o a un sistema oscilante simétrico, se verá afectado por el paso de la onda. Al hablar de corrientes oscilantes transportadas por el agua salada conductora, no estará de más recordar que con estas frecuencias que tenemos aquí, nuestro ‘conductor’ es completamente opaco, y que sólo puede haber una transmisión por el fenómeno antes dicho.”

El profesor S. P. Thompson diseñó un modelo, mostrado en la Fig. 4a (reproducido de “L’Industrie Electrique”, del 10 de Julio de 1898), para ilustrar de una forma tangible el oscilador, la propagación y la detección de ondas eléctricas, tras los experimentos del Dr. Hertz. El oscilador se indica con la letra A soportado por un marco. Una fila de bolitas de plomo que representan el éter están suspendidas, como se indica, de unos cordeles, que se sujetan a unos ganchitos en el soporte. En el extremo inferior los cordeles están atados a unos pequeños ojetes en las bolitas. Los cordeles se conectan entre sí, dos a dos, de tal forma que forman una suspensión en V. Este método de suspensión impide virtualmente la vibración longitudinal, da una cierta uniformidad a los movimientos de las bolitas, y en cierto sentido, crea un medio continuo. El receptor es el anillo B, con mandos y un espacio de aire para parecerse al detector o resonador de Hertz. Este anillo se sostiene en tres cordeles, uno de los cuales se sujeta a una hebra soporte de la bolita más cercana. El oscilador está preparado para que vibre en ángulo recto al soporte. Por tanto, cuando se hace oscilar, comunica vibraciones transversales a la bolita

más cercana. Esta a su vez imparte energía a la siguiente bolita, y así una bolita tras otra se pone en vibración transversal, pero la dirección de propagación de la onda es hacia adelante o longitudinal al soporte. Cuando la bolita más cercana al detector se pone en movimiento imparte una oscilación circular a la última, debido a la suspensión trifilar del anillo, cuyo movimiento está diseñado para asumir oscilaciones eléctricas circulares en el anillo de Hertz como detector.

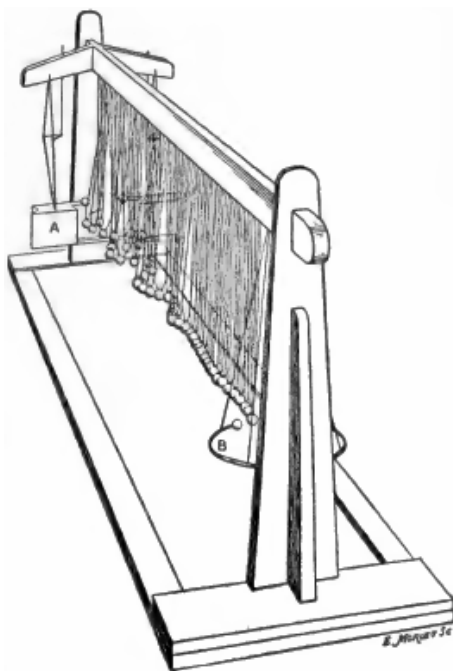


FIG. 4a. MODELO DE THOMPSON.

M. Guillaume ha apuntado que este montaje asegura una oscilación más o menos uniforme de las bolitas, y se supone que el éter toma indiferentemente todas los modos posibles de oscilación; pero, en general, el modelo es bastante real, y una aproximación más o menos exacta al movimiento de las ondas del éter al que se obtiene cuando el periodo de vibración de las bolitas es superior al del excitador u oscilador.

Una teoría de resonancia de la propagación de las ondas eléctricas, avanzada por el Dr. Koepsel, se basa en suponer que se puede calcular la capacidad de la Tierra con la fórmula para el potencial de un globo cargado, que dará a la Tierra una capacidad total de 708 microfaradios. Sin embargo, esta fórmula requiere que la superficie con carga opuesta esté a una distancia que, en relación al radio de la esfera, es grande, una condición que quizás no se cumpla en este ejemplo. Suponiendo que la capacidad de la Tierra es de 708 microfaradios, el Dr. Koepsel calcula que dado un hilo vertical con una capacidad de 0,009 microfaradios, la relación será 0,000013. Los potenciales varían inversamente con la capacidad. Por tanto, suponiendo una F. E. M. de 100.000 voltios en el hilo vertical, la variación de potencial sería de  $100.000 \times 0,000013 = 1,3$  voltios. Al aumentar el número de hilos verticales, por ejemplo a 400, separados por veinte pulgadas, para dar al sistema una capacidad de 0,11 microfaradios, las relaciones respectivas serían 0,00016 y las variaciones del potencial de tierra serían de 16 voltios. Alargando todavía más la longitud de onda transmitida, Koepsel piensa que el sistema de hilos verticales debe actuar sobre la tierra, estableciéndola en resonancia como un diapasón puesto en una caja de resonancia se pone en vibración resonante, amplificando en gran medida el efecto original.

Otra teoría de propagación de las ondas eléctricas, debida a Lecher, es que las ondas eléctricas se transmiten a lo largo de la corteza de la Tierra como ondas a lo largo de los hilos. De este modo se pueden transmitir alrededor de la Tierra si se puede elevar su potencial a unos pocos voltios. Asume que la función del hilo vertical es hacer esto conduciendo lejos la electrificación opuesta hasta una cierta distancia, por ejemplo 150 pies, y después conduciéndola de nuevo hacia él; por tanto su base se carga positiva y negativamente, y estas cargas se transmiten

a una velocidad que depende de la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética de la Tierra.

Lodge apunta que “cuando se separan las placas de una botella de Leiden radia mejor, debido al hecho que en una radiación verdadera las energías electrostática y magnética son iguales, mientras que en un circuito en anillo predomina mucho la energía magnética.” (“La obra de Hertz”, pág. 5)

#### SISTEMA INALÁMBRICO SELECTIVO DE EHRET.

Se han concedido a Mr. C. D. Ehret diversas patentes por dispositivos que pertenecen a la telegrafía inalámbrica, de los que describiremos brevemente uno.

Este sistema comprende un hilo vertical donde se encuentra la bobina primaria de un transformador. En el secundario de este hay una inductancia, una capacidad y el primario de un segundo transformador. En el secundario del segundo transformador hay otra inductancia, capacidad, y el primario de un tercer transformador. En el secundario de este está el detector usual y un relé, y una inductancia y capacidad adicionales.

Estos tres circuitos están, en cierto modo, dispuestos en tandem, y sus ajustes son tales que todos tienen el mismo periodo, el producto de la inductancia y capacidad de cada circuito son iguales. Sin embargo, los circuitos están diseñados para que en el primer circuito (el próximo a la antena) la capacidad es grande y la inductancia es relativamente pequeña; en el segundo circuito la capacidad es relativamente pequeña y la inductancia es relativamente grande; y así en el tercer circuito o circuito cohesor. El objeto de este aumento progresivo de la inductancia y la reducción de la capacidad es para asegurar una selectividad más aguda, y eliminar por tanto cualquier armónico. La principal característica de este dispositivo son los circuitos selectivos progresivamente agudos para que sólo pueda influir en los aparatos receptores la energía radiada deseada.

Mr. Ehret ha diseñado también varios sistemas síncronos. En uno de estos sistemas un transmisor preparado para una cierta frecuencia de oscilaciones se conecta a un segmento de un disco segmentado. Otro transmisor sintonizado a una diferente frecuencia de oscilaciones se conecta a otro segmento del disco, y así sucesivamente. Un brazo giratorio o móvil conectado a la antena pasa sobre los segmentos en rápida sucesión; por tanto se radian desde el hilo vertical consecutivamente ondas de diferentes periodos. Si después, en otra estación receptora hay un disco correspondiente, a cuyos segmentos correspondientes se conectan los hilos que llevan a aparatos receptores sintonizados a los respectivos transmisores, y un brazo gira sincronizadamente con el primer brazo mencionado, cada circuito recibirá el mensaje asignado.

Se puede utilizar el mismo montaje transmisor para enviar diferentes mensajes por un hilo vertical a varias estaciones diferentes, cada una sintonizada al periodo deseado de la onda y equipadas con aparatos síncronos.

#### TELÉGRAFO INALÁMBRICO SELECTIVO DE BULL.

Se esperaba que no tardarían en aparecer las diferentes variantes del camino trillado que han seguido las señales telegráficas inalámbricas transmitidas y recibidas por medio de trenes de ondas cortos y largos que conforman el alfabeto Morse. Se describe a continuación uno de estos sistemas, inventado por Mr. Anders Bull. Se emplean en las estaciones transmisora y receptora discos giratorios síncronos. Un relé, cuya armadura actúa igual que el manipulador en el primario de una bobina de inducción, se conecta de tal forma que cuando ciertos cinco contactos en el marco de un disco transmisor se cierran consecutivamente, el circuito oscilante se cierra cinco veces. Estos cinco contactos están fijos en el disco a intervalos preajustados. En el disco receptor hay contactos similares, pero están preparados en serie de tal forma que cuando están todos cerrados, y no hasta entonces, se acciona un impresor Morse, que marca un punto en una cinta de papel.

Para enviar las señales se acciona un manipulador Morse de la forma usual. Este manipulador controla el relé, la armadura del mismo mantiene sujeta una rueda giratoria por medio de un gancho que engarza en un diente sobre la rueda. Cuando se permite girar la rueda

este diente cierra un circuito donde hay una batería y un electroimán. Este electroimán está montado cerca de cierto muelle que lleva el disco giratorio. Este muelle está vertical y tiene los extremos flexibles. Normalmente se desliza sobre un canal, donde no afecta a los cinco contactos antes mencionados. Sin embargo, cuando se magnetiza el electroimán sobre el disco, atrae a uno de los muelles e interruptores a otro canal, donde roza las puntas de contacto y las cierra. El disco receptor tiene muelles verticales similares, que se apartan del canal normal por medio de un electroimán controlado por el cohesor.

Cuando se pulsa el manipulador Morse, haciendo por ejemplo un punto, se libera la rueda pequeña y da una vuelta, y el gancho en la armadura la vuelve a sujetar. Durante esta vuelta se ha cerrado el electroimán en el disco transmisor, haciendo pasar uno de los muelles giratorios al canal, donde cierra los contactos y transmite por tanto cinco impulsos al hilo vertical. Al mismo tiempo, se acciona cinco veces al cohesor en el extremo transmisor, que cierra los cinco contactos como se ha indicado, y registra un punto en la cinta de papel. Cuando se envía una raya, la rueda en la estación transmisora da dos o tres vueltas, y como resultado se registran tres puntos en el extremo receptor, estos puntos forman una raya.

Como se supone que giran simultáneamente los discos en cada estación, es evidente que a menos que los contactos en los discos respectivos estén a los intervalos que correspondan correctamente con los discos no se registrarán las señales de las ondas captadas. De esta forma se puede predisponer en los discos varias disposiciones preacordadas, y de esta forma se pueden seleccionar diferentes estaciones según se desee.

---

Al formar los puentes en el responder de una manera mecánica, es decir, usando los hilos de platino, de 0,0001 pulgada de diámetro, con sus extremos muy juntos, en agua ligeramente acidulada, De Forest ha encontrado que este anti-cohesor es totalmente fiable y mucho más sensible que los puentes que forma la corriente. Cuando se retiran los extremos se genera en la celda una fuerza contraelectromotriz de polarización, que hace que la conductividad aparente de la celda sea prácticamente nula. Las oscilaciones captadas causan una anulación temporal de la película aislante de gas oxígeno que rodea al fino electrodo positivo, ocasionando un aumento en la conductividad de la celda. Este es un dispositivo controlado por potencial. La variación de la distancia entre los electrodos cambia al responder de ser un dispositivo de tener una reducción de corriente a tener un aumento de corriente. El primero accionará un relé. De cualquier modo se usan dos celdas en paralelo con el detector. Estos detectores se emplearon en los recientes experimentos exitosos hechos con el sistema De Forest entre Holyhead y Howtt, en Gran Bretaña, a una distancia de sesenta y cinco millas.

#### SUGERENCIAS PRÁCTICAS PARA APRENDER LOS CÓDIGOS EN LA TELEGRAFÍA INALÁMBRICA.

El código telegráfico Morse Americano, que se usa exclusivamente en las líneas terrestres de los Estados Unidos y Canadá se compone, como se verá, de elementos, llamados puntos, rayas y espacios. Estos elementos están formados por el tiempo durante el cual el manipulador, u otro instrumento transmisor, se mantiene cerrado o abierto, el tiempo que dura un punto se toma como 1. Las palabras “punto”, “raya” y “espacio” equivalen a periodos de tiempo, en lo que respecta a la transmisión de las señales; sin embargo, las señales recibidas, cuando se registran en una cinta de papel, u hoja, están formadas por puntos y rayas. Algunas letras del alfabeto Americano están compuestas de puntos, otras de rayas, otras de puntos y rayas, y otras además, de puntos con espacios entre ellos. Estas últimas se llaman letras “espaciadas”.

El código telegráfico que se usa en Europa y otros países fuera de los Estados Unidos y Canadá se conoce como Europeo, Continental o Universal. Este alfabeto también lo usan muy ampliamente las compañías telegráficas inalámbricas excepto las americanas. No hay duda que se empleará finalmente como el código telegráfico internacional. En el alfabeto Continental o Universal, como se puede observar, no hay letras “espaciadas”, este alfabeto está hecho únicamente de puntos y rayas.

La longitud o duración de una raya es teóricamente igual a tres puntos. Los puntos y rayas están separados por intervalos de tiempo, llamados espacios. El espacio entre los elementos de una letra es igual a un punto, el espacio entre las letras de una palabra es tres puntos, el espacio entre las palabras es de cinco puntos. El intervalo en las letras “espaciadas” del código Morse Americano es igual a tres puntos.

Antes de comenzar a hacer con el manipulador las letras que forman el alfabeto Morse, lo aconsejable es que el principiante se familiarice con los caracteres del código que pretende aprender. Quizás se hace mejor separando del resto del alfabeto, primero todas las letras de “puntos”: E ·, I ··, S ···, H ····, P ·····; después, las letras y cifras que contienen sólo rayas: T -, M --, O --- (en el código Universal), y así sucesivamente.

Después el alfabeto, cifras y las puntuaciones importantes se aprenderán bastante bien, el estudiante puede comenzar la práctica de hacer las letras con el manipulador. El estudiante debe recordar que está tratando con intervalos de tiempo, y no con puntos y rayas, aunque tal vez le ayude en su práctica imaginar que está formando los caracteres que se reproducen sobre la cinta de papel en el receptor como puntos y rayas. La longitud de estos puntos y rayas, y la longitud de los espacios entre ellos, corresponderán por tanto con el tiempo durante el cual mantiene su manipulador abierto o cerrado.

Por ejemplo, al hacer la letra A, se presiona el manipulador firmemente sobre su contacto durante un tiempo corto, después se levanta durante el mismo intervalo, y después se presiona durante un tiempo tres veces de largo como cuando ha hecho el punto, después se levanta. La letra B se forma presionando el manipulador durante un tiempo igual a una raya, a la que siguen rápidamente a intervalos regulares tres pulsaciones cortas, o puntos, con los espacios entre ellos.

