

# OFICINA DE PATENTES DE ESTADOS UNIDOS

NIKOLA TESLA, DE NUEVA YORK, N. Y.

## **MÉTODO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS AISLANTES**

Especificación formando parte de patente N° 655.838, de fecha 14 de agosto de 1900.

Solicitud presentada el 15 de junio de 1900. Serie N° 20.405. (No hay especímenes).

A todos quienes pueda interesar:

Es sabido que, 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 ciertas mejoras nuevas y útiles en los métodos de aislamiento de conductores eléctricos, de lo cual lo siguiente es una especificación, haciendo referencia a los dibujos acompañantes.

Durante mucho tiempo se ha 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 de carácter general sólo 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 intermitente o alterna corrientes, 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. Declaró en términos generales, el método consiste en aislar un conductor eléctrico por congelación o solidificación y mantener en ese estado, por la circulación de un agente de enfriamiento, el material circundante o contiguo al conductor.

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 **Figs. 1, 3, 6, 7, 8 y 9** ilustran en sección longitudinal típicas maneras de realizar mi invento; y las **Figs. 2, 4, 5 y 10**, en sección, o en parte, 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 depósito  $r'$ , 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 depósito  $r'$ , 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 muchos casos será ventajoso cubrir el conductor hueco con una gruesa capa de algún material barato, como fieltro, indicado por  $C^3$  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 **Fig. 3**, en que **C'** y **C<sup>2</sup>** representan dos conductores huecos incrustado en una masa congelada subterránea y comunicada, respectivamente, con los depósitos **R'** y **R<sup>2</sup>**, que están conectados por pistones u otra bomba adecuada **P**. Bobinas de enfriamiento o tubos **T'** **T'** y **T<sup>2</sup>** **T<sup>2</sup>** con válvulas de regulación **v'** **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<sup>2</sup>**, es proporcionada, que cuando se coloca con su palanca **I** como se indica permite al agente refrigerante entrar a través de los tubos **u'** **u<sup>2</sup>** y la bomba **P**, llenando así los depósitos **R'** **R<sup>2</sup>** y conductores huecos **C'** **C<sup>2</sup>**; pero cuando gira 90 grados la válvula corta la comunicación con el exterior a través del tubo **u'** y establece una conexión entre el depósito **R<sup>2</sup>** y la bomba **P** a través de los tubos **u<sup>2</sup>** y **u<sup>3</sup>**, permitiendo así al agente refrigerante que se distribuya en el trazado cerrado **C' C<sup>2</sup> R<sup>2</sup> u<sup>3</sup> u<sup>2</sup> 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<sup>2</sup>** son aislados de los depósitos **R' R<sup>2</sup>** y entre sí por las juntas **J' J<sup>2</sup> J<sup>3</sup>** y están, además, protegidos en los lugares por donde entran y salen de la tierra por cojinetes bridas **I' I' I<sup>2</sup> I<sup>2</sup>**, 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<sup>2</sup> B<sup>2</sup>** se proporcionan para conectar los conductores al circuito en cada estación.

En la colocación de los conductores, como **C' C<sup>2</sup>**, cualquiera sea su número, una trinchera generalmente será excavada y una depresión, ida o cuadrados, como **T**, de menores dimensiones que la trinchera colocados en la misma, 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 finalmente la depresión se llenará con agua u otra sustancia **W**, que será gradualmente congelada distribuyendo al 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 depresión en secciones o afectar a la congelación de la sustancia llenándola sucesivamente en partes. Haciendo esto y los conductores así aislados y fijados, una capa de la misma o material similar **M M M** se colocará en la parte superior y todo cubierto con tierra o pavimento. La depresión 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. Las **Figs. 4 y 5** ilustran en corte transversal dos esos bebederos subterráneos **T'** y **T''**, de chapa, con sus cercados de *adiathermanous* (designados **M'** y **M''**, respectivamente,) cada fosa contiene un único conductor hueco central, como **C'** y **C''**. En el primer caso el aislamiento **W'** se supone que es hielo, obtenido por congelación de agua preferentemente liberada 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 decirse que en muchos casos puede ser factible prescindir de una depresión por recurrir a simples expedientes en la comercialización y aislantes de los conductores. De hecho, para algunos propósitos puede ser suficiente 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 ofrecerá 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 **L**. 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 así y fijando un número de conductores **c c c**. Ese 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 cualquier tipo de líquido para el cual existe una demanda por el distrito. Obviamente dos tales conductos pueden ser proporcionados y utilizados de una manera similar como los conductores **C' C<sup>2</sup>**.

