

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 733**

51 Int. Cl.:

**H01B 7/30** (2006.01)

**H01B 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2010 E 10005479 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2259271**

54 Título: **Sistema de corriente trifásica de alta tensión**

30 Prioridad:

**06.06.2009 DE 102009024149**

**30.01.2010 DE 102010006352**

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

**05.09.2013**

73 Titular/es:

**NKT CABLES GMBH (100.0%)**

**Düsseldorfer Strasse 400**

**51061 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**MAY, HANS-PETER**

74 Agente/Representante:

**BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía**

**ES 2 421 733 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).

## SISTEMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA DE ALTA TENSIÓN

### Descripción

5 [0001] La invención se refiere a un sistema de corriente trifásica de alta tensión de configuración en capa y cable eléctrico unipolar con protección electromagnética integrada para el sistema trifásico de alto voltaje.

[0002] Podrán entrar en acción diversas medidas de protección para reducir el campo magnético externo de cables de corriente trifásica en 50 o 60 Hz. Recientemente se publicó un resumen de medidas por CIGRE (París, 2008): CIGRE TF C4.204; "Mitigation techniques  
10 of power-frequency magnetic fields originated from electric power systems", technical brochure. Dependiendo de la solicitud seleccionada se podrán realizar este tipo de medidas con relativamente poco esfuerzo, como el uso de conductores de protección (p. ej. P. Maioli, E. Zaccone, "Passive Loops Technique for Electromagnetic Field Mitigation, Applications and Theoretical Considerations" in Jicable-Conf. 2007, Versailles, pp. 231-236). El esfuerzo  
15 también se debe señalar parcialmente como importante - como en la protección del cable con un tubo de acero o en una caja de acero (WO 2004/034539; EP 1598911 A1)- y asociados a efectos adversos sobre pérdidas adicionales y capacidad de corriente.

[0003] Ya se ha propuesto proporcionar un cable flexible con un protector fabricado con una malla de cobre, con lo cual, a efectos de protección magnética, se presen en la malla  
20 partículas de alta permeabilidad o se peguen las partículas a la malla (DE 19807527 A1). La construcción está diseñada especialmente para los cables de la cadena de arrastre porque la flexibilidad de la línea se encuentra en primer plano. En el documento no se establece una estimación cuantitativa del efecto protector. Sin embargo, se conocen otras disposiciones para la protección magnética usando láminas o cintas de material con alta permeabilidad.  
25 Por ejemplo, se introduce un cable de tres conductores en un tubo, el cual está revestido con el material arriba nombrado (W003-003382 A1). Otra construcción consiste en proveer el conductor del cable de tres conductores directamente con el revestimiento de un material de alta permeabilidad (DE 102006013553 B3). Las construcciones antes mencionadas presentan la desventaja que o bien la potencia de transmisión del cable esté limitada y/o  
30 existan altas pérdidas eléctricas.

[0004] En la EP 1 783 877 A2 se describe un sistema de corriente trifásica pobre en campo magnético, en el cual dos conductores de cables de una corriente trifásica están dispuestos cerca el uno del otro y los conductores de cables son accionados exactamente de manera opuesta. De esta manera, se complementan a cero los conductores de corriente  
35 asociados a una corriente trifásica y el campo magnético de dos de esas corrientes

desaparece al reducirse la distancia. Por lo tanto, el sistema trifásico no necesita otros materiales de protección magnética.

**[0005]** En el caso de requisitos para la protección magnética de una instalación eléctrica de cables de alta potencia muy elevados, el objeto de la invención es presentar una variante del sistema, en la que se integra una protección electromagnética altamente eficaz en la construcción donde se reduce enormemente el factor de la pérdida en una protección magnética efectivamente constante.

**[0006]** La solución del cometido se encuentra en las características de la demanda independiente. En las reivindicaciones que se describen más abajo se amplía ventajosamente.

**[0007]** El diseño de la invención, para reducir la contribución de pérdida eléctrica en la protección metálica del cable unipolar en un sistema de corriente trifásica de alta tensión, consiste en que en lugar de una protección de cable con sección transversal 'normal' se elija una sección transversal mucho más grande, preferentemente se selecciona un buen material eléctricamente conductor para la protección metálica, aumentando la conductividad de la protección del cable frente a los valores normales en los cables, donde la protección de metales presente en sus extremos métodos de contacto para contactar la protección metálica entre sí. Con una protección metálica que presenta una mayor conductividad eléctrica en comparación con los cables estándar, las protecciones de corriente son inducentes, que en caso extremo se encuentran dentro del límite del cable conductor de corriente. Un límite superior proporciona en todo caso el límite técnico condicionado de la capacidad de conducción del cable.

