

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 914**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/10** (2006.01)

**H02J 5/00** (2006.01)

**H01F 27/24** (2006.01)

**H01F 27/28** (2006.01)

**H01F 38/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2009 PCT/EP2009/005508**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2011 WO11012143**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2009 E 09777532 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2460263**

54 Título: **Aparato y procedimiento para generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.05.2019**

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)  
Via Chiese, 6  
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**SALES CASALS, LLUÍS-RAMON;  
DEL RIO FERNÁNDEZ, JOAQUIN;  
LARA, RAFAEL y  
MANUEL LAZARO, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 711 914 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**

Aparato y procedimiento para generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica

La presente invención se refiere a la generación de energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica.

- 5 La generación de energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica puede ser útil para suministrar dispositivos eléctricos auxiliares.

Por ejemplo, los dispositivos eléctricos auxiliares pueden formar parte de un sistema de monitorización para examinar los parámetros del sistema de transmisión de energía eléctrica, que comprende, habitualmente conductores eléctricos, uniones y terminaciones.

- 10 Por ejemplo, el documento WO 99/58992 divulga un sistema de monitorización de cable de alimentación que comprende uno o más transductores distribuidos a lo largo de un cable marítimo. La energía para los transductores y los convertidores de señal del transductor se suministra a través de conductores eléctricos posicionados en el cable de datos o mediante baterías.

- 15 La solicitante observa que el uso de baterías para alimentar un sistema de monitorización es costoso y puede necesitar mantenimiento. De hecho, las baterías pueden necesitar ser sustituidas, por ejemplo, porque están agotadas, y esto conlleva un costo adicional. En algunos casos, por ejemplo, cuando el cable y el sistema de monitorización asociado se posicionan en una ubicación remota o difícil para el medio ambiente, la operación de mantenimiento implica medios costosos (por ejemplo, para cables submarinos) y/o la interrupción de la transmisión de energía (por ejemplo, para cables de alta tensión).

- 20 En el enlace [http://www.saprem.com/08\\_3\\_2\\_luminosaconductor.pdf](http://www.saprem.com/08_3_2_luminosaconductor.pdf), la compañía SAPREM S.A. de Preformados Metálicos revela una baliza de luz de advertencia para señalar la presencia de cables suspendidos en líneas aéreas de alta y media tensión, que utiliza el campo creado por el conductor como suministro de energía. La baliza de luz de advertencia tiene un transformador dividido en dos partes para facilitar la instalación en el conductor.

- 25 La solicitante ha enfrentado el problema técnico de proporcionar un sistema de cable con un aparato para generar energía eléctrica útil, por ejemplo, para suministrar dispositivos auxiliares del sistema de cable, pudiendo dicho aparato explotar una fuente de energía local.

En particular, la solicitante ha enfrentado el problema técnico de generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende un conductor aislado, enfundado individualmente, y provisto opcionalmente de un tamiz metálico.

- 30 El problema se siente particularmente en presencia de al menos dos conductores aislados y enfundados individualmente, colocados adyacentes o en contacto entre sí.

- 35 El documento JP 7 169627 A divulga un aparato para generar energía eléctrica, comprendiendo el aparato un cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de un cable de CA; y enrollamientos eléctricamente conductores enrollados alrededor del cuerpo ferromagnético en forma de arco para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco; en el que el cuerpo ferromagnético en forma de arco está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una porción de dicho núcleo.

- 40 La solicitante ha descubierto que este problema se puede resolver mediante la recopilación de energía del campo magnético producido por la corriente alterna (CA) que fluye a lo largo de un conductor eléctrico y transforma la energía recogida en energía eléctrica mediante un cuerpo ferromagnético y un enrollamiento eléctricamente conductor enrollado alrededor del mismo. La solicitante ha descubierto, sorprendentemente, que un cuerpo ferromagnético que tiene una sección transversal definida por un arco, que rodea al conductor eléctrico solo para una parte de su extensión angular, permite obtener valores de energía de utilidad práctica. Además, la solicitante ha descubierto, sorprendentemente, que un cuerpo ferromagnético en forma de arco de este tipo permite obtener valores de energía de utilidad práctica incluso cuando se aplica sobre un conductor enfundado aislado, fuera del cual, debido a la capa de aislamiento, a la(s) capa(s) protectora(s) y a la(s) capa(s) de detección opcional, el campo magnético producido por la corriente alterna (CA) que fluye a lo largo del conductor eléctrico es mucho más débil que el exterior de un conductor desnudo aéreo.

Por consiguiente, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de cable que comprende un cable de CA que comprende un núcleo y un aparato para generar energía eléctrica, comprendiendo el aparato

- 50 - un cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal del cable de CA, y  
- al menos un enrollamiento eléctricamente conductor enrollado alrededor del cuerpo ferromagnético para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco

en el que el cuerpo ferromagnético está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una porción de dicho núcleo;

en el que el cuerpo ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende para un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.

5 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica, comprendiendo el aparato:

- un cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal; y
- al menos un enrollamiento eléctricamente conductor enrollado alrededor del cuerpo ferromagnético para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco;

10 en el que el cuerpo ferromagnético en forma de arco está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una parte de dicho núcleo; en el que el cuerpo ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende para un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.

15 Para los fines de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan importes, cantidades, porcentajes, y así sucesivamente., deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos divulgados e incluyen cualquier intervalo intermedio en el mismo, que puede estar o no enumerado, específicamente, en el presente documento.

20 La expresión "en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco" puede indicar que las vueltas formadas por el enrollamiento se encuentran en planos que podrían desviarse de los planos perpendiculares al arco de  $\pm 5^\circ$ , preferentemente,  $\pm 1^\circ$ . Preferentemente, los planos pueden desviarse de  $\pm 0,35^\circ$ . Cuanto más perpendiculares son los planos de las vueltas al arco, mayor es la eficiencia de acoplamiento del campo magnético al enrollamiento.

En la presente descripción y las reivindicaciones, el término "núcleo" se usa para indicar un conductor eléctrico rodeado por al menos una capa aislante y al menos una funda protectora. Opcionalmente, dicho núcleo comprende además al menos una capa semiconductor. Opcionalmente, dicho núcleo comprende además un tamiz metálico.

25 Preferentemente, el cuerpo ferromagnético está fijado sobre una porción de una superficie externa de una capa más externa, habitualmente una funda, del núcleo.

En una realización preferente de la invención, el cable comprende al menos dos núcleos aislados individualmente, enfundados individualmente y, opcionalmente, tamizados individualmente.

El/Los núcleo(s) puede(n) ser núcleo(s) monofásico(s).

30 Ventajosamente, la forma del arco es tal que rodea el núcleo dejando un hueco no superior a 10 mm.

En el caso de un núcleo que tenga un diámetro externo que varía de 4 a 20 cm, el radio interno del cuerpo ferromagnético en forma de arco puede ser de 2 a 10 cm.

35 Ventajosamente, el sistema de cable comprende al menos un aparato adicional para generar energía eléctrica, según el segundo aspecto de la invención, en el que el cuerpo ferromagnético de al menos un aparato eléctrico adicional está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una porción adicional de dicho núcleo.

40 Ventajosamente, el cable de CA comprende al menos un núcleo adicional. En este caso, los cuerpos ferromagnéticos de los aparatos para generar energía eléctrica pueden asociarse operativamente solo en uno de los núcleos del cable. Alternativamente, parte de los cuerpos ferromagnéticos puede asociarse operativamente con uno de los núcleos y otra parte de los cuerpos ferromagnéticos puede asociarse operativamente con el otro núcleo. En una realización, el núcleo y el al menos un núcleo adicional comprenden cada uno un conductor eléctrico aislado, enfundado individualmente.

En una realización, el núcleo y el al menos un núcleo adicional están depositados con al menos parte de su superficie exterior adyacente o en contacto entre sí.

45 El cable puede comprender más de dos núcleos. En sistemas de CA, el cable es, ventajosamente, un cable trifásico. El cable trifásico comprende, ventajosamente, al menos tres núcleos monofásicos aislados.

Los tres núcleos aislados pueden protegerse juntos dentro de una única funda o pueden protegerse individualmente dentro de tres fundas separadas.

50 Los tres núcleos aislados pueden estar en una configuración plana o en una configuración de trébol. En la configuración plana, los tres núcleos aislados tienen los ejes longitudinales de los mismos que se encuentran, sustancialmente, en un mismo plano. En la configuración del trébol, los tres núcleos aislados se posicionan recíprocamente de tal manera que, en una sección transversal tomada a lo largo de sus ejes longitudinales, tienen,

en conjunto, una forma de trébol.

La invención es, particularmente, ventajosa en el caso de al menos dos núcleos aislados, enfundados individualmente (y, opcionalmente, tamizados individualmente), que se depositan con al menos parte de su superficie exterior adyacente o en contacto entre sí. Por ejemplo, la invención es particularmente ventajosa en el caso de tres conductores aislados, enfundados individualmente (y, opcionalmente, tamizados individualmente), posicionados en una configuración de trébol.

De hecho, el cuerpo ferromagnético con una sección transversal definida por un arco permite que el aparato de la invención se fije sobre una porción libre de la superficie exterior de uno de los al menos dos núcleos (es decir, en una porción que no es adyacente a o en contacto con la superficie exterior de los otros núcleos).

10 El cable de CA puede ser un cable de baja, media o alta tensión.

El término bajo voltaje se usa para indicar voltajes más bajos que 1 kV.

El término voltaje medio se usa para indicar voltajes de 1 a 35 kV.

El término alto voltaje se utiliza para indicar voltajes superiores a 35 kV.

El cable de CA puede ser terrestre, submarino o del tipo de aerogenerador.

15 El cable terrestre puede estar al menos en parte enterrado o posicionado en túneles.

Los cables terrestres, submarinos y de molinos de viento comprenden, ventajosamente, al menos un núcleo que comprende un conductor eléctrico rodeado por una capa aislante y al menos una funda protectora.

La presente invención puede aplicarse también a núcleos en los que el conductor está desnudo, usándose habitualmente tal configuración de núcleo en cables aéreos. Dado que los cables aéreos se utilizan en plantas elevadas, el elemento de aislamiento principal del conductor desnudo está formado por el aire circundante.

20 Los cables aéreos pueden comprender un conductor eléctrico de aluminio-acero.

Los cables aéreos pueden comprender un conductor eléctrico de aluminio-acero.

Cuando el cable es aéreo, el cuerpo ferromagnético se puede fijar en una parte de una superficie externa del conductor eléctrico desnudo.

25 Para un cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal, se pretende un cuerpo que, en una sección transversal tomada a lo largo de dicho eje longitudinal, tiene una forma definida por un arco que puede extenderse para un ángulo inferior a 300°.

En una realización, el cuerpo ferromagnético tiene una sección transversal sustancialmente semicircular. Es decir, el cuerpo ferromagnético es, sustancialmente, semicilíndrico.

30 Dicho arco se extiende para un ángulo al menos igual a 180°. Por ejemplo, en una realización preferente, dicho arco se extiende para un ángulo de aproximadamente 270°.

El cuerpo ferromagnético puede estar fabricado de un metal monolítico o de un metal en forma de una pluralidad de láminas.

Preferentemente, para un cuerpo de 10 cm de longitud por 1 cm de espesor, el enrollamiento comprende un número de vueltas de 400 a 800.

35 El enrollamiento tiene, preferentemente, un diámetro en el intervalo de 0,2 mm a 3 mm, más preferentemente, de 0,4 mm a 1,5 mm.

El cuerpo ferromagnético tiene, preferentemente, una longitud de 6 cm a 40 cm. Este intervalo puede permitir obtener un buen compromiso entre las necesidades de tener un aparato compacto y la necesidad de generar niveles de energía útiles.

40 Los intervalos mencionados anteriormente de número de vueltas, diámetro del enrollamiento y longitud corporal ferromagnética son intervalos ejemplares que permiten obtener niveles de energía de utilidad práctica a partir del aparato de la invención.

Ventajosamente, el enrollamiento está fabricado de un conductor metálico aislado, como un alambre de cobre, preferentemente con aislamiento esmaltado.

45 El sistema de cable comprende, habitualmente, además uniones y terminaciones de cable.

El sistema de cable puede comprender una pluralidad de cables de CA (es decir, más de uno).

Ventajosamente, el sistema de cable comprende además al menos un dispositivo eléctrico asociado, operativamente, con el aparato para generar energía eléctrica a fin de ser alimentado eléctricamente por el mismo.

El al menos un dispositivo eléctrico puede asociarse, operativamente, con el núcleo del cable de CA.

El al menos un dispositivo eléctrico puede estar asociado con una unión y/o con una terminación.

- 5 El al menos un dispositivo eléctrico puede ser cualquier dispositivo eléctrico auxiliar. Por ejemplo, puede ser un nodo de monitorización para monitorizar al menos un parámetro del sistema de cable. Por ejemplo, el dispositivo de monitorización puede comprender una unidad de monitorización de descarga parcial adaptada para detectar posibles descargas parciales que ocurren en el sistema de cable.

