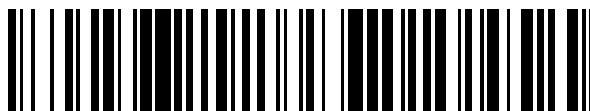


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 440 699**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/08** (2006.01)

**H02H 7/26** (2006.01)

**H02H 1/00** (2006.01)

**H04Q 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2009 E 09777542 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 2460023**

54 Título: **Procedimiento y sistema para monitorizar un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.01.2014**

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)  
Viale Sarca 222  
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 440 699 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

Procedimiento y sistema para monitorizar un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica

La presente invención versa acerca de un procedimiento y un sistema para monitorizar un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica.

5 Normalmente, la transmisión de energía eléctrica desde una central de generación de energía eléctrica se lleva a cabo por medio de sistemas de transmisión de energía eléctrica de alta tensión que pueden ser aéreos, terrestres o submarinos.

Normalmente, un sistema de transmisión de energía eléctrica comprende conductores eléctricos —ya sean aéreos, terrestres o submarinos—, conexiones y terminales.

10 Es ventajoso monitorizar diversos parámetros de un sistema de transmisión de energía eléctrica, tales como la temperatura, las descargas parciales, la presión, la tensión, la corriente, etc., durante la operación del sistema, de forma que se pueda detectar y ubicar un fallo poco después de su incidencia o, aún mejor, intentar prever un posible fallo y planificar la comprobación *in situ* adecuada.

15 El documento WO 99/58992, por ejemplo, da a conocer un sistema de monitorización de cables para transporte de energía que comprende uno o más transductores distribuidos a lo largo de un cable submarino. Cada uno de los transductores está conectado operativamente al cable submarino para la medición de parámetros operativos del cable submarino, tales como la temperatura, la presión, la tensión, la corriente, etc., y proporciona una señal de salida en respuesta a valores reales de parámetros. Un cable de datos se extiende sustancialmente en paralelo con el cable submarino. El cable de datos está conectado operativamente a los transductores por medio de unidades correspondientes de bifurcación, para la transmisión de una señal de salida a un controlador.

20 El documento WO 99/58992 expone que en el sistema de monitorización de cables para transporte de energía en el que los transductores y circuitos electrónicos asociados reciben su suministro de energía de baterías, se pueden obtener ahorros considerables de energía al diseñar los circuitos electrónicos para operar en un modo de ahorro de energía y en un modo activo. En el modo de ahorro de energía, los circuitos se encuentran en un modo inactivo y no se transmiten datos al cable de datos, y en el modo activo se convierten los valores de parámetros de los transductores en señales de datos para ser transmitidas por medio del cable de datos. La operación de los circuitos puede ser controlada por medio de un circuito temporizador incorporado en el convertidor de señales de transductor. El temporizador puede estar programado para interrogar al convertidor de señales de transductor a intervalos predeterminados de tiempo. Tras la interrogación del temporizador, el convertidor de señales de transductor cambia el modo de operación desde su modo de ahorro de energía hasta su modo activo. En el modo activo de operación, se convierte la señal de salida del transductor en una señal de datos y se transmite la señal de datos al controlador. El convertidor de señales de transductor vuelve a su modo de ahorro de energía después de que se ha transmitido la señal de datos.

35 El documento US 2009/0040039 da a conocer una red de sensores inalámbricos, adecuada para una línea de transporte de energía, en la que los sensores también actúan como nodos de comunicaciones, y cada sensor está configurado no solo para fines de monitorización, sino también para transmitir la información de otro sensor inalámbrico a un servidor. El documento US 2009/0040039 implementa modos activo e inactivo en función de la recepción de una señal de activación procedente de un nodo anterior.

40 El solicitante afrontó el problema técnico de proporcionar un sistema mejorado de monitorización para monitorizar parámetros de un sistema de cables para una transmisión de energía eléctrica.

En particular, el solicitante afrontó el problema técnico de reducir el consumo de energía en un sistema para monitorizar un sistema de cables para la transmisión de energía eléctrica.

45 Como se divulga con más detalle a continuación, el solicitante descubrió que se puede solucionar este problema por medio de un sistema de monitorización que comprende una cascada de nodos de monitorización adaptados para operar de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo, en el que los datos adquiridos por los nodos de monitorización durante modos activos son enviados hacia una unidad central al hacer que los datos pasen desde un nodo de monitorización a otro, comenzando desde los nodos de monitorización que generan los datos de salida hasta un último nodo de monitorización, que remite los datos de salida a la unidad central.

50 En consecuencia, en un primer aspecto la presente invención versa acerca de un sistema de monitorización para monitorizar parámetros de un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica, comprendiendo el sistema de monitorización una unidad central y una pluralidad de nodos de monitorización adaptados para ser colocados en distintos puntos de monitorización del sistema de cables, en el que:

- cada nodo de monitorización está adaptado para operar de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo, estando adaptado cada nodo de monitorización durante el modo activo para adquirir un valor de al menos

uno de dichos parámetros y para procesar el valor adquirido de forma que se generen datos correspondientes de salida; y

- la unidad central está adaptada para recoger los datos de salida procedentes de los nodos de monitorización;

5 caracterizado porque los nodos de monitorización están conectados en cascada y porque, durante el modo activo, cada nodo de monitorización está adaptado:

- para recibir datos de salida procedentes de un nodo corriente arriba de la cascada, si lo hay; y
- para enviar a un nodo corriente abajo, si lo hay, los datos de salida recibidos de dicho nodo corriente arriba y los datos de salida generados por el propio nodo de monitorización, estando adaptado un último nodo de monitorización de la cascada para enviar dichos datos de salida a la unidad central.

10 En la presente descripción y en las reivindicaciones se utilizan las expresiones:

- “nodo de monitorización corriente arriba” con respecto a un nodo dado de monitorización para indicar un nodo que precede a dicho nodo dado de monitorización con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. Se puede utilizar la expresión “nodo de monitorización corriente arriba” para indicar un nodo que, con respecto a dicho nodo dado de monitorización, se encuentra más alejado de la unidad central;
- 15 - “nodo de monitorización corriente abajo” con respecto a un nodo dado de monitorización para indicar un nodo que sigue a dicho nodo dado de monitorización con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central. Se puede utilizar la expresión “nodo de monitorización corriente abajo” para indicar un nodo que, con respecto a dicho nodo dado de monitorización, se encuentra más cerca de la unidad central;
- 20 - “último nodo de monitorización”, con respecto a una cascada de nodos de monitorización, 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;
- “primer nodo de monitorización”, con respecto a una cascada de nodos de monitorización, 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;
- 25 - “modo de reposo” para indicar un modo inactivo de un nodo en el que el nodo no lleva a cabo ninguna operación de recepción de datos, de transmisión de datos ni de adquisición de datos;
- “modo activo” para indicar un modo operativo de un nodo en el que el nodo lleva a cabo operaciones de recepción de datos, de transmisión de datos y/o de adquisición de datos;
- 30 - “cascada” para indicar una pluralidad de nodos de monitorización conectados en serie, de forma que los datos de salida de uno son transmitidos al siguiente, con respecto a una dirección de propagación de datos hacia una unidad central;
- “enlace de transmisión de datos” para indicar una vía por la que al menos dos dispositivos (por ejemplo, nodos, unidad central, ...) pueden transmitirse datos mutuamente.

35 Para el fin de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto cuando se indique lo contrario, se debe entender que todos los números que expresan montos, cantidades, porcentajes, etcétera, son modificados en todos los casos por el término “aproximadamente”. Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo divulgados e incluyen cualquier intervalo intermedio de los mismos, que pueden estar enumerados específicamente o no en el presente documento.

40 De forma ventajosa, los nodos de monitorización están adaptados para operar de forma alterna en modo de reposo y en modo activo según intervalos de tiempo sincronizados.

De forma ventajosa, los intervalos de tiempo están sincronizados de tal forma que los nodos de monitorización pasan de un modo de reposo a un modo activo en secuencia, uno tras otro.

45 Preferentemente, los intervalos de tiempo están sincronizados de tal forma que cada nodo de monitorización comienza a operar en un modo activo después (preferentemente inmediatamente antes) de que el nodo de monitorización corriente arriba comienza a enviarle los datos de salida.

Preferentemente, los intervalos de tiempo están sincronizados de forma que se minimice el tiempo de espera para recibir datos de salida procedentes de un nodo de monitorización corriente arriba.

Los nodos de monitorización pueden estar distribuidos a lo largo del sistema de cables que va a ser monitorizado.

50 De forma ventajosa, los nodos de monitorización están conectados entre sí en cascada por medio de una pluralidad de enlaces de transmisión de datos.

Los enlaces de transmisión de datos pueden ser cableados o inalámbricos, siendo preferentes estos.

En el caso de un enlace cableado, el enlace de transmisión 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 hilo eléctrico, preferentemente al menos dos hilos eléctricos).

## ES 2 440 699 T3

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

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

5 En el caso de un enlace inalámbrico, cada nodo comprende, de forma ventajosa, al menos una antena y al menos un transceptor de RF.

Cada uno de los enlaces de transmisión de datos puede tener una longitud desde 1 m hasta 1600 m, si es inalámbrico, desde 1 m hasta 40 km, si es cableado con fibra óptica, o desde 1 m hasta 1 km, si es cableado con hilo eléctrico.

10 Preferentemente, cada uno de los enlaces de transmisión de datos tiene una longitud desde 20 m hasta 200 m, si es inalámbrico o cableado con hilo eléctrico, o desde 1 m hasta 1 km, si es cableado con fibra óptica.

Con vistas a reducir el consumo de energía, se proporcionan estos intervalos de longitudes de enlaces de transmisión de datos para permitir transmisiones de datos de baja potencia entre nodos de monitorización (como, por ejemplo, las transmisiones de datos inalámbricas por RF con niveles de potencia irradiada iguales o inferiores a 100 mW, preferentemente iguales o inferiores a 1 mW).

15 Además, los intervalos mencionados anteriormente de longitudes de enlaces de transmisión de datos están seleccionados de forma ventajosa de manera que se obtenga un buen compromiso entre el coste y la fiabilidad.

20 De hecho, longitudes menores de enlaces de transmisión de datos podrían suponer un mayor número de nodos y, por lo tanto, mayores costes. Por otra parte, pueden suponer una mayor fiabilidad debido a que pueden permitir recoger más información y, en caso de fallo, reducir el riesgo de que falte información importante acerca de un punto del sistema de cables (la información puede ser obtenida por un nodo cercano).

La propia unidad central puede estar adaptada para operar de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo, con un intervalo de tiempo sincronizado con el intervalo 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 únicamente cuando opera en un modo activo.

25 Normalmente, cada uno de los nodos de monitorización comprende al menos un sensor. El sensor puede estar adaptado para detectar al menos un parámetro, por ejemplo la temperatura de un cable del sistema de cables, la temperatura ambiente, la humedad ambiental, una inundación de agua, la corriente del cable, la corriente anódica, la tensión del cable, fuego, gas, la apertura de puertas de acceso, la deformación del cable, el desplazamiento del cable, vibraciones, y similares.

30 De forma ventajosa, 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 una empresa explotadora información útil indicativa de las condiciones operativas del sistema de cables.

De forma ventajosa, la estación de procesamiento es una estación remota.

35 De forma ventajosa, la unidad central está adaptada 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 puede estar conectada a un módem o dispositivo de encaminamiento para comunicarse con la estación remota.

Según una realización preferente, al menos uno de los nodos de monitorización comprende una unidad de descarga parcial adaptada para detectar posibles descargas parciales que se produzcan en el sistema de cables.

40 En un segundo aspecto la presente invención versa acerca de un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende

- un sistema de cables para la transmisión de energía eléctrica; y
- un sistema de monitorización según el primer aspecto de la invención, para monitorizar parámetros del sistema de cables, comprendiendo el sistema de monitorización una unidad central y una pluralidad de nodos de monitorización colocados en distintos puntos de monitorización del sistema de cables.

45 El sistema de cables eléctricos puede ser un sistema de cables eléctricos de baja tensión, de media tensión y/o, preferentemente, de alta tensión.