**[0008]** La pantalla metálica se dispone de forma radial sobre el cable unipolar y tiene una conductividad eléctrica correspondiente o una sección transversal correspondiente de manera que las protecciones de corriente sean inducibles en la dimensión antes nombrada. Por lo tanto, se podrá considerar en vez del conductor eléctrico contemplado como característica inventiva también la sección transversal de la protección metálica. El conductor eléctrico y la sección transversal conductora son tamaños físicamente proporcionales. Por lo tanto, son equivalentes las declaraciones en las cuales se habla, o bien de una protección de sección transversal ampliada, o bien de un mayor conductor eléctrico de la protección metálica.

**[0009]** Es posible que la protección metálica se desarrolle en forma de malla. Como material para la protección metálica entran en consideración metales conductores de electricidad como el cobre o aluminio. La protección metálica puede hacer contacto, ya sea interior o exteriormente, con una capa metálica en forma de lámina o cinta de bobina, preferentemente de aluminio. La capa de contacto sirve, por una parte, como conector

transversal compensativo de la conductividad entre los elementos y la protección metálica y, por otra parte, como aislamiento al vapor de agua.

**[0010]** Dependiendo de las cuestiones económicas o los requisitos en las especificaciones para una protección magnética se puede llevar a cabo una elección, o bien en el límite superior, o bien en el límite inferior de dicha área de protección metálica. De esta manera, resultan diferencias en la sección transversal en el factor 1,6, al intercambiar metales conductores caros por otros más económicos (p. ej. cobre por aluminio), que corresponde con la diferencia de la capacidad de conductividad de ambos metales. El uso de un material con alta conductividad eléctrica limitaría la masa de la pantalla metálica.

**[0011]** Como complemento o como forma de realización especial de la invención se especifican las siguientes particularidades. Estas particularidades se pueden llevar a cabo individual o conjuntamente.

**[0012]** La conductividad eléctrica de la protección metálica puede encontrarse en el rango del 80% al 150% de la conductividad eléctrica del conductor del cable. La conductividad eléctrica de la protección metálica puede seleccionarse también, del mismo modo que la conductividad eléctrica del cable conductor.

**[0013]** La protección metálica puede constar de alambre metálico o de una capa de metal, con lo cual la estructura de una capa tiene forma de tubo. Los alambres que forman una protección metálica se pueden aplicar con un impacto o constar de una malla de cables individuales.

**[0014]** En el aislamiento de plástico de cada cable conductor, la protección metálica puede disponerse como malla con una conductividad aumentada o se puede colocar la protección metálica en un tubo portador, en el que ya se ha introducido un cable unipolar con aislamiento de plástico. La construcción de un tubo portador podría tener aproximadamente las siguientes dimensiones: diámetro de un tubo de plástico aprox. 25 cm para la introducción de un conductor de cable; formación de la protección metálica de aluminio, ya sea como malla metálica o como una capa cilíndrica en el tubo, con un espesor que supera significativamente la sección transversal conductora del conductor del cable (por ejemplo 2.500 mm<sup>2</sup> de aluminio) (sección transversal según la reducción deseada de la aportación de pérdidas 3.000 a 4.000 mm<sup>2</sup> aluminio).

**[0015]** El principio de la protección ferromagnética en el ejemplo de realización del tubo de montaje consiste en un tubo de plástico para la instalación o la introducción de cables trifásicos conductores de cable con una capa conductora (también malla) de gran sección transversal y con materiales magnéticamente permeables suprayacentes, preferentemente material de alta permeabilidad. Se pueden alcanzar factores de protección extremadamente

altos con los cuales se pueden cumplir también condiciones particularmente estrictas para la limitación del campo magnético.

**[0016]** La protección metálica desarrollada de acuerdo con la invención está íntegramente envuelta con un encintado altamente permeable. Para el encintado se utiliza preferentemente: cintas finas solapadas de un acero especial que presenta una permeabilidad relativa de unos 10.000. Estas cintas se caracterizan por su alto efecto de protección magnética y, además, por bajas pérdidas de corriente de Foucault e inversión de la magnetización. El encintado debe estar colocado de manera que esté protegido de la corrosión, es decir, debe estar cubierto con una capa de protección contra la corrosión.

**[0017]** Con este tipo de cable se consiguen, sin importar la distancia entre ejes de los cables, factores de protección extremadamente elevados con los cuales se cumplen todas las condiciones posibles para la limitación del campo magnético. Por lo tanto, el uso de estos cables en caso de extremas restricciones en el campo magnético (valores  $0,2 \mu\text{T}$ ) será interesante y superior a otras soluciones como protección con tubos de acero o canales de acero, con notables ventajas en cuanto a términos de condición de corriente.

**[0018]** Además, las construcciones de acuerdo con la invención ofrecen, en los ámbitos en los que la introducción del cable por un tubo de acero es obligatoria, como por ejemplo, el paso por debajo de las líneas ferroviarias, una posibilidad de trasladar los conductores del cable individualmente en un tubo de acero, que es inadmisibles sin esta construcción debido a la entonces extrema pérdida de calor.

