

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 476**

51 Int. Cl.:

H01B 7/14 (2006.01)

H01B 3/44 (2006.01)

H01B 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2020** **PCT/NO2020/050076**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2020** **WO20190149**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2020** **E 20721841 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2022** **EP 3924983**

54 Título: **Cable de alimentación, procedimiento para la producción y utilización del mismo**

30 Prioridad:

18.03.2019 NO 20190358

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.04.2023

73 Titular/es:

BLUE SEA NORWAY AS (100.0%)
C. Sundts gate 51
5004 Bergen, NO

72 Inventor/es:

HELLESØE, BERNT HENRIK

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 938 476 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cable de alimentación, procedimiento para la producción y utilización del mismo

5 **Campo técnico**

La presente solicitud se refiere a cables de alimentación, a su procedimiento de producción y a su utilización en aplicaciones submarinas.

10 **Antecedentes**

A lo largo de las últimas décadas, han aumentado las averías inesperadas de los cables de alimentación submarinos de alta tensión (HV). En la mayoría de los casos, tales averías parecen estar provocadas por la utilización de polietileno reticulado (PEX), un material de alta complejidad. El PEX se introdujo por primera vez como material de fabricación de cables de HV en respuesta a un cambio en los requisitos de diseño para los cables terrestres, adaptándose a temperaturas de funcionamiento del conductor de hasta 90 °C, en lugar de temperaturas de hasta 70 °C. Este requisito de temperatura parece ser irrelevante en los entornos oceánicos submarinos generalmente fríos, donde las temperaturas ambientales apenas alcanzan más de unos pocos grados por encima de 0 °C.

Desde la perspectiva de los materiales, no hay ninguna razón por la que polímeros no reticulados, tales como caucho de etileno, polietileno y etileno-propeno, no puedan utilizarse en cables de HV que funcionan hasta 66 kilovoltios, especialmente cuando las tensiones del campo eléctrico del conductor se mantienen a un nivel reducido. Sin embargo, para reducir las tensiones del campo eléctrico en los cables de HV hasta un nivel aceptable, debe aumentarse el diámetro exterior del conductor, lo que, a su vez, aumenta los costes del blindaje del cable externo a niveles prohibitivos y conlleva una grave penalización de peso, al tiempo que reduce adicionalmente la facilidad de manejo del cable de HV.

30 **Sumario de la invención**

La presente invención se refiere a un cable de alimentación, que comprende un elemento de tensión, colocado en el centro de dicho cable de alimentación; una primera capa de aislamiento, estando el elemento de tensión embebido en la primera capa de aislamiento; y una funda protectora exterior; en el que dicho cable de alimentación comprende además uno o más primeros conductores de aluminio, embebidos dentro de la primera capa de aislamiento según la reivindicación 1. La presente invención asimismo se refiere a un procedimiento para producir el cable de alimentación de la invención, comprendiendo el procedimiento la etapa de extrudir una primera capa de aislamiento polimérica sobre el elemento de tensión y el uno o más conductores en una sola etapa.

Finalmente, la presente invención se refiere a la utilización del cable de alimentación de la invención, en aplicaciones submarinas de media tensión a alta tensión, tales como una infraestructura de cable de turbina eólica en alta mar o el accionamiento de bombas submarinas.

La presente invención utiliza conductores a base de aluminio, que exigen un aumento del diámetro del conductor en comparación con conductores a base de cobre convencionales. Además, la presente invención reemplaza el blindaje exterior convencional por un elemento de tensión interno colocado en el centro del cable de alimentación. Al utilizar un elemento de tensión interno, el diámetro exterior del conductor aumenta adicionalmente, ya que entonces se extiende radialmente para alojar el elemento de tensión. Con esta configuración, la tensión del campo eléctrico disminuye significativamente, en comparación con los cables de alimentación convencionales y puede omitirse con seguridad el costoso blindaje externo. Además, debido a la reducción de la tensión del campo eléctrico, puede reducirse el grosor del aislamiento y puede utilizarse un material de caucho de etileno, polietileno o etileno-propeno sólido, no reticulado como aislante, reemplazando de ese modo al PEX y solucionando los problemas mencionados anteriormente.