Con los manipuladores relativamente grandes que emplean varias compañías telegráficas inalámbricas, no es importante la manera de sujetar el manipulador. En este sistema lo que suele suceder es que cada individuo adopta un estilo de manipulación que se convierte en igual de característico que la escritura a mano. Un punto importante es asegurar que los puntos tienen la misma duración; al igual que todos los espacios entre elementos de una letra deben tener una longitud uniforme; también todas las rayas y espacios entre letras tendrán la misma longitud, y todos los espacios entre las palabras serán iguales. Por ejemplo, si a una cierta velocidad de señales la duración de un punto es de 0,3 segundos, la duración de un espacio entre puntos y rayas de una letra será de 0,3 segundos; la duración de una raya será de 0,9 segundos, el espacio entre las letras de una palabra será de 0,9 segundos, y el espacio entre palabras será de 1,5 segundos; todo lo más exacto que se pueda hacer. Con una velocidad de señales más rápida la duración de cada elemento será más corta, y con una velocidad más lenta de señales cada elemento la duración será más larga. Al mantener presionado el manipulador, se debe dejar el tiempo suficiente para la correcta operación del transmisor así como de los aparatos receptores; y cuando no se sepa el tipo del receptor, como en el caso de barcos en el mar, se aconseja pecar de baja velocidad. Entre estaciones establecidas se puede encontrar fácilmente la velocidad deseada.

Estos códigos también se pueden usar con señales luminosas con linternas, focos, bocinas y sirenas. Para hacer señales con bocinas y sirenas, un “toque” corto representa un punto, un “toque” largo una raya; la duración del toque y las ráfagas son similares como los puntos y las rayas.

En la operación de la telegrafía Morse lo usual es asignar a cada estación una “llamada” que consiste de una o dos letras del alfabeto. Por ejemplo, “N”, “X”, “NY”, etc. Para llamar a una estación se señalan repetidamente las letras asignadas a esta estación, seguidas por la “llamada” de la estación que llama. Cuando cualquier estación en una línea telegráfica escucha que hacen su llamada (por sonido), o la ve impresa en una cinta de papel de un registrador, abre su manipulador y responde diciendo “I I” (· · · ·), y señala su “llamada”, cualquiera que sea. Con el heliógrafo, banderas o linternas se hace igual. (También es costumbre que los operadores tengan una cierta o ciertas letras que dan cuando envían un mensaje y cuando acusan su recepción. Sin embargo, esto sólo es necesario cuando hay más de un operador en una estación). También se sigue este procedimiento en la telegrafía inalámbrica cuando se conoce la llamada de la estación, excepto que con la telegrafía inalámbrica actual el operador llamado no puede “interrumpir” al operador que llama o emite, sino que debe esperar hasta que la estación que transmite deja de

emitir antes de responder. Probablemente en la mayoría de casos actualmente se emplea un timbre de llamada accionado por un relé. Por tanto, para llamar a una estación cerrando el manipulador de transmisión se crean una serie de oscilaciones que operan el timbre de llamada de cualquier barco o estación que estén en su alcance. Se debe hacer la respuesta de la misma forma, pero para responder a una llamada lo mejor es enviar la señal “I” tres o más veces, seguida por la llamada de la estación reconocida.

Cuando no se sabe la llamada del barco o estación, como suele suceder en las comunicaciones inalámbricas entre barcos en el mar, buques faro, y otros, se envía continuamente la letra A y se espera a intervalos una respuesta. Esta forma de llamada también llama la atención de estaciones que puedan emplear exclusivamente el receptor telefónico. Para interrumpir una estación, o detener las señales, se puede señalar el mismo carácter A.

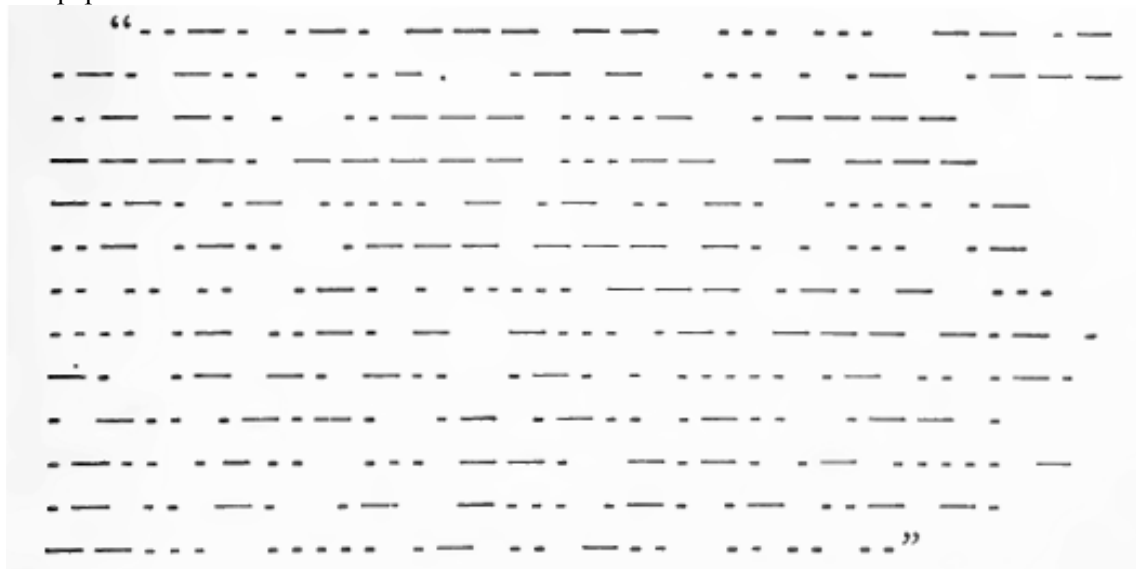
Cuando una estación responde a una llamada, la estación de que llama puede proceder a enviar el mensaje prácticamente como se indica en el siguiente ejemplo:

7 paid Del SS *Mardef* en el mar 24 Junio 1903  
Al capitán PAUL JONES  
A. (*o nombre de la estación receptora, si se conoce*)  
Informa eje roto y reparado; todo en orden  
Sg. Capitán A BRAUN.

(Seguido por la llamada de la estación transmisora o del operador; preferiblemente lo primero)

Las letras “Sg” significan firma. Las palabras “7 paid” se llaman “verificación”, y se pueden enviar al inicio o al final del mensaje. Si el mensaje está “cobrado” se marca también.

Las marcas de puntuación se usan con moderación en telegrafía. Sólo se usan el punto y la coma en este mensaje, que, suponiendo que se usara el alfabeto Continental aparecería así en la cinta de papel:



Si se pierde cualquier parte del mensaje, la estación receptora lo hará saber y solicitará al emisor que repita la parte perdida. La fórmula usual es enviar la señal “G A”, seguida por la última palabra recibida correctamente. Para corregir un error en la emisión, se hacen siete puntos o más consecutivos y se reanuda el mensaje, comenzando desde la última palabra enviada correctamente. Cuando se recibe perfectamente el mensaje, se envía O K, u potra señal similar, con la firma o llamada del operador o estación de recepción. Es aconsejable reducir la velocidad de transmisión cuando se ha de enviar una palabra inusual en un mensaje, para asegurar la exactitud se puede añadir al final del mensaje, “esto es, \_\_\_\_\_,” repitiendo la palabra.

Algunos de los métodos antes citados para la transmisión, recepción y corrección de los mensajes, y para llamar y responder a las estaciones, están adoptados por el Cuerpo de Señales

de los EE.UU. en todas las formas de señales con banderas, focos y heliógrafos. (Para más descripciones de estas formas de señales, ver “American Telegraphy and Encyclopedia of the Telegraph” del autor.)

Las anteriores sugerencias se relacionan más en particular con la recepción con un instrumento registrador. Cuando se emplea un teléfono como receptor el operador de recepción debe ser capaz de recibir a oído. Los sonidos que se reciben en el teléfono consisten de tonos cortos y largos (alguna vez más o menos desgarrados), que se interpretan respectivamente como puntos y rayas. Aprender a recibir con el oído, aunque es un proceso algo lento, no es muy arduo, y cuando uno está familiarizado con el alfabeto en el que se transmiten las señales, se puede recibir un mensaje lento tras un poco de práctica, y esto se aplica también a las señales con bocinas y sirenas.

Para transmitir las señales, primero se cambia el conmutador para conectar el circuito transmisor con el hilo vertical. Cuando se ha transmitido el mensaje se cambia el conmutador a recepción y se espera al acuse de recibo de la estación distante. El novicio encontrará al transmitir que tiene ventajas tener los caracteres del alfabeto escritos sobre una hoja a la vista para una referencia inmediata. Cuando se emplean registradores o impresores, es aconsejable ponerlos antes en funcionamiento, a menos que sean de acción automática. Cuando se usan timbres de llamada, siempre deben estar conectados en circuito mientras se esperan comunicados. Para tener los mejores resultados con el registrador el tirón de la armadura debe ser suave, o se deben usar electroimanes de acción lenta, para que la palanca de la armadura se mantenga abajo durante la recepción de las señales, tiene tendencia a subir o repiquetear cuando el muelle está demasiado fuerte. (Ver “Ajuste de los Aparatos”, en el Índice, bajo el epígrafe “Aparatos”.)

El operador o asistente a cargo de los aparatos debe estar en alerta constantemente por si hay contactos imperfectos o sucios, conexiones flojas en los terminales, baterías agotadas, etc. Las baterías que se usa para las bobinas de inducción que se usan en la mayoría de instalaciones relativamente pequeñas exigen mucha atención. Para una bobina de chispa de diez pulgadas, pueden ser necesarios de 6 a 8 voltios y de 5 a 6 amperios. Antes de que arranque el vibrador la corriente puede subir a 10 amperios; por tanto es esencial evitar que el vibrador permanezca inmóvil cuando se conecta el circuito de la batería y se cierre el manipulador, para evitar el rápido agotamiento de la batería. Las vueltas y resistencia de los hilos primario y secundario se eligen normalmente para un voltaje y corriente dados. Los contactos del interruptor de martillo están sometidos a una rápida desintegración, y requieren frecuente atención y ajuste. Cuando todo está en buenas condiciones el vibrador de la bobina de inducción comienza a vibrar tan pronto se cierran todos los interruptores y se pulsa el manipulador. Algunas veces puede ser necesario un golpe para que arranque. Anticipar los defectos indicados, y otros de naturaleza más o menos similar, puede evitar retrasos en el funcionamiento.

También se consume energía para radiar las ondas eléctricas. Hertz, como resultado de sus experimentos con el oscilador calculó que una energía inicial de 54.000 ergios en el oscilador radiaría unas 11,25 oscilaciones completas, o 2.400 ergios por semi-oscilación, siendo la longitud de onda de 100 centímetros y la longitud del oscilador de 100 centímetros. Proporcionar una energía de 2.400 ergios en 1,53 millonésimas de segundo equivale a un trabajo de 22 caballos de potencia. Ver “Ondas Eléctricas”, Hertz (traducido por Jones), pág. 150.

Para el servicio ordinario se ha encontrado que es satisfactoria la antena conectada a tierra, pero para sistemas sintonizados, se ha encontrado que la conexión directa a tierra tiene algunas desventajas. Las variaciones en la conexión a tierra pueden perturbar la sintonía. Por esta y otras razones técnicas, como la eliminación de interferencias atmosféricas, algunas veces se emplea una antena no conectada a tierra. Lodge-Muirhead han usado una red de hilos o contrapeso con resultados satisfactorios en una instalación en Heysham Harbor, Inglaterra. Wildman en Alaska, por la imposibilidad de tener una buena “tierra” debido a que la estación está construida en un glaciar, también han empleado con éxito una red de hilos no conectada a tierra o contrapeso algunas estaciones del Cuerpo de Señales de los Estados Unidos. Se puede considerar a este contrapeso como una tierra inductiva.



## DETECTORES ELECTROLÍTICOS.

Fessenden también ha diseñado un detector de ondas de un tipo que llama barretter líquido y otros un detector electrolítico, que se emplea extensamente en varias formas.

El barretter líquido de Fessenden consiste de un hilo de platino muy fino  $w$  (Fig. 5a) que toca una solución ácida en una vasija  $V$ . La profundidad de inmersión del hilo fino se regula con el tornillo  $S$ , sujeto al soporte  $R$ .  $A$  es la conexión al hilo vertical;  $w$  es el electrodo inferior, cuyo tamaño no parece ser importante;  $t$  es un receptor telefónico;  $b$  es una pequeña batería de pilas secas;  $r$  es una resistencia o potenciómetro para regular la fuerza de la corriente que se necesita para la polarización. El hilo fino  $w$  es el electrodo positivo;  $w'$  es el electrodo negativo. Se obtienen buenos resultados con una solución de ácido sulfúrico al 25 por ciento, pero varios ácidos y mezclas funcionan bien.

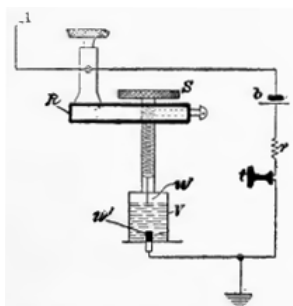


FIG. 5a. DETECTOR DE FESSENDEN.

Según la teoría electrolítica de operación de este detector, la batería  $b$  provoca una pequeña aparición de gas en los electrodos, estableciendo una fuerza contraelectromotriz de polarización, que tiene el efecto de aumentar la resistencia aparente del circuito. Las oscilaciones eléctricas en el circuito ocasionan una reducción temporal de la fuerza contraelectromotriz, y por tanto aumenta la corriente y se producen sonidos en el receptor telefónico. Schloemilch ha encontrado que eligiendo los electrodos en la célula de polarización para que tengan una diferencia de potencial eléctrico lo más alto posible se puede eliminar la batería  $b$ . Se hace una forma de este detector algo tosca pero práctica rompiendo la parte superior de una lámpara incandescente, se retira el filamento y se exponen los terminales de platino. Se vierte en el bulbo una solución de ácido sulfúrico, cubriendo los terminales de platino. Se hace otra forma práctica haciendo un agujero en el extremo de un hilo de platino de un diámetro de un octavo de pulgada. Se depositan una o dos gotas en el hueco así formado. Después se coloca de forma adecuada el hilo fino de platino en la solución.

El diámetro del hilo fino que usa Fessenden es de cuatro cienmilésimas de pulgada. El usado por De Forest y Schloemilch es de treinta y ocho millonésimas de pulgada. No es necesaria en absoluto la extrema finura del hilo, ya que experimentos con electrodos de platino de más de una milésima de pulgada sumergidos en una solución de ácido nítrico han dado resultados satisfactorios a distancias superiores a doscientas millas. Para evitar la tendencia del hilo fino a flotar o doblarse en el líquido, así como para regular la cantidad de hilo expuesto en el líquido, algunas veces se cubre con una capa de vidrio. Este doblado del hilo se puede solucionar sumergiendo a la fuerza el hilo y después se retira hasta la distancia deseada. Las oscilaciones de alta potencia en el circuito debidas a la proximidad de una estación transmisora suelen quemar el hilo fino, exigiendo renovar las puntas. El hilo fino que se emplea para este uso normalmente está cubierto de plata, se puede eliminar la plata hasta el punto deseado sumergiéndolo en ácido nítrico.

## MEDIDORES DE ONDAS ELÉCTRICAS.

Para facilitar la medición de la longitud de las ondas eléctricas para usos telegráficos inalámbricos se pueden encontrar ahora dos ondámetros, el ondámetro Donitz, de Telefunken Wireless Telegraph Co., y el ondámetro Fleming, del grupo Marconi Wireless.