Se utiliza la expresión baja tensión para indicar tensiones inferiores a 1 kV.

Se utiliza la expresión media tensión para indicar tensiones desde 1 hasta 35 kV.

50 Se utiliza la expresión alta tensión para indicar tensiones superior a 35 kV.

El sistema de cables eléctricos puede ser del tipo aéreo, terrestre, submarino o de aeromotor.

Normalmente, el sistema de cables comprende al menos un cable.

El cable puede ser un cable de CA.

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

- 5 Normalmente, los cables aéreos comprenden un conductor eléctrico de aluminio-acero. Dado que los cables aéreos son utilizados en centrales eléctricas aéreas, normalmente el conductor eléctrico está desnudo, formando el aire el elemento aislante principal.

Los cables terrestres pueden estar enterrados al menos en parte o pueden estar colocados en túneles.

- 10 De forma ventajosa, los cables terrestres, submarinos y de aeromotor comprenden al menos un alma. De forma ventajosa, el alma comprende un conductor eléctrico rodeado por al menos una capa aislante y al menos una vaina de protección. Opcionalmente, el alma puede comprender, además, al menos una capa semiconductor. Opcionalmente, el alma puede comprender, además, un blindaje metálico.

El alma puede ser un alma monofásica.

Preferentemente, el cable comprende al menos dos almas.

- 15 Los nodos de monitorización pueden estar asociados operativamente a uno o más cables del sistema de cables y/o a una o más almas de un mismo cable.

En una realización preferente de la invención, las al menos dos almas están aisladas individualmente, envainadas individualmente y, opcionalmente, blindadas individualmente.

- 20 En una realización, las al menos dos almas están tendidas con al menos parte de su superficie externa adyacente o en contacto mutuo.

En sistemas de CA, el cable es, ventajosamente, un cable trifásico. De forma ventajosa, el cable trifásico comprende al menos tres almas monofásicas aisladas.

Las tres almas aisladas pueden estar protegidas dentro de una única vaina o pueden estar protegidas individualmente dentro de tres vainas individuales.

- 25 Las tres almas aisladas pueden tener una configuración plana o una configuración de trífido. En la configuración plana las tres almas aisladas tienen los ejes longitudinales de las mismas que se encuentran sustancialmente paralelos en un mismo plano. En la configuración de trífido, las tres almas aisladas están colocadas recíprocamente de tal forma que, en un corte transversal tomado a lo largo de sus ejes longitudinales, tienen, en su conjunto, una forma de trífido.

- 30 Normalmente, el sistema de cables comprende, además, conexiones y terminales de cable.

Los nodos de monitorización pueden ser alimentados por una fuente remota de alimentación, por ejemplo por medio de una línea de suministro eléctrico adecuada, pero, preferentemente, los nodos de monitorización son alimentados por generadores locales de energía.

- 35 La presente invención, al reducir el consumo de energía del sistema de monitorización, es particularmente ventajoso cuando los nodos de monitorización son alimentados por generadores locales de energía que producen energía eléctrica al explotar fuentes locales. De hecho, la energía proporcionada por una fuente local puede ser cuantitativamente no uniforme y discontinua en el tiempo. Con la expresión "fuentes locales" se quiere decir una fuerza generadora ubicada en el sistema de cables o en el entorno en el que opera el sistema de cables como, por ejemplo, un campo magnético generado por una corriente alterna (ca) que fluye a lo largo de un cable eléctrico del sistema de cables, vibraciones, luz solar.

- 40 Los generadores locales de energía eléctrica puede ser, por ejemplo, del tipo fotovoltaico (en el caso de un sistema de cables aéreos) o del tipo por vibración (adaptado para transformar vibraciones de los cables en energía eléctrica).

- 45 Según una realización preferente de la invención, los generadores locales de energía eléctrica son del tipo magnético, adaptados para transformar el campo magnético generado por una corriente alterna que fluye a lo largo de un cable de ca del sistema de cables en energía eléctrica.

Preferentemente, cada uno de los generadores locales de energía eléctrica comprende un aparato para generar energía eléctrica que comprende:

- un cuerpo ferromagnético con forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal; y

- al menos un devanado eléctricamente conductor enrollado en torno al cuerpo ferromagnético para formar espiras en planos sustancialmente perpendiculares al arco.

La expresión “en planos sustancialmente perpendiculares al arco” puede indicar que las espiras formadas por el devanado se encuentran en planos que pueden desviarse de planos perpendiculares al arco  $\pm 5^\circ$ , preferentemente,  $\pm 1^\circ$ . Preferentemente, los planos pueden desviarse  $\pm 0,35^\circ$ . Cuanto más perpendiculares sean los planos de las espiras con respecto al arco mayor será la eficacia de acoplamiento del campo magnético con el devanado.

5

Los cuerpos ferromagnéticos de los generadores locales de energía eléctrica están adaptados para estar asociados operativamente con al menos un cable de ca del sistema de cables, para rodear parcialmente porciones correspondientes de la superficie externa de un alma del al menos un cable de ac.

10 Cuando el cable de ca comprende al menos dos almas, los cuerpos ferromagnéticos de los aparatos para generar energía eléctrica pueden estar asociados operativamente con una de las almas del cable. De forma alternativa, parte de los cuerpos ferromagnéticos puede estar asociada con una de las almas y otra parte de los cuerpos ferromagnéticos puede estar asociada operativamente con la o las otras almas. En una realización, cada una de las al menos dos almas comprenden un conductor eléctrico aislado envainado individualmente.

15 Cuando el sistema de cables comprende más de un cable de ac, los cuerpos ferromagnéticos de los generadores locales de energía eléctrica pueden estar asociados operativamente a uno o más cables de ca del sistema de cables y/o a una o más almas de un mismo cable de ac.

Preferentemente, los cuerpos ferromagnéticos están fijados sobre una porción de una superficie externa de una capa más exterior, normalmente una vaina, de la o las almas.

20 El uso de un cuerpo ferromagnético con forma de arco es particularmente ventajoso en el caso de al menos dos almas aisladas, envainadas individualmente (y, opcionalmente apantalladas individualmente), que están tendidas con al menos parte de su superficie externa adyacente o en contacto mutuo. Por ejemplo, es particularmente ventajoso en el caso de tres conductores aislados, envainados individualmente (y, opcionalmente, apantallados individualmente), colocados en una configuración de trifolio.

25 De hecho, el cuerpo ferromagnético con un corte transversal definido por un arco permite que el generador local de energía eléctrica sea fijado sobre una porción libre de la superficie externa de una de las al menos dos almas (es decir, en una porción que no es adyacente ni está en contacto con la superficie externa de la o las otras almas).

De forma ventajosa, la forma de arco es tal que rodea el alma al dejar un espacio menor de 10 mm.

30 En el caso de un alma que tiene un diámetro externo que varía desde 4 hasta 20 cm, el radio interno de curvatura del arco puede ser desde 2 hasta 10 cm.

Para un cuerpo ferromagnético con forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal se prevé un cuerpo que, en corte transversal tomado a lo largo de dicho eje longitudinal, tiene una forma definida por un arco que puede extenderse un ángulo inferior a  $360^\circ$ .

35 De forma ventajosa, dicho arco se extiende un ángulo inferior a  $300^\circ$ . De forma ventajosa, dicho arco se extiende un ángulo al menos igual a  $45^\circ$ .

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

Preferentemente, dicho arco se extiende un ángulo al menos igual a  $180^\circ$ . Por ejemplo, en una realización preferente, dicho cuerpo arqueado se extiende un ángulo de aproximadamente  $270^\circ$ .

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

Preferentemente, para un cuerpo con una longitud de 10 cm y un grosor de 1 cm, el devanado comprende un número de espiras desde 400 hasta 800.

45 Preferentemente, el devanado tiene un diámetro en el intervalo desde 0,2 mm hasta 3 mm, más preferentemente, entre 0,4 mm y 1,5 mm.

Preferentemente, el cuerpo ferromagnético tiene una longitud desde 6 cm hasta 40 cm. Este intervalo puede permitir obtener un buen compromiso entre la necesidad de tener un aparato compacto y la necesidad de generar niveles útiles de potencia.

Los intervalos mencionados anteriormente del número de espiras, del diámetro del devanado, y de la longitud del cuerpo ferromagnético son intervalos ejemplares que permiten que se obtengan niveles de potencia de utilidad práctica del aparato para generar energía eléctrica.

5 De forma ventajosa, el devanado está fabricado de un conductor metálico aislado, como un hilo de cobre, preferentemente con un aislamiento esmaltado.

En un tercer aspecto la presente invención versa acerca de un procedimiento de monitorización de parámetros de un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica, en el que:

- una pluralidad de nodos de monitorización está asociada con distintos puntos de monitorización del sistema de cables;
- 10 - los nodos de monitorización son operados de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo;
- en modos activos los nodos de monitorización adquieren valores de al menos uno de dichos parámetros y procesan los valores adquiridos de forma que se generen datos de salida correspondientes;
- una unidad central recoge los datos de salida generados por los nodos de monitorización;

15 caracterizado porque los datos de salida generados por los nodos de monitorización son enviados desde los nodos de monitorización, cuando se encuentran en modo activo, hacia la unidad central al hacer que pasen desde uno de los nodos de monitorización a otro, comenzando desde el nodo de monitorización que genera los datos de salida hasta un último de los nodos de monitorización, que remite los datos de salida a la unidad central.

20 El solicitante observa que la invención permite que se lleve a cabo por medio de enlaces de transmisión de datos de longitud reducida, mientras que mantiene la capacidad para conectarse a una unidad central distante y para abarcar grandes distancias. Los enlaces de transmisión de datos de longitud reducida pueden permitir la transmisión de datos de salida por medio de dichos enlaces de transmisión de datos por medio de señales de potencia reducida de transmisión y, por lo tanto, reducir el consumo de energía de los nodos de monitorización.

Esto puede ser particularmente ventajoso en el caso de enlaces de RF o eléctricos en los que una reducción de potencia de las señales transmitidas es un asunto importante.

25 Además, la reducción de consumo de energía es ventajosa porque permite reducir costes. Además, proporciona la posibilidad de utilizar generadores locales de energía que producen energía eléctrica explotando fuentes locales. De hecho, la energía proporcionada por una fuente local puede ser cuantitativamente no uniforme y discontinua en el tiempo.

30 El solicitante también observa que los enlaces de transmisión de datos de RF pueden ser ventajoso con respecto a enlaces cableados debido a que reducen los costes y problemas asociados con la instalación del sistema de monitorización, especialmente en el caso de sistemas de monitorización a larga distancia.

35 En un sistema de monitorización de RF, la invención permite que la unidad central también recoja datos de nodos que están colocados a tal distancia y/o tal posición que no sería posible una comunicación directa de RF con la unidad central (por ejemplo, debido a barreras a la propagación de RF y/o largas distancias que hacen que la señal de RF sea demasiado débil para ser recibida por la unidad central).

En consecuencia, la invención mejora de forma ventajosa la posibilidad de explotar sistemas de monitorización de RF y, en particular, proporciona la posibilidad de aumentar la distancia abarcada por un sistema de monitorización de RF.

