

967751



2 ENE 1926

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

para solicitar

**P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N**

e n

**E S P A Ñ A**

por VEINTE años

por "Mejoras en la reducción de pérdi-  
das en los sistemas de transmisión"

A nombre de:

**Teléfonos Bell S. A.**

establecida en:

**Avenida de Pi y Margall, 5, Madrid.**

-----

Este invento se relaciona con los circuitos de transmisión y más particularmente con unos medios y con unos métodos para reducir las pérdidas de transmisión en esos circuitos.

Con el desarrollo de los métodos de transmitir señales telefónicas y telegráficas por medio de corrientes propagadas por unas líneas de hilos abiertas se han introducido nuevos problemas de transmisión. Debido al hecho de que las corrientes que se emplean son de

frecuencia relativamente alta o grande en comparación con las corrientes para la voz o con las corrientes Morse que se utilizan en los métodos de comunicación ordinarios, se ha observado que la atenuación aumenta de un modo muy marcado, hasta el punto, en efecto, que los repetidores para la amplificación de las corrientes transmitidas tienen que separarse en unas distancias mas cortas, aumentando así el gasto de la instalación por fuera de las estaciones terminales a las que se aplica el aparato transportador. Además, la atenuación es tan grande que no ha sido posible emplear en las líneas telefónicas frecuencias transportadoras o conductoras que excedan de 30.000 ciclos por segundo.



Un análisis de los factores que dan lugar a esa atenuación ha demostrado que a ello contribuyen tres factores principales, que son: en primer lugar, la resistencia de los conductores de línea mismos, que aumenta con la frecuencia debido al efecto superficial o de forro; en segundo lugar, una pérdida por escape o filtración en los aisladores que se emplean; y en tercer lugar, una pérdida adicional, también por escape o filtración, en los travesaños y en los pitones que sostienen a los aisladores.

Investigaciones intensivas han demostrado que una parte muy material de la atenuación debida a esa pérdida por escape o filtración por los aisladores que se suelen emplear en las líneas de hilos aéreos, varía dentro de un campo muy grande o amplio con los diferentes estados atmosféricos. El aislador obra a modo de un condensador, constituyendo el vidrio de ese aislador el dieléctrico, comprendiendo una placa el hilo de línea y el hilo atador del exterior de ese aislador, y comprendiendo la otra placa el pitón o espiga de madera soporta-

dor del referido aislador. El condensador que así se forma da lugar a una pérdida por escape o filtración, la cual se debe a la llamada histéresis dieléctrica, variando esa pérdida con la capacidad del condensador.

Con tiempo seco, la placa exterior del condensador, esto es, la parte del hilo de línea contigua al aislador, y su correspondiente hilo atador, constituye una placa de área relativamente pequeña, de suerte que la capacidad es a su vez relativamente pequeña y, por lo tanto también, la pérdida por escape resulta pequeña, aun con frecuencias transportadoras o conductoras, con relación a la atenuación total del circuito. Ahora bien, con tiempo húmedo, toda la superficie del aislador se encuentra húmeda, siendo el resultado de ello el considerable aumento del área conductiva por la parte externa del aislador. Debido a ello aumenta mucho la capacidad y, por consiguiente, la pérdida por filtración o escape. Durante los extremos de tiempo húmedo y de tiempo seco, la atenuación del sistema varía en un amplio campo debido sólo a esa causa, lo que necesita recurrir a un aparato regulador especial para mantener constante la transmisión equivalente del circuito con todos los estados atmosféricos.

En la actualidad no existe medio práctico alguno para eliminar las pérdidas debidas al primero de los expresados factores, toda vez que esa pérdida es propia del conductor mismo tal como hoy se construye. Las pérdidas debidas al segundo de dichos factores, que a veces se llaman pérdidas por histéresis de la materia del aislador, y las pérdidas que tienen lugar en los travesafios y en los pitones o espigas de los aisladores, se pueden reducir y eliminar prácticamente merced a los métodos



y disposiciones que describiremos de acuerdo con el invento.

Para que el mencionado invento se pueda comprender con toda claridad pasamos a hacer su descripción detallada con ayuda de los adjuntos dibujos, en los que designan:

La figura 1, la disposición normal de los travesaños y de los pitones o espigas de los aisladores de una línea de transmisión.

La figura 2, un circuito eléctrico equivalente para la disposición de la figura 1.

La figura 3, el método de construcción mejorado de los travesaños y de los pitones de los aisladores, con arreglo al invento.

La figura 4, un circuito eléctrico equivalente para la disposición de la figura 3.

Las figuras 5 y 6, unos circuitos teóricos que ilustran los factores que entran en la propagación de corrientes alternas por las líneas de transmisión,

La figura 7, una serie de curvas ilustrativas de las ventajas que se derivan del empleo del presente invento.

La figura 8, un circuito esquemático en el que se indica cómo se lleva a cabo la pérdida por histéresis de un dieléctrico.

La figura 9, un diagrama vector que ilustra la pérdida por histéresis.

Las figuras 10, 11 y 12, unas vistas de tres tipos de aisladores mejorados que se emplean con el invento.

La figura 13, una vista del tipo de aislador que generalmente se emplea en las líneas telefónicas.



Las figuras 14, 15 y 16, algunos de los aisladores de pequeña capacidad propios para utilizarse en combinación con el invento.

Las figuras 17 y 18, dos tipos de aisladores provistos de unas capas protectoras externas, de acuerdo con el invento.

Las figuras 19 y 20, otras dos formas de forros metálicos que se pueden prensar o comprimir para adaptarse a la forma de la superficie exterior de un aislador existente.

Las figuras 21 y 22, unas formas de aisladores modificados, en los que el forro o recubrimiento metálico exterior va a constituir una especie de falda adicional para el aislador, y

Las figuras 23 a 30, otras disposiciones del invento.

Con referencia a la figura 1, que ilustra en una forma simplificada una disposición de travesaño típica, como la que se emplea en las líneas telefónicas, 1 y 2 designan un par de conductores de una línea telefónica, tal como suele tenderse de uno a otro poste, en la construcción ordinaria de hilos aéreos. El travesaño 3 lo constituye generalmente un barrote de madera, que tiene unas espigas o pitones 4 y 5 donde se montan unos aisladores 6 y 7, generalmente de vidrio o de otra materia no conductora. Los expresados conductores 1 y 2 se sujetan a los aisladores 6 y 7 por medio de unos hilos o conductores atadores 8 y 9.

Para que se comprenda cómo se llevan a cabo las pérdidas por escape o filtración por un sistema como el descrito, debe tenerse en cuenta que la madera del travesaño 3 y de las espigas 4 y 5 no es perfectamen-



te no conductora, sino que resulta, en efecto, un dieléctrico relativamente pobre en comparación con el vidrio de que se componen los aisladores 6 y 7. Tanto ese travesaño como las espigas obran, por lo tanto, a modo de un condensador, con una vía de escape o filtración en shunt de gran resistencia. Además, el metal de los conductores 1 y 2, contiguo a los aisladores, y el metal de los hilos sujetadores 8 y 9, constituyen una placa de un condensador cuyo aislador de vidrio mismo es el dieléctrico, siendo la espiga de madera la otra placa. Durante los estados atmosféricos húmedos, la placa exterior del condensador se amplía considerablemente en cuanto a área, debido a la humedad de la superficie exterior del vidrio del aislador, de suerte que los efectos de escape o filtración producidos por dicho aislador aumentan mucho en tiempo húmedo.



La acción del aislador y de sus partes asociadas, como condensador, implica tres factores, siendo el primero de ellos la capacidad  $C_1$  entre sus placas (esto es, la capacidad entre el conductor de línea, el hilo atador, y la humedad, en caso de que exista alguna, en su superficie exterior, por una parte, y la espiga del aislador, por otra), y el segundo la conductancia  $G_{dc}$  que representa el continuo escape o filtración de corriente del conductor de línea por la superficie exterior del aislador y por debajo de su falda, hasta la espiga soportadora. Ese continuo escape de corriente no varía con la frecuencia y como quiera que es un escape o filtración superficial resulta peor en tiempo húmedo que en tiempo seco, aunque representa en general más bien un elemento pequeño de la pérdida de transmisión total. El tercer factor es la conductancia  $G_h$  que representa las

pérdidas de histéresis dieléctrica en la materia del aislador mismo. Esa conductancia es una función de la capacidad del aislador y aumenta con la frecuencia, de modo que con altas frecuencias resulta un factor muy material.

Los elementos que entran en la acción del aislador los ilustra diagramáticamente la figura 2. Por encima de esos factores existen otros dos con los que el presente invento se relaciona principalmente, y son la capacidad equivalente  $C_{ca}$  del travesaño y de las espigas, y la conductancia equivalente  $G_{ca}$ , que representa la suma de la verdadera conductancia entre la superficie interior de un aislador y la del otro, y una conductancia adicional que representa las pérdidas dieléctricas en los travesaños y en las espigas. Esos factores aparecen también esquemáticamente en la figura 2.

