

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 538**

51 Int. Cl.:

**H02G 15/105** (2006.01)

**H02H 7/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2010 E 10014255 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2320534**

54 Título: **Sistemas de cables de corriente trifásica con conexiones de compensación**

30 Prioridad:

**04.11.2009 DE 102009051959**

**06.02.2010 DE 102010007078**

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

**09.06.2015**

73 Titular/es:

**NKT CABLES GMBH & CO. KG (100.0%)  
Düsseldorfer Strasse 400, Im Chempark  
51061 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**MAY, HANS-PETER**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 537 538 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

Sistemas de cables de corriente trifásica con conexiones de compensación

- 5 La invención se refiere a sistemas de cables de corriente trifásica para alta tensión y muy alta tensión con conexiones de compensación para la compensación de tensiones de blindaje inducidas.

10 Los cables de alta tensión y de muy alta tensión presentan, por diferentes requisitos de funcionamiento, revestimientos o blindajes metálicos (en lo sucesivo abreviado: "blindajes de cable") por encima del aislamiento eléctrico. Entre los aspectos de funcionamiento es deseable la puesta a tierra a ambos lados de estos blindajes de metal para la conexión pasante galvánica de los dos extremos de cable, por ejemplo para la realización de proporciones de puesta a tierra favorables en caso de fallo.

15 En el caso de cables unifilares de mayores velocidades de transferencia, es decir también mayores secciones del conductor, la puesta a tierra de protección a ambos lados sin contramedidas lleva a corrientes y pérdidas de pantalla inducidas, inaceptablemente altas. Una contramedida convencional es el cruzamiento de los blindajes de cable, el denominado *cross-bonding* (véase, por ejemplo, el documento DE 19512018 C1 o el documento EP 71 435 B1). En este caso una sección principal de la instalación de cable se divide en tres subsecciones de igual longitud. Al final de cada subsección se separan los blindajes de cable, se aíslan entres sí y se protegen mediante descargadores de sobretensión. El blindaje de cable de un cable unifilar se une entonces en el extremo de la subsección en asociación cíclica con la subsección siguiente de otro cable unifilar, de modo que siempre las tres tensiones longitudinales con un desfase entre sí de aproximadamente 120° de los tres blindajes de cable conectados entre sí, independientemente de la geometría del tendido, se complementan para dar aproximadamente cero.

20 Distintas realizaciones de conexiones de compensación (con y sin cruce) se diferencian en los países de habla inglesa con "*single point bonding*", con "*multi point bonding*" y con "*crossbonding*" (éste último también conexión de cruce), véase el documento US 4464583 A.

30 Se perfila que a través de posibilidades de producción y de suministro prolongadas de los fabricantes de cables en un futuro próximo incluso en cables de muy alta tensión, serán posibles longitudes de suministro de hasta 3000 m. Tales longitudes de suministro prolongadas significan para el cruce de los blindajes de cable longitudes de subsección más largas y, por lo tanto, tensiones frecuentes de funcionamiento elevadas y también transitorias en los puntos de corte, de modo que son necesarias medidas adicionales. Una medida costosa para ello son los denominados manguitos de cruce, en los que no deben separarse sólo los blindajes de cable, sino también las capas conductoras exteriores subyacentes. Dado que tales medidas intervienen en el campo eléctrico de los cables, han de evitarse en la medida de lo posible o minimizarse su número.

40 El objetivo de la invención es indicar como perfeccionamiento de conexiones de cruce, medidas para la compensación de tensiones de pantalla inducidas en sistemas de cables de corriente trifásica, que están tendidos con longitudes de subsección muy largas.

La solución del objetivo se expresa en las características de varias reivindicaciones secundarias. Configuraciones ventajosas se encuentran en cada caso en las reivindicaciones asociadas.

45 Con la invención pueden permitirse longitudes de subsección muy largas que forman un tramo de cable, o secciones principales de *cross-bonding* más largas (hasta el doble) con tensiones de pantalla estacionarias constantes.

50 El núcleo de la invención son medidas de compensación en el caso de una conexión de cruce con subsecciones de igual longitud que forman un tramo de cable y en conexiones de sistemas de cable "*single point bonded*". En el "*single point bonding*" se cablean y se ponen a tierra los extremos de blindaje de cable de los tres cables unifilares en al menos un punto de corte de una (sub)sección. Tales (sub)secciones son en esta interconexión en un sistema de cables de corriente trifásica entonces independientes entre sí y pueden repetirse varias veces.

55 En cada (sub)sección al menos a uno de los cables unifilares en cada caso en paralelo al tramo de cable, es decir, en dirección longitudinal, está asociado de manera estrechamente adyacente al menos un cable de compensación y asociado al mismo un conductor diseñado como cable de trayecto neutro. Cable de compensación y cable de trayecto neutro (o conductor de trayecto neutro) tienen una longitud más corta (longitud parcial) que los cables unifilares. El al menos un cable de compensación adyacente a un cable unifilar está conectado al extremo de blindaje de cable abierto del al menos un cable unifilar. Este cable de compensación conectado está puesto a tierra en su segundo extremo a través del cable de trayecto neutro asociado al al menos un cable unifilar. Para un caso particular la puesta a tierra puede tener lugar en un punto de conmutación (en el centro de una subsección) con enlace a cables de trayecto neutro asociados.

65 Un cable de trayecto neutro se caracteriza por que se guía de forma estanca a lo largo de los cables unifilares. Tres cables de trayecto neutro se asocian en secciones en cada caso de igual longitud a los tres cables unifilares, recibiendo de manera inducida, tal como en el caso de las subsecciones de *cross-bonding*, tres tensiones de

5 pantalla con desfase de 120°, que se complementan dando cero. Si los tres cables unifilares se encuentran equidistantes en un plano, entonces el cable de trayecto neutro puede conducirse también a través de la mitad de la longitud entre cable unifilar central e izquierdo y a lo largo de la longitud restante entre cable unifilar central y derecho (a aproximadamente el 70 % de la distancia del eje del cable unifilar central). Para la conexión a tres (pares de) cables de compensación necesarios se realiza el cable de trayecto neutro en caso general como cable trifilar. No obstante, cuando los tres cables de compensación se conectan al mismo potencial, puede realizarse también de manera unifilar. Los puntos de conexión de un cable de trayecto neutro a un cable de compensación son aquellos puntos en los que el potencial es el potencial de tierra.

10 Cable de compensación y cable de trayecto neutro deben corresponder en su resistencia eléctrica a la protección contra la corrosión de los cables unifilares. Para ello bastan por ejemplo cables de VPE de 10 kV, cuya sección del conductor será equivalente a la sección transversal de pantalla. Las transiciones desde los cables de compensación hasta el cable de trayecto neutro no tienen que protegerse, dado el caso adicionalmente, mediante resistencias no lineales. No obstante, si estos gastos adicionales se mantendrán en límites comparativamente aceptables, permiten no obstante la elección prácticamente libre de las ubicaciones de los manguitos.

15 Una variante de la realización de un cable de compensación puede preverse tal como sigue. El conductor de un cable de compensación puede estar integrado en un cable unifilar: sobre el blindaje de cable "normal" del cable unifilar se encuentra un aislamiento de 1 kV; por encima está aplicado un segundo blindaje de cable metálico; y el cable está conectado alrededor con un revestimiento exterior habitual. El segundo blindaje de cable metálico se usa como conductor de compensación. Con ello podría suprimirse un cable individual en paralelo, y estrechamente adyacente al cable unifilar como cable de compensación.