40 Las características y ventajas de la presente invención se volverán evidentes por la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones ejemplares de la misma, proporcionadas simplemente a modo de ejemplos no limitantes, descripción que será efectuada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra, de forma esquemática, una realización de un sistema de monitorización según la invención;
- la figura 2 muestra, de forma esquemática, una realización de un nodo de monitorización del sistema de monitorización de la figura 1;
- 45 - la figura 3 muestra, de forma esquemática, un ejemplo de un procedimiento de sincronización automática llevado a cabo por un nodo de monitorización de un sistema de monitorización según la invención;
- las figuras 4a y 4b muestran, de forma esquemática, dos diagramas ejemplares de flujo que esquematizan las acciones principales llevadas a cabo por los nodos de monitorización de un sistema de monitorización según la invención, para mantener la sincronización entre los nodos mientras que operan de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo;
- 50 - la figura 5 muestra, de forma esquemática, una realización de un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende el sistema de monitorización de la figura 1;
- la figura 6 muestra, de forma esquemática, en corte transversal, un cable ejemplar de CA;
- la figura 7 muestra, de forma esquemática, un ejemplo de una trama de datos que puede ser utilizada para
- 55 transmitir datos entre nodos de monitorización de un sistema de monitorización según la invención;

- la figura 8 muestra, de forma esquemática, el sistema de transmisión de energía eléctrica de la figura 5 con nodos de monitorización alimentados por generadores locales de energía;
- la figura 9 muestra, de forma esquemática, una realización de un generador local de energía que puede ser utilizado en el sistema de transmisión de energía eléctrica de la figura 8;
- 5 - la figura 10 muestra, de forma esquemática, en corte transversal, el generador local de energía de la figura 9 fijado sobre un cable de una única alma;
- la figura 11 muestra, de forma esquemática, en corte transversal, el generador local de energía de la figura 9 fijado sobre un alma, que es parte de un cable trifásico en una configuración de tríflio;
- la figura 12 muestra, de forma esquemática, en una vista en perspectiva, el generador local de energía de la figura 11;
- 10 - las figuras 13a y 13b muestran respectivamente, de forma esquemática, una vista en perspectiva y una vista en corte transversal de un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado plegado sobre sí mismo, que ha sido probado por el solicitante.

15 La figura 1 muestra una realización de un sistema 1000 de monitorización según la invención que comprende una pluralidad de nodos 100 de monitorización, una unidad central 12 y una estación remota 10 de procesamiento.

Aunque en la figura 1 se muestren, de forma ejemplar, cinco nodos 100 de monitorización, será evidente que el sistema 1000 de monitorización puede comprender más o menos de cinco nodos de monitorización, dependiendo de las necesidades y de la longitud que debe ser cubierta por el sistema 1000 de monitorización.

20 Un ejemplo del sistema 1000 de monitorización comprende hasta 256 nodos de monitorización, a una distancia mutua de 50 m, de forma que se cubra una longitud de 12,8 km.

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

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

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

30 La unidad central 12 está colocada, preferentemente, en el extremo de la cascada de los nodos 100 de monitorización. La unidad central puede estar colocada en un registro (por ejemplo, bajo tierra) o en una subestación de derivación (que puede estar bajo tierra o en superficie, por ejemplo en un edificio), en los que es normalmente más sencilla la conexión a una fuente de alimentación y/o a la estación remota 10 de procesamiento.

La unidad central 12 puede estar conectada a un módem o a un dispositivo de encaminamiento (no mostrado), por ejemplo por medio de una conexión cableada.

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

35 La unidad central, especialmente cuando está conectada a una fuente de alimentación, puede ser operada siempre en modo activo.

En la realización de la figura 2, el nodo 100 de monitorización comprende una placa electrónica 160 y una pluralidad de sensores 169.

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

De forma ventajosa, un microprocesador de baja potencia es un microprocesador que opera consumiendo menos de 200 mW, preferentemente menos de 100 mW.

45 El transceptor 168 de baja potencia comprende un sistema de antenas para la recepción/transmisión de señales de RF. Además, está adaptado para convertir señales de RF recibidas por el sistema de antenas en señales eléctricas y para convertir señales eléctricas en señales de RF que van a ser transmitidas por el sistema de antenas.

Por ejemplo, el microprocesador y el transceptor están integrados en un módulo XBee de 2,4 GHz de la empresa Digi International.

50 De forma ventajosa, el conector 161 de suministro de energía está adaptado para estar conectado a un generador local de energía.



5 De forma ventajosa, la función de la batería 164 de reserva es la de acumular energía eléctrica generada por el generador local de energía, cuando supera la energía necesaria para alimentar el nodo 100 de monitorización, y para alimentar subsiguientemente el nodo 100 de monitorización con la energía acumulada, en caso de necesidad futura (por ejemplo, cuando el generador local de energía no produce energía, o produce poca). En la presente realización, en caso de fallo de la batería 164 de reserva, el nodo de monitorización puede seguir siendo alimentado por el generador local de energía siempre que haya una generación de energía.

10 De forma ventajosa, la placa electrónica 160 comprende, además, un sistema (no mostrado) de protección para evitar daños resultantes de cualquier alta tensión y/o corriente intensa que puedan ser inducidas durante cortocircuitos de las líneas de transporte de energía. Un sistema de protección adecuado para la presente invención puede comprender al menos un disipador de sobretensiones. Además, para evitar daños resultantes de cualquier alta tensión y/o corriente intensa, el conector 161 de suministro tiene, preferentemente, dos patillas separadas al menos 5 mm. De forma ventajosa, la placa electrónica 160 comprende, además, un circuito rectificador (no mostrado) que convierte la corriente alterna (ac) procedente del generador local de energía en corriente continua (cc), que es adecuada para ser utilizada por los diversos componentes de la placa electrónica 160.

15 Según una realización (no mostrada), el generador local de energía puede estar conectado a la placa electrónica por medio de un circuito rectificador y una batería.

En este caso, la placa electrónica está alimentada con la intermediación de la batería, siendo la función del circuito rectificador la de convertir la corriente alterna (ca) procedente del generador local de energía en corriente continua (cc), que es suministrada a la batería.

20 Sin embargo, en la presente realización, en caso de fallo de la batería, el nodo de monitorización deja de ser alimentado por el generador local de energía, hasta que se sustituya o repare la batería.

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

25 Los sensores 169 están adaptados para medir al menos un parámetro de un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica, en el que el sistema de cables comprende, normalmente, cables, conexiones y/o terminales de cables.

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

30 Los sensores 169 de un nodo 100 de monitorización están adaptados para ser fijados en un punto de monitorización del sistema de cables, de cualquier forma adecuada para la medición del parámetro correspondiente.

El punto de monitorización puede ser un punto de un cable del sistema de cables, un punto de una conexión de cables o un punto de un terminal.

35 Normalmente, los sensores 169 están fijados según técnicas convencionales a una vaina externa de un cable o a una superficie externa de una conexión o de un terminal.

Según la invención, cada nodo 100 de monitorización está adaptado para operar de forma alterna según un modo de reposo y un modo activo.

Durante el modo de reposo, el nodo de monitorización se encuentra en un estado inactivo en el que no se lleva a cabo ninguna operación de recepción, de transmisión ni de adquisición.

40 En el 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 de forma que se generen datos de salida adaptados para ser transmitidos por el transceptor 168, según un protocolo determinado de comunicaciones.

45 En el modo activo, el microprocesador 162 también está adaptado para recibir del nodo de monitorización corriente arriba, por medio del transceptor 168, los datos de salida generados por el nodo de monitorización corriente arriba y por otros nodos de monitorización corriente arriba de la cascada, si los hay.

Además, en el modo activo, el microprocesador 162 también está adaptado para enviar al nodo de monitorización corriente abajo, si lo hay, por medio del transceptor 168, los datos de salida recibidos del nodo de monitorización corriente arriba y los datos de salida generados en el propio nodo de monitorización.

50 Por ejemplo, en la realización mostrada en la figura 1, 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; para convertir dicha información en datos de salida útiles; y para transmitir dichos datos de salida al nodo 1.

El nodo 1, cuando se encuentra en el 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 útiles; y para transmitir al nodo 2 tanto los datos de salida recibidos del nodo 0 como los datos de salida generados por el propio nodo 1.

5 El nodo 2, cuando se encuentra en el 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 del nodo 1 como los datos de salida generados por el propio nodo 2.

10 Los nodos 3 y 4 actuarán de una forma similar a la del nodo 2.

El nodo 5, que es el último nodo de la cascada, está adaptado, cuando se encuentra en el 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; y para transmitir a la unidad central 12 tanto los datos de salida recibidos del nodo 4 como los datos de salida generados por el propio nodo 5.

15 La unidad central 12 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 para procesar dichos datos de salida de forma que sean enviados, por medio de un módem o dispositivo de encaminamiento, a la estación remota 10 de procesamiento, según un protocolo determinado de comunicaciones.

A su vez, la estación remota 10 de procesamiento está adaptada para procesar, según técnicas convencionales, los datos recibidos de la unidad central 12 y para llevar a cabo un almacenamiento, un análisis, una visualización de datos (utilizando normalmente una interfaz legible por un ser humano), y una generación de alarmas cuando se requiera. De forma ventajosa, la estación remota 10 de procesamiento está adaptada para identificar los datos procedentes de cada sensor individual de cada nodo individual; para fijar límites dados para cada sensor; y para generar automáticamente una alarma específica cuando se supere un límite de uno de los sensores. Las alarmas pueden ser transmitidas por correo electrónico, mensajes SMS (servicio de mensajes cortos), llamadas telefónicas, y similares.

Según la invención, los datos de salida generados por los diversos nodos 100 de monitorización son recogidos de esta manera por la unidad central 12 al hacer 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 central 12 de forma que se le envíen datos de salida generados por todos los nodos 100 de monitorización.

De esta forma se reduce la longitud de los enlaces de transmisión de datos utilizados para transmitir los datos de salida con respecto a un sistema, como el dado a conocer por el documento WO 99/58992 mencionado anteriormente, en el que cada nodo está conectado directamente con un controlador central, que está colocado en el extremo de la secuencia de nodos 100 de monitorización.

En la realización de la figura 1, la longitud de los enlaces de transmisión de datos utilizados para transmitir los datos de salida es de 50 m.

Para evitar la pérdida de información importante y para minimizar el tiempo de espera de un nodo de monitorización para recibir los datos de salida procedentes de un nodo de monitorización corriente arriba, los nodos de monitorización operan ventajosamente de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo según intervalos de tiempo sincronizados.

Según una realización de la invención, los nodos de monitorización están adaptados para llevar a cabo un procedimiento de sincronización automática y un procedimiento para mantener automáticamente la sincronización.

Según una realización del procedimiento 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 funciona de forma no apropiada), el primer nodo de monitorización de la cascada (por ejemplo, el nodo 0) está adaptado para operar de forma alterna en un modo de reposo y en un modo activo con un periodo T (que indica el tiempo entre el comienzo 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. Para facilitar el procedimiento de sincronización, es preferente que T1 sea menor que T. Por ejemplo, T = 6 segundos y T1 = 5 segundos. Además, todos los nodos de monitorización permanecen inicialmente en un modo activo durante un tiempo Ta. Preferentemente Ta << T1 y T. Por ejemplo, Ta = 100 ms.

Entonces, como se muestra en la figura 3, cuando se encuentra en un modo activo, el primer nodo de monitorización (por ejemplo, el nodo 0) comienza a enviar los datos de salida generados por él mismo al segundo nodo (por ejemplo, el nodo 1). Si el primer nodo de monitorización no recibe un mensaje de ACK (que indica la recepción de

los datos) procedente del segundo nodo, el primer nodo de monitorización envía los mismos datos al segundo nodo varias veces (por ejemplo, 4 veces).

5 Cuando el segundo nodo recibe los datos de salida procedentes del primer nodo de monitorización, comienza a operar con un periodo T y a enviar los datos de salida generados por él 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 de ACK procedente del tercer nodo, el segundo nodo de monitorización envía los mismos datos al tercer número varias veces (por ejemplo, 4 veces).

10 Cuando el tercer nodo recibe los datos de salida procedentes del segundo nodo de monitorización, comienza a operar con un periodo T y a enviar los datos de salida generados por él mismo, junto con los datos de salida recibidos por el segundo nodo, al cuarto nodo (por ejemplo, el nodo 3).

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

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

15 Durante el modo activo, cada nodo de monitorización espera en primer lugar a recibir datos de salida procedentes del nodo de monitorización corriente arriba. Entonces —después de la recepción de los datos de salida—, los transmite al nodo de monitorización corriente abajo junto con los datos de salida generados por él mismo.

20 La Figura 4a muestra una realización del procedimiento para mantener automáticamente una sincronización entre los nodos de monitorización. En el bloque 400 el nodo N de monitorización pasa de un modo de reposo a un modo activo y espera la recepción de datos de salida procedentes del nodo N-1 de monitorización corriente arriba. En el bloque 401 el nodo N de monitorización comprueba la recepción de los datos de salida procedentes del nodo N-1 de monitorización corriente arriba.