Para eliminar la conductancia equivalente de las espigas o pitones y del travesaño, esas espigas pueden ser de un metal conductor como en 11 y 12 lo indica la figura 3, o si se emplea la madera puede ésta forrarse con un conductor metálico, como por ejemplo, una chapa metálica que recubra a la espiga, o mediante una camisa metálica delgada de cobre o de otra materia adecuada. Además, las espigas metálicas, en un caso, o los forros metálicos, en el otro, se conexionan directamente por medio de un conductor metálico 10 (figura 3), siendo ese conductor esencialmente de ninguna resistencia, de modo que prácticamente va a existir una conexión de corto circuito muerto entre la superficie interior del aislador 6 y la superficie interior del aislador 7. El circuito eléctrico equivalente que de ello resulta lo ilustra diagramáticamente la figura 4.

El invento, en la descripción hecha, se ha

limitado a un circuito de un solo par de hilos, pero es evidentemente aplicable a unos circuitos consistentes en diversos hilos. Por ejemplo, el circuito fantasma común emplea dos hilos en cada lado del circuito. Para ese circuito las espigas metálicas, en un caso, o los forros metálicos, en el otro, se reúnen todas, esto es, se enlazan mediante un conductor metálico, de suerte que esencialmente un estado de corto circuito existe entre la superficie interior de todos los aisladores de un lado del circuito y la superficie asimismo interior de todos los aisladores del otro lado.

Para que se comprenda cómo esa construcción da por resultado la reducción de la pérdida de escape o filtración, implicando, como lo hace, una disposición que a primera vista parece que proporciona una mejoría de escape que en la primitiva construcción, haremos una breve descripción de la teoría de la transmisión. Con referencia a la figura 5, cualquier sistema de transmisión del tipo usual que nos ocupa puede considerarse como una línea constituida por un gran número de secciones, comprendiendo cada sección una inductancia en serie  $L$ , debida a la materia de los hilos de línea mismos, una resistencia en serie  $R$ , asimismo propia de la materia de los mismos hilos de línea, una capacidad en shunt  $C$ , y una conductancia  $G$ , también en shunt.

La constante de propagación de ese sistema conductivo puede expresarse por la fórmula bien conocida:

$$y = \sqrt{(R + j L \omega) (G + j C \omega)} = \alpha + j \beta$$

en la que  $-y-$  es la constante de propagación por longitud de unidad, y  $R$ ,  $L$ ,  $G$  y  $C$  son respectivamente la resistencia, la inductancia, la conductancia y la capacidad, también por longitud de unidad.  $\omega$  es  $2 \pi$  veces la



frecuencia;  $-j$ - la  $\sqrt{-1}$  del operador o agente;  $\alpha$  la constante de atenuación por longitud de unidad; y  $\beta$  un término que representa un simple cambio en la fase de la corriente transmitida. Ahora bien, el valor de  $\alpha$  en la ecuación expuesta lo da la expresión:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{(R^2 + L^2 \omega^2)(G^2 + C^2 \omega^2)} + \frac{RG - LC \omega^2}{2}}$$

Cuando  $L^2 \omega^2$  es grande con relación a  $R^2$ , y  $C^2 \omega^2$  es también grande con relación a  $G^2$ , como sucede en las frecuencias que se emplean para la transmisión, esa expresión se reduce a:

$$\alpha + R/2 \sqrt{C/L} + G/2 \sqrt{L/C}$$

Se deduce, por lo tanto, que cualquier reducción de la resistencia  $R$  o de la conductancia  $G$  dará por resultado una disminución en la atenuación del circuito.

Como ya hemos dicho, siendo la resistencia  $R$  una característica propia de los conductores de línea mismos, no se puede eliminar por ningún medio físico práctico. Sin embargo, es posible efectuar una reducción muy grande en la conductancia  $G$ .

Para aplicar las consideraciones teóricas que se acaban de exponer, al problema práctico presentado en el caso de líneas aéreas sostenidas en unos postes, haremos referencia al diagrama de la figura 6, que ilustra el equivalente eléctrico de una línea abierta o aérea, cuyos conductores se montan en unos aisladores de vidrio los cuales se montan a su vez en unas espigas sostenidas por unos travesaños. La capacidad  $C$  de la figura 5 la representa en ese caso la capacidad  $C_a$ , debido a obrar el aire como un dieléctrico entre los conductores de línea,



y las capacidades  $C_1$  y  $C'_1$  que corresponden a las capacidades debidas a la acción de un aislador como un condensador, según se ha dicho antes. La acción del aire como dieléctrico no implica pérdida por escape o filtración, o en todo caso es esa pérdida tan pequeña que puede no hacerse caso de ella.

Las capacidades  $C_1$  y  $C'_1$  tienen, sin embargo, asociado con ellas unas pérdidas dieléctricas representadas por las conductancias  $G_h$  y  $G'_h$ . Asimismo las conductancias  $G_{dc}$  y  $G'_{dc}$  van asociadas con esas capacidades, pero dichas conductancias representan únicamente escape o filtración de corriente continua y son de un valor relativamente pequeño. Como ya hemos dicho, todas las conductancias asociadas con las capacidades  $C_1$  y  $C'_1$  se pueden reducir mucho si se recurre a unos métodos adecuados para la construcción de los aisladores, como luego veremos. Permanece, sin embargo, la conductancia  $G_{ca}$  que representa las pérdidas en las espigas de madera de los aisladores y en el travesaño. Si esa conductancia se pone en corto circuito y se elimina así del circuito, la conductancia  $G$  de la figura 5 se reducirá proporcionalmente y, como se desprende de las ecuaciones expuestas, esa reducción en el valor de  $G$  da por resultado una disminución de la pérdida de energía.

Una demostración de ese hecho puede darse como sigue: Supongamos, por el momento, que las conductancias asociadas con los aisladores son cero, estado que, como ya se ha hecho notar, puede casi alcanzarse en la práctica. Para ese estado claro es que la corriente que circula por la conductancia  $G_{ca}$  producirá una pérdida de energía que, como es natural, hay que restar de la energía transmitida por el circuito. Ahora bien,



si esa conductancia se pone en corto circuito, la corriente que circula entre los hilos es una corriente de capacidad pura que no produce pérdida. En cuanto a ese particular hay que tener en cuenta que el resultado que se logra poniendo en corto circuito las espigas y el travesano, se pueden obtener teóricamente haciendo que su conductancia equivalente sea cero, pero es imposible realizar eso en la práctica.

Una idea de la magnitud de la reducción de pérdida por escape o filtración que así se efectúa se puede obtener si consideramos las curvas de la figura 7. Esas curvas representan la atenuación, con diferentes frecuencias, de una línea de transmisión, representando cada una de las curvas un estado diferente del circuito, medida la atenuación por el eje Y, y la frecuencia por el eje X. La curva A, por ejemplo, representa la variación de atenuación con frecuencia, comprendiendo la línea de transmisión la resistencia R en serie (el efecto de ferro), la inductancia L en serie, y la capacidad L en shunt, pero ninguna conductancia G de escape o filtración. Se observará que la atenuación aumenta a medida que la frecuencia es mayor, lo que se debe al hecho de ir comprendida la resistencia en serie R. Si no existiese resistencia en serie la atenuación sería uniforme con todas las frecuencias.

La curva B representa la variación en atenuación con frecuencia, como se ha observado en una línea de transmisión con estado atmosférico seco. Claro es que tenemos conductancia de escape G debida a la pérdida de histéresis en los aisladores, y también al escape o filtración por los travesanos y por las espigas. La curva C es una igual para el mismo circuito con estado



atmosférico húmedo. Se observará que la atenuación aumenta entonces enormemente, debido en primer lugar al humedecimiento de la superficie de los aisladores, lo que hace que aumente la capacidad con un consiguiente aumento de las pérdidas dieléctricas representadas por  $G_h$  y  $G'_h$  en la figura 6.

Desgraciadamente la instalación tiene que hacerse para el estado atmosférico húmedo cuando la atenuación aumente enormemente. No solamente tiene que establecerse el circuito de tal suerte que la transmisión sea comercial con ese estado, sino que hay que recurrir a unas disposiciones especiales para que la transmisión se mantenga constante con todos los estados atmosféricos. Evidente es, por lo tanto, que si la enorme pérdida representada por la curva C se pudiese eliminar aunque sólo fuese esencialmente, de modo que se lograse un estado que se aproximase al de la curva A, se lograría una inmensa economía en la instalación, no solamente como consecuencia de la reducción en el número necesario de repetidores, sino también por el hecho de que no se necesitarían reguladores de transmisión para mantener la transmisión constante con diferentes estados atmosféricos.

La curva D representa la variación de la atenuación con frecuencia y en estados atmosféricos húmedos, yendo las espigas y los travesaños en corto circuito con arreglo al invento. Se observará que la pérdida de transmisión debida a la conductancia G de la figura 5 se reduce hasta casi la mitad de su valor primitivo. Asimismo se elimina la variación de la pérdida en las espigas y en los travesaños, debida a los cambios atmosféricos.

Se observará que el empleo del invento,



juntamente con los métodos mejorados que se siguen para la construcción de los aisladores, de los que más adelante nos ocuparemos, hace que se reduzca la pérdida de transmisión hasta prácticamente las mismas proporciones que existirían si no hubiese ninguna conductancia de escape y no se tratase de otra atenuación mas que la producida por la resistencia de superficie o forro R de los conductores de línea. La pérdida de transmisión con estados atmosféricos húmedo y seco no variaría materialmente, de suerte que no harían falta ningunas disposiciones para mantener constante la transmisión. Además, la absoluta reducción de la atenuación representada por las curvas C y D permitiría el empleo de un número de repetidores proporcionalmente menor.

