

# OFICINA DE PATENTES DE ESTADOS UNIDOS

NIKOLA TESLA, DE NUEVA YORK, N.Y.

## **MÉTODO DE AISLANTE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Formando parte de reedición de patente N° 11.865, especificación de fecha 28 de octubre de 1900.

Original N° 565.888, de fecha 14 de agosto de 1900.

Se presentó solicitud de liberación el 21 de septiembre de 1900. N° serie 80.728.

*A quienes pueda interesar:*

Es sabido que yo, NIKOLA TESLA, un ciudadano de los Estados Unidos, que reside en el barrio de Manhattan, en la ciudad, condado y estado de Nueva York, he inventado algunos nuevos y útiles mejoras de métodos de aislantes de conductores eléctricos, la siguiente es una especificación, teniendo de referencia los dibujos acompañantes.

Durante mucho tiempo ha sido conocido que algunas sustancias son más o menos conductoras cuando están en condición de fluido para ser aislantes cuando se solidifican. Así, el agua, que es en medida conductor, adquiere propiedades aislantes cuando se convierte en hielo. La información existente sobre este tema, sin embargo, ha sido hasta ahora sólo de carácter general y principalmente derivado de las observaciones originales de Faraday, quien estimó que las sustancias con las que experimentó, como el agua y soluciones acuosas, aislaron un conductor eléctricamente cargado unas cien veces mejor cuando fue procesado a sólido por congelación, y ningún intento ha sido hecho para mejorar la calidad del aislante obtenido por este medio o prácticamente utilizado para tales fines como son contemplados en mi presente invento. En el curso de mis propias investigaciones, sobre todo los de las propiedades eléctricas de hielo, he descubierto algunos noveles e importantes hechos, de los cuales los más destacados son los siguientes: primero, que bajo ciertas condiciones, cuando la fuga de la carga eléctrica normalmente toma lugar es rigurosamente prevenida, el hielo lo demuestra al ser un aislante mucho mejor que los hasta ahora aparecidos; segundo, que sus propiedades aislantes pueden ser aún mejoradas mediante la adición de otros cuerpos al agua; tercero, que la fuerza dieléctrica del hielo u otras sustancias acuosas congeladas se incrementa con la reducción de la temperatura y el correspondiente aumento de dureza, y, cuarto, que estos cuerpos permiten un aislamiento aún más eficaz para conductores llevando corrientes intermitentes o alternas, especialmente de altas tasas, sorprendentemente delgadas capas de hielo son capaces de resistir la fuerza motriz de cientos y hasta miles de voltios. Estas y otras observaciones me han llevado a la invención de un método novedoso de aislante de conductores, practicable por la razón de los hechos mencionados y ventajoso en la utilización de la energía eléctrica para fines industriales y comerciales.

Este método consiste en aislar un conductor eléctrico por congelación o solidificación y mantener en ese estado el material circundante o contiguo al conductor, utilizando y usando para ese propósito un agente de refrigeración gaseoso circulando a través de uno o más canales adecuados, extendiéndose a través de o en la proximidad de dicho material.

En la realización práctica de mi método puede emplearse un conductor hueco y pasar al agente refrigerante a través del mismo, congelando así el agua u otro medio de contacto con o cerrar dicho conductor, o puede usarse expresamente para la

circulación del agente refrigerante un canal independiente y congelar o solidificar la sustancia adyacente en las que puede incluirse cualquier número de conductores.

Los conductores pueden estar desnudos o revestidos con algún material que es capaz de mantenerlos aislados cuando es congelado o solidificado. La masa congelada puede estar en contacto directo con el medio ambiente, o puede estar en un grado protegido del contacto con el mismo por un claustro de más o menos resistencia al calor.

El agente de enfriamiento puede ser cualquier tipo de gas, como el aire atmosférico, oxígeno, ácido carbónico, amonio, gas de alumbrado o hidrógeno. Puede ser forzado a través del canal por presión o succión producida mecánicamente o de otra manera.

Puede ser continuamente renovado o usado indefinidamente, siendo impulsado hacia adelante y hacia atrás o constantemente distribuido en trazados cerrados bajo las condiciones adecuadas en cuanto a presión, densidad, temperatura y velocidad.