Una ventaja adicional de proporcionar un elemento de tensión interno y omitir el blindaje externo convencional es que el diámetro global del cable, el peso global del cable y la rigidez a la flexión del cable se reducen. El bajo peso específico del cable de alimentación según la presente invención, cuando se sumerge en agua, así como su rigidez disminuida, permiten bajas fuerzas de sujeción y un manejo mejorado al instalar el cable de alimentación, tal como durante la instalación con orugas. El cable de alimentación según la invención, por tanto, es más flexible que los cables convencionales y, en consecuencia, más fácil de flejar.

Finalmente, omitir el blindaje externo convencional da como resultado una reducción significativa del coste, ya que el blindaje externo comprende normalmente el 40% de los costes totales de materiales de un cable de alimentación.

Una ventaja adicional del cable de alimentación según la invención es que el conductor de aluminio hace innecesario el aislamiento de semiconductores, reduciendo de ese modo el número de elementos requeridos para formar el cable de alimentación, así como reduciendo el diámetro global del propio cable de alimentación.

Finalmente, el material de aislamiento sólido hace que el cable de alimentación sea inusualmente resistente al aplastamiento, en comparación con los cables de alimentación convencionales. El diseño sólido y la consecuente falta de huecos, tales como los presentes en una espuma de PEX, garantizan que el cable de alimentación según la invención sea del denominado diseño súper seco. Un diseño súper seco implica una construcción verdaderamente seca, en la que no existe riesgo potencial de que los huecos presentes en el cable material se llenen de agua en cualquier momento de la vida útil del cable.

Figuras

La figura 1 es una sección transversal esquemática de un cable de alimentación según una primera forma de realización de la invención.

La figura 2 es una sección transversal esquemática de un cable de alimentación según una segunda forma de realización de la invención.

La figura 3 es una sección transversal esquemática de un cable de alimentación según una tercera forma de realización de la invención.

Las figuras 4A y B representan dos configuraciones de cable de alimentación multinúcleo.

Descripción detallada

La figura 1 es una sección transversal esquemática de un cable de alimentación según una primera forma de realización de la invención. El cable de alimentación comprende un elemento de tensión 1, colocado en el centro de dicho cable de alimentación, una primera capa de aislamiento 3 que rodea el elemento de tensión 1, y está protegido del entorno por una funda exterior 9. Embebidos dentro de la primera capa de aislamiento 3 están uno o más, preferentemente tres, primeros conductores de aluminio 4. Cada primer conductor de aluminio puede presentar una sección transversal circular, donde el diámetro es el mismo para cada conductor. El diámetro del conductor puede seleccionarse según la aplicación deseada del cable de alimentación.

Además, el cable de alimentación puede comprender una primera pantalla exterior semiconductora 2 que rodea el elemento de tensión 1, y una segunda pantalla exterior semiconductora 5, que rodea la capa de aislamiento 3. El cable de alimentación puede comprender opcionalmente una primera pantalla metálica 6 y/o una segunda pantalla metálica 7, en el que las primera y/o segunda pantallas metálicas pueden presentar diversas funciones, tales como facilitar la búsqueda de fallos. Las primera y/o segunda pantallas metálicas están envueltas por una envoltura de cinta semiconductora 8.

Para un cable de alimentación con una sección transversal circular y dos o más primeros conductores de aluminio 4, los conductores están preferentemente dispuestos de una manera circunferencialmente equidistante. Esto se representa en la figura 1 para una forma de realización con tres conductores. En aplicaciones de media tensión (hasta 1 kV) a alta tensión (por encima de 1 kV), se requieren habitualmente tres o más fases; el cable de alimentación comprende un número de conductores correspondiente.

En la tabla 1 se proporcionan las propiedades mecánicas típicas para un cable de alimentación ejemplificativo según la primera forma de realización.

Tabla 1

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro exterior	90.3	[mm]
Masa vacía	7.6	[kg/m]
Masa llena	7.6	[kg/m]
Masa vacía e inundada	7.6	[kg/m]
Peso vacío sumergido	1.1	[kgf/m]
Peso lleno sumergido	1.1	[kgf/m]
Peso lleno sumergido e inundado	1.1	[kgf/m]
Razón de peso específico	1.2	[-]
Razón de peso sumergido y diámetro	11.7	[kgf/m ²]
Rigidez axial	69.7	[MN]
Rigidez a la flexión	2.5	[kNm ²]
Rigidez a la flexión (sin fricción)	2.3	[kNm ²]
Rigidez a la torsión	1.9	[kNm ²]
Factor de tensión/torsión	-0.05	[grados/m/kN]