Describiremos ahora unos métodos adecuados para la construcción de los aisladores, con los que las pérdidas de transmisión representadas por la curva D se pueden reducir, aún con estados atmosféricos húmedos, a la curva E representada con líneas discontinuas.

La pérdida representada por la diferencia entre las curvas A y B se debe prácticamente toda ella a lo que se conoce por pérdida de histéresis del dieléctrico constitutivo del aislador. Esa histéresis dieléctrica es algo análoga a la pérdida de histéresis que se observa al magnetizar el hierro. Aun cuando el fenómeno no se ha llegado a comprender por completo, evidentemente produce un efecto equivalente a la pérdida introducida por una conductancia en la vía del aislador. Por ejemplo, si consideramos el aislador como un condensador según ya hemos expuesto al ocuparnos del diagrama de la figura 2, se puede representar la pérdida dieléctrica como una resistencia R shuntada en derredor de la



capacidad  $C$  del condensador (figura 8). Esa resistencia  $R$  varía con la frecuencia, aproximadamente de acuerdo con la expresión  $R = R_0/f$ , siendo  $R_0$  una constante que depende del caracter del dieléctrico.

Si una fuerza electromotriz alterna  $E$  se le aplica al sistema que ilustra la figura 8, una corriente  $I$  circulará por el condensador  $C$ , y otra corriente  $I_1$  por la resistencia  $R$ . Dicha corriente  $I$  tendrá  $90^\circ$  de desplazamiento de fase con respecto a la corriente  $I_1$  y será una corriente "desvatiada". Si se marcan ambas corrientes  $I$  e  $I_1$  en la forma de un diagrama vector, como lo indica la figura 9, la corriente resultante  $I_2$  formará un ángulo  $\phi$  con la corriente desvatiada  $I$ . La corriente  $I_1$  representa una pérdida de energía, y si esa corriente no existiese la acción del condensador  $C$  sería la de un condensador perfecto y no habría pérdida de transmisión debida al condensador. El ángulo  $\phi$  para un dieléctrico dado es una medida de la pérdida de histéresis de la materia y se conoce, por lo tanto, por ángulo de pérdida.

Para las materias que generalmente se emplean como dieléctricos, particularmente las destinadas a utilizarse en los aisladores telefónicos, el ángulo de pérdida es relativamente pequeño y del orden de  $1 \frac{1}{2}^\circ$  a  $2^\circ$  con las frecuencias telefónicas. Aun esos pequeños ángulos implican una pérdida considerable, como más adelante veremos. Evidente es, por lo tanto, que si el aislador se construye de una materia que tenga un ángulo de pérdida considerablemente menor que el de las materias que en la actualidad se emplean, las pérdidas de conductancia debidas a las histéresis se pueden eliminar mucho.

El referido ángulo de pérdida se puede de-



terminar del siguiente modo:

La corriente desvafiada que circula por el condensador se puede expresar por  $I = E C \omega$ , siendo  $C$  la capacidad,  $E$  el voltaje aplicado, y  $\omega = 2 \pi$  veces la frecuencia. Del mismo modo la corriente que representa la pérdida de energía se puede expresar por  $I_1 = E/R$ . Cuando el ángulo  $\phi$  es pequeño,  $\phi \approx \text{tang. } \phi \approx \text{sen. } \phi$ . En la figura 9 se demuestra que  $\text{sen. } \phi = \frac{E}{R} / E C \omega = 1 / RC \omega$ . Por consiguiente, el ángulo de pérdida  $\phi$  se puede expresar por  $\phi = 1 / RC \omega$ . De la ecuación precedente se deduce que si  $R$  es infinito, o lo que es lo mismo, si la conductancia  $G$  es cero, el ángulo de pérdida  $\phi$  será también cero. La pérdida de fuerza, como veremos, es una función del ángulo de pérdida del dieléctrico, y evidentemente, si ese ángulo determinado es cero, no habrá pérdida de fuerza. Por lo tanto, si empleamos para un aislador una materia que tenga un ángulo de pérdida muy pequeño, la pérdida por histéresis se puede reducir a unas proporciones insignificantes.

La pérdida de fuerza  $P$  se puede expresar por:

$$P = I_1^2 R = E^2 / R^2 \cdot R = E^2 / R.$$

Por esa expresión, que define el ángulo de pérdida, es evidente que  $R = 1 / C \omega \phi$ , y substituyendo ese valor de  $R$  en la ecuación precedente tendremos que  $P = E^2 C \omega \phi$ . Por esa expresión se verá que la pérdida es proporcional al ángulo de pérdida  $\phi$  y que también depende de la constante del dieléctrico, puesto que  $C$ , la capacidad, es proporcional a la constante dieléctrica de la materia. La constante dieléctrica, como se sabe, es simplemente la relación entre la capacidad del determinado dieléctrico y la capacidad de aire.

Por lo expuesto se comprenderá que prácti-

camente se puede eliminar la pérdida por histéresis del aislador si empleamos como materia del mismo un dieléctrico que tenga un ángulo de pérdida muy pequeño. Los aisladores que generalmente se emplean tienen un ángulo de pérdida entre 1 y 2 grados, con 30.000 ciclos, y la pérdida de transmisión debida al empleo de esas materias es muy grande con frecuencias de ese orden, como se verá si se compara la curva D de la figura 7 con la curva A. Sin embargo, con frecuencias telefónicas ordinarias, como lo demuestran los extremos de la izquierda de las curvas, la pérdida debida a la histéresis no es tan grande, y hasta el descubrimiento de la transmisión de corriente portadora fué posible ignorarlo.

Mediante experimentos se ha visto que se pueden producir vidrios que tengan ángulos de pérdidas pequeños, procediendo por dos líneas o métodos diferentes. Uno de ellos es el de incluir en la materia de la cual se obtiene el vidrio, una gran proporción de algún metal pesado, como el plomo, el antimonio, o el bario. El otro método es el de producir un vidrio que se asemeje a un determinado compuesto químico (como un borosilicato).

Un ejemplo del primer tipo es un vidrio de la composición siguiente:

Sílice	$\text{SiO}_2$	. . .	64.64
Oxido de plomo	$\text{PbO}$	. . .	21.66
Oxido de sodio	$\text{Na}_2\text{O}$	. . .	9.10
Oxido de potasio	$\text{K}_2\text{O}$	. . .	3.20
Pentóxido fosforoso	$\text{O}_2 \text{P}_2\text{O}_5$	. . .	0.75
Oxido bórico	$\text{B}_2\text{O}_3$	. . .	0.37
Alúmina	$\text{Al}_2\text{O}_3$	. . .	0.20
Oxido férrico	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . .	0.04
Oxido de calcio	$\text{Ca O}$	. . .	0.02



Oxido de magnesio	Mg O	. . .	0.02
Fluorina	F	. . .	Indicios
			<u>100.00</u>

Se ha visto que un vidrio de esa composición, después de medido y probado, posee las siguientes características eléctricas:

	<u>1000 ciclos</u>	<u>30.000 ciclos</u>
Constante dieléctrica	6.8	6.8
Angulo de pérdida (minutos)	16 (0°27)	12 (0°20)
Producto	1.84	1.34

Se verá que ese vidrio tiene a los 30.000 ciclos un ángulo de pérdida de doce minutos solamente, en comparación con el ángulo de pérdida de 1 a 2 grados que ha sido la característica de los aisladores empleados hasta ahora. Dicho de otro modo, el ángulo de pérdida de ese vidrio es de una quinta a una décima parte el de los vidrios utilizados hasta ahora, deduciéndose, por lo tanto, de la teoría expuesta, que la pérdida dieléctrica se reducirá proporcionalmente.

Un ejemplo de un vidrio del segundo tipo, esto es, un vidrio que se aproxime a un determinado compuesto químico, es el vidrio comercial conocido por "Pyrex eléctrico". Ese vidrio se asemeja a un borosilicato en su forma final, y mediciones y ensayos hechos con ese determinado vidrio han demostrado que posee las siguientes características eléctricas:

Constante dieléctrica	5.3	5.3
Angulo de pérdida	17.(0°28)	9 (0°15)
Producto	1.49	0.80

Nos hallamos con un ángulo de pérdida de nueve minutos a los 30.000 ciclos, o con una reducción aun mayor del ángulo de pérdida, en comparación con el del vidrio aislador ordinario. Como ya hemos dicho an-



tes, la pérdida es proporcional al ángulo de pérdida y depende también de la constante dieléctrica, de modo que el producto de esa constante dieléctrica y el ángulo de pérdida es una medida de la pérdida. Se verá que el producto es algo menor en el caso del Pirex eléctrico que en el de otros vidrios mencionados. Ambos vidrios tienen una constante dieléctrica más baja que la del vidrio aislador ordinario, cuyo signo ordinario viene a ser aproximadamente 8, de modo que se obtiene una mejora de esa manera. El límite, por lo que respecta a la reducción de la constante dieléctrica, se alcanza pronto, y para una mayor reducción de las pérdidas es esencial utilizar un vidrio de pequeño ángulo de pérdida.