Estos ondámetros, se basan principalmente en que cuando se encuentra un circuito excitador cerca de un circuito secundario se inducirá la máxima corriente en el circuito secundario cuando los dos circuitos están en resonancia, que será cuando posean la inductancia y capacidad correspondientes. Sabiendo la capacidad e inductancia del circuito secundario, se deduce la frecuencia y longitud de onda de la oscilación. El periodo de una oscilación varía con la inductancia y capacidad del circuito, según la fórmula  $T = 2\pi\sqrt{KL}$ . Por tanto es evidente que la frecuencia  $n$  de las oscilaciones (número por segundo) será igual a 1 dividido por  $T$ , es decir  $n = 1/T$ . La velocidad de propagación de las oscilaciones u ondas es de 186.000 millas por segundo, y la longitud de onda por tanto es igual a la velocidad dividida por la frecuencia  $= v/n$ , o la longitud de onda es igual a  $Tv\sqrt{KL} = 2\pi v\sqrt{KL}$ . En la práctica normal la resonancia la indica la fuerza de las señales recibidas en el receptor telefónico.

#### EL ONDÁMETRO DONITZ.

En la Fig. 6a se muestra el ondámetro Donitz. Consiste de una bobina de hilo  $C$ , de ocho pulgadas de diámetro, que se puede colocar o sostener cerca del campo de fuerza del circuito oscilante que se ha de medir. Esta bobina está en serie con un condensador  $K$  y otra bobina de hilo  $c'$ . Esta última bobina está en relación inductiva con una bobina secundaria de hilo más pequeña  $w'$ , en cuyo circuito hay un hilo pequeño  $h$  que se caldea y se encuentra en uno de los extremos de un tubo  $T$  en forma de U, lleno parcialmente de un líquido coloreado como se indica. El condensador  $K$  consiste de dos grupos de placas metálicas semicirculares, un grupo es fijo, el otro se puede mover hacia dentro o fuera de las placas fijas; todo el conjunto se encuentra en una caja de vidrio y sumergido en aceite. Las placas móviles del condensador se manejan por medio de un mando  $N$ , al que se encuentra sujeto un puntero  $P$ , que se mueve sobre una escala graduada  $S$ .

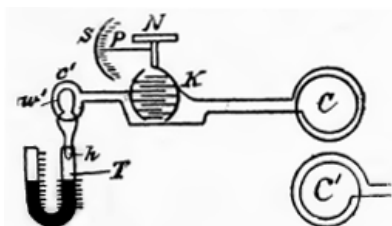


FIG. 6a. ONDÁMETRO DE DONITZ.

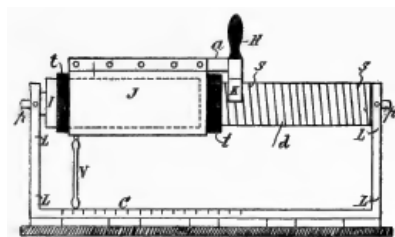


FIG. 7a. ONDÁMETRO DE FLEMING.

La capacidad de este circuito oscilante varía con el ajuste de las placas del condensador. Se ajusta el condensador hasta que esté en resonancia con el circuito oscilante externo, que vendrá indicado cuando el hilo caliente que expande el gas en el tubo fuerza al líquido en el otro brazo hasta su máxima altura. El puntero  $P$  se encuentra en ese momento en un punto dado en la escala, que está dividida de tal forma que indica la longitud de onda que corresponde a la inductancia y capacidad del ondámetro, que también corresponderá con la longitud de onda del circuito oscilante externo. Obviamente se puede preparar la escala para indicar la frecuencia de la onda en vez de su longitud. La cantidad que indica en el tubo se puede ajustar variando la posición de las bobinas  $c'$   $w'$  en relación entre sí. La bobina  $c'$  indica el circuito oscilante que se ha de medir; por ejemplo, un bucle en el circuito de antena. En la práctica se coloca concéntricamente con la bobina  $C$ . Para mediciones más precisas, y evitar los efectos reactivos de la bobina  $C$ , las bobinas deben estar separadas una pulgada. Si se alejan demasiado, aunque el punto de resonancia sigue siendo el mismo, los ajustes para resonancia no son tan exactos. Al medir el circuito oscilante primario, se puede colocar la bobina  $C$  a un pie o más de él.

El aparato está equipado con tres bobinas  $C$  de diferentes valores, que se pueden intercambiar con facilidad en el circuito del ondámetro. Los valores respectivos de las inductancias de estas tres bobinas se han elegido para que, dependiendo de que bobina se emplee, se pueda alterar la inductancia del circuito oscilante en la proporción  $\frac{1}{4} : 1 : 4$ , esto da al ondámetro una capacidad de medición de  $L$  que es igual a 140 respecto a  $L$  y respecto a 120. Este ondámetro es

bastante compacto y se puede colocar fácilmente en una mesa de un pie cuadrado, la caja contenedora tiene una altura de 10 pulgadas. (Ver patente US. No. 763.164).

#### EL ONDÁMETRO FLEMING.

Este medidor es un montaje por el cual se aumenta o reduce simultáneamente la inductancia y la capacidad y en la misma proporción moviendo un mando; se indica la condición de máxima fuerza de corriente en el circuito oscilante medidor, y por tanto la resonancia con el circuito oscilante externo, por el máximo brillo de un tubo de neón sensible.

El dispositivo se muestra en la Fig. 7a, donde S S es una inductancia que consiste de una espiral de hilo de cobre del No. 14, bobinada sobre un tubo de ebonita *d*. Las vueltas de la espiral están separadas un octavo de pulgada y cubre unos tres pies del tubo *d*. Al extremo izquierda del tubo de ebonita *d* se coloca un tubo de latón I que es una placa de un condensador. J es otro tubo de latón que es la otra placa del condensador, estos tubos concéntricos están aislados entre sí por medio de un tubo fino de ebonita *t*. Los tubos J e I tienen una longitud *d* unas 30 pulgadas. Una varilla metálica *a* y un contacto deslizante K están sujetos al tubo metálico externo J. El contacto deslizante K establece contacto eléctrico con el hilo en espiral o inductancia S, moviéndose a lo largo de él por medio del mango aislante H. El mismo movimiento del mango también mueve el tubo J más o menos sobre el tubo I. De esta forma, cuando se mueve el mango hacia la derecha hay menos espiras del hilo en circuito, y menos cantidad del tubo J cubre al tubo I, y por tanto, se reducen respectivamente la inductancia y la capacidad, y viceversa.

El extremo abierto del hilo en espiral S está abierto; su extremo derecho está conectado al terminal *p'* sobre una varilla metálica curvada L L. El extremo izquierdo del tubo I está conectado con el terminal *p* a la varilla L L, que tiene una pulgada de ancho y un grosor de un octavo de pulgada. De esta forma están conectadas en serie la inductancia y la capacidad. El tubo de neón V está conectado entre los terminales de la capacidad, o condensador, J, I. En la práctica el tubo de neón consiste de dos bulbos conectados por un tubo delgado de vidrio, normalmente de vidrio al uranio, y lleno con ácido carbónico a baja presión o preferiblemente con gas raro neón. Este tubo está sujeto y se mueve con el tubo J. El extremo inferior del tubo está cerca de la escala graduada C en la parte recta de la varilla L L como se indica, que tiene seis pies de longitud. El tubo sirve como puntero o índice.

El instrumento se usa como parte del hilo de antena y en operación se deja paralelo a la varilla de cobre L L, y se mueve el mango H adelante o atrás hasta encontrar el punto donde el tubo de neón tiene el máximo brillo, en ese momento el circuito oscilante está en resonancia. La capacidad y la inductancia del instrumento se han determinado en cada posición por medio de pruebas de laboratorio, y se han calculado previamente la frecuencia y longitud de onda que corresponden a estos factores y se han marcado en la escala, se puede averiguar la frecuencia y longitud de onda de la antena en la escala sin ningún problema por parte del observador. (Ver patente US. No. 804.190).

## PARTE 2

### CONTENIDOS

CAPÍTULO I.		Página
INTRODUCCIÓN		
Sistemas de inducción electromagnética; Generadores de alta frecuencia de Duddell, Poulsen, Marconi, Fessenden, Marjorana, Von Lepel, etc.		196
CAPÍTULO II.		
SISTEMAS RADIOTELEFÓNICOS DE RUHMER, POULSEN, DE FOREST		204
CAPÍTULO III.		
SISTEMAS RADIOTELEFÓNICOS TELEFUNKEN, FESSENDEN, COLLINS, MARJORANA		210

# TELEFONÍA INALÁMBRICA

## CAPÍTULO I.

### INTRODUCCIÓN

#### SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA, TELEFONÍA POR RAYOS DE LUZ, GENERADORES DE ALTA FRECUENCIA SOSTENIDA, ETC.

EL arte de la telefonía inalámbrica no tiene un origen inmediato, y ya se han mencionado y descrito en la Parte I varios ejemplos y métodos de transmisión de voz sin hilos. Sir Wm. H. Preece en Inglaterra transmitió la voz por inducción magnética y conducción eléctrica entre el buque faro Skerries y tierra firme en Anglesey, a una distancia de tres millas a través del agua, ya en 1892-1898. Otro tipo de telefonía inalámbrica también descrita en la Parte I es el que emplea las variaciones de luminosidad causadas en un rayo de luz para reproducir la voz a distancia. Este dispositivo, que en cierto modo es análogo a los últimos avances en radio telefonía, se debe a Bell, el inventor de la telefonía eléctrica por hilos. La distancia a la que se ha transmitido la voz por medio de este dispositivo es muy limitada –unos trescientos o cuatrocientos pies.

Avanzando por esta línea Simon descubrió que si se perturbaba la resistencia del circuito de un arco luminoso al introducir en él un transmisor telefónico, el propio arco reproducía la voz que se hablaba ante el transmisor. Siguiendo el descubrimiento de Simon, Bell y Hayes encontraron que se podía usar el arco eléctrico para transmitir la voz. Esto se hacía colocando el arco luminoso en el centro de un reflector parabólico. Un transmisor telefónico en paralelo con los terminales del arco luminoso causaba variaciones en la luminosidad del arco cuando se hablaba, que, aunque no eran visibles al ojo, se podían detectar con un aparato receptor adecuado en el foco de un espejo parabólico distante. Como se ha indicado anteriormente, se usó como receptor un pequeño trozo de material carbonizado; pero se habían sugerido otros materiales sensibles al calor. Este método general de enviar señales sin hilos fue muy perfeccionado por Mr. Ernest Ruhmer, que, usando un rayo de un potente foco, y empleando como detector una célula sensible de selenio en el centro de un reflector parabólico, pudo transmitir la voz, con variaciones en el rayo de luz causadas por un transmisor telefónico en paralelo con el arco, hasta una distancia de 12 millas.

En los sistemas precedentes de telefonía inalámbrica se observó que se transmitía la voz modificando las ondas de éter que constituyen la luz. Sin embargo, los sistemas de este tipo se deben ver mientras están funcionando, lo que limita obviamente la distancia a la que se envían las señales a la distancia a la que es visible la luz artificial de una fuente dada bajo condiciones atmosféricas favorables (unas 30 millas). En momentos de niebla o mal tiempo esta distancia se reduce mucho. Los trabajadores en este campo reconocieron rápidamente que si era factible modificar las ondas electromagnéticas que se emplean en la telegrafía inalámbrica por medio, por ejemplo de un transmisor telefónico, se podría desarrollar un sistema de radio telefonía que sería operativo a distancias aproximadamente iguales a la telegrafía inalámbrica, y no estaría limitado por el humo, niebla u otras condiciones atmosféricas más o menos similares.

Pero una dificultad para utilizar las ondas electromagnéticas de alta frecuencia es que estas ondas que normalmente se obtienen con la descarga de un condensador en el chispero de un circuito oscilante son muy intermitentes, están muy amortiguadas debido a las pérdidas de calor en el circuito y al gasto de la energía en la radiación de las ondas. Es decir, las ondas radiadas no son persistentes y su amplitud no es uniforme. (Ver Parte I). Supongamos, por ejemplo que la fuente de potencia es un generador de corriente alterna desarrolle una corriente de 60 ciclos, o 120 alternancias por segundo. En este caso hará 120 chispas por segundo si cada alternancia

carga al circuito oscilante hasta el potencial de ruptura (que no siempre es el caso. Ver Transformadores, Capítulo XIV). Estas descargas se pueden considerar que inician oscilaciones en este circuito y en la antena, a una frecuencia, por ejemplo, de un millón por segundo (una longitud de onda de 300 metros), el número exacto depende por supuesto de la inductancia y capacidad de los circuitos oscilante y de antena. En el caso apuntado y las oscilaciones son sostenidas entre las descargas debería haber  $1.000.000 / 120 = 8.338$  oscilaciones por chispa. Sin embargo, debido a los efectos de amortiguación mencionados estas oscilaciones decaen rápidamente, dando sólo 2 o 3 oscilaciones fuertes en los circuitos muy amortiguados o 10, 20 o 30 oscilaciones en los circuitos menos amortiguados. Por tanto, sólo se desarrollan oscilaciones durante una fracción muy pequeña del tiempo entre las descargas, dejando así un intervalo largo, aproximadamente entre una centésima o dos centésimas de segundo entre dichas descargas, y durante este tiempo no hay oscilaciones y no se radian ondas. Sin embargo, en los sistemas de telegrafía inalámbrica, en los que el método de la chispa produce las oscilaciones (llamados con frecuencia telegrafía de “chispas”), el intervalo es más bien beneficioso, ya que asegura tener una alta resistencia en el circuito del chispero para asegurar las alternancias. Se puede observar que el término “jig” (plural “jigs”) ha sido sugerido por Erskine Murray, y algunas veces se utiliza en literatura para significar la brevedad de un tren de ondas eléctricas de alta frecuencia u oscilaciones del orden empleado en la telegrafía y telefonía inalámbricas. El término “freque”, o “freques”, seguiría quizás más sugerente y posiblemente igual de eufónico.

En la telegrafía de chispas estas oscilaciones intermitentes se observan en el receptor telefónico como un tono musical, o zumbido, que está interrumpido en los puntos y rayas del alfabeto Morse hecho por un manipulador telegráfico. Si se intentara superponer las vibraciones que correspondan a la voz el tono o zumbido mencionado dificultaría la recepción o la haría imposible. Además, como muchos de los tonos o armónicos superiores que dan la cualidad de la voz articulada consisten de vibraciones de 5.000 a 8.000 por segundo, es evidente que se perderían estos tonos durante la pausa entre los trenes de oscilaciones, lo que harían una articulación mucho más imperfecta. Kennelly ha demostrado teóricamente que se podría transmitir la voz telefónicamente con armónicos no superiores a 2.000 por segundo. Sin embargo, Fessenden ha demostrado experimentalmente que aunque se puede obtener una transmisión bastante buena con 5.000 interrupciones por segundo, para la transmisión inalámbrica satisfactoria de la voz se deben emplear al menos 20.000 por segundo, o por el contrario se escucharían sonidos desagradables en el receptor telefónico.