Para conducir a una mejor comprensión del invento, ahora se hace referencia a los dibujos acompañantes, en que---

Las **Figuras 1, 3, 6, 7, 8 y 9** ilustran en sección longitudinal típicas maneras de realizar mi invento; y **fig. 2, 4, 5 y 10**, en sección, o en parte, detalles constructivos detalles constructivos a ser descritos.

En la **Fig. 1, C** es un conductor hueco, como un tubo de acero, sentado en un cuerpo de agua y comunicando con un embalse  $r'$ , pero aislado eléctricamente del mismo en  $j$ . Una bomba o compresor  $p$ , de cualquier construcción adecuado, conecta  $r'$ , con otro tanque similar  $r''$ , provisto de una válvula de admisión  $n''$ . El aire de otro gas que se utiliza como agente de refrigeración entra a través de la válvula  $n''$  se dibuja a través del tanque  $r''$  y de la bomba  $p$  en el embalse  $r'$ , escapando de allí mediante el conductor  $C$  bajo cualquier presión deseada que puede ser regulada por una válvula  $v'$ . Ambos depósitos  $r'$  y  $r''$  son mantenidos a baja temperatura por medios adecuados como bobinas o tubos  $t t$  y  $f f$ , a través del cual cualquier tipo de líquido refrigerante puede distribuirse, siendo algunas disposiciones realizadas preferentemente para ajustar el flujo de la misma, como por válvulas  $v'$ . El gas continuamente pasando a través del tubo o conductor  $C$  siendo muy buen congelante y manteniendo en este estado el agua en contacto con o adyacente al conductor y aislándolo así. Brida con cojinetes  $e'$  y  $e''$ , de material no conductor, puede utilizarse para evitar la fuga de la corriente que podría por otro lado ocurrir, debido a la formación de una película superficial de humedad sobre el hielo proyectando fuera el agua. El tubo siendo mantenido aislado por este medio puede entonces ser empleado en la forma de un telégrafo ordinario u otro cable conectando una o ambas de las terminales  $b' b''$  en un circuito incluyendo la tierra.

En algunos casos puede ser ventajoso cubrir el conductor hueco con una gruesa capa de algún material barato, como fieltro, indicado por  $C$  en la **Fig. 2**. Tal recubrimiento, penetrable por agua sería normalmente de poco o ningún uso; pero cuando está incrustado en el hielo mejora las cualidades aislantes del mismo. En este caso sirve además para reducir considerablemente la cantidad de hielo necesaria, su tasa de fusión y la afluencia de calor desde el exterior, disminuye el gasto de energía necesaria para el mantenimiento de condiciones de trabajo normales. En cuanto a esta energía y otros datos de importancia varían de acuerdo a las exigencias especiales en cada caso.

Generalmente considerado, el agente de enfriamiento tendrá que llevar calor a una velocidad suficiente para mantener el conductor a la temperatura deseada y mantener una capa del espesor requerido de la sustancia que lo rodean en estado de congelación, compensando continuamente por el calor fluyendo a través de la capa y la pared del conductor y generado por fricción mecánica y eléctrica. Para cumplir

estas condiciones, su capacidad de enfriamiento, que depende de la temperatura, densidad, velocidad y calor específico, se calculará mediante la ayuda de datos y fórmulas familiares a ingenieros. El aire será, como regla general, apto para el uso previsto; pero en casos excepcionales, algunos otros gases, como hidrógeno, pueden ser recurridos para, que permita una mayor tasa de enfriamiento y una temperatura menor a la alcanzada. Obviamente cualquier gas a ser empleado debe antes de entrar en el conductor hueco de canal estando completamente seco y separado de todos los que por condensación y deposición o de otra manera pueda causar una obstrucción a su paso. Para estos efectos aparatos pueden ser empleados que son bien conocidos y que es innecesario mostrar en detalle.

En lugar de ser desperdiciado en la estación lejana el agente refrigerante puede tornarse para algún uso rentable. Evidentemente en la explotación industrial y comercial de mi invento cualquier clase de agente capaz de satisfacer los requisitos de enfriamiento puede ser transmitido de una a otra estación y allí utilizado para refrigeración, alimentación, calefacción, iluminación, saneamiento, química, procesos, o cualquier otro propósito que se le pueda prestar, y así podrán aumentarse los ingresos de la planta.