La figura 2 es una representación esquemática de la sección transversal de un cable de alimentación según una segunda forma de realización de la invención. Las características correspondientes a la primera forma de realización se designan mediante los mismos signos de referencia. La segunda forma de realización difiere de la primera forma de realización en que se proporciona adicionalmente una segunda capa de aislamiento 3', preferentemente rodeada por una tercera pantalla exterior semiconductora 5'. Dicha segunda capa de aislamiento 3' rodea la primera capa de aislamiento 3 y, si está presente, la segunda pantalla exterior semiconductora 5. Embebidos dentro de la segunda capa de aislamiento 3' están uno o más segundos conductores de aluminio 4'. Cada segundo conductor de aluminio puede presentar una sección transversal circular, siendo los diámetros de los primeros conductores de aluminio 4 y los segundos conductores de aluminio 4' preferentemente los mismos.

Para un cable de alimentación con una sección transversal circular y dos o más segundos conductores de aluminio 4', los conductores están preferentemente dispuestos de una manera circunferencialmente equidistante. Esto se representa en la figura 2 para una forma de realización con tres conductores.

La figura 2 representa un cable de alimentación que comprende tres primeros y tres segundos conductores de aluminio 4, 4', configurados de manera que el punto medio de cada primer conductor de aluminio 4 se encuentra en una línea recta a través del punto medio del cable de alimentación y el punto medio de exactamente un segundo conductor de aluminio 4'. La configuración de la figura 2 puede comprender, en su lugar, dos, cuatro o más primeros y segundos conductores de aluminio. Esta configuración permite que el cable de alimentación se utilice en el funcionamiento de dos aplicaciones de media tensión a alta tensión simultáneamente. Por ejemplo, cuando el cable de alimentación se utiliza en una aplicación de CA, pueden hacerse funcionar dos bombas submarinas al mismo tiempo, cada una alimentada por su propio conjunto de conductores de aluminio 4 y 4'. Alternativamente, cuando el cable de alimentación se utiliza como cable de exportación de CC, los tres primeros conductores de aluminio 4 pueden funcionar como fase conductora de CC, mientras que los tres segundos conductores de aluminio 4' pueden funcionar como líneas de tierra. Esta última utilización es de relevancia específica para la exportación de energía desde turbinas eólicas marinas.

El elemento de tensión 1 comprende un material de alta resistencia a la tracción, tal como acero, preferentemente acero de alta resistencia a la tracción, un material compuesto o un material de aramida (Kevlar). Además, el elemento de tensión 1 puede ser sólido, por ejemplo, en forma de una varilla, un alambre o un haz de alambres. Alternativamente, el elemento de tensión puede ser hueco, por ejemplo, en forma de un tubo. El elemento de tensión 1 puede comprender un elemento adicional, tal como un sensor de temperatura, ubicado en su centro.

En la figura 3 se representa una sección transversal esquemática de un cable de alimentación según una tercera forma de realización de la invención. En esta forma de realización, un elemento de tensión 1 en forma de un haz de alambres está rodeado por uno o más primeros conductores de aluminio 4, en forma de uno o más anillos de alambres, ambos de los cuales están embebidos en la primera capa de aislamiento 3. Se proporciona una segunda capa de aislamiento 5, separada de la primera capa de aislamiento 3 por una primera lámina exterior semiconductora 2.

Uno o más cables de alimentación según la tercera forma de realización pueden empaquetarse en un cable de alimentación multinúcleo, cuyas variaciones se representan en las figuras 4A y B. Un cable de alimentación multinúcleo puede comprender uno o más cables de alimentación 10 según la tercera forma de realización, opcionalmente uno o más elementos de peso 11 y opcionalmente un elemento funcional adicional 12. El elemento funcional puede comprender, por ejemplo, un cable de fibra óptica o un cable de señal. Los elementos de peso 11 pueden comprender cinc o plomo. El uno o más cables de alimentación 10, elementos de peso 11 y elemento funcional 12 están embebidos en una capa de aislamiento extruida 13. Está prevista una pantalla semiconductora exterior, que rodea la capa de aislamiento 13. El cable de alimentación multinúcleo está protegido del entorno por una funda exterior, que rodea la pantalla semiconductora exterior.

Las figuras 4A y B representan una configuración con tres cables de alimentación 10 y un elemento funcional adicional 12. En la figura 4A, se proporcionan dos elementos de peso 11, en la figura 4C, se proporciona un gran número de elementos de peso 11.