20 Puede destacarse como ventaja particular de la invención que solamente mediante la prolongación de las longitudes de suministro puede reducirse considerablemente las tasas de fallo en instalaciones de cables de muy alta tensión de VPE. Al mismo tiempo se reducen costes debidos a la longitud de las instalaciones de cables.

25 Formas de realización esenciales de la invención se enumeran a continuación:

30 En una primera forma de realización de un sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico con conexión de cruce, los cables unifilares están divididos en tres subsecciones. Las subsecciones están delimitadas por puntos de corte, en los que los blindajes de cable de los cables unifilares se encuentran separados y accesibles. Como característica especial para ello se menciona,

- 35
- que en una primera subsección a un primer cable unifilar y en una tercera subsección a un tercer cable unifilar en cada caso en paralelo al tramo de cable un cable de compensación está asociado de manera estrechamente adyacente, teniendo los cables de compensación una longitud más corta que los cables unifilares,
  - y que cada uno de los dos cables de compensación adyacente a un cable unifilar en la primera y en la tercera subsección está conectado con su primer extremo al extremo de blindaje de cable abierto del cable unifilar estrechamente adyacente,
  - y los cables de compensación conectados en su segundo extremo están puestos a tierra respectivamente a través de un cable de trayecto neutro,
  - y por que en una segunda subsección al segundo cable unifilar en cada caso en paralelo al tramo de cable están asociados de manera estrechamente adyacente dos cables de compensación de modo que cada uno de los cables de compensación está conectado con su primer extremo a en cada caso un extremo de blindaje de cable abierto del segundo cable unifilar en la segunda subsección, y que a los dos cables de compensación en la segunda subsección está asociado y conectado a los mismos respectivamente un primer y un segundo cable de trayecto neutro, teniendo los cables de compensación una longitud más corta que el segundo cable unifilar, pudiendo corresponder preferentemente la longitud más corta a la mitad de la longitud del cable de trayecto neutro y del cable de compensación de la primera y de la tercera subsección, y
  - el primer cable de trayecto neutro está conectado en la segunda subsección al extremo de blindaje de cable abierto del primer cable unifilar en la primera subsección y el segundo cable de trayecto neutro está conectado en la segunda subsección al extremo de blindaje de cable abierto del tercer cable unifilar en la tercera subsección en cada caso en el otro extremo, y repitiéndose disposiciones de cables de compensación y cables de trayecto neutro de manera análoga en permutación cíclica de la asociación de fases y cables unifilares en cada subsección.
- 40
- 45
- 50
- 55

60 En este primer sistema de cables de corriente trifásica se propone como configuración especial y ventajosa que en cada subsección, que están formadas en cada caso con igual longitud, los cables de compensación y los cables de trayecto neutro están tendidos en una longitud en la que incide una tensión de pantalla lo más pequeña posible.

Además se considera un segundo sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico con un sistema de *single-bonding*.

65 En este sistema de cables de corriente trifásica está formada una sección entre un primer y un segundo punto de corte, en el que en el primer punto de corte al principio de la sección un primer extremo de blindaje de cable de los

cables unifilares y en el segundo punto de corte al final de la sección un segundo extremo de blindaje de cable de los cables unifilares se encuentran separados y accesibles. En al menos un punto de corte los extremos de blindaje de cable de los cables unifilares están puestos a tierra sólo a través de cables de compensación, sin el uso de descargador de sobretensión.

- 5 El sistema de cables de corriente trifásica se caracteriza por que,
- en paralelo al tramo de cable en la sección a cada cable unifilar están asociados de manera estrechamente adyacente entre sí uno tras otro dos cables de compensación,
  - 10 ▪ por que un primer extremo del primer cable de compensación está conectado al primer extremo de blindaje de cable del cable unifilar adyacente,
  - por que un segundo extremo del segundo cable de compensación está conectado al segundo extremo de blindaje de cable del cable unifilar adyacente, y
  - 15 y
  - por que en la sección están dispuestos dos cables de trayecto neutro en paralelo a la sección y uno tras otro,
  - por que un segundo extremo del primer cable de compensación está conectado al primer cable de trayecto neutro y está puesto a tierra a través de este cable de trayecto neutro y un segundo extremo del segundo cable de compensación está conectado al segundo cable de trayecto neutro y está puesto a tierra a través del mismo.

20 Una forma de realización particular consiste en que la puesta a tierra de los blindajes de cable tiene lugar a través de descargadores y los cables de trayecto neutro están puestos así mismo a potencial de tierra a través de descargadores. Es decir, que en ambos puntos de corte los extremos de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión, y que en el centro de la sección están presentes puntos de conmutación entre el segundo extremo de los primeros cables de compensación y el

25 primer cable de trayecto neutro y puntos de conmutación entre el primer extremo de los segundos cables de compensación y el segundo cable de trayecto neutro y los puntos de conmutación están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión.

30 Otra forma de realización ventajoso consiste en que en ambos puntos de corte los extremos de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión, y que los dos cables de compensación situados uno tras otro con sus segundos extremos están unidos en el centro de la sección en un punto de conmutación, y que en este punto de conmutación tiene lugar una puesta a tierra.

35 De nuevo, otra forma de realización está configurada por que en el sistema de cables de corriente trifásica descrito anteriormente, en ambos puntos de corte los extremos de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión, y por que en el centro de la sección los dos cables de compensación situados uno tras otro con sus segundos extremos están unidos en un punto de conmutación.

40 El sistema de cables de corriente trifásica descrito anteriormente puede estar configurado en particular de tal manera que cables de compensación y cables de trayecto neutro tienen una longitud de la mitad de la sección. La longitud de los cables de compensación y cables de trayecto neutro puede optimizarse poniéndose a tierra a través de descargadores de sobretensión en ambos puntos de corte los extremos de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares, y teniendo los dos cables de compensación situados uno tras otro en cada caso una longitud, que

45 es mayor que la mitad de la sección. Para ello se efectúa en la descripción de las figuras una representación especial.

50 A su vez se considera un sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico, en el que tiene lugar una puesta a tierra de los cables de compensación a través de descargadores y los cables de compensación están reunidos en un punto de conmutación y allí está presente una puesta a tierra fija.

55 Así mismo está formada una sección entre dos puntos de corte. En el primer punto de corte se encuentra separado y accesible un primer extremo de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares y en el segundo punto de corte se encuentra separado y accesible un segundo extremo de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares. En al menos un punto de corte, los extremos de blindaje de cable de los cables unifilares están puestos a tierra. El sistema de cables de corriente trifásica se caracteriza por que en paralelo al tramo de cable en la sección a cada cable unifilar están asociados de manera estrechamente adyacente dos cables de compensación uno tras otro,

- 60 ▪ por que en cada caso un primer extremo del primer cable de compensación está conectado al primer extremo de blindaje de cable,
- y en cada caso un segundo extremo del segundo cable de compensación está conectado al segundo extremo de blindaje de cable, y
- 65 ▪ por que en cada caso los dos cables de compensación situados uno tras otro en sus otros extremos están unidos en el centro de la sección en un punto de conmutación, y por que en este punto de conmutación tiene lugar una puesta a tierra.