Si no se han recibido datos de salida durante un tiempo  $T_a$ , entonces en el bloque 408 el nodo de monitorización pasa a un modo de reposo hasta que transcurre el tiempo  $T_1$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha reactivado en el bloque 400.

25 Si se reciben datos de salida durante tiempo  $T_a$ , entonces el nodo N de monitorización envía al nodo N+1 de monitorización corriente abajo los datos de salida recibidos del nodo N-1 de monitorización corriente arriba, junto con los datos de salida generados por él mismo (bloque 402).

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

30 Después de enviar los datos de salida, en el bloque 403 el nodo N de monitorización comprueba la recepción de un mensaje de ACK procedente del nodo N+1 de monitorización corriente abajo.

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

35 Si no se recibe ningún mensaje de ACK, en el bloque 404 el nodo N de monitorización comprueba si se ha superado un número máximo Máx (por ejemplo, Máx = 4) de intentos por enviar los datos de salida al nodo N+1 de monitorización corriente abajo. En caso negativo, el procedimiento regresa al bloque 402. En caso afirmativo, el procedimiento pasa al bloque 409.

En el bloque 405 el nodo N de monitorización está adaptado, de forma ventajosa, para comprobar si un número R es mayor que 1, en el que el número R indica el número de intentos realizados por el nodo N-1 de monitorización para enviar los datos de salida al nodo N de monitorización, antes de que el nodo N de monitorización recibe los datos de salida en el bloque 401.

40 Si  $R > 1$ , entonces en el bloque 406 el nodo N de monitorización pasa al modo de reposo hasta que transcurre el tiempo  $T - T_{inc}$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se reactivó en el bloque 400.

45 Si  $R < 1$  (por ejemplo, si  $R = 0$ ), entonces en el bloque 407 el nodo N de monitorización está adaptado, de forma ventajosa, para comprobar el tiempo  $T_w$  transcurrido entre el momento en el que el nodo N de monitorización se reactivó en el bloque 400 y el tiempo en el que el nodo N de monitorización ha recibido los datos de salida procedentes del nodo N-1 de monitorización corriente arriba 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 N de monitorización pasa al modo de reposo hasta que transcurre un tiempo  $T + T_{inc}$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha reactivado en el bloque 400.

Si el tiempo de espera  $T_w$  es menor que el umbral predeterminado ( $T_h$ ), el procedimiento pasa al bloque 409.

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

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

5 Preferentemente,  $T_{inc} \ll T_a$ . Esto permite que el procedimiento de mantenimiento de la sincronización del nodo N de monitorización sea llevado a cabo en pequeñas etapas que no comprometan la sincronización de los otros nodos de monitorización. Por ejemplo,  $T_{inc}$  es igual a 1 ms.

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

10 La comprobación en el bloque 407 tiene el fin de minimizar el tiempo de espera  $T_w$  para recibir los datos de salida procedentes del nodo N-1 de monitorización corriente arriba. De esta forma, se puede reducir, de forma ventajosa, la duración de un modo activo y reducir adicionalmente el consumo de energía del nodo de monitorización.

15 Según una realización preferente de la invención, mostrada de forma esquemática en la figura 4b, en un caso en el que la comprobación en el bloque 401 sea negativa, el nodo N de monitorización también está adaptado, de forma ventajosa, para comprobar en el bloque 401' si el número de intentos realizados para recibir datos de salida procedentes del nodo N-1 de monitorización directamente corriente arriba es menor que un límite superior UL. En caso afirmativo, el procedimiento pasa al bloque 408. En caso negativo, antes de pasar al bloque 408, en el bloque 401" el nodo N de monitorización está configurado para permitirle recibir datos de salida procedentes del nodo N-2 de monitorización corriente arriba.

20 Aunque no se muestre, se puede extender el mismo procedimiento para cubrir también el caso en el que el número de intentos realizados para recibir datos de salida procedentes del nodo N-2 de monitorización corriente arriba haya alcanzado un límite superior UL, etcétera.

Se debe hacer notar que, en aras de la conveniencia, en la figura 4b no se muestran los bloques 402 a 407.

25 La realización de la figura 4b permite, de forma ventajosa, enfrentarse automáticamente a un posible fallo de un nodo de la cascada, de forma que el procedimiento de recogida de datos pueda proseguir incluso en caso de un fallo de un nodo.

En la realización preferente de la figura 4b, los nodos de monitorización y los enlaces de datos estarán configurados de forma que se permita que un nodo N de monitorización reciba datos procedentes de al menos un nodo N-2 de monitorización que precede al nodo N-1 de monitorización directamente corriente arriba.

30 De forma ventajosa, en caso de fallo de un nodo de monitorización, el servidor remoto —que detecta una ausencia de datos procedentes de dicho nodo— puede estar adaptado para generar una alarma adecuada.

35 En vista de la anterior descripción, será evidente que en la descripción y las reivindicaciones presentes se utilizan, de forma ventajosa, las expresiones “nodo de monitorización corriente arriba” y “nodo de monitorización corriente abajo” para indicar el primer nodo de monitorización corriente arriba en funcionamiento (que no ha fallado) y el primer nodo de monitorización corriente abajo en funcionamiento (que no ha fallado), respectivamente. De forma similar, se utiliza, de forma ventajosa, la expresión “último nodo de monitorización” para indicar el último nodo de monitorización en funcionamiento (que no ha fallado) de la cascada.

En la realización mostrada en las figuras 1 y 2, los nodos 100 de monitorización se comunican entre sí por medio de enlaces de transmisión de datos inalámbricos de RF.

40 Además, el último nodo 100 de monitorización (nodo 5) y la unidad central 12 se comunican entre sí por medio de un enlace de transmisión de datos inalámbrico de RF.

Normalmente, los enlaces de transmisión de datos de RF son ventajosos en comparación con un enlace cableado porque reducen los tiempos y los costes de instalación.

45 Por ejemplo, las comunicaciones por los enlaces de transmisión de datos de RF son llevadas a cabo según un protocolo estándar tal como el protocolo IEEE 802.15.4, que opera a 2,4 GHz.

Según este protocolo, se envían datos por medio de tramas de datos de 123 bytes y se utiliza una multiplexación en el tiempo para introducir los datos de cada nodo de monitorización en esta trama de datos, según técnicas bien conocidas en la técnica.

50 En particular, cada trama de datos será generada por el primer nodo y cada nodo de monitorización estará adaptado para introducir sus propios datos de salida en la trama de datos recibida del nodo de monitorización corriente arriba y para transmitir la trama de datos, que contiene sus propios datos de salida y los datos de salida de los nodos de

monitorización corriente arriba, al siguiente nodo hasta que se alcanza el último nodo. Además, cada nodo de monitorización, antes de transmitir la trama de datos, estará adaptado para actualizar un campo de "dirección del remitente" de la trama de datos para identificarse a sí mismo (por ejemplo, utilizando un identificador adecuado) como el remitente de la trama de datos en lugar del nodo de monitorización corriente arriba del que ha recibido el paquete.

La figura 7 muestra un ejemplo de una trama de datos de 123 bytes que contiene 10 paquetes (de 0 a 9), cada uno con una longitud de 12 bytes; un terminador de trama con una longitud de 2 bytes; y una dirección del remitente con una longitud de 1 byte. 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 corriente abajo.

Por supuesto, se pueden utilizar tramas de datos de más o menos de 123 bytes.

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 subconjuntos de nodos pueden insertar datos en la trama actual de datos; 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 corriente abajo; y similares); y datos indicativos de la calidad de las transmisiones de datos/ACK entre nodos.

En un sistema con más de 10 nodos de monitorización, se puede permitir que únicamente un subconjunto (que comprende como mucho 10 nodos de monitorización) en un momento esté adaptado para introducir sus propios datos de salida en una trama de datos. Por ejemplo, con 20 nodos de monitorización, se puede permitir que en un primer momento, solo los nodos 0 a 9 de monitorización introduzcan sus propios datos de salida en una trama de datos, propagando únicamente de uno a otro los nodos 10 a 19 la trama de datos hasta el último nodo de monitorización. En un segundo momento, los nodos 0 a 9 solo propagarán de uno a otro la trama de datos, mientras que los nodos 10 a 19 —además de propagar de uno a otro la trama de datos hasta el último nodo de monitorización— también introducen sus propios datos de salida en la trama de datos. Como se ha expuesto anteriormente, la información acerca de qué subconjunto de nodos puede insertar datos en la trama actual de datos estará contenida en la trama de datos, como información de servicio. Además, cada nodo, cuando le toca, introduce sus propios datos de salida en un paquete correspondiente de la trama de datos (por ejemplo, nodo 0 en el paquete 0, nodo 1 en el paquete 1, etcétera).

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

Por ejemplo, las comunicaciones entre la unidad central 12 y la estación remota 10 de procesamiento son llevadas a cabo, en parte, por medio de una red GSM/GPRS 1.

Según una variante (no mostrada), los enlaces de transmisión de datos entre los nodos 100 de monitorización y/o el enlace de transmisión de datos entre el último nodo de monitorización y la unidad central 12 y/o el enlace de transmisión de datos entre la unidad central 12 y la estación remota 10 de procesamiento pueden ser enlaces cableados (bien eléctricos o bien ópticos).

En una realización (no mostrada), los nodos 100 de monitorización pueden comunicarse datos entre sí según una tecnología de PLC (comunicación por línea de transporte de energía eléctrica), al aprovechar la capa de apantallamiento del cable (por ejemplo, el apantallamiento metálico 145 mostrada en la figura 6). En particular, cada nodo 100 de monitorización puede estar dotado de un transceptor electromagnético que comprende una bobina. De esta forma, una corriente alterna que fluye a lo largo de la bobina producirá un campo magnético que induce una tensión variable en la capa de apantallamiento del cable. A su vez, una corriente alterna que fluye a lo largo de la capa de apantallamiento del cable producirá un campo magnético que induce una tensión variable en la bobina del transceptor electromagnético del nodo de monitorización.

La presente realización puede ser particularmente útil cuando no se pueden utilizar comunicaciones de RF como, por ejemplo, en un caso de cables terrestres enterrados.

El sistema de monitorización de la invención puede ser utilizado, de forma ventajosa, para monitorizar parámetros de al menos un sistema de cables de al menos un sistema de transmisión de energía eléctrica.

Por ejemplo, el sistema de monitorización puede ser utilizado, de forma ventajosa, para valorar la condición de un cable aislado de alta tensión. Por ejemplo, esto incluye la monitorización de la temperatura distribuida del cable a lo largo de su longitud, para poder decidir si es posible o no aumentar la capacidad del sistema de cables o para detectar puntos calientes; la monitorización de descargas parciales en cables, terminales y conexiones para detectar la existencia y la evolución de una actividad de descarga parcial en componentes del sistema de cables que tendrán como consecuencia una rotura del aislamiento; la monitorización de tensiones del cable; la monitorización de corrientes anódicas en cajas de conexiones para conexiones especiales de corriente para detectar si la vaina del cable o las conexiones han experimentado algún daño que pueda provocar que el sistema sea poco seguro; la

detección de incendios en un túnel; la detección una presencia de gases peligrosos en registros o túneles, y similares.

5 La figura 5 muestra el sistema de monitorización de la figura 1 montado en un alma 14 de un cable de un sistema de cables, en el que los nodos 100 de monitorización están colocados en distintos puntos de monitorización del alma 14.

Según una realización, el cable es un cable terrestre y el alma 14 comprende un conductor eléctrico aislado y envainado individualmente. Para permitir el uso de enlaces de transmisión de datos de RF entre los nodos 100 de monitorización, el cable terrestre está colocado, de forma ventajosa, en túneles.

10 La figura 6 muestra, en corte transversal, un cable ejemplar de ca de alta tensión que comprende un alma 14 con un conductor eléctrico aislado y envainado individualmente.

15 En el ejemplo, el alma 14 comprende un conductor metálico central 105; un adhesivo 110 fabricado de una cinta semiconductor; un apantallamiento conductor 115 fabricado de un polímero semiconductor; una capa 120 de aislamiento fabricada, por ejemplo, de polietileno reticulado (XLPE); un apantallamiento 125 de aislamiento, también fabricado de un polímero semiconductor; barreras semiconductoras 130 y 140 contra el agua fabricadas, por ejemplo, de una cinta higroscópica semiconductor; un apantallamiento 145 fabricado de un metal en forma, por ejemplo, de cintas y/o hilos; una vaina 150 de polietileno de alta densidad (HDPE); y un revestimiento 155 de protección, típicamente semiconductor.