En la tabla 2 se proporcionan propiedades mecánicas típicas para un cable de alimentación ejemplificativo según la forma de realización de figura 4A; los diversos valores de masa del cable, peso sumergido, razón de peso específico y rigidez enumerados en la tabla 1 pueden variar, naturalmente, dependiendo de la cantidad y el tipo de elementos de peso presentes.

Tabla 2

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro exterior	96.1	[mm]
Masa vacía	14.3	[kg/m]
Masa llena	14.3	[kg/m]

Parámetro	Valor	Unidad
Masa vacía e inundada	15.1	[kg/m]
Peso vacío sumergido	6.8	[kgf/m]
Peso lleno sumergido	6.9	[kgf/m]
Peso lleno sumergido e inundado	7.7	[kgf/m]
Razón de peso específico	2.0	[-]
Razón de peso sumergido y diámetro	79.7	[kgf/m/^2]
Rigidez axial	150.3	[MN]
Rigidez a la flexión	3.4	[kNm^2]
Rigidez a la flexión (sin fricción)	2.3	[kN m^2]
Rigidez a la torsión	4.5	[kN m^2]
Factor de tensión/torsión	-0.09	[grados/m/kN]

Un procedimiento para producir el cable de alimentación según la invención comprende la etapa de extrudir la primera capa de aislamiento 3 sobre el elemento de tensión 1 y el uno o más primeros conductores de aluminio 4. En consecuencia, el elemento de tensión 1 y el uno o más primeros conductores de aluminio 4 resultan embebidos dentro de la primera capa de aislamiento 3. Además, la totalidad de los uno o más segundos conductores de aluminio 4' están embebidos dentro de la segunda capa de aislamiento 3. Con el fin de producir un cable de alimentación según la segunda forma de realización, se extrude la segunda capa de aislamiento 3' sobre el uno o más segundos conductores de aluminio 4' en una etapa de procedimiento adicional. Las etapas de procedimiento primera y segunda pueden ejecutarse en secuencia, extruyendo la segunda capa de aislamiento 3' sobre una primera capa de aislamiento 3 ya extrudida, o simultáneamente, por medio de una coextrusión.

El procedimiento según la invención es contrario a los procedimientos de producción de cables de alimentación convencionales, donde cada conductor se embebe en primer lugar dentro de su propia capa de aislamiento, sobre la que se empaquetan juntos el número deseado de conductores así aislados y se mantienen en su sitio mediante una capa exterior separada. En consecuencia, el procedimiento según la presente invención logra un considerable ahorro de costes y es mucho más sencillo de implementar en comparación con procedimientos de producción de cables de alimentación convencionales.

Las primera, segunda y tercera pantallas exteriores semiconductoras 2, 5, 5' comprenden un polímero, preferentemente polietileno, poliestireno o poliamida.

Las primera y segunda capas de aislamiento 3, 3' comprenden un polímero no reticulado, preferentemente caucho de etileno, polietileno o etileno-propeno.

Las primera y segunda pantallas metálicas opcionales 6, 7 comprenden cobre, preferentemente cobre recocido, o plomo. Las pantallas metálicas se proporcionan preferentemente en forma de una cinta o funda. La envoltura de cinta semiconductor 8 comprende una poliamida (nailon). Finalmente, la funda exterior 9 comprende un polietileno de alta densidad, que puede haberse extruido sobre las capas subyacentes o puede haberse envuelto, en forma de una cinta, alrededor de las capas subyacentes.

Aunque el cable de alimentación de las figuras 1, 2 y 3 se presenta con una sección transversal circular, esto es únicamente para fines ilustrativos y de ningún modo limitativos; podrían utilizarse otras geometrías de sección transversal, tales como elípticas o rectangulares. El cable de alimentación según la invención puede estar provisto además de una vaina de plomo, que rodea la funda exterior. Una vaina de plomo de este tipo añade peso, lo que puede ser deseable para aplicaciones submarinas. Además, la vaina de plomo aumenta la expectativa de vida útil del cable de alimentación considerablemente, hasta 50 años.