Ensayos hechos con aisladores contruidos de vidrio de Pirex eléctrico han demostrado que el empleo de esos aisladores reduce la pérdida de histéresis, con estados atmosféricos húmedos, de la curva D, que representa el estado cuando se emplean aisladores ordinarios, a la línea curva E trazada con líneas discontinuas en la figura 7. Dicho de otro modo, cuando el ángulo de pérdida se reduce a un valor algo más bajo que el de veinte minutos, la pérdida dieléctrica es tan pequeña que casi no se debe hacer aprecio de ella. Como se ve por las curvas de la figura 7, es posible poniendo en corto circuito la conductancia de los travesaños y de las espigas, y empleando un aislador de vidrio de pequeño ángulo de pérdida, reducir la pérdida de transmisión prácticamente a las mismas proporciones que existirían de no haber ninguna conductancia de escape o filtración ni ninguna otra atenuación mas que la producida por la resistencia de los conductores de línea. La pérdida de transmisión con estados atmosféricos húmedo y seco no variaría materialmen-



te en esas circunstancias, de suerte que no harían falta disposiciones algunas para mantener constante el equivalente de transmisión. Además, la reducción absoluta en cuanto a la atenuación, representada por las curvas C y E, permitiría el empleo de un número de repetidores proporcionalmente menor.

El aislador puede afectar la forma que ilustra la figura 10, en la que aparece un aislador de los antiguos, con la escotadura externa ordinaria 13 donde se sujeta el conductor de línea por medio de un hilo atador. El interior 14 de ese aislador de vidrio va roscado, como se indica, a fin de que se pueda sujetar a rosca en la espiga, la cual, para esa forma de aislador, puede suponerse que es una espiga de madera cubierta con un revestimiento metálico delgado. Por la parte de abajo del aislador y por fuera de él se dispone una falda 15 destinada a proteger el interior de dicho aislador contra la humedad, conviniendo también que exista otra falda interior 16 a fin de que la vía de escape o filtración de la escotadura 13, por las faldas, a la parte interior del aislador que entra en contacto con la clavija, sea una vía larga y de gran resistencia. Eso tiende a reducir la conductancia  $G_{dc}$  de corriente continua de la figura 2 a un valor relativamente sin importancia.

La figura 11 ilustra un aislador algo modificado y propio para utilizarse en combinación con una espiga metálica. Toda vez que la espiga metálica puede ser de menor diámetro que la espiga de madera, la parte roscada 17 del aislador es en ese caso de menor diámetro, de modo que la relación entre el diámetro exterior y el diámetro interior viene a ser aproximadamente de 4. Ese aumento de la relación entre el diámetro exterior y

el interior del aislador, como veremos luego, puede ayudar mucho a reducir las pérdidas dieléctricas de dicho aislador. En vez de establecer una falda adicional como la 16 de la figura 10, la falda 18 es en ese caso de una forma ondulada o corrugada por su interior, como lo indica 19, a fin de que la vía de escape o filtración para la corriente continua sea lo más larga posible.

En la figura 12 se indica otro tipo de aislador propio para emplearse con una espiga metálica. La forma general de ese aislador es muy semejante a la de la figura 11, excepción hecha de que su diámetro exterior es algo más pequeño.

Se deduce que si el aislador se establece mecánicamente de tal suerte que se reduzca su capacidad, tendremos una reducción correspondiente en la pérdida de histéresis debida al dieléctrico del mismo aislador.



Como ya antes hemos dicho, la capacidad del aislador se debe a la superficie de su espiga que obra a modo de una placa de un condensador, obrando el hilo atador y el conductor de línea como la otra placa. La superficie conductora externa que comprende el conductor de línea y el hilo atador aumenta mucho el área durante el tiempo húmedo, debido a la humedad en la superficie exterior del aislador.

Con referencia a la figura 13, por ejemplo, el efecto es el de un condensador que comprenda un dieléctrico en forma de un aislador, como se ilustra, con un área conductiva interna y cilíndrica correspondiente a su superficie interior roscada en 20, y una superficie conductora externa y cilíndrica, que va de lo alto del aislador al borde inferior de la falda, en 21. Ahora bien, debido al hecho de que el aire, cuya constante dieléctrica es mucho menor que la de las materias

aisladoras, ocupa parte del espacio existente entre la parte de abajo de la espiga y la superficie exterior del aislador, la capacidad efectiva puede considerarse como entre una superficie conductora en contacto con la cavidad del vidrio para la espiga, y la parte de la superficie exterior inmediatamente opuesta.

Dejando a un lado la parte de arriba del aislador, puede considerarse éste representando aproximadamente un condensador que comprenda dos conductores cilíndricos concéntricos separados por un dieléctrico. Para ese condensador, siendo  $R_1$  el diámetro del cilindro exterior, y  $R_2$  el diámetro del cilindro interior, la capacidad será:

$$C = \frac{0.2416 K L}{\log_{10} \frac{R_1}{R_2}}$$

En esa expresión K designa la constante dieléctrica y L la longitud del cilindro. Se comprenderá por dicha ecuación que la capacidad se reducirá si se aumenta la relación entre  $R_1$  y  $R_2$ . Por consiguiente, en un aislador del tipo que ilustra la figura 13, la capacidad se reducirá y, por lo tanto, la pérdida dieléctrica se reducirá también si se aumenta la relación entre el diámetro exterior y el diámetro interior.

Evidente es, desde luego, que esa relación no puede aumentar indefinidamente por razones mecánicas obvias. Además, la disminución en capacidad no es directamente proporcional al aumento en esa relación, sino proporcional al aumento en el logaritmo de la razón o relación. Supongamos, como en efecto sucede en la práctica, que el aislador telefónico ordinario es de tal suerte que la relación entre  $R_1$  y  $R_2$  sea aproximadamente 2

(siendo el diámetro externo del aislador, en la escotadura para el hilo atador, aproximadamente, dos pulgadas y el diámetro de la cavidad para la espiga una pulgada poco más o menos). Entonces tendremos:

$$\log. \frac{R_1}{R_2} = 0.3010$$

Para obtener una reducción de 2 a 1 en la capacidad, los diámetros tienen que elegirse de tal suerte que

$$\log. \frac{R_1}{R_2} = 0.6021$$

o dicho de otro modo, la relación entre el diámetro exterior y el diámetro interior tiene que ser 4.

Ese cambio en la relación se puede lograr fácilmente sin que cambie la forma exterior del aislador, utilizando una espiga metálica de modo que el diámetro del roscado interior sea sólo de media pulgada aproximadamente, como lo indica la figura 14.. Al propio tiempo, para reducir la capacidad entre la parte de arriba de la espiga y también la parte de arriba del aislador, se eleva esa última parte. Como ya se ha dicho, conviene, en todo caso, utilizar una espiga soportadora metálica a fin de poner fácilmente en corto circuito la conductancia del travesaño. De ese modo se reduce aproximadamente en una mitad la pérdida debida a la histéresis dieléctrica, o en otras palabras, la pérdida representada por la diferencia entre la curva A y la curva B de la figura 7.

El mismo resultado se puede obtener con un tipo como el de la figura 15, en la que el diámetro interior es el mismo que el de la figura 13, pero su diámetro exterior es dos veces mayor que el de dicha figura 13, elevándose también la parte de arriba del aislador.

Esto es, se puede reducir la capacidad y, por lo tanto, la pérdida de histéresis, en una mitad, siendo doble el diámetro exterior, o haciendo el diámetro interior la mitad de grande. La capacidad entre la superficie exterior y la cavidad para la espiga en un aislador de ese tipo será de unos 17mmf. en comparación con 35 mmf. para el aislador de que nos ocupamos.

No es práctico, sin embargo, pasar de esas líneas de tipo, debido al hecho de que la reducción en capacidad es proporcional al logaritmo de la relación entre el diámetro exterior y el interior. Por ejemplo, si se deseara efectuar una reducción de 5 por 1, sería necesario que:

$$\log. \frac{R_1}{R_2} = 1.505$$

Por lo tanto, la relación entre el diámetro exterior y el interior tendrá que ser de 32, o dicho de otro modo, aun cuando sucede que para el caso en que se doble la relación, la pérdida puede reducirse en una mitad, es necesario elevar la relación a la quinta potencia a fin de reducir la pérdida en una quinta parte.

Se puede obtener, sin embargo, alguna reducción adicional en la capacidad si se reduce la altura de la abertura interior para la espiga soportadora. Evidente es, por lo tanto, que la capacidad del condensador depende del área de las placas. Si se disminuye la altura de la abertura para la espiga soportadora, se reduce correspondientemente el área interior efectiva del condensador. Por ejemplo, la figura 16 representa un aislador en el que es 4 la relación entre el diámetro exterior y el interior, efecto que se obtiene reduciendo la abertura interior hasta una mitad del diámetro ordinario,

y al propio tiempo la altura de esa abertura es sólo una mitad que la de la figura 1, de modo que el área de la superficie de la placa interior se reduce en una mitad. Eso produce, como es natural, una disminución material en la capacidad y, por consiguiente, una disminución en la pérdida dieléctrica.