Los nodos 100 de monitorización pueden estar fijados sobre el revestimiento 155 de protección.

20 Aunque no se muestra, el sistema de monitorización de la invención también puede estar montado de forma ejemplar en un cable trifásico que comprende tres almas, cada una de las cuales comprende un conductor eléctrico aislado y envainado individualmente. En este caso, se puede utilizar de forma ventajosa una única cascada de nodos de monitorización para monitorizar las tres almas, estando fijados los sensores de forma adecuada en distintos puntos de monitorización de las tres almas.

25 El sistema de monitorización de la invención también puede estar montado, de forma ejemplar, en una subestación (por ejemplo, una subestación urbana) que comprende partes terminales de una pluralidad de cables que pertenecen a un mismo sistema de transmisión de energía eléctrica, o a sistemas distintos, (en los que, por ejemplo, cada cable es un cable trifásico que comprende al menos tres conductores eléctricos aislados envainados individualmente). En este caso, la cascada de nodos de monitorización puede estar montada en la subestación de forma que monitorice las partes terminales de la pluralidad de cables. Por ejemplo, pueden estar montados de forma 30 que cada parte terminal que va a ser monitorizada está acoplada a al menos uno de los nodos de monitorización de la cascada.

La figura 8 muestra una realización del sistema de transmisión de energía eléctrica de la figura 5, en el que los nodos 100 de monitorización están alimentados por un generador local 200 de energía.

35 En la figura 8, cada generador local 200 de energía está conectado eléctricamente a un nodo correspondiente 100 de monitorización.

40 Aunque no se muestre, el cable del sistema de transmisión de energía eléctrica de la figura 8 también puede comprender dos o más almas (por ejemplo, tres almas en una configuración de trifolio). En este caso, la pluralidad de aparatos 200 y la pluralidad correspondiente de nodos 100 de monitorización pueden estar fijadas en distintos puntos de monitorización de únicamente una de la pluralidad de almas, con los sensores de los nodos 100 de monitorización colocados, de forma adecuada, en distintos puntos de monitorización de todas las almas.

La figura 9 muestra, de forma esquemática, una realización de un generador local de energía que puede ser utilizado para alimentar un nodo 100 de monitorización.

45 El generador local de energía de la figura 9 comprende un aparato 200 para generar energía eléctrica que comprende un cuerpo ferromagnético 210 con forma de arco que se extiende a lo largo de un eje longitudinal L y un devanado eléctrico 220, que está enrollado en torno al cuerpo 210 para formar espiras en planos radiales, sustancialmente perpendiculares al arco.

Aunque en la figura 9 solo se muestra un devanado eléctrico 220, el aparato también puede comprender más de un devanado conectado de forma adecuada en serie o en paralelo, dependiendo de las necesidades.

50 Además, aunque en la realización mostrada en la figura 9 el devanado eléctrico 220 está enrollado en torno al cuerpo ferromagnético en una única capa de espiras, el devanado eléctrico 220 puede estar enrollado en torno al cuerpo ferromagnético de manera que forme más de una capa de espiras, una sobre la otra.

La figura 10 muestra, de forma esquemática, en corte transversal, un sistema de cables que comprende un cable de ca que comprende una única alma 14 y el aparato 200, en el que el aparato 200 está fijado sobre la única alma 14,

de forma que rodea una porción longitudinal de una superficie externa del alma 14 en parte de la extensión angular del alma en torno a su eje longitudinal. Como se muestra en la figura 10, el aparato 200 está fijado sobre el alma 14 de forma que su eje longitudinal L coincide sustancialmente con el eje longitudinal del alma 14.

5 De forma ventajosa, el cuerpo ferromagnético 210 tiene un corte transversal de forma y tamaño tales que se adapte al perfil de la superficie externa del alma 14. Se toleran espacios de algunos mm entre la superficie interna del aparato 200 y la superficie externa del alma 14.

El aparato 200 puede estar fijado sobre el alma 14 por medio de un adhesivo adecuado, una tira adecuada o, cuando rodea el alma 14 para una extensión angular mayor de 180°, mediante una fijación elástica.

10 De forma ventajosa, el alma 14 comprende un conductor eléctrico aislado y envainado individualmente de alta tensión.

En la realización mostrada en las figuras 10-12, el cuerpo ferromagnético 210 tiene ejemplarmente una forma semicilíndrica.

Las figuras 11 y 12 muestran, de forma esquemática, el aparato 200 fijado sobre un alma 14, que es parte de una configuración de trifolio de cable.

15 En la realización mostrada en las figuras 11 y 12, la configuración de trifolio de cable comprende tres almas 14, comprendiendo cada una un conductor eléctrico aislado y envainado individualmente. Además, el aparato 200 está fijado únicamente en una de las tres almas 14.

20 En el aparato 200, la energía eléctrica es generada al concentrar (por medio del cuerpo ferromagnético 210) el campo magnético generado por una corriente alterna que fluye a lo largo del alma 14 y al transformarlo (por medio del devanado 220) en una diferencia de tensión en dos terminales eléctricos 230 del devanado 220.

El solicitante llevó a cabo experimentos y simulaciones numéricas para comprobar la generación de energía eléctrica en tal aparato.

25 El solicitante comenzó con un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado en una configuración plegada sobre sí misma como se muestra en las figuras 13a y 13b. De hecho, esta configuración es adecuada para ser fijada sobre uno de al menos dos conductores eléctricos aislados y envainados individualmente, tendidos con al menos parte de su superficie externa adyacente o en contacto mutuo.

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

30 El cuerpo ferromagnético estaba fabricado de Magnifer®50 por la empresa ThyssenKrupp VDM GmbH, que es una aleación de níquel-hierro con una cantidad de níquel de aproximadamente un 48%.

Además, los experimentos han sido llevados a cabo al fijar el aparato sobre un cable con una única alma aislada envainada de Prysmian Cables y Sistemas S.L. del tipo 1\*1200 Al + H 141 Cu 76/138 kV ENDESA KNE-001.

35 La parte externa del cuerpo ferromagnético (la que no hace contacto directo con la superficie externa del cable) estaba enrollada por medio de un devanado fabricado de hilo de cobre esmaltado con un diámetro externo de 0,62 mm.

El aparato enrolló el cable en al menos un 50% de su perímetro.

40 Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos experimentalmente al variar los valores de la corriente que fluía a lo largo del cable ( $I_{\text{cable}}$ , primera columna) y el número de espiras del devanado. Las mediciones de tensión, de corriente, y de potencia (columnas segunda, tercera y cuarta) han sido realizadas en los dos terminales eléctricos del devanado con y sin una resistencia eléctrica de 270 ohmios conectada al mismo.

Tabla 1 (número de espiras = 3000, circuito abierto sin resistencia eléctrica)

$I_{\text{cable}}$ [A]	V [V]
104	4,3
209	8,4
299	11,6
404	15,29

## ES 2 440 699 T3

$I_{\text{cable}}$ [A]	V [V]
498	18,2
601	20,78

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

$I_{\text{cable}}$ [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 espiras = 1000, con una resistencia eléctrica de 270 ohmios)

$I_{\text{cable}}$ [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

5

Tabla 4 (número de espiras = 2000, con una resistencia eléctrica 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 espiras = 3000, con una resistencia eléctrica 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 debe hacer notar que la intensidad de la corriente que fluye a lo largo de un cable de un sistema de transmisión de energía eléctrica puede variar desde valores reducidos hasta elevados (por ejemplo, desde 0-150 A hasta 1000-2000 A) entre el día y la noche, entre diversas estaciones del año, entre días laborables y días festivos, y similares. Por lo tanto, es deseable que —dependiendo de los usos— se garantice suficiente generación de energía también con corrientes razonablemente bajas (por ejemplo, 100-150 A). En los anteriores ensayos, con corrientes bajas de cable (por ejemplo, 100-150 A), se obtuvieron niveles de potencia inferiores a 1 mW.

10 A continuación, el solicitante realizó un ensayo con un cuerpo ferromagnético con forma de arco, en particular un cuerpo ferromagnético semicilíndrico, que tenía valores mayores de longitud y de grosor que el cuerpo de anillo cerrado sometido anteriormente a ensayo.

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

Además, los experimentos fueron llevados a cabo al fijar el aparato sobre un cable con una única alma aislada envainada de Prysmian Cables y Sistemas S.L. del tipo 1\*1200 Al + H 141 Cu 76/138kV ENDESA KNE-001 (el mismo de los anteriores ensayos).

20 Las siguientes tablas muestran los niveles de potencia (segunda columna) obtenidos experimentalmente al variar los valores de la corriente que fluía a lo largo del cable ( $I_{\text{cable}}$ , primera columna), para longitudes del cuerpo ferromagnético y espiras del devanado distintas. Las mediciones de potencia fueron realizadas con una resistencia eléctrica de 47 ohmios conectada a los dos terminales eléctricos del devanado.

Tabla 6 (longitud del cuerpo ferromagnético de 10 cm, número de espiras = 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 espiras = 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 El solicitante también realizó experimentos con un cable de una única alma aislada envainada y un aparato que tenía un cuerpo ferromagnético con forma de arco y un devanado que tenía las mismas características divulgadas anteriormente con referencia a la tabla 6, con la única diferencia de que el cuerpo ferromagnético tenía un corte transversal con forma de arco que se extendía un ángulo de aproximadamente 270°.

10 La siguiente tabla muestra los niveles de potencia obtenidos experimentalmente al variar los valores de la corriente que fluía a lo largo del cable ( $I_{\text{cable}}$ , primera columna), para el cuerpo ferromagnético semicilíndrico de la tabla 6, con un corte transversal con forma de arco que se extendía 180° (segunda columna), y para el cuerpo ferromagnético con un corte transversal con forma de arco que se extendía 270° (tercera columna). Las mediciones fueron realizadas cortocircuitando los dos terminales eléctricos del devanado. Para calcular la potencia generado por el aparato, se tuvo en cuenta la resistencia interna del devanado. En este caso, para un devanado de 600 espiras, 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

15 Los resultados experimentales de las anteriores tablas 6-8 mostraron, sorprendentemente, que un cuerpo ferromagnético con forma de arco permite que se obtengan niveles de potencia superiores a 26 mW para corrientes de cable razonablemente pequeñas (por ejemplo, aproximadamente 100-150 A). En particular, se obtuvieron niveles de potencia desde aproximadamente 100 hasta 1250 mW para corrientes de cable de aproximadamente 95-300 A con el cuerpo ferromagnético que tenía un corte transversal con forma de arco que se extendía 270°.

20 Los niveles de potencia de 100-200 mW pueden tener utilidad práctica para alimentar un nodo de monitorización del sistema de monitorización según la invención.

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

25 Además, la tabla 8 muestra que los niveles de potencia obtenidos con el cuerpo ferromagnético que tenía un corte transversal con forma de arco que se extendía 270° son 3-5 veces mayores que los niveles de potencia obtenidos con el cuerpo ferromagnético semicilíndrico (con un corte transversal con forma de arco que se extendía 280°).

30 El solicitante realizó experimentos y simulaciones numéricas adicionales que mostraron que se puede fabricar un cuerpo ferromagnético con forma de arco de cualquier material ferromagnético sin afectar significativamente la eficacia del aparato.

Esto es ventajoso dado que permite utilizar materiales ferromagnéticos de bajo coste.

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

5 En general, los experimentos y simulaciones numéricas llevados a cabo por el solicitante mostraron, sorprendentemente, que aunque:

- para un cuerpo ferromagnético con forma de arco, que rodea el alma de un cable de ca únicamente en parte de su extensión angular en torno a su eje longitudinal, la eficacia de concentración del campo magnético es menor que la de un cuerpo ferromagnético de anillo cerrado, que rodea el alma en toda su extensión angular; y aunque
- 10 - en el exterior de un conductor envainado aislado —debido a la o las capas de aislamiento y a la o las capas de protección— el campo magnético producido por la corriente alterna (ca) que fluye a lo largo del conductor eléctrico es mucho menor que en el exterior de un conductor desnudo aéreo,

se pueden seguir obteniendo valores de potencia de utilidad práctica (por ejemplo, superiores a 100-200 mW) por medio del aparato para generar energía eléctrica, cuando se coloca en un conductor envainado aislado.