**Máquinas generadoras de oscilaciones.** – De lo precedente se puede ver que para el éxito de la telefonía inalámbrica, es esencial tener oscilaciones sostenidas de una frecuencia relativamente alta y de amplitud uniforme. Debido a ello varios inventores se han esforzado en la producción de una máquina generadora que entregue una corriente alterna sostenida de muy alta frecuencia, pero hasta ahora sin mucho éxito práctico, las irregularidades de la máquina producen ruidos en el receptor telefónico que dificulta la recepción de la voz. El profesor Fessenden ha diseñado recientemente un generador que tiene una salida de 2 kilovatios a una frecuencia de 80.000 ciclos por segundo, a 8.340 revoluciones por minuto. El mismo inventor ha diseñado también una máquina que tiene una salida de 10 kilovatios a 200.000 ciclos por segundo. Estas máquinas consisten en general de una armadura estacionaria en disco del tipo Mordey con un imán de campo giratorio que tiene numerosas proyecciones polares. (Ver el papel de Fessenden sobre Telefonía inalámbrica. Actas del Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, Junio de 1908). Otros trabajadores han diseñado máquinas generadoras de alta frecuencia, pero por ahora estas máquinas desarrollan muy poca potencia, aparentemente la potencia se reduce con la frecuencia. Así la máquina de Ruhmer del tipo inductor con una frecuencia de 300.000 entrega sólo 0,001 vatios. La máquina de tipo inductor de Duddell con una frecuencia de 120.000 tiene una salida de 0,2 vatios. En la máquina de tipo inductor de alta frecuencia la armadura y el campo normalmente son estacionarios, y enfrente tienen una masa de hierro de la que sobresalen dientes y que gira a alta velocidad, causando rápidas alteraciones en la relación magnética entre el campo y la armadura. En otras máquinas de alta frecuencia se hacen girar la armadura y el campo en direcciones opuestas, en este aspecto se parecen algo a los discos de vidrio

giratorios de algunas máquinas estáticas. Este montaje da una alta frecuencia a velocidades de giro de las partes móviles relativamente bajas.

Con la máquina generadora de oscilaciones diseñada por Fessenden se informa que se ha transmitido la voz entre Brant Rock, Mass., cerca de Boston, y una estación en Long Island, en las afueras de Nueva York, a una distancia de 200 millas. Más tarde se darán algunos detalles de ello.

**Arco cantante de Duddell.** – Otro método completamente diferente para obtener oscilaciones sostenidas es el que se debe a Mr. W. Duddell, de Londres, Inglaterra, que descubrió que cuando una lámpara de arco A, Fig. 1, que son dos varillas de carbón sólido alimentado con corriente continua de 3,5 amperios y 42 voltios (diferencia de potencial) alimentado por una dinamo D está en paralelo con una capacidad C de 1 microfaradio y una inductancia L de 5 milihenrios, se tiene en el arco un tono musical y se generan oscilaciones de una frecuencia de 10.000 por segundo en el circuito en paralelo. Finalmente, Mr. Duddell obtuvo frecuencias de 30.000 a 40.000 por segundo. Se inserta una bobina de choque, no mostrada en la Fig. 1, en los hilos que van a la dinamo D para que no le lleguen las oscilaciones de alta frecuencia.

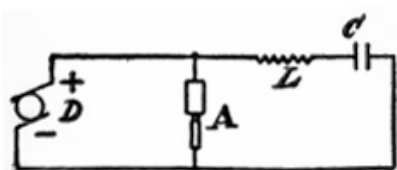


FIG. 1. ARCO CANTANTE DE DUDELL.

La explicación de Mr. Duddell del fenómeno del arco cantante es que en el momento que se cierra el circuito en paralelo fluye una corriente del arco hacia el circuito condensador que reduce la corriente que pasa por el arco. Esto aumenta la diferencia de potencial entre los terminales del arco, haciendo que fluya todavía mas corriente por el circuito condensador y aumente su potencial por encima del voltaje normal del arco. A consecuencia de esto el condensador comienza a descargarse a través del arco, aumentando la corriente por él y reduciendo la diferencia de potencial entre sus terminales. El condensador se descarga demasiado y el proceso se invierte, y de este modo se pueden mantener oscilaciones sostenidas en el circuito en paralelo.

Cuando las oscilaciones sostenidas son relativamente suaves, o de amplitud uniforme, y su frecuencia está por encima de la que responde el teléfono o el oído humano, no se escuchan estas oscilaciones en el receptor telefónico. Por tanto, si se han de utilizar oscilaciones sostenidas de alta frecuencia (inaudible) generadas bien por una máquina o por un arco, en telegrafía inalámbrica se ha de adoptar algún medio para romper la continuidad de las ondas, virtualmente como en ciertos sistemas telegráficos Morse se rompe la corriente continua con un zumbador y se escucha en el teléfono como un tono o zumbido. (Ver aquí los sistemas telefónicos De Forest y Poulsen). Aunque el teléfono no responda a estas oscilaciones continuas de alta frecuencia, si se modifica la amplitud o contorno de las oscilaciones hasta un grado que caiga dentro del rango de receptividad del receptor telefónico, como, por ejemplo, al hablar ante un transmisor telefónico situado en el circuito oscilante o en la antena, de los que seguidamente daremos ejemplos, el teléfono responderá y reproducirá la voz hablada ante el transmisor; prácticamente del mismo modo que se reproduce la voz modificando la amplitud de las ondas de un rayo de luz en los casos citados.

Sin embargo, mientras la frecuencia de las oscilaciones del arco cantante estén limitadas, por ejemplo, a 30.000 o 40.000 por segundo, algunas autoridades no anticipan que se haga mucho uso práctico de estas oscilaciones en telegrafía o telefonía inalámbricas, debido principalmente a los débiles efectos magnéticos a frecuencias relativamente bajas, y la consiguiente poca energía que radian estas ondas eléctricas. Porque a menos que el colapso de las líneas de fuerza estática sea lo suficiente abrupta pocos efectos magnéticos se producen y las líneas no son forzadas al espacio, sino que regresan al conductor. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, los experimentos parecen indicar que se obtiene el efecto de látigo necesario con frecuencias de 25.000 por segundo, pero en la práctica se está empleando por ahora una frecuencia mucho más alta.

**Arco oscilante de Poulsen.** – Afortunadamente no se tardó en descubrir varios métodos diferentes de aumentar la frecuencia del generador oscilante de arco. Valdemar Poulsen encontró que si se coloca el arco cantante en atmósfera de hidrógeno, u otro gas de alta conductividad calorífica, se aumenta en alto grado la frecuencia de las oscilaciones, en algunos casos hasta 500.000 y 1.000.000 ciclos por segundo y superiores. También encontró que al arder el arco en aire comprimido o en vapor se aumenta mucho la frecuencia del arco. La llama de una lámpara de alcohol situada bajo el arco también tiene este efecto. Todavía no se sabe exactamente la causa de este aumento de frecuencia cuando arde el arco en atmósfera de gas.

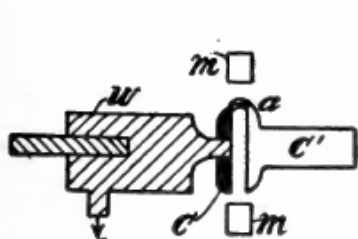
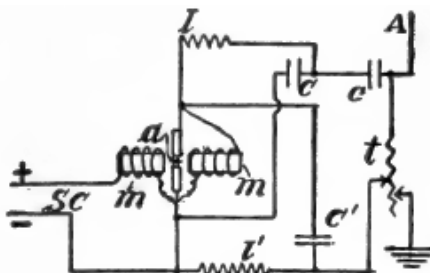


FIG. 2. ARCO OSCILANTE DE POULSEN. FIG. 3.



Los electrodos del arco oscilante consisten de una varilla sólida de carbón (el negativo) y un tubo de cobre (el positivo). Poulsen encontró además que enfriando mecánicamente el electrodo positivo se aumenta muchísimo la eficiencia del arco como generador de oscilaciones, aplicando al electrodo una cubierta por la que circula una corriente de agua. En la Fig. 2 se bosqueja un montaje del dispositivo de Poulsen. El electrodo positivo consiste de un anillo de cobre C. Este anillo está montado sobre un tubo de latón w, por el que fluye el agua para refrigerarlo, c' es el electrodo de carbón. El arco se forma en una caja cerrada, en la que entran los electrodos por lados opuestos. Se alimenta regularmente a la caja con gas hidrógeno o del alumbrado. También se dirigen al arco los polos internos m, m de un electroimán, cuyo campo magnético fuerza al arco hacia arriba, formando un arco a entre los electrodos de cobre y carbón, como se indica en la Fig. 2, que al alargar el arco aumenta su resistencia y conduce a mayores variaciones en el potencial del arco. Las bobinas de los electroimanes están en serie con el arco como se muestra en m, m en la Fig. 3, que muestra un esquema teórico de los circuitos del arco oscilante de Poulsen. La corriente que se emplea es de 10 amperios. En la Fig. 3 se muestran dos circuitos oscilantes de la misma frecuencia, C', l' a y c, l a. Con este montaje se obtiene una doble fuerza electromotriz. SC es la fuente de corriente continua, t es una bobina de sintonía. A es la antena. En algunos ejemplares Poulsen gira lentamente al electrodo de carbón por medio de un motor para impedir la formación de un depósito de carbón en una parte del electrodo de carbón que perturbaría la regularidad del arco. En otros casos se hace girar al arco por las mismas razones por medio de un campo magnético giratorio.

**Arco oscilante de Thomson.** – Como precedente algunas veces se atribuye a Elihu Thomson la invención del arco oscilante y puede ser interesante la descripción de su dispositivo, con patente US No. 500.630, de 1893. En la Fig. 4, m, n indican la fuente de corriente continua de 500 voltios. I es una inductancia, “para mantener prácticamente constante la corriente que fluye por el circuito de alimentación”. O es un chispero de descarga. M es un potente electroimán que no siempre es necesario, pero cuyo propósito es romper cualquier arco en el chispero. H es una inductancia que se puede incluir si se desea en circuito con el condensador K en el chispero. Según especifica la patente, para hacer funcionar el aparato primero se han de tocar las bolas en G, o disponer un interruptor en ellas para completar al circuito. Después se ajusta la separación para obtener entre las bolas una descarga aparentemente continua. La separación en G tiende a detener la corriente que pasa por allí y desviarla hacia el condensador K. Aunque durante la carga del condensador el arco se extingue en G, la inductancia I limita la corriente en aumento hasta una cantidad suficiente para mantener la descarga en el chispero aunque se está cargando el condensador. Pero como la carga del condensador ocurre muy rápidamente se obtiene un gran aumento de potencial en los dos lados salta una nueva chispa o descarga en G y se descarga inmediatamente el condensador. Se vuelve a tener una nueva



ruptura de la chispa o arco en G, el condensador se vuelve a cargar de nuevo, y así sucesivamente. Es una cuestión en debate si este dispositivo produce oscilaciones sostenidas o no sostenidas.

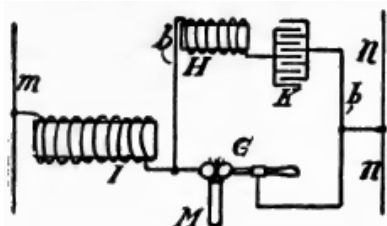


FIG. 4. ARCO OSCILANTE DE THOMSON.

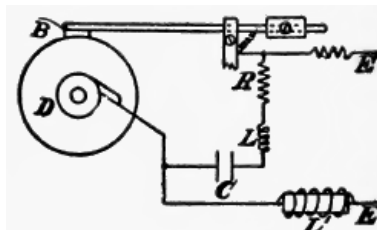


FIG. 5. GENERADOR DE OSCILACIONES HOZIER-BROWN.

**Generador de oscilaciones Hozier-Brown.** – Este es otro método para producir oscilaciones eléctricas sostenidas. Se diferencia de los métodos antes descritos, como se puede ver en la Fig. 5. En esta figura B es un bloque de cobre que se apoya ligeramente sobre el borde de un disco de aluminio D, que se mantiene girando lentamente. El contacto de B, D tiene una resistencia R en puente, la capacidad C y la inductancia L. Con una corriente continua de 200 voltios y el ajuste adecuado de la inductancia y la capacidad, aparecen en el circuito paralelo oscilaciones del orden de un millón por segundo. L' es una inductancia en el circuito de alimentación E, E para impedir el paso de las corrientes de alta frecuencia al generador.

**Generador de oscilaciones sostenidas Marconi.** – El Signor Marconi ha desarrollado también un novedoso método para obtener oscilaciones sostenidas que se basa en que no es fácil que se forme un verdadero arco entre puntos en rápido movimiento. El montaje para ello, que está en uso en algunas estaciones trasatlánticas Marconi, se muestra en la Fig. 6, en que D, D' son discos metálicos de unos 2 pies de diámetro, llamados discos polares por Marconi. Entre estos discos se encuentra un disco M “intermedio” que gira a muy alta velocidad por medio de un motor eléctrico o turbina de vapor. Los discos polares también giran a una alta velocidad, sus periferias están situadas muy cerca de los bordes del disco intermedio. Los discos se sujetan en un chasis, y están aislados de tierra y entre sí, como indica la figura. En serie con los discos polares se encuentran las inductancias O, L' y los condensadores C, C'. Entre estos condensadores y el disco intermedio se encuentra el circuito oscilante que consiste de una inductancia l y la capacidad C'. La inductancia l constituye el acoplamiento usual al hilo de antena A. Se hace el contacto con el disco intermedio por medio de una escobilla b. Para obtener los mejores resultados Marconi ha encontrado que es deseable una velocidad periférica de 300 pies por segundo. G es una fuente de fuerza electromotriz. Conectado como se muestra en los discos polares, r son las bobinas de choque usuales en el circuito generador. El inventor describe el probable funcionamiento de este dispositivo. (Ver Actas de la Royal Institution, Londres, 13 de Marzo de 1908). Imaginen que el generador G está cargando gradualmente los condensadores C, C' y aumenta el potencial en los discos, por ejemplo D, positivamente; D' negativamente. Al final se rompe la resistencia y sucede una descarga entre una de las separaciones, por ejemplo, entre D' y M. Esto carga al condensador C', que comienza a oscilar y al retroceder la carga salta de M a D, que se carga al potencial opuesto. Se invierte la carga del condensador C', captando energía de cada inversión de los condensadores C', C. Este proceso prosigue indefinidamente y las pérdidas que hay en el circuito oscilante se reponen con la energía tomada del generador G. Cuando se hace girar el aparato a la velocidad necesaria la descarga que pasa entre los discos polares y el disco intermedio no es, como dice Marconi, ni una chispa oscilante ni un arco ordinario. Si no gira el disco, o gira lentamente, se establece un arco ordinario entre las separaciones y no hay ninguna oscilación. Con este dispositivo se obtienen frecuencias de 200.000 por segundo. El auto-enfriamiento de los discos por medio de su rápido giro parece ser una de las condiciones necesarias para que produzca el fenómeno. Los discos giratorios están muy cerca de los discos fijos, sólo hay el suficiente espacio para que pasen libremente.

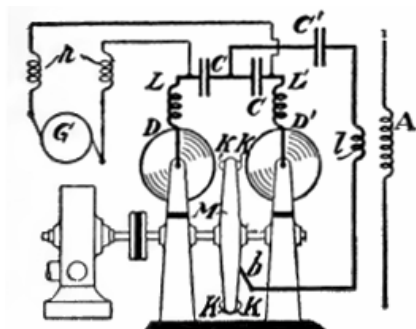


FIG. 6. GENERADOR OSCILANTE DE MARCONI.

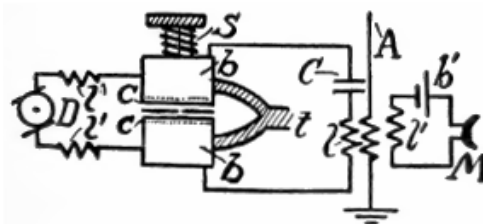


FIG. 7. OSCILADOR VON LEPEL.