10 Se observa que el aparato de la invención genera energía eléctrica al explotar una fuente local (es decir, el campo magnético generado por la corriente alterna (CA) que fluye a lo largo de un conductor eléctrico del sistema de cable) que no es constante y continua con el tiempo. De hecho, la intensidad del campo magnético inducido depende de la intensidad de la corriente que fluye a lo largo del conductor eléctrico, que puede ser diferente entre el día y la noche, entre varias estaciones del año, entre días laborables y días no laborables, y similares.

15 Por consiguiente, el aparato está asociado, ventajosamente, con una unidad de batería para almacenar la energía eléctrica generada por el propio aparato, por ejemplo, cuando excede la energía necesaria para suministrar el al menos un dispositivo auxiliar eléctrico.

Además, el al menos un dispositivo eléctrico es, ventajosamente, un dispositivo eléctrico de bajo consumo de energía.

20 Preferentemente, el al menos un dispositivo eléctrico está adaptado para operar alternativamente en un modo inactivo y en un modo activo para reducir el consumo de energía.

25 En una realización de la invención, el sistema de cable comprende un cable de CA que comprende un núcleo, una pluralidad de aparatos según el segundo aspecto de la invención y un sistema de monitorización para monitorizar los parámetros del sistema de cable. El sistema de monitorización comprende una unidad central y una pluralidad de nodos de monitorización adaptados para colocarse en diferentes puntos de monitorización del sistema de cable. El cuerpo ferromagnético de cada uno de la pluralidad de aparatos está asociado operativamente con el cable de CA, para rodear parcialmente una parte correspondiente de dicho núcleo. La pluralidad de nodos de monitorización está conectada a la pluralidad de aparatos para que sean alimentados eléctricamente por ellos. Ventajosamente, los nodos de monitorización están conectados en cascada. Además, cada nodo de monitorización se adapta ventajosamente para operar alternativamente en un modo inactivo y en un modo activo, en el que, durante cada modo activo, cada nodo de monitorización se adapta a:

- adquirir un valor de al menos uno de dichos parámetros y procesar el valor adquirido para generar los datos de salida correspondientes;
- para recibir datos de salida de un nodo ascendente de la cascada, si corresponde; y
- para enviar a un nodo hacia abajo, si corresponde, los datos de salida recibidos desde dicho nodo hacia arriba y los datos de salida generados por el propio nodo de monitorización, estando un último nodo de monitorización de la cascada adaptado para enviar dichos datos de salida a la unidad central, estando la unidad central adaptada para recopilar los datos de salida que provienen de los nodos de monitorización.

En la presente descripción y reivindicaciones la expresión:

- 40 - el "nodo de monitorización ascendente" con respecto a un nodo de monitorización dado se usa para indicar un nodo que precede a dicho nodo de monitorización dado con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. La expresión "nodo de monitorización ascendente" se puede usar para indicar un nodo que, con respecto a dicho nodo de monitorización dado, está más alejado de la unidad central;
- el "nodo de monitorización descendente" con respecto a un nodo de monitorización dado se usa para indicar un nodo que sigue a dicho nodo de monitorización dado con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. La expresión "nodo de monitorización descendente" se puede usar para indicar un nodo que, con respecto a dicho nodo de monitorización dado, está más cerca de la unidad central;
- 45 - el "último nodo de monitorización", con respecto a una cascada de nodos de monitorización, se usa para indicar el último nodo de monitorización de la cascada con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. La expresión "último nodo de monitorización" puede indicar el nodo más cercano a la unidad central;
- 50 - el "primer nodo de monitorización", con respecto a una cascada de nodos de monitorización, se usa para indicar el primer nodo de monitorización de la cascada con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. La expresión "primer nodo de monitorización" puede indicar el nodo más alejado de la unidad

central;

- el "modo inactivo" se utiliza para indicar un modo de reposo de un nodo en el que el nodo no realiza ninguna operación de recepción de datos, transmisión de datos y adquisición de datos;
- 5 - el "modo activo" se utiliza para indicar un modo de operación de un nodo en el que el nodo realiza operaciones de recepción de datos, transmisión de datos y adquisición de datos;
- la "cascada" se utiliza para indicar una pluralidad de nodos de monitorización conectados en serie de modo que los datos de salida de uno se transmitan al siguiente, con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central;
- 10 - el "enlace de datos" se utiliza para indicar una ruta a través de la cual al menos dos dispositivos (por ejemplo, nodos, unidad central...) pueden transmitirse datos entre sí.

Ventajosamente, los nodos de monitorización están adaptados para operar alternativamente en el modo inactivo y en el modo activo según tramas de tiempo sincronizadas.

Ventajosamente, las tramas de tiempo se sincronizan de tal manera que los nodos de monitorización pasan de un modo inactivo a un modo activo en secuencia, uno tras otro.

- 15 Preferentemente, las tramas de tiempo se sincronizan de tal manera que cada nodo de monitorización comienza a operar en un modo activo antes (preferentemente justo antes) el nodo de monitorización ascendente comienza a enviarle los datos de salida.

Preferentemente, las tramas de tiempo se sincronizan para minimizar el tiempo de espera para recibir datos de salida desde un nodo de monitorización ascendente.

- 20 Ventajosamente, los nodos de monitorización están conectados entre sí en cascada a través de una pluralidad de enlaces de datos.

Los enlaces de datos pueden transmitirse por cable o ser inalámbricos, siendo el último el preferente.

- 25 En el caso de un enlace por cable, el enlace de datos puede ser un enlace de fibra óptica (que comprende al menos una fibra óptica) o un enlace eléctrico (que comprende al menos un cable eléctrico, preferentemente al menos dos cables eléctricos).

En el caso de un enlace de fibra óptica, cada nodo de monitorización comprende ventajosamente convertidores electroópticos.

En el caso de un enlace inalámbrico, el enlace de datos puede ser un enlace de radiofrecuencia (RF).

- 30 En el caso de un enlace inalámbrico, cada nodo comprende ventajosamente al menos una antena y al menos un transceptor de RF.

Cada uno de los enlaces de datos puede tener una longitud de 1 m a 1600 m, si es inalámbrico, de 1 m a 40 km, si va por cable con fibra óptica, o de 1 m a 1 km, si va por cable con cable eléctrico.

Preferentemente, los enlaces de datos tienen cada uno una longitud de 20 m a 200 m, si son inalámbricos o van por cable con cables eléctricos, o de 1 m a 1 km, si van por cable con fibra óptica.

- 35 En vista de la reducción del consumo de energía, estos intervalos de longitudes de enlace de datos se proporcionan para permitir transmisiones de datos de baja energía entre nodos de monitorización (como, por ejemplo, transmisiones de datos inalámbricas de RF con niveles de energía irradiados iguales o inferiores a 100 mW, preferentemente iguales a o inferiores a 1 mW).

- 40 Además, los intervalos de longitudes de enlace de datos mencionados anteriormente se seleccionan ventajosamente para obtener un buen compromiso entre coste y fiabilidad.

De hecho, las longitudes de enlace de datos más cortas podrían implicar un mayor número de nodos y, por lo tanto, costos más altos. Por otro lado, pueden implicar una mayor confiabilidad porque pueden permitir recopilar más información y, en caso de falla, reducir el riesgo de perder información importante sobre un punto del sistema de cable (la información puede ser obtenida por un nodo cercano).

- 45 La propia unidad central puede adaptarse para operar alternativamente en modo inactivo y en modo activo, con una trama de tiempo sincronizada con la trama de tiempo del último nodo de monitorización de la cascada. En este caso, la unidad central está adaptada para recibir los datos de salida del último nodo de monitorización de la cascada solo cuando se opera en un modo activo.

Habitualmente, los nodos de monitorización comprenden cada uno al menos un sensor. El sensor puede adaptarse para detectar al menos un parámetro de cable, por ejemplo, temperatura del cable, temperatura ambiente, humedad ambiental, inundación de agua, corriente del cable, corriente de tamiz, voltaje del cable, incendio, gas, apertura de puertas de acceso, tensión del cable, desplazamiento del cable, vibraciones, y similares.

- 5 Ventajosamente, el sistema de monitorización comprende una estación de procesamiento adaptada para procesar los datos de salida procedentes de los nodos de monitorización. Esto permite proporcionar a un operario información útil que indique las condiciones de operación del sistema de cable.

Ventajosamente, la estación de procesamiento es una estación remota.

- 10 La unidad central está adaptada ventajosamente para actuar como interfaz entre el último nodo de monitorización de la cascada y la estación de procesamiento y para enviar datos de salida recibidos por el último nodo de la cascada a la estación de procesamiento. La unidad central se puede conectar a un módem o un enrutador para comunicarse con la estación remota.

- 15 En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende un cable de CA que comprende un núcleo, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- 20 - asociar operativamente un aparato con el núcleo, comprendiendo dicho aparato un cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal del cable de CA y al menos un enrollamiento eléctricamente conductor, teniendo el al menos un enrollamiento eléctricamente conductor dos terminaciones eléctricas y estando enrollado alrededor del cuerpo ferromagnético para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco; y

- hacer que una corriente eléctrica alterna fluya a lo largo del núcleo generando de este modo un campo magnético alrededor del núcleo que genera una diferencia de voltaje en las dos terminaciones eléctricas del al menos un enrollamiento eléctricamente conductor;

- 25 en el que el cuerpo ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende para un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.

Las características y ventajas de la presente invención se harán evidentes mediante la siguiente descripción detallada de algunos ejemplos de realización de la misma, proporcionados simplemente a modo de ejemplos no limitativos, descripción que se llevará a cabo haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 30 - la figura 1 muestra esquemáticamente una realización de un aparato según la invención;
- la figura 2 muestra esquemáticamente, en sección transversal, un sistema de cable ejemplar según una realización de la invención;
- la figura 3 muestra esquemáticamente, en sección transversal, un sistema de cable ejemplar según otra realización de la invención;
- la figura 4 muestra esquemáticamente, en una vista en perspectiva, el sistema de cable de la figura 3;
- 35 - la figura 5 muestra esquemáticamente, en sección transversal, un ejemplo de un cable de CA para un sistema de cable según la invención;
- la figura 6 muestra esquemáticamente un sistema de cable según otra realización de la invención;
- las figuras 7a y 7b muestran esquemáticamente, respectivamente, una vista en perspectiva y una vista en sección transversal de un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado plegado sobre sí mismo, que ha sido probado por la solicitante;
- 40 - la figura 8 muestra esquemáticamente una realización de un nodo de monitorización del sistema de cable de la figura 6;
- la figura 9 muestra esquemáticamente un ejemplo de un proceso de sincronización automática realizado por un nodo de monitorización del sistema de cable de la figura 6;
- 45 - las figuras 10a y 10b muestran esquemáticamente dos diagramas de flujo que ilustran las principales acciones llevadas a cabo por los nodos de monitorización del sistema de cable de la figura 6 para mantener la sincronización entre nodos mientras operan alternativamente en modo inactivo y en modo activo;
- la figura 11 muestra esquemáticamente un ejemplo de una trama de datos que puede utilizarse para transmitir datos entre los nodos de monitorización del sistema de cable de la figura 6.

La figura 1 muestra una realización de un aparato 200 según la invención que comprende un cuerpo 210 ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal L y un enrollamiento 220 eléctrico, que se enrolla alrededor del cuerpo 210 para formar vueltas en planos radiales, sustancialmente perpendiculares al arco.

- 5 Incluso si en la figura 1 solo se muestra un enrollamiento 220 eléctrico, el aparato también puede comprender más de un enrollamiento conectado adecuadamente en serie o en paralelo, según las necesidades.

Además, incluso si en la realización mostrada en la figura 1 el enrollamiento 220 eléctrico está enrollado alrededor del cuerpo ferromagnético en una única capa de vueltas, el enrollamiento 220 eléctrico puede enrollarse alrededor del cuerpo ferromagnético para formar más de una capa de vueltas, una encima de la otra.

- 10 La figura 2 muestra esquemáticamente, en sección transversal, un sistema de cable que comprende un cable de CA que comprende un único núcleo 14 y el aparato 200, en el que el aparato 200 se fija sobre el único núcleo 14, para rodear una porción longitudinal de una superficie externa del núcleo 14 para parte de la extensión angular del núcleo sobre su eje longitudinal. Como se muestra en la figura 2, el aparato 200 se fija sobre el núcleo 14 de modo que su eje longitudinal L coincida, sustancialmente, con el eje longitudinal del núcleo 14.

- 15 El cuerpo 210 ferromagnético tiene ventajosamente una sección transversal de forma y tamaño tal que se adapta al perfil de la superficie externa del núcleo 14. Se toleran los huecos de algunos mms entre la superficie interna del aparato 200 y la superficie externa del núcleo 14.

El aparato 200 puede fijarse sobre el núcleo 14 mediante un aglutinante adecuado, una correa adecuada o, cuando rodea el núcleo 14 para una extensión angular superior a 180°, mediante sujeción elástica.