REIVINDICACIONES

1. Cable de alimentación para aplicaciones submarinas, que comprende
- 5 un elemento de tensión (1), dispuesto en el centro de dicho cable de alimentación;
una primera capa de aislamiento (3), estando el elemento de tensión (1) embebido en la primera capa de aislamiento (3); y
- 10 una funda protectora exterior (9);
en el que dicho cable de alimentación comprende además uno o más primeros conductores de aluminio (4), embebidos dentro de la primera capa de aislamiento (3), comprendiendo dicha primera capa de aislamiento (3) caucho de (poli)etileno no reticulado, sólido, o de etileno-propeno no reticulado, sólido.
- 15 2. Cable de alimentación según la reivindicación 1, que comprende una primera pantalla exterior semiconductora (2) colocada entre el elemento de tensión (1) y la capa de aislamiento (3) y una segunda pantalla exterior semiconductora (5) que rodea la capa de aislamiento (3).
- 20 3. Cable de alimentación según la reivindicación 2, que comprende una segunda capa de aislamiento (3'), rodeada por una tercera pantalla exterior semiconductora (5'), rodeando dicha segunda capa de aislamiento (3') la segunda pantalla exterior semiconductora (5), en el que uno o más segundos conductores de aluminio (4') están embebidos dentro de la segunda capa de aislamiento (3').
- 25 4. Cable de alimentación según las reivindicaciones 1 a 3, que comprende una sección transversal circular, comprendiendo además el cable de alimentación dos o más primeros conductores de aluminio (4), configurados de una manera circunferencialmente equidistante.
- 30 5. Cable de alimentación según la reivindicación 4, que comprende dos o más segundos conductores de aluminio, configurados de una manera circunferencialmente equidistante, de manera que el punto medio de cada un primer conductor de aluminio (4) está situado sobre una línea recta que pasa a través del punto medio del cable de alimentación y a través del punto medio de exactamente un segundo conductor de aluminio (4').
- 35 6. Cable de alimentación según la reivindicación 1, en el que el elemento de tensión (1) comprende un haz de alambres y en el que los primeros conductores de aluminio (4) comprenden uno o más anillos de alambres de aluminio.
- 40 7. Cable de alimentación según la reivindicación 6, que comprende además una segunda pantalla exterior semiconductora (5) que rodea la capa de aislamiento (3), una segunda capa de aislamiento (3'), que rodea la segunda pantalla exterior semiconductora (5) y una tercera pantalla exterior semiconductora (5'), que rodea dicha segunda capa de aislamiento (3').
- 45 8. Cable de alimentación según la reivindicación 7, en el que la segunda capa de aislamiento (3') comprende un polímero no reticulado, sólido, preferentemente caucho de etileno, polietileno o etileno-propeno.
- 50 9. Cable de alimentación multinúcleo, que comprende uno o más cables de alimentación (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, estando dichos uno o más cables de alimentación (10), uno o más elementos de peso (11) y por lo menos un elemento funcional (12) embebidos en una capa de aislamiento extrudida (13).
- 55 10. Cable de alimentación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una primera pantalla metálica (6) y/o una segunda pantalla metálica (7), envueltas por una envoltura de cinta semiconductora (8) y situadas inmediatamente dentro de la funda exterior (9).
- 60 11. Cable de alimentación según la reivindicación 10, en el que las primera y/o segunda pantallas metálicas (6, 7) comprenden cobre, preferentemente cobre recocido, o plomo.
- 65 12. Cable de alimentación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una vaina de plomo, que rodea la funda exterior (9).
13. Procedimiento para producir un cable de alimentación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de extrudir una primera capa de aislamiento polimérica (3) sobre el elemento de tensión (1) y los uno o más conductores (4) en una sola etapa.
14. Procedimiento para producir un cable de alimentación según la reivindicación 13, en el que se extrude una segunda capa de aislamiento (3') sobre la primera capa de aislamiento (3) y uno o más segundos conductores de aluminio (4').

15. Procedimiento para producir un cable de alimentación según la reivindicación 14, en el que la segunda capa de aislamiento (3') se coextruye con la primera capa de aislamiento (3).

5 16. Procedimiento para producir un cable de alimentación según la reivindicación 14, en el que la primera capa de aislamiento (3) y la segunda capa de aislamiento (3') se extruden secuencialmente.

10 17. Utilización de un cable de alimentación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en aplicaciones submarinas de media tensión a alta tensión, tales como una infraestructura de cable de turbina eólica en el mar o el accionamiento de bombas submarinas.

