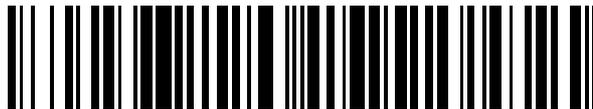


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 150**

51 Int. Cl.:

H01B 7/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2014 PCT/EP2014/057948**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2015 WO15158396**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2014 E 14720536 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3132453**

54 Título: **Procedimiento y cable de alimentación blindado para transportar corriente alterna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2020

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:

MAIOLI, PAOLO y
BECHIS, MASSIMO

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 762 150 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

Procedimiento y cable de alimentación blindado para transportar corriente alterna

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento y un cable de alimentación blindado para transportar corriente alterna.

[0002] Un cable de alimentación blindado se emplea generalmente en aplicaciones donde se prevén tensiones mecánicas. En un cable de alimentación blindado, el núcleo o los núcleos del cable (normalmente tres núcleos
10 trenzados en el último caso) están rodeados por al menos una capa de blindaje en forma de hilos de blindaje, configurados para reforzar la estructura del cable mientras se mantiene una flexibilidad adecuada.

[0003] El documento US 2009/0194314 describe un cable de campo petrolífero que comprende un núcleo de cable eléctricamente conductor para transmitir energía eléctrica y al menos una capa de una pluralidad de hilos de
15 blindaje que rodean el núcleo del cable. Al menos uno de los hilos de blindaje es un hilo de blindaje bimetalico que tiene una parte interna coaxial y una parte externa circundante, que proporciona una trayectoria de retorno para la energía eléctrica transmitida a través del núcleo del cable. La parte interna incluye al menos uno de material de cobre, material de aluminio y material de cobre-berilio. La parte exterior está formada por un material de aleación de metal que incluye al menos uno de material MP35N, material HC-265, material Inconel, material Monel y material Rene.
20

[0004] Cuando se transporta corriente alterna (CA) a un cable, la temperatura de los conductores eléctricos dentro del cable aumenta debido a pérdidas resistivas, un fenómeno conocido como efecto Joule.

[0005] La corriente transportada y los conductores eléctricos se dimensionan normalmente para garantizar que
25 la temperatura máxima en los conductores eléctricos se mantenga por debajo de un umbral prefijado (por ejemplo, por debajo de 90 °C) que garantiza la integridad del cable.

[0006] La norma internacional IEC 60287-1-1 (segunda edición 2006-12) proporciona procedimientos para calcular la clasificación de corriente permisible de los cables a partir de detalles del aumento de temperatura permisible, resistencia del conductor, pérdidas y resistividades térmicas. En particular, el cálculo de la clasificación de corriente
30 en cables eléctricos es aplicable a las condiciones de operación en estado estacionario en todos los voltajes alternos. El término "estado estacionario" pretende significar una corriente constante continua (factor de carga del 100 %) solo suficiente para producir asintóticamente la temperatura máxima del conductor, asumiendo que las condiciones ambientales circundantes son constantes. También se dan fórmulas para el cálculo de pérdidas.
35

[0007] En IEC 60287-1-1, la clasificación de corriente permisible de un cable de CA se deriva de la expresión para el aumento de temperatura permisible del conductor $\Delta\theta$ por encima de la temperatura ambiente T_a , donde $\Delta\theta = T - T_a$, T es la temperatura del conductor cuando una corriente I está fluyendo hacia el conductor y T_a es la temperatura del medio circundante en condiciones normales, en una situación en la que se instalan o se deben instalar cables,
40 incluido el efecto de cualquier fuente local de calor, pero no el aumento de temperatura en la vecindad inmediata de los cables debido al calor que surge de ellos. Por ejemplo, la temperatura del conductor T debe mantenerse por debajo de aproximadamente 90 °C.

[0008] Por ejemplo, según IEC 60287-1-1, en el caso de cables de CA enterrados donde no se seca el suelo,
45 o cables de CA en el aire, la clasificación de corriente permisible se puede derivar de la expresión para el aumento de temperatura por encima de la temperatura ambiente:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d \cdot [0.5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R \cdot T_1 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) \cdot T_2 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)} \right]^{0.5} \tag{1}$$

50 donde:

I es la corriente que fluye en un conductor (Amperio)

$\Delta\theta$ es el aumento de temperatura del conductor por encima de la temperatura ambiente (Kelvin)

55

R es la resistencia de corriente alterna por unidad de longitud del conductor a la temperatura máxima de funcionamiento (Ω/m);

W_d es la pérdida dieléctrica por unidad de longitud para el aislamiento que rodea al conductor (W/m);

T₁ es la resistencia térmica por unidad de longitud entre un conductor y la vaina (K.m/W);

T₂ es la resistencia térmica por unidad de longitud del lecho entre la vaina y el blindaje (K.m/W);

T₃ es la resistencia térmica por unidad de longitud de la parte externa del cable (K.m/W);

T₄ es la resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio circundante (K.m/W);

n es el número de conductores portadores de carga en el cable (conductores de igual tamaño y que llevan la misma carga);

λ₁ es la relación de pérdidas en la vaina metálica respecto a las pérdidas totales en todos los conductores en ese cable;

λ₂ es la relación de pérdidas en el blindaje respecto a las pérdidas totales en todos los conductores en el cable.

[0009] En el caso de cables de tres núcleos y blindajes de hilo de acero, la relación λ₂ está dada, en IEC 60287-1-1, por la siguiente fórmula:

$$\lambda_2 = 1.23 \frac{R_A}{R} \left(\frac{2c}{d_A} \right)^2 \frac{1}{\left(\frac{2.77 R_A 10^6}{\omega} \right)^2 + 1} \quad (2)$$

donde R_A es la resistencia de AC del blindaje a la temperatura máxima del blindaje (Ω/m);

R es la resistencia de corriente alterna por unidad de longitud del conductor a la temperatura máxima de funcionamiento (Ω/m);

d_A es el diámetro medio del blindaje (mm);

c es la distancia entre el eje de un conductor y el centro del cable (mm);

ω es la frecuencia angular de la corriente en los conductores.

[0010] El solicitante observó que, en general, la reducción de pérdidas en un cable eléctrico de CA blindado permite reducir la sección transversal del o de los conductores (por lo tanto, la cantidad de material necesaria para fabricar el cable) y/o aumentar el clasificación de corriente permisible (por lo tanto, para permitir que el cable transporte una mayor potencia).

[0011] El solicitante señaló que las pérdidas de blindaje podrían reducirse usando un material no ferromagnético, por ejemplo, acero inoxidable austenítico, pero esto aumenta sustancialmente el coste del cable de alimentación.

[0012] El solicitante investigó la contribución de las pérdidas de blindaje a las pérdidas totales de cable en un cable de alimentación de CA blindado cuando los hilos de blindaje están hechos de material ferromagnético, lo que es económicamente atractivo.

[0013] Durante sus actividades de desarrollo, el solicitante observó que las pérdidas de blindaje pueden depender de la histéresis y las corrientes parásitas generadas debido a la magnetización de los hilos ferromagnéticos del blindaje, causada por el campo magnético generado por la corriente alterna transportada por los conductores del cable.

[0014] El documento WO 2013/174399 describe que, en un cable de tres núcleos, las pérdidas de blindaje pueden reducirse mucho cuando el paso de blindaje es a favor respecto al paso de núcleo en comparación con la situación en la que el paso de blindaje es en cambio contrapuesto al paso de núcleo. El documento WO 2013/174399 establece que los hilos de blindaje pueden tener un núcleo ferromagnético rodeado de un material no ferromagnético (por ejemplo, plástico o acero inoxidable).

[0015] El solicitante percibió que la provisión de un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético que tiene una conductividad eléctrica mayor que la del acero inoxidable en un hilo de blindaje ferromagnético puede

reducir sustancialmente la histéresis y las pérdidas de corriente parásita en el blindaje del cable mientras se mantiene la resistencia mecánica y se limita el aumento del coste de fabricación del cable.