**[0019]** Por lo tanto, el sistema de corriente trifásica de alta tensión, de acuerdo con la invención, consta de tres cables unipolares, preferentemente en una disposición horizontal, en la cual los tres protectores metálicos (o bien los de los cables unipolares, o bien los de los tubos de montaje) están conjuntamente cortocircuitados en ambos extremos. A través del cortocircuito de los tres protectores metálicos en ambos extremos, se inducen corrientes, las cuales son (casi) opuestas a las respectivas corrientes conductoras y cuyo tamaño se aproxima a la conductividad con la creciente sección transversal, o bien con la creciente conductividad de la protección metálica (asintóticamente).

**[0020]** La invención se muestra en dibujos y cada figura muestra en particular:

30 Fig. 1A y 1B: Montaje en un cable o en un tubo de comunicación;

Fig. 2: Factor de pérdida de protección  $y_1$  como función de la sección transversal de la protección metálica de cobre;

Fig.3: Dependencia de los tres protectores de corriente de la protección metálica de la sección transversal de cobre 'sin' y 'con' encintado magnético;

- Fig.4: Complementario a la fig. 3: factores de pérdida de la protección dependientes de la sección transversal de la protección metálica;
- Fig.5: Distribución horizontal de la inducción magnética sobre la superficie de la tierra;
- 5 Fig.6: Inducción magnética máxima por encima de la superficie de la tierra en dependencia de la protección metálica de la sección transversal y
- Fig.7: Capacidad de corriente como función de la distancia entre los ejes de los cables en disposición horizontal.

**[0021]** Las Figuras 1A y 1B ilustran el desarrollo de la invención: sobre una escalerilla  
 10 para cables 12 se encuentra un aislamiento de plástico 14 con conductividad interna y externa. En lugar de una protección normal (de cobre o aluminio) con sección transversal de alrededor de 50 mm<sup>2</sup> y 200 mm<sup>2</sup> se implanta una protección metálica 20 con conductividad eléctrica, o bien sección transversal (de cobre o aluminio) considerablemente mayor. En la construcción del cable corresponde la protección metálica 20 de la armadura o malla  
 15 habitual.

**[0022]** La protección metálica compuesta preferentemente por alambres será contactada, ya sea interior o exterior, con una capa de contacto 18 formada por una lámina o cinta de bobina preferentemente de aluminio. La capa de contacto, por una parte, se utiliza como barrera del vapor de agua y, por otra, como conector transversal equilibrado con  
 20 conductividad entre los elementos de la protección metálica. La protección metálica 20 se envuelve con un encintado altamente permeable 22. Dichas cintas eléctricas, tal como se utilizan en la Ingeniería Industrial transformadora y la industria de maquinaria eléctrica, constan de chapa de acero de silicio con bajo contenido en silicio y se fabrican en un grosor de 0,02 hasta 0,04 mm. En el exterior, la construcción se completa con una capa protectora  
 25 24, en particular con protección contra la corrosión. El aislamiento de la escalerilla para cables es preferentemente de polietileno reticulado donde, como siempre, existe una capa de conductividad interior y exterior.

**[0023]** En la Fig. 1B se muestra un tubo de comunicación o tubo portador 15 en el cual se introduce un cable unipolar sin protección metálica. Los símbolos de referencia utilizados se  
 30 corresponden a las mismas piezas como en la Fig. 1A. Esta forma de realización es particularmente adecuada para rutas de comunicación reducidas, donde el tubo portador se coloca primero y el cable se introduce más adelante. La protección metálica 20 y el encintado 22 en el tubo portador 15 se encuentran a una pequeña distancia del cable y no directamente en el aislamiento del cable.

**[0024]** Las características de la invención utilizadas para la protección magnética, por lo tanto, son una protección metálica con una gran sección transversal conductora y por

encima un encintado de un material altamente permeable. Con este tipo de construcciones se logra, independientemente de la distancia de los conductores de cable, factores de protección extremadamente elevados.

**[0025]** Para la instalación de un sistema de corriente trifásica de alta tensión se colocan tres cables unipolares de este tipo, preferentemente en posición horizontal, donde los extremos de la protección metálica están conectados entre sí.