Con referencia a las curvas de la figura 7, si la pérdida se reduce de la que representa la curva C a la que indica la curva D, poniendo en corto circuito la conductancia del travesaño y las espigas, como ya hemos dicho, evidente es que la pérdida con estados atmosféricos húmedos representada por la curva D, si se reduce en una mitad, no será materialmente mayor que la pérdida con estados atmosféricos secos que indica la curva B, y esa reducción en la pérdida se puede efectuar merced a los nuevos tipos de aisladores descritos. En todo caso, la pérdida debida a la histéresis con tiempo húmedo puede, con esa construcción, reducirse a un valor no materialmente mayor que una cuarta parte de las pérdidas debidas a los hilos de línea con 30.000 ciclos. No solamente tendremos así una reducción muy considerable en la pérdida máxima, sino que la variación de pérdida con cambios en el estado atmosférico será mucho menor, de modo que se pueden evitar las disposiciones para regular la transmisión y se puede utilizar un número menor de repetidores.

En la figura 17, designa A la materia dieléctrica de un aislador de la forma corriente, con su interior roscado, como lo indica 22, para permitir que dicho aislador se sujete a rosca en la espiga de madera de un travesaño.

Una escotadura 23 se practica, como es usual, en derredor de la periferia exterior del aislador,

a fin de que el hilo de línea pueda entrar en esa escotadura. Por debajo de dicha escotadura 23 sale en dirección descendente una falda 24, a fin de proporcionar una vía seca en la superficie interior de la expresada falda, desde su borde inferior al punto 25 donde la espiga soportadora se encuentra con el dieléctrico del susodicho aislador. Esa vía seca evita el escape o filtración de la corriente continua durante los estados atmosféricos húmedos.

Como ya hemos dicho, cuando se moja o humedece la superficie exterior del aislador, aumenta muchísimo el área conductiva exterior, con un consiguiente aumento en la capacidad por el dieléctrico del aislador y con un aumento proporcional en la pérdida de histéresis, y a fin de que esa pérdida de histéresis se mantenga esencialmente constante con todos los estados atmosféricos se recurre a un revestimiento conductor exterior B, el cual lo puede constituir una capa o forro de cobre o de otro metal, que de cualquier manera conveniente se disponga en la superficie exterior del aislador. En algunos casos un barniz conductor se le puede aplicar a la superficie exterior del dieléctrico, o una delgadísima capa de metal se le puede aplicar al aislador en estado caliente.

Cuando se quiera mejorar los aisladores existentes ya instalados, se puede recurrir a un forro o camisa de un metal blando, como el 26 de la figura 19, y ese forro o camisa se puede colocar sobre el aislador de manera que se adapte a su superficie exterior.

En algunos casos puede convenir que la luz pase por el vidrio del aislador, hasta su interior, a fin de que las chinches y otros insectos no aniden en la cavidad existente entre la falda 24 y la espiga soportado-



ra. En ese caso la capa o revestimiento conductor exterior terminará en la escotadura o canal 23, por encima del hilo atador, como lo indica la figura 18, y no llegará hasta lo alto del aislador. Los rayos solares y particularmente los rayos ultravioletas que pasan por la parte de arriba tienden a evitar que las chinches u otros insectos establezcan sus nidos por debajo del aislador.

Asimismo en algunos casos la cubierta metálica exterior, en lugar de adaptarse perfectamente a la falda 24 puede desviarse hacia fuera, como en 28 lo indica la figura 21, formándose así una doble falda para el aislador. Una disposición igual es la que indica la figura 22, con la excepción de que el forro metálico exterior no llega a lo alto del expresado aislador.

En la figura 23 designa A el cuerpo de un aislador compuesto de alguna materia dieléctrica adecuada, como el vidrio descrito, y provisto en su interior de una cavidad roscada para permitir su sujeción a rosca en una espiga de madera conveniente o en otro soporte. Para evitar que el área conductora del exterior del aislador se amplíe durante el tiempo húmedo, se recurre a una estructura a modo de paraguas, en forma de un sombrerete de materia aisladora. La parte de abajo de ese sombrerete se desvía hacia fuera para evitar que la lluvia caiga sobre la falda contiguo al hilo atador. El lado de abajo de ese borde o parte del sombrerete dirigido hacia fuera puede tener unas corrugaciones, como se indica, a fin de que aumente la longitud de la vía seca formada por la superficie de abajo.

Toda vez que el hilo atador queda así separado de cualquier otra superficie húmeda, por unas vías secas en cada uno de sus lados, y va también separado de la espiga misma por otra vía seca, el área real de lo que



constituye la placa exterior del condensador no se ampliará durante el tiempo húmedo y, por consiguiente, la capacidad del aislador se estabilizará esencialmente con su valor en tiempo seco.

Una disposición modificada es la que ilustra la figura 24, en la que el paraguas o sombrerete se monta en el cuerpo A del aislador por el intermedio de un cemento 29.

Para lograr mejor que la superficie inmediata al hilo atador quede efectivamente restringida y se pueda evitar su incorporación con cualquier superficie húmeda o mojada que pueda existir inmediato a la parte de abajo de la falda, una pequeña falda adicional 30 puede establecerse precisamente por debajo del hilo atador, como se ve en la figura 26.

La figura 27 ilustra una disposición análoga a la de la figura 26, excepción hecha de que en ese caso el paraguas o sombrerete lo constituye una unidad independiente y se sujeta al cuerpo principal del aislador mediante cemento 31.

En la figura 28 aparece una disposición por el estilo, con la excepción de que en ese caso el área que forma la placa exterior del condensador se fija de una manera definitiva aplicando un revestimiento metálico u otra capa conductora 31 en la escotadura, capa metálica que llega hasta el sombrerete y desciende también por la superficie exterior estrecha de la falda auxiliar 32.

La figura 29 representa una disposición algo parecida a la de la figura 23, con la excepción de que en ese caso el paraguas o sombrerete es de metal y afecta la forma de un disco cóncavo con un cubo 33 rosca- do por su lado de dentro, cubo que se sujeta a rosca en

la parte de arriba del cuerpo A del aislador a fin de mantenerlo en su sitio. Siendo el sombrerete de un metal delgado puede descender y quedar más inmediato al hilo atador, resultando así más adecuado para proteger contra la humedad la superficie inmediata al susodicho hilo atador.

Una disposición por el estilo es la que ilustra la figura 30, excepción hecha de que en ese caso todo el cuerpo A del aislador va perforado y roscado para que la espiga soportadora pueda sobresalir del cuerpo del aislador, y el cubo 34 del sombrerete conductor va roscado por su lado de dentro a fin de cooperar con ese extremo saliente de la espiga, de suerte que la placa se sujeta a rosca en el extremo de dicha espiga y queda así en yuxtaposición con la superficie de arriba del aislador.

Evidente es que los principios generales descritos pueden afectar muchas otras formas u organizaciones distintas a las que se ilustran, sin apartarse por ello del espíritu y del alcance del invento.

-:- N O T A -:-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de VEINTE años, son los siguientes:

1º - En un circuito de transmisión que comprende unos conductores sostenidos por unos aisladores montados en unos travesaños, el método de reducir las pérdidas por escape o filtración, que consiste en producir una vía de resistencia esencialmente cero, del dieléctrico del aislador de un conductor al dieléctrico del aislador del otro conductor.

2º - En un circuito de transmisión que comprende unos conductores sostenidos por unos aisladores montados en unos travesaños, el método de reducir las pérdidas por escape o filtración, que consiste en poner en corto circuito la conductancia de las espigas del aisla-

dor y los travesaños.

3º - En un circuito de transmisión que comprende unos conductores sostenidos por unos aisladores montados en unos travesaños, el método de reducir las pérdidas por escape o filtración, que consiste en establecer una vía o paso secundario, de resistencia esencialmente cero, en paralelo con la vía de escape o filtración proporcionada por el travesaño y por las espigas de los aisladores.

4º - Un circuito de transmisión como el reivindicado en los puntos 2º y 3º, que comprende un par de conductores establecidos en una línea aérea, y unos travesaños sostenedores de unos aisladores montados en unas espigas, yendo los conductores de línea conexiados con los aisladores, caracterizado por el hecho de que las referidas espigas de los aisladores son unos conductores metálicos.

5º - Un circuito de transmisión como el reivindicado en los puntos 3º o 4º, caracterizado por el hecho de que los aisladores se componen de una materia eléctrica que tenga un ángulo de pérdida inferior a veinte minutos.

6º - Un circuito de transmisión como el reivindicado en el punto 5º, caracterizado por el hecho de que los aisladores tienen un ángulo de pérdida inferior a veinte minutos, con una frecuencia que se aproxime a 30.000 ciclos.

7º - Un aislador como el reivindicado en los puntos 5º o 6º, caracterizado por el hecho de que la relación entre su diámetro exterior y el diámetro de la espiga es aproximadamente de 4.

8º - Un aislador como el reivindicado en los puntos 5º, 6º o 7º, caracterizado por el hecho de que



el grueso de su dieléctrico por encima de la parte de arriba de la espiga es esencialmente igual al grueso del dieléctrico en derredor de dicha espiga.