A menudo, será conveniente para colocar en el mismo a través de un gran número de cables o conductores que sirven para una variedad de propósitos. En tal caso se podrá aprobar un plan que se ilustra en la **Fig. 7**, mostrando una depresión similar a la de la **Fig. 6**, con los conductores en corte transversal. El agente de enfriamiento puede ser en este caso distribuido, como en la **Fig. 3**, o de lo contrario, a través de los dos conductores huecos **C<sup>3</sup>** y **C<sup>4</sup>**, que, si se encuentra ventajoso, puede ser cubierto con una capa de materiales baratos **m m**, que va a mejorar su aislamiento, pero no impedir la congelación o solidificación de la sustancia que lo rodea **W**. Los conductores tubulares **C<sup>1</sup>** **C<sup>2</sup>**, preferiblemente de hierro, entonces puede servir para transmitir fuertes corrientes para el suministro de luz y energía, mientras que los pequeños **c<sup>1</sup>** **c<sup>2</sup>** **c<sup>3</sup>**, 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 distancia, se puede, obviamente, aplicar otras utilidades. Por ejemplo, en algunos casos, puede ser conveniente para aislar y apoyar un conductor en lugares como normalmente se realiza por medio de vidrio o porcelana aislantes. Esto podrá efectuarse en muchos sentidos transmitiendo a un agente refrigerante a través de los conductores o a través de un canal independiente y congelando o solidificando cualquier tipo de sustancia, permitiéndolo así servir al propósito. Tal soporte-aislante artificial se ilustra en la **Fig. 8**, en la cual **a** representa un vaso lleno de agua u otra sustancia **w**, congelados por el agente que circula por el conductor hueco **C''**, que así es aislado y apoyado. Para mejorar el aislamiento de la parte superior, donde está más obligado a ceder, una capa de alguna sustancia **w'**, como el petróleo, puede ser usada, y el conductor podrá compensarse cerca del apoyo con aislamiento **i i** como se muestra, la ampliación misma en el petróleo, por razones bien entendidas.

Otra aplicación típica de mi invento se muestra en la **Fig. 9**, en que **P'** y **S'** representan, respectivamente, los conductores primarios y secundarios, desnudos o aislados, de un transformador, enrollado en un núcleo **N** y sumergidos en agua u otra sustancia **W**, contenida en un frasco **H** y, como antes dije, preferiblemente liberados del aire por ebullición o de otro tipo. El agente de enfriamiento se distribuye de manera conveniente, como a través del hueco principal **P'**, con el propósito de congelación de la sustancia **W**. Cojinetes con pestañas **d d** y tazas de aceite **e e**, extiende la masa congelada, ilustran los medios apropiados para aislar los extremos de los dos conductores y prevenir la fuga de las corrientes. Un transformador, tal como se describe, 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 sean aprobados muchos expedientes que son bien conocidos por ingenieros y electricistas y en que no es necesario insistir. 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 en la **Fig. 1** el agente refrigerante para escapar al final distante libremente a la atmósfera o en un depósito mantenido a baja presión, lo hará pasando por el conductor hueco **C** movido a una velocidad cada vez mayor hacia el final, ampliando isotérmicamente, o casi así y por lo tanto provocará una formación aproximadamente uniforme de hielo a lo largo de los conductores. En el plan que se ilustra en la **Fig. 3** un resultado similar será en medida logrado, debido al efecto compensador de los conductores huecos **C<sup>1</sup>** y **C<sup>2</sup>**, que puede mejorarse aún más por invertir periódicamente la dirección del flujo de manera conveniente; pero en muchos casos un régimen especial tendrá que ser empleado para representar el enfriamiento más