- 20 El núcleo 14 comprende ventajosamente un conductor eléctrico aislado individualmente y enfundado.

La figura 5 muestra, en sección transversal, un cable de alto voltaje ejemplarmente que comprende un núcleo 14 con un conductor eléctrico aislado y enfundado individualmente.

- 25 En el ejemplo, el núcleo 14 comprende un conductor 105 metálico central; un aglutinante 110 fabricado de una cinta semiconductora; un tamiz 115 conductor fabricado de un polímero semiconductor; una capa 120 de aislamiento hecha, por ejemplo, de polietileno reticulado (XLPE); un tamiz 125 de aislamiento, también hecha de un polímero semiconductor; protectores 130 y 140 de agua semiconductoras hechas, por ejemplo, de una cinta higroscópica semiconductora; un tamiz 145 fabricado de un metal en forma de, por ejemplo, cintas y/o cables; una funda 150 de polietileno de alta densidad (HDPE); y un revestimiento 155 protector, habitualmente semiconductor.

- 30 El aparato 200 puede fijarse sobre el núcleo 14, para rodear parcialmente una porción del revestimiento 155 protector.

En la realización mostrada en las figuras 2-4, el cuerpo 210 ferromagnético tiene una forma semicilíndrica.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, el cuerpo 210 ferromagnético en forma de arco puede ser ventajoso cuando el aparato 200 se fija en un núcleo 14, enfundado individualmente, que forma parte de una configuración de cable de trébol.

- 35 Una configuración de cable de trébol se utiliza, normalmente, para cables terrestres, submarinos y de aerogenerador de alta tensión.

- 40 En la realización mostrada en las figuras 3 y 4, la configuración del cable de trébol comprende tres núcleos 14 que comprenden cada uno un conductor eléctrico individualmente aislado y enfundado. Además, el aparato 200 está fijo solo en uno de los tres núcleos 14. Sin embargo, dos o tres aparatos 200 pueden fijarse en dos o los tres núcleos 14.

La solicitante ha descubierto que para ciertos usos, como se ha divulgado a continuación con referencia a la figura 6, es suficiente que el aparato 200 se fije solo en uno de los tres núcleos 14.

- 45 En el aparato 200, la energía eléctrica se genera mediante la recogida (a través del cuerpo 210 ferromagnético) el campo magnético generado por una corriente alterna que fluye a lo largo del núcleo 14 y lo transforma (a través del enrollamiento 220) en una diferencia de voltaje en dos terminaciones 230 eléctricas del enrollamiento 220.

La solicitante realizó experimentos y simulaciones numéricas para probar la generación de energía eléctrica en tal aparato.

- 50 La solicitante comenzó con un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado en una configuración plegada sobre sí misma como se muestra en las figuras 7a y 7b. De hecho, esta configuración es adecuada para fijarse en uno de al menos dos conductores eléctricos aislados y enfundados individualmente, depositados con al menos parte de su superficie exterior adyacente o en contacto entre sí.

## ES 2 711 914 T3

El cuerpo ferromagnético de anillo cerrado tenía 20 mm de longitud (a lo largo del eje longitudinal L') por 3 mm de grosor (t), tenía un radio interno ( $R_{int}$ ) de 47,5 mm y una altura (h) de 69,5 mm.

El cuerpo ferromagnético fue fabricado de Magnifer®50 por la compañía ThyssenKrupp VDM GmbH, que es una aleación de níquel-hierro con una cantidad de níquel de aproximadamente el 48 %.

- 5 Además, los experimentos se han llevado a cabo fijando el aparato a un cable aislado y enfundado de un único núcleo por Prysmian Cables y Sistemas S.L. del tipo 1\*1200 Al + H 141 Cu 76/138kV ENDESA KNE-001.

La parte externa del cuerpo ferromagnético (la que no estaba directamente en contacto con la superficie externa del cable aislado y enfundado de un único núcleo) fue enrollada por un enrollamiento fabricado de alambre de cobre esmaltado de 0,62 mm de diámetro externo.

- 10 El aparato ha envuelto el cable al menos el 50 % de su perímetro.

Las tablas muestran a continuación los resultados obtenidos experimentalmente variando los valores de la corriente que fluye a lo largo del cable (primera columna de  $I_{cable}$ ) y el número de vueltas de enrollamiento. Las mediciones de voltaje, corriente y energía (segunda, tercera y cuarta columna) se realizaron en las dos terminaciones eléctricas del enrollamiento sin y con una resistencia de 270 ohmios conectada a las mismas.

- 15 Tabla 1 (número de vueltas = 3000, circuito abierto sin resistencia)

$I_{cable}$ [A]	V[V]
104	4,3
209	8,4
299	11,6
404	15,29
498	18,2
601	20,78

Tabla 2 (número de vueltas = 1000, circuito abierto sin resistencia)

$I_{cable}$ [A]	V[V]
102	1,43
211	2,82
299	3,87
405	5,15
505	6,18
606	7,01
710	7,74

Tabla 3 (número de vueltas = 1000, con una resistencia de 270 ohmios)

$I_{cable}$ [A]	V[V]	I [mA]	Potencia [mW]
100	0,34	1,3	0,4
210	0,976	3,6	3,5
297	2,28	8,4	19,3
405	4,55	16,9	76,7
507	6,33	23,4	148,4
608	7,56	28,0	211,7
709	8,51	31,5	268,2

Tabla 4 (número de vueltas = 2000, con resistencia de 270 ohmios)

$I_{\text{cable}}$ [A]	V[V]	I [mA]	Potencia [mW]
108	0,208	0,8	0,2
195	0,517	1,9	1,0
297	1,72	6,4	11,0
406	5	18,5	92,6
510	9	33,3	300,0
596	12,02	44,5	535,1
697	14,03	52,0	729,0

Tabla 5 (número de vueltas = 3000, con una resistencia de 270 ohmios)

$I_{\text{cable}}$ [A]	V[V]	I [mA]	Potencia [mW]
100	0,13	0,5	0,1
203	0,39	1,4	0,6
304	1,13	4,2	4,7
402	3,75	13,9	52,1
501	7,31	27,1	197,9
603	11,08	41,0	454,7
712	15,05	55,7	838,9

5 Se observa que la intensidad de la corriente que fluye a lo largo de un cable de un sistema de transmisión de energía eléctrica puede variar de valores bajos a altos (por ejemplo, de 0-150A a 1000-2000 A) entre el día y la noche, entre diversas estaciones del año, entre días laborables y no laborables, y similares. Por lo tanto, es deseable que, dependiendo de los usos, se garantice suficiente generación de energía también a corrientes razonablemente bajas (por ejemplo, 100-150 A). En las pruebas anteriores, a corrientes de cable razonablemente  
 10 bajas (por ejemplo, 100-150 A), se obtuvieron niveles de energía inferiores a 1 mW.

La solicitante probó después un cuerpo ferromagnético en forma de arco, en particular un cuerpo ferromagnético semicilíndrico, que tiene valores de longitud y espesor mayores que el cuerpo de anillo cerrado anteriormente probado.

15 En particular, los experimentos se llevaron a cabo con un aparato que tiene un cuerpo ferromagnético semicilíndrico y un enrollamiento de alambre de cobre esmaltado de 0,62 mm de diámetro externo. El cuerpo ferromagnético tenía una longitud de 100 mm, un grosor de 10 mm y un radio de flexión interno de 51,01 mm. El cuerpo ferromagnético estaba fabricado de hierro blando M400-50.

20 Además, los experimentos se han llevado a cabo mediante la fijación del aparato a un cable aislado y enfundado de un único núcleo por Prysmian Cables y Sistemas S.L. del tipo 1\*1200 Al + H 141 Cu 76/138kV ENDESA KNE-001 (el mismo de las pruebas anteriores).

Las siguientes tablas muestran los niveles de energía (segunda columna) obtenidos experimentalmente variando los valores de la corriente que fluye a lo largo del cable (primera columna de  $I_{\text{cable}}$ ), para diferentes longitudes de cuerpos ferromagnéticos y vueltas de enrollamiento. Las mediciones de energía se han realizado con una resistencia de 47 ohmios conectada a las dos terminaciones eléctricas del enrollamiento.

Tabla 6 (longitud del cuerpo ferromagnético de 10 cm, número de vueltas = 600)

$I_{\text{cable}}$ [A]	Potencia [mW]
90	38,777
100	45,977
150	102,045
200	191,489
250	291,277
300	393,404
350	553,404
400	765,957

Tabla 7 (longitud del cuerpo ferromagnético de 12 cm, número de vueltas = 550)

$I_{\text{cable}}$ [A]	Potencia [mW]
90	17,619
100	26,215
150	53,789
200	96,530
250	146,051
300	216,513
350	285,013
400	375,319

5 La solicitante también ha realizado experimentos con un cable y un aparato que tiene un cuerpo ferromagnético en forma de arco y un enrollamiento que tiene las mismas características que las divulgadas anteriormente con referencia a la tabla 6, con la única diferencia de que el cuerpo ferromagnético tenía una sección transversal en forma de arco que se extiende para un ángulo de aproximadamente 270°.

10 La siguiente tabla muestra los niveles de energía obtenidos experimentalmente variando los valores de la corriente que fluye a lo largo del cable (primera columna del  $I_{\text{cable}}$ ), para el cuerpo ferromagnético semicilíndrico de la tabla 6, con una sección transversal en forma de arco que se extiende a 180°, (segunda columna) y para el cuerpo ferromagnético con sección transversal en forma de arco que se extiende a 270° (tercera columna). Las mediciones se han realizado poniendo en cortocircuito las dos terminaciones eléctricas del enrollamiento. Para calcular la energía generada por el aparato, se tuvo en cuenta la resistencia interna del enrollamiento. En este caso, para un  
15 enrollamiento de 600 vueltas, se tuvo en cuenta una resistencia interna de 14 ohmios.

Tabla 8

$I_{\text{cable}}$ [A]	Potencia [mW] - 180°	Potencia [mW] - 270°
95,2	26,523	123,704
299,2	410,027	1251,614
584	1583,720	4840,416
1002	4785,149	15084,216

20 Los resultados experimentales de las tablas 6-8 anteriores mostraron, sorprendentemente, que un cuerpo ferromagnético en forma de arco permite obtener niveles de energía superiores a 26 mW para corrientes de cable razonablemente bajas (por ejemplo, aproximadamente 100-150 A). En particular, se obtuvieron niveles de energía de aproximadamente 100 a 1250 mW para corrientes de cable de aproximadamente 95-300 A con el cuerpo ferromagnético que tiene una sección transversal en forma de arco que se extiende a 270°.

Los niveles de energía de 100-200 mW pueden ser, por ejemplo, una utilidad práctica para suministrar un nodo de monitorización como el que se ha divulgado a continuación con referencia a la figura 6.

5 En vista de lo mencionado anteriormente (que la intensidad de la corriente que fluye a lo largo de un cable de un sistema de transmisión de energía eléctrica puede variar de valores bajos a altos entre el día y la noche, entre diversas estaciones del año, entre días laborables y no laborables, y similar) el hecho de que el cuerpo ferromagnético en forma de arco permita alcanzar niveles de energía de utilidad práctica para corrientes de cable razonablemente bajas (por ejemplo, 100-150 A) es un resultado importante.

Las tablas 6 y 7 anteriores muestran además que se obtuvieron mejores niveles de energía para una longitud de cuerpo ferromagnético de 10 cm y para un número de vueltas de 600.

10 Además, la tabla 8 muestra que los niveles de energía obtenidos con el cuerpo ferromagnético que tiene una sección transversal en forma de arco que se extiende hasta 270° es de 3 a 5 veces mayor que los niveles de energía obtenidos con el cuerpo ferromagnético semicilíndrico (con una sección transversal en forma de arco que se extiende hasta 180°).

15 La solicitante realizó otros experimentos y simulaciones numéricas que demostraron que un cuerpo ferromagnético en forma de arco puede estar fabricado de cualquier material ferromagnético sin afectar, considerablemente, la eficiencia del aparato.

Esto es ventajoso porque permite el uso de materiales ferromagnéticos de bajo costo.

Además, el uso de un cuerpo ferromagnético en forma de arco permite reducir la cantidad de material utilizado para fabricar el aparato y, por lo tanto, el costo de producción con respecto a un cuerpo de anillo cerrado.

20 En general, los experimentos y simulaciones numéricas llevadas a cabo por la solicitante demostraron sorprendentemente que aunque:

- 25 - para un cuerpo ferromagnético en forma de arco, que rodea el núcleo de un cable de CA solo de una parte de su extensión angular alrededor de su eje longitudinal, la eficiencia de recogida del campo magnético es menor que la de un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado, que rodea el núcleo para el conjunto de su extensión angular; y aunque
- fuera de un conductor enfundado aislado - debido a las capas de aislamiento y las capas protectoras, el campo magnético producido por la corriente alterna (CA) que fluye a lo largo del conductor eléctrico es mucho más débil que fuera de un conductor desnudo aéreo,

30 los valores de energía de utilidad práctica (por ejemplo, mayores que 100-200 mW) todavía pueden obtenerse mediante el aparato de la invención, cuando se asocian operativamente con un conductor enfundado aislado.