Se ha encontrado que las oscilaciones que crea este aparato son demasiado continuas y a una frecuencia demasiado alta para accionar un receptor como el detector magnético, a menos que se coloque un interruptor en uno de los circuitos del receptor. Para solucionar este aspecto del aparato se colocan unos dientes K en el disco intermedio, con lo que la descarga tiene lugar a intervalos regulares. En este caso, como afirma el inventor, las oscilaciones no son continuas, sino que consisten de una sucesión regular de trenes de ondas no amortiguadas o ligeramente amortiguadas, es posible hacer que los grupos de oscilaciones radiadas reproduzcan una nota musical en el receptor, hace fácil distinguirlas entre las señales que emanan de una estación transmisora y los ruidos de la electricidad atmosférica. Por medio de estas oscilaciones sostenidas o semi-sostenidas, se obtiene, como se afirma, una notable mejora en las señales radiotelegráficas que se reciben en la estación de Marconi en Glace Bay procedentes de Poldhu.

**Oscilador Von Lepel.** – Una forma de este dispositivo consiste de dos placas de cobre  $c, c'$ , Fig. 7, separadas por una hoja de papel excepto en sus centros. Allí hay una abertura redonda de media pulgada de diámetro en el papel, y es en este punto donde se genera la chispa. Las placas de cobre tienen 5 pulgadas de diámetro. En realidad cada placa constituye un extremo de dos cajas circulares,  $b, b'$ , cada una de 2 pulgadas de hondo, provistas con agujeros de ventilación como se indica. El aire a presión se envía a las cámaras con los tubos de goma  $t$ . La distancia entre las placas respectivas se regula con el tornillo S. D es una fuente de corriente continua de 500 voltios, que proporciona de 2,5 a 3,5 amperios, con las bobinas de choque usuales  $l, l'$ . La chispa está en paralelo con la capacidad C e inductancia  $l$  usuales. A es la antena. La amplitud de las oscilaciones se modifica variando la inductancia de la antena por medio del circuito del transmisor microfónico M,  $b', l'$ . La rápida amortiguación de las chispas que generan las oscilaciones se debe aparentemente al cambio rápido de temperatura que es ayudado por la alta conducción calorífica de las placas de cobre y el enfriamiento por el aire introducido en las cámaras respectivas. La frecuencia medida de las oscilaciones es de un millón por segundo. Pruebas hechas por Shoemaker han demostrado que sorprendentemente las oscilaciones que establece este dispositivo en la antena se ven muy poco afectadas por grandes variaciones en la inductancia y capacidad de la antena.

Este oscilador tiene un punto crítico muy bien definido donde se generan las oscilaciones, pero cuando se encuentra este punto permanece prácticamente constante durante horas. Otra forma de este oscilador utiliza dos cámaras cónicas muy próximas. (Ver sistema telegráfico inalámbrico de Von Lepel.)

**Notas sobre oscilaciones sostenidas en telegrafía y telefonía inalámbricas.** – El descubrimiento del arco oscilante de Duddell allanó el camino para el uso de oscilaciones sostenidas en telefonía (y telegrafía) inalámbrica, y Poulsen, Majorana, la Compañía Telefunken en Europa, y De Forest en este país, han hecho un considerable progreso para telefonar a distancia con modificaciones del mismo.

Una gran ventaja que proporcionan las oscilaciones sostenidas en la telegrafía y telefonía inalámbricas es que se puede disponer plenamente de la resonancia que con oscilaciones más o menos intermitentes. Sin embargo, en algunos aspectos, las oscilaciones sostenidas y la mejor resonancia que se consigue con ellas puede ser más útil en la telegrafía inalámbrica que en la telefonía inalámbrica, especialmente en lo que respecta al aumento de la distancia de transmisión. Esto es obvio si se considera que en la telegrafía y telefonía inalámbricas el aparato

receptor es prácticamente el mismo. Sin embargo, en la telegrafía se dispone de todo el efecto de las ondas radiadas entre el máximo y cero, mientras que se dispone sólo de una porción relativamente pequeña de la energía emitida por las ondas, es decir las modificaciones de la energía de la onda debida a la acción del transmisor microfónico (se ha estimado que es un cinco por ciento de la energía total) es lo que permite por ahora la telefonía inalámbrica. Ahora se está avanzando en la dirección de transmisores telefónicos más potentes con los que se pueda obtener un mayor porcentaje de variación en la amplitud de las ondas. Fessenden ya ha diseñado varias formas especiales de transmisor para ser usados en la telefonía inalámbrica con los que anticipa una variación al menos del 25 por ciento.

Cuando se emplea el arco oscilante la inductancia normalmente forma parte de un transformador, cuya bobina secundaria, o la propia bobina, se pone en circuito con el hilo de antena como se muestra en algunas de las siguientes figuras. De Forest modifica las oscilaciones colocando un transmisor telefónico directamente en el hilo de antena. Poulsen hace lo mismo por medio de un transmisor microfónico, conectado inductivamente con la alimentación del arco. Fessenden modifica las oscilaciones que establece la máquina generadora, bien por medio de un transmisor microfónico en el circuito generador (el generador y el transmisor están conectados al circuito de antena), o haciendo que el transmisor varíe la capacidad de un condensador en el circuito oscilante, y de otros modos que se describirán. Ruhmer propone modificar las oscilaciones colocando un transmisor microfónico en el circuito de campo de la máquina generadora. Campos coloca el micrófono en la inductancia del circuito oscilante. En el sistema Telefunken normalmente se coloca el transmisor microfónico en paralelo con el secundario del transformador del circuito de antena.

La capacidad que se emplea en el circuito oscilante del arco es relativamente pequeña, en algunas instalaciones es de 0,0006 microfaradios. El arco oscilante necesita para que funcione adecuadamente y produzca oscilaciones en el circuito en paralelo, una corriente de una cierta fuerza y una cierta longitud del arco. Por ejemplo, Poulsen ha encontrado que con una diferencia de potencial de 220 voltios el arco deja de generar oscilaciones cuando la corriente cae por debajo de 6 amperios con un electrodo positivo refrigerado por agua, y por debajo de 4 amperios con un electrodo sin refrigerar. Ruhmer ha encontrado que este valor crítico, con una fuerza electromotriz de 220 voltios y una frecuencia de 500.000, es de 5 amperios.

En la telefonía inalámbrica se usa como receptor un auto-detector como los que se emplean en la telegrafía inalámbrica. Fessenden utiliza el detector electrolítico o barretter líquido. Poulsen y la Compañía Telefunken un par termoelectrico o un detector electrolítico, mientras De Forest y Majorana emplean el audión y el detector perikon, todos ellos combinados con un receptor telefónico. Obviamente el cohesor de limaduras no se adapta a la telefonía inalámbrica, debido a su acción errática. Los experimentos de Fessenden han demostrado que un receptor que se auto-restaure en 0,0001 segundos es lo suficiente rápido para la telefonía inalámbrica.

La Compañía Radio Telegráfica Telefunken, al hacer experimentos radiotelefónicos en este país y Europa, emplea el arco cantante ardiendo al aire con un electrodo de cobre refrigerado por agua. Han encontrado que cuando el arco está ardiendo al aire la frecuencia de las oscilaciones aumenta colocando varios arcos en serie, la Compañía Telefunken coloca 6 arcos en serie en un circuito de 220 voltios, y 12 arcos en un circuito de 440 voltios, como se describirá más adelante.

Los experimentos en telefonía inalámbrica que emplean un único arco oscilante indican que se padece una considerable dificultad para mantener un tono uniforme de la voz en el teléfono; las palabras se reciben alternadamente en tonos altos y bajos, haciendo que la voz sea poco clara. No hay duda que esto se debe al pegado de los gránulos en el transmisor o a irregularidades en el arco.

A pesar de que una gran parte del éxito que se ha alcanzado con la telefonía inalámbrica se debe a las oscilaciones que se obtienen con el arco, se piensa en algunas partes que este método será superado por máquinas generadoras más perfeccionadas, debido a las irregularidades de funcionamiento del arco y a la cantidad limitada de energía que desarrolla. Se reconoce la dificultad de los problemas mecánicos y económicos para producir una máquina generadora de alta frecuencia, pero se espera encontrar finalmente la solución. Por otra parte, la simplicidad y economía del método con el arco y el pequeño espacio que se precisa para los aparatos son

importantes ventajas a su favor. No es improbable que si se consigue en la práctica la telegrafía simultánea de muchas estaciones cercanas será adoptando un método universal de envío de señales con oscilaciones sostenidas, ya que el empleo general de este método podría admitir las señales selectivas con el uso de diferentes longitudes de onda con un pequeño porcentaje de variación virtualmente sin interferencias, como se ha observado con el sistema Poulsen. Con el método de la transmisión por chispas, en especial en los sistemas de acoplamiento fuerte se emiten trenes explosivos de ondas muy amortiguadas, y se admite generalmente que la operación simultánea de estaciones potentes adyacentes es muy poco práctica, ya que estas descargas producen interferencias incluso en circuitos receptores apantallados y muy bien sintonizados. El método de envío de señales con oscilaciones sostenidas tiene otra ventaja y es que elimina las dificultades de las chispas en el manipulador Morse, así como el ruido de las chispas, y debido al bajo potencial que se emplea en relación con la telegrafía por chispas (1.000 voltios contra 10.000 a 40.000 voltios en el transmisor y 3.000 contra 100.000 voltios y más en el extremo de la antena), no es tan necesario el extraordinario cuidado que se ha de tomar en el aislamiento con el método con chispas. Los experimentos de Poulsen parecen demostrar que con el método con oscilaciones sostenidas la distancia alcanzada sobre terreno montañoso, manteniendo las mismas condiciones en longitud de onda, energía de salida, etc., se aumenta mucho respecto al método con chispas, y las perturbaciones debidas a las descargas atmosféricas son mucho menos pronunciadas en el caso del método de oscilaciones sostenidas que con el método con telegrafía de chispas.

## CAPÍTULO II.

### SISTEMAS TELEFÓNICOS INALÁMBRICOS DE RUHMER, POULSEN Y DE FOREST

#### EL TELÉFONO INALÁMBRICO DE RUHMER.

Las Fig. 8 y 8a muestran los esquemas de los circuitos transmisor y receptor de un sistema telefónico inalámbrico preparado por Ruhmer, que emplea un arco cantante como generador de oscilaciones. En la Fig. 8  $m$  es un transmisor microfónico,  $T$  es una bobina de inducción,  $D$  es la fuente de corriente continua,  $a$  es el arco cantante ardiendo en atmósfera de hidrógeno u otro gas adecuado.  $C$   $I'$  comprende la capacidad y la inductancia en paralelo con el arco. Las oscilaciones se aplican inductivamente a la antena con el transformador oscilante  $I'$ .  $N, N$  son bobinas de choque en el circuito de alimentación de corriente continua como las que se suelen emplear.

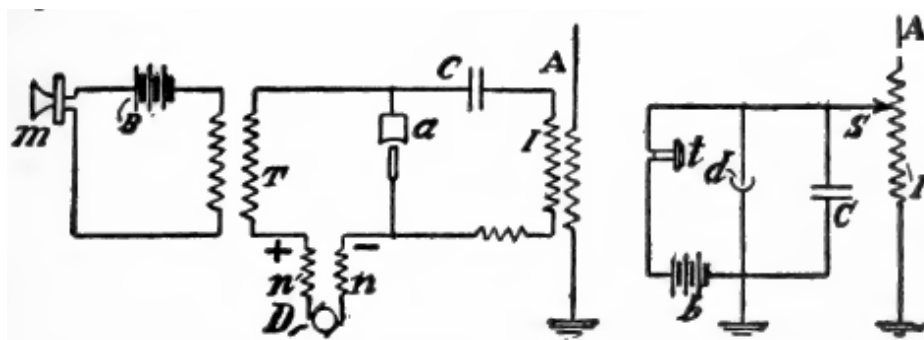


FIG. 8. TEORÍA DEL TELÉFONO INALÁMBRICO DE RUHMER. FIG. 8a.

En la Fig. 8a,  $A$  es el hilo de antena que se sintoniza por medio del contacto deslizante  $S$  a la frecuencia de las ondas eléctricas captadas, del modo usual,  $d$  es un detector electrolítico;  $b$  es la batería para ello,  $t$  es un receptor telefónico.

Ruhmer informa de la transmisión con éxito de la voz con este montaje, en 1906, hasta una distancia de 1.500 pies, con antenas de 60 pies de alto. La fuerza electromotriz que se empleó era de 440 voltios.

#### SISTEMA TELEFÓNICO INALÁMBRICO DE POULSEN.

En las Fig. 9 y 10 se muestran los esquemas de los circuitos transmisor y receptor. En la Fig. 9  $G$  es la fuente de corriente continua,  $C, C$  son los condensadores del circuito oscilante preparados así para aislar al arco y también para eliminar la corriente continua de la antena. Los condensadores consisten en placas de cinc en aceite, separadas las placas 0,11 pulgadas. Para variar la longitud de onda se coloca un condensador variable ( $VC$  Fig. 11) en paralelo con los condensadores  $C, C$ . La inductancia  $I$  del circuito de antena también forma parte de la inductancia del circuito oscilante,  $a$  es el arco oscilante, los dispositivos de refrigeración por agua y los electroimanes mostrados en la Fig. 2 se han omitido en la Fig. 9.  $M$  es un transmisor microfónico conectado inductivamente con el circuito de alimentación para transmitir la voz. En esta figura se muestra el acoplamiento directo a la antena. En la Fig. 10 el circuito receptor está acoplado inductivamente a la antena con el transformador oscilante  $I, C$  es un condensador

variable en la antena para la sintonía,  $c$ ,  $d$ ,  $t$ ,  $b$ , son los condensadores, detector, teléfonos y batería usuales de un circuito receptor.

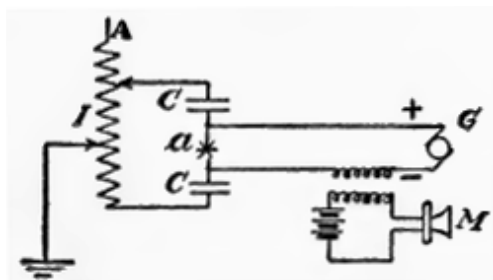


FIG. 9. TELÉFONO INALÁMBRICO TEORICO DE POULSEN.

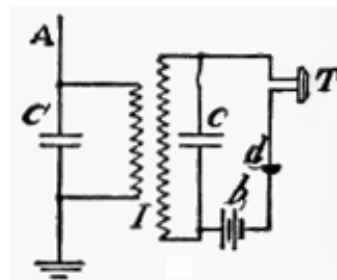


FIG. 10.

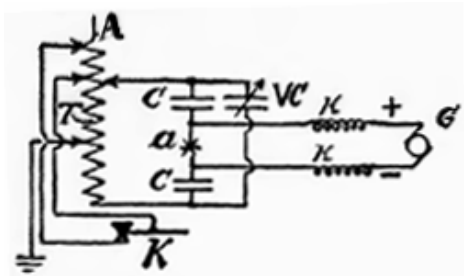
En el último aparato del sistema de arco de Poulsen la atmósfera de gas donde arde el arco se obtiene con alcohol que se introduce en la cámara gota a gota; una o dos gotas por segundo es suficiente para una potencia de 1 kilovatio. Para evitar problemas debidos al calentamiento, inherente al uso del transmisor microfónico, debido a las fuertes corrientes que se emplean en la telefonía inalámbrica, 4 o 5 amperios e incluso más, así como para obtener una mayor variación de resistencia en el circuito de antena, y por tanto mayores modificaciones de amplitud de las oscilaciones, en un montaje de Poulsen emplea un transmisor microfónico que consiste de 8 transmisores independientes de gránulos de carbón en el circuito de antena. Este transmisor múltiple tiene ocho tubos separados que van de una boquilla a los respectivos diafragmas.