Como a la temperatura del conductor, se determinará por la naturaleza de su uso y consideraciones de economía. Por ejemplo, si se empleó para la transmisión de mensajes telegráficos, cuando la pérdida de fricción eléctrica puede ser de ninguna consecuencia, una temperatura muy baja puede no ser necesaria; pero si se utiliza para la transmisión de grandes cantidades de energía eléctrica, cuando los residuos de fricción pueden ser un serio inconveniente, será conveniente mantenerlo muy frío. La consecución de este objeto se verá facilitada por cualquier disposición para reducir tanto como sea posible la fluidez en el calor desde el medio ambiente. Claramente cuanto más baja sea la temperatura del conductor menor será la pérdida de fricción eléctrica; pero, por otro lado, cuanto más frío el conductor mayor será el flujo de calor desde el exterior y el costo de agente de enfriamiento. Por esto y similares consideraciones determinando la temperatura se obtendrá la mayor economía.

Con mayor frecuencia en la distribución de la electricidad para fines industriales, como en el sistema de transmisión de energía por corrientes alternas, se necesitarán más de un conductor, y en tales casos puede ser conveniente distribuir el agente refrigerante en un trazado cerrado formado por los conductores. Un plan de este tipo se ilustra en la figura 3, en el que  $C'$  y  $C''$  representan dos conductores huecos incrustado en una masa congelada subterránea y comunicada, respectivamente, con los embalses  $R'$  y  $R''$ , que están conectados por pistones u otra bomba adecuada  $P$ . Bobinas de enfriamiento o tubos  $T' T'$  y  $T'' T''$ , con válvulas de regulación  $v'$  y  $v''$  son empleados, que son similares y sirven al mismo propósito que se muestra en la Fig. 1. Otras características de similitud, aunque innecesarias, están ilustradas para facilitar la comprensión del plan. Una válvula de tres vías  $V''$  es proporcionada, que cuando se coloca con su palanca  $1$  como se indica permite al agente refrigerante entrar a través de los tubos  $u' n''$  y la bomba  $P$ , llenando así los embalses  $R' R''$  y conductores huecos  $C' C''$ ; pero cuando gira 90° grados la válvula corta la comunicación con el exterior a través del tubo  $u'$  y establece una conexión entre el embalse  $R''$  y la bomba  $P$  a través de los tubos  $u''$  y  $u''$ , permitiendo así al agente refrigerante que se distribuya en el trazado cerrado  $C' C'' R'' n'' u'' P R'$  por la acción de la bomba. Otra válvula  $V'$ , de adecuada construcción, puede utilizarse para regular el flujo del agente refrigerante. Los conductores  $C' C''$  son aislados de los embalses  $R' R''$  y de sí mismas por las juntas  $J' J'' J''$  y están además protegidos en los lugares por donde entran y salen de tierra por bridas pasamuros  $I' I' I'' I''$ , de material aislante, que se extienden en la masa congelada para evitar la fuga de corriente, como se explicó arriba. Postes-enlace  $B' B'$  y  $B'' B''$  se proporciona para conectar los conductores al circuito en cada estación.

En la colocación de los conductores, como  $C' C''$ , cualquiera sea su número, una

trinchera generalmente será excavada y una depresión, ida o cuadrado, como **T**, de menores dimensiones que la trinchera, colocado en el mismo, siendo el espacio intermedio relleno de algún material (designado por **M M M**) más o menos resistentes al calor, como aserrín, cenizas, o de ese estilo. A continuación los conductores se pondrán en posición y temporalmente apoyados de manera conveniente y, por último, la trinchera será llenada con agua u otra sustancia **W**, que será gradualmente congelada circulando el agente de enfriamiento en el trazado cerrado, como antes descrito.

Generalmente la fosa no será a nivel, pero seguirá las ondulaciones de la tierra, y esto hará necesario subdividir la fosa en secciones o afectar a la congelación de la sustancia llenándola sucesivamente en partes.