[0016] Sin el objetivo de estar vinculado a ninguna teoría, el solicitante cree que una conductividad eléctrica por encima de un valor predeterminado en el revestimiento del hilo de blindaje hace que las corrientes parásitas se concentren en la periferia de los hilos de blindaje donde generan bajas pérdidas resistivas debido a dicha conductividad eléctrica mejorada. Al mismo tiempo, la concentración de corrientes parásitas en el revestimiento del hilo de blindaje induce un campo magnético de signo opuesto con respecto al campo magnético generado por la corriente alterna transportada por los conductores del cable, lo que aumenta el efecto de blindaje de los hilos de blindaje respecto a este último campo magnético. Además, la reducción de la pérdida de blindaje debido a dicha conductividad eléctrica del revestimiento del hilo de blindaje mejora la reducción de las pérdidas de blindaje debido a la propiedad no ferromagnética del revestimiento. Dicha propiedad no ferromagnética del revestimiento del hilo de blindaje permite proteger los hilos de blindaje ferromagnéticos del campo magnético generado por la corriente alterna transportada por los conductores del cable, reduciendo así las pérdidas por histéresis.

[0017] Como resultado, las pérdidas de blindaje de un blindaje hecho de hilos que tienen un núcleo ferromagnético recubierto por un revestimiento no ferromagnético de conductividad eléctrica suficientemente alta se reducen con respecto a las de un blindaje que tiene hilos con la misma sección transversal pero hechos solo de material ferromagnético, o hechos de un revestimiento aplicado no ferromagnético y de conductividad eléctrica relativamente baja sobre una parte interna ferromagnética.

[0018] El solicitante descubrió que, al usar un cable de CA blindado que comprende un blindaje con una capa de hilos de blindaje que tiene un núcleo ferromagnético y un revestimiento externo eléctricamente conductor y no ferromagnético de un grosor/sección transversal predeterminada, el rendimiento del cable de CA blindado puede mejorarse en términos de corriente transmitida y/o área de sección transversal del conductor de cable S. De hecho, es posible cumplir con los requisitos de IEC 60287-1-1 para la clasificación de corriente permisible transmitiendo al conductor del cable un valor de corriente aumentado y/o usando conductores de cable con un valor reducido del área de sección transversal S (la resistencia de CA por unidad de longitud R en la fórmula anterior (1) es proporcional a p/S , donde p es la resistividad eléctrica del material conductor), sin aumentar la temperatura de trabajo del conductor.

[0019] En un primer aspecto, la presente invención se refiere, por tanto, a un cable de alimentación blindado para transportar corriente alterna según la reivindicación 1.

[0020] La parte interna ferromagnética y un revestimiento eléctricamente conductor de los hilos de blindaje de la invención son como se definen a continuación.

[0021] En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para mejorar las prestaciones de un cable de alimentación blindado según la reivindicación 14.

[0022] En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para reducir las pérdidas de blindaje en un cable de alimentación blindado según la reivindicación 15.

[0023] Para el objeto de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes y así sucesivamente, deben entenderse como modificadas, en todos los casos, por el término "aproximadamente". También, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio entre ellos, lo que puede enumerarse específicamente o no en esta invención.

[0024] En la presente descripción, el término "núcleo" se usa para indicar un conductor eléctrico rodeado por una capa aislante y al menos una capa semiconductor. Opcionalmente, dicho núcleo comprende además una pantalla metálica que rodea el conductor, la capa aislante y la o las capas semiconductoras.

[0025] En la presente descripción, todas las indicaciones de direcciones y similares, tales como "radial" y "tangencial" se hacen con referencia al eje longitudinal del cable.

[0026] En particular, "radial" se usa para indicar una dirección que interseca el eje longitudinal del cable y se extiende en un plano perpendicular a dicho eje longitudinal; y "tangencial" se usa para indicar una dirección perpendicular a la dirección "radial" y dispuesta en un plano perpendicular al eje longitudinal del cable.

[0027] En la presente descripción, el término "conductor de electricidad" se usa para indicar un material, por ejemplo, cobre o aluminio, con una resistividad eléctrica inferior a $10 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$; preferentemente inferior a $8 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$; más preferentemente inferior a $5 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$.

[0028] En la presente descripción, el término "ferromagnético" indica un material que, por debajo de una temperatura dada, tiene una permeabilidad magnética relativa significativamente mayor que 1, preferentemente mayor

que 100.

[0029] En la presente descripción, el término "no ferromagnético" indica un material que, por debajo de una temperatura dada, tiene una permeabilidad magnética relativa de aproximadamente 1.

5 **[0030]** En la presente descripción, el término "temperatura máxima permitida de trabajo del conductor" se usa para indicar la temperatura más alta que un conductor puede alcanzar en funcionamiento en una condición de estado estacionario, para garantizar la integridad del cable. La temperatura de trabajo del conductor depende sustancialmente de las pérdidas totales del cable, incluidas las pérdidas del conductor debido al efecto Joule y otros fenómenos
10 disipativos adicionales. Las pérdidas de blindaje son otro componente importante de las pérdidas totales del cable.

[0031] En la presente descripción, el término "clasificación de corriente permisible" se utiliza para indicar la corriente máxima que se puede transportar en un conductor eléctrico para garantizar que la temperatura del conductor eléctrico no exceda la temperatura máxima permitida de trabajo del conductor en estado estacionario. El estado
15 estacionario se alcanza cuando la tasa de generación de calor en el cable es igual a la tasa de disipación de calor de la superficie del cable, según las condiciones de tendido.

[0032] En la presente descripción, el término "sección transversal alargada" se usa para indicar la forma de la sección transversal perpendicular al eje longitudinal del hilo de blindaje, siendo dicha forma oblonga, alargada en una
20 dimensión.

[0033] Según la invención, las prestaciones del cable de alimentación blindado pueden mejorarse ventajosamente en términos de corriente alterna transportada incrementada con respecto a un cable que tiene sustancialmente la misma área de sección transversal del conductor eléctrico S e hilos de blindaje que tienen
25 sustancialmente la misma área de sección transversal, pero el último está hecho de material o materiales con diferentes características eléctricas y/o magnéticas y/o tiene una disposición de material diferente.

[0034] Como alternativa, las prestaciones del cable de alimentación blindado pueden mejorarse ventajosamente en términos de área reducida de sección transversal del conductor eléctrico S con respecto a un cable
30 que transporta sustancialmente la misma cantidad de corriente alterna y que tiene cables blindados que tienen sustancialmente la misma área de sección transversal, pero el último está hecho de material o materiales con diferentes características eléctricas y/o magnéticas y/o tiene una disposición de material diferente.

[0035] También se puede prever una combinación de las dos alternativas anteriores.

35 **[0036]** En el mercado de cables, se ofrece o vende un cable acompañado de una indicación relacionada, entre otras cosas, con la cantidad de corriente alterna transportada, el área de sección transversal S del conductor eléctrico y la temperatura máxima permitida de trabajo del conductor. Con respecto a un cable conocido, un cable según la invención traerá indicación de un área de sección transversal reducida del de los conductores eléctricos con
40 sustancialmente la misma cantidad de corriente alterna transportada y la temperatura máxima permitida de trabajo del conductor, o una mayor cantidad de corriente alterna transportada con sustancialmente la misma área de sección transversal del o de los conductores eléctricos y la temperatura máxima permitida de trabajo del conductor.

[0037] Esto es muy ventajoso porque permite hacer que un cable sea más potente y/o reducir el tamaño de los
45 conductores con la consiguiente reducción del tamaño, peso y coste del cable.

[0038] La presente invención en al menos uno de los aspectos mencionados anteriormente puede tener al menos una de las siguientes características preferidas.