15

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un sistema (1000) de monitorización para monitorizar parámetros de un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica, comprendiendo el sistema (1000) de monitorización una unidad central (12) y una pluralidad de nodos (100) de monitorización adaptados para ser colocados en distintos puntos de monitorización del sistema de cables, en el que:
- 10 - cada nodo (100) de monitorización está adaptado para operar de forma alterna en modo de reposo y en modo activo, estando adaptado cada nodo de monitorización durante el modo activo para adquirir un valor de al menos uno de dichos parámetros y para procesar el valor adquirido de forma que se generen datos de salida correspondientes; y
- 15 - la unidad central (12) está adaptada para recoger los datos de salida procedentes de los nodos de monitorización;
- en el que los nodos (100) de monitorización están conectados en cascada y porque, durante un modo activo, cada nodo (100) de monitorización está adaptado:
- 20 - para conseguir datos de salida procedentes de un nodo (100) de monitorización corriente arriba de la cascada, si lo hay; y
- 15 - para enviar a un nodo (100) de monitorización corriente abajo, si lo hay, los datos de salida recibidos de dicho nodo (100) de monitorización corriente arriba y los datos de salida generados por el propio nodo (100) de monitorización, estando adaptado un último nodo (100) de monitorización para enviar dichos datos de salida a la unidad central (12),
- 20 **caracterizado porque** los nodos (100) de monitorización están adaptados para operar de forma alterna en modo de reposo y en modo activo con un periodo T, según intervalos de tiempo sincronizados, siendo T el tiempo entre el comienzo de dos modos activos consecutivos.
- 25 2. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los intervalos de tiempo están sincronizados de tal forma que los nodos (100) de monitorización pasan de cada modo de reposo a cada modo activo en secuencia, uno tras otro.
3. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los intervalos de tiempo están sincronizados de tal forma que cada nodo (100) de monitorización comienza a operar en cada modo activo antes de que el nodo (100) de monitorización corriente arriba comience a enviarle los datos de salida.
- 30 4. Un sistema de monitorización según la reivindicación 3, en el que los intervalos de tiempo están sincronizados de tal forma que cada nodo de monitorización comienza a operar en cada modo activo inmediatamente antes de que el nodo de monitorización corriente arriba comience a enviar los datos de salida.
- 35 5. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los intervalos de tiempo están sincronizados de forma que se minimice el tiempo de espera para recibir los datos de salida procedentes de un nodo (100) de monitorización corriente arriba.
6. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los nodos (100) de monitorización están conectados entre sí en cascada por medio de una pluralidad de enlaces de transmisión de datos.
7. Un sistema de monitorización según la reivindicación 6, en el que los enlaces de transmisión de datos son inalámbricos.
- 40 8. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que la unidad central (12) está adaptada para operar de forma alterna en modo de reposo y en modo activo, con un intervalo de tiempo sincronizado con el intervalo de tiempo del último nodo (100) de monitorización de la cascada.
9. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los nodos (100) de monitorización son alimentados por generadores locales de energía.
- 45 10. Un sistema de monitorización según la reivindicación 1, en el que cada uno de los nodos de monitorización comprende al menos un sensor.
- 50 11. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los nodos (100) de monitorización están adaptados para sincronizarse según dichos intervalos de tiempo sincronizados al llevar a cabo un procedimiento de sincronización automática en el que:
- a) inicialmente, el primer nodo (100) de monitorización de la cascada opera en modo de reposo y en modo activo con el periodo T, mientras que los otros nodos (100) de monitorización de la cascada operan en modo de reposo y en modo activo con un periodo T1 menor que T; permaneciendo todos los nodos (100) de monitorización de la cascada en modo activo durante un tiempo Ta, menor que T y T1;

- b) cuando se encuentra en modo activo, el primer nodo (100) de monitorización envía los datos de salida generados por él mismo al segundo nodo (100) de monitorización de la cascada;
- c) cuando el segundo nodo (100) de monitorización recibe los datos de salida procedentes del primer nodo (100) de monitorización, comienza a operar en modo de reposo y en modo activo con el periodo T y envía los datos de salida generados por él mismo, junto con los datos de salida recibidos del primer nodo (100) de monitorización, al tercer nodo (100) de monitorización;

en el que la etapa c) es llevada a cabo también por el tercer nodo (100) de monitorización y los otros nodos (100) de monitorización de la cascada hasta que se sincronice el último nodo (100) de monitorización de la cascada.

12. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 1, en el que los nodos (100) de monitorización están adaptados para llevar a cabo un procedimiento para mantener una sincronización entre los nodos (100) de monitorización, en el que:

- 1) cuando pasa de un modo de reposo a un modo activo un nodo N (100) de monitorización de la cascada aguarda la recepción de datos de salida procedentes de un nodo N-1 (100) de monitorización corriente arriba;
- 2) si no se reciben datos de salida durante un tiempo  $T_a$ , entonces el nodo N de monitorización pasa al modo de reposo hasta que transcurre un tiempo  $T_1$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha vuelto activo en la etapa 1), siendo  $T_a$  menor que  $T_1$  y siendo  $T_1$  menor que T;
- 3) si se reciben datos de salida durante el tiempo  $T_a$ , entonces el nodo N (100) de monitorización envía al nodo N+1 (100) de monitorización corriente abajo los datos de salida recibidos del nodo N-1 (100) de monitorización corriente arriba, junto con los datos de salida generados por él mismo y pasa al modo de reposo hasta que transcurre el tiempo T, comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha vuelto activo en la etapa 1).

13. Un sistema (1000) de monitorización según la reivindicación 12, en el que el procedimiento para mantener la sincronización entre los nodos (100) de monitorización:

- en la etapa 2), si no se reciben datos de salida durante el tiempo  $T_a$ , el nodo N (100) de monitorización comprueba si un número de intentos realizados para recibir datos de salida procedentes del nodo N-1 (100) de monitorización corriente arriba es menor que un límite superior UL;
- en caso afirmativo, el nodo N de monitorización pasa al modo de reposo hasta que transcurre el tiempo  $T_1$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha vuelto activo en la etapa 1);
- en caso negativo, el nodo N (100) de monitorización está configurado de forma que le permita recibir datos de salida procedentes del nodo N-2 (100) de monitorización corriente arriba y luego pasa al modo de reposo hasta que transcurre el tiempo  $T_1$ , comenzando desde el momento en el que el nodo de monitorización se ha vuelto activo en la etapa 1).

14. Un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende un sistema de cables y un sistema (1000) de monitorización para monitorizar parámetros del sistema de cables según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

15. Un procedimiento para monitorizar parámetros de un sistema de cables de un sistema de transmisión de energía eléctrica, en el que:

- una pluralidad de nodos (100) de monitorización está asociada con distintos puntos de monitorización del sistema de cables;
- los nodos (100) de monitorización operan de forma alterna en modo de reposo y en modo activo;
- en modos activo los nodos (100) de monitorización adquieren valores de al menos uno de dichos parámetros y procesan los valores adquiridos, de forma que se generen datos de salida correspondientes;
- una unidad central (12) recoge los datos de salida generados por los nodos (100) de monitorización;

en el que los datos de salida generados por los nodos (100) de monitorización son enviados desde los nodos (100) de monitorización, cuando se encuentran en modo activo, hacia la unidad central (12) al hacer que pasen de uno de los nodos (100) de monitorización a otro, comenzando desde el nodo (100) de monitorización que genera los datos de salida hasta un último de los nodos (100) de monitorización, que remite los datos de salida a la unidad central (12),

**caracterizado porque** los nodos (100) de monitorización operan de forma alterna en modo de reposo y en modo activo con un periodo T, según intervalos de tiempo sincronizados, en el que T es el tiempo entre el comienzo de dos modos activos consecutivos.