Haciendo esto y los conductores aislados y fijados, una capa del mismo o similar material **M M M** se colocará en la parte superior y todo cubierto con tierra o pavimento. La fosa puede ser de metal, como hoja de hierro y en casos donde el suelo es utilizado como el circuito de retorno puede servir el mencionado o puede ser de cualquier tipo de material más o menos aislante. **Figs. 4 y 5** ilustran en corte transversal dos esos bebederos **T'** y **T''**, de chapa de metal, con sus cercados de adiathermanous (designados **M'** y **M''**, respectivamente,) cada fosa contiene un único conductor hueco central, como **C' C''**. En el primer caso el aislamiento **W'** se supone que es hielo obtenido por congelación de agua preferentemente libre de aire a fin de excluir la formación de burbujas peligrosas o cavidades, mientras que en el segundo caso la masa congelada **W''** es algo acuosa o de otra sustancia o mezcla altamente aislante cuando está en esta condición.

Debe ser tenido en cuenta que en muchos casos sería posible prescindir de una depresión recurriendo a simples expedientes en la localización y aislamiento de los conductores.

De hecho, para algunos propósitos puede ser suficiente para simplemente cubrir ésta con una masa húmeda, como cemento u otro material plástico, que siempre y cuando se conserve a una temperatura muy baja y congelado duro proporcione aislamiento adecuado.

Otra forma típica de realizar mi invento, a la que ya se ha hecho referencia, se muestra en la **Fig. 6**, que representa el corte transversal de una depresión, lo mismo que respecto a los otros como antes se indica, pero que en lugar de un conductor hueco contiene cualquier tipo de tubería o conducto **Y**. El agente de enfriamiento puede ser conducido de manera conveniente a través de la tubería de congelación del agua u otra sustancia para rellenar la fosa, aislándola y fijando un número de conductores **c c c**.

Dicho plan puede ser particularmente adecuado en ciudades para aislante y fijación de telégrafo y cables telefónicos o similares. En tales casos una temperatura extremadamente baja del agente refrigerante puede no ser necesaria, y el aislamiento puede obtenerse a expensas de poca potencia. El conducto **L** puede, sin embargo, utilizarse simultáneamente para transmitir y distribuir a cualquier tipo de agente de enfriamiento gaseoso para los cuales existe una demanda por distrito. Obviamente tales dos conductos pueden ser proporcionados y utilizados de una manera similar como los conductores **C' C''**.

A menudo, será conveniente para colocar en la misma fosa un gran número de cables o conductores que sirven para una variedad de propósitos.

En tal caso un plan puede ser adoptado como el que se ilustra en la figura **7**, mostrando una similar a la de la **Fig. 6** con los conductores en corte transversal. El agente refrigerante puede encontrarse en esta instancia distribuido, como en la **Fig. 8** ó a través de los dos conductores huecos **C'** y **C''** que si se encuentra ventajoso

puede ser cubierto con una capa de material barato  $m m$ , que mejorará su aislamiento, pero no impedirá la congelación o solidificación de la sustancia que lo rodea  $W$ . Los conductores tubulares  $C' C''$ , preferiblemente de hierro, pueden entonces servir para transmitir fuertes corrientes para el suministro de luz y energía, mientras los pequeños  $c c c$ , incrustados en el hielo o masa congelada, podrá utilizarse para otros fines.

Mientras mi invento contempla, principalmente, el aislamiento de los conductores empleados en la transmisión de energía eléctrica a una distancia, pueden, obviamente, aplicarse otras utilidades. Por ejemplo, en algunas distancias, puede ser conveniente para aislar y apoyar un conductor en lugares como normalmente se hace por medio de aisladores de vidrio o porcelana. Esto podrá efectuarse de muchas maneras por transmitir a un agente refrigerante a través de los conductores o a través de un canal independiente y congelar o solidificar cualquier tipo de sustancia, permitiéndola así servir al propósito.

Tal soporte-aislante artificial se ilustra en la figura **8**, en que  $a$  representa un recipiente lleno de agua u otra sustancia  $w$ , congelando al agente circulando por el conductor hueco  $C'$ , que así es aislado y apoyado. Para mejorar el aislamiento en la parte superior, donde es más responsable dar paso, puede utilizarse una capa de alguna sustancia  $w'$ , como el petróleo, y el conductor podrá compensarse cerca del soporte con aislamiento  $s' s'$ , como se muestra, la ampliación misma en el petróleo, por razones bien entendidas.