50 **[0039]** La corriente alterna I que se hizo fluir hacia el cable y el área de sección transversal S de los conductores cumple ventajosamente con los requisitos de clasificación de corriente permisibles según la norma IEC 60287-1-1, al calcular pérdidas de blindaje iguales o inferiores al 40 % de las pérdidas totales del cable.

[0040] Las pérdidas de blindaje pueden ser iguales o inferiores al 20 % de las pérdidas totales del cable.
55 Mediante una selección adecuada de la construcción del blindaje según las enseñanzas de la invención, las pérdidas de blindaje pueden ser iguales o inferiores al 10 % de las pérdidas totales del cable e incluso pueden representar hasta el 3 % de las pérdidas totales del cable.

[0041] Mediante una selección adecuada de la construcción del blindaje según la enseñanza de la invención,
60 las pérdidas de blindaje λ_2' pueden ser significativamente más bajas que las de λ_2 calculadas por la norma internacional IEC 60287-1-1, segunda edición 2006-12. En particular, y ventajosamente, $\lambda_2' \leq 0,75 \lambda_2$. Preferentemente, $\lambda_2' \leq 0,50 \lambda_2$. Más preferentemente, $\lambda_2' \leq 0,25 \lambda_2$. Incluso más preferentemente, $\lambda_2' \leq 0,1 \lambda_2$.

[0042] Preferentemente, cada conductor eléctrico tiene un área de sección transversal S dimensionada para
65 operar el cable para transportar corriente alterna I a una temperatura máxima permitida de trabajo del conductor T,

según lo determinado por las pérdidas totales del cable, incluidas las pérdidas de blindaje. Preferentemente, el área de sección transversal S del conductor eléctrico se dimensiona calculando pérdidas de blindaje no superiores al 40 % de las pérdidas totales de cable.

- 5 **[0043]** El hilo de blindaje de la presente invención puede tener una sección transversal sustancialmente circular o alargada. En el caso de una sección transversal alargada, el eje mayor de la sección transversal está orientado preferentemente tangencialmente con respecto a la circunferencia del cable.
- 10 **[0044]** Preferentemente, en caso de sección transversal circular, los hilos de blindaje tienen un diámetro total (que incluye la parte interna y el revestimiento) de 2 mm a 8 mm, más preferentemente de 3 mm a 7 mm.
- [0045]** Preferentemente, en el caso de hilo de blindaje con sección transversal circular, el revestimiento eléctricamente conductor tiene un grosor (es decir, tamaño en la dirección radial) al menos igual al 2,5 % con respecto al diámetro total del hilo de blindaje.
- 15 **[0046]** Preferentemente, en el caso de hilo de blindaje con sección transversal circular, el revestimiento eléctricamente conductor tiene un grosor (es decir, tamaño en la dirección radial) no superior al 20 % con respecto al diámetro total del hilo de blindaje; más preferentemente, no superior al 15 %.
- 20 **[0047]** Preferentemente, para cualquier forma de los hilos de blindaje, el revestimiento eléctricamente conductor tiene un área de sección transversal (en un plano perpendicular al eje longitudinal del cable) al menos igual al 10 % con respecto al área de sección transversal total del hilo de blindaje.
- 25 **[0048]** Preferentemente, para cualquier forma de los hilos de blindaje, el revestimiento eléctricamente conductor tiene un área de sección transversal (en un plano perpendicular al eje longitudinal del cable) no superior al 55 % con respecto al área de sección transversal total de hilo de blindaje; más preferentemente, no superior al 40 %.
- [0049]** El solicitante descubrió que los límites inferior y superior indicados anteriormente para el grosor y el área de la sección transversal del revestimiento eléctricamente conductor permiten lograr, para un material de revestimiento que tiene una resistividad eléctrica inferior a $10 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$, un buen compromiso entre dos requisitos en conflicto. De hecho, por un lado, los valores del área de sección transversal del revestimiento inferiores al 10 % (o grosor inferior al 2,5 %) pueden proporcionar una reducción de la pérdida de blindaje no particularmente valiosa para el objetivo de reducir el área de sección transversal del conductor eléctrico S y/o de aumentar la corriente alterna transportada (por ejemplo, al menos 10 % de reducción). Por otro lado, un área de sección transversal del revestimiento superior al 55 % (o un grosor superior al 20 %) podría hacer que el hilo de blindaje pierda la resistencia a la tracción adecuada para proporcionar al cable la estabilidad a la tensión y la protección mecánica buscadas. Esto se debe a que los materiales para el revestimiento eléctricamente conductor generalmente tienen una resistencia a la tracción sustancialmente más baja que la de los materiales de la parte interna ferromagnética del hilo de blindaje.
- 30 **[0050]** La selección de un hilo de blindaje en vista de su resistencia a la tracción puede ser realizada por un experto en la materia en función de las dimensiones del cable, el peso y el entorno de uso previsto. Preferentemente, el material ferromagnético de la parte interna del hilo de blindaje de la invención tiene una resistencia a la tracción de al menos 350 MPa, más preferentemente de 350 MPa a 800 MPa, un límite superior más preferible de dicho intervalo es 750 MPa.
- 40 **[0051]** El revestimiento eléctricamente conductor de los hilos de blindaje de la invención puede estar hecho de un material seleccionado entre: zinc, cobre, plata, aluminio, aleaciones y materiales compuestos de los mismos. Preferentemente, el revestimiento eléctricamente conductor está hecho de cobre o aluminio o aleaciones y materiales compuestos que los contienen, más preferentemente de aleaciones de cobre y sus materiales compuestos.
- 45 **[0052]** La parte interna ferromagnética de los hilos de blindaje de la invención puede estar hecha de un material seleccionado de acero de construcción, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable martensítico y acero al carbono.
- 50 **[0053]** Además de la pluralidad de hilos de blindaje que tienen la parte interna ferromagnética y el revestimiento eléctricamente conductor, el blindaje también puede comprender hilos de blindaje adicionales hechos de material o materiales con diferentes características eléctricas y/o magnéticas y/o que tienen una disposición de material diferente. Por ejemplo, dichos hilos de blindaje adicionales podrían estar hechos solo de material ferromagnético.
- 55 **[0054]** La pluralidad de hilos de blindaje define preferentemente una capa de blindaje.
- 60 **[0055]** Según una realización, la pluralidad de hilos de blindaje define una capa interna del blindaje, comprendiendo el blindaje una capa externa con una pluralidad de hilos de blindaje, que rodea dicha capa de blindaje interna.
- 65 **[0056]** Los hilos de blindaje de la capa externa son preferentemente metálicos. Los hilos de blindaje de la capa

externa están hechos preferentemente de material metálico ferromagnético solamente.

[0057] Según una alternativa, los hilos de blindaje de la capa externa pueden comprender una parte interna ferromagnética y un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético.

5

[0058] En una realización preferida, el blindaje rodea el al menos un núcleo a lo largo de una circunferencia y los hilos de blindaje tienen una sección transversal alargada con eje mayor orientado tangencialmente con respecto a dicha circunferencia.

10 **[0059]** El solicitante descubrió que esta característica contribuye ventajosamente a reducir aún más las pérdidas de blindaje.

[0060] Los hilos de blindaje tienen una sección transversal alargada con una relación entre la longitud del eje mayor y la longitud del eje menor al menos igual a 1,5; más preferentemente al menos igual a 2. Ventajosamente, dicha relación no es superior a 5 porque los hilos de blindaje con una sección transversal alargada que tiene un eje mayor demasiado largo podrían dar lugar a un problema de fabricación durante la etapa de enrollar el blindaje alrededor del cable.

20 **[0061]** Ventajosamente, la sección transversal alargada de los hilos de blindaje tiene bordes suavizados. Además de ser preferibles desde el punto de vista de la fabricación, los hilos de blindaje con bordes suavizados evitan daños a las capas del cable subyacentes y el riesgo de que se produzcan picos de campo eléctrico.