En una forma de realización adicional de un sistema de cables de corriente trifásica no se efectúa ninguna puesta a tierra fija de los blindajes de cable en el punto de corte; la puesta a tierra tiene lugar a través de cables de trayecto neutro. En el sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico está formada una sección entre dos puntos de corte. En el primer punto de corte se encuentra separado y accesible un primer extremo de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares y en el segundo punto de corte se encuentra separado y accesible un segundo extremo de blindaje de cable en cada caso de los cables unifilares. En al menos un punto de corte están puestos a tierra los extremos de blindaje de cable de los cables unifilares.

La particularidad de la realización se basa en que en paralelo al tramo de cable a cada cable unifilar están asociados de manera estrechamente adyacente dos cables de compensación uno tras otro, y en cada caso un primer extremo del primer cable de compensación está conectado al primer extremo de blindaje de cable, y un segundo extremo del segundo cable de compensación está conectado al segundo extremo de blindaje de cable, y la puesta a tierra de los extremos de blindaje de cable tiene lugar a través de respectivamente un cable de trayecto neutro situado en la sección en paralelo a los cables de compensación.

Las configuraciones particulares pueden encontrarse con todo detalle también en la descripción de las figuras.

Por último, puede remitirse también a la ventaja de que los cables conductores de compensación en cada punto a lo largo del trazado se encuentren fácilmente accesibles y puedan conectarse. Si para una instalación se comprobara que las sobretensiones o las cargas de descargador que aparecen en os extremos son críticas, existe entonces la posibilidad de conectar estos cables conductores de compensación también en puntos adecuados sobre el tramo adicionalmente con descargadores, para limitar ondas de tensión que entran y así descargar adicionalmente la zona de blindaje de los cables de alta tensión o de muy alta tensión y los descargadores sus extremos.

Particularidades y ventajas de la invención se describen en las Figuras, mostrando éstas en detalle:

- la Figura 1: conexión de tres subsecciones de una sección principal;
- la Figura 2: gráfico de vectores para el circuito en la Figura 1;
- la Figura 3: tensión de pantalla máxima relacionada y posible prolongación de sección porcentual en la Figura 1;
- la Figura 4: conexión de una sección A1 para la reducción a la mitad de las tensiones de pantalla;
- la Figura 5a: con respecto a la Figura 4: diagrama de vectores de la tensión de pantalla en la sección A1;
- la Figura 5b: distribución espacial de las tensiones en la disposición espacial de las tensiones en la disposición de acuerdo con la Figura 4;
- la Figura 6: conexión de descargador en la sección A1;
- la Figura 7: tal como con respecto a la Figura 6, pero puesta a tierra rígida en el centro de la sección;
- la Figura 8: tal como con respecto a la Figura 7, en un caso particular sin cable de trayecto neutro;
- la Figura 9: tal como con respecto a la Figura 7, con cable de trayecto neutro como conductor de puesta a tierra, sin puesta a tierra en el centro y
- la Figura 10: modificación para compensar las diferentes capas de tensión de blindaje de cable y conductor de compensación.

Para conseguir longitudes de subsección A1, A2, A3 lo más grandes posible que forman un tramo de cable con tensiones de pantalla estacionarias constantes de una conexión de cruce se propone una primera conexión de los blindajes de cable 4.1, 4.2, 4.3 para la compensación de la tensión longitudinal inducida de acuerdo con la Figura 1. En este caso, las longitudes de suministro de los cables y por lo tanto también las distancias entre manguitos o longitudes de subsección deberán ser de igual tamaño. Las tensiones  $U_0$  son las tensiones longitudinales que se producen para el *cross-bonding* simétrico, que se complementan dando cero. Los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) al principio y al final de la sección principal (A1 a la izquierda, A3 a la derecha) no se ponen a tierra directamente, sino que se unen con un cable de compensación KK. Los extremos de blindaje de cable 4.1, 4.2, 4.3 en la subsección longitudinal central A2 se conducen así mismo a respectivamente un cable de compensación KK.

Los cables de compensación KK están situados directamente junto a los cables unifilares 1, 2, 3 y reciben por lo tanto aproximadamente la tensión longitudinal que a compensar de los blindajes 4.1, 4.2, 4.3 de forma inducida. La final de los cables de compensación KK se conectan éstos a un cable de trayecto neutro NPK, que se devuelve y allí se pone a tierra sin una tensión longitudinal inducida hasta el principio (puesta a tierra en el punto a), o hasta el final de la sección principal (puesta a tierra en el punto h).

La conexión de los blindajes de cable (con las variantes de la Figura 1, y la Figura 4 siguiente) se describirá de nuevo con mayor detalle. Se representa un sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico 4.1, 4.2, 4.3 (fases R,S,T) 1, 2, 3, estando divididos los cables unifilares 1, 2, 3 en subsecciones A1, A2, A3. Después de cada subsección A1, A2, A3 están separados los blindajes de cable de los cables unifilares 1, 2, 3 en puntos de corte 20. Las tres subsecciones A1, A2, A3 tienen longitudes L iguales. Los cables unifilares presentan un conductor central con suavizamiento, un aislamiento y por encima una capa conductora, un blindaje de cable y un revestimiento exterior. Los siguientes datos "primero",

“segundo”, etc. han de entenderse progresivamente en una dirección de la subsección que forma un tramo de cable, es decir por ejemplo de izquierda a derecha. En la primera subsección A1 está asociado, sobre una longitud parcial x, al primer cable unifilar 1, un primer cable de compensación KK unifilar, no blindado, de modo que un primer extremo del primer cable de compensación KK está situado de manera estrechamente adyacente al extremo de blindaje de cable abierto 4.1 en el primer punto de corte 20 del primer cable unifilar 1 y está conectado a este extremo de blindaje de cable abierto 4.1 (punto b). El segundo extremo del primer cable de compensación KK está puesto a tierra a través de un primer cable de trayecto neutro NPK en paralelo al tramo de cable (a la sección A1), situado en la subsección en una posición comparable al primer cable de compensación (punto a), sin embargo, de modo que no se induce ninguna tensión longitudinal.

En la tercera subsección A3 está asociado al tercer cable unifilar 3, sobre una longitud parcial x, un tercer cable de compensación unifilar KK, de modo que un segundo extremo del tercer cable de compensación KK está situado de manera estrechamente adyacente al blindaje de cable 4.3 en el cuarto punto de corte (20) del tercer cable unifilar 3 y está conectado a este extremo de blindaje de cable 4.3 (punto g). El primer extremo del tercer cable de compensación KK está puesto a tierra a través de un tercer cable de trayecto neutro NPK en paralelo al tramo de cable, situado en la subsección en una posición comparable al tercer cable de compensación (punto h).