Otra aplicación típica de mi invento se muestra en la figura **9**, en el que  $P'$  y  $S'$  representan, respectivamente, el primer y segundo conductores desnudos o aislados, de un transformador, enrollado en un núcleo  $N$  y sumergidos en agua u otra sustancia  $W$ , contenida en un frasco  $II$  y, como antes declaré, preferiblemente liberados de aire por ebullición o de otra manera. El agente de enfriamiento se distribuye de manera conveniente, como a través del hueco principal  $I'$  a efectos de la congelación de la sustancia  $w$ . Cojinetes con pestañas  $d d$  y tazas de aceite  $e e$ , extienden la masa congelada, ilustran los medios adecuados para aislar los extremos de los dos conductores y evitar la fuga de las corrientes. Un transformador como el descrito está especialmente equipado para su uso con corrientes de alta frecuencia cuando una baja temperatura de los conductores es particularmente deseable y el hielo ofrece un aislamiento excepcionalmente eficaz.

Se entenderá que mi invento puede aplicarse en muchos otros aspectos, que los medios especiales aquí descritos pueden variar considerablemente de acuerdo a las necesidades, y que en cada caso se adoptarán muchos expedientes que son bien conocidos para ingenieros y electricistas y que no es necesario detenerse. Sin embargo, puede ser útil indicar que en algunos casos una disposición especial tendrá que hacerse para efectuar un enfriamiento uniforme de la sustancia que rodea el conductor en toda su longitud. Asumiendo la Fig. **1** el agente refrigerante para escapar al final distante libremente a la atmósfera o en un embalse mantenido a baja presión, lo hará pasando por el conductor hueco  $C$  movido a una velocidad cada vez mayor hacia el final, expande isotérmicamente, o casi así, y por lo tanto causa una aproximadamente uniforme formación de hielo a lo largo de los conductores. En el plan que se ilustra en la figura **3** un resultado similar será en una medida lograda, debido al efecto compensador del conductor hueco  $C'$  y  $C''$  que todavía puede mejorarse invirtiendo periódicamente la dirección del flujo de manera conveniente; pero en muchos casos un régimen especial tendrá que ser empleados para representar el enfriamiento más o menos uniforme. Por ejemplo, refiriéndose a figs. **4**, **5** y **6**, en su lugar a un único canal dos canales concéntricos  $L'$  y  $L''$  podrán ser provistos y el agente refrigerante pasa a través de uno y regresa a través del otro, como indica el diagrama, en la figura **10**. En este y cualquier arreglo similar cuando el flujo toma lugar en direcciones opuestas el objeto encaminado será alcanzado más completamente reduciendo la temperatura de la circulación del agente de enfriamiento en la estación distante, que puede hacerse simplemente expandiéndolo

en un gran embalse, como **R''**, o por medio de un tubo de refrigeración o bobina **T''** u otros.

Evidentemente, en el caso ilustrado los tubos concéntricos podrán utilizarse como conductores independientes si aislados unos de otros y de la tierra por la sustancia solidificada o congelada.

Generalmente en la transmisión de energía eléctrica en grandes cantidades, cuando la cantidad de calor a ser llevada puede ser considerable, aparatos frigoríficos completamente protegidos contra la entrada de calor desde el exterior, como de costumbre, se emplearán en ambas estaciones y cuando la distancia entre ellos es muy grande también en puntos intermedios, siendo la maquinaria ventajosamente operada por las corrientes transmitidas o convertirse en agente de enfriamiento. En tales casos una congelación bastante uniforme de la sustancia aislante se alcanzará sin dificultad por el efecto compensador de la circulación opuesta: agentes de refrigeración. En grandes plantas de este tipo cuando el ahorro de energía eléctrica en la transmisión es la consideración más importante o cuando el objeto principal es reducir el costo de la red eléctrica mediante el empleo de metales baratos como, hierro u otros, cada esfuerzo será hecho para mantener a los conductores a la temperatura más baja posible y procesos de refrigeración conocidos, como aquellos basados en el principio regenerativo, pueden recurrirse para ello y en este y cualquier otro caso, los conductores huecos o canales en su lugar o simplemente cumpliendo el propósito de transmitir el agente de enfriamiento, pueden formar parte activa del aparato frigorífico.