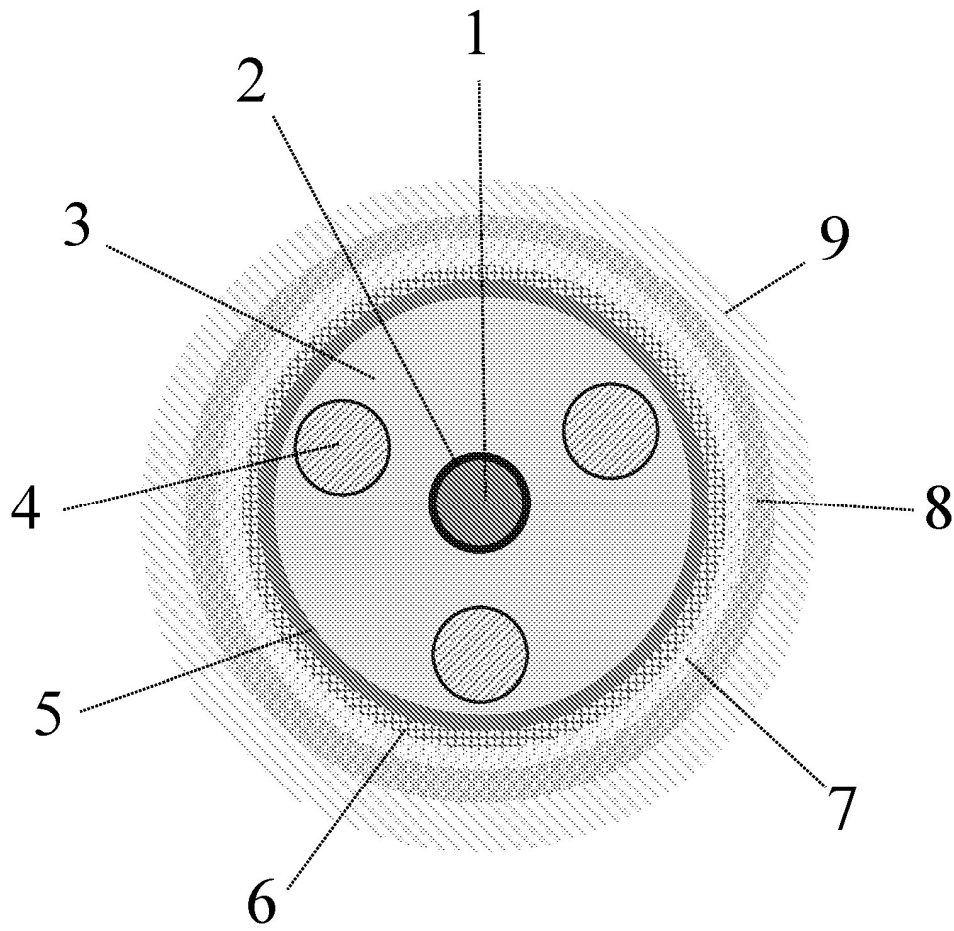


Figura 1

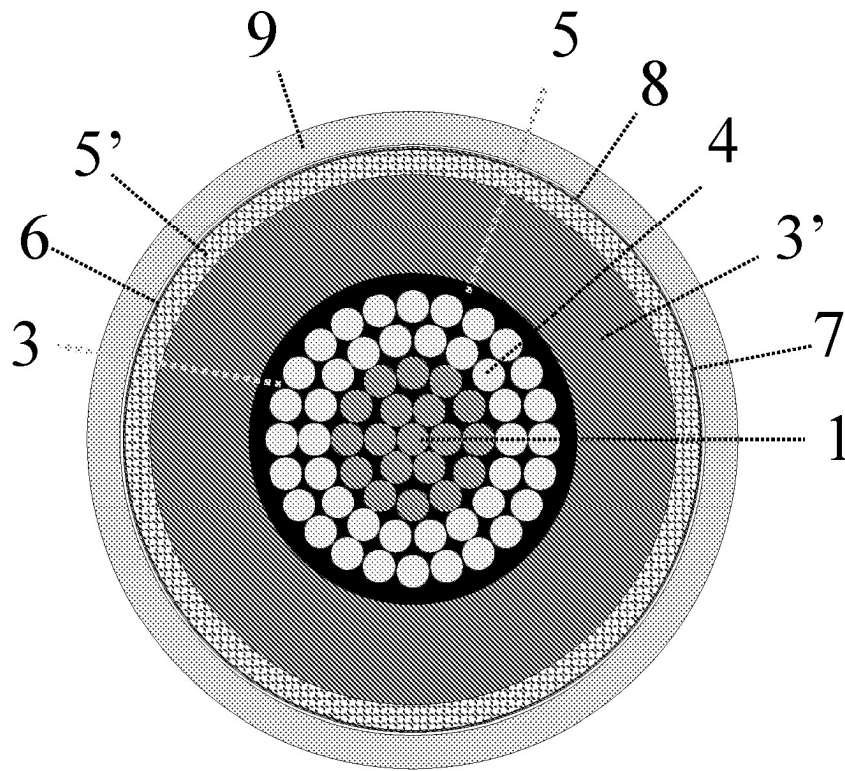


Figura 3