9º - Un aislador como el reivindicado en el punto 8º, caracterizado por el hecho de que la abertura para la espiga llega aproximadamente hasta la mitad de la parte de arriba del aislador.

10º - Un aislador como el reivindicado en cualquiera de los puntos precedentes, que comprende un cuerpo dieléctrico con una cavidad interior propia para recibir una espiga soportadora, y una superficie conductora en el exterior de ese cuerpo, siendo dicha superficie conductora propia para formar contacto con el hilo conductor que se monta en el aislador.

11º - Un aislador como el reivindicado en el punto 10º, caracterizado por el hecho de que la cubierta conductora no llega a lo alto de dicho aislador, a fin de permitir que pase luz por la materia dieléctrica.

12º - Un aislador como el reivindicado en el punto 10º, que comprende una falda de una materia dieléctrica, descendente del expresado cuerpo y rodeando a la espiga soportadora, al objeto de formar una vía o paso interior seco, caracterizado por el hecho de que la expresada cubierta conductora recubre la superficie exterior del mencionado cuerpo y llega hasta la parte de abajo de la referida falda.

13º - Un aislador como el reivindicado en el punto 10º, caracterizado por el hecho de que la cubierta metálica se monta en la superficie exterior del cuerpo dieléctrico y tiene una parte desviada hacia fuera y hacia abajo al objeto de formar una segunda falda por fuera de la susodicha falda de materia dieléctrica.

14º - Un aislador como el reivindicado en



el punto 10º, caracterizado por el hecho de que una estructura a modo de paraguas, con un borde desviado, se extiende hacia fuera del cuerpo dieléctrico, por encima del hilo atador, a fin de proteger contra la humedad la superficie exterior inmediata al referido hilo atador.

15º - Un aislador como el reivindicado en el punto 14º, caracterizado por el hecho de que el lado de abajo de la parte saliente de la estructura a modo de paraguas va corrugada u ondulada al objeto de que aumente la longitud de la vía o paso seco.

16º - Mejoras en la reducción de pérdidas en los sistemas de transmisión.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta memoria consta de treinta y una hojas escritas por una sola cara.

Madrid 2 de enero de 1926  
P. A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder

*Alberto de Elzaburu*



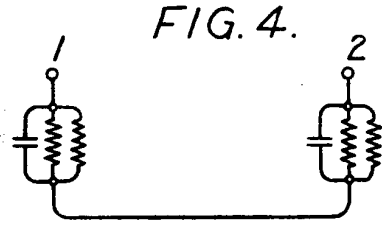
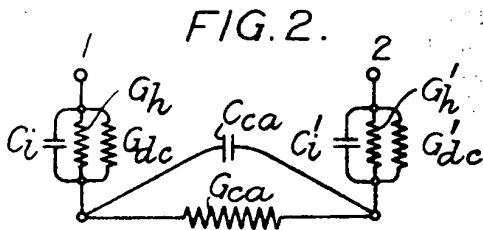
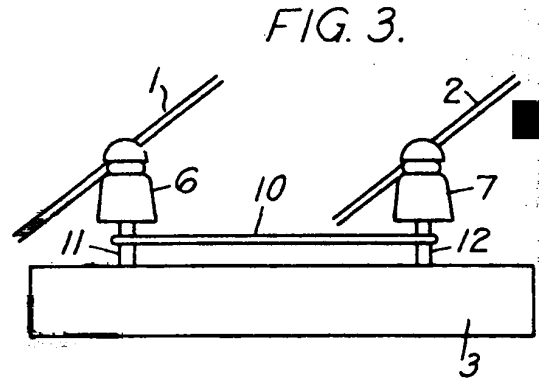
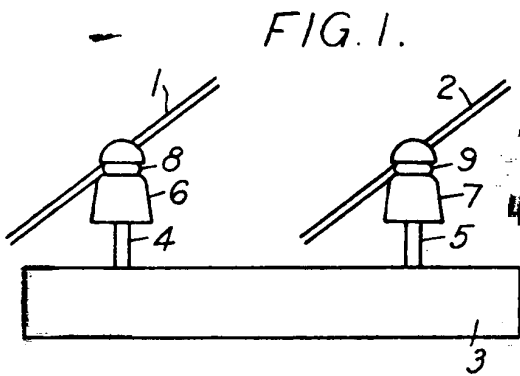


FIG. 5.

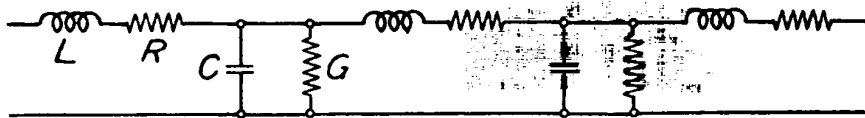


FIG. 6.

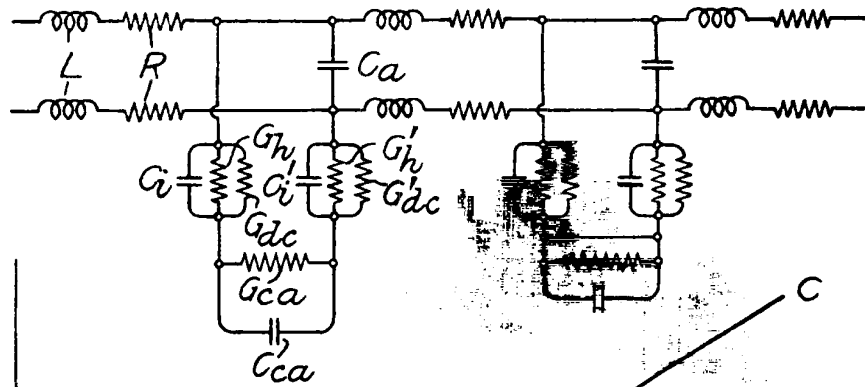
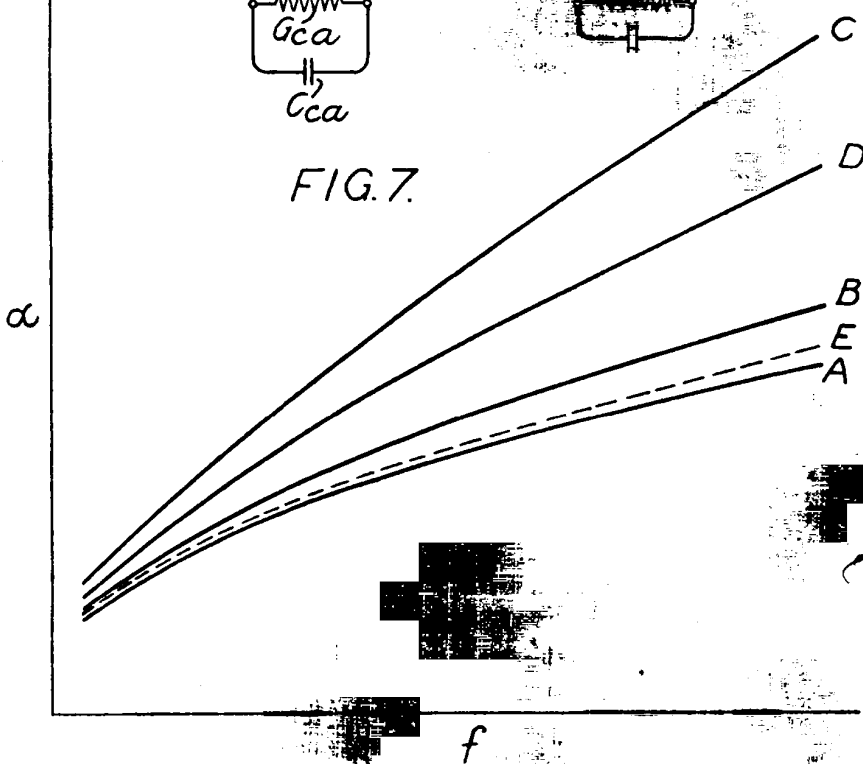


FIG. 7.



IPA

de E. de  
Por Poder

*[Handwritten signature]*

96457



FIG. 8.

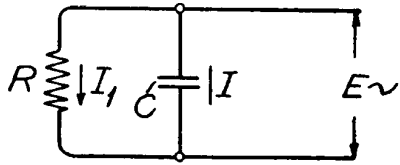


FIG. 9.