[0062] La sección transversal alargada de los hilos de blindaje puede tener una forma sustancialmente rectangular.

25

[0063] Como alternativa, la sección transversal alargada está conformada sustancialmente como una parte de anillo.

30 **[0064]** En una realización adicional, la sección transversal alargada está provista de una muesca y una protuberancia en los dos extremos opuestos a lo largo del eje mayor, para mejorar la adaptación de la forma de los hilos adyacentes. La muesca/protuberancia entrelazada entre los hilos hace que el blindaje sea ventajosamente firme incluso en caso de cable dinámico.

[0065] Preferentemente, la sección transversal alargada de los hilos de blindaje tiene un eje menor de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 7 mm de largo, más preferentemente, de 2 mm a 5 mm de largo.

35

[0066] Preferentemente, la sección transversal alargada de los hilos de blindaje tiene un eje mayor de 3 mm a 20 mm de largo, más preferentemente de 4 mm a 10 mm de largo.

40 **[0067]** Cuando el cable de la invención comprende al menos dos núcleos, estos núcleos se trenzan entre sí según un tendido de trenzado de núcleo y un paso de trenzado de núcleo A.

[0068] Preferentemente, los hilos de blindaje del blindaje se enrollan alrededor de los al menos dos núcleos según un tendido de devanado de blindaje helicoidal que tiene la misma dirección que el tendido de trenzado del núcleo, y un paso de devanado de blindaje B que es de 0,4 a 2,5 el paso de trenzado del núcleo A y difiere del paso de trenzado del núcleo A en al menos un 10 %. El solicitante descubrió que esta característica permite ventajosamente reducir aún más las pérdidas de blindaje.

45

[0069] Preferentemente, el paso $B \geq 0,5 A$. Más preferentemente, el paso $B \geq 0,6 A$. Preferentemente, el paso $B \leq 2 A$. Más preferentemente, el paso $B \leq 1,8 A$.

[0070] Adecuadamente, cuando el cable de la invención comprende dos o más núcleos, el blindaje rodea a todos los núcleos mencionados juntos, como un todo.

55 **[0071]** Cuando el blindaje comprende una capa externa de hilos de blindaje, que rodea la capa interna del blindaje, los hilos de blindaje de la capa externa se enrollan adecuadamente alrededor de los núcleos según un tendido de devanado de capa externa y un paso de devanado de capa externa B'.

[0072] Preferentemente, el tendido de devanado de capa externa tiene una dirección opuesta con respecto al tendido de trenzado del núcleo (es decir, el tendido de devanado de la capa externa es contrapuesto con respecto al tendido de trenzado del núcleo y con respecto al tendido de devanado del blindaje). Esta configuración contrapuesta de la capa externa es ventajosa en términos de prestaciones mecánicas del cable.

60

[0073] Preferentemente, el paso de devanado de la capa externa B' es más alto, en valor absoluto, que el paso de devanado del blindaje B. Más preferentemente, el paso de devanado de la capa externa B' es más alto, en valor

65

absoluto, que B en al menos un 10 % de B.

[0074] Preferentemente, los hilos de blindaje de la capa externa del blindaje tienen sustancialmente la misma sección transversal en forma y, opcionalmente, en tamaño que los de la capa radialmente interna a los mismos.

5

[0075] Preferentemente, cuando el cable de la invención comprende dos o más núcleos, cada uno de ellos es un núcleo monofásico. Preferentemente, los al menos dos núcleos son núcleos multifásicos.

[0076] El cable de alimentación blindado puede comprender tres núcleos. El cable trifásico comprende 10 ventajosamente tres núcleos monofásicos.

[0077] El cable eléctrico blindado puede ser un cable de bajo, medio o alto voltaje (LV, MV, HV, respectivamente). El término bajo voltaje se usa para indicar voltajes inferiores a 1 kV. El término voltaje medio se usa para indicar voltajes de 1 a 35 kV. El término alto voltaje se utiliza para indicar voltajes superiores a 35 kV. El cable de 15 alimentación blindado puede ser terrestre o subacuático. El cable terrestre puede estar al menos en parte enterrado o situado en túneles.

[0078] Las características y ventajas de la presente invención se harán evidentes mediante la siguiente descripción detallada

20

de algunas realizaciones ejemplares de la misma, proporcionadas simplemente a modo de ejemplos no limitativos, descripción que se realizará haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- las figuras 1a y 1b muestra esquemáticamente dos cables de alimentación blindados ejemplares según dos 25 realizaciones de la invención;

- la figura 2 muestra esquemáticamente una sección transversal de un hilo de blindaje que puede usarse en un cable según una realización de la invención;

30 - la figura 3 muestra esquemáticamente las pérdidas de blindaje totales generadas en las capas de blindaje formadas por hilos cilíndricos que tienen un diámetro de hilo de 5 mm, una parte interna de acero y diferentes grosores de revestimiento de cobre;

35 - la figura 4 muestra esquemáticamente un ejemplo de hilos de blindaje con secciones transversales alargadas que se pueden usar en un cable según una realización de la invención;

- la figura 5 ilustra esquemáticamente núcleos trenzados e hilos de blindaje enrollados, respectivamente con el paso de trenzado del núcleo A y el paso de devanado del blindaje B, que pueden usarse en un cable según una realización de la invención.

40

[0079] La figura 1a muestra esquemáticamente un cable de alimentación de CA blindado ejemplarmente 10 para aplicaciones subacuáticas que comprende tres núcleos 12. Cada núcleo 12 comprende un conductor eléctrico de metal 12a normalmente hecho de cobre, aluminio o ambos, en forma de varilla o de cables trenzados. El conductor 12a está rodeado secuencialmente por una capa semiconductor interna y una capa de aislamiento y una capa 45 semiconductor externa, dichas tres capas (denominadas colectivamente 12b) están hechas de material polimérico (por ejemplo, polietileno), papel envuelto o laminado de papel/polipropileno. En el caso de las capas semiconductoras, el material de las mismas se carga con una carga conductora tal como negro de humo.

[0080] Los tres núcleos 12 están trenzados helicoidalmente entre sí según un paso de trenzado del núcleo A. 50 Los tres núcleos 12 comprenden cada uno una vaina metálica 13 (por ejemplo, hecha de plomo o cobre) y están incrustados en una carga polimérica 11 rodeada, a su vez, por una cinta 15 y una capa de amortiguación 14. Alrededor de la capa de amortiguación 14 se proporciona un blindaje 16 que comprende una capa de hilos 16a. Los hilos 16a se enrollan helicoidalmente alrededor de la capa de amortiguación 14 según un paso de devanado de blindaje B. El blindaje 16 está rodeado por una vaina protectora 17.

55

[0081] Cada conductor 12a tiene un área de sección transversal S, en la que $S=\pi(d/2)^2$, siendo d el diámetro del conductor.

[0082] La figura 1b muestra esquemáticamente un cable de alimentación de CA blindado ejemplarmente 10 60 para aplicaciones subacuáticas que difiere del cable de la figura 1a en que comprende un solo núcleo 12. Las características del cable análogas a las del cable de la figura 1a se indican con los mismos números de referencia.

[0083] Como se muestra esquemáticamente en la figura 2, los hilos 16a son bimetálicos. En particular, comprenden cada uno una parte interna ferromagnética 162 y un revestimiento eléctricamente conductor y no 65 ferromagnético 164.

[0084] Por ejemplo, el revestimiento 164 está hecho de cobre (que tiene una resistividad eléctrica de aproximadamente $1,8 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$) o aluminio (que tiene una resistividad eléctrica de aproximadamente $2,8 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$).