El aparato 200 de la invención se puede usar para suministrar energía a un dispositivo 100 eléctrico externo.

Como se muestra en la figura 1, el enrollamiento 220 tiene dos terminaciones 230 eléctricas que pueden conectarse al dispositivo 100 eléctrico externo.

El dispositivo 100 externo puede ser, por ejemplo, un nodo de monitorización de un sistema de monitorización.

35 La figura 6 muestra una realización preferente de la invención que comprende un sistema de cable con un cable de CA que comprende un núcleo 14, una pluralidad de aparatos 200 según la invención, una pluralidad correspondiente de nodos 100 de monitorización, una unidad 12 central y una estación 10 de procesamiento remota, conectado a través de una red 1.

Los nodos 100 de monitorización están colocados en cascada a diferentes distancias de la unidad 12 central.

40 Los aparatos 200 están posicionados a lo largo del cable, con sus cuerpos ferromagnéticos (no mostrados en la figura 6) fijados sobre el núcleo 14 para rodear, parcialmente, una porción correspondiente de su superficie externa.

Cada aparato 200 está conectado eléctricamente a uno de los nodos 100 de monitorización para suministrar energía eléctrica.

45 Incluso si no se muestra, el sistema de cable de la figura 6 también puede comprender dos o más núcleos (por ejemplo, tres núcleos en una configuración de trébol). En este caso, la pluralidad de aparatos 200 y la correspondiente pluralidad de nodos 100 de monitorización pueden fijarse en diferentes puntos de monitorización de solo uno de la pluralidad de núcleos, con los sensores de los nodos 100 de monitorización colocados adecuadamente en diferentes puntos de monitorización de todos los núcleos.

50 Incluso si en la figura 6 se muestran a modo de ejemplo cinco nodos 100 de monitorización, quedará claro que el sistema de cable puede comprender más o menos de cinco nodos de monitorización, dependiendo de las

necesidades y la longitud que se va a cubrir por el sistema de cable.

Un ejemplo de sistema de cable comprende hasta 256 nodos de monitorización, a una distancia de 50 m entre sí, para cubrir una longitud de 12,8 km.

Los nodos 100 de monitorización están colocados en cascada a diferentes distancias de la unidad 12 central.

5 Preferentemente, los nodos 100 de monitorización son equidistantes. Además, la distancia entre el último nodo (nodo 5) y la unidad 12 central es, preferentemente, la misma que la distancia entre dos nodos. Esto permite que el diseño de los nodos de monitorización, en lo que concierne a los parámetros de transmisión/recepción, sea el mismo.

10 En el ejemplo mencionado anteriormente, la distancia entre dos nodos y entre el último nodo y la unidad 12 central es de 50 m.

La unidad 12 central está posicionada, preferentemente, al final de la cascada de nodos 100 de monitorización. La unidad central se puede posicionar en un pozo de acceso (por ejemplo, subterráneo) o en una subestación de derivación (que puede ser subterránea o sobre el suelo, por ejemplo, en un edificio), en la que la conexión a una fuente de energía principal y/o la estación 10 de procesamiento remota es, habitualmente, más fácil.

15 La unidad 12 central se puede conectar a un módem o a un enrutador (no mostrado), por ejemplo, a través de una conexión por cable.

La unidad 12 central actúa como interfaz entre el último nodo (por ejemplo, el nodo 5) y la estación 10 de procesamiento remota.

20 La unidad central, especialmente cuando está conectada a una fuente de energía principal, puede operarse siempre en modo activo.

En la realización de la figura 8, el nodo 100 de monitorización comprende una placa 160 electrónica y una pluralidad de sensores 169.

25 La placa 160 electrónica comprende un microprocesador 162 programable de baja energía, una batería 164 de respaldo, una pluralidad de conectores 166 para los sensores 169, un transceptor 168 inalámbrico y de baja energía y un conector 161 de suministro de energía.

Un microprocesador de baja energía es, ventajosamente, un microprocesador que opera con un consumo de menos de 200 mW, preferentemente menos de 100 mW.

30 Como se ha mostrado anteriormente con referencia a las tablas 6-8, el aparato 200 de la invención permite obtener niveles de energía de 100-200 mW para corrientes de cable razonablemente bajas (por ejemplo, 100-150 A), que pueden ser de utilidad práctica para suministrar los nodos 100 de monitorización.

El transceptor 168 de baja energía comprende un sistema de antena para la recepción/transmisión de señales de RF. Además, está adaptado para convertir las señales de RF recibidas por el sistema de antena en señales eléctricas y para convertir las señales eléctricas en señales de RF que se van a transmitir por el sistema de antena.

35 Por ejemplo, el microprocesador y el transceptor se pueden integrar en un módulo XBee de 2,4 GHz de la compañía Digi International.

El conector 161 del suministro de energía está adaptado para ser conectado a las dos terminaciones eléctricas del enrollamiento de uno de los aparatos 200.

40 La función de la batería 164 de respaldo consiste, ventajosamente, en acumular la energía eléctrica generada por el aparato 200, cuando excede la energía necesaria para suministrar el nodo 100 de monitorización y, posteriormente, para suministrar el nodo 100 de monitorización con la energía acumulada, en caso de necesidad futura (por ejemplo, cuando no fluye ninguna corriente o corriente baja a lo largo del núcleo 14). En esta realización, en caso de fallo de la batería 164 de respaldo, el nodo de monitorización puede continuar siendo suministrado por el aparato 200 cada vez que fluya una corriente mínima a lo largo del núcleo 14.

45 La placa 160 electrónica comprende además, de manera ventajosa, un sistema de protección (no mostrado) para evitar daños causados por altos voltajes y/o altas corrientes que pueden inducirse durante cortocircuitos de las líneas de energía. Un sistema de protección puede comprender al menos un descargador de sobretensiones. Además, con el fin de evitar daños por altas tensiones y/o altas corrientes, el conector 161 de suministro tiene, preferentemente, dos clavijas separadas de al menos 5 mm. La placa 160 electrónica comprende además, ventajosamente, un circuito rectificador (no mostrado) que convierte la corriente alterna (CA) proveniente del aparato 200 en corriente continua (CC), que es adecuada para ser utilizada por los diversos componentes de la placa 160 electrónica.

Según una realización (no mostrada), el aparato 200 puede conectarse a la placa electrónica a través de un circuito rectificador y una batería.

5 En este caso, la placa electrónica se suministra con la intermediación de la batería, siendo la función del circuito rectificador la de convertir la corriente alterna (CA) del aparato 200 a corriente continua (CC), que se suministra a la batería.

Sin embargo, en esta realización, en caso de fallo de la batería, el nodo de monitorización deja de ser suministrado por el aparato 200, hasta que se reemplaza o repara la batería.

El microprocesador 162 está adaptado para adquirir información de los diferentes sensores 169 conectados a los conectores 166.

10 Los sensores 169 están adaptados para medir al menos un parámetro del sistema de cable (por ejemplo, del núcleo 14).

Los sensores pueden ser del tipo conocido para detectar, por ejemplo, la temperatura ambiente, la humedad ambiental, la temperatura del cable de superficie, la inundación de agua, la corriente del cable y otros parámetros de interés, especialmente para evaluar el rendimiento general del sistema de cable.

15 Ventajosamente, cada nodo 100 de monitorización está adaptado para operar alternativamente según un modo inactivo y un modo activo.

Durante el modo inactivo, el nodo de monitorización está en un estado de reposo en el que no se realizan operaciones de recepción, transmisión y adquisición.

20 En modo activo, el microprocesador 162 del nodo 100 de monitorización está adaptado para adquirir la información medida por los diversos sensores 169 conectados a los conectores 166 y para convertir dicha información para generar datos de salida adaptados para ser transmitidos por el transceptor 168, según un determinado protocolo de comunicación.

25 En el modo activo, el microprocesador 162 también está adaptado para recibir del nodo de monitorización ascendente, a través del transceptor 168, los datos de salida generados por el nodo de monitorización ascendente y por otros nodos de monitorización ascendente de la cascada, si los hay.

Además, en el modo activo, el microprocesador 162 también está adaptado para enviar al nodo de monitorización descendente, si lo hubiera, a través del transceptor 168, los datos de salida recibidos desde el nodo de monitorización ascendente y los datos de salida generados en el propio nodo de monitorización.

30 Por ejemplo, en la realización mostrada en la figura 6, el nodo 0, que es el primer nodo de la cascada, está adaptado, en modo activo, para adquirir la información medida por sus propios sensores; convertir dicha información en datos de salida adecuados; y transmitir dichos datos de salida al nodo 1.

35 El nodo 1, cuando está en modo activo, está adaptado para recibir los datos de salida del nodo 0; para adquirir la información medida por sus propios sensores; para convertir dicha información en datos de salida adecuados; y para transmitir al nodo 2 tanto los datos de salida recibidos desde el nodo 0 como los datos de salida generados por el propio nodo 1.

El nodo 2, cuando está en modo activo, está adaptado para recibir los datos de salida del nodo 1 (que comprenden tanto los datos generados por el nodo 0 como los datos generados por el nodo 1); para adquirir la información medida por sus propios sensores; para convertir dicha información en datos de salida adecuados; y para transmitir al nodo 3 tanto los datos de salida recibidos desde el nodo 1 como los datos de salida generados por el propio nodo 2.

40 Los nodos 3 y 4 actuarán de manera similar al nodo 2.

45 El nodo 5, que es el último nodo de la cascada, se adapta, cuando está en modo activo, para recibir los datos de salida del nodo 4 (que comprenden todos los datos de salida generados por el nodo 0 al nodo 4); para recoger la información adquirida por sus propios sensores; para convertir dicha información en datos de salida adecuados; y para transmitir a la unidad 12 central tanto los datos de salida recibidos desde el nodo 4 como los datos de salida generados por el propio nodo 5.

La unidad 12 central está adaptada para recibir desde el último nodo (por ejemplo, desde el nodo 5) los datos de salida generados por todos los nodos 100 de monitorización, y procesar dichos datos de salida para enviarlos, a través de un módem o enrutador, a la estación de procesamiento remota, según un protocolo de comunicación predeterminado.

50 A su vez, la estación 10 de procesamiento remota está adaptada para procesar, según técnicas convencionales, los datos recibidos desde la unidad 12 central y para realizar el almacenamiento, análisis y visualización de datos (utilizando normalmente una interfaz legible por el ser humano) y generación de alarmas, cuando sea necesario.

Ventajosamente, la estación 10 de procesamiento remota está adaptada para identificar los datos procedentes de cada sensor único de cada nodo único; fijar límites dados para cada sensor; y generar automáticamente una alarma específica cuando se excede un límite de uno de los sensores. Las alarmas se pueden transmitir por correo electrónico, mensajes SMS (Servicio de mensajes cortos), llamadas telefónicas y similares.

5 Por consiguiente, los datos de salida generados por los diversos nodos 100 de monitorización son recogidos por la unidad 12 central haciendo que los datos de salida pasen de un nodo de monitorización a otro, comenzando desde el primer nodo de monitorización hasta el último nodo de monitorización de la cascada. A su vez, el último nodo de monitorización está conectado a la unidad 12 central para enviarle los datos de salida generados por todos los nodos 100 de monitorización.

10 De esta manera, la longitud de los enlaces de datos utilizados para transmitir los datos de salida se reduce con respecto a un sistema en el que cada nodo está conectado directamente a un controlador central, que está posicionado al final de la secuencia de los nodos 100 de monitorización.

Con el fin de evitar la pérdida de información importante y para minimizar el tiempo de espera de un nodo de monitorización para recibir los datos de salida de un nodo de monitorización ascendente, los nodos de monitorización operan de manera ventajosa alternativamente en un modo inactivo y en un modo activo según las tramas de tiempo sincronizadas.

15 Ventajosamente, los nodos de monitorización están adaptados para llevar a cabo un proceso de sincronización automática y un proceso para mantener automáticamente la sincronización.

Según una realización del proceso de sincronización automática, cuando los nodos de monitorización no están sincronizados (por ejemplo, cuando el sistema de monitorización comienza a funcionar por primera vez o cuando el reloj interno de un nodo de monitorización no funciona correctamente), el primer nodo de monitorización de la cascada (por ejemplo, el nodo 0) está adaptado para operar, alternativamente, en un modo inactivo y en un modo activo con un período T (que indica el tiempo entre el inicio de dos modos activos consecutivos) mientras que los otros nodos de monitorización (por ejemplo, los nodos 1, 2 3, 4 y 5) operan con un periodo T1. Con el fin de facilitar el proceso de sincronización, T1 es, preferentemente, menor que T. Por ejemplo, T = 6 segundos y T1 = 5 segundos. Además, todos los nodos de monitorización permanecen, inicialmente, en modo activo durante un tiempo Ta. Preferentemente,  $T_a \ll T_1$  y T. Por ejemplo, Ta = 100 ms.

