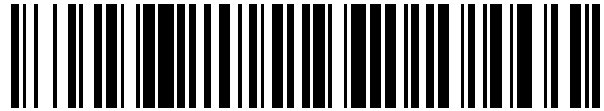


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 519**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/48**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2004 PCT/IB2004/001492**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.11.2004 WO04099840**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2004 E 04729476 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 1620761**

54 Título: **Línea aérea óptica y procedimiento de instalación de la misma**

30 Prioridad:

**06.05.2003 ES 200301131**

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

**13.06.2017**

73 Titular/es:

**PRYSMIAN CABLES SPAIN, S.A. (100.0%)  
Ctra. C-15, Km.2  
08800 Vilanova i la Geltru, ES**

72 Inventor/es:

**SALES I CASALS, LLUIS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 616 519 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**

Línea aérea óptica y procedimiento de instalación de la misma

La invención se refiere a una línea aérea óptica y a un procedimiento de instalación de la misma.

5 Se sabe combinar un sistema de comunicación óptica con el sistema de potencia aérea, mediante el enrutamiento de cables de servicios públicos, tales como cables de telefonía o de transmisión de datos, entre las posiciones seleccionadas como cableado aéreo suspendido desde una serie de postes de electricidad.

10 Enlaces de cable de fibra óptica son la base de tales sistemas de comunicación, ya que tienen la ventaja de gran capacidad de transmisión a alta velocidad y larga distancia, sin mostrar ninguna diafonía. Al mismo tiempo, no se ven influenciados por los campos electromagnéticos, lo que es muy importante para las instalaciones en las líneas de alta tensión (HV).

15 La forma más fácil de conectar las centrales eléctricas y estaciones de control es utilizar las líneas de alta tensión existentes. El procedimiento más común para esto es instalar un Cable a Tierra Óptico (OPGW), que contiene fibras ópticas, como una sustitución de un cable a tierra existente. Otra posibilidad consiste en la incorporación de fibras ópticas en un cable que sustituye a uno de los conductores de fase estándar. Esta solución se denomina Conductor de Fase Óptica (OPPC). Además de estas soluciones integradas, se pueden instalar cables adicionales en las torres. Cables autoportantes para su instalación adicional en las líneas de alta tensión son los cables MASS (Autoportantes Metálicos Aéreos) y los ADSS (Autoportantes Totalmente Dieléctricos). Si bien estos cables autoportantes se cuelgan entre las torres, el ADL (Totalmente Dieléctrico Atado a Poste) es un cable de tamaño pequeño que se une a un cable sustentor. En las líneas de alta tensión, ya sea un cable a tierra o un conductor de fase puede servir como cable sustentor.

25 El artículo de R. Bohme, R. Girbig, G. Hog (Alcatel Kabel AG & Co, Mönchengladbach, Alemania), "Fibre Optic Lashed Cables on High Voltage Lines", International Wire & Cable Symposium Proceedings 1998, páginas 642 -649 presenta una visión general de las técnicas existentes para unir un cable de fibra óptica dieléctrico de peso ligero a una cuerda existente, ya sea cable a tierra o conductor de fase. El cable óptico se puede amarrar a un cable sustentor por medio de una sujeción de amarre, enrollada en el cable sustentor, fijado al cable sustentor por medio de clips o grapas, o fijado por medio de una barra preformada.

30 Los autores de este artículo consideran la técnica de cable de amarre como la que ofrece una mayor flexibilidad de instalación y permite una mayor longitud de cable sin empalmes que cualquier otra técnica. El cable óptico puede amarrarse al cable sustentor con dos sujeciones de amarre dieléctricos, añadiéndose el segundo solo por razones de seguridad.

35 El documento de Estados Unidos 4.424.954 (Sistemas de Comunicaciones) se refiere a un dispositivo para amarrar un cable de fibra óptica a un hilo de soporte y aborda el problema de la insuficiente fijación del cable óptico cuando se utiliza una máquina de amarre de cable de la técnica anterior con cables recientes de fibra óptica, que son más ligeros y más pequeños que en el pasado. Debido a la fijación insuficiente, la fibra óptica tiende a torcerse alrededor del hilo de soporte, y tal torsión daña el aislamiento en el cable de fibra óptica y por lo tanto reduce la eficacia y capacidad de transmisión de impulsos del cable. El problema se elimina tensando el cable de fibra óptica a medida que pasa a través de la máquina de amarre y se amarra al hilo de soporte, a fin de mantenerse coextensivo en relación con el hilo de soporte. Una línea de amarre se envuelve después helicoidalmente alrededor del hilo de soporte y del cable óptico.

45 El documento de Estados Unidos 6.193.824 (Siemens) se refiere a un procedimiento de instalación de un cable óptico sobre un conductor de una línea aérea de alta tensión con la ayuda de elementos de fijación aplicados de manera helicoidal, en el que se proporciona una salvaguardia para que no se salga en el caso de una ruptura de un elemento de seguridad. El cable óptico está equipado a lo largo del conductor eléctrico y asegurado por medio de una cinta adhesiva enrollada helicoidalmente. Una fijación particularmente segura resulta si dos cintas adhesivas se aplican con envoltura entrecruzada ya que existe una unión aún más definida entre las dos cintas adhesivas, adicionalmente, en los puntos de cruce de cinta adhesiva.

50 El documento EP0981192 se refiere a un dispositivo de disipación de calor para la línea de transmisión, línea de transmisión de calor con dispositivo de disipación de calor y procedimiento para ajustar el dispositivo de disipación de calor en la línea de transmisión.

55 El solicitante observa que, aunque el uso de cinta adhesiva proporciona un buen acoplamiento del cable óptico y del conductor eléctrico, pueden surgir problemas de envejecimiento del adhesivo, lo que puede reducir con el tiempo la eficacia y la seguridad del acoplamiento.

60 El solicitante ha abordado el problema de mejorar la estanqueidad y la seguridad de un acoplamiento de amarre, evitando el uso de adhesivos, que se ven sometidos a envejecimiento, y de técnicas de tensado de cable, que son difíciles de implementar. El solicitante ha abordado, en particular, el problema de evitar desplazamientos de los

cables ópticos después de la instalación, por ejemplo, debido al viento que afectaría a la integridad y las actuaciones de la línea óptica.

5 El solicitante ha comprobado que una disposición particularmente conveniente del conjunto amarrado óptico/eléctrico es disponer el cable óptica paralelo al conductor eléctrico y por debajo del conductor eléctrico (en una geometría de alineación vertical). En este caso, los posibles desplazamientos laterales del cable óptico son indeseados. El solicitante ha observado, por ejemplo, que en condiciones ambientales muy frías, un desplazamiento lateral del cable óptico con respecto a la posición por debajo del conductor eléctrico conduciría a una mayor formación de hielo durante el montaje, y por lo tanto a un peso adicional a ser soportado por la estructura. Además, este desplazamiento del cable óptico hace que la estructura se vea más sometida a oscilaciones cuando la capa de hielo se separa del conjunto (fenómenos de galope).

15 El solicitante ha encontrado que un acoplamiento adecuado del cable óptico y conductor eléctrico se puede conseguir mediante la selección oportuna del tipo y número de elementos de fijación, el paso de la colocación helicoidal de los elementos de fijación, y la tensión de aplicación de los elementos de fijación.

20 En particular, el solicitante ha descubierto que los desplazamientos del cable óptico, en particular, el desplazamiento lateral de la posición preferida por debajo del conductor eléctrico, se pueden evitar seleccionando dichos parámetros a fin de tener una fuerza de sujeción, definida como la presión de contacto por unidad de longitud entre el cable óptico y el conductor eléctrico, más de aproximadamente 5 kg/m. Un acoplamiento estanco con un número suficiente de elementos de fijación mejora también la seguridad de la estructura.

La fuerza de sujeción  $F$  [kg/m] puede expresarse así:

25 
$$F = N \cdot (2T/P) \cdot \text{sen}\alpha \cdot \text{cos}\beta$$

donde:

- $N$  es el número de sujeciones;
- $T$  [kg] es la tensión de aplicación de las sujeciones;
- 30 –  $P$  [m] es el paso de arrollamiento de las sujeciones;
- $\alpha$  es el ángulo de arrollamiento de la unión; y
- $\beta$  es el ángulo entre el plano tangente a las superficies exteriores de los dos cables y el plano que contiene el eje longitudinal de dichos cables.

El parámetro  $\beta$  puede a su vez expresarse como:

35 
$$\beta = \text{Arc sen} (|r_2 - r_1| / (r_1 + r_2))$$

donde  $r_1$  es el radio del cable óptico y  $r_2$  es el radio del conductor eléctrico.

El parámetro  $\alpha$  está relacionado con el paso de arrollamiento de las sujeciones y al perímetro  $C$  de la sección transversal en forma de 8 del conjunto de conductor eléctrico/cable óptico, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\alpha = \text{Arc tan} (C/P)$$

40 donde:

- para  $r_1 \geq r_2$   $C = r_1 \cdot (\pi - (180 + 2\beta/180)) + r_2 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180)) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \text{cos}\beta$
- para  $r_2 \geq r_1$   $C = r_2 \cdot (\pi \cdot (180 + 2\beta/180)) + r_1 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180)) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \text{cos}\beta$

45 Por lo tanto, a partir de valores predeterminados del diámetro del conductor eléctrico y del cable óptico, la condición anterior en la fuerza de sujeción puede ser satisfecha por una selección oportuna de los parámetros  $N$ ,  $T$  y  $P$ . El valor antes mencionado de fuerza de sujeción puede obtenerse, por ejemplo, con un número  $N$  de las sujeciones de más de 2, una tensión  $T$  de al menos 1 kg y un paso  $P$  de cada única unión de como máximo 200 mm.

Las sujeciones de amarre son preferentemente de material dieléctrico. Las sujeciones de amarre de alambre de acero inoxidable, ya utilizadas en el pasado para este tipo de aplicación, tienen el inconveniente de causar daños de falla cuando un alambre de amarre roto entra en contacto con un conductor de fase a lo largo de la ruta del cable.

50 La presente invención se refiere por tanto a un procedimiento de instalación de una línea aérea óptica de acuerdo con la reivindicación 1.

Más detalles se pueden encontrar en la siguiente descripción, que se refiere a las figuras adjuntas citadas a continuación:

- la Figura 1 ilustra una línea eléctrica aérea que retiene de una línea aérea óptica;

- la Figura 2 muestra parte de la línea aérea óptica de la Figura 1, incluyendo un cable óptico fijado a un conductor de potencia de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 3 muestra una forma alternativa de fijación del cable óptico al conductor eléctrico.
- la Figura 4 muestra una sección transversal del conjunto formado por el conductor de potencia y el cable óptico;
- 5 – las Figuras 5 y 6 muestran la línea 1 eléctrica aérea durante el proceso de instalación de la línea aérea óptica; y
- la Figura 7 se refiere a un componente de un aparato para la instalación de la línea óptica aérea.

Con referencia a la Figura 1, una línea 1 eléctrica aérea comprende una pluralidad de pilares (o torres) 2 de alta tensión, un cable 3 a tierra equipado en la parte superior de los pilares 2 de alta tensión y al menos tres cables 4 de fase que están fijados, por ejemplo, para cruzar los brazos de una manera convencional, por aisladores. La línea 1 eléctrica aérea puede ser una línea de alta tensión o una línea de baja o media tensión.

Una línea 6 aérea óptica se asocia con la línea 1 eléctrica aérea.

Con referencia a la Figura 2, la línea 6 aérea óptica comprende un cable 7 óptico, que se sujeta a un conductor eléctrico (o cable sustentor) de la línea 1 eléctrica aérea.

Si la línea 1 eléctrica aérea es una línea de alta tensión, el cable 7 óptico se acopla preferentemente al cable 3 a tierra (como en el ejemplo ilustrado), mientras que si la línea 1 eléctrica aérea es una línea de baja o media tensión, el cable 7 óptico se acopla preferentemente a uno de los cables 4 de fase.

El conjunto óptico/eléctrico formado por el conductor 3 eléctrico y el cable 7 óptico se mantiene estanco por los elementos 8 de fijación de material dieléctrico, enrollados de forma helicoidal.

El conductor 3 eléctrico tiene un diámetro preferentemente comprendido entre 7 y 30 mm y el cable 7 óptico, que es preferentemente de un diseño de tubos centrales o intermedios trenzados, tiene un diámetro exterior preferentemente comprendido entre 3 y 30 mm, más preferentemente comprendido entre 8 y 18 mm. El cable 7 óptico contiene un número de fibras ópticas preferentemente comprendidas entre 12 y 144.

Los elementos 8 de fijación comprenden un número N predeterminado de sujeciones 8a, 8b, 8c, 8d de amarre (cuatro en el ejemplo ilustrado), helicoidalmente enrolladas alrededor del conductor 2 eléctrico y del cable 3 óptico y preferentemente separadas uniformemente.

Las sujeciones 8a, 8b, 8c, 8d de amarre se fabrican preferentemente de hilos de material dieléctrico, por ejemplo de hilos de aramida o de vidrio multi-filamentos revestidos con una camisa polimérica, preferentemente una camisa del mismo material utilizado que se ha utilizado normalmente en la vaina de cable óptico. Dicho material dieléctrico será resistente a altas temperaturas, preferentemente resistentes a temperaturas de 200 °C o más durante unos segundos, y a temperaturas de más de 120 °C durante un largo período. Por otra parte, dicho material dieléctrico será resistente a la radiación UV.

En la realización de la Figura 2, las sujeciones 8a-8d de amarre se enrollan en una misma dirección. En la realización alternativa de la Figura 3, las sujeciones 8a-8d de amarre se enrollan parcialmente en sentido horario y parcialmente en sentido antihorario, de manera que se cruzan entre sí a lo largo de las trayectorias respectivas. Preferentemente, el número de las sujeciones enrolladas en sentido horario es igual al número de sujeciones enrolladas en sentido antihorario. En el ejemplo ilustrado, dos sujeciones (4a, 4c) se enrollan en una dirección y otras dos sujeciones 4b, 4d se enrollan en la dirección opuesta.

El número N de las sujeciones es de al menos dos por razones de seguridad. Sin embargo, el solicitante ha comprobado que, para aplicar una fuerza de acoplamiento adecuada, se prefiere un número de sujeciones de al menos tres. Un número de sujeciones superiores a cuatro, aunque es adecuado para aumentar aún más la fuerza de acoplamiento, puede introducir una complejidad excesiva en el aparato y proceso de instalación.

El solicitante ha observado que si el cable 7 óptico no se acopla al conductor 3 eléctrico con una fuerza suficiente, el cable 7 óptico se puede ver sometido a desplazamientos laterales, por ejemplo, en caso de viento fuerte. Un desplazamiento del cable 7 óptico es indeseado porque afecta a la geometría estructural de la línea con los inconvenientes relacionados, como por ejemplo un aumento de la tendencia a la formación de hielo y fenómenos de oscilación ("galope").

El solicitante ha encontrado que los desplazamientos del cable óptico se pueden evitar asegurando el cable óptico al conductor eléctrico con una fuerza de sujeción mayor que aproximadamente 5 kg/m.

La fuerza de sujeción F [kg/m] puede expresarse así:

$$F = N \cdot (2T/P) \cdot \text{sen}\alpha \cdot \text{cos}\beta$$

donde:

- N es el número de sujeciones;

- T [kg] es la tensión de aplicación de las sujeciones;
- P [m] es el paso de arrollamiento de las sujeciones;
- $\alpha$  es el ángulo de arrollamiento de la unión; y
- $\beta$  es el ángulo entre el plano tangente a las superficies exteriores de los dos cables y el plano que contiene el eje longitudinal de dichos cables.

El parámetro  $\beta$  puede a su vez expresarse como:

$$\beta = \text{Arc sen } (|r_2 - r_1| / (r_1 + r_2))$$

donde  $r_1$  es el radio del cable óptico y  $r_2$  es el radio del conductor eléctrico.

El parámetro  $\alpha$  está relacionado con el paso de arrollamiento de las sujeciones y al perímetro C de la sección transversal en forma de 8 del conjunto de conductor eléctrico/cable óptico, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\alpha = \text{Arc tan } (C/P)$$

donde:

- para  $r_1 \geq r_2$   $C = r_1 \cdot (\pi - (180 + 2\beta/180)) + r_2 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \cos\beta$
- para  $r_2 \geq r_1$   $C = r_2 \cdot (\pi \cdot (180 + 2\beta/180) + r_1 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \cos\beta$

Por lo tanto, a partir de valores predeterminados del diámetro del conductor eléctrico y del cable óptico, la condición anterior en la fuerza de sujeción puede ser satisfecha por una selección oportuna de los parámetros N, T y P. El valor antes mencionado de fuerza de sujeción puede obtenerse, por ejemplo, con un número N de las sujeciones de más de 2, una tensión T de al menos 1 kg y un paso P de cada única unión de como máximo 200 mm. Preferentemente, la tensión T está comprendido entre 1 y 10 kg, más preferentemente entre 2 y 5 kg.

En un ejemplo de realización del conjunto conductor de cable óptico/eléctrico de acuerdo con la presente invención, el valor de los parámetros fueron los siguientes:

- $r_1 = 4$  mm;
- $r_2 = 4,55$  mm;
- T = 2 kg;
- N = 4;
- P = 180 mm;

y la fuerza F de sujeción resultante era de 21 kg/m.

Con referencia a las Figuras 5 y 6, un aparato 10 de instalación, adecuado para instalar la línea 6 aérea óptica, comprende una máquina 11 de tractor de control remoto, un conjunto 12 de doble bloque, una máquina 13 de sujeción (o amarre) y un conjunto de alimentación de cables que comprende una polea 14, un cabrestante 15 y un tambor 22 de cable óptico.

El conjunto 12 de doble bloque comprende una cuerda 16 y un conjunto de bloques 17 dobles que, durante la instalación, se distribuyen uniformemente a lo largo de la cuerda 16. Los bloques 17 dobles son miembros de soporte provistos de poleas de guía y adecuados para mantener el cable 7 óptico cerca del conductor 3 eléctrico.

Con referencia a la Figura 7, la máquina 13 de sujeción comprende un cuerpo 18 cilíndrico y una pluralidad de carretes 19 de sujeción en poder del cuerpo 18 cilíndrico y dispuestos de manera uniforme alrededor del cuerpo cilíndrico. Los carretes 19 de sujeción están en un número correspondiente al número de sujeciones 8 a aplicar. El cuerpo 18 central cilíndrico tiene un orificio 20 central y una abertura 21 radial que permite la aplicación del cuerpo 18 sobre el conductor 3.

La línea 6 aérea óptica se puede instalar de la siguiente manera.

En el presente ejemplo, se supone que el cable 7 óptico tiene que ser amarrarse al cable 3 a tierra en la dirección de la flecha A, de izquierda a derecha.

El proceso de instalación se inicia mediante la elevación de la máquina 11 de tractor hasta el conductor 3 eléctrico cerca del pilar de la izquierda en la Figura 5. El cable 7 óptico (retirado desde el tambor 22 situado sobre el suelo) y la cuerda 16 se conectan a la máquina 11 de tractor.

Un operario a nivel de suelo activa la máquina 11 de tractor a través de un comando de control por radio, de modo que la máquina 11 de tractor comienza a moverse (hacia la derecha en la Figura 5). A medida que la máquina 11 de tractor se mueve, un operario situado en el nivel de cable existente aplica los bloques 17 dobles para mantener el cable 7 óptico cerca del conductor 3 eléctrico.

## ES 2 616 519 T3

A medida que la máquina 11 de tractor llega al siguiente pilar (a la derecha en la Figura 5), la máquina 11 de tractor se detiene. El operario pasa la máquina 11 de tractor y el cable 7 óptico al siguiente tramo, a continuación, fija la cuerda, y el proceso continúa como anteriormente. Las mismas operaciones se repiten en los siguientes tramos.

5 Una vez que el cable 7 óptico del tambor 22 se ha atado completamente, la cuerda 16 desde un extremo se une al cabrestante 15, mientras que el otro extremo se une a la máquina 13 de sujeción, que se ha elevado previamente hasta que el conductor 3 eléctrico se encuentre del primer pilar. El cabrestante 15 empieza a tirar de la cuerda 16, y por consiguiente el otro extremo de la máquina 13 de sujeción comienza a moverse (de izquierda a derecha en la Figura 6, como se indica por la flecha B). A medida que la máquina 13 de sujeción se mueve, los rodillos 19 giran  
10 alrededor del eje longitudinal de la máquina, de modo que los hilos 8 de sujeción se enrollan helicoidalmente sobre el cable 7 óptico y el conductor 3 eléctrico.

A medida que la máquina 13 de sujeción llega al siguiente pilar, el cabrestante 15 se detiene. Accesorios especiales de hardware de un tipo conocido (no mostrados) se proporcionan en ambos extremos del tramo de bloqueo del cable 7 óptico y de los hilos 8 de sujeción. A continuación un operario hacen pasar la máquina 13 de sujeción y la  
15 cuerda 16 al siguiente tramo y el proceso de continúa como anteriormente. Las mismas operaciones se repiten en los siguientes tramos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de instalar una línea (6) aérea óptica, que comprende disponer un cable (7) óptico en paralelo a un conductor (3, 4) eléctrico aéreo y amarrar el cable (7) óptico al conductor (3, 4) eléctrico aéreo, en el que:

- 5 a) disponer un cable (7) óptico en paralelo a un conductor (3, 4) eléctrico aéreo comprende disponer un cable (7) óptico debajo del conductor (3, 4) eléctrico aéreo,
- b) amarrar el cable (7) óptico al conductor (3, 4) eléctrico aéreo comprende enrollar helicoidalmente al menos dos sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) no adhesivas alrededor del conductor (3, 4) eléctrico aéreo y el cable (7) óptico con un
- 10 paso de arrollamiento de las sujeciones y bloquear el cable (7) óptico y las sujeciones con accesorios de hardware en ambos extremos de un tramo,
- c) la tensión de aplicación de dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) está comprendida entre 9,8 y 98 N (1 y 10 kg),
- d) el paso de arrollamiento de las sujeciones es de como máximo 200 mm, y
- e) a partir de valores de diámetro predeterminados del conductor (3, 4) eléctrico y el cable (7) óptico, el número, N, de dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d), la tensión, T, de aplicación de dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) y el
- 15 paso de arrollamiento de las sujeciones, P, se seleccionan para tener una fuerza de sujeción, F, por unidad de longitud del conductor eléctrico de al menos 49 N/m (5 kg/m);
- f) la fuerza de sujeción, F, se expresa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F = N \cdot (2T/P) \cdot \text{sen}\alpha \cdot \text{cos}\beta$$

en la que

$$\beta = \text{Arc sen } (|r_2 - r_1| / (r_1 + r_2))$$

en la que  $r_1$  es el radio del cable óptico y  $r_2$  es el radio del conductor eléctrico; y

$$\alpha = \text{Arc tan } (C/P)$$

en la que:

$$\text{para } r_1 \geq r_2 \quad C = r_1 \cdot (\pi - (180 + 2\beta/180)) + r_2 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \text{cos}\beta)$$

$$\text{para } r_2 \geq r_1 \quad C = r_2 \cdot (\pi \cdot (180 + 2\beta/180) + r_1 \cdot (\pi \cdot (180 - 2\beta/180) + 2 \cdot (r_1 + r_2) \cdot \text{cos}\beta)$$

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el amarre del cable (7) óptico comprende enrollar helicoidalmente más de dos sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d).

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) están fabricadas de un material dieléctrico.

4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) comprenden hilos de aramida o de vidrio.

5. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) están revestidas con un material polimérico.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que parte de dichas sujeciones (8a, 8b, 8c, 8d) se enrollan en una dirección y parte en la dirección opuesta.

7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además distribuir uniformemente un conjunto de bloques (17) dobles a lo largo de una cuerda (16), en el que dichos bloques (17) dobles son miembros de soporte provistos de poleas de guía y adecuados para mantener el cable (7) óptico cerca del conductor (3) eléctrico.

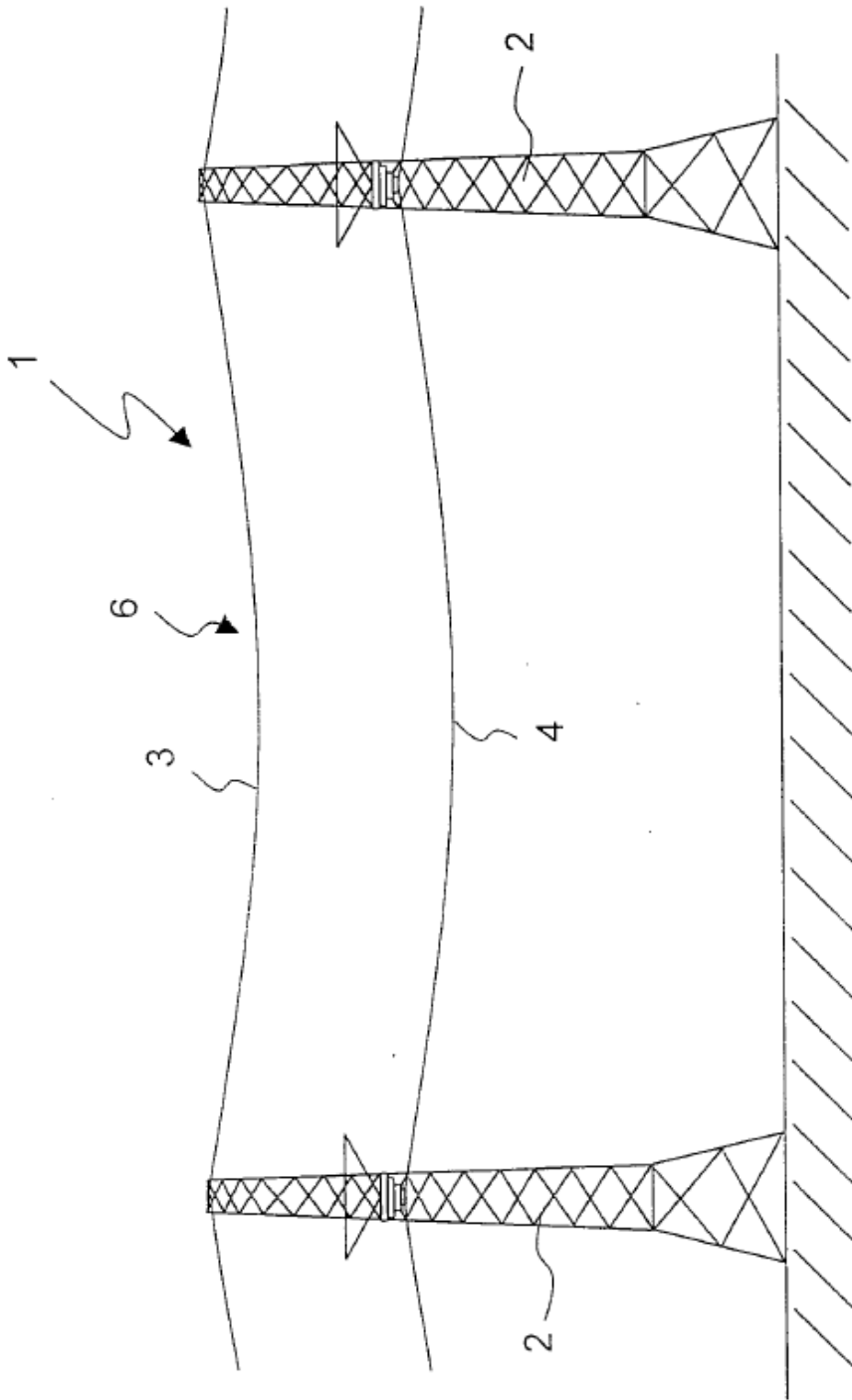


Fig. 1



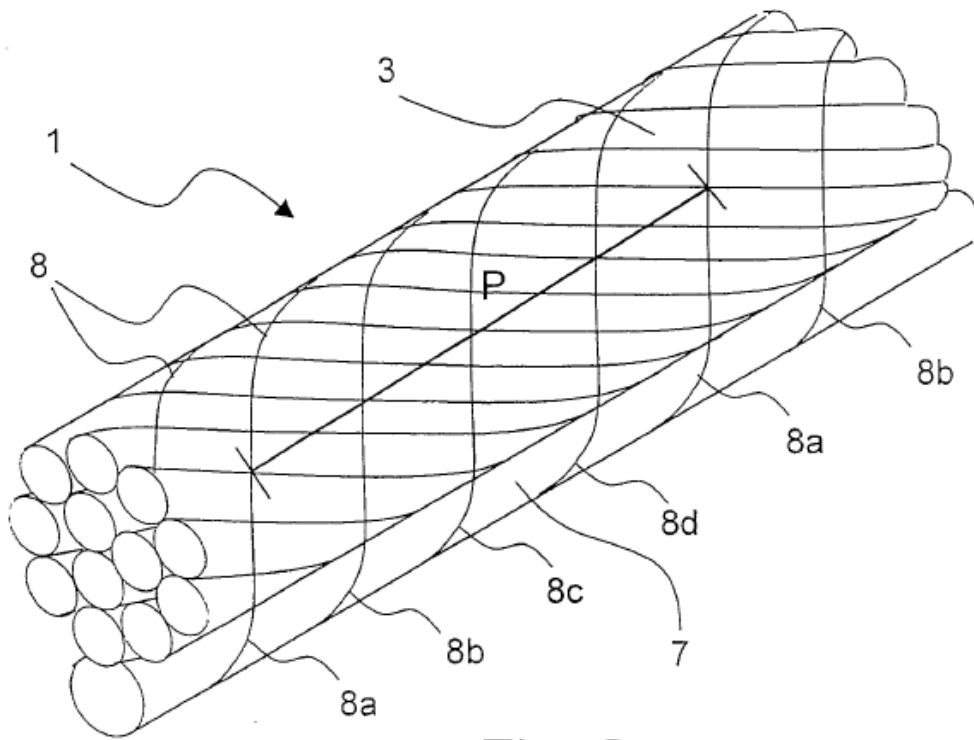


Fig. 2

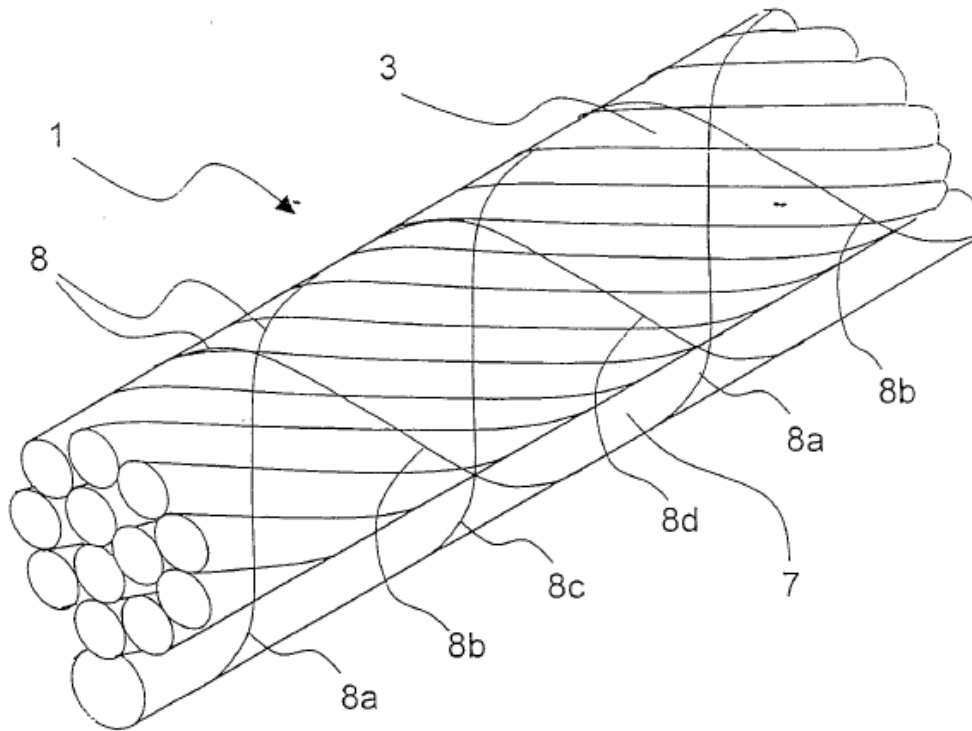


Fig. 3

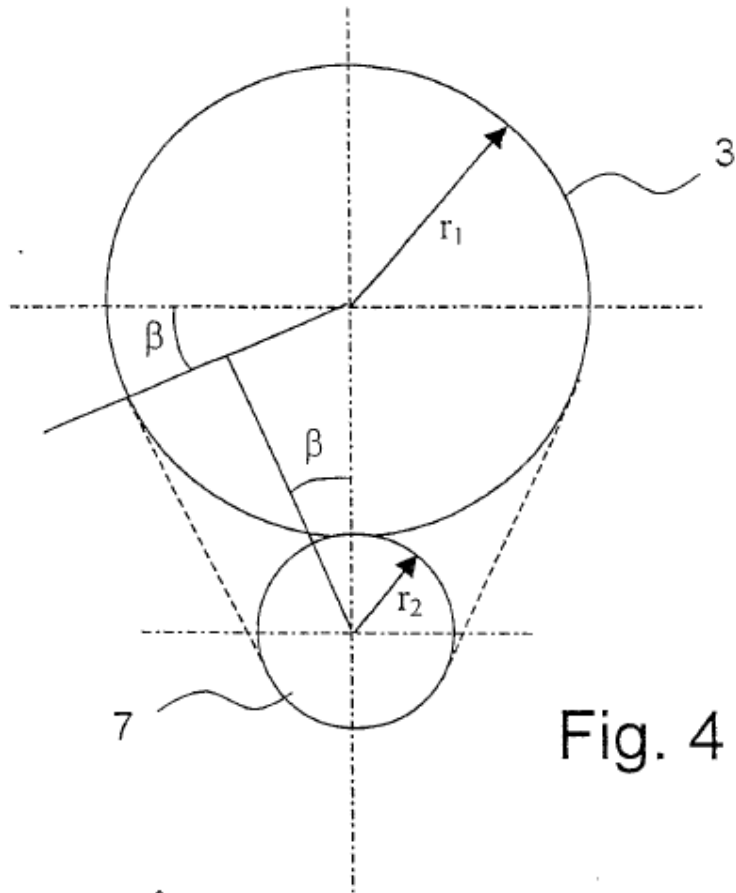


Fig. 4

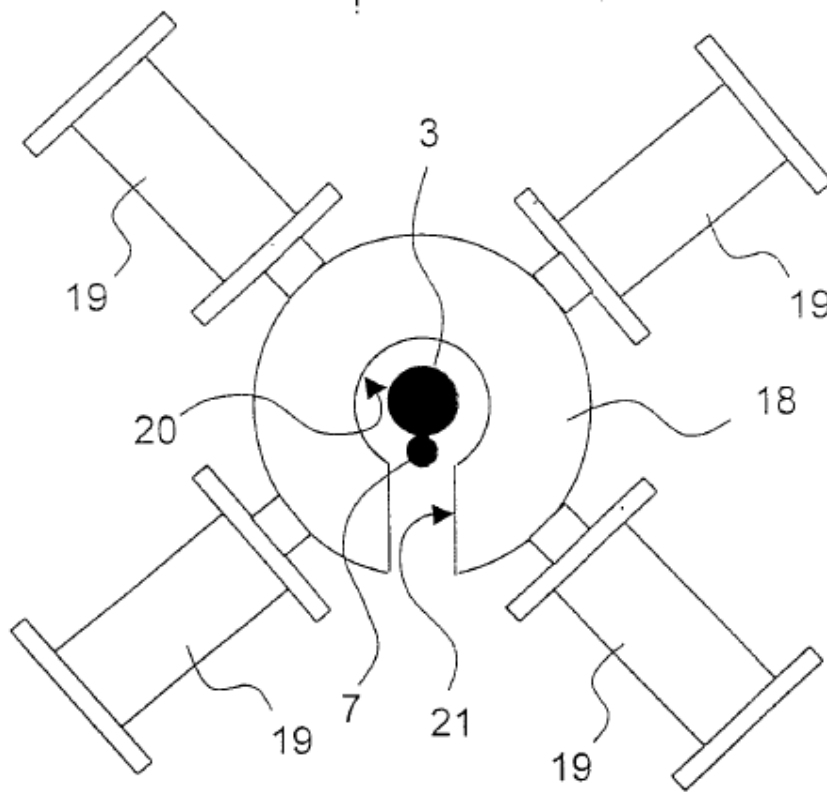


Fig. 7

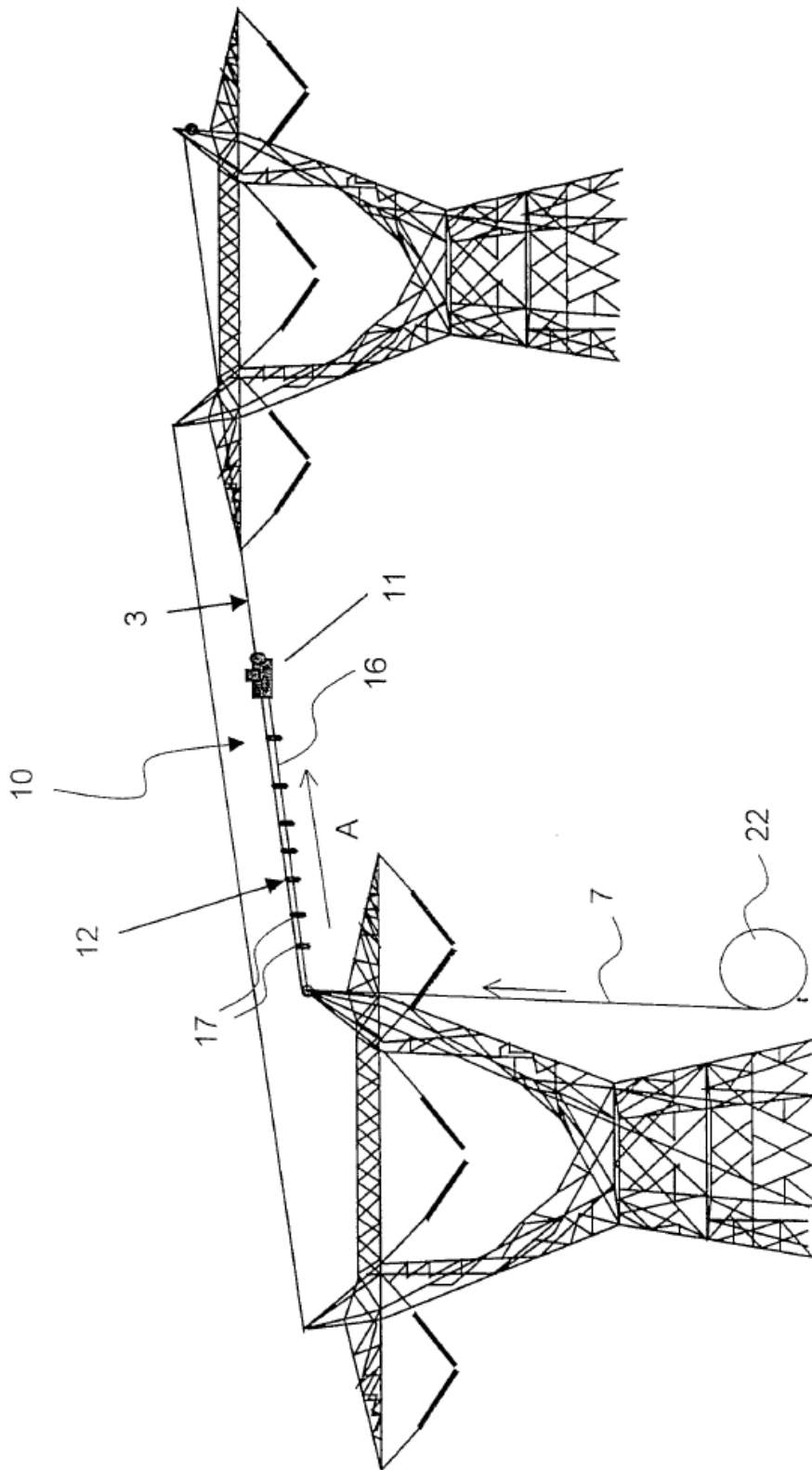


Fig. 5

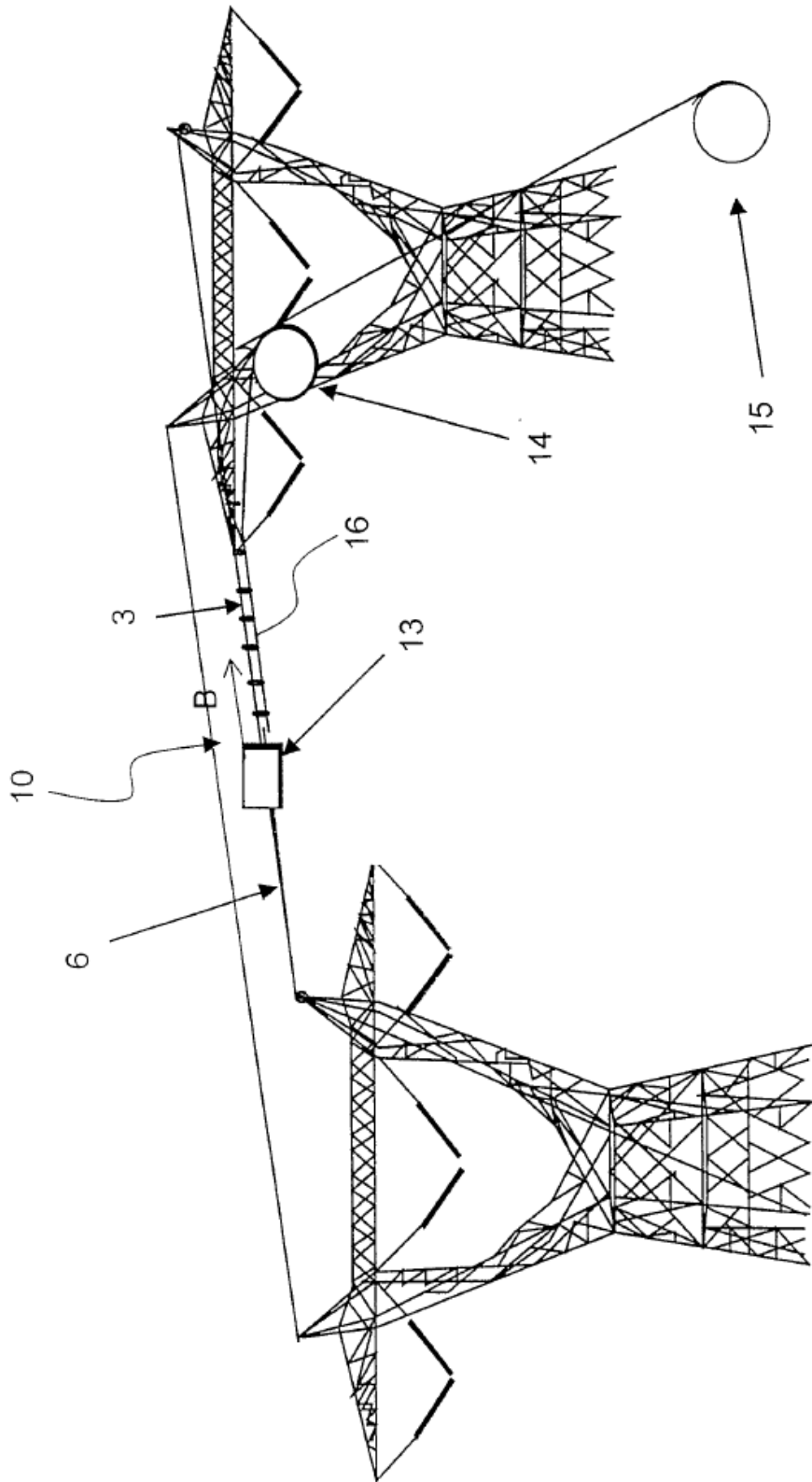


Fig. 6