5

[0085] Preferentemente, la parte interna ferromagnética 162 de los hilos de blindaje está hecha de un material similar al acero ferromagnético, por ejemplo, acero de construcción, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable martensítico y acero al carbono.

10 **[0086]** Durante las actividades de desarrollo realizadas para investigar las pérdidas de blindaje en un cable de alimentación eléctrica de CA, el solicitante probó un cable de alimentación trifásico de CA que tenía: tres núcleos trenzados entre sí según un paso de trenzado de núcleo A de 1442 mm; blindaje hecho de una sola capa de 61 hilos de blindaje cilíndricos enrollados alrededor de los tres núcleos según un tendido de devanado de blindaje helicoidal y un paso de devanado de blindaje B de 1117 mm; un ángulo de blindaje de 17,4 grados; un diámetro de blindaje total de 5 mm; un área de sección transversal del conductor eléctrico S de 500 mm²; una corriente alterna en cada conductor de 800 A; una frecuencia de 50 Hz; voltaje de fase a fase de 18/30 KV.

[0087] Teniendo en cuenta este cable, el solicitante calculó, utilizando un modelo 3D FEM (procedimiento de elementos finitos), las pérdidas de blindaje para diferentes materiales de hilos de blindaje.

20

[0088] La tabla 1 muestra las pérdidas por histéresis, las pérdidas resistivas (debido a las corrientes parásitas) y las pérdidas totales de blindaje (la suma de las pérdidas por histéresis y pérdidas resistivas) obtenidas para los hilos de blindaje (cada uno con una sección transversal circular y un diámetro total de 5 mm) hechos de: 1) solo acero ferromagnético; 2) solo cobre; 3) revestimiento de cobre (grosor de 1,0 mm) y parte interna de acero ferromagnético; 25 4) revestimiento de cobre (grosor de 0,5 mm) y parte interna de acero ferromagnético; 5) revestimiento de acero ferromagnético (grosor de 1,0 mm) y parte interna de cobre; 6) revestimiento de aluminio (grosor de 0,5 mm) y parte interna de acero ferromagnético; 7) revestimiento de plástico (polietileno) (grosor de 1,0 mm) y parte interna de acero ferromagnético; 8) revestimiento de acero no ferromagnético (grosor de 1,0 mm) y parte interna de acero ferromagnético.

30

[0089] El acero ferromagnético usado en los presentes ejemplos (acero f) fue un acero inoxidable ferrítico con una resistividad eléctrica de $20,8 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ y una permeabilidad magnética relativa de 300.

[0090] El acero no ferromagnético usado en los presentes ejemplos (acero a) fue un acero inoxidable austenítico con una resistividad eléctrica de $20,8 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ y una permeabilidad magnética relativa de aproximadamente 1.

35

Tabla 1

	Cable blindado	Pérdidas por histéresis (W/m)	Pérdidas resistivas (W/m)	Pérdidas totales (W/m)
1*	solo acero f (5 mm de diámetro)	6,53	2,59	9,11
2*	solo cobre (5 mm de diámetro)	~0	0,12	0,12
3	revestimiento de cobre (grosor de 1,0 mm) + parte interna de acero f (3,0 mm de diámetro)	0,31	1,70	2,01
4	revestimiento de cobre (grosor de 0,5 mm) + parte interna de acero f (4,0 mm de diámetro)	0,71	2,96	3,67
5*	revestimiento de acero f (grosor de 1,0 mm) + parte interna de cobre (3,0 mm de diámetro)	6,37	1,04	7,41
6	revestimiento de aluminio (grosor de 0,5 mm) + parte interna de acero f (4,0 mm de diámetro)	1,28	3,35	4,63
7*	revestimiento de plástico (grosor = 1,0 mm) + parte interna de acero f (3,0 mm de diámetro)	5,03	0,85	5,88
8*	revestimiento de acero a (grosor de 1,0 mm) + parte interna de acero f (3,0 mm de diámetro)	3,36	1,85	5,21
* Ejemplos comparativos				

40

[0091] A partir de los resultados mostrados en la tabla 1, es evidente que los blindajes que tienen los hilos de blindaje de los ejemplos 3, 4 y 6 según la invención - con una parte interna ferromagnética (acero f) y un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (cobre o aluminio): tienen pérdidas de blindaje mucho más bajas que los blindajes comparativos que tienen hilos hechos solo de material ferromagnético (acero f del ejemplo 1*), o de una parte interna eléctricamente conductora y no ferromagnética y un revestimiento ferromagnético (revestimiento de acero f y la parte interna de cobre del ejemplo 5*) o de un revestimiento no ferromagnético y no conductor de la electricidad y una parte interna ferromagnética (revestimiento de plástico y parte interna de acero f del ejemplo 7* y un revestimiento de acero y parte interna de acero f del ejemplo 8*). Los resultados para los hilos hechos de cobre solamente (ejemplo 2*) se dan a modo de comparación, ya que dichos hilos no son adecuados para proporcionar blindajes con la resistencia a la tracción requerida.

[0092] La figura 3 muestra las pérdidas totales de blindaje (histéresis más pérdidas resistivas) generadas en el cable mencionado anteriormente cuando se consideran capas de blindaje hechas de hilos que tienen una parte interna de acero ferromagnético (acero f) mientras se añade un grosor creciente de revestimiento de cobre (siendo el diámetro total del hilo igual a 5 mm).

[0093] Es evidente a partir de los resultados mostrados en la figura 3, que las pérdidas de blindaje disminuyen al aumentar los valores del grosor del revestimiento de cobre.

[0094] Sin embargo, por las razones ya expuestas relacionadas con la resistencia a la tracción requerida para los hilos de blindaje, los hilos de 5 mm de diámetro con un revestimiento de cobre de 1 mm de grosor como máximo (20 % con respecto al diámetro total del hilo de blindaje) se usan preferentemente como hilos de blindaje para cables de alimentación. En el presente caso, es posible lograr reducciones de pérdidas de blindaje superiores a aproximadamente el 10 % a partir de un valor de grosor de aproximadamente 0,1 mm; Un grosor de revestimiento de 1 mm que produce una reducción de pérdidas superior al 70 %.

[0095] El solicitante descubrió que, para un material de revestimiento con una resistividad eléctrica inferior a $10 \times 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ y un material ferromagnético con resistencia mecánica adecuada para la parte interna, se puede lograr un buen compromiso entre los dos requisitos en conflicto cuando el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético tiene un área de sección transversal comprendida entre el 10 % y el 55 %, preferentemente el 40 %, con respecto al área de sección transversal total del hilo de blindaje.

[0096] En el caso del hilo de blindaje con una sección transversal sustancialmente circular, se puede lograr un buen compromiso cuando el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético tiene un grosor entre el 2,5 % y el 20 %, preferentemente el 15 %, con respecto al diámetro total del hilo de blindaje.

[0097] Teniendo en cuenta la fórmula anterior (1) proporcionada por IEC 60287-1-1, la reducción de las pérdidas de blindaje, lograda gracias al uso de un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético para los hilos de blindaje, permite ventajosamente aumentar la clasificación de corriente permisible de un cable. El aumento de la clasificación de corriente permisible conduce a dos mejoras en un sistema de transporte de CA: aumentar la corriente transportada por un cable de alimentación y/o proporcionar un cable de alimentación con un área reducida de sección transversal del conductor eléctrico S, considerándose el aumento/reducción con respecto al caso en el que las pérdidas de blindaje se calculan en cambio con hilos que tienen sustancialmente la misma área de sección transversal pero que están hechos de material o materiales con diferentes características eléctricas y/o magnéticas y/o que tienen una disposición de material diferente.

[0098] Esto es muy ventajoso porque permite hacer que un cable sea más potente y/o reducir el tamaño de los conductores eléctricos con la consiguiente reducción del tamaño, peso y coste del cable.