Después, como se muestra en la figura 9, cuando está en modo activo, el primer nodo de monitorización (por ejemplo, el nodo 0) comienza a enviar los datos de salida generados por sí mismo al segundo nodo (por ejemplo, nodo 1). Si el primer nodo de monitorización no recibe un mensaje ACK (que indica la recepción de datos) del segundo nodo, el primer nodo de monitorización envía los mismos datos al segundo nodo varias veces (por ejemplo, 4 veces).

35 Cuando el segundo nodo recibe los datos de salida del primer nodo de monitorización, comienza a operar con un período T y envía los datos de salida generados por sí mismo, junto con los datos de salida recibidos por el primer nodo, al tercer nodo (por ejemplo, el nodo 2). Si el segundo nodo de monitorización no recibe un mensaje ACK del tercer nodo, el segundo nodo de monitorización envía los mismos datos al tercer nodo varias veces (por ejemplo, 4 veces).

40 Cuando el tercer nodo recibe los datos de salida del segundo nodo de monitorización, comienza a operar con un período T y envía los datos de salida generados por sí mismo, junto con los datos de salida recibidos por el segundo nodo, al cuarto nodo (por ejemplo, el nodo 3).

El proceso anterior continúa hasta que también se sincroniza el último nodo de monitorización (por ejemplo, el nodo 4 en la figura 3).

Una vez sincronizados, los nodos de monitorización operan en modo inactivo y modo activo con un período T.

45 Durante el modo activo, cada nodo de monitorización primero espera recibir los datos de salida del nodo de monitorización ascendente. Luego, después de recibir los datos de salida, se transmiten al nodo de monitorización descendente junto con los datos de salida generados por sí mismo.

La figura 10a muestra una realización del proceso para mantener automáticamente la sincronización entre los nodos de monitorización. En el bloque 400, el nodo de monitorización N pasa de un modo inactivo a un modo activo y espera la recepción de los datos de salida del nodo de monitorización ascendente N-1. En el bloque 401, el nodo de monitorización N verifica la recepción de datos de salida del nodo de monitorización ascendente N-1.

50 Si no se reciben datos de salida dentro del tiempo Ta, entonces, en el bloque 408, el nodo de monitorización pasa al modo inactivo hasta que transcurre el tiempo T1, comenzando desde el momento en que el nodo de monitorización se ha activado en el bloque 400.

Si los datos de salida se reciben dentro del tiempo  $T_a$ , entonces el nodo de monitorización N envía al nodo de monitorización descendente N+1 los datos de salida recibidos desde el nodo de monitorización ascendente N-1, junto con los datos de salida generados por sí mismo (bloque 402).

Preferentemente,  $T_a \ll T_1$ , T. Por ejemplo,  $T_a = 100$  ms.

- 5 Después de enviar los datos de salida, en el bloque 403, el nodo de monitorización N verifica la recepción de un mensaje ACK desde el nodo de monitorización descendente N+1.

Si se recibe el mensaje ACK, el procedimiento pasa al bloque 405.

- 10 Si no se recibe un mensaje ACK, en el bloque 404, el nodo de monitorización N verifica si se ha excedido el número máximo de intentos Max (por ejemplo,  $Max = 4$ ) para enviar los datos de salida al nodo de monitorización descendente N+1. En el caso negativo, el procedimiento vuelve al bloque 402. En el caso positivo, el procedimiento pasa al bloque 409.

- 15 En el bloque 405, el nodo de monitorización N se adapta, ventajosamente, para verificar si un número R es mayor que 1, en el que el número R indica el número de intentos realizados por el nodo de monitorización N-1 para enviar los datos de salida al nodo de monitorización N, antes de que el nodo de monitorización N reciba los datos de salida en el bloque 401.

Si  $R > 1$ , entonces en el bloque 406, el nodo de monitorización N pasa en modo inactivo hasta que el tiempo  $T - T_{inc}$  caduque, comenzando desde el momento en que el nodo de monitorización se ha activado en el bloque 400.

- 20 Si  $R < 1$  (por ejemplo, si  $R = 0$ ), entonces, en el bloque 407, el nodo de monitorización N se adapta, ventajosamente, para verificar el tiempo transcurrido entre el momento en que el nodo de monitorización N se ha activado en el bloque 400 y el momento en que el nodo de monitorización N ha recibido los datos de salida del nodo de monitorización ascendente N-1 en el bloque 401.

Si el tiempo de espera  $T_w$  es mayor que un umbral predeterminado ( $T_h$ ), en el bloque 410, el nodo de monitorización N pasa en modo inactivo hasta que transcurre el tiempo de  $T + T_{inc}$ , comenzando desde el momento en que el nodo de monitorización se ha activado en el bloque 400.

- 25 Si el tiempo de espera  $T_w$  no es superior al umbral predeterminado ( $T_h$ ), el procedimiento pasa al bloque 409.

En el bloque 409, el nodo de monitorización N pasa en modo inactivo hasta que transcurre un tiempo T, comenzando desde el momento en que el nodo de monitorización se ha activado en el bloque 400.

Por ejemplo,  $T_h$  es igual a 5 ms.

- 30 Preferentemente,  $T_{inc} \ll T_a$ . Esto permite que el proceso de mantenimiento de sincronización del nodo de monitorización N se realice en pequeños pasos que no comprometan la sincronización de los otros nodos de monitorización. Por ejemplo,  $T_{inc}$  es igual a 1 ms.

La verificación en el bloque 405 tiene el propósito de minimizar el número de intentos realizados por el nodo de monitorización N-1 para enviar datos de salida al nodo de monitorización N y, por lo tanto, reducir el consumo de energía del nodo N-1.

- 35 La verificación en el bloque 407 tiene el propósito de minimizar el tiempo de espera  $T_w$  para recibir los datos de salida desde el nodo de monitorización ascendente N-1. De esta manera, la duración de un modo activo se puede reducir ventajosamente y el consumo de energía del nodo de monitorización se reduce aún más.

- 40 Según una realización preferente, que se muestra esquemáticamente en la figura 10b, en caso de que la verificación en el bloque 401 sea negativa, el nodo de monitorización N también se adapta ventajosamente para verificar en el bloque 401' si el número de intentos realizados para recibir datos de salida directamente del nodo de monitorización ascendente N-1 es más bajo que un límite superior UL. En el caso positivo, el procedimiento pasa al bloque 408. En el caso negativo, antes de pasar al bloque 408, en el bloque 401", el nodo de monitorización N está configurado para permitirle recibir datos de salida desde el nodo de monitorización ascendente N-2.

- 45 Incluso si no se muestra, el mismo procedimiento podría extenderse para cubrir también el caso en el que el número de intentos realizados para recibir datos de salida desde el nodo de monitorización ascendente N-2 haya alcanzado un límite superior UL, y así sucesivamente.

Se observa que, por razones de conveniencia, en la figura 10b, no se muestran los bloques 402 a 407.

La realización de la figura 10b permite, ventajosamente, afrontar automáticamente un posible fallo de un nodo de la cascada para que el proceso de recopilación de datos pueda continuar incluso en caso de un fallo de nodo.

En la realización preferente de la figura 10b, los nodos de monitorización y los enlaces de datos se configurarán para permitir que un nodo de monitorización N reciba datos de al menos un nodo de monitorización N-2 que precede al nodo de monitorización N-1 directamente ascendente.

5 Ventajosamente, en caso de fallo de un nodo de monitorización, el servidor remoto, que detecta una ausencia de datos provenientes de dicho nodo, puede adaptarse para generar una alarma adecuada.

10 En vista de la descripción anterior, quedará claro que en la presente descripción y las reivindicaciones, las expresiones "nodo de monitorización ascendente" y "nodo de monitorización descendente" se utilizan ventajosamente para indicar el primer funcionamiento (no fallado) el nodo de monitorización ascendente y el primer nodo de monitorización descendente en funcionamiento (no fallado), respectivamente. De manera similar, la expresión "último nodo de monitorización" se usa ventajosamente para indicar el último nodo de monitorización en funcionamiento (no fallado) de la cascada.

En la realización mostrada en la figura 6, los nodos 100 de monitorización se comunican entre sí a través de enlaces de datos inalámbricos de RF.

15 Asimismo, el último nodo 100 de monitorización (nodo 5) y la unidad 12 central se comunican entre sí a través de un enlace de datos inalámbrico de RF.

Los enlaces de datos de RF suelen ser ventajosos en comparación con los enlaces por cable porque reducen el tiempo y el costo de instalación.

Según una realización, el cable que comprende el núcleo 14 es un cable terrestre. Para permitir el uso de enlaces de datos de RF entre los nodos 100 de monitorización, el cable terrestre se posiciona ventajosamente en túneles.

20 Por ejemplo, las comunicaciones a través de los enlaces de datos de RF se realizan según un protocolo estándar como el protocolo IEEE 802.15.4, que opera a 2,4 GHz.

Según este protocolo, los datos se envían a través de tramas de datos de 123 bytes y la multiplexación de tiempo se usa para poner los datos de cada nodo de monitorización en esta trama de datos, según técnicas bien conocidas en la técnica.

25 En particular, cada trama de datos será generado por el primer nodo y cada nodo de monitorización se adaptará para poner sus propios datos de salida en la trama de datos recibida desde el nodo de monitorización ascendente y para transmitir la trama de datos, que contenga sus propios datos de salida y los datos de salida de los nodos de monitorización ascendente, al siguiente nodo hasta que se alcanza el último nodo. Además, cada nodo de monitorización, antes de transmitir la trama de datos, se adaptará para actualizar un campo de "dirección de remitente" de la trama de datos para identificarse (por ejemplo, utilizando un identificador adecuado) como emisor de la trama de datos en lugar del nodo de monitorización ascendente desde el que ha recibido el paquete.

30 La figura 11 muestra un ejemplo de una trama de datos de 123 bytes que contiene 10 paquetes (de 0 a 9), cada uno de 12 bytes de longitud; un terminador de trama de 2 bytes de longitud; y una dirección de remitente de 1 bytes de longitud. El terminador de trama indica el final de una trama de datos, mientras que la dirección del remitente está adaptada para contener la dirección del nodo actual que envía la trama de datos a un nodo descendente.

Desde luego, se pueden usar períodos de datos de más o menos de 123 bytes.

40 Cada paquete puede comprender, por ejemplo, valores reales de los parámetros detectados por los sensores del nodo de monitorización; información de servicio (como información que indica qué subconjunto de nodos puede insertar datos en la trama de datos actual; el número R mencionado anteriormente, que indica el número de intentos realizados por el nodo de monitorización para enviar los datos de salida al nodo de monitorización descendente; y similares); y datos indicativos de la calidad de las transmisiones de datos/ACK entre nodos.

45 En un sistema con más de 10 nodos de monitorización, se puede proporcionar que solo un subconjunto (que comprende como máximo 10 nodos de monitorización) a la vez se adapte para colocar sus propios datos de salida en una trama de datos. Por ejemplo, con 20 nodos de monitorización, se puede prever que, por primera vez, solo los nodos de monitorización 0 a 9 ponen sus propios datos de salida en una trama de datos, propagándose los nodos 10 a 19 entre sí en la trama de datos hasta el último nodo de monitorización. Por segunda vez, los nodos 0 a 9 solo se propagarán entre sí en la trama de datos, mientras que los nodos 10 a 19 (además de propagarse entre sí en la trama de datos hasta el último nodo de monitorización) también colocarán sus propios datos de salida en la trama de datos. Como se ha divulgado anteriormente, la información sobre qué subconjunto de nodos puede insertar datos en el período de datos actual estará contenida en la trama de datos, como información de servicio. Además, cada nodo, a su vez, coloca sus propios datos de salida en un paquete correspondiente de la trama de datos (por ejemplo, el nodo 0 en el paquete 0, el nodo 1 en el paquete 1 y así sucesivamente).

La unidad 12 central y la estación 10 de procesamiento remota pueden comunicarse entre sí a través de un enlace de datos al menos en parte inalámbrico.

Por ejemplo, las comunicaciones entre la unidad 12 central y la estación 10 de procesamiento remota se realizan en parte a través de una red 1 GSM/GPRS.

5 Incluso si no se muestran, los aparatos de la invención para generar energía eléctrica también se pueden usar en una subestación (por ejemplo, una subestación urbana) que comprende partes terminales de una pluralidad de sistemas de cable que pertenecen a diferentes sistemas de transmisión de energía eléctrica (en los que, por ejemplo, cada sistema de cable es un sistema trifásico que comprende al menos tres conductores eléctricos aislados, enfundados individualmente). En este caso, la cascada de nodos de monitorización se puede montar en la subestación para monitorizar las partes terminales de la pluralidad de sistemas de cable y los aparatos de la invención se pueden usar para suministrar eléctricamente al menos una porción de dichos nodos de monitorización.

10 Los nodos de monitorización pueden, por ejemplo, montarse de manera que cada parte del terminal que se va a monitorizar esté acoplada a al menos uno de los nodos de monitorización de la cascada.