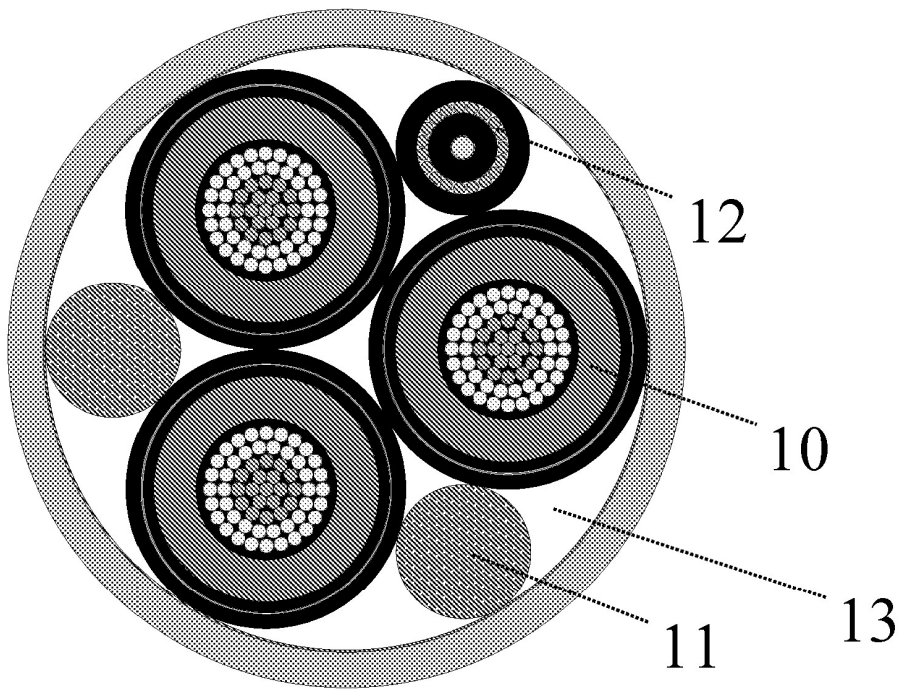


Figura 4A

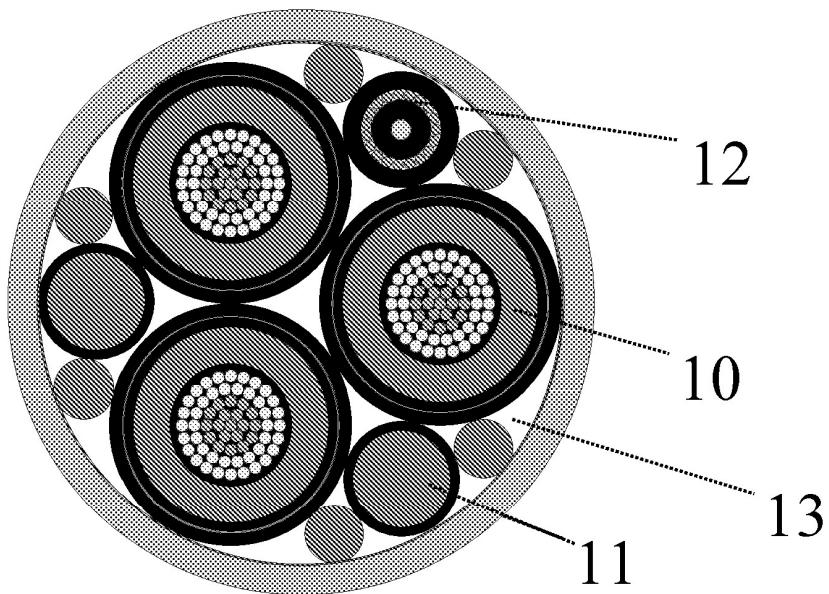


Figura 4B