[0099] Durante las actividades de desarrollo realizadas por el solicitante para investigar las pérdidas de blindaje en un cable de alimentación de CA blindado, el solicitante descubrió además que las pérdidas de blindaje se reducen aún más cuando los hilos de blindaje según la invención tienen una sección transversal alargada con el eje mayor orientado tangencialmente con respecto a una circunferencia del cable. Tal reducción adicional de las pérdidas de blindaje puede suponer del 5 % al 25 %.

[0100] La figura 4 muestra esquemáticamente un ejemplo de blindaje 16 hecho de hilos 16a con sección transversal alargada adecuada para una realización preferida de la invención. El eje mayor de la sección transversal del hilo se indica con A' y el eje menor con A".

[0101] En aras de la claridad, en esta figura solo se muestran los hilos de blindaje 16a del cable, que rodean una circunferencia O (que encierra el núcleo o núcleos del cable).

[0102] Como se muestra claramente en la figura 4, el eje mayor A' de la sección transversal alargada de los hilos 16a está orientado según una dirección tangencial Tn de la circunferencia O.

[0103] En la realización de la figura 4, la sección transversal alargada de los hilos 16a tiene una forma sustancialmente rectangular, con ángulos suavizados.

5 **[0104]** En una realización preferida de la invención, en el caso de un cable de alimentación 10 que tenga al menos dos núcleos 12, con el fin de reducir aún más las pérdidas de blindaje, el tendido de devanado helicoidal de los hilos de blindaje 16a tiene la misma dirección que el tendido de trenzado de los núcleos 12, como se muestra esquemáticamente en la figura 5.

10 **[0105]** Esta realización puede usarse en combinación con o como alternativa a la realización descrita anteriormente, en relación con los hilos de blindaje con sección transversal alargada.

15 **[0106]** Se observa que, incluso si en la descripción y las figuras anteriores se han descrito cables que comprenden un blindaje con una sola capa de hilos, la invención también se aplica a cables en los que el blindaje comprende una pluralidad de capas, superpuestas radialmente.

[0107] En tales cables, el blindaje de múltiples capas comprende preferentemente una capa interna de hilos y una capa externa de hilos, que rodea la capa interna.

20 **[0108]** En cuanto a las características de los hilos de la capa interna, se aplican las mismas consideraciones hechas anteriormente con referencia a un blindaje con una sola capa de hilos.

[0109] En cuanto a la capa externa, los hilos de blindaje están hechos preferentemente, al menos en la mayor parte, de un único metal ferromagnético, tal como un material similar al acero ferromagnético.

25 **[0110]** Para los cables que comprenden un blindaje de múltiples capas, se aplican las mismas consideraciones anteriores con referencia a la relación λ_2' (pérdidas en el blindaje respecto a pérdidas totales en todos los conductores en el cable de alimentación), donde las pérdidas en el blindaje se calculan como las pérdidas en la capa (interna) y la capa externa.

REIVINDICACIONES

1. Cable de alimentación blindado (10) para transportar corriente alterna que comprende:
 - 5 - al menos un núcleo (12), que comprende un conductor eléctrico (12a) rodeado secuencialmente por una capa semiconductor interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductor externa (12b), y
 - un blindaje (16), que rodea el al menos un núcleo (12), que comprende una pluralidad de hilos de blindaje (16a) que tienen una parte interna ferromagnética (162),
caracterizado porque los hilos de blindaje (16a) tienen un revestimiento eléctricamente conductor y no
 10 ferromagnético (164) que tiene una conductividad eléctrica mayor que la del acero inoxidable.
2. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) tiene un área de sección transversal al menos igual al 10 % con respecto al área de sección transversal total del hilo de blindaje (16a).
15
3. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1 o 2, en el que el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) tiene un área de sección transversal no superior al 55 % con respecto al área de sección transversal total del hilo de blindaje (16a).
- 20 4. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que los hilos de blindaje (16a) tienen una sección transversal circular con un diámetro total de 2 mm a 8 mm y el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) tiene un grosor al menos igual al 2,5 % con respecto al diámetro total del hilo de blindaje (16a).
- 25 5. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 4, en el que el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) tiene un grosor no superior al 20 % con respecto al diámetro total del hilo de blindaje (16a).
6. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que el revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) está hecho de al menos un material seleccionado de: cobre, aluminio, aleación y materiales compuestos de los mismos.
30
7. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que la parte interna ferromagnética (162) de los hilos de blindaje (16a) está hecha de un material seleccionado entre: acero de construcción, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable martensítico y acero al carbono.
35
8. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que la parte interna ferromagnética (162) de los hilos de blindaje (16a) está hecha de un material que tiene una resistencia a la tracción de 350 MPa a 800 MPa.
40
9. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que el blindaje (16) rodea el al menos un núcleo (12) a lo largo de una circunferencia (O) y los hilos de blindaje (16a) tienen una sección transversal alargada con eje mayor (A') orientado tangencialmente con respecto a la circunferencia (O).
- 45 10. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 9, en el que la sección transversal alargada de la pluralidad de hilos de blindaje (16a) de dicho blindaje (16) tiene una relación entre la longitud del eje mayor (A') y la longitud del eje menor (A'') al menos igual a 1,5
11. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 9 o 10, en el que la sección transversal
50 alargada de la pluralidad de hilos de blindaje (16a) de dicho blindaje (16) tiene una relación entre la longitud del eje mayor (A') y la longitud del eje menor (A'') no superior a 5.
12. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, en el que el cable de alimentación (10) comprende más de un núcleo (12) trenzados según un tendido de trenzado de núcleo y un paso de trenzado de núcleo
55 A, estando la pluralidad de hilos de blindaje (16a) enrollados alrededor de los núcleos (12) según un tendido de devanado de blindaje helicoidal y un paso de devanado de blindaje B, en el que el tendido de devanado de blindaje helicoidal tiene la misma dirección que el tendido de trenzado de núcleo, y el paso de devanado de blindaje B es de 0,4 A a 2,5 A y difiere de A en al menos un 10 %.
- 60 13. Cable de alimentación blindado (10) según la reivindicación 1, que comprende al menos dos núcleos (12) trenzados según un tendido de trenzado de núcleo y un paso de trenzado de núcleo A, enrollándose la pluralidad de hilos de blindaje (16a) alrededor de los núcleos (12) según un tendido de devanado de blindaje helicoidal y un paso de devanado de blindaje B, en el que el tendido de devanado helicoidal de los hilos de blindaje (16a) tiene la misma dirección que el tendido de los núcleos (12).
65

14. Procedimiento para mejorar el rendimiento de un cable de alimentación blindado (10) que comprende al menos un núcleo (12) y uno blindaje (16) que rodea el al menos un núcleo (12), comprendiendo dicho al menos un núcleo (12) un conductor eléctrico (12a) que tiene un área de sección transversal S , estando cada conductor eléctrico (12a) rodeado secuencialmente por una capa semiconductor interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductor externa (12b), comprendiendo dicho blindaje (16) una pluralidad de hilos (16a) y teniendo pérdidas de blindaje cuando se transporta una corriente alterna I a cada conductor eléctrico (12a), una temperatura máxima permitida de trabajo del conductor T dependiendo de las pérdidas totales del cable, incluidas dichas pérdidas de blindaje, comprendiendo el procedimiento:
- 5
- 10 - reducir las pérdidas de blindaje proporcionando la pluralidad de hilos (16a) con una parte interna ferromagnética (162) y un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) que tiene una conductividad eléctrica mayor que la del acero inoxidable;
- construir el cable de alimentación blindado (10) con un valor reducido del área de sección transversal S del conductor eléctrico, según lo determinado por las pérdidas de blindaje reducidas, y/o
- 15 - operar el cable de alimentación blindado (10) a la temperatura máxima permitida de trabajo del conductor T transportando dicha corriente alterna I a cada conductor eléctrico (12a) con un valor aumentado, según lo determinado por las pérdidas de blindaje reducidas.
15. Procedimiento para reducir las pérdidas de blindaje en un cable de alimentación blindado (10) que comprende al menos un núcleo (12), que comprende un conductor eléctrico (12a) rodeado secuencialmente por una capa semiconductor interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductor externa (12b), y un blindaje (16) que rodea el al menos un núcleo (12a), comprendiendo el procedimiento:
- 20
- 25 - construir el blindaje (16) con una pluralidad de hilos (16a) que tienen una parte interna ferromagnética (162) y un revestimiento eléctricamente conductor y no ferromagnético (164) que tiene una conductividad eléctrica mayor que la del acero inoxidable.