**[0026]** Para la influencia de la protección metálica, ampliada con respecto al valor de conductividad, se toman en consideración tres cables unipolares de corriente trifásica en una disposición horizontal. Después de hacer el bucle de cortocircuito entre los tres protectores metálicos 20 (malla), se les inducen corrientes (casi) opuestas a las respectivas corrientes conductoras y cuyo tamaño se asemeja a la creciente protección de sección transversal a la corriente de fase. Esto se traduce en la protección de la superficie transversal de cobre de aproximadamente 500 mm<sup>2</sup> con una dependencia sobre la pérdida de protección (aquí: como factor de pérdida de protección  $y_1$  en relación con las pérdidas del conductor), como se muestra en la Fig. 2 para un cable de 110 kV de polietileno reticulado con una sección transversal del conductor de aluminio de 2.500 mm<sup>2</sup>. Se ha partido de una profundidad de 1,2 m y una distancia horizontal entre los ejes  $s$  de los conductores del cable de  $s = 0,5$  m.

**[0027]** La Fig. 2 muestra el factor de pérdida de protección  $y_1$  (conductor de cable central) como función de la sección transversal  $A_S$  de los protectores de cobre en un cable unipolar de 110 kV con un conductor de aluminio de 2.500 mm<sup>2</sup> y un alambre horizontal espaciado  $s = 0,5$  m. Con esta figura se aclara que con esta disposición:

- en una sección transversal de protección  $A_S$  de unos 100... 200 mm<sup>2</sup> aparece un máximo de pérdidas de protección con más de seis veces la pérdida de conductividad y
- que más allá de este máximo con mayor aumento de la protección de la sección transversal (o la conductividad eléctrica) se rebajan de nuevo las pérdidas de protección.

**[0028]** La explicación de este comportamiento es que con una reducida protección de la sección transversal, con el incremento de la sección transversal de la protección de la electricidad, incrementan rápidamente y se acercan a la corriente fase. Esto se reproduce en la Fig. 3 con las tres curvas características 'sin'. La figura representa la dependencia de protección de la electricidad de la sección transversal  $A_S$  de la protección de cobre 'sin' y 'con' encintado magnético; en una disposición horizontal con un espaciamiento del alambre  $s = 0,5$  m; la corriente de fase es  $I/c = 1108$  A.

**[0029]** En la Fig. 3 es evidente que los tres protectores de corriente son de diferente tamaño. En una sección transversal de la pantalla de 500....1000 mm<sup>2</sup> (Cu) se acepta el tamaño de la corriente de fase, de manera que otra ampliación de la sección transversal ya

no afecta en un aumento en la corriente sino solo en la correspondiente disminución en la pérdida de la protección.

**[0030]** Para el área transversal de  $A_S > 400 \text{ mm}^2$  se reproducen en la Fig. 4 estos factores en descenso de pérdida de protección  $y_1$  con el aumento de la protección de la sección transversal  $A_S$ . En este ejemplo se pueden alcanzar en la sección transversal correspondientemente mayor  $> 2500 \text{ mm}^2$  factores de protección de menos de 40%. El factor de protección SF es el cociente de la inducción magnética (directamente por encima de la superficie de la tierra) del cable no protegido al cable protegido.

**[0031]** Las inducciones magnéticas que se ajustan para una corriente de conductor de corriente simétrico de 1108 A se reproducen en la Fig. 5: distribución horizontal de la inducción magnética en 0,2 m sobre la superficie de la tierra 'sin' y 'con' encintado magnético ( $x = 0 \text{ m}$  es la coordenada del conductor de cables medio).

**[0032]** De la Fig. 5 (a y b) se deduce al principio la distribución que se da, sin protección eléctrica, de la inducción magnética: esta alcanza exactamente 0,2 m por encima de la superficie de la tierra y directamente por encima del cable con el rd.  $120 \mu\text{T}$  perceptiblemente por encima del límite legal de  $100 \mu\text{T}$ . Además, en la Fig. 5 se representan las distribuciones para la protección de la sección transversal de  $A_S = 400 \text{ mm}^2$  (a) y para  $A_S = 2500 \text{ mm}^2$  (b) (¡se observan las diferentes marcas de ejes alrededor del factor 30!).

**[0033]** Adicionalmente, en la Fig. 6 se colocan juntas las máximas inducciones magnéticas que se presentan en 0,2 m directamente por encima de los cables sobre la superficie de la tierra en función de la protección de la sección transversal  $A_S$  'sin' y 'con' encintado magnético.

**[0034]** Según las Fig. 5 y 6 la inducción magnética más alta para una protección de sección transversal de  $400 \text{ mm}^2$  suma aún más de  $25 \mu\text{T}$  y de  $2.500 \text{ mm}^2$  aún más de  $4 \mu\text{T}$ . Teniendo en cuenta los elevados gastos de construcción y las elevadas pérdidas adicionales, el efecto de protección todavía no parece muy satisfactorio.