En la estación de Poulsen en Lyngby, Dinamarca, la antena se sostiene con dos mástiles de 200 pies de altura y separados por 275 pies. La contra-antena es una red de hilos suspendida a unos pocos pies del suelo. La salida del generador de esta estación es de 10 kilovatios a 500 voltios. En la estación Poulsen en Cullercoats, cerca de New Castle, Inglaterra, la antena es del tipo de sombrilla, los hilos se sujetan a una torre de madera en celosía de 220 pies de altura y 2 pies cuadrados en la base. La sombrilla tiene un diámetro de 220 pies y está hecha en dos partes, cada una consiste de 12 hilos de bronce fosforoso preparados en un semicírculo. El extremo superior de cada parte se conecta a un cable vertical y de esta forma se conecta la parte superior de la sombrilla con el cuarto de operaciones. Con este montaje se puede conectar la antena como un bucle o como una antena simple.

La estación de Cullercoats está preparada para trabajar con telegrafía de chispas con el sistema De Forest, y para telefonía y telegrafía inalámbricas con el arco de Poulsen. Para telegrafía de chispas se emplea un generador de 5 kilovatios que desarrolla 400 voltios y 14 amperios a 120 ciclos. Esta se eleva a 50.000 voltios en el secundario de un transformador seco. Se emplean botellas de Leiden y bobinas de la forma usual en el circuito oscilante transmisor. Se emplean como receptores el audión y otros detectores y teléfonos. Se ha descrito el método de telefonía inalámbrica de Poulsen con arco. Las conexiones de los circuitos para telegrafía inalámbrica con el método del arco están bosquejadas en las Fig. 11 y 12. El método de transmisión adoptado por Poulsen para la telegrafía inalámbrica por arco es hacer que un manipulador  $K$  cortocircuite unas pocas espiras del auto-transformador  $T$ , como se indica en la Fig. 11. Con los ajustes preliminares esto lleva al circuito transmisor exactamente a sintonía con el circuito receptor, con el resultado que se ven afectados los aparatos en el receptor bien sintonizado. Cuando se abre el manipulador los dos circuitos están fuera de sintonía y no responde el circuito receptor.  $VC$  es un condensador variable de sintonía.

El montaje receptor de Poulsen para la telegrafía está bosquejado en la Fig. 12. Un tercer condensador  $V$  se interpone a intervalos rápidos entre los terminales del teléfono  $t$  por medio de un "ticker", que consiste de un par de contactos vibradores accionados por un electroimán  $m$ . Los contactos del brazo vibratorio consisten de hilos de oro cruzados  $x$ . Durante el tiempo que los circuitos transmisor y receptor están en sintonía (el manipulador pulsado), se reciben oscilaciones continuas en el circuito receptor, mientras el circuito ticker está cerrado, el tercer condensador  $V$  acumula parte de la energía que se ha recibido, que se descarga a través del receptor telefónico cuando el circuito ticker está abierto, y por tanto se escuchan en el teléfono

Las longitudes de onda que se emplean en este sistema de telegrafía inalámbrica están entre 1.200 y 1.500 metros, igual a una frecuencia de 250.000 a 200.000 por segundo respectivamente. La fuerza de la corriente en la antena es de 10 amperios. Los otros aparatos indicados en las Fig. 11 y 12 son similares al descrito en relación a las Fig. 9 y 10. Como en las Fig. 10 y 12, el acoplamiento es muy débil, la agudeza de la sintonía es muy pronunciada, una variación del 1 por ciento en la longitud de onda saca de sintonía al sistema. Por tanto, si la longitud de onda es de 600 metros, una variación de 6 metros producirá una disonancia. Como en este sistema se pueden emplear longitudes de onda que van de 300 a 3.000 metros, está claro que basándose en esto se pueden comunicar varios cientos de estaciones en diferentes longitudes de onda sin interferirse.



The diagram shows a Wheatstone bridge circuit. The left vertical branch contains a battery  $C'$  and an ammeter  $A$  in series. The top horizontal branch contains a variable capacitor  $C$  with a wiper contact  $x$ . The right vertical branch contains a battery  $V$  and a meter  $m$  in series. The bottom horizontal branch contains a battery  $I$ . The wiper contact  $x$  of the variable capacitor  $C$  is connected to the junction between the battery  $V$  and the meter  $m$ .

FIG. 12.

Según afirma Poulsen, recientemente ha telefonado sin hilos hasta una distancia de 170 millas entre dos estaciones en Dinamarca, con mástiles de 200 pies de altura. La energía primaria es de 900 vatios, la energía radiada 300 vatios; la longitud de onda de 3.600 pies. Con una energía de salida aumentada se transmitió con este sistema una grabación fonográfica desde la estación Poulsen en Weissensee cerca de Berlín a la estación de Poulsen en Lyngby, a una distancia de 325 millas.

En este sistema se emplea el método del arco para generar oscilaciones sostenidas, como se ha indicado. En las Fig. 13 y 14, los circuitos transmisor y receptor están esquematizados en teoría. En la Fig. 13, C es una capacidad variable; I es una inductancia, es el primario de un transformador y el secundario está en serie con el hilo de antena A, y un transmisor microfónico M. De Forest coloca el micrófono entre el secundario del transformador I y tierra, el punto nodal de potencial en el terminal de tierra de la antena; por tanto el chisporroteo en la cámara del micrófono será mínimo en esta posición,  $a$  es el arco oscilante con electrodos de cobre – carbón, que arde en la llama de una lámpara de alcohol L. S es la fuente de 220 o 440 voltios de corriente continua,  $k, k$  son bobinas de choque en el circuito de alimentación para impedir el paso de las oscilaciones de alta frecuencia a la máquina dinamo. El principio de operación de este generador de oscilaciones es prácticamente similar al de los otros generadores de oscilaciones con arco ya descritos aquí. El arco establece oscilaciones sostenidas en el circuito  $a, C, I$ , que se radian como ondas eléctricas por la antena. La voz que se habla ante el micrófono M modifica la amplitud de estas ondas en una cantidad que corresponde al efecto de las vibraciones del aire sobre la resistencia del circuito del micrófono, y por tanto se reproduce la voz en el receptor telefónico distante. La fuerza de la corriente indicada en la antena, y por tanto en el circuito del transmisor microfónico, es de 1,5 amperios.

206

Desde su aparición en 1906 el audión ha tenido numerosas variaciones respecto al montaje de sus partes. En la Fig. 14 comprende un filamento de tántalo  $f$  entre una rejilla  $g$  formada de hilo de platino del No. 22, y un ala de platino, o plaquita,  $w$ , dentro de un bulbo pequeño  $b$  al que se ha hecho el vacío, dándole el aspecto de una lámpara de baja potencia de 6 voltios. El ala  $w$  está a 0,1 pulgada del filamento, que se lleva a la incandescencia con la corriente de una batería de 3 celdas acumuladoras  $B$ ; la fuerza de la corriente se regula con una resistencia variable  $r$ ,  $t$  es un receptor telefónico,  $b$  es una batería de “potencial” de 10 a 30 voltios, cuyo potencial se puede ajustar. Un terminal del circuito oscilante se conecta a la rejilla  $g$ ; el otro terminal al filamento, como se indica en la figura.

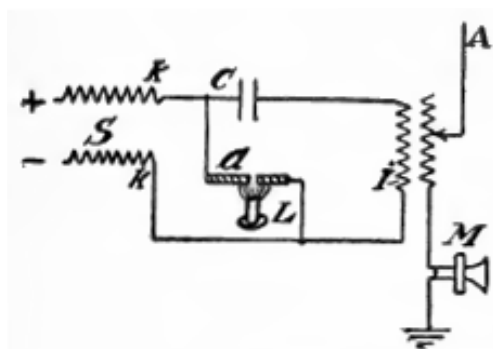


FIG. 13. TELÉFONO INALÁMBRICO TEÓRICO DE FOREST.

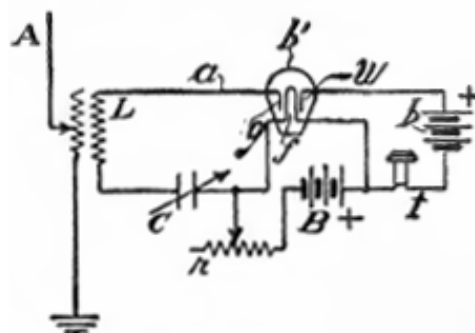


FIG. 14.

Es esencial la batería  $b$  para el funcionamiento del audión; que, según el inventor, hace que funcione como un relé ante la energía de las ondas hertzianas. Cuando está bien ajustada la batería de caldeo  $B$  y la batería de potencial  $b$ , el audión es muy sensible y produce fuertes sonidos en el teléfono.

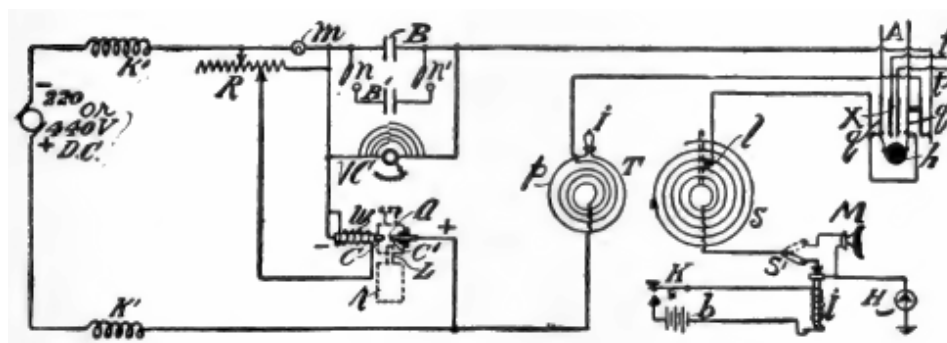


FIG. 15. TELÉFONO INALÁMBRICO DE FOREST. CIRCUITO TRANSMISOR.

Como se ha dicho previamente, las oscilaciones sostenidas de alta frecuencia del arco que se emplean en este sistema no afectan perceptiblemente al detector, debido a su uniformidad y alta frecuencia, pero las modificaciones de estas ondas debidas a la acción del transmisor microfónico, al estar en el rango del detector y del oído humano, se escuchan en el teléfono como voz articulada. Las oscilaciones captadas parece que hacen variar la resistencia del gas ionizado en el audión en consonancia con la variación de resistencia causada por la voz en el transmisor microfónico, reproduciendo por tanto la voz. Cuando se emplea el audión en la telegrafía inalámbrica de chispas responde a los trenes cortos y largos de las ondas amortiguadas de una forma análoga a los otros auto-detectores descritos aquí en capítulos anteriores.

En la Fig. 15 se bosqueja el último montaje de circuito transmisor del sistema telefónico inalámbrico De Forest. DC es una dinamo de corriente continua que suministra 220 o 440 voltios dependiendo de la distancia que han de cubrir las señales. Sólo se emplea un arco oscilante  $a$ . Cuando se usan 440 voltios se ha de aumentar la separación entre el electrodo de carbón  $C$  y el de cobre  $C'$ . El electrodo de cobre es un cilindro hueco por el que se hace circular agua por medio de los dispositivos adecuados para enfriar,  $r$  es un depósito del alcohol que usa la lámpara  $L$ . VC es un condensador variable en paralelo con el condensador  $B$  y, cuando se



necesita capacidad adicional, también en paralelo con el condensador  $B'$ , por medio de los interruptores  $n, n'$ . Uno de los problemas serios en el arco oscilante original en este sistema se debía a las frecuentes paradas del arco. Para solucionar este defecto se utiliza ahora el solenoide  $w$  en paralelo con el electrodo de carbón para reencender automáticamente el arco. Con este dispositivo se mantienen las oscilaciones continuamente durante una hora o más. La cantidad de corriente que se aplica al solenoide se regula con el reóstato  $R$ ;  $m$  es una pequeña lámpara incandescente en el circuito de potencia que se enciende cuando el aparato está listo para transmitir.  $T$  es un transformador oscilante compacto de espiral plana en el que se encuentran el primario  $p$  y el secundario  $s$  uno frente al otro.  $I$  es una lamparita incandescente acoplada inductivamente por medio de la espiral  $p$ , esta indica cuando está en acción el circuito oscilante,  $h$  es una cuchilla que, cuando se inserta entre los contactos  $q, q'$  del conmutador de recepción  $X$ , prepara los circuitos para transmitir, como en la figura. Cuando se retira  $h$  la antena se conecta al bucle  $t, t'$  de la bobina de sintonía del receptor.  $M$  es el transmisor microfónico, que consiste de dos transmisores de carbón granular en serie, unidos a una misma boquilla. Se usa un zumbador o "chopper"  $i$  para llamar y romper las oscilaciones sostenidas en la antena para dar un tono para hacer señales en telegrafía inalámbrica.

El manipulador Morse  $K$  controla el vibrador abriendo y cerrando el circuito de la batería  $b$ , y por tanto se puede usar el alfabeto telegráfico,  $s'$  es un conmutador por medio del cual se puede insertar alternativamente el transmisor microfónico o el vibrador en el circuito de antena según se desee.  $H$  es un amperímetro de hilo caliente.

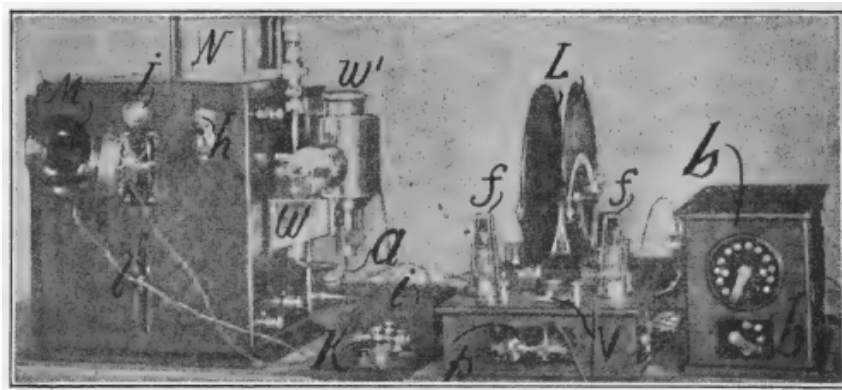


FIG. 16. TELÉFONO INALÁMBRICO DE FOREST.

La Fig. 16 es una fotografía del teléfono inalámbrico De Forest tal como está preparado en la práctica.  $M$  es el transmisor microfónico doble.  $I$  es una lamparita piloto;  $m$  en la Fig. 15,  $h$  es el conmutador por medio del cual se pone el circuito para transmitir o recibir,  $l$  es un mango con el que se gira el secundario del transformador  $T$ , Fig. 15.  $N$  es el depósito de alcohol,  $a$  es un tubo con el que se alimenta de alcohol a la lámpara en la cámara del arco,  $w$  es el solenoide;  $w'$  la chimenea de la lámpara del alcohol,  $i$  es el vibrador,  $K$  el manipulador telegráfico Morse.  $L$  es un transformador receptor o sintonizador en forma de "torta",  $f, f$  son dos audiones detectores, que se pueden conectar cualquiera de ellos o un detector perikon al circuito receptor.  $V$  es un condensador variable en el circuito del audión. La batería de potencial se encuentra en una caja; el número de celdas que se usan se puede variar en pasos de 2 y 3 por medio de los diales  $b, b$ , respectivamente.

En la última forma de este aparato se han hecho algunos cambios en la disposición de la cámara de alcohol; también se ha sustituido el sintonizador de "torta" por un transformador oscilante cuyo primario es móvil y se puede entrar o sacar de la bobina primaria según sea necesario en el ajuste.