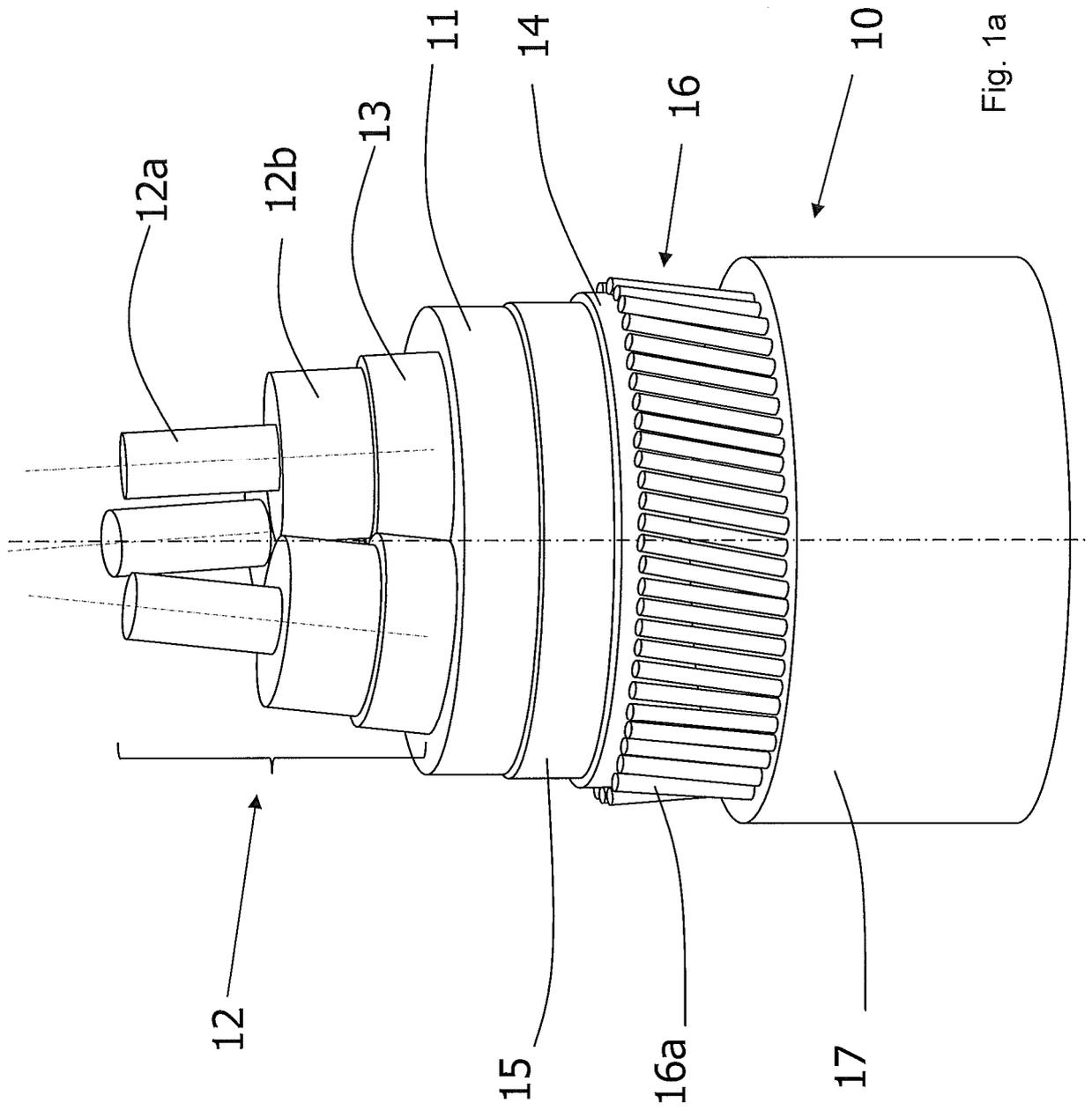


Fig. 1a

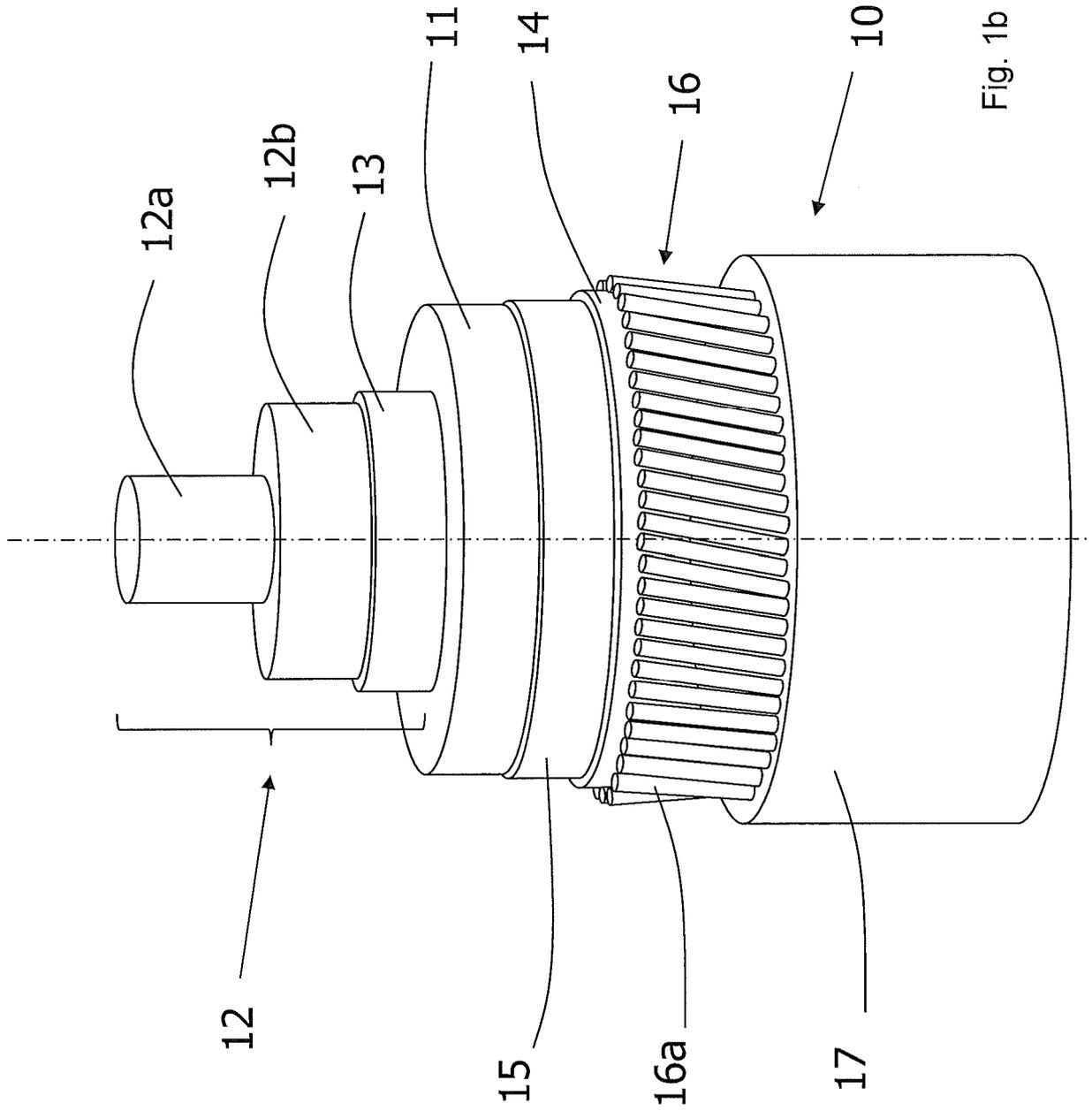


Fig. 1b

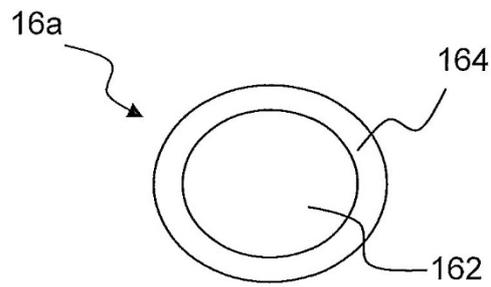


Fig. 2