**[0035]** Para los encintados altamente permeables se usan finas cintas de un acero especial envueltos de manera solapada. Su permeabilidad relativa debe estar en unos 10.000. El efecto de estas cintas colocadas sobre la protección de cobre se muestra en las Fig. 3 hasta 6:

**[0036]** Según la Fig. 3 la capa altamente permeable en los cables, incluso con baja protección eléctrica en la sección transversal, fuerza los protectores de corriente, que alcanzan casi el tamaño de la corriente de fase. Con una protección de la sección transversal suficientemente grande, mayor  $> 400 \text{ mm}^2$ , siendo este también el caso para los cables sin encintado, según la Fig. 4 se podrán comparar las pérdidas de los cables con o

sin encintado. Esto es debido a que las pérdidas adicionales en la capa magnética con menos de 1 W/m siguen siendo insignificantes.

5 **[0037]** A diferencia de otros cables con recubrimiento magnético, p. ej. en cables de tubo de acero, en la presente construcción no se aumentan las pérdidas adicionales de conductividad debido a un campo de concentración dentro de la envoltura magnética.

**[0038]** Según la Fig. 5 y 6 con una protección de la sección transversal de  $A_S = 400 \text{ mm}^2$  ya se alcanza un efecto de protección extremadamente elevado; sin embargo, aparecen en este tipo de protección de sección transversal incluso pérdidas de protección extremadamente elevadas de más del doble de las pérdidas de conductividad, véase Fig. 4.

10 **[0039]** Si se aumenta la protección de la sección transversal en  $A_S = 2500 \text{ mm}^2$ , entonces disminuirá excepcionalmente la inducción magnética directamente sobre el cable: según las Fig. 5 y 6 se mantendrá un límite extremo de  $0,2 \mu\text{T}$ , como se prescribe, por ejemplo, en algunas regiones de Italia, justo por encima de la superficie de la tierra con mayor seguridad. El factor de pérdida de protección que se da aquí es inferior al 40%.

15 Tabla: factores de protección SF en protección de sección transversal  $A_S$  creciente

Protección de sección transversal $A_S$ en $\text{mm}^2$	'sin' encintado magnético		'con' encintado magnético	
		SF		SF
400		5		280
1200		14		750
2500		28		1350

20 **[0040]** En la tabla se reproducen para el punto de referencia en 0,2 m de altura sobre el suelo, directamente sobre el sistema de cable horizontal en la disposición horizontal, los factores de protección como función de la protección de la sección transversal  $A_S$ , es decir sin y con una capa altamente permeable sobre la protección de cobre. Sin encintado magnético, según la protección de la sección transversal de los factores de protección, se alcanzan hasta cerca de 30. Si por el contrario, se aplica además una capa altamente permeable sobre la protección de cobre, se producen factores de protección extremadamente altos con resultados de hasta 1.400.

25 **[0041]** En lo sucesivo, se discute en qué medida las condiciones para la limitación magnética y de ello las siguientes medidas de protección, según las precedentes reflexiones, disminuyen la capacidad de corriente de los cables. Para ello, se parte nuevamente del ya discutido cable unipolar de 110 kV de polietileno reticulado en una

profundidad de colocación de 1,2 m, con un factor de carga de  $m = 0,85$ . La canalización para los cables será térmicamente estabilizada.

**[0042]** En la Fig. 7 se representa la capacidad de corriente como función de la distancia entre el conductor del cable en la configuración en capa.

5 Línea discontinua: cable con protecciones cruzadas con protección de la sección transversal de  $50 \text{ mm}^2$ .

Línea fuerte: cable unipolar según la invención con protección de la sección transversal  $2.500 \text{ mm}^2$

Parámetros: restricción de campo magnético (curva característica fina: sin restricción)

10 **[0043]** En esta figura, la curva fina y discontinua, muestran primero la capacidad de corriente del cable con una protección de sección transversal "normal" de  $50 \text{ mm}^2$  en unión de cruce cíclica de la protección (cross-bonding), como función de la distancia de los conductores de los cables en disposición horizontal. Mientras que la curva fina no toma en consideración ninguna restricción de campo magnético, la curva de trazos gruesa muestra a  
15 partir de intervalos de conductividad de aproximadamente  $s > 0,25 \text{ m}$  la reducción de corriente necesaria en el caso en que se da un valor máximo de la inducción magnética de  $100 \mu\text{T}$  en  $0,2 \text{ m}$  de altura sobre la superficie de la tierra. En sentido térmico, un aumento favorable en la distancia del cable conduce, en este caso, a una reducción de la corriente máxima permitida.

20 **[0044]** El punto negro en la Fig. 7 refleja la capacidad de este cable en caso de restricción extrema del campo magnético de  $0,2 \mu\text{T}$ , donde se había previsto una colocación densa del cable en un tubo de acero. A este respecto, no solo afecta la disminución de disposición térmica desventajosa, sino también las altas pérdidas adicionales de los tubos de acero del 20% y las pérdidas adicionales causadas por los cables que son introducidos por el tubo de  
25 acero.