En una realización (no mostrada), los nodos 100 de monitorización pueden comunicar datos entre sí según una tecnología PLC (Power Line Communication -Comunicaciones mediante línea de potencia), explotando la capa de tamizado del núcleo 14 (por ejemplo, el tamiz 145 metálica de la figura 5). En particular, cada nodo 100 de monitorización puede estar provisto de un transceptor electromagnético que comprende una bobina. De esta manera, una corriente alterna que fluye a lo largo de la bobina producirá un campo magnético que induce un voltaje variable en la capa tamizada del núcleo 14. A su vez, una corriente alterna que fluye a lo largo de la capa tamizada del núcleo 14 producirá un campo magnético que induce un voltaje variable en la bobina del transceptor electromagnético del nodo de monitorización.

15

20 Esta realización puede ser particularmente útil cuando las comunicaciones de RF no se pueden usar como, por ejemplo, en el caso de cables terrestres enterrados.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de cable que comprende un cable de CA que comprende un núcleo (14) y un aparato (200) para generar energía eléctrica, comprendiendo el aparato
- 5       - un cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal del cable de CA; y  
       - al menos un enrollamiento (220) eléctricamente conductor enrollado alrededor del cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco que formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco;
- en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una porción de dicho núcleo (14),
- 10 **caracterizado porque** el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende en un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.
2. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el cable de CA es terrestre, submarino o del tipo de aerogenerador.
3. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el núcleo (14) comprende un conductor (105) eléctrico rodeado por al menos una capa (120) aislante y al menos una funda (150, 155) protectora.
- 15 4. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está fijado sobre una porción de una superficie externa de una capa (155) más externa del núcleo (14).
5. Sistema de cable según la reivindicación 1, que comprende al menos un aparato (200) adicional para generar energía eléctrica, teniendo dicho al menos un aparato adicional el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco asociado, operativamente, con el cable de CA para rodear una porción adicional del núcleo (14).
- 20 6. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el cable de CA comprende al menos un núcleo (14) adicional.
7. Sistema de cable según la reivindicación 6, en el que el núcleo (14) y el al menos un núcleo (14) adicional comprenden, cada uno, un conductor (105) eléctrico aislado y enfundado individualmente.
- 25 8. Sistema de cable según la reivindicación 7, en el que el núcleo (14) y el al menos un núcleo (14) adicional descansan con al menos parte de su superficie exterior adyacente a o en contacto entre sí.
9. Sistema de cable según la reivindicación 8, en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco se fija sobre una porción libre de la superficie exterior de uno de los núcleos (14) y el al menos un núcleo (14) adicional, que no es adyacente a o en contacto con la superficie exterior del otro del núcleo (14) y el al menos un núcleo (14) adicional.
- 30 10. Sistema de cable según la reivindicación 1, que comprende además al menos un dispositivo (100) eléctrico asociado, operativamente, con el aparato (200) para generar energía eléctrica con el fin de que sea alimentado eléctricamente por el mismo.
11. Sistema de cable según la reivindicación 10, en el que el al menos un dispositivo (100) eléctrico es un dispositivo de monitorización para monitorizar al menos un parámetro del sistema de cable.
- 35 12. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco único está fabricado de un metal monolítico o de un metal en forma de una pluralidad de láminas.
13. Sistema de cable según la reivindicación 1, en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco tiene una longitud de 6 cm a 40 cm.
- 40 14. Procedimiento de generación de energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende un cable de CA que comprende un núcleo (14), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:
- 45       - asociar, operativamente, un aparato (200) con el núcleo (14), comprendiendo dicho aparato (200) un cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal del cable de CA y al menos un enrollamiento (220) eléctricamente conductor, el al menos un enrollamiento (220) eléctricamente conductor que tiene dos terminaciones (230) eléctricas y estando enrollado alrededor del cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco; y  
       - hacer que una corriente eléctrica alterna fluya a lo largo del núcleo (14) generando de este modo un campo magnético alrededor del núcleo (14) que genera una diferencia de voltaje en las dos terminaciones (230) eléctricas del al menos un enrollamiento (220) eléctricamente conductor,
- 50 **caracterizado porque** el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende según un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.

15. Aparato (200) para generar energía eléctrica en un sistema de transmisión de energía eléctrica, comprendiendo el aparato (200):

- un cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal; y
  - al menos un enrollamiento (220) eléctricamente conductor enrollado alrededor del cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco para formar vueltas en planos, sustancialmente, perpendiculares al arco;
- 5

en el que el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está, operativamente, asociado con el cable de CA para rodear una porción de dicho núcleo (14),

**caracterizado porque** el cuerpo (210) ferromagnético en forma de arco está fabricado de un único cuerpo ferromagnético en forma de arco que se extiende en un ángulo inferior a 300° y al menos igual a 180°.

10

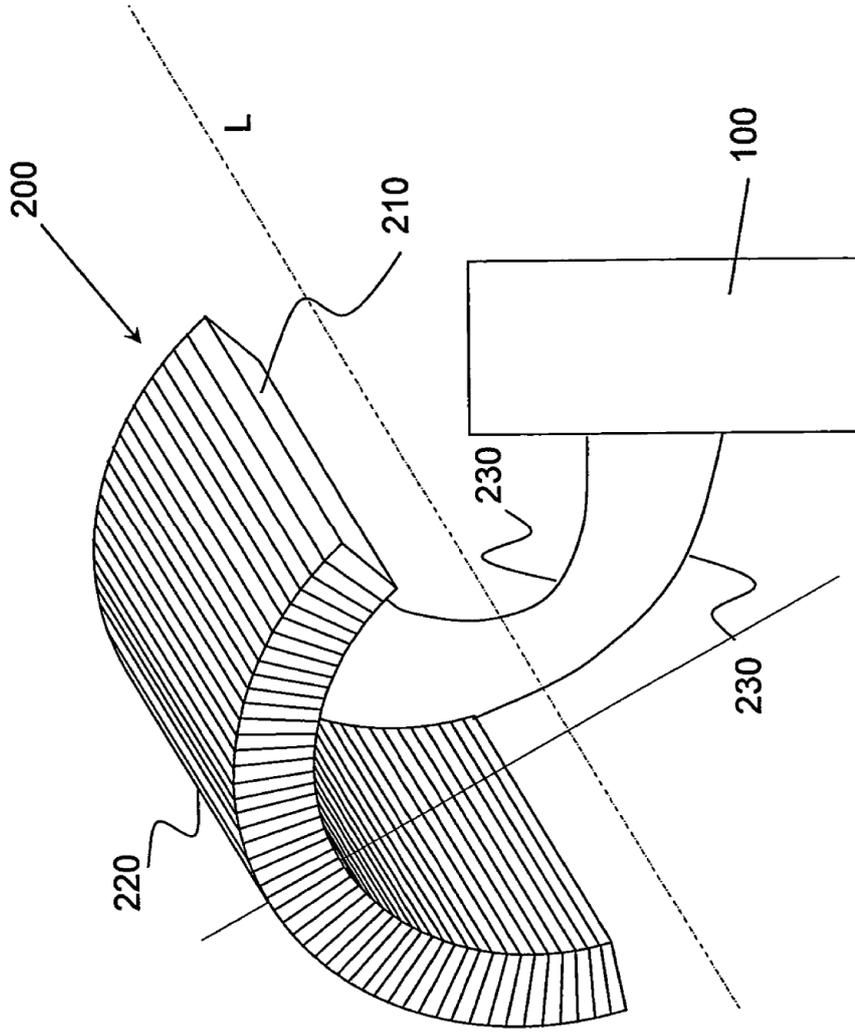


Fig. 1

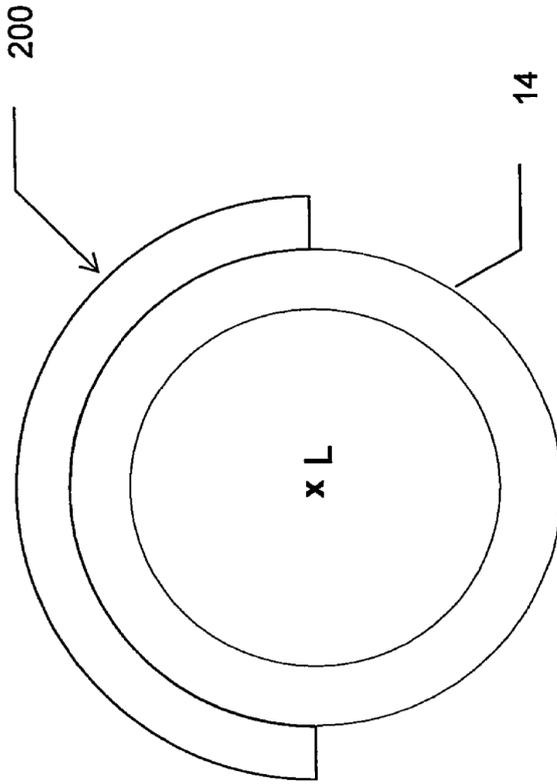
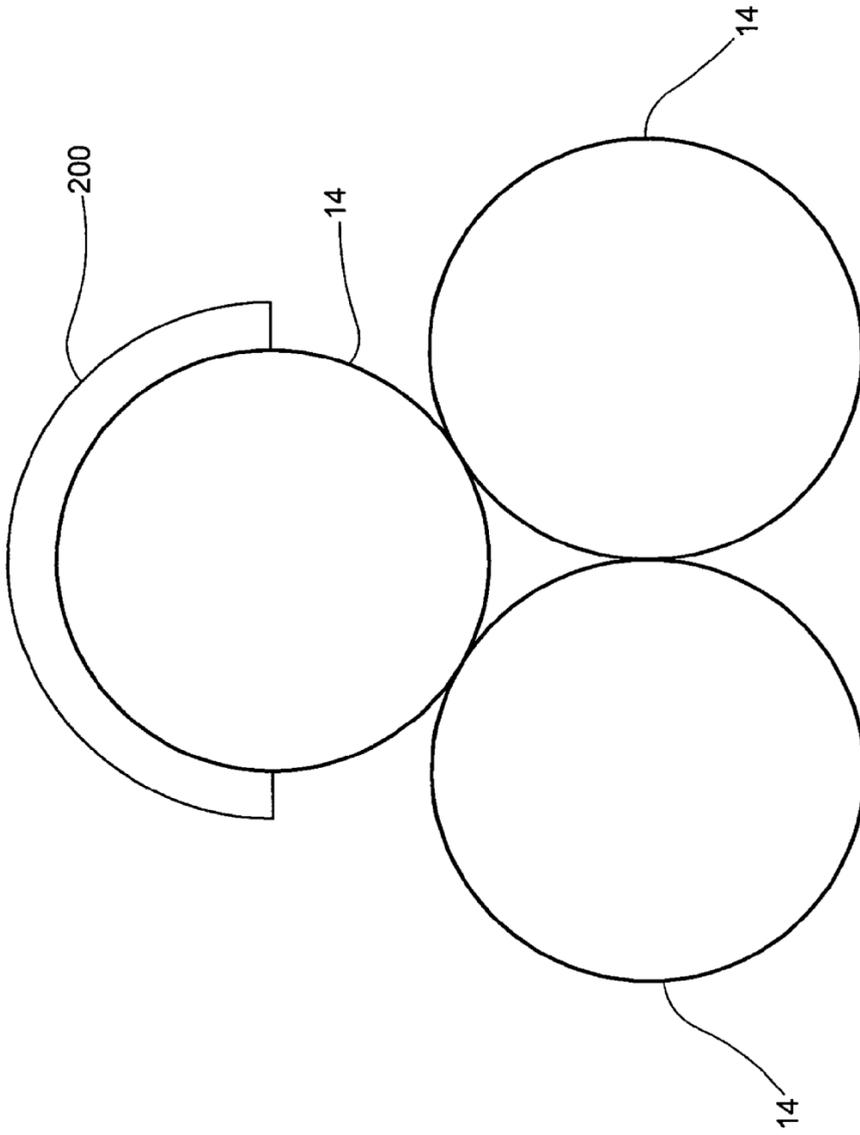
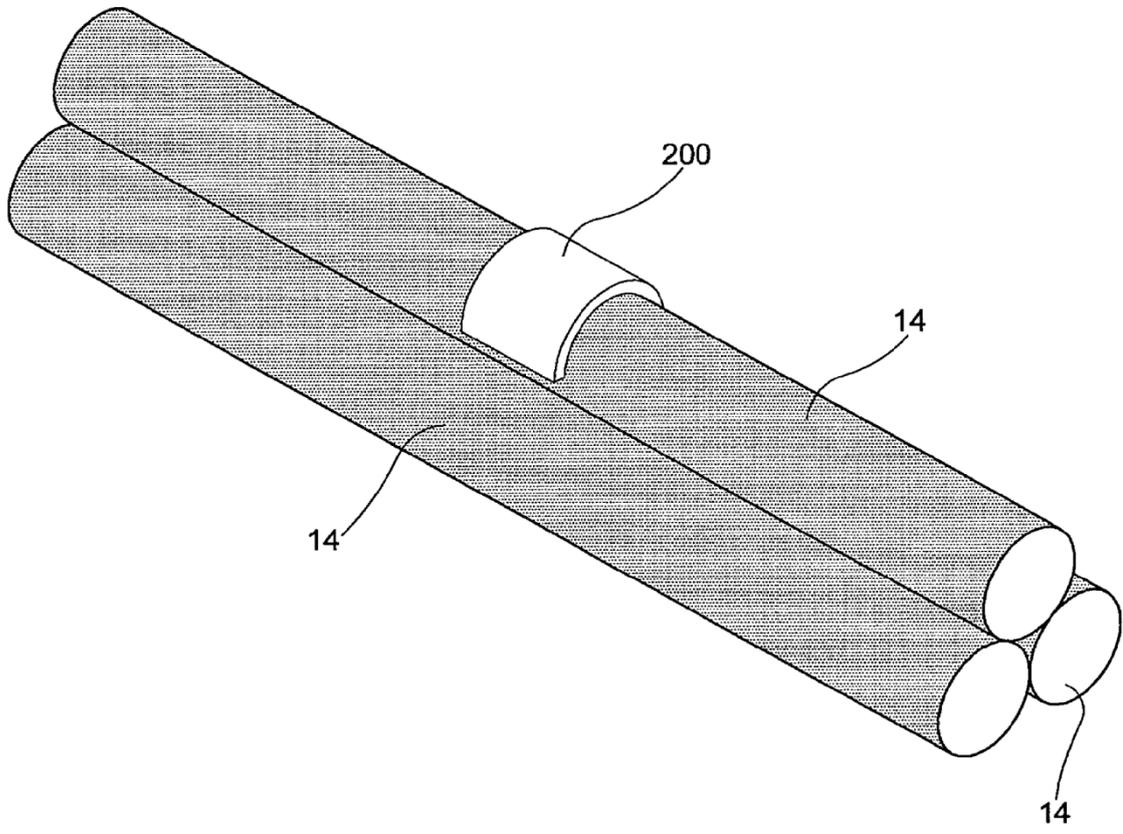