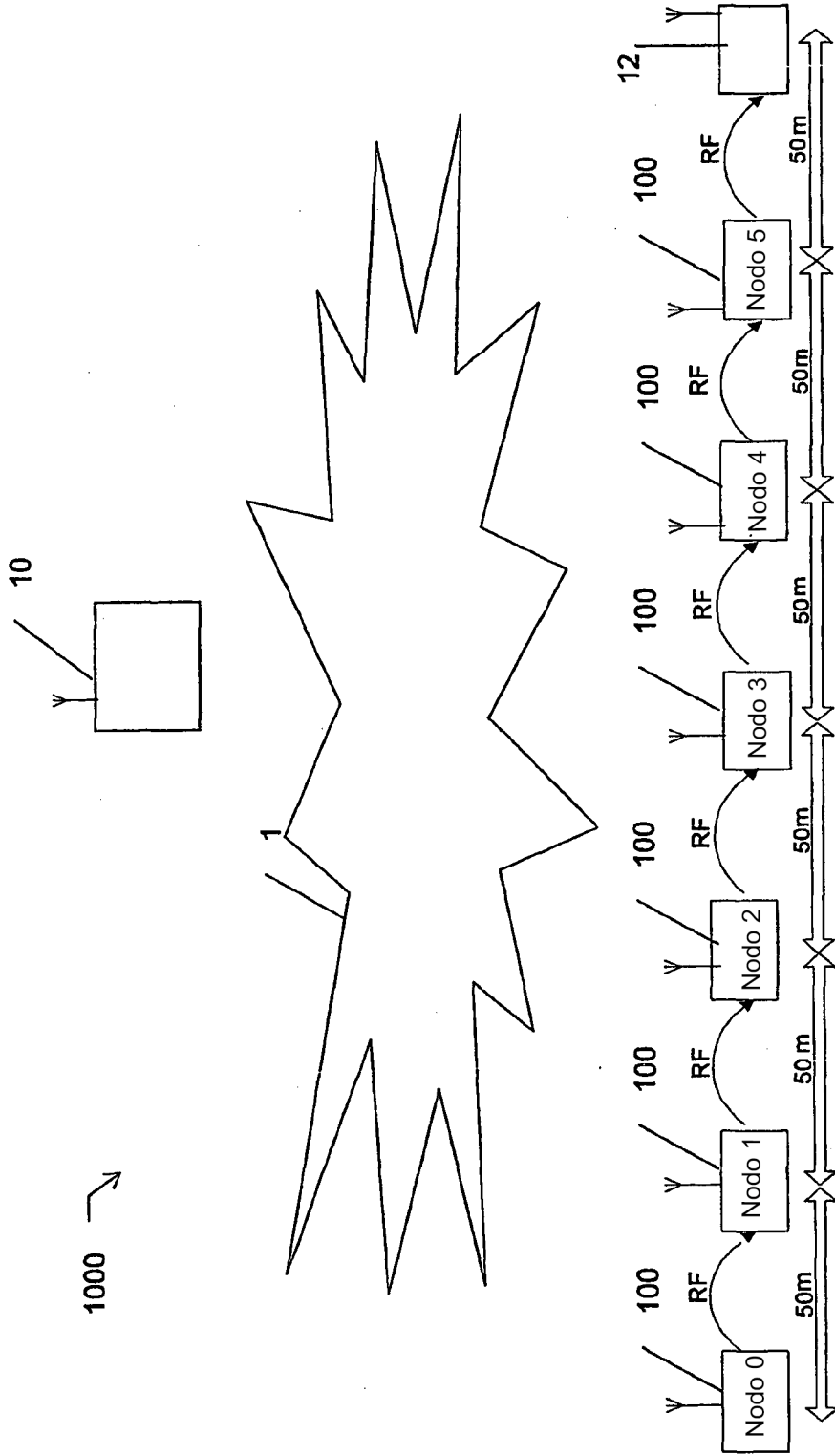


Fig.1

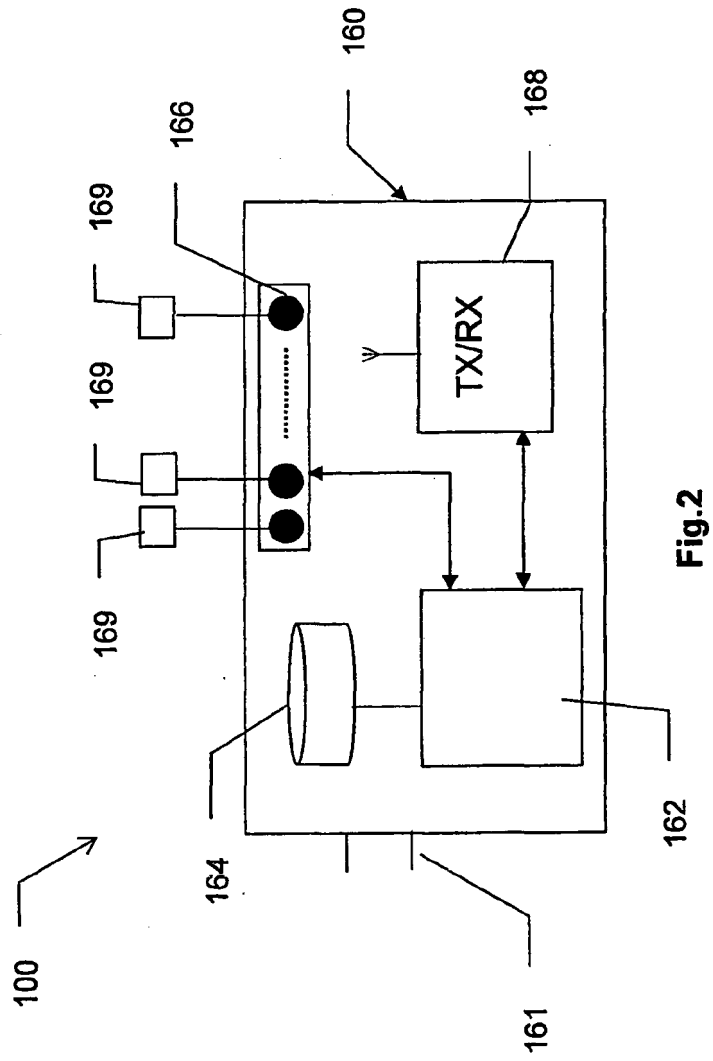


Fig.2

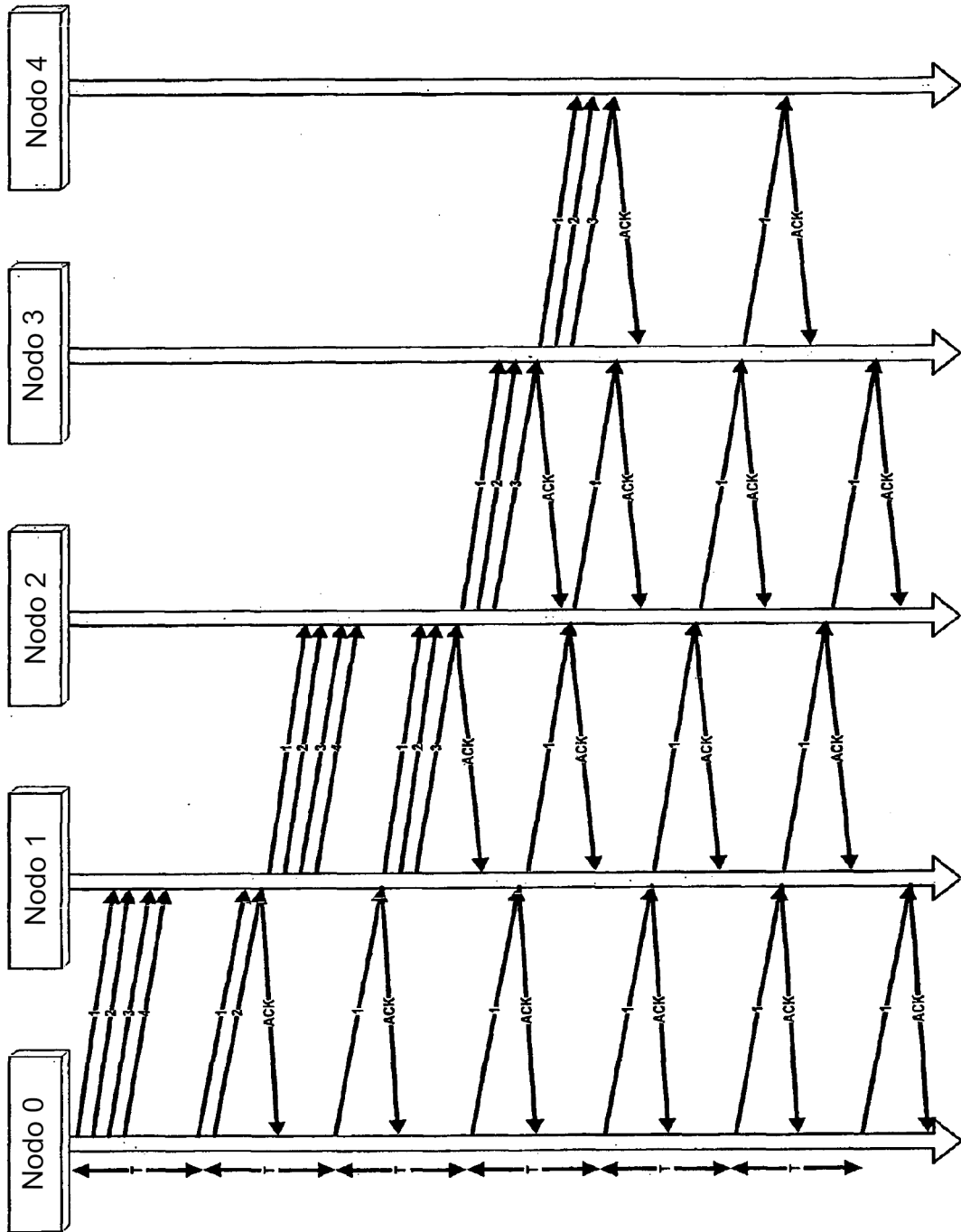


Fig. 3



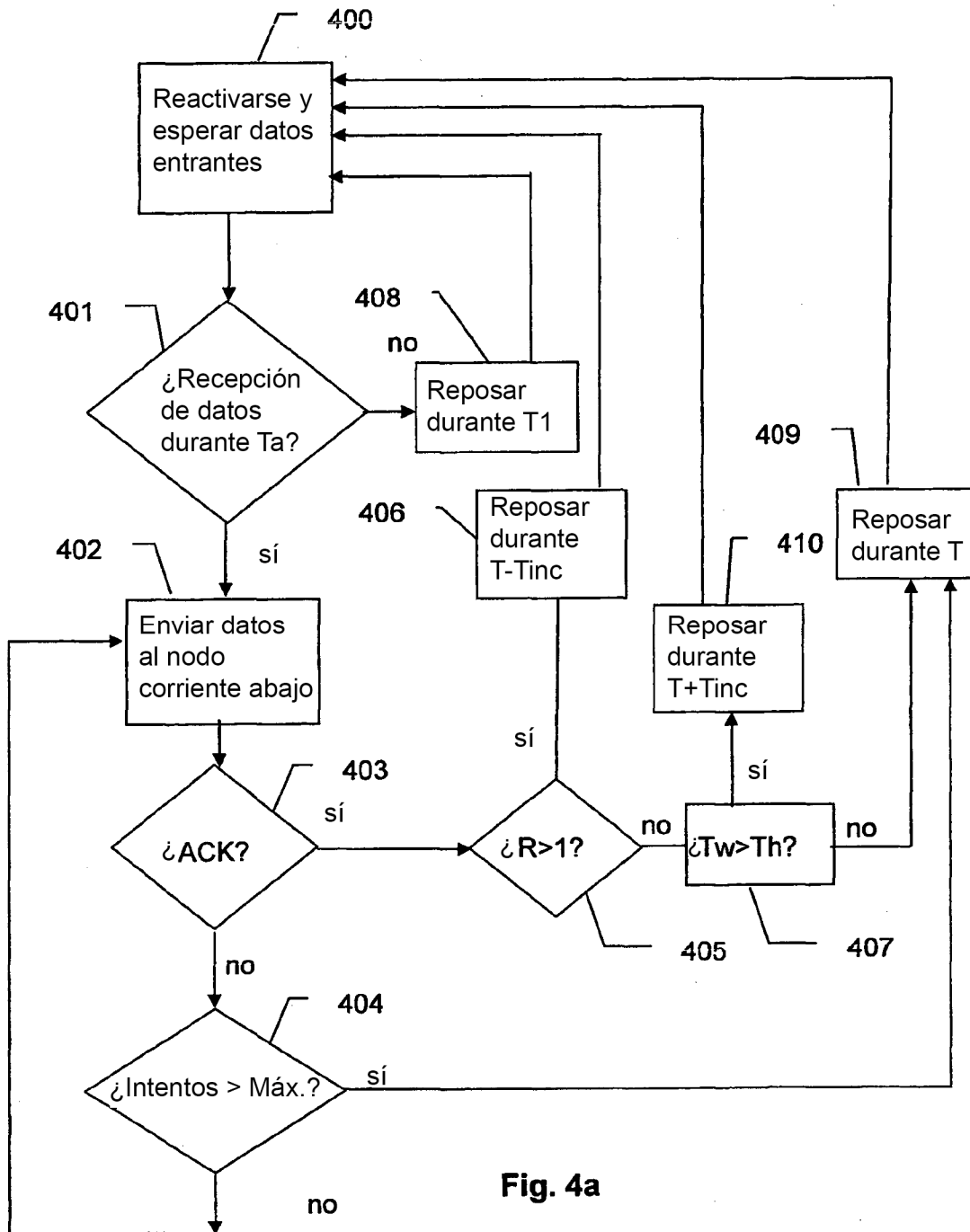


Fig. 4a

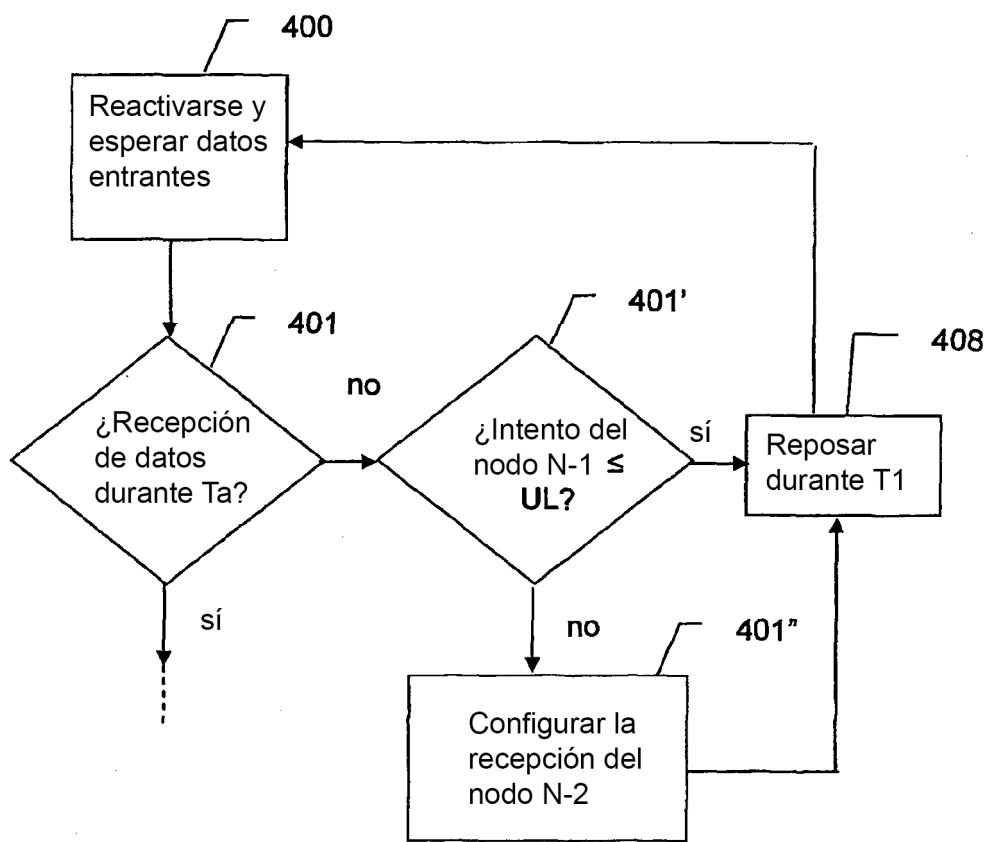