**[0045]** La curva gruesa en la Fig. 7 muestra la capacidad de corriente dependiente de la distancia de conductividad del presente cable unipolar, aquí con una protección de la sección transversal de  $2.500 \text{ mm}^2$ . Según la Fig. 5b este cable provoca, incluso en distancias grandes de conductividad, una alta inducción magnética de menos de  $0,1 \mu\text{T}$ , de  
30 modo que se evita una diferenciación de caso en cuanto a la restricción del campo magnético.

**[0046]** Según la Fig. 7 para la restricción de campo magnético de  $100 \mu\text{T}$ , la capacidad de corriente del cable unipolar de la presente solicitud supera la de un cable "normal" para distancias de conductividad de más de  $1 \text{ m}$ . Sin embargo, el esfuerzo necesario para ello  
35 (construcción, anchura de la zanja) es relativamente alto.

Referencias

**[0047]**

- 12 conductor del cable
- 14 aislamiento (plástico, polietileno reticulado)
- 15 tubo portador, tubo de comunicación
- 18 capa de contacto de metal (conector transversal, bobina de acompañamiento)
- 20 protección metálica (malla), de cobre o aluminio
- 22 encintado (lámina) de material de alta permeabilidad
- 24 protección de corrosión y/o cubierta de cable
- $A_s$  protección metálica de sección transversal (generalmente de cobre)
- $y_l$  factor de pérdida
- $s$  Distancia de conductividad
- $B$  inducción magnética
- $I$  corriente eléctrica
- $x$  coordenada horizontal

## Reivindicaciones

1. Sistema de corriente trifásica de alta tensión en disposición horizontal y cables unipolares con una disposición de protección magnética para los cables eléctricos unipolares:

5                   • Donde cada cable unipolar incluye un conductor del cable (12) y un aislamiento de plástico (14) con una capa conductiva interna y externa,

y la disposición de protección consta para un único cable unipolar

• De una protección metálica (20) que rodea radialmente el cable unipolar dispuesto por encima del cable unipolar

10                  • Rodeado de una protección metálica (20), íntegramente encintado (22) con un material de alta permeabilidad, y

• Los protectores metálicos (20) presentan en sus extremos técnicas de contacto para el contacto de protectores metálicos entre sí,

con lo cual, para la reducción del factor de pérdida eléctrica en la protección metálica (20), la protección metálica (20) está formada de una conductividad eléctrica que se encuentra en el área 80% hasta 150% de la conductividad eléctrica del conductor de cable (12).

15

2. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la conductividad eléctrica de la pantalla metálica (20) es igual a la conductividad eléctrica del conductor del cable (12).

20

3. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los protectores metálicos (20) de los cables unipolares están cortocircuitadas entre sí en ambos extremos.

25

4. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la pantalla metálica (20) está rodeada por una capa de contacto metálica en forma de lámina o cinta (18).

30

5. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el encintado (22) consta de finas cintas suprapuestas de acero especial con una permeabilidad relativa de unos 10.000.

6. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el encintado (22) está cubierto de una capa de protección contra la corrosión.
- 5 7. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la protección metálica (20) se compone de cobre o aluminio.
- 10 8. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la protección metálica (20) consta de alambre metálico o de una protección metálica.
9. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la protección metálica (20) consta de una malla.
- 15 10. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** en el aislamiento de plástico (14) de cada cable unipolar se dispone la protección metálica (20) en forma de malla.
- 20 11. Sistema de corriente trifásica de alta tensión según una de las reivindicaciones de 1 a 9, **caracterizado porque** la protección metálica (20) del cable unipolar se dispone en cada uno de los tubos portadores (15), en que ya se ha insertado un cable unipolar con plástico aislante (14).