o menos uniforme. Por ejemplo, refiriéndonos a las **Figs. 4, 5 y 6**, en lugar de un solo canal dos concéntricos canales  $L^1$  y  $L^2$  puede ser proporcionado y el agente refrigerante pasa a través de uno y regresa a través del otro, como indica el diagrama en la **Fig. 10**. En este y cualquier arreglo similar cuando el flujo lleva a cabo en direcciones opuestas el objeto encaminado será alcanzado más completamente reduciendo la temperatura del agente en la estación distante, que puede hacerse simplemente ampliando en un gran depósito, como  $R^3$ , o por medio de un tubo de refrigeración o bobina  $T^3$ , u otros. Evidentemente en el caso que ilustra los tubos concéntricos podrán utilizarse como conductores independientes, aislados unos de otros por el líquido intermedio y desde el suelo por la sustancia congelado o solidificada.

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 las estaciones de ambos y, cuando la distancia entre ellos es muy grande, también en puntos intermedios, siendo la maquinaria ventajosamente operada por las corrientes transmitidas o fluidos transmitidos. En tales casos se alcanzará una congelación bastante uniforme de la sustancia aislante 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 metal barato, como el hierro, u otros, cada esfuerzo se hará para mantener a los conductores en la temperatura más baja posible y procesos de refrigeración bien 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 lugar de simplemente servir al propósito de transmitir el agente de refrigeración, pueden formar parte activa de los aparatos de refrigeración.

A partir de la descripción anterior fácilmente veremos que mi invento constituye un punto de partida fundamental en principio de los métodos establecidos de conductores aislantes 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 asegurar sólo en virtud de una propiedad física inherente del material utilizado, como hasta ahora. Más especialmente 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 inalcanzables y a distancias de hasta ahora impracticables por prescindir de la necesidad de usar aislantes y conductores costosos.

Lo que reclamo como mi invento es—

1. El método del aislante de conductores eléctricos descrito en el presente documento que consiste en impartir propiedades aislantes para un material circundante o contiguo a dicho conductor por la acción continua al respecto de un agente de enfriamiento, como ha sido enunciado.
2. El método del aislante de conductores eléctricos descrito en el presente documento 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 mantenido en circulación a través de uno o más canales como ha sido enunciado.
3. El método del aislante de conductores eléctricos descrito en el presente documento que consiste en rodear o apoyar 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 extendiéndose a través de un agente de enfriamiento, como ha sido enunciado.

4. El método de aislante de un conductor eléctrico que consiste en rodear o apoyar dicho conductor por un material que adquiere propiedades aislantes cuando está congelado o solidificado, y mantener el material en ese estado, pasando un agente de enfriamiento continuamente a través de un canal en dicho conductor, como ha sido enunciado.

5. El método de conductores eléctricos aislantes, que consiste en rodear o apoyar 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, como ha sido enunciado.

6. El método de aislamiento de conductores aquí enunciado que consiste en rodear o apoyar 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 de enfriamiento 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 conductores eléctricos que consiste en la colocación o 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 de enfriamiento para circular a través de uno o más canales extendiendo a través del material en la cubeta para congelar o solidificar el material de aislamiento, como ha sido enunciado.

NIKOLA TESLA.