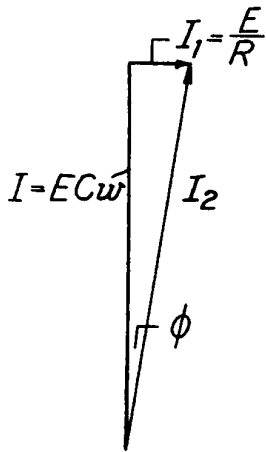
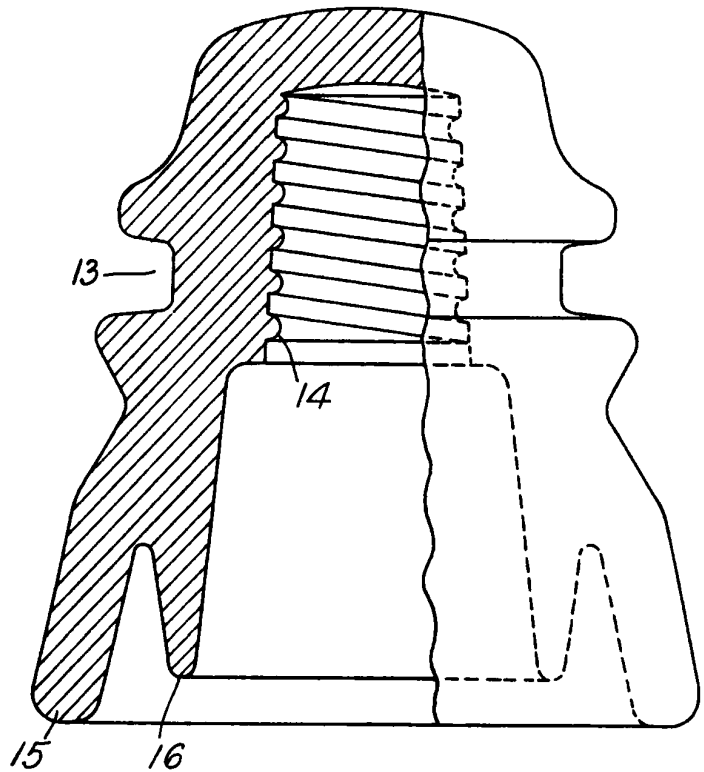


FIG. 10.



L'A

FIG. 11.

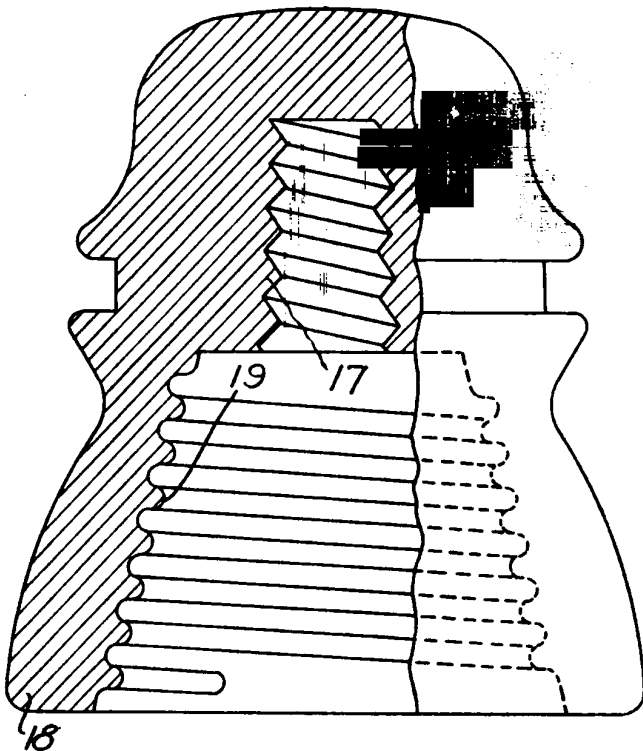
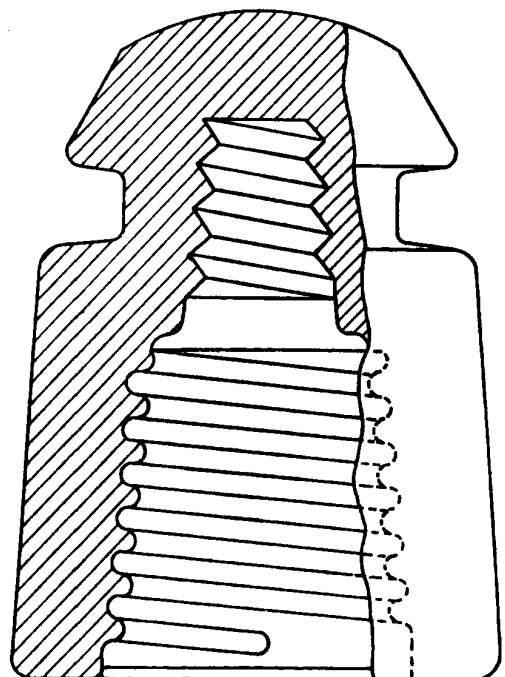


FIG. 12. *Elle s'annule*



151196



11824

FIG. 13.

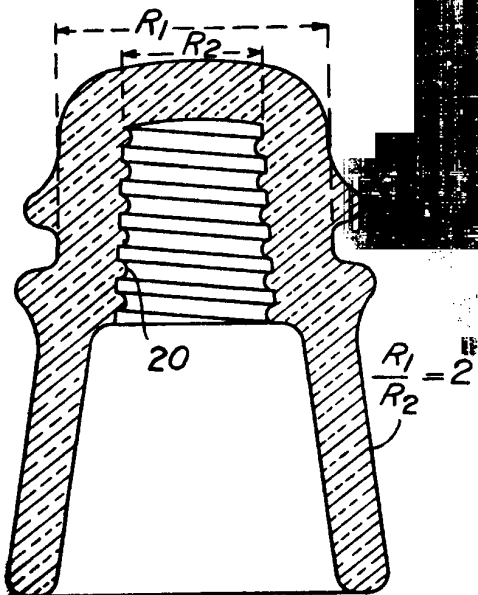


FIG. 14.

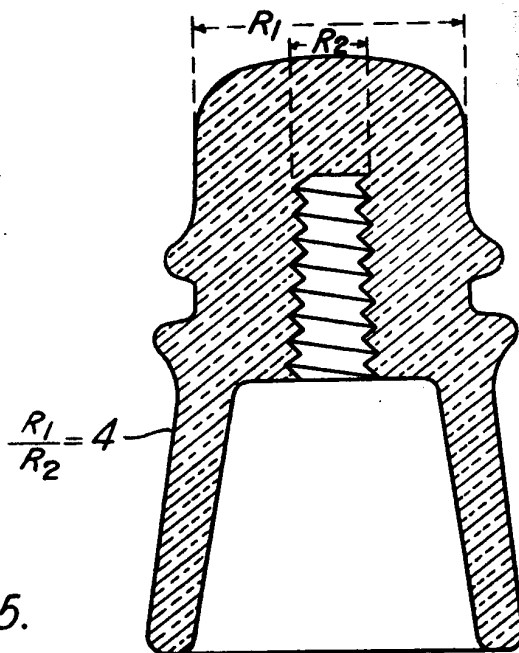


FIG. 15.

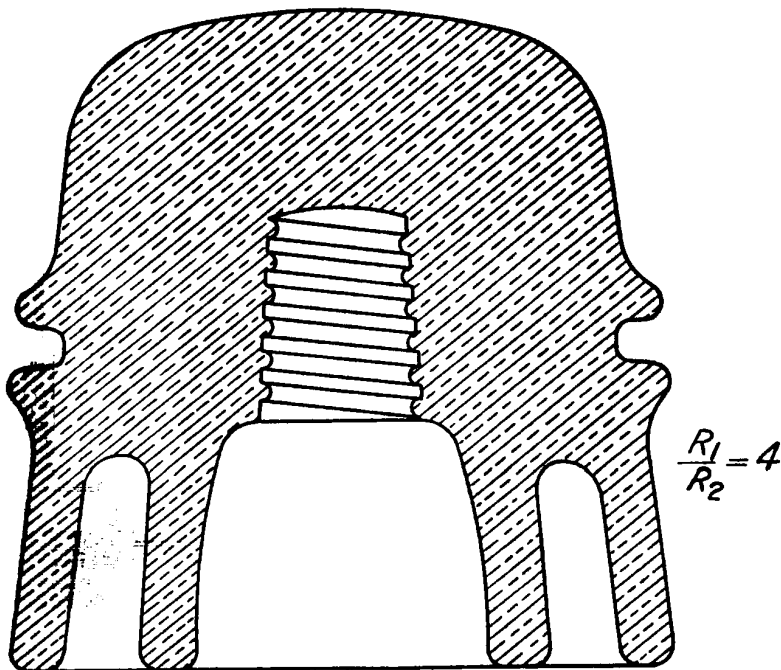
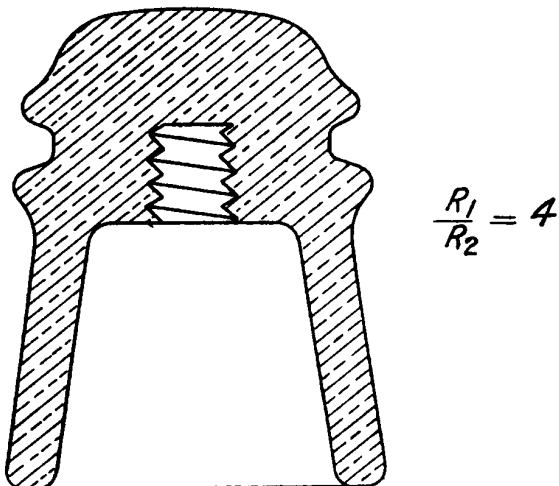


FIG. 16.



EA

*Elia H. H. H.*

15476

21



FIG. 17.