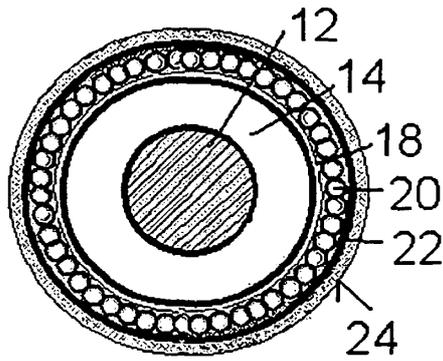


Fig. 1A

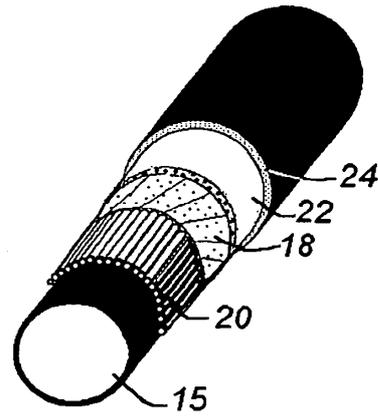


Fig. 1B

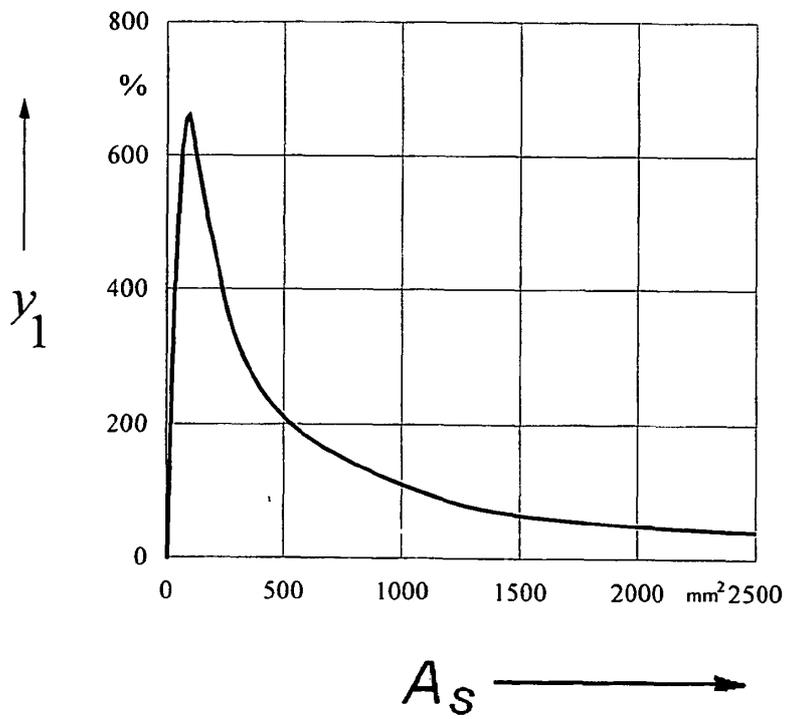


Fig. 2

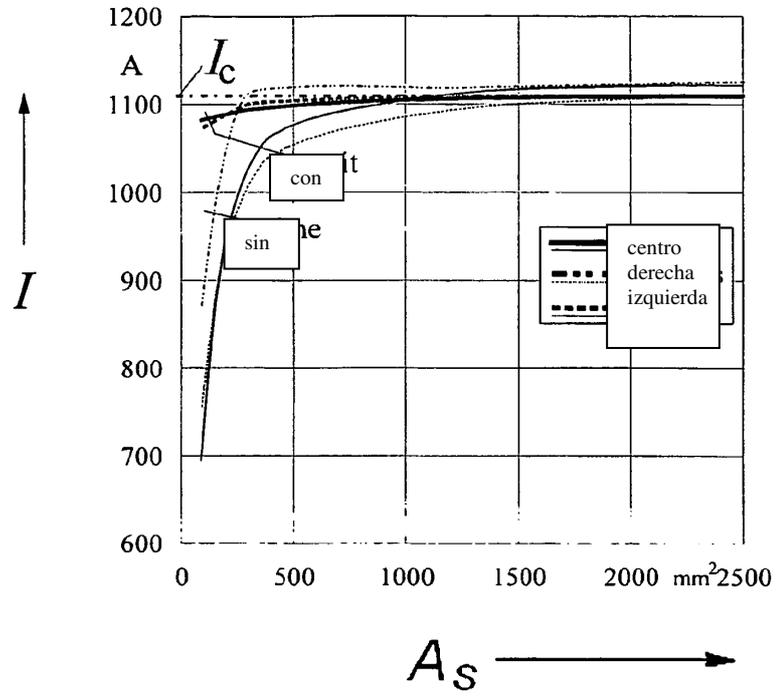


Fig. 3

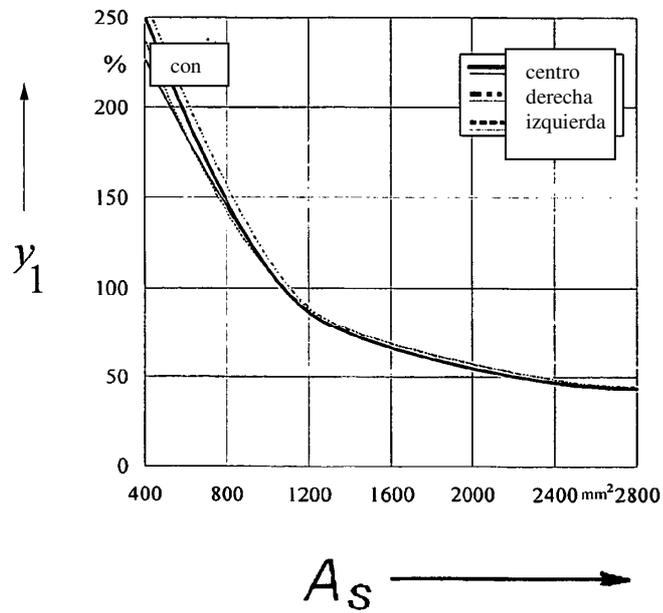