El sistema de telefonía inalámbrica De Forest está explotado por la Compañía Radio Telephone. Una de las estaciones importantes de esta compañía se encuentra en el corazón de Nueva York. En esta estación la antena está sujeta a una torre de acero de 125 pies de alto sobre el tejado de un edificio de 12 plantas. El punto más lato de la torre está a 310 pies por encima de la calle. La antena consiste de 8 hilos trenzados que caen hasta el borde del tejado del edificio.

Cada hilo está hecho de 7 hilos de bronce fosforoso del No. 20, B & S. Los hilos están suspendidos de un brazo en cruz en el extremo de la torre y por medio de una polea y cuerdas se pueden situar en cualquier dirección deseada. El sistema De Forest se instaló experimentalmente en la estación telegráfica inalámbrica de la Torre Eiffel, París, de 1.000 pies de altura, y se ha informado que se escucharon grabaciones fonográficas desde esta estación hasta una distancia de 400 millas.

El sistema telefónico inalámbrico De Forest se ha estado empleando en varios barcos de la Armada de los Estados Unidos. Se ha observado frecuentemente que los barcos separados por 10 a 12 millas y equipados con los aparatos telegráficos inalámbricos sólo podían escuchar las conversaciones entre barcos con aparatos radio telefónicos. Era natural esperar esto. Los hermanos McCarthy, de San Francisco, informaron al escritor en 1905 que habían sucedido incidentes similares durante los experimentos que habían hecho con telefonía inalámbrica en California.

El Dr. De Forest hizo experimentos especiales con el teléfono inalámbrico De Forest ante el Almirantazgo Británico en Septiembre de 1908. Sólo fueron pruebas en una dirección, los aparatos receptores estaban en el barco de entrenamiento "Vernon" en Portsmouth Harbor, mientras que los aparatos transmisores estaban en el "Furious", que navegaba a una distancia de 50 nudos de Portsmouth. Durante un periodo de 9 horas se usó el teléfono cada 15 minutos para la transmisión de mensajes y cotizaciones de bolsa; la distancia máxima cubierta fueron 50 nudos. Según De Forest, el detector perikon fue operativo a una distancia de 30 nudos, pero a esa distancia no era tan fuerte como el audión a 50 nudos. Se encontró que la voz se podía escuchar claramente en medio de grandes interferencias de los puntos y rayas de las estaciones telegráficas inalámbricas adyacentes. Se atribuyen estos resultados favorables a los aparatos perfeccionados que se emplearon comparados con los primeros aparatos de este sistema.

## CAPÍTULO III.

### SISTEMAS TELEFÓNICOS INALÁMBRICOS TELEFUNKEN, COLLINS, Y MARJORANA

#### EL TELÉFONO INALÁMBRICO TELEFUNKEN.

LOS circuitos transmisor y receptor de este sistema se bosquejan teóricamente en las Fig. 17 y 18, respectivamente. Como se ha observado previamente, este sistema emplea como fuente de oscilaciones de alta frecuencia 6 o 12 arcos  $a$  en serie, Fig. 17, en paralelo con la capacidad usual  $C$  (unos 0,006 microfaradios) y la inductancia  $I$ .  $I$  también es el transformador de acoplamiento.  $A$  es el hilo vertical.  $M$  es un transmisor microfónico,  $l$  es una bobina de sintonía para alargar la longitud de onda.  $H$  es un amperímetro de hilo caliente en el hilo de antena.  $E$  es la fuente de corriente continua, 220 o 440 voltios. Las bobinas de choque, que no se muestran en la figura, impiden que las oscilaciones de alta frecuencia entren en el circuito de la dinamo.  $R$  es una resistencia permanente que se usa para regular la fuerza de la corriente del circuito del arco. Una flecha entre la inductancia y la capacidad en esta y otras figuras es un símbolo convencional para mostrar que el aparato es ajustable o variable. Se puede colocar el transmisor microfónico en el secundario del transformador de acoplamiento  $I$  como se muestra en la figura, o directamente en la antena. La sintonía se indica cuando el amperímetro de hilo caliente muestra la máxima desviación. Las variaciones de corriente causadas por el transmisor microfónico  $M$  cuando se habla ante él también se observan en el amperímetro  $H$ . Los electrodos positivos de los arcos  $a$  consisten de un tubo de cobre  $c'$ , de 8 pulgadas de largo y 2,6 pulgadas de ancho; con el fondo cóncavo. Este tubo se mantiene lleno de agua que se ha de renovar cada 8 o 10 horas, debido a la evaporación por el calor del arco. Cada electrodo negativo  $c$  consiste de un botón de carbón sólido, de 1,2 pulgadas de diámetro, situado en el espacio curvado del fondo del tubo. El carbón al arder toma la forma de este espacio. La cantidad de carbón que consume cada arco es de media pulgada cada 300 horas. El cobre no se ve afectado materialmente por el arco. El espacio entre los electrodos en funcionamiento es muy corto, de un octavo de pulgada. Se pueden acercar y ajustar independientemente cada par de electrodos. Toda la serie de arcos (6 o 12, dependiendo si se utilizan 220 o 440 voltios) se mantiene junta con las bridas adecuadas, de forma que se pueden acercar o retirar simultáneamente. Presionando un instante el embrague hacia abajo, lo que cierra el chispero, los electrodos se sitúan a la distancia requerida. El arco se apaga retirando los carbones. Cuando se obtiene este ajuste los arcos generan oscilaciones regulares sin ningún otro ajuste más durante dos o tres horas; es decir, hasta que alguna irregularidad en los arcos perturba la regularidad de las oscilaciones.

También se genera un considerable calor en el transmisor microfónico con las fuertes corrientes que se emplean en la telefonía inalámbrica, que afecta al transmisor más o menos perjudicialmente tras un tiempo. Por tanto cuando no se usa el transmisor  $M$  se desconecta del circuito con un interruptor.

El aparato receptor y los circuitos de este sistema son simples, consisten únicamente de una inductancia variable, o variómetro,  $L$ , Fig. 18, un receptor termoeléctrico o electrolítico  $D$ , un receptor telefónico  $t$ , y una capacidad, que no se muestra en la figura.

La longitud de onda que se emplea en este sistema es de 800 metros (2.400 pies), que implica una frecuencia de 375.000 ciclos por segundo. La potencia de salida es de 800 vatios, a 220 voltios y 3,6 amperios. Con esta potencia la voz se transmite con claridad a una distancia de 25 millas. Con 440 voltios y 2 amperios y empleando antenas de 180 pies de altura en cada estación, se ha transmitido la voz durante unas pruebas oficiales hasta una distancia de 42 millas,

es decir, entre las estaciones gubernamentales del Brooklyn Navy Yard y de Fire Island. Esto es por ahora con un transmisor microfónico ordinario. Con transmisores más potentes se esperan cubrir con este sistema distancias que superen un centenar de millas.

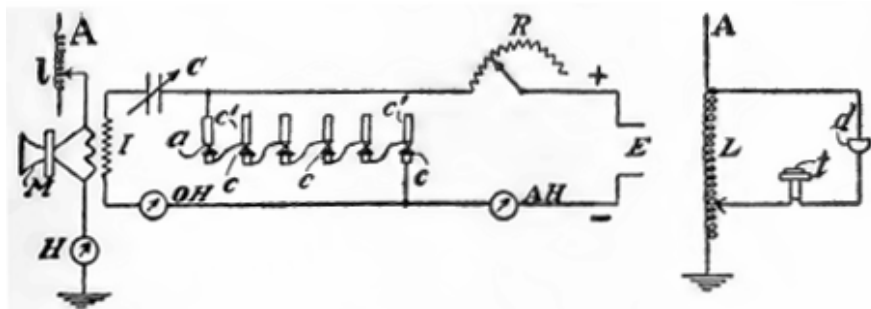


FIG. 17. TELÉFONO INALÁMBRICO TEÓRICO TELEFUNKEN. FIG. 18.

Prácticamente todos los aparatos que emplea el sistema telefónico inalámbrico Telefunken se pueden colocar sobre una mesa de 3 pies de largo y 10 pulgadas de ancho, como ilustra la Fig. 19. En esta figura AH es un amperímetro en el circuito de corriente continua. H y OH son amperímetros de hilo caliente en la antena y en el circuito oscilante, respectivamente. M es la boquilla del transmisor microfónico, L es un variómetro en el circuito de antena receptor,  $l$  es la inductancia en el circuito de antena transmisor, I es el primario con bisagra de la bobina de sintonía del transmisor. S' es su secundario estacionario en serie con la antena;  $c$  debajo de  $d'$  en la figura, es un condensador variable en el circuito transmisor;  $d'$  es un interruptor para cortocircuitar el transmisor telefónico e impedir sobrecalentamientos cuando no se usa,  $n$  es un interruptor y un fusible en el circuito del arco, C' son los electrodos de carbón (los electrodos de carbón no son visibles en esta figura),  $h$  es un mango para regular los arcos, S son muelles sobre los que se montan los electrodos de carbón;  $r, r'$  son cilindros que controlan la longitud de los arcos,  $d$  indica el detector, y las conexiones con el receptor telefónico, etc. Accionando un conmutador, como en el caso del equipo telegráfico inalámbrico de esta compañía, conecta el transmisor o el receptor según se desee a la antena. No hay modo de saber si la voz transmitida se ha recibido hasta que el locutor hace una pausa y espera una respuesta de la estación distante. La experiencia de esta compañía ha demostrado hasta ahora que las estaciones telegráficas inalámbricas que trabajan con la misma, longitud de onda que la estación telefónica no perturban a esta última a menos que estén muy cerca, tal vez a 4 millas. A 15 millas no se notan las perturbaciones.

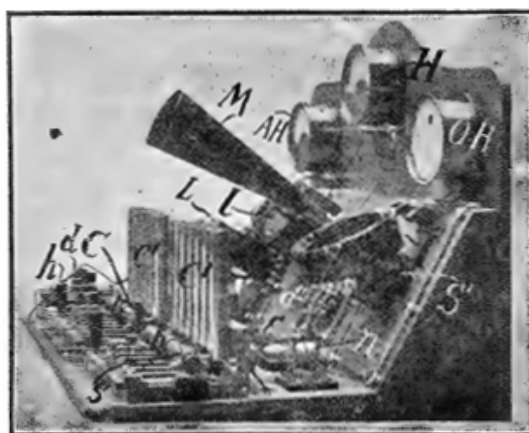


FIG. 19. TELÉFONO INALÁMBRICO TELEFUNKEN.

Los ingenieros de Telefunken afirman que las oscilaciones que genera este montaje de los arcos tienen una cualidad mucho más uniforme, y que la energía de salida es mucho más alta que la de un sólo arco ardiendo en gas hidrógeno, aunque se use con un chorro de aire o un

soplador magnético. Informan que cuando el acoplamiento es débil y la sintonía de la antena es exacta se reciben todas las consonantes y vocales con igual fuerza; de no ser así las vocales *a* y *o*, debido a su forma de la onda son muy adecuadas para la transmisión, y se reciben fuerte, mientras que la *i* y la *u* se reciben muy débil. Es obvio que en este sistema son esenciales el acoplamiento débil y la sintonía muy exacta.

#### EL SISTEMA TELEFÓNICO INALÁMBRICO DE FESSENDEN.

En las Fig. 20 y 21 se bosquejan los circuitos transmisor y receptor del sistema telefónico inalámbrico de Fessenden. G, Fig. 20, es un generador de corriente alterna de 1 kilovatio que desarrolla 150 voltios a 81.000 ciclos por segundo. Un transmisor telefónico M de alta potencia está en serie con la antena A y la armadura del generador. En la Fig. 21, I, C, D forman el circuito receptor usual de oscilaciones. D es un barretter líquido, o detector electrolítico, *t* es un receptor telefónico. P es un potenciómetro para regular el potencial de la pila seca *b*, hasta la cantidad crítica que necesita el detector.

La apariencia externa del transmisor microfónico de alta potencia diseñado por Fessenden para la telefonía inalámbrica, se parece al transmisor telefónico ordinario de carbón, y se llama transmisor “a través”. El propio transmisor, como describe el inventor, consiste de un anillo de esteatita al que se sujetan dos placas metálicas que tienen electrodos de platino iridiado. Una varilla pasa a través de un agujero en el centro, sujeta por un extremo a un diafragma y por el otro a una pala de platino iridiado. Los electrodos laterales están rodeados de una camisa de agua. Se coloca una cucharada de gránulos de carbón en el espacio central. Se afirma que este transmisor no se pega, no necesita de ningún ajuste, y aguanta 15 amperios a 25 voltios sin perjudicar la articulación.



FIG. 20.

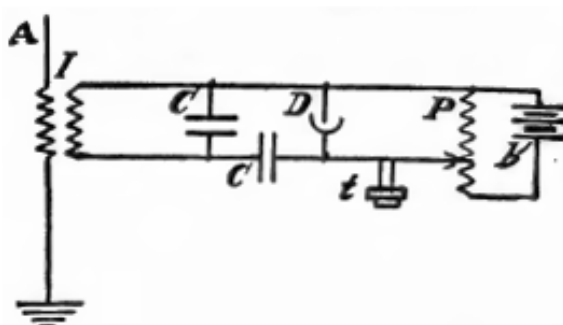


FIG. 21.

La caída de potencial a través del transmisor microfónico ordinario que se usa en serie con el hilo de antena en la telefonía inalámbrica es de 5 a 15 voltios con un flujo de corriente de 2 amperios. El porcentaje ordinario de la variación de la amplitud de las oscilaciones emitidas producidas por los transmisores microfónicos en la telefonía inalámbrica es del 5 por ciento. Con el transmisor telefónico de condensador *c*, Fig. 22, insertado en paralelo con el circuito radiante de la antena, una de las placas vibra por la voz pronunciada en la boquilla M, que produce variaciones de capacidad en la antena, se afirma que se puede obtener una mayor variación en la amplitud de las oscilaciones. Fessenden ha propuesto también variar la inductancia del circuito radiante introduciendo el secundario *s*, Fig. 23, del transformador T en la antena, cuyo primario *p* está en circuito con un transmisor microfónico M y la batería *b*. Para usos en telegrafía inalámbrica o telefonía, Fessenden ha diseñado un sensible receptor telefónico llamado heterodino. El heterodino, indicado en la Fig. 25, consiste de dos bobinas pequeñas, una *w*, fija, la otra *w'*, móvil. La bobina fija está bobinada sobre un núcleo de hilos finos de hierro; la bobina móvil está sujeta a un diafragma de mica *m*, que se mantiene paralelo con la bobina fija. Se mantiene en la bobina fija una corriente de alta frecuencia, de una fuente local E, de una frecuencia prácticamente igual a las oscilaciones transmitidas. La bobina móvil se inserta en serie con el circuito de antena A. Normalmente las corrientes en las bobinas no afectan a la bobina móvil, pero modificaciones de las oscilaciones captadas en el circuito de antena debidas

al transmisor microfónico distante producen reacciones entre las dos bobinas que provocan vibraciones del diafragma de mica que corresponden a las del transmisor, y estas vibraciones se escuchan en el auricular D como la voz u otros sonidos.

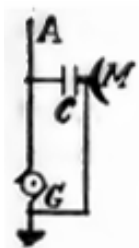


FIG. 22.

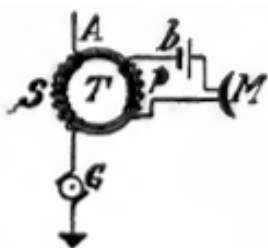


FIG. 23.