Testigos:

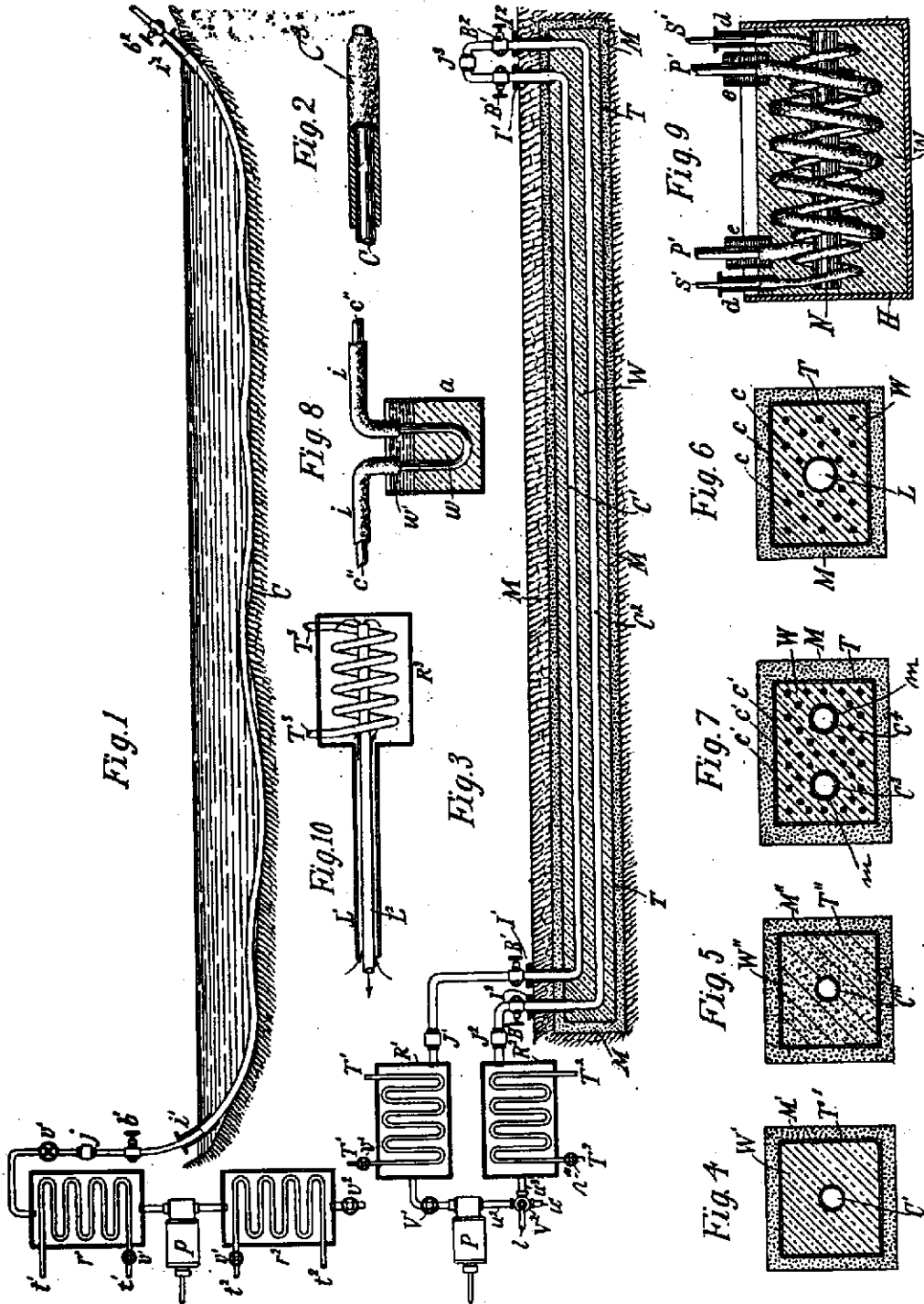
PARKER W. PAGE,  
M. LAWSON DYER.

N. TESLA.

METHOD OF INSULATING ELECTRIC CONDUCTORS.

(Application filed June 15, 1900.)

(No Model.)



Witnesses:  
*Raphael letter*  
*C.D. Morrill*

*Nikola Tesla, Inventor*  
 by *Kerr, Page & Cooper,*  
 Att'ys