Fig. 4

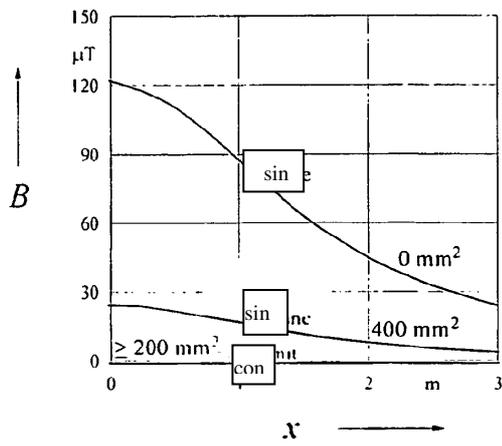


Fig. 5a

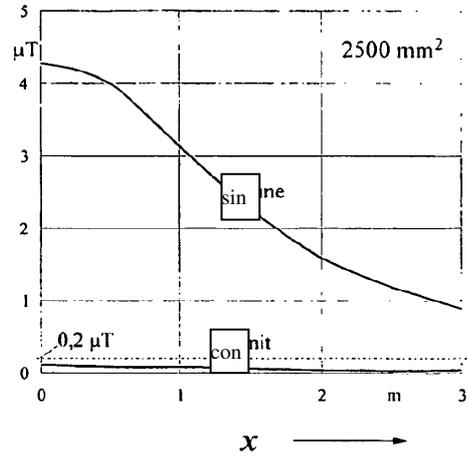


Fig. 5b

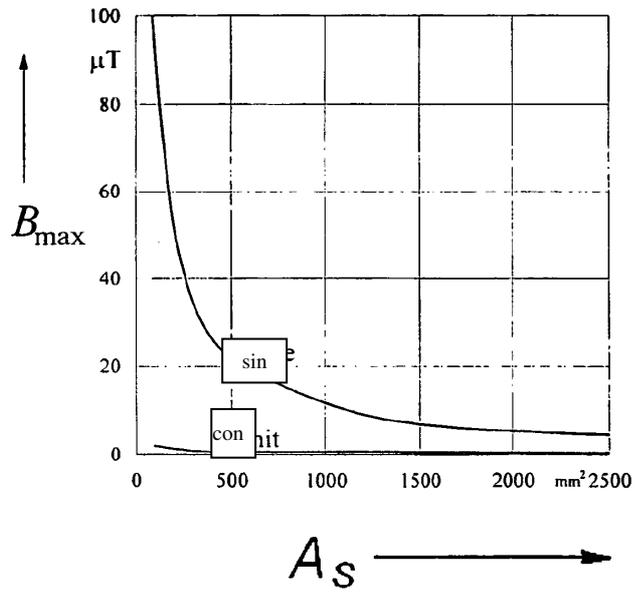


Fig. 6

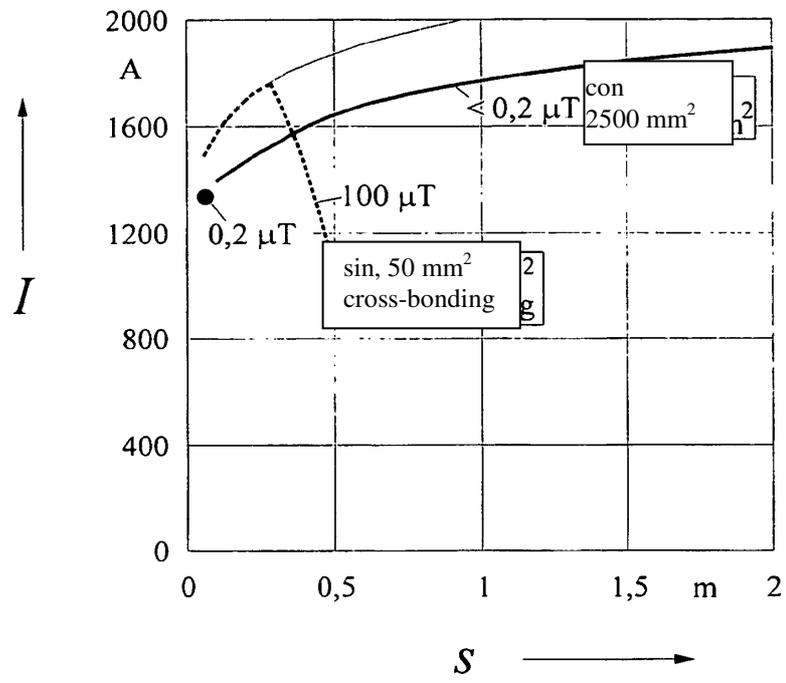


Abb. 7