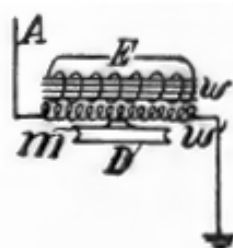


FIG. 24.

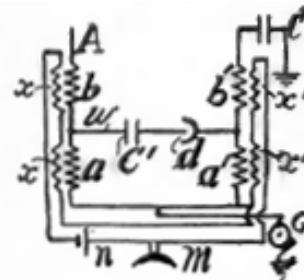


FIG. 25.

Para facilitar la escucha y averiguar si se ha recibido correctamente el mensaje, Fessenden proporciona un conmutador con el cual se pueden cambiar fácilmente los circuitos transmisor y receptor con la antena. El mismo inventor utiliza también para ello el principio de los métodos telegráficos del “puente” y “diferencial”, en un montaje que se bosqueja en la Fig. 25. Aquí  $a$ ,  $b$ , y  $a'$ ,  $b'$  pueden representar los brazos de un puente dúplex. Un condensador  $C'$  y el detector  $d$  están dispuestos en el hilo  $w$  del puente.  $A$  es la antena usual.  $C$  es una antena “artificial”.  $G$  puede ser una fuente de oscilaciones sostenidas;  $M$  un transmisor microfónico,  $n$  una batería. Cuando se habla ante el transmisor microfónico  $M$ , la amplitud de las oscilaciones variará por acción de las bobinas  $x$ ,  $a$ ,  $x'$ ,  $a'$ , etc. dispuestas en diferencial, pero cuando los brazos del puente son iguales, cuando la resistencia, inductancia y capacidad de la antena artificial  $C$  es igual a las de  $A$ , y las bobinas diferenciales están bien proporcionadas, las variaciones de amplitud del transmisor  $M$  no afectarán al detector  $d$ . Sin embargo, responderá al mismo tiempo a las oscilaciones que llegan a la antena, de la manera que es conocida en las operaciones en telegrafía dúplex. (Ver “Telegrafía Americana del autor, pág. 109). En la práctica, para evitar perturbaciones de las oscilaciones emitidas, Fessenden emplea unos refinamientos adicionales, incluyendo un “interruptor de prevención”, no indicado en la figura. Podría consistir en los primarios de dos bobinas pequeñas situadas en múltiple en el hilo del puente con un condensador en serie con los secundarios de las bobinas, en lugar del montaje,  $C'$ ,  $d'$  mostrado en el hilo  $w$  del puente en la figura.

En relación con los experimentos con el teléfono inalámbrico dirigidos por el profesor Fessenden entre Nueva York y Brant Rock, se informa que se ha transmitido la voz con un consumo energético de menos de una tercera parte de un caballo (200 vatios). Sobre esta base el experimentador concluye que con un mástil de 600 pies de altura y un consumo de 10 kilovatios sería posible telefonar entre América y Europa sin hilos. La antena usada por Fessenden en Brant Rock es una de las más altas que hay hoy día. El mástil tiene 420 pies de altura y consiste de un tubo de acero de 3 pies de diámetro y se mantiene en posición vertical por medio de los vientos adecuados.

#### TELÉFONO INALÁMBRICO DE COLLINS.

Este sistema, Fig. 26, 27, emplea como fuente de oscilaciones continuas un arco con electrodos de discos de carbón  $s$ ,  $s$ , que giran en un campo magnético que establece el electroimán  $m$ ,  $m$ , y cuyas bobinas también actúan como bobinas de choque para impedir que las oscilaciones retrocedan hacia el generador de alta tensión  $D$ , accionado por el motor DC. El electroimán fija al arco en la mejor posición para que funcione con éxito. El circuito oscilante comprende el arco, condensadores de placas de vidrio  $C$ ,  $C$ , y la inductancia  $L$ . La sintonía se hace por medio de contactos deslizantes o elipses  $n$ ,  $n$ . La mejor sintonía se indica con un dispositivo indicador que consiste de un tubo al vacío  $r$ , de 13 pulgadas de largo y 1,75 pulgadas de diámetro. Los hilos de platino  $t$ ,  $t$ , de 0,62 pulgadas de diámetro, entran en el tubo y prácticamente se tocan en el centro. La resonancia se indica con el brillo en la separación de los

hilos, este brillo se extiende más y más cuando aumenta la fuerza de las oscilaciones: Si las oscilaciones positiva y negativa tienen la misma fuerza, el brillo se extenderá a la misma distancia desde la separación de los hilos; si no es igual, el brillo será más pronunciado en un lado que en el otro. El arco está en puente con un condensador  $c$ , y el secundario de un transformador  $l$ , cuyo primario se alimenta con una fuente de corriente continua de 25 voltios E. Al hablar ante el transmisor microfónico M se producen modificaciones de las oscilaciones del arco. Según el inventor, la fuerza electromotriz de las oscilaciones de alta frecuencia se eleva a 100.000 voltios en el circuito de antena. K es una bobina de sintonía, o alargamiento en la antena A.

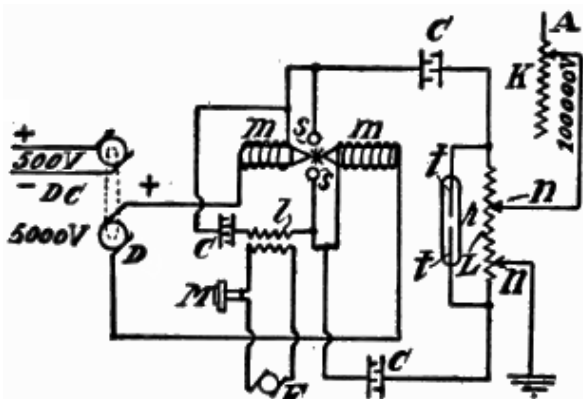


FIG. 26. SISTEMA RADIO TELEFÓNICO COLLINS

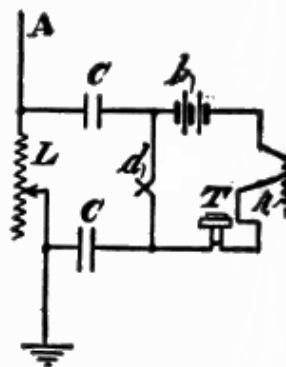


FIG. 27.

En la Fig. 27 se bosqueja el circuito receptor de este sistema. C, C y L forman el circuito oscilante. A es el hilo de antena,  $d$  es un detector termoelectrónico que consiste de un "par" de dos metales diferentes, cruzados en ángulo recto y debajo de la unión se coloca un hilo de resistencia que se calienta con las oscilaciones que se reciben, esto produce variaciones de corriente en el circuito del teléfono T que se corresponden con las ondas sonoras transmitidas. Se puede variar la fuerza de la batería  $b$  con el reóstato o potenciómetro  $r$ . Se han echo pruebas experimentales con este sistema entre Singer Building, en Nueva York, y Newark, Nueva Jersey.

#### TELÉFONO INALÁMBRICO DE MARJORANA.

El profesor Quirino Marjorana, a quien se debe este sistema, ha hecho varios experimentos de telefonía inalámbrica en Italia. Para obtener las oscilaciones sostenidas empleó al principio el montaje mostrado teóricamente en la Fig. 28. Un disco de ebonita  $d$ , montado sobre el eje  $s$  del motor adecuado, lleva un anillo metálico  $r$ ,  $r$ , en sus caras opuestas. Unas escobillas metálicas  $b$ ,  $b$ , a las que están conectadas los hilos del circuito oscilante  $c$ , se apoyan sobre estos anillos. En cada anillo metálico se ha fijado un hilo de acero  $w$ ,  $w$ , de 27 pulgadas de largo, paralelos entre sí, sus extremos abiertos se encuentran próximos entre sí; esto forma el chispero  $g$  del circuito oscilante. En el circuito oscilante se inserta también el secundario  $n$  de un transformador, el primario del mismo  $n'$  se alimenta con corriente alterna de una fuente E. Cuando gira el motor que lleva los anillos metálicos y los hilos de acero la presión del aire en el chispero  $g$  tiene el efecto de apagar cada chispa principal en numerosas chispas menores, con el resultado que se obtienen 20.000 interrupciones por segundo. Se ha obtenido un cierto éxito con este dispositivo, pero no es adecuado para la operación práctica.

Seguidamente el profesor Marjorana adoptó un generador de arco de oscilaciones sostenidas prácticamente similar al dispositivo de Poulsen ya descrito. Este montaje se muestra en la Fig. 29, donde K es un electrodo de cobre,  $k$  un electrodo de carbón, ardiendo en atmósfera de hidrógeno;  $m$ ,  $m$  son electroimanes para estabilizar la posición del arco en relación a los electrodos, aumentando por tanto la eficiencia y la constancia de las oscilaciones. Las bobinas de los electroimanes se alimentan de la misma corriente continua E que alimenta al arco, y actúan como bobinas de choque para que no pasen las oscilaciones de alta frecuencia (150.000 a 1.000.000 por segundo) a la fuente de corriente continua E.

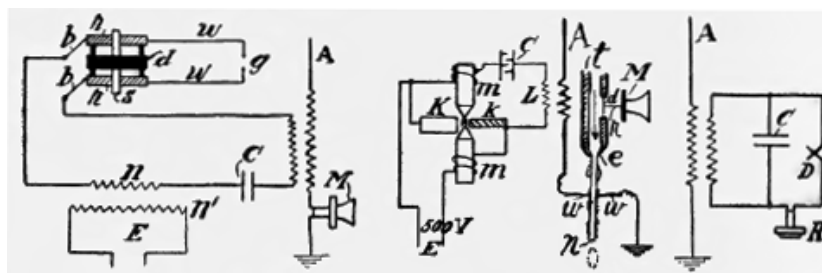


FIG. 18, 19, 30. SISTEMA TELEFÓNICO INALÁMBRICO DE MARJORANA.

Para evitar los problemas por calentamiento debidas al uso de fuertes corrientes en el transmisor microfónico de carbón, usa en su sistema lo que llama transmisor líquido, o transmisor microfónico hidráulico. En la Fig. 29 se bosqueja una forma de este transmisor. Consiste de un tubo  $t$  donde se hace pasar agua u otro líquido adecuado en la dirección indicada por la flecha. El tubo tiene una diminuta apertura en su extremo inferior  $e$  por donde cae el líquido normalmente en forma de una fina columna sólida hasta una distancia considerable, donde comienza a dividirse en gotas, como en  $n$ . Marjorana ha observado que los golpes rápidos al tubo tienen el efecto de variar el punto donde comienzan a formarse las gotas, haciendo que se acerquen al extremo del tubo  $t$ . Para aprovecharse de esta propiedad se hace el tubo de material fuerte excepto en el punto cercano al extremo inferior del tubo, donde se inserta un diafragma fino y elástico. Una varilla  $r$  conecta este diafragma con el diafragma de un transmisor telefónico  $M$ . Al hablar ante la boquilla de  $M$  se ocasionan contracciones en la columna de agua, como indican las líneas de puntos, y estas contracciones se hacen más frecuentes hacia el extremo inferior de la columna. Dos hilos pequeños de platino  $w$ ,  $w$ , que pueden formar parte del circuito de antena  $A$ , se sitúan en el punto deseado de la columna de agua, el líquido completa el circuito. Las vibraciones del diafragma debidas a la voz varían la forma y cantidad del chorro de líquido entre los hilos  $w$  y  $w$ , y por tanto varían la resistencia del circuito; esto modifica las oscilaciones transmitidas de la forma deseada para la reproducción de la voz en la estación receptora. Marjorana ha utilizado en sus experimentos agua acidulada, mercurio y otros líquidos.

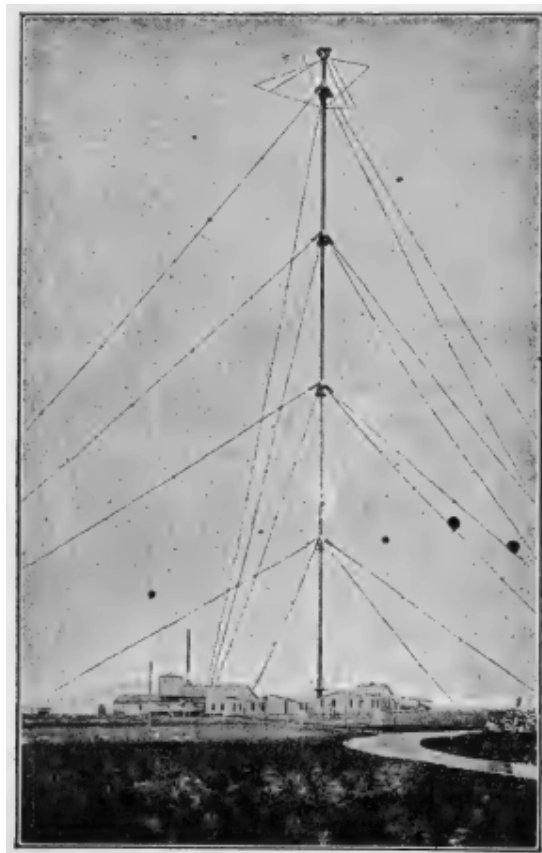
El circuito receptor, Fig. 30, es prácticamente similar a los descritos en otros sistemas inalámbricos.  $A$  es la antena, acoplada inductivamente con el circuito oscilante receptor.  $C$  es la capacidad usual.  $R$  es un receptor telefónico. El inventor ha empleado un detector termoeléctrico  $D$ , pero en sus últimos experimentos informa que ha encontrado al detector audión como el más satisfactorio; sus pruebas con el detector electrolítico, el detector electromagnético, y un par de contactos de carbón no tuvieron éxito.

Se dice que se obtuvieron resultados excelentes con el sistema telefónico inalámbrico de Marjorana entre Monte Mario, Roma y Mesina, Sicilia, a una distancia de 300 millas, antes de la destrucción reciente de Mesina por un terremoto.

Para cerrar se puede decir que, aunque el teléfono inalámbrico es susceptible de muchos perfeccionamientos en varias direcciones, todavía no se puede negar que haya alcanzado un punto de una utilidad práctica limitada. No tardará en estar disponible para usos generales que lo deseen. Como ha observado el autor en muchos lugares (Ver Actas de la Asociación de Superintendentes del Telégrafo de los Ferrocarriles) “la telefonía inalámbrica, aunque sólo esté disponible para distancias relativamente cortas, se puede instalar con ventaja en el cuarto de oficiales de cualquier barco que flote en el océano, lago, río o puerto” porque no el teléfono no necesita operadores especialmente entrenados. Sin embargo, para alcanzar este resultado será necesario que se llegue a un grado de fiabilidad y simplicidad que los aparatos todavía no han alcanzado, para que los puedan manipular los oficiales ordinarios de un barco. Como observó primero el autor (ver Parte 1), la telefonía sin hilos tiene la ventaja técnica sobre la telefonía por hilos o cables que no ha de luchar contra la capacidad estática del conductor. Cuando se hayan hecho los perfeccionamientos necesarios en este arte, quizás en la dirección de oscilaciones de alta frecuencia más potentes, y transmisores telefónicos más potentes, o se hayan desarrollado sus equivalentes, es posible no estar atado a las expectativas hechas ahora por ciertos inventores



entusiastas sobre la telefonía inalámbrica trasatlántica, y que en algunos círculos se está considerando visionaria, y finalmente se pueda conseguir.



ESTACIÓN INALÁMBRICA DE FESSENDEN  
BRANT ROCK, MASSACHUSSETS.