Fig. 4b

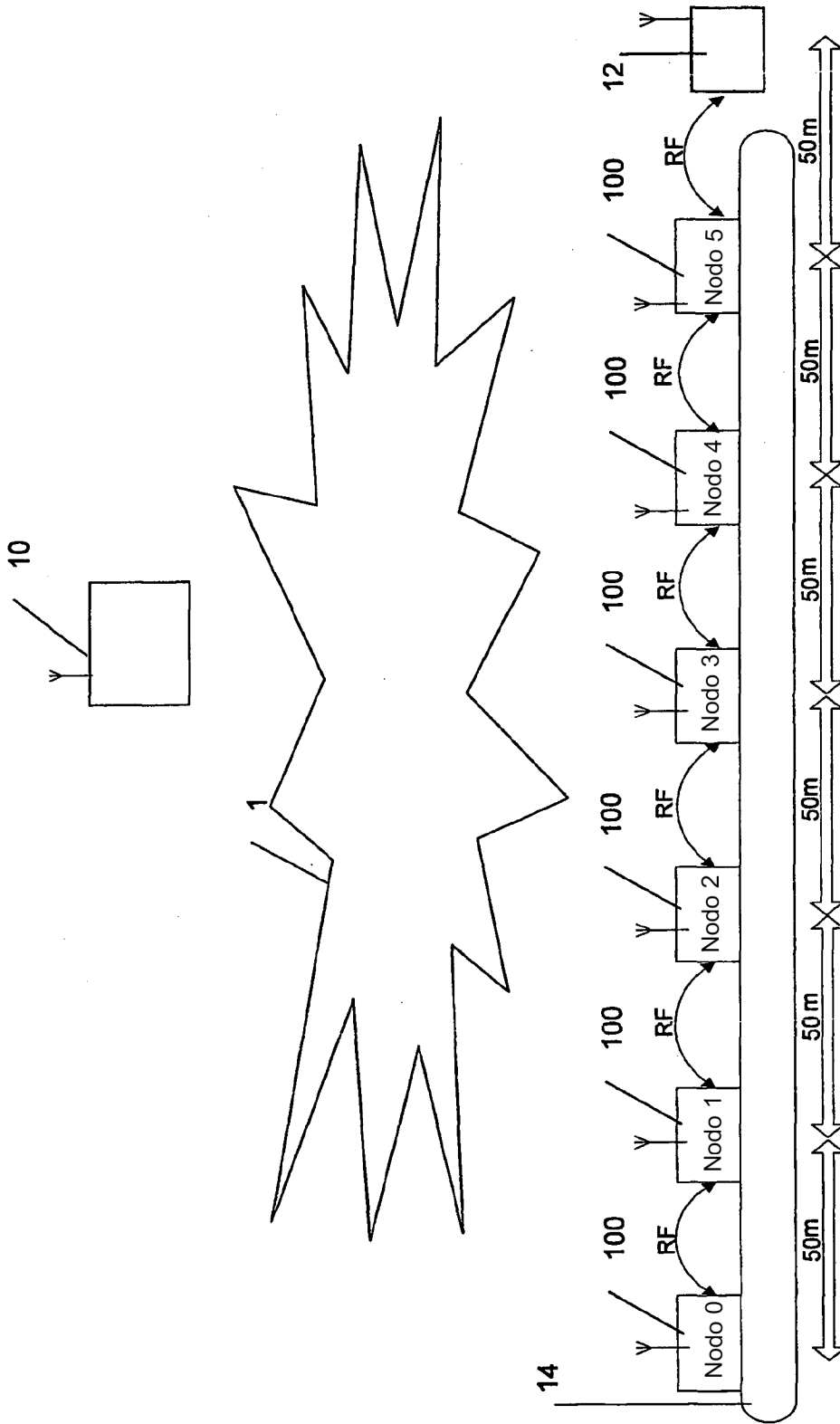


Fig.5

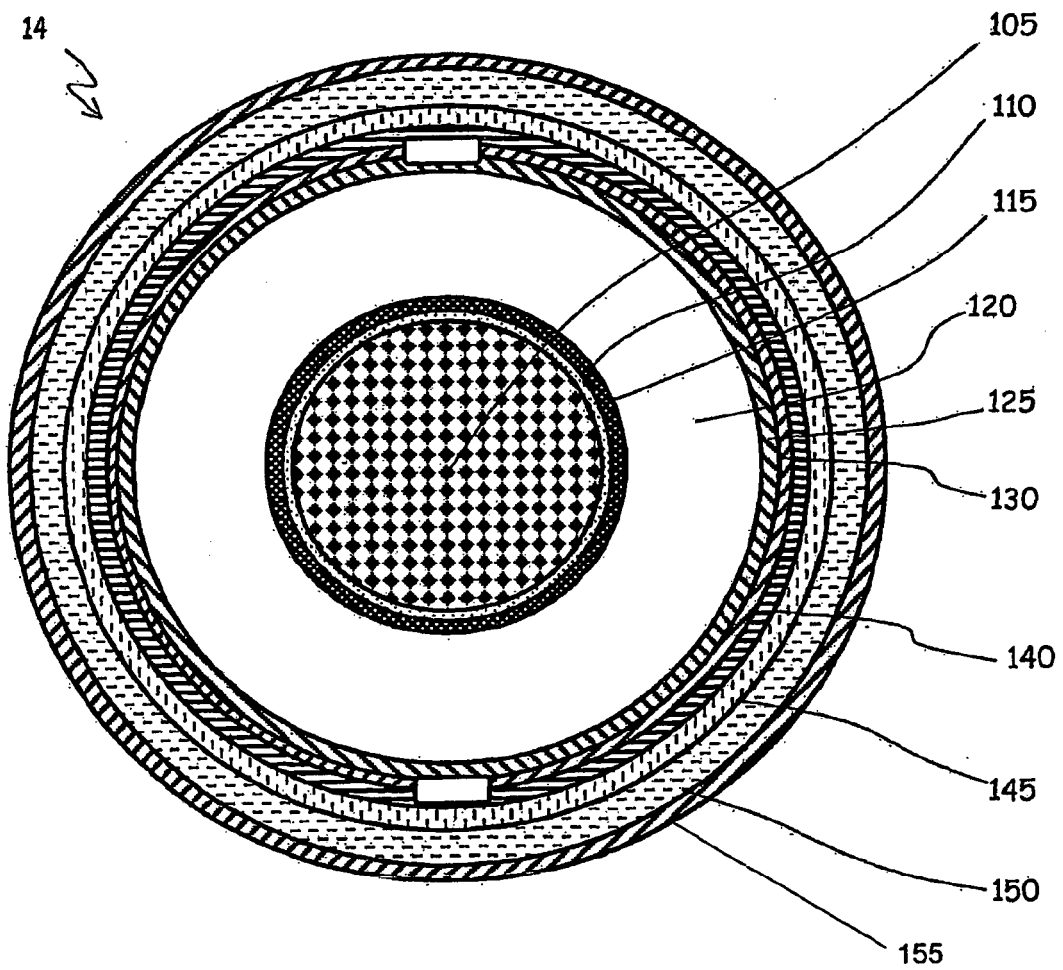
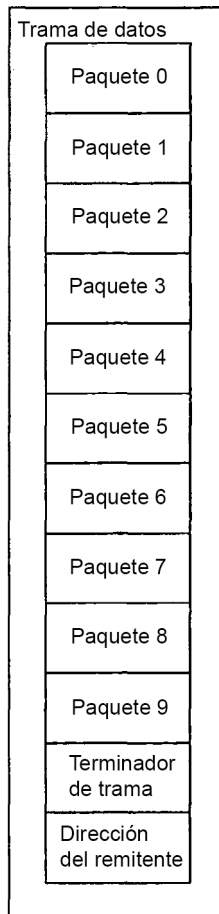


Fig. 6



**Fig. 7**

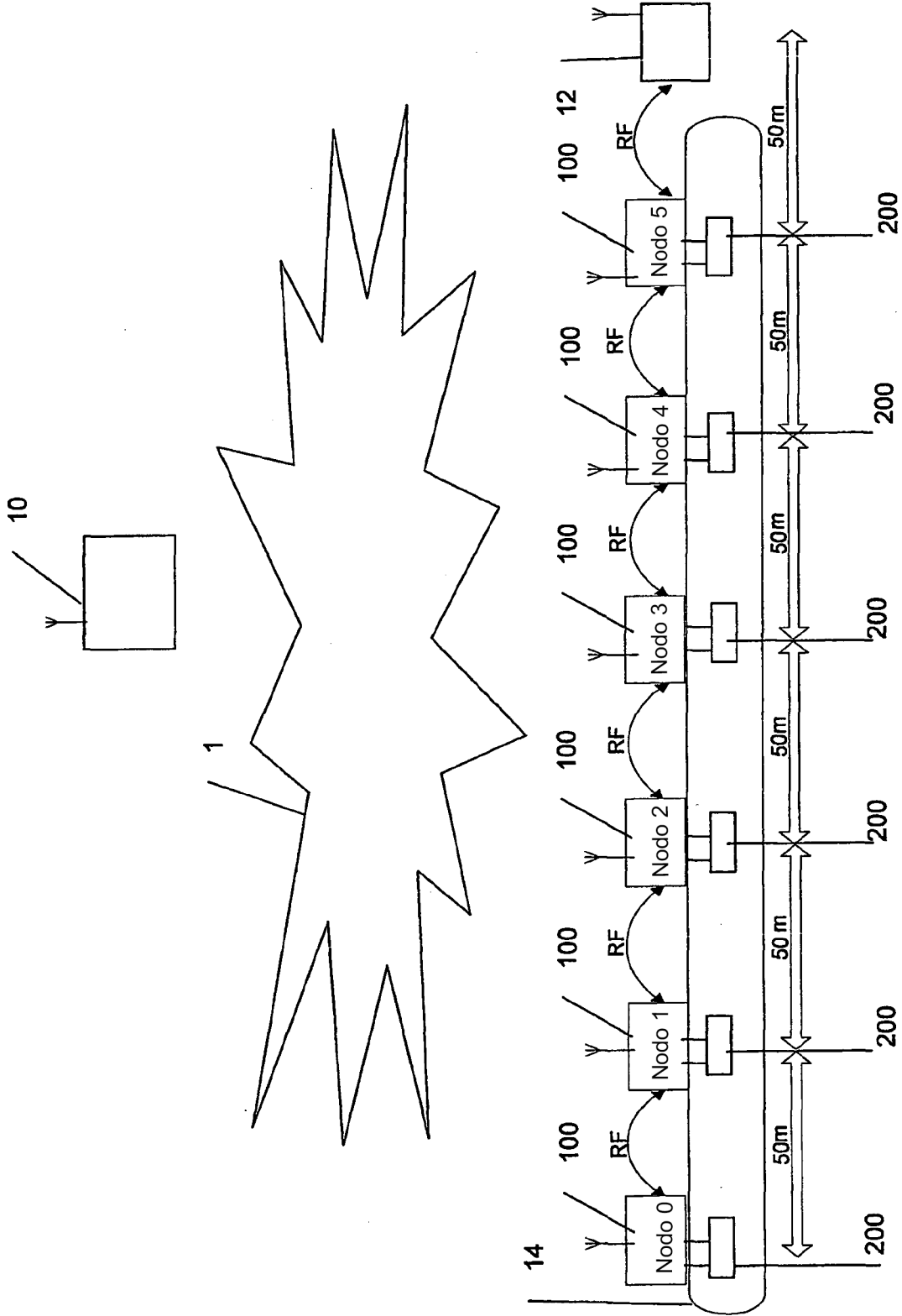


Fig.8