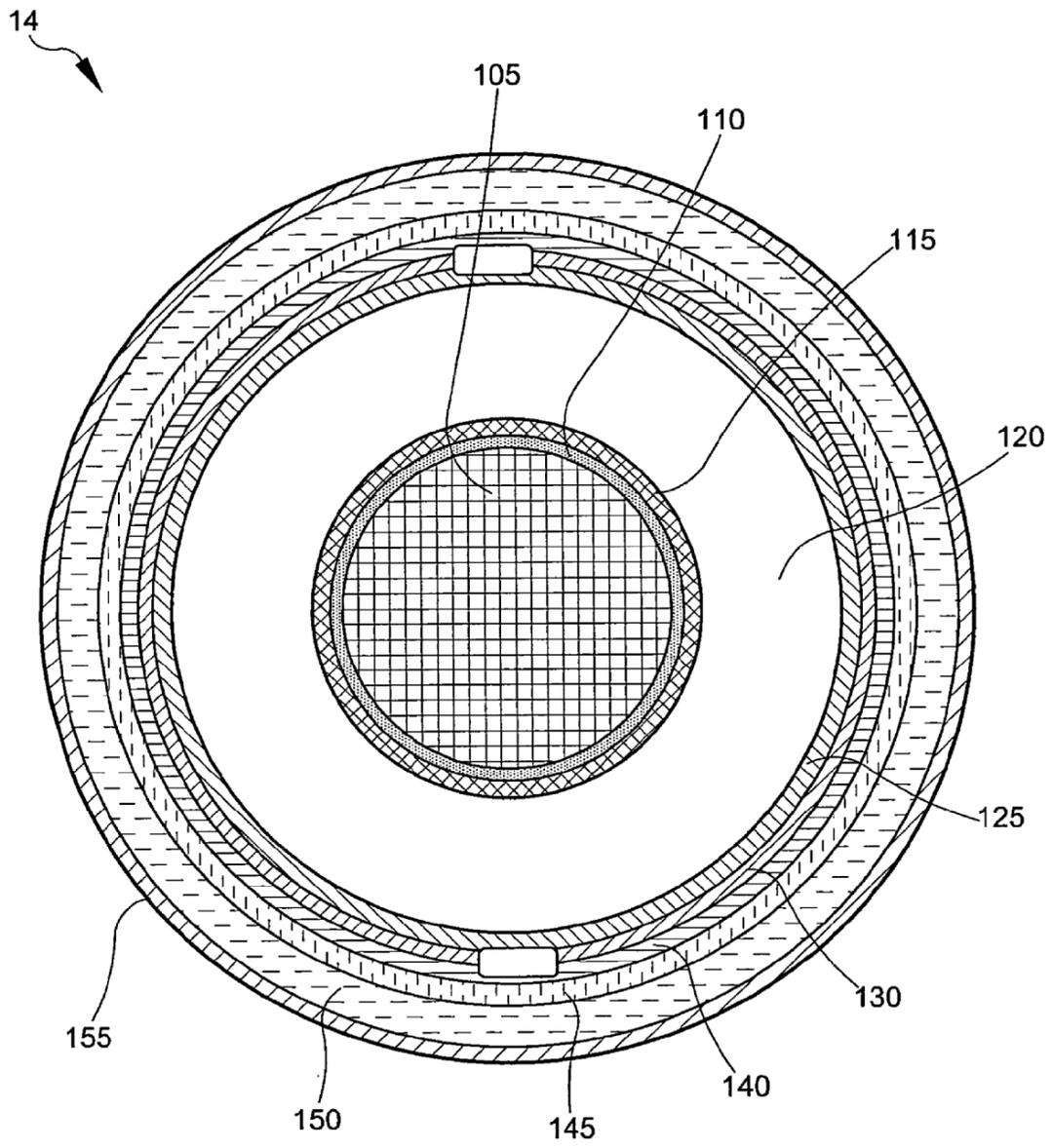
Fig. 2



**Fig.3**



**Fig.4**



**Fig.5**

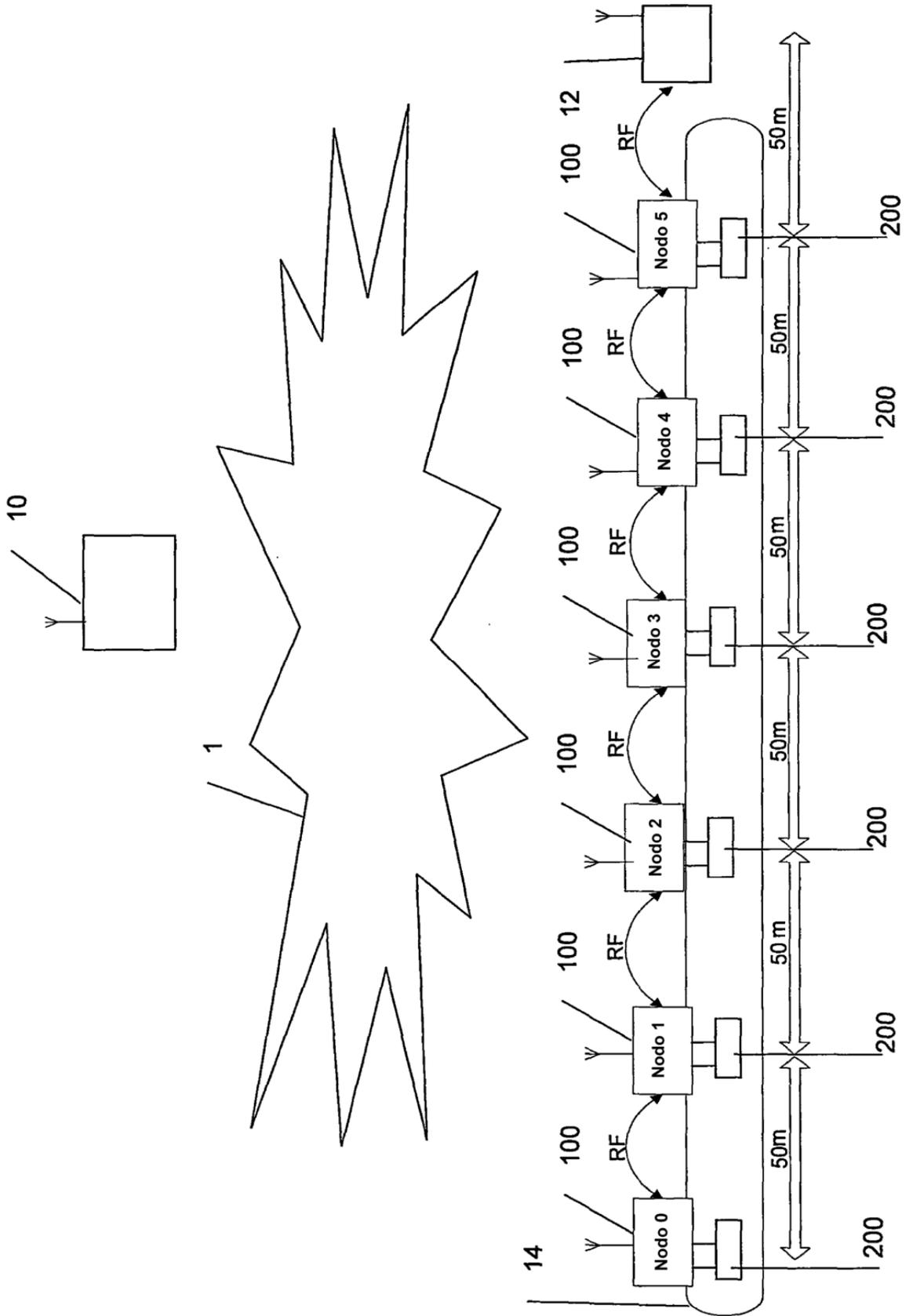
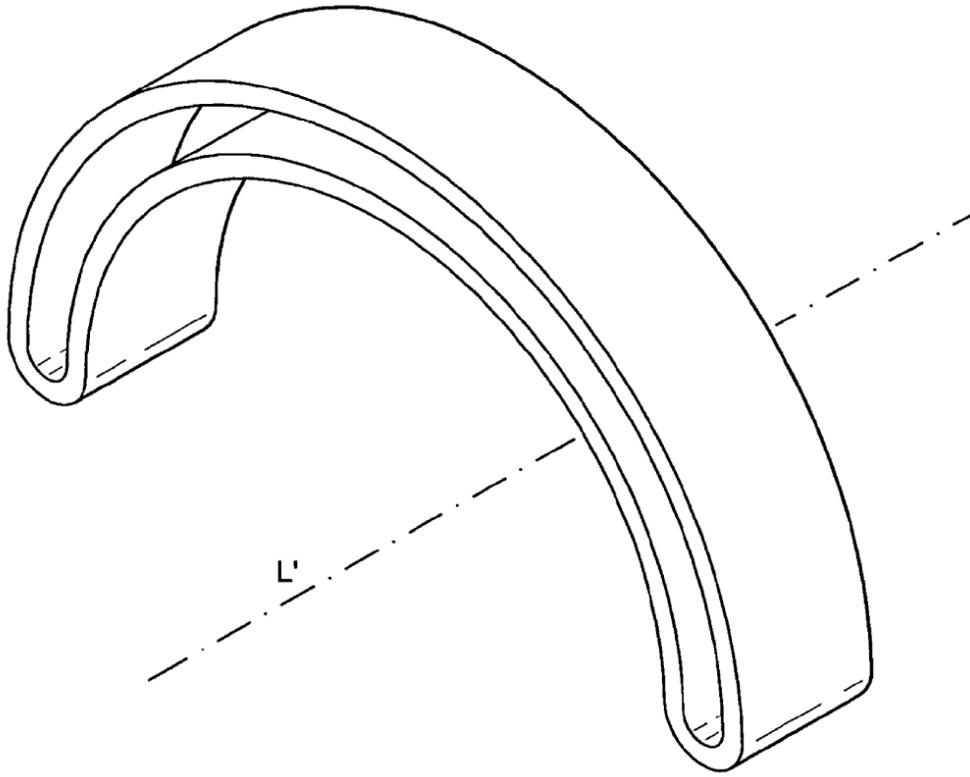
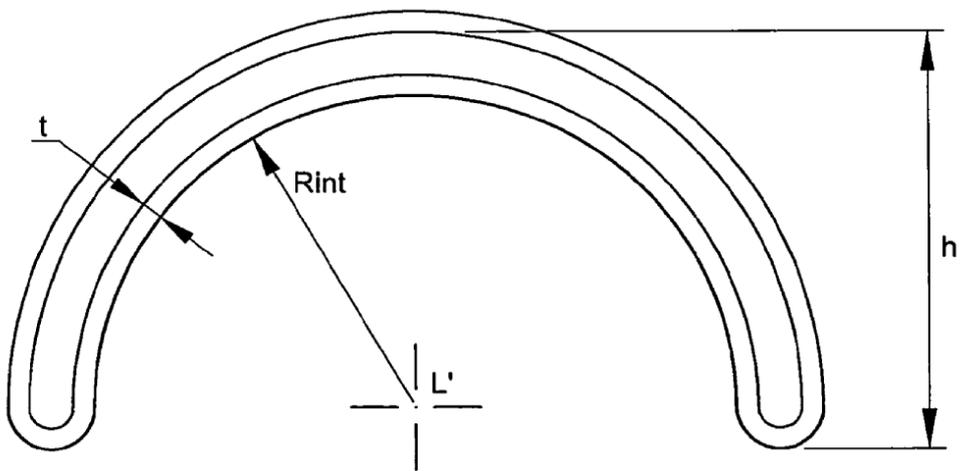