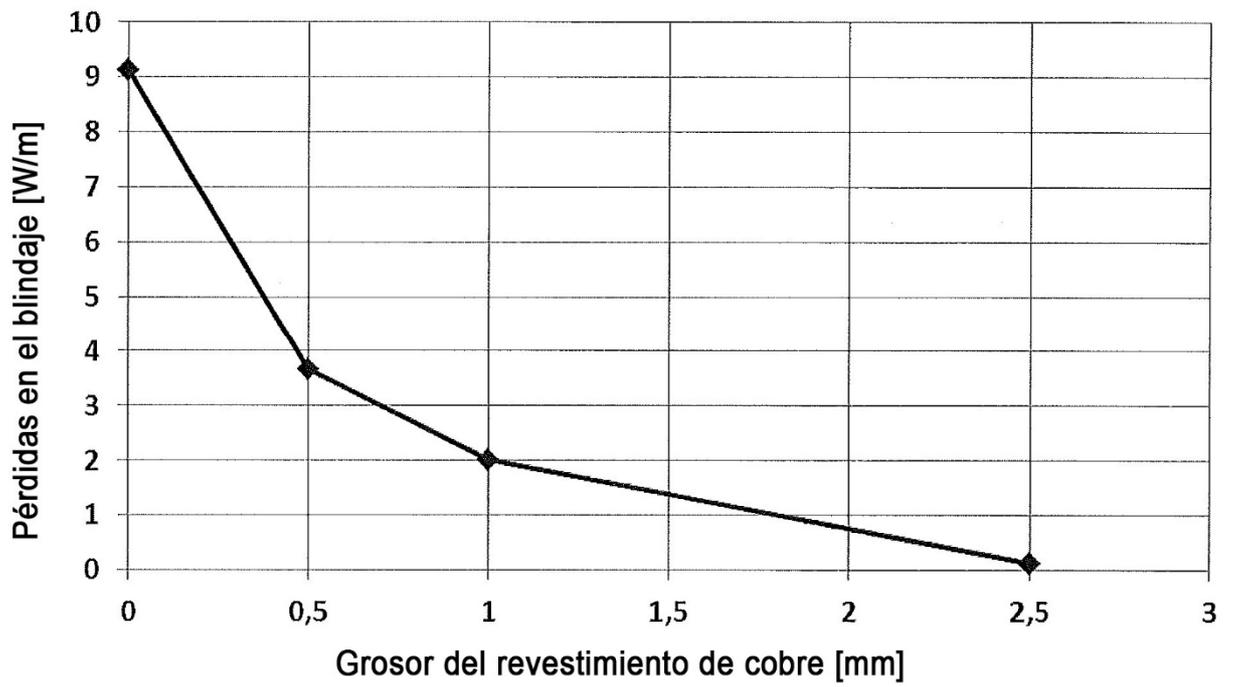


Fig. 3

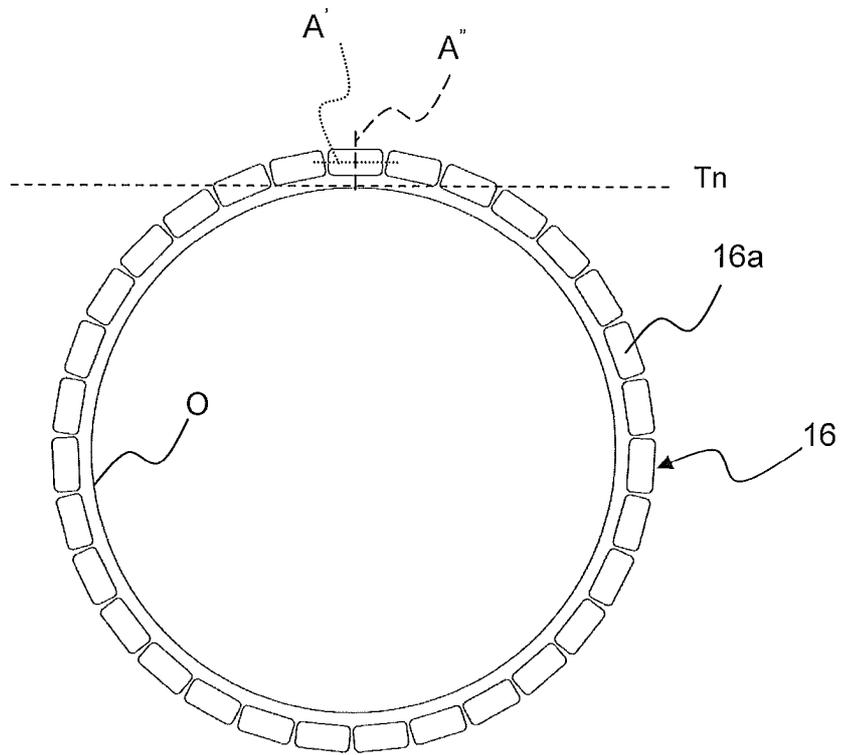


Fig. 4

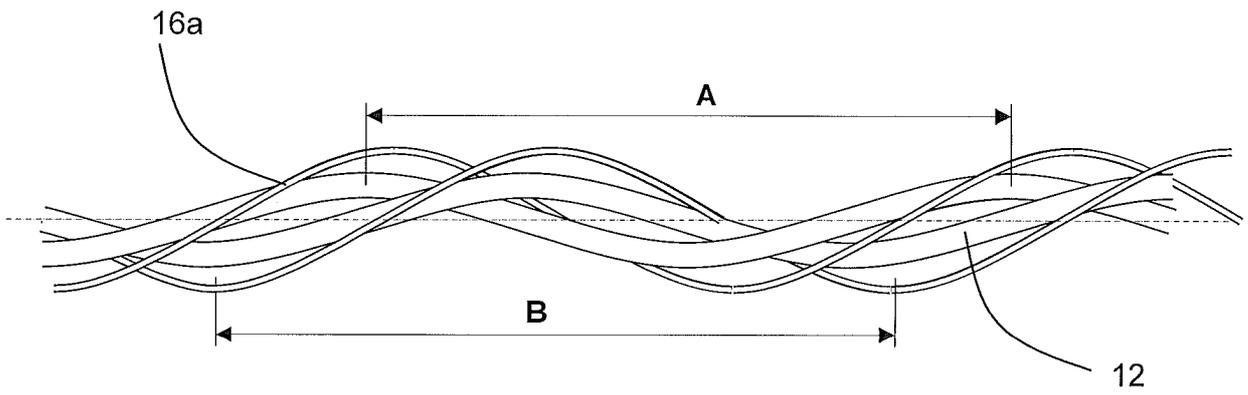


Fig. 5