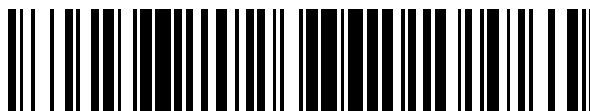


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 999**

51 Int. Cl.:

H01B 9/02 (2006.01)

H01B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2007 PCT/IB2007/000514**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2008 WO08102197**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2007 E 07705664 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2113123**

54 Título: **Cable de transporte de energía con elevada resistencia a la torsión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BATLLE, JOSEP MARIA;
CAMPILLO, MATIAS y
GHINAGLIA, VALENTINA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 676 999 T3

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

DESCRIPCIÓN

Cable de transporte de energía con elevada resistencia a la torsión

La presente invención se refiere a un cable de transporte de energía, particularmente un cable de transporte de energía para su uso en una planta de generación de molinos eólicos.

5 Un molino eólico comprende una torre y una góndola en la parte superior de la misma.

La góndola aloja, entre otros, el sistema de generador, las palas y el transformador. La góndola es adecuada para ser pivotada (con respecto al eje de la torre) para seguir los cambios en la dirección del viento.

10 Se sitúa un cable de transporte de energía de modo que se transporta desde el transformador (en la parte superior de la torre) a la base de la torre (en donde la potencia eléctrica generada se transmite a la red de distribución o se entrega directamente a un usuario final), situándose dicho cable verticalmente a lo largo del desarrollo longitudinal de la torre, dentro de la misma.

15 Típicamente, el cable de transporte de energía potencia es un cable tripolar y comprende generalmente tres conductores de energía aislados (comprendiendo cada conductor de energía: conductor + capa semiconductor interior + aislante + capa semiconductor exterior) y tres conductores de puesta a tierra, estando situado cada conductor de puesta a tierra en el área intersticial formada entre dos conductores de energía adyacentes. Los tres conductores de energía y los tres conductores de puesta a tierra se retuercen helicoidalmente y todo el conjunto se recubre sucesivamente con una camisa exterior del cable.

20 El documento DE-A-33 26 987 divulga un ejemplo de dichos cables de transporte de energía, con tres conductores de energía, tres conductores de puesta a tierra respectivamente situados en las áreas intersticiales definidas entre dos conductores de energía adyacentes, y una camisa exterior tubular que rodea los conductores de energía y conductores de puesta a tierra con una sección transversal circular.

El documento US 6.675.522 divulga también un cable con tres conductores de energía aislados rodeados por una camisa exterior tubular, sin embargo no están presentes conductores de puesta a tierra entre cada par de conductores de energía adyacentes y la camisa exterior.

25 Los diseños de cable conocidos en la técnica, que son adecuados para su uso en un molino eólico, se proporcionan típicamente con una camisa exterior que penetra dentro de las áreas intersticiales presentes entre los conductores de puesta a tierra y el cable de conductores de energía (esto es debido al hecho de que la camisa exterior se extrude bajo presión sobre el conjunto de los conductores de energía / conductores de puesta a tierra). Por lo tanto, en los
30 diseños de cable conocidos en la técnica, la camisa exterior tiene un grosor que no es constante en la sección transversal del cable, siendo dicho grosor remarcablemente mayor en correspondencia con las áreas intersticiales que en los extrados de los conductores de energía del cable.

Debido al movimiento de rotación de la góndola tanto en la dirección en el sentido de las agujas del reloj como en el contrario, el cable de transporte de energía se somete a ciclos alternos de tensiones torsionales. Específicamente, las
35 tensiones torsionales surgen en la longitud del cable que está libremente situado dentro de la torre, es decir la longitud del cable que sale desde el transformador y se suspende dentro de la torre antes de fijarse a la pared lateral de la misma (dicha longitud de cable es de aproximadamente 18-20 m, mientras la altura de la torre es típicamente de 60-100 m). Generalmente, se opera un molino eólico para realizar 5 vueltas completas (360° cada vuelta) en una dirección dada (por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj) y a continuación la rotación se invierte (5 vueltas en la dirección opuesta, por ejemplo en el sentido contrario a las agujas del reloj). Como un promedio, un molino eólico
40 realiza una vuelta/día dado que la dirección del viento varía generalmente no más de 180° en 24 horas.

Cuando se emplean los cables de transporte de energía de acuerdo con la técnica conocida, puede ocurrir que las tensiones torsionales alternas provoquen una rotura prematura de los conductores de puesta a tierra. Dado que la rotura de algunos hilos en un conductor de puesta a tierra provoca generalmente una variación significativa de la resistencia eléctrica del conductor de puesta a tierra, se requiere que el cable de transporte de energía sea sustituido y el molino eólico sea parado para permitir un mantenimiento extraordinario del mismo.
45

Es un propósito de la presente invención proporcionar un cable de transporte de energía potencia que tenga una resistencia mejorada a las tensiones torsionales durante la operación del mismo (particularmente, durante la operación en una planta de generación de molinos eólicos con temperatura de conductor de aproximadamente 90 °C).

50 Un propósito adicional de la invención es proporcionar un cable que tenga una vida útil más larga, permitiendo que el cable mantenga el funcionamiento bajo condiciones de trabajo normales durante más de 20 años, que es la vida útil normal de una Planta de molinos eólicos.

Un propósito adicional de la invención es proporcionar un cable de transporte de energía que tenga una estructura compacta con un volumen limitado.

Otro propósito de la invención es proporcionar un cable de transporte de energía que tenga una estructura simple y que sea fácil de fabricar.

Para resolver el problema anterior, de acuerdo con la invención, se proporciona un cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1.

5 Para una mejor explicación de los principios innovadores de la presente invención y las ventajas que ofrece sobre la técnica conocida, se describe en el presente documento a continuación, a modo de ejemplo, una posible realización que aplica dichos principios, con ayuda de los dibujos adjuntos. En los dibujos:

- la figura 1 muestra un molino eólico para la generación de energía que comprende un cable de acuerdo con la presente invención,

10 - la figura 2 muestra una sección transversal de un cable de acuerdo con la invención.

Con referencia a los dibujos, la figura 1 muestra un molino 11 eólico para la generación de energía eléctrica. El molino 11 eólico comprende una góndola 12 montada en la parte superior de una torre 13. La góndola se monta de modo pivotante sobre la torre para seguir los cambios en la dirección del viento. La góndola 12 aloja, entre otros, el sistema generador, las palas y el transformador.

15 Se coloca un cable 14 de transporte de energía para ir desde el transformador (alojado en la góndola 12) a la base 15 de la torre (en donde la potencia eléctrica generada se transmite a la red de distribución o se entrega directamente a un usuario final), estando dicho cable suspendido verticalmente a lo largo del desarrollo longitudinal de la torre 13, dentro de la misma.

20 La figura 2 muestra una sección transversal de un cable 14 de transporte de energía que, de acuerdo con una realización de la invención, es un cable trifásico que comprende tres conductores 16-18 de energía.

Cada conductor 16-18 de energía comprende un núcleo 19-21 conductor interior rodeado por una capa 22-24 aislante.

Ventajosamente, como se muestra en la figura 2, los núcleos 19-21 conductores interiores comprenden un conductor 19a-21a metálico, cubierto por una capa 19b-21b semiconductor interior. Una capa 22a-24a semiconductor exterior rodea la capa 22-24 aislante.

25 Los conductores 16-18 de energía se retuercen helicoidalmente a lo largo del cable, contactando entre sí tangencialmente.

De acuerdo con la figura 2, los conductores 16-18 de energía definen un intersticio central y tres áreas intersticiales exteriores; cada una de las áreas intersticiales exteriores recibe un conductor 25-27 de puesta a tierra, que tiene un diámetro más pequeño que los conductores 16-18 de energía.

30 Cada conductor 25-27 de puesta a tierra puede comprender un núcleo 28-30 conductor interior rodeado por una capa 31-33 semiconductor exterior.

35 Como se muestra en la figura 2, de acuerdo con una realización de la invención, el eje de cada uno de los conductores 25-27 de puesta a tierra se dispone sobre un perfil helicoidal que tiene un radio R_1 diferente del radio R_2 del perfil helicoidal definido por el eje de los conductores 16-18 de energía. El radio R_1 corresponde al radio del cilindro primitivo sobre el que se dispone la hélice, es decir R_1 corresponde al radio de devanado del eje del conductor (de los conductores 25-27 de puesta a tierra) devanados a lo largo de la hélice. Lo mismo se aplica al radio R_2 con respecto a los conductores de energía de los núcleos 19-21 conductores interiores.

Particularmente, el radio R_1 del perfil helicoidal definido por el eje de los conductores de puesta a tierra es mayor que el radio R_2 del perfil helicoidal definido por el eje de conductores de energía.

40 El cable 14 comprende también una camisa 34 tubular exterior, que rodea los conductores 16-18 de energía y los conductores 25-27 de puesta a tierra.

45 Cada conductor 25-27 de puesta a tierra permanece colocado entre dos conductores de energía adyacentes y la pared de la camisa 34 exterior, contactando con los dos conductores de energía correspondientes a lo largo de dos líneas de contacto respectivas. Cada conductor 25-27 de puesta a tierra contacta también con la camisa 34 exterior a lo largo de una porción de extradós que mira hacia el exterior con respecto al cable 14.

50 La camisa 34 exterior se realiza con un grosor sustancialmente constante, de modo que las áreas intersticiales entre los conductores 25-27 de puesta a tierra y los conductores 16-18 de energía permanecen libres. Particularmente, con referencia al conductor 26 de puesta a tierra, las superficies 35, 36 laterales del mismo están libres de restricciones entre las líneas de contacto con los conductores 16, 17 de energía y el extradós de contacto con la camisa 34 exterior. Lo mismo se aplica a los otros conductores 25 y 27 de puesta a tierra.

Ventajosamente, puede bobinarse helicoidalmente una cinta 40 semiconductor alrededor de los conductores 16-18

de energía y conductores 25-27 de puesta a tierra. Favoreciendo la cinta 40 semiconductoras el contacto eléctrico entre las superficies a tierra externa de los conductores. En este caso, la camisa 34 exterior hace contacto con las porciones de extradós de los conductores 25-27 de puesta a tierra con la interposición de la cinta 40. La presencia de la cinta 40 puede favorecer el movimiento recíproco entre los conductores 16-18, 25-27 y la funda 34 exterior.

5 Más aún, cada conductor 16-18 de energía se provee preferentemente con una cinta 41-43 semiconductoras, devanada helicoidalmente sobre la superficie externa de las capas 22a-24a semiconductoras exteriores.

Esta disposición puede favorecer el movimiento recíproco entre los conductores 16-18 de energía y los conductores 25-27 de puesta a tierra adyacentes tras la torsión del cable 14.

10 El presente Solicitante ha observado que, especialmente cuando los conductores de energía del cable (específicamente el centro —el eje neutral— de cada conductor de energía del cable) se dispone sobre un diámetro de hélice que es diferente del diámetro de hélice sobre el que se disponen los conductores de puesta a tierra (específicamente el centro —el eje neutral— de cada conductor de puesta a tierra), una torsión sobre el cable puede dar lugar a tensiones de magnitudes diferentes en los conductores de energía del cable y en los conductores de puesta a tierra.

15 En el cable de acuerdo con la técnica conocida, el material de la camisa exterior está presente en las áreas intersticiales entre conductores de energía y conductores de puesta a tierra, cubriendo las superficies de los conductores de puesta a tierra que miran a los conductores de energía, “congelando” así la posición recíproca de los conductores de energía del cable y los conductores de puesta a tierra. En consecuencia, se impide sustancialmente a los conductores de puesta a tierra respecto a cualquier movimiento radial y/o circunferencial durante el retorcido del cable debido al movimiento de pivote de la góndola: esta situación puede provocar tensiones axiales (que se derivan de las tensiones torsionales aplicadas sobre el cable debido a la rotación de la góndola) en los conductores de puesta a tierra que, después de un número dado de ciclos de torsión, puede provocar la rotura de los conductores de puesta a tierra (o una reducción en su rendimiento, por ejemplo debido a la rotura de uno o más hilos del mismo) debido a las tensiones de tracción o compresión.

25 De acuerdo con la invención, se incrementa la resistencia del cable a las tensiones torsionales permitiendo que los conductores de puesta a tierra se muevan en la dirección radial y/o en la circunferencial.

30 El presente Solicitante ha descubierto proporcionar al cable con una camisa exterior cuyo material no penetre dentro de las áreas intersticiales del cable entre conductores de energía y conductores de puesta a tierra, teniendo así la superficie lateral de los conductores de puesta a tierra enfrentadas a los conductores de energía libre de restricciones. Esto permite que los conductores de puesta a tierra se muevan en las direcciones radial y/o circunferencial con respecto a los conductores de energía del cable, dado que la fuerza ejercida por la camisa exterior sobre los conductores de puesta a tierra se reduce sustancialmente con respecto a los cables conocidos en la técnica en los que el material de la camisa exterior penetra dentro de las áreas intersticiales.

35 Durante la operación del molino eólico, una modificación de la posición recíproca de los conductores de puesta a tierra con respecto a los conductores de energía del cable (dentro de la estructura del cable) permite una distribución favorable de las tensiones que se transfieren al cable (en particular a los conductores de puesta a tierra del mismo) durante los ciclos de torsión alternos a los que se somete al cable durante el uso. De hecho, al permitir que los conductores de puesta a tierra modifiquen su posición con respecto a los conductores de energía del cable, los conductores de puesta a tierra pueden soportar mejor las tensiones torsionales y axiales dado que pueden evitarse las peligrosas concentraciones de tensiones (las tensiones de tracción o compresión —dependiendo de la dirección de torsión aplicada al cable— se localizan sobre áreas limitadas de los conductores de puesta a tierra), incrementando de ese modo ventajosamente la vida útil del cable.

45 El cable se proporciona con una camisa 34 exterior que tiene un grosor sustancialmente constante. Preferentemente, la camisa exterior se obtiene mediante extrusión en la forma de un tubo. De acuerdo con la invención, en una sección transversal del cable la camisa 34 exterior tiene un perfil sustancialmente rectilíneo entre un conductor 16-18 de energía y el extradós de un conductor 25-27 de puesta a tierra adyacente. En una realización de la invención, el perfil de la camisa 34 exterior es también sustancialmente rectilíneo entre dos conductores 17-19 de energía adyacentes, siendo tangente al extradós del conductor 25-27 de puesta a tierra interpuesto sobre una superficie longitudinal estrecha del mismo.

50 Los datos técnicos de una realización de un cable de acuerdo con la invención se relacionan en la tabla siguiente:

Fases (o conductores de energía): 3 x 25 mm²	
Núcleo conductor	cobre; diámetro nominal: 6,5 mm
Capa semiconductoras interior	grosor nominal: 0,8 mm; obtenida por extrusión
Capa aislante	grosor nominal: 5,0 mm; obtenida por extrusión
Capa semiconductoras exterior	grosor nominal: 1,0 mm; obtenida por extrusión
Cinta semiconductoras	paso de retorcido nominal: 33,1 mm

(continuación)

Conductores de puesta a tierra: 3 x 10 mm²	
Núcleo conductor	cobre; diámetro nominal: 4,3 mm
Capa semiconductor	grosor nominal: 1,2 mm; obtenida por extrusión
Conjunto	
Fases + conductores de puesta a tierra + cinta semiconductor	diámetro nominal del conjunto: 46,4 mm;
Funda exterior	grosor nominal: 3,5 mm; diámetro nominal externo: 53,4 mm; obtenida por extrusión en tubo; área aproximada de la sección extrudida total: 680 mm ²

Como se ha indicado en la tabla, el conjunto “conductores de puesta a tierra / conductores de energía” se devana mediante una cinta 40 semiconductor.

- 5 Los ensayos de resistencia llevados a cabo sobre el cable de acuerdo con la invención han mostrado sorprendentemente buenos resultados en respuesta a las tensiones torsionales.

10 El cable se ensayó con ciclos torsionales, comprendiendo cada ciclo cuatro vueltas en la dirección de las agujas del reloj, cuatro vueltas en la dirección contraria a las agujas del reloj para alcanzar la posición neutra, cuatro vueltas en la dirección contraria a las agujas del reloj y a continuación cuatro vueltas en la dirección de las agujas del reloj para alcanzar de nuevo la posición neutra.

En el ensayo, se aplicaron cuatro vueltas al cable (y no cinco como sucede usualmente en la operación del molino eólico) dado que el ensayo se llevó a cabo sobre una longitud de cable que era inferior a la longitud de cable libre normalmente presente en la torre del molino eólico. Por lo tanto, las cuatro vueltas en el ensayo correspondieron a tensiones torsionales reales que se aplican al cable durante el uso cuando se aplican cinco vueltas.

- 15 Después de 2500 ciclos de torsión (como se ha descrito anteriormente) el cable no mostró ningún signo de colapso o rotura. El límite de 2500 ciclos se considera que corresponde a una vida útil de 25 años bajo condiciones de operación normales (típicamente, una planta de molinos eólicos tendrá una vida media de 20 años).

20 Llevando a cabo los mismos ensayos de resistencia sobre cables fabricados de acuerdo con la técnica conocida con la funda exterior extrudida de modo que las áreas intersticiales entre conductores de energía y conductores de puesta a tierra estén ocupadas por la funda exterior, se experimentó una rotura del cable después de solamente 1250 ciclos torsionales. El cable de acuerdo con la técnica conocida que se ensayó tenía los mismos conductores que la realización descrita anteriormente con el mismo dimensionamiento, siendo la única diferencia que la funda exterior penetraba en las áreas intersticiales entre los conductores de energía y los conductores de puesta a tierra. Por lo tanto, el área de sección extrudida total en el cable de la técnica anterior era de aproximadamente 925 mm² (en lugar de 680 mm² para el cable de la invención) y el área intersticial extrudida del cable de la técnica anterior era de aproximadamente 245 mm² (en lugar de aproximadamente cero para el cable de la invención).

El cable de transporte de energía de la presente invención, que está especialmente indicado para su uso en una planta de generación de molinos eólicos, tiene una resistencia mejorada a las tensiones torsionales con respecto a un cable comparable de la técnica anterior.

- 30 Adicionalmente, la vida útil de un cable de acuerdo con la invención es considerablemente larga y permite reducir la probabilidad de rotura debido a las tensiones mecánicas del mismo.

Más aún, gracias a la disposición de los conductores de puesta a tierra en los intersticios entre conductores de energía retorcidos adyacentes, el conjunto global del cable de transporte de energía es extremadamente compacto con un volumen global limitado.

- 35 La descripción anterior de una realización que aplica los principios innovadores de la presente invención se toma solamente a modo de ejemplo. Por ejemplo, el cable puede comprender un número diferente de conductores de energía, por ejemplo, puede considerarse un cable bifásico con solo dos conductores de energía.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cable de transporte de energía que comprende al menos dos conductores (16-18) de energía, al menos un conductor (25-27) de puesta a tierra y una camisa (34) exterior tubular que rodea los conductores de energía y el conductor de puesta a tierra, comprendiendo cada conductor de energía un núcleo (19-21) conductor y una capa (22-24) aislante que rodea dicho núcleo conductor, estando retorcidos dichos conductores de energía contactando entre sí, teniendo el conductor (25-27) de puesta a tierra un diámetro más pequeño que los conductores de energía y estando colocado en un área intersticial definida entre dos conductores (16-18) de energía adyacentes y la camisa (34) exterior tubular, contactando el conductor de puesta a tierra con los dos conductores de energía a lo largo de dos líneas de contacto respectivas, teniendo la camisa (34) tubular exterior un grosor sustancialmente constante y contactando con el conductor de puesta a tierra a lo largo de una porción de extradós que mira hacia el exterior con respecto al cable de transporte de energía, estando las superficies (35, 36) laterales del conductor (25-27) de puesta a tierra libres de restricciones entre dichas líneas de contacto con los conductores de energía y contactado dicho extradós por la camisa tubular exterior, **caracterizado porque** la camisa (34) exterior tubular tiene un perfil sustancialmente rectilíneo entre un conductor (16-18) de energía y el extradós de un conductor (25-27) de puesta a tierra adyacente.
- 10
- 15
2. Cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los conductores (16-18) de energía son tres.
3. Cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** está presente un conductor (25-27) de puesta a tierra en cada área intersticial entre dos conductores (16-18) de energía adyacentes y la camisa (34) exterior tubular.
- 20
4. Cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el eje de cada conductor (25-27) de puesta a tierra define una hélice que tiene un radio (R_1) diferente del radio (R_2) de la hélice definida por el eje de los conductores (16-18) de energía.
- 25
5. Cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en una sección transversal del cable de transporte de energía la camisa (34) exterior tubular tiene un perfil sustancialmente rectilíneo entre dos conductores (16-18) de energía adyacentes, siendo tangente al extradós del conductor (25-27) de puesta a tierra interpuesto sobre una superficie longitudinal estrecha del mismo.
6. Cable de transporte de energía de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los conductores (25-27) de puesta a tierra son tres.
- 30

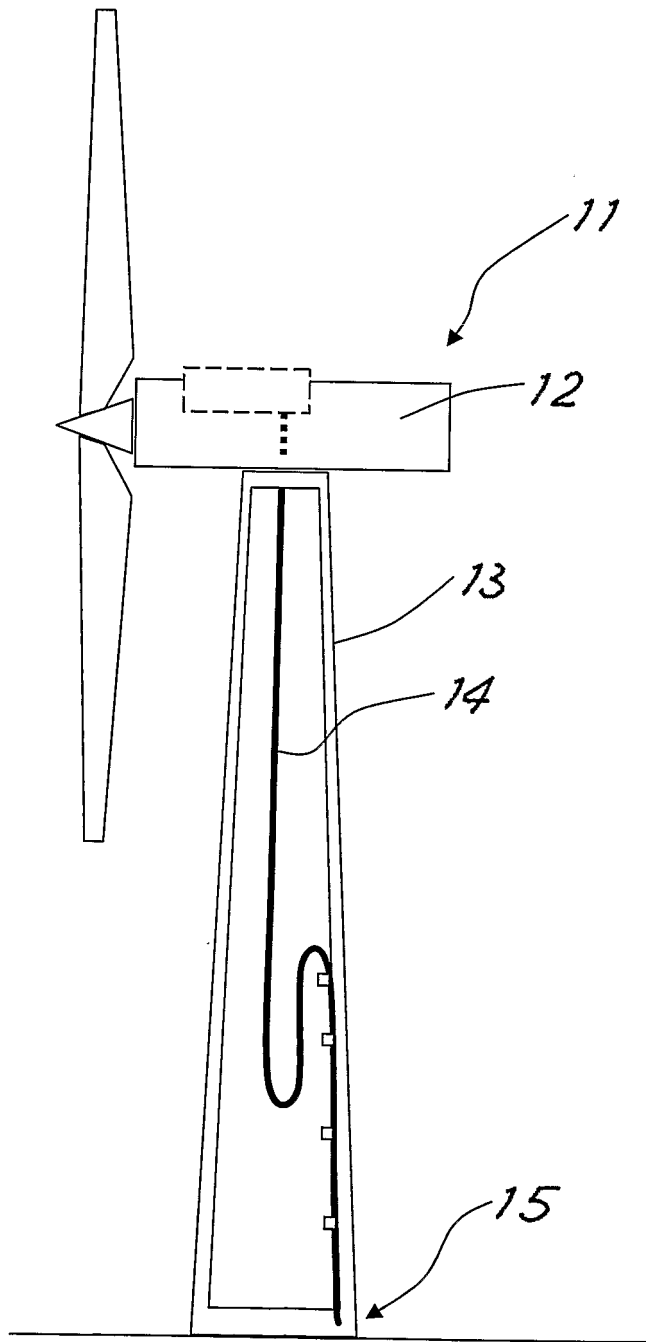


Fig. 1

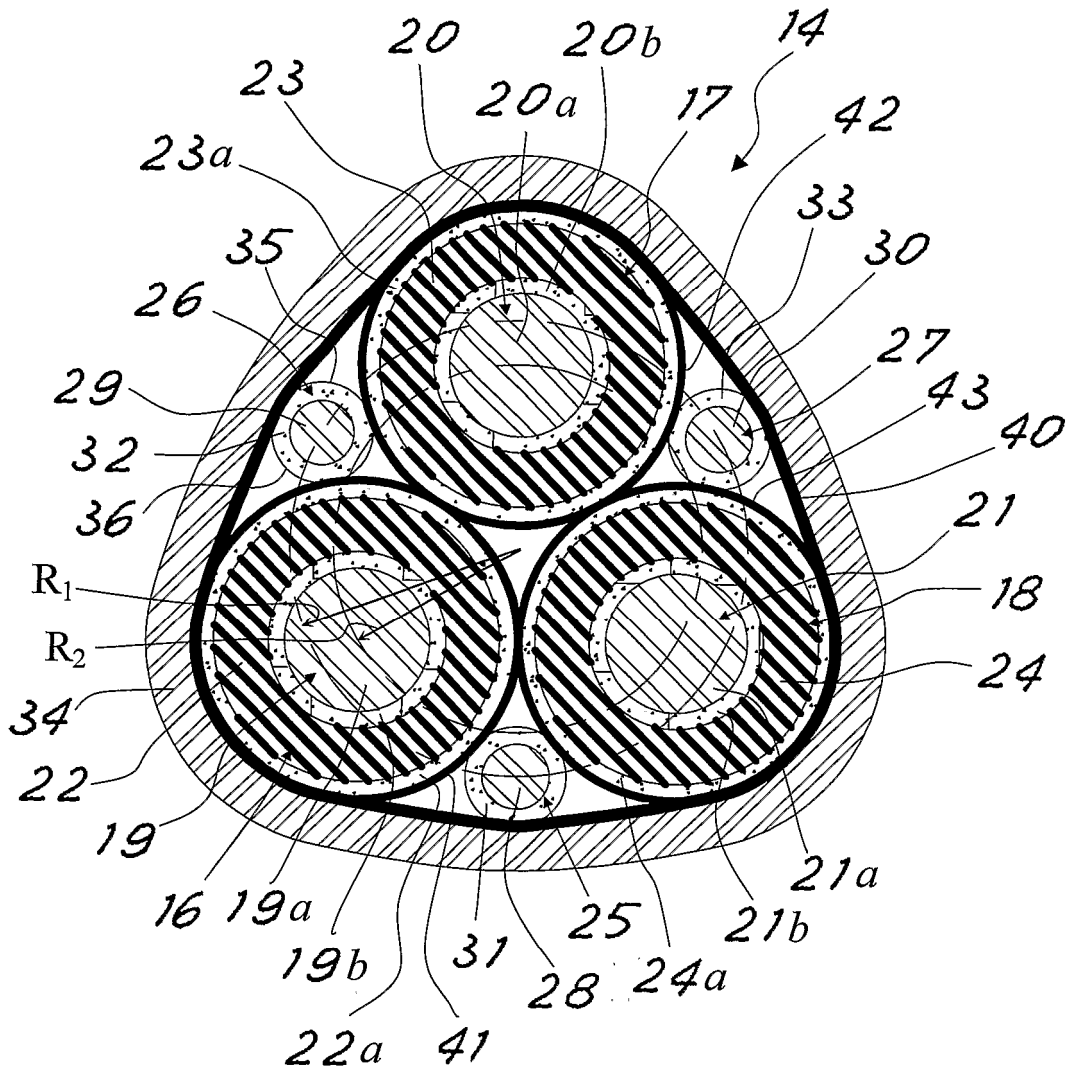


Fig. 2