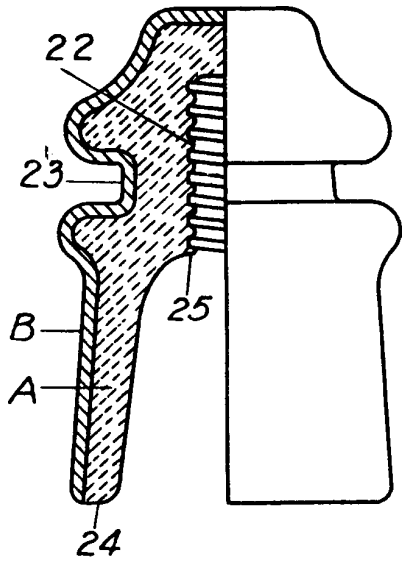


FIG. 18.

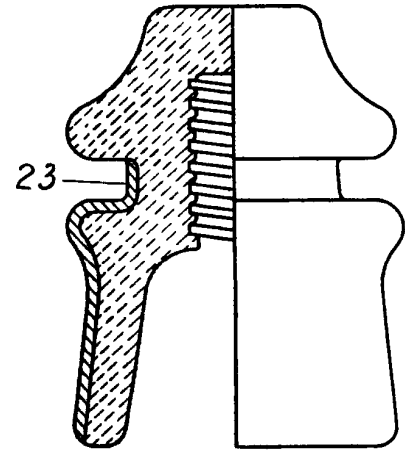


FIG. 19.

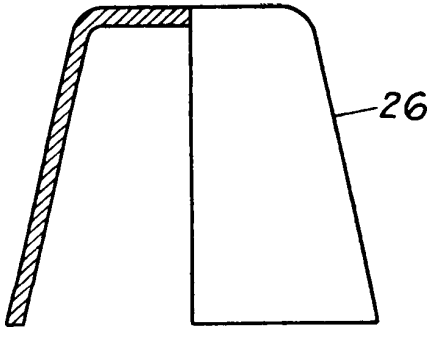


FIG. 20.

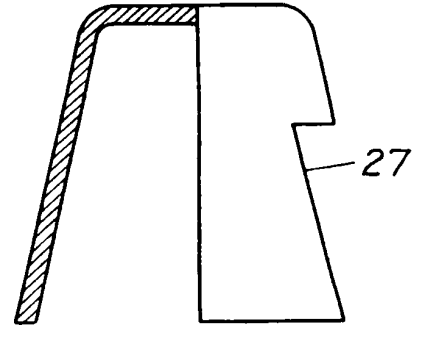


FIG. 21.

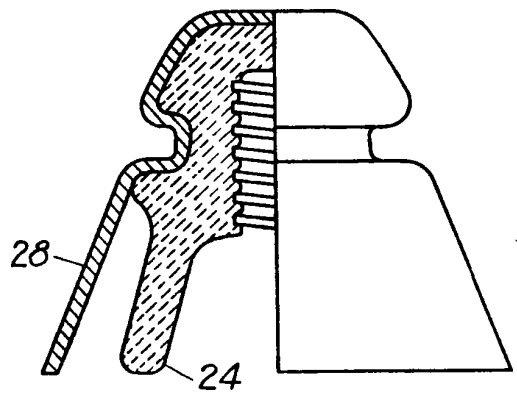
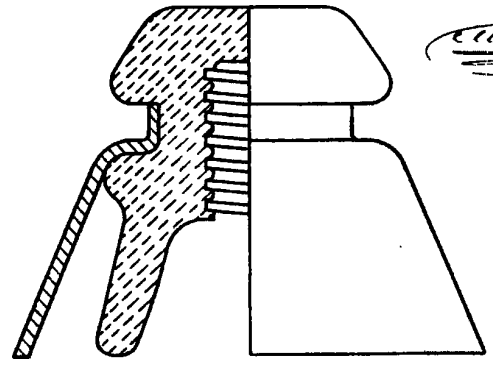


FIG. 22.



PA

212 10 10 10 10 10  
Pn

*Elie Hernandez*

15439

15824



96451

FIG. 23.

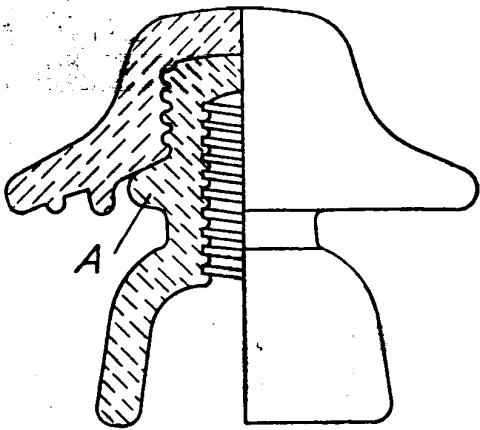


FIG. 26.

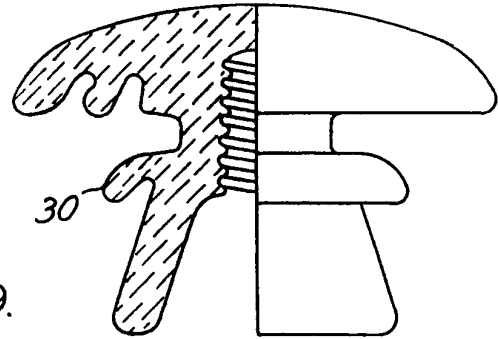


FIG. 29.

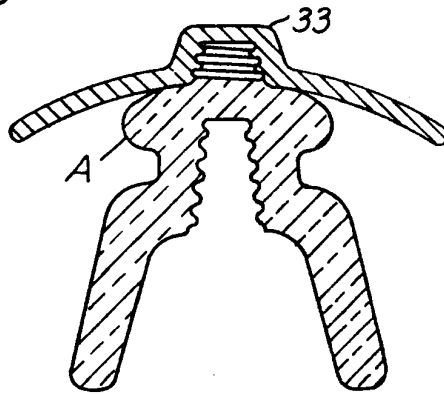


FIG. 24.

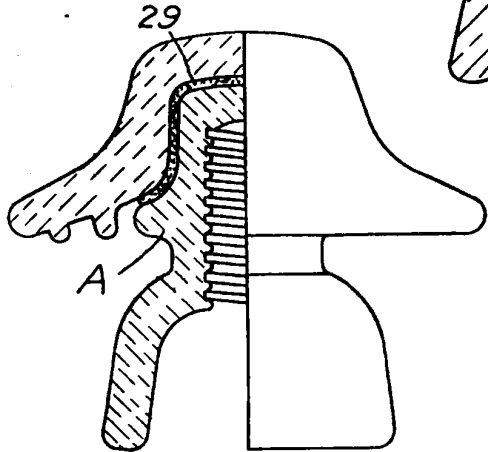


FIG. 27.

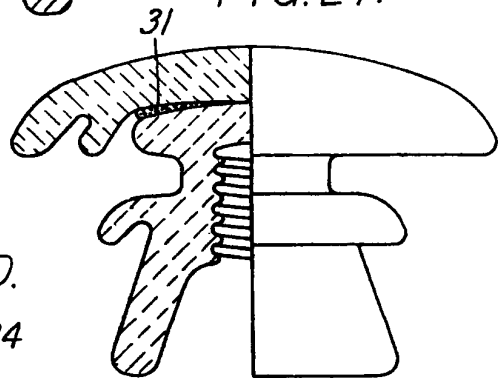


FIG. 30.

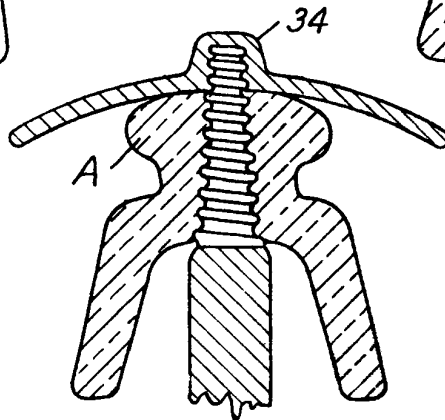


FIG. 25.

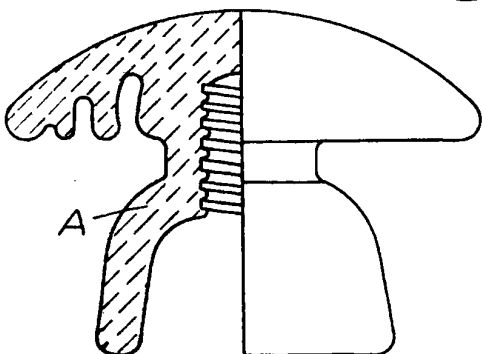
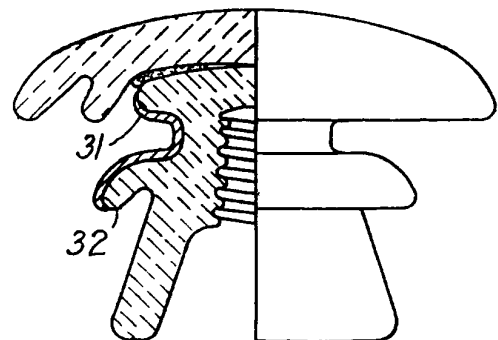


FIG. 28.



PA  
*Wm. H. Wood*