En la segunda subsección central A2, al segundo cable unifilar 2 están asociados sobre su longitud dos cables de compensación unificables KK, respectivamente en la mitad de la longitud del cable de compensación en la primera A1 y en la tercera subsección A3, de modo que el primero (a la izquierda) de los dos cables de compensación KK está situado de manera estrechamente adyacente al blindaje de cable abierto 4.2 en el segundo punto de corte 20 del segundo cable unifilar 2. El segundo (a la izquierda) de los dos cables de compensación KK está situado de manera estrechamente adyacente al extremo de blindaje de cable abierto 4.2 en el tercer punto de corte del segundo cable unifilar 2. El primer extremo del primero de los dos cables de compensación KK (en la sección A2) está conectado al extremo de blindaje de cable abierto 4.2 en el segundo punto de corte del segundo cable unifilar 2. El segundo extremo del primero de los dos cables de compensación KK está conducido a través de un primer cable de trayecto neutro NPK que se encuentra en paralelo al tramo de cable, en una posición comparable al primero de los dos cables de compensación en la subsección A2 hasta el extremo de blindaje de cable abierto 4.1 (punto c) en el segundo punto de corte del primer cable unifilar 1 en la subsección A1. El segundo extremo del segundo de los dos cables de compensación KK está conectado al extremo de blindaje de cable abierto 4.2 (punto e) del segundo cable unifilar 2 en la subsección A2 al tercer punto de corte. El primer extremo del segundo de los dos cables de compensación KK está conducido a través de un segundo cable de trayecto neutro NPK que se encuentra en paralelo al tramo de cable, en una posición comparable al segundo de los dos cables de compensación en la subsección A2 hasta el extremo de blindaje de cable 4.3 del tercer cable unifilar 3 en la subsección A3 en el tercer punto de corte (punto f).

La Figura 1 muestra sólo un trayecto de cruce. Dos trayectos de cruce adicionales están presentes, repitiéndose disposiciones de cables de compensación y cables de trayecto neutro de manera análoga en permutación cíclica de la asociación de fases y cables unificables en cada subsección.

Las tensiones que resultan de los puntos de conexión a a h con respecto a tierra están representadas en el gráfico de vectores de la Figura 2.

Las dos subsecciones de blindaje exteriores conducen en cada caso a lo largo de una longitud parcial x un cable de compensación KK, de modo que los extremo de blindaje conectados (puntos b y g) presentan la tensión (-x U<sub>0</sub>) con respecto al punto de puesta a tierra (a, h) respectivo. Los extremos de blindaje alejados aumentan entonces hasta la tensión (1-x) U<sub>0</sub> (puntos c, f). En este caso se conecta la sección de blindaje central A2 conectada a ambos extremos, de modo que en los puntos de conexión (d, e) del blindaje central resulta la tensión de pantalla máxima U<sub>max</sub>. La magnitud de esta tensión depende de la elección de la longitud de compensación x y obedece a la relación

$$U_{\max} = U_0 \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \cdot x^2 - \frac{3}{2} \cdot x + 1}$$

La Figura 3 muestra un análisis de la ecuación. Allí está representada a la izquierda la tensión de pantalla máxima relacionada (U<sub>max</sub>/U<sub>0</sub>) y a la derecha la prolongación de sección porcentual posible ΔL/L con respecto a la Figura 1. Se ilustra que la menor tensión posible U<sub>max</sub> se da por ejemplo para la longitud relacionada x/L = 0,6 y asciende aproximadamente al 61 % de la tensión de pantalla máxima que se da sin conexión. A este respecto es válido como condición adicional que xU<sub>0</sub> no sea mayor que U<sub>max</sub>. La prolongación porcentual posible de manera correspondiente Δ L/L de las subsecciones está representada así mismo en la Figura 3 (con línea discontinua) y como prolongación de sección porcentual posible ΔL/L (véase en el caso de x/L = 0,6) asciende a aproximadamente el 65 %. Este valor resulta por lo tanto como valor óptimo cuando también una primera estimación para la longitud

parcial conduce hasta aproximadamente la mitad de la longitud de sección.

5 Siguiendo el principio representado anteriormente se muestra con la Figura 4 una disposición que, si bien requiere un gasto algo mayor en cables conductores de compensación, en cambio para ello presenta ventajas adicionales, muy considerables. Se efectúa la compensación completa de las tensiones de pantalla de cada subsección (en sí). Esto significa que puede sucederse un número aleatorio de secciones una tras otra. La Figura 4 muestra la conexión de una subsección para reducir a la mitad las tensiones de pantalla.

10 Ahora, cada uno de los cables unifilares conduce en una subsección de blindaje (en este caso sólo A1) en cada caso a través de la mitad de su longitud  $L/2$  un cable de compensación KK desde el centro de la sección hacia la izquierda, de modo que el extremo de blindaje abierto conectado (por ejemplo 4.1 con punto c) presenta la tensión ( $-U_0/2$ ) con respecto al punto de puesta a tierra (a) respectivo. A lo largo del blindaje 4.1 aumenta la tensión hasta  $+U_0/2$  en el extremo de blindaje alejado (punto d). En este caso se conecta de nuevo a través de la mitad de la longitud de blindaje  $L/2$  un cable de compensación, cuyo extremo izquierdo en el centro de la sección (punto e) recibe por lo tanto el potencial cero. A través del cable de trayecto neutro NPK asociado se produce una conexión con el punto de puesta a tierra (f).

20 Una ventaja particular de este circuito se basa en que la tensión de pantalla en cada subsección individual y en cada cable unifilar individual se compensa por sí mismo, es decir mediante cables conductores de compensación situados allí. Con ello se compensan automáticamente asimetrías de longitud, disposiciones de instalación asimétricas (que ya pueden darse en la disposición de un solo plano) así como asimetrías de corriente.

25 La Figura 5a muestra el diagrama de vectores resultante y la Figura 5b muestra la distribución espacial de las tensiones del blindaje de cable y de los conductores de compensación en la Figura 4 en los lugares allí definidos.

30 La Figura 5b: evolución de la tensión de pantalla a lo largo de la longitud relacionada ( $x/L$ ) en la Figura 4 a lo largo de una subsección. Los puntos a, b, e y f se encuentran a potencial de tierra. La evolución entre los puntos a-b y e-f ha de entenderse en este sentido esquemáticamente, porque solamente en los puntos a, b, e y f el potencial asciende a cero.

35 Con el circuito de la Figura 4, en todas las subsecciones la tensión máxima con  $U_{max} = U_0/2$  asciende sólo a la mitad de aquella que resultaría en el caso de *cross-bonding* normal para la longitud de subsección  $L$ . A la inversa, por lo tanto, en comparación con el *cross-bonding* normal con tensión de pantalla estacionaria constante, es posible una duplicación de la longitud de subsección  $L$ . Se presenta por lo tanto un circuito de *singlepoint-bonding*.

40 Los gastos adicionales de este circuito se describen por cuatro cables unifilares, que se conducen conjuntamente junto a los cables de alta tensión o de muy alta tensión. Si los cables pueden ser cables de 1 kV o deben diseñarse como cables de 6 kV o de 10 kV, debería decidirse en el caso especial respectivo. Los cables son prácticamente sin corriente, es decir, no provocan calentamientos adicionales.

45 Preferentemente se realizarán puestas a tierra y conexiones de descargador de acuerdo con la Figura 6 como en el caso de un circuito de *cross-bonding* normal en todos los extremos de blindaje y en los extremos no directamente puestos a tierra de los cables conductores de compensación KK. Una conexión de descargador de este tipo para una subsección A1 se muestra en la Figura 6. Los blindajes 4.1, 4.2, 4.3 han de ponerse a tierra adicionalmente en los dos extremos de la subsección A1 a través de descargadores 40. Si bien las puestas a tierra y conexiones de descargador representan medidas adicionales; sin embargo sirven para protección frente a posibles efectos de error (en el peor caso).

50 Una simplificación del circuito de la Figura 4 (o Figura 6) se representa en la Figura 7. En este caso se muestra una conexión con puesta a tierra rígida en el centro de la sección (punto de conmutación SP, y puntos b,e). Cada sección (A1) se pone a tierra en su centro a través de los cables de trayecto neutro NPK, mientras que ambos extremos de pantalla (4.1 de cable unifilar 1; 4.2 de cable unifilar 2; 4.3 de cable unifilar 3) están abiertos o sólo están puestos a tierra a través de descargadores 40 y cables de compensación KK. El circuito corresponde por lo tanto a una prolongación de una instalación de cables con extremos de blindaje abiertos con el resultado de que en el caso de tensiones de pantalla comparables son posibles longitudes de subsección dobles.

60 La Figura 8 muestra una simplificación adicional, en la que se prescinde del cable de trayecto neutro conducido conjuntamente, pero con puesta a tierra rígida en el centro de la sección SP. Este circuito tiene no obstante la desventaja de que en casos de funcionamiento sin mencionar los descargadores, ya no se da ninguna conexión a tierra en general, de modo las corrientes de conexión a tierra sólo pueden conducirse a través de la tierra. Si no se requiere el conductor a tierra, entonces, para instalaciones con puesta a tierra de pantalla en un lado ofrece la posibilidad de una duplicación de la longitud de cable con tensiones de pantalla comparables.

65 En la Figura 9 está representado una vez más el circuito de la Figura 7, es decir con el cable de trayecto neutro como conductor a tierra paralelo, no obstante con la simplificación de que en el centro de la sección SP, la transición desde los conductores de compensación KK hasta los cables de trayecto neutro NPK, no se efectúa ninguna puesta

a tierra. Si este circuito es posible sin grandes sobretensiones no admisibles, depende esencialmente de las otras proporciones de puesta a tierra y de las condiciones de fallo a tierra.

Forma de realización complementaria para tener en cuenta diferentes capas de tensión inducidas diferentes.

5 Todas las relaciones presentadas anteriormente para el uso de conductores de compensación están en este sentido idealizadas, como que la tensión inducida en los conductores de compensación KK, debido a la pequeña, pero limitada, separación, es menor que la tensión inducida en los blindajes de cable 4.1, 4.2, 4.3. No puede descartarse que de esto se produzcan efectos perturbadores, en particular una alta corriente circular no admisible en blindaje y conductor de compensación.

10 Una conexión de compensación adicional se encuentra en la Figura 10. En principio puede conseguirse aún una mejora por que se efectúa una prolongación correspondiente del conductor de compensación. En este caso se amplía la longitud de cable de compensación KK' y de cable de trayecto neutro NK, a diferencia de los ejemplos de realización anteriores, a lo largo de la mitad de la longitud ( $L/2$ ) de cada subsección. Se trata de una modificación de la disposición de la Figura 9. La menor capa de tensión se compensa mediante la prolongación del conductor de compensación KK'. Esto no representará ningún problema mayor, dado que puede estimarse dónde los cables de trayecto neutro NK pueden unirse en puntos con el potencial cero. La Figura 10 muestra en la subsección A1 sólo el enlace de dos cables de compensación "alargados" KK' para el cable unifilar 1 (parte superior). Tal como se representa en la segunda subsección A2 (en corte), también en cada sección inferior un cable de compensación "alargado" KK' puede estar asociado al cable unifilar 2 y un cable de compensación "alargado" KK' al cable unifilar 3. Estando conectados los extremos de blindaje de cable abiertos (4.2, 4.3) de los cables unificulares 2 y 3 así mismo a través de descargadores de sobretensión 40 al potencial de tierra. Las prolongaciones dependen de las capas de tensión resultantes de la geometría del tendido respectiva.

25

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares (1, 2, 3) aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico con conexión de cruce, estando dividido el sistema de cables de corriente trifásica y los cables unifilares (1, 2, 3) en tres subsecciones (A1, A2, A3), y estando delimitadas las subsecciones (A1, A2, A3) por puntos de corte (20), en los que los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) de los cables unifilares (1, 2, 3) se encuentran separados y accesibles, **caracterizado por que**,
- en una primera subsección (A1) está asociado de manera estrechamente adyacente a un primer cable unifilar (1) y en una tercera subsección (A3) está asociado de manera estrechamente adyacente a un tercer cable unifilar (3) en cada caso en paralelo a las subsecciones (A1, A2, A3) un cable de compensación (KK), situándose uno tras otro los cables de compensación (KK) y teniendo una longitud (x) más corta que los cables unifilares (1, 3),
  - y porque cada cable de compensación (KK) adyacente a un cable unifilar (1, 3) en la primera y en la tercera subsección (A1, A3) está conectado con su primer extremo (b, g) al extremo de blindaje de cable abierto (4.1, 4.3) del cable unifilar estrechamente adyacente (1, 3),
  - y los cables de compensación conectados (KK) están puestos a tierra (a, h) en su segundo extremo respectivamente a través de un cable de trayecto neutro (NPK),
  - y por que en una segunda subsección (A2) están asociados de manera estrechamente adyacente al segundo cable unifilar (2) en cada caso en paralelo a la segunda subsección (A2) dos cables de compensación (KK) de modo que cada cable de compensación adyacente (KK) está conectado con su primer extremo a en cada caso un extremo de blindaje de cable abierto (d, e, 4.2) del segundo cable unifilar (2) en la segunda subsección (A2), y por que a los dos cables de compensación (KK) en la segunda subsección (A2) están asociados y conectados a los mismos respectivamente un primer y un segundo cable de trayecto neutro (NPK), teniendo los cables de compensación (KK) una longitud (x) más corta que el segundo cable unifilar (2), y
  - el primer cable de trayecto neutro (NPK) en la segunda subsección (A2) está conectado al extremo de blindaje de cable abierto (c, 4.1) del primer cable unifilar (1) en la primera subsección (A1) y el segundo cable de trayecto neutro (NPK) en la segunda subsección (A2) al extremo de blindaje de cable abierto (f, 4.3) del tercer cable unifilar (3) en la tercera subsección (A3) en cada caso en el otro extremo, y repitiéndose disposiciones de cables de compensación (KK) y cables de trayecto neutro (NPK) de manera análoga en permutación cíclica de la asociación de fases y cables unifilares (1, 2, 3) en cada subsección (A1, A2, A3).
2. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** en cada una de las subsecciones (A1, A2, A3), que están formadas en cada caso con igual longitud, los cables de compensación (KK) y los cables de trayecto neutro (NPK) están tendidos en una longitud (x), ascendiendo la longitud (x) a 0,61 veces la longitud (L) de una subsección (A1, A2, A3).
3. Sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares (1, 2, 3) aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico, estando formada en el sistema de cables de corriente trifásica una sección (A1) entre un primer y un segundo punto de corte (20),
- en donde en el primer punto de corte (20) al principio de la sección (A1) un primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) de los cables unifilares (1, 2, 3) y en el segundo punto de corte (20) al final de la sección (A1) un segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) de los cables unifilares (1, 2, 3) se encuentran separados y accesibles,
  - en donde en al menos un punto de corte (20) los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra a través de cables de compensación (KK), **caracterizado por que**,
  - en la sección (A1) a cada cable unifilar (1, 2, 3) está asociado un primer y un segundo cable de compensación (KK) de tal manera que en paralelo a la sección (A1) los cables de compensación (KK) se encuentran uno tras otro y de manera estrechamente adyacente a cada cable unifilar (1, 2, 3), y tienen una longitud más corta que los cables unifilares (1, 2, 3),
  - por que un primer extremo del primer cable de compensación (KK) está conectado al primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del siguiente cable unifilar (1, 2, 3) adyacente,
  - por que un segundo extremo del segundo cable de compensación (KK) está conectado al segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del siguiente cable unifilar (1, 2, 3) adyacente, y
  - por que en la sección (A1) están dispuestos un primer y un segundo cable de trayecto neutro (NPK) en paralelo a la sección (A1) y situados uno tras otro,
  - por que un segundo extremo del primer cable de compensación (KK) está conectado al primer cable de trayecto neutro (NPK) y está puesto a tierra a través de este cable de trayecto neutro (NPK) y un primer extremo del segundo cable de compensación está conectado al segundo cable de trayecto neutro (NPK) y está puesto a tierra a través del mismo.
4. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** en ambos puntos de corte (20) los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión (40), y por que en el centro de la sección (A1)

están presentes puntos de conmutación (SP) entre el segundo extremo de los primeros cables de compensación (KK) y el primer cable de trayecto neutro (NPK) y puntos de conmutación (SP) entre el primer extremo de los segundos cables de compensación (KK) y el segundo cable de trayecto neutro (NPK) y los puntos de conmutación (SP) están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión (40).

5  
10  
15  
20  
25  
30

5. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** en ambos puntos de corte (20) los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión (40), y por que los dos cables de compensación (KK) situados uno tras otro están conectados en respectivamente sus primeros extremos a respectivamente un extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del cable unifilar (1, 2, 3) respectivo y en el centro de la sección (A1) los dos cables de compensación (KK) situados uno tras otro están unidos con sus segundos extremos en un punto de conmutación (SP), y por que en este punto de conmutación (SP) tiene lugar una puesta a tierra.

6. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** en ambos puntos de corte los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión (40), y por que los dos cables de compensación (KK) situados uno tras otro están conectados en respectivamente sus primeros extremos a respectivamente un extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del cable unifilar (1, 2, 3) respectivo y en el centro de la sección (A1) los dos cables de compensación (KK) situados uno tras otro están unidos con sus segundos extremos en un punto de conmutación (SP).

7. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** cables de compensación (KK) y cables de trayecto neutro (NPK) tienen una longitud (x) de la mitad de la sección (L, A1).

8. Sistema de cables de corriente trifásica de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** en ambos puntos de corte (20) los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra a través de descargadores de sobretensión (40), y porque los dos cables de compensación (KK') situados uno tras otro tienen en cada caso una longitud (x), que es mayor que la mitad de la sección (A1).

9. Sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares (1, 2, 3) aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico, en donde en el sistema de cables de corriente trifásica está formada una sección (A1) entre dos puntos de corte (20),

35  
40  
45  
50

- en donde en el primer punto de corte (20) un primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) y en el segundo punto de corte (20) un segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) se encuentran separados y accesibles,
- en donde en al menos un punto de corte (20) los extremos de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) de los cables unifilares (1, 2, 3) están puestos a tierra,

**caracterizado por que,**

- en la sección (A1) a cada cable unifilar (1, 2, 3) están asociados un primer y un segundo cable de compensación (KK) de tal manea que en paralelo a la sección (A1) los cables de compensación (KK) están situados uno tras otro y de manera estrechamente adyacente a cada cable unifilar (1, 2, 3), y tienen una longitud más corta que los cables unifilares (1, 2, 3),
- por que en cada caso un primer extremo del primer cable de compensación (KK) está conectado al primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3), y en cada caso un segundo extremo del segundo cable de compensación (KK) está conectado al segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3), y
- por que en cada caso los dos cables de compensación (KK) situados uno tras otro están unidos en sus otros extremos en el centro de la sección (A1) en un punto de conmutación (SP), y por que en este punto de conmutación (SP) tiene lugar una puesta a tierra.

10. Sistema de cables de corriente trifásica de cables unifilares aislados con plástico y dotados de blindaje de cable metálico, estando formada en el sistema de cables de corriente trifásica una sección (A1) entre dos puntos de corte (20),

55  
60  
65

- en donde en el primer punto de corte (20) un primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) y en el segundo punto de corte (20) un segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso de los cables unifilares (1, 2, 3) se encuentran separados y accesibles,
- y, en donde, en la sección (A1) a cada cable unifilar (1, 2, 3) están asociados estrechamente un primer y un segundo cable de compensación (KK) de tal manera que en paralelo a la sección (A1) los cables de compensación (KK) están situados uno tras otro y de manera estrechamente adyacente a cada cable unifilar (1, 2, 3), y tienen una longitud más corta que los cables unifilares (1, 2, 3), y
- un primer extremo en cada caso del primer cable de compensación (KK) está conectado al primer extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del cable unifilar (1, 2, 3) respectivo,
- y un segundo extremo en cada caso del segundo cable de compensación (KK) está conectado al segundo extremo de blindaje de cable (4.1, 4.2, 4.3) del cable unifilar respectivo (1, 2, 3),
- en donde los segundos extremos de los primeros cables de composición (KK) respectivos están conectados

juntos y los primeros extremos de los segundos cables de compensación (KK) respectivos están conectados juntos,

- 5   ▪ y los primeros extremos interconectados de los segundos cables de compensación (KK) están puestos a tierra a través de un segundo cable de trayecto neutro (NPK) situado en paralelo a los segundos cables de compensación (KK) en la sección (A1),
- y los segundos extremos interconectados de los primeros cables de compensación (KK) están puestos a tierra a través de un primer cable de trayecto neutro (NPK) situado en paralelo a los primeros cables de compensación (KK) en la sección (A1).

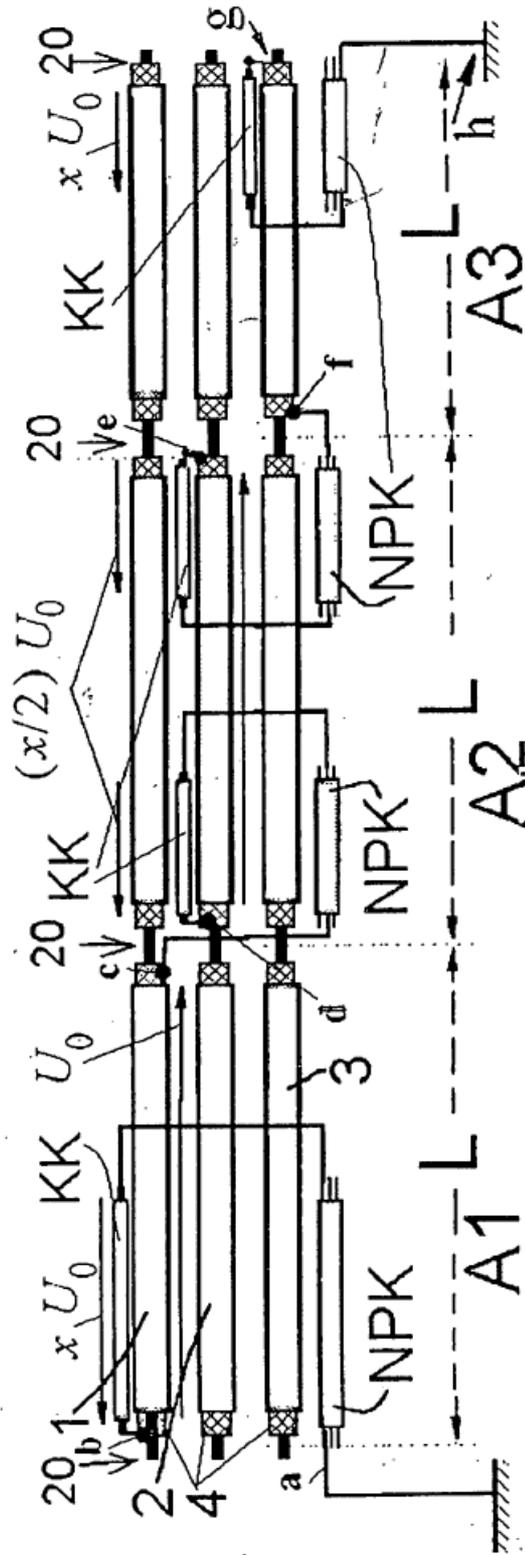


Fig. 1

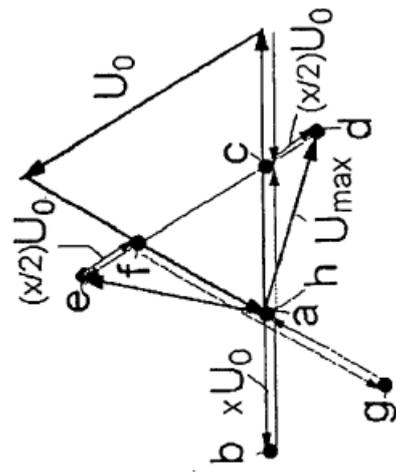


Fig. 2

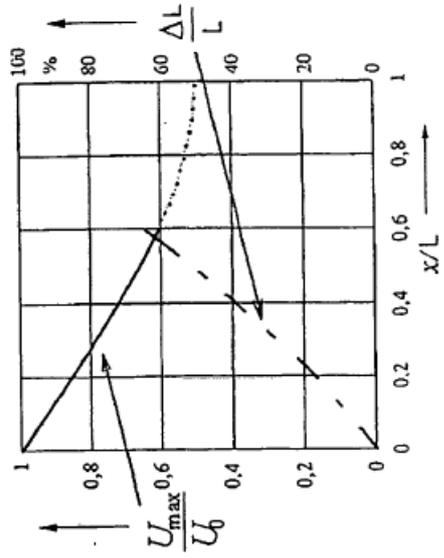


Fig. 3

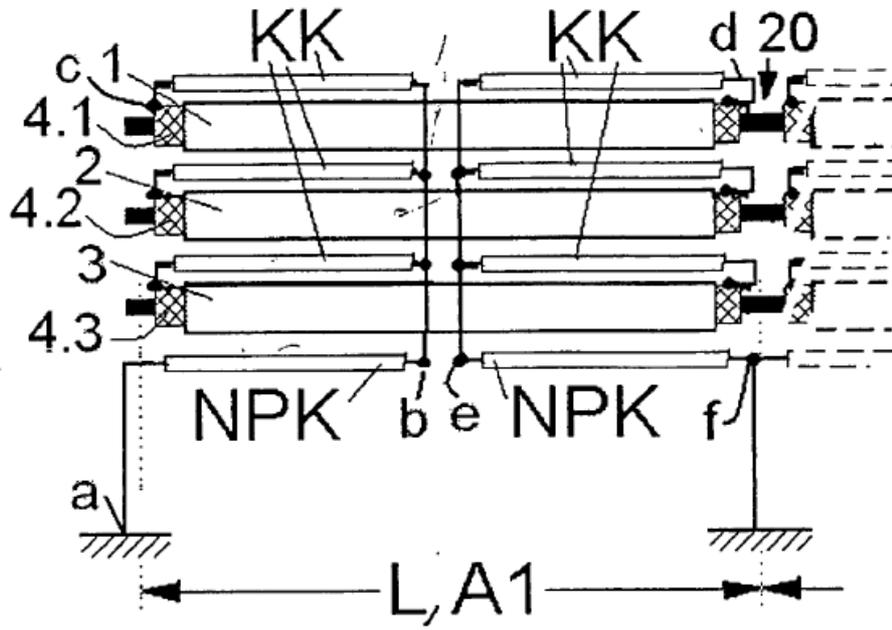


Fig. 4

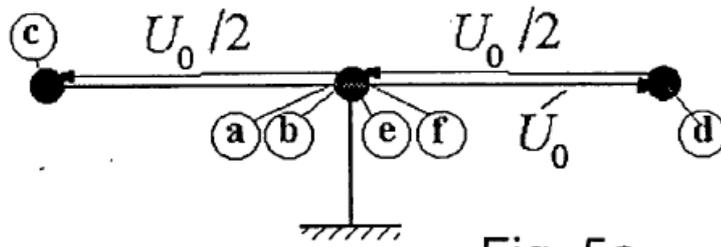


Fig. 5a

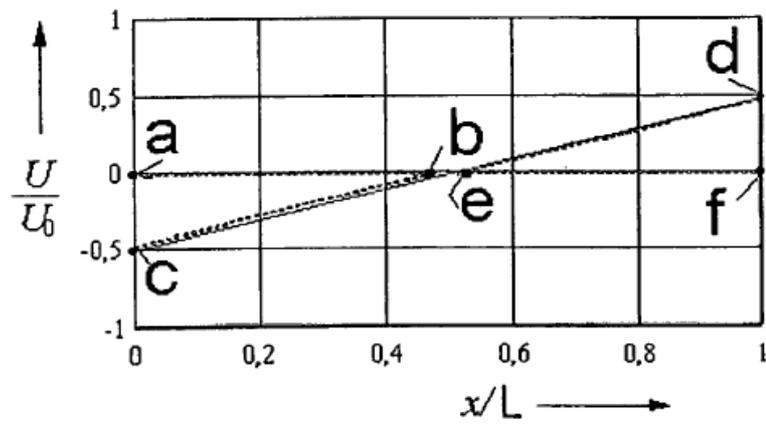


Fig. 5b

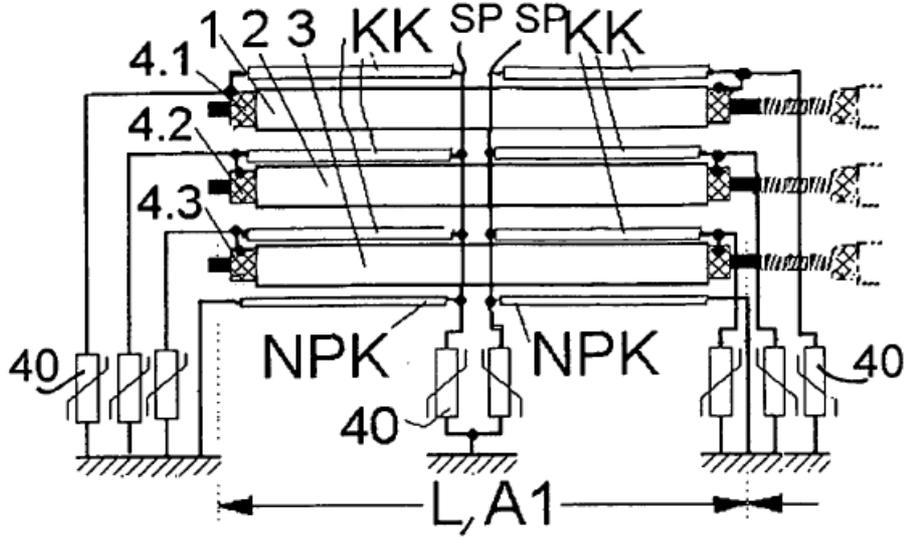


Fig. 6

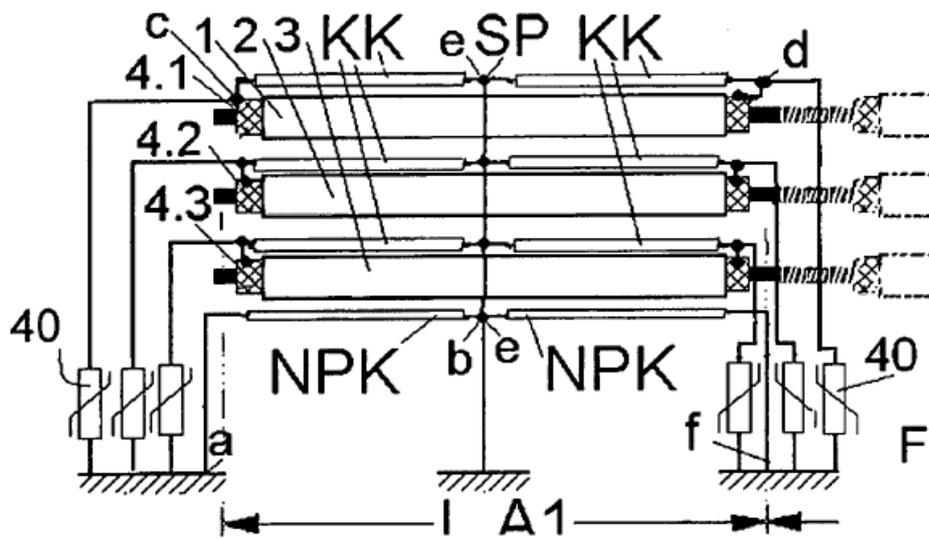


Fig. 7

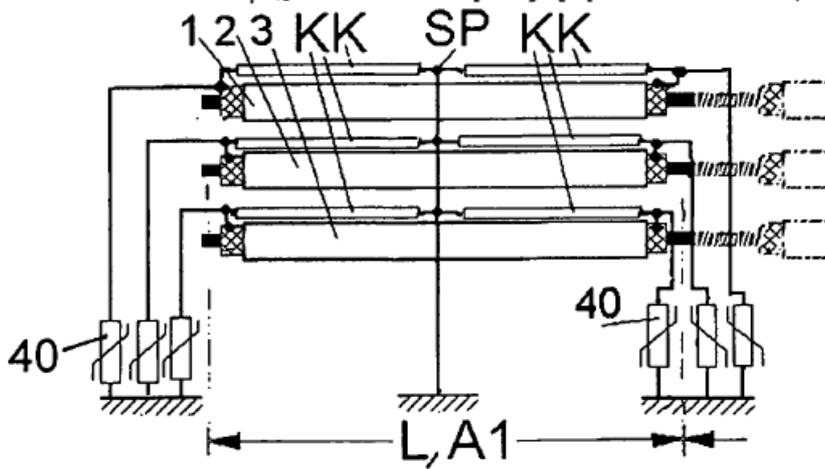


Fig. 8

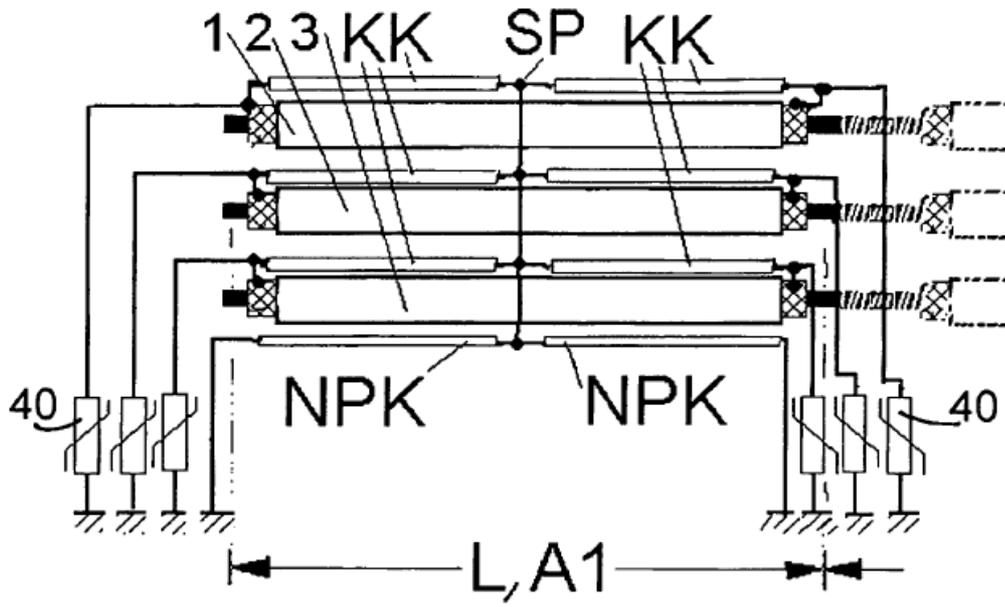


Fig. 9

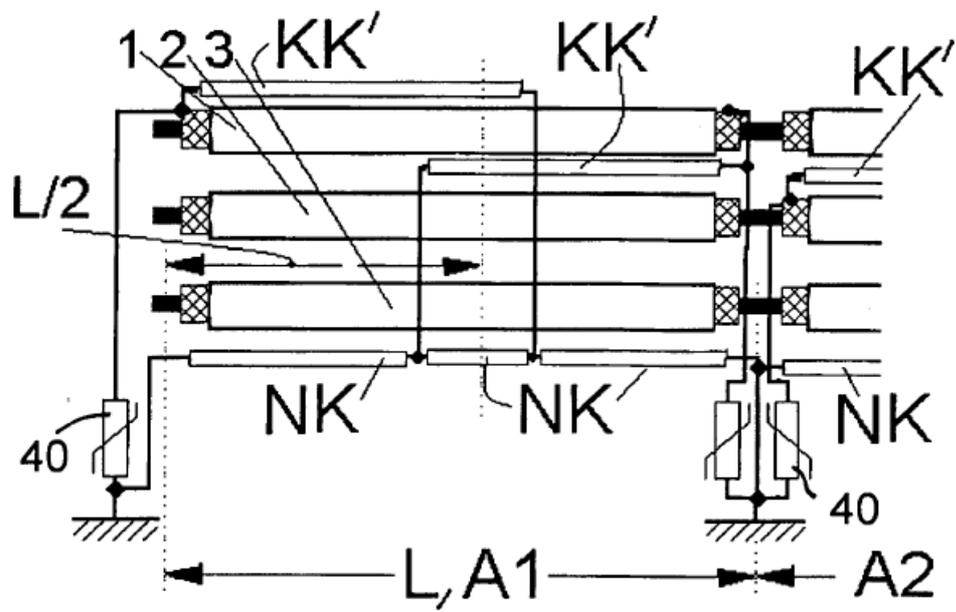


Fig. 10