A partir de la descripción anterior fácilmente veremos que mi invento constituye un punto de partida fundamental en el principio de los métodos establecidos de aislantes conductores empleados en la aplicación industrial y comercial de la electricidad. Su objetivo es, en términos generales, la obtención de aislamiento por el continuo gasto de una cantidad moderada de energía en lugar de seguridad que sólo en virtud de una propiedad física inherente del material utilizado como hasta ahora. Más concretamente, su objeto es proporcionar, cuando y donde sea necesario, aislamiento de alta calidad, de cualquier espesor deseado y excepcionalmente barato y permitir la transmisión de energía eléctrica en condiciones de economía hasta ahora inalcanzable y a distancias hasta ahora impracticables por prescindir de la necesidad de usar aislantes y conductores costosos.

Lo que afirmo como de mi invención es ---

1. El método de aislamiento de conductores eléctricos que aquí se describe que consiste en la reducción y mantenimiento en estado congelado o solidificado el material circundante o contiguo a dicho conductor por la acción respecto de un agente de refrigeración gaseoso mantenido en circulación a través de uno o más canales como ha sido enunciado.
2. El método de aislamiento de conductores eléctricos que aquí se describe que consiste en la reducción y mantenimiento en estado congelado o solidificado el material circundante o contiguo a dicho conductor por la acción respecto de un agente de refrigeración gaseoso mantenido en circulación a través de uno o más canales como ha sido enunciado.
3. El método de aislamiento de conductores eléctricos que aquí se describe que consiste en rodear o soportar el conductor por material que adquiere propiedades aislantes cuando está en estado congelado o solidificado y mantener el material en ese estado por la circulación a través de uno o más canales que se extienden a través de un agente de enfriamiento gaseoso, como ha sido enunciado.
4. El método de aislante de un conductor eléctrico que consiste en rodear o soportar

el conductor por material que adquiere propiedades aislantes cuando está en estado congelado o solidificado y mantener el material en ese estado pasando un agente de refrigeración gaseoso continuamente a través por el canal de dicho conductor, como ha sido enunciado.

5. El método de aislamiento de conductores eléctricos aquí descrito que consiste en rodear o soportar dichos conductores por un material que adquiere propiedades aislantes cuando está en estado congelado o solidificado y mantener el material en ese estado por la aplicación continua de un agente de enfriamiento gaseoso, como ha sido enunciado.

6. El método de aislamiento de conductores aquí enunciados que consiste en que rodear o soportar a los conductores por un material que adquiere propiedades aislantes cuando está en estado congelado o solidificado y mantener el material en ese estado por la circulación de un agente refrigerante gaseoso a través de un circuito de tuberías o tubos que se extiende a través de dicho material como ha sido enunciado.

7. El método de aislamiento de conductores eléctricos que consiste en la colocación o soporte de apoyo a los conductores en una depresión o conducto llenando la fosa con un material que adquiere propiedades aislantes cuando está congelado o solidificado y, a continuación, causando un agente refrigeración gaseoso que circula a través de uno o más canales que se extiende a través del material en la cubeta para congelar o solidificar el material de aislamiento, como ha sido enunciado.

8. El método de aislamiento de conductores eléctricos que consiste en la incorporación de los mismos en un húmedo o plástico compuesto que adquiere propiedades aislantes cuando está en estado congelado o solidificado y mantener el compuesto en ese estado circulando un agente refrigerante gaseoso a través de uno o más canales extendiéndolo a través del recinto, como ha sido enunciado.

9. El método de aislamiento de conductores eléctricos que consiste en colocar o soportar a los conductores en una depresión o conducto, llenando la fosa con un material que adquiere propiedades aislantes cuando está congelado o solidificado, protegiendo la fosa del medio ambiente en el que se establece por un claustro de *adiathermanous*, y, a continuación, congelar o solidificar el material que rodea a los conductores y mantener los mismos en ese estado circulando un agente de enfriamiento gaseoso a través de uno o más canales que se extiende a través del mismo, como ha sido enunciado.

NIKOLA TESLA

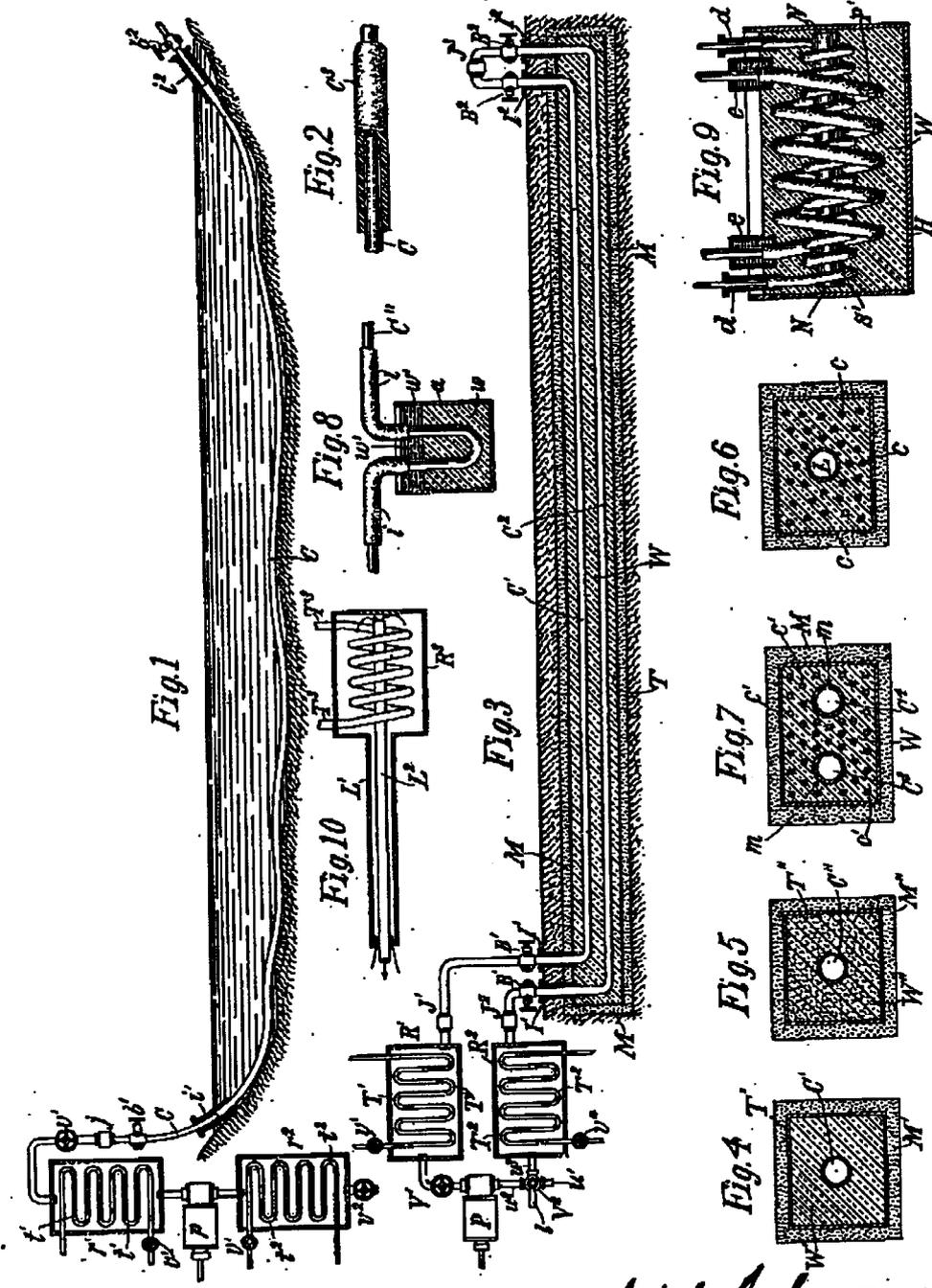
Testigos:

Drury w. Cooper,  
John C. Kerr.

N. TESLA.

METHOD OF INSULATING ELECTRIC CONDUCTORS.

(Application filed Sept. 21, 1900.)



Witnesses:  
*Raphael Petter*  
*Benjamin Miller*

*Nikola Tesla* Inventor  
 by *Herb. Page & Cooper* Attys.