Fig.6



**Fig.7a**



**Fig.7b**



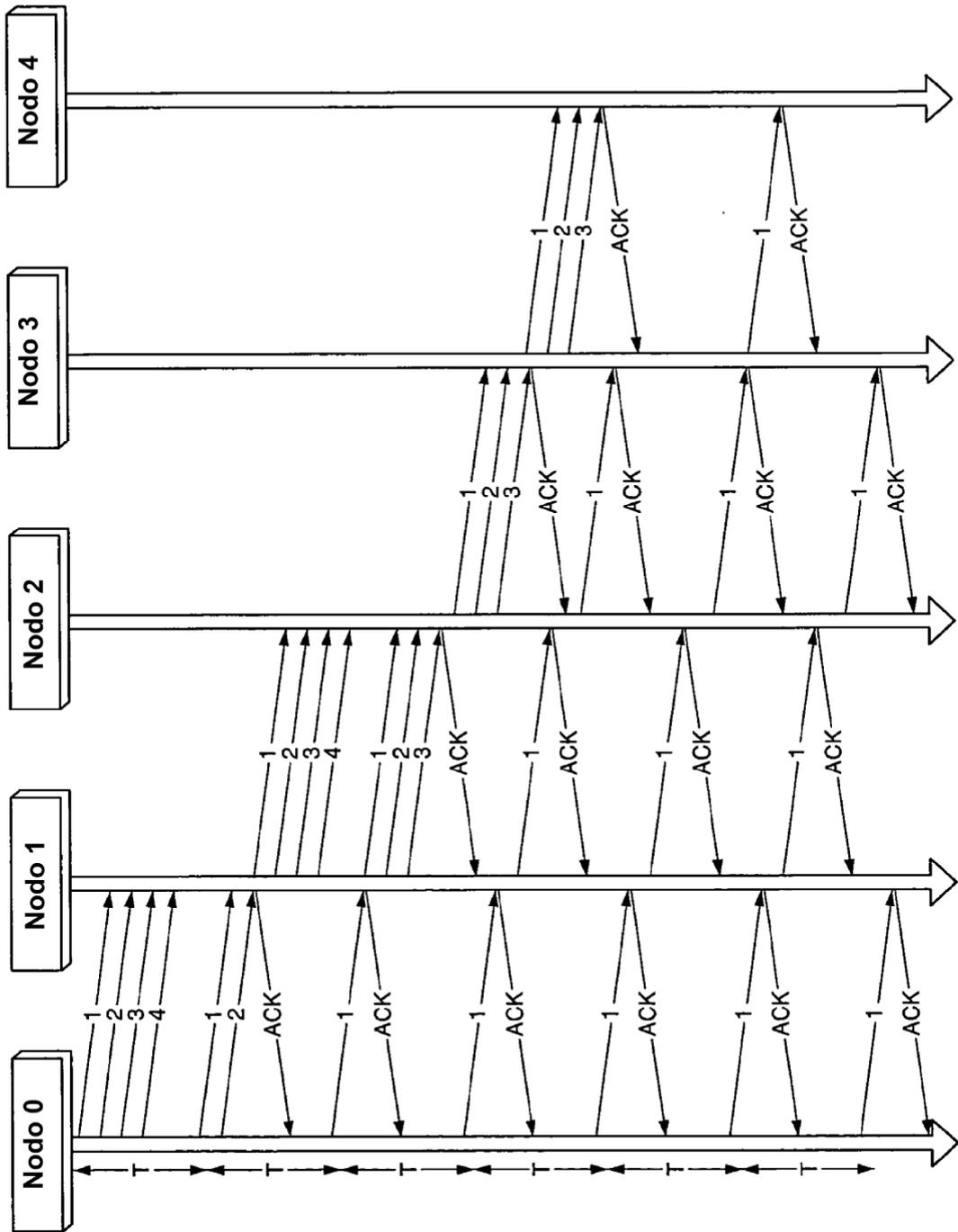


Fig.9

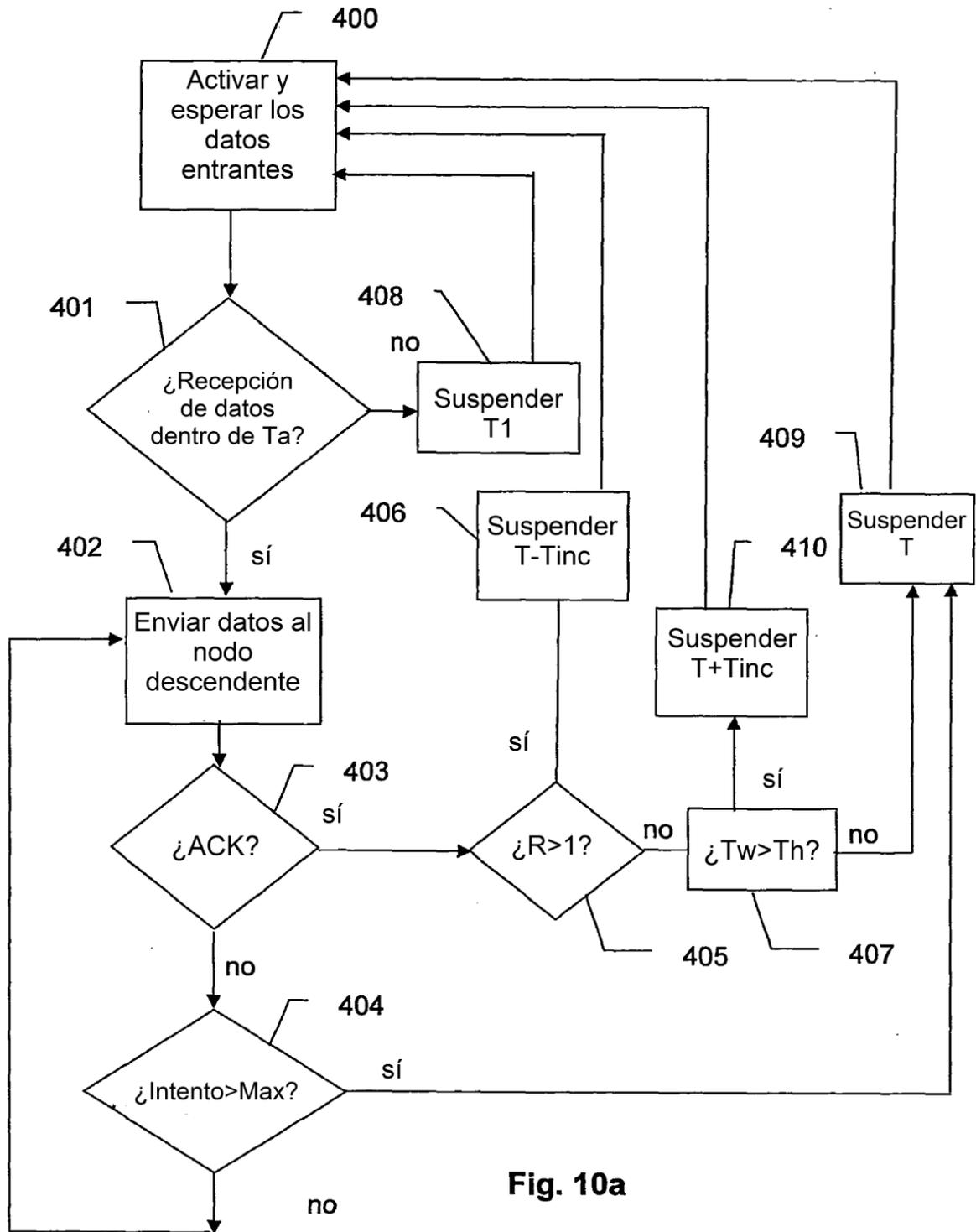


Fig. 10a

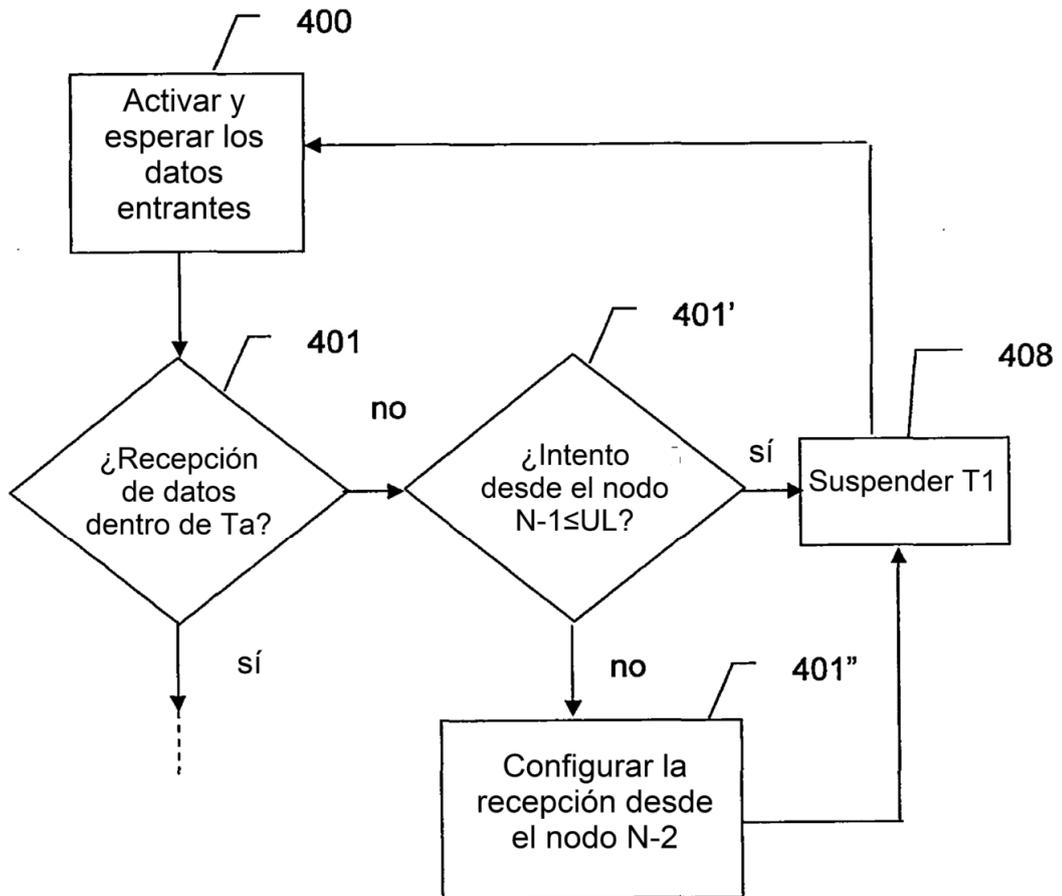
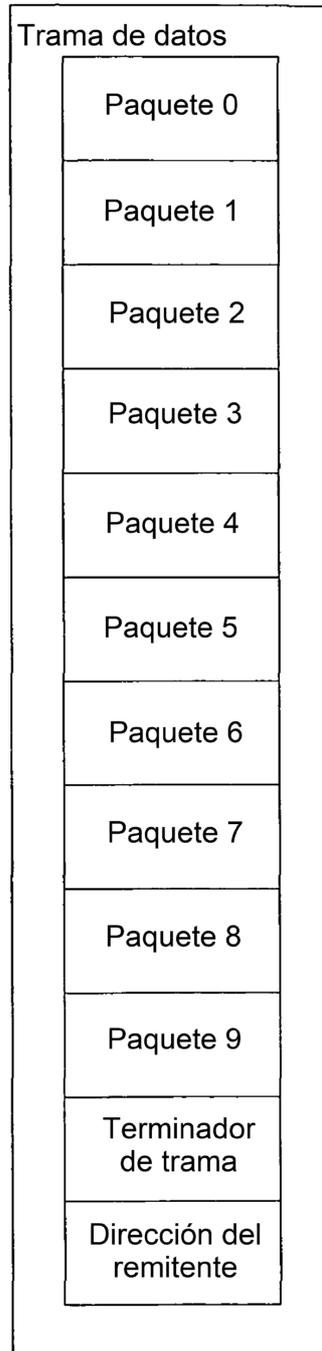


Fig. 10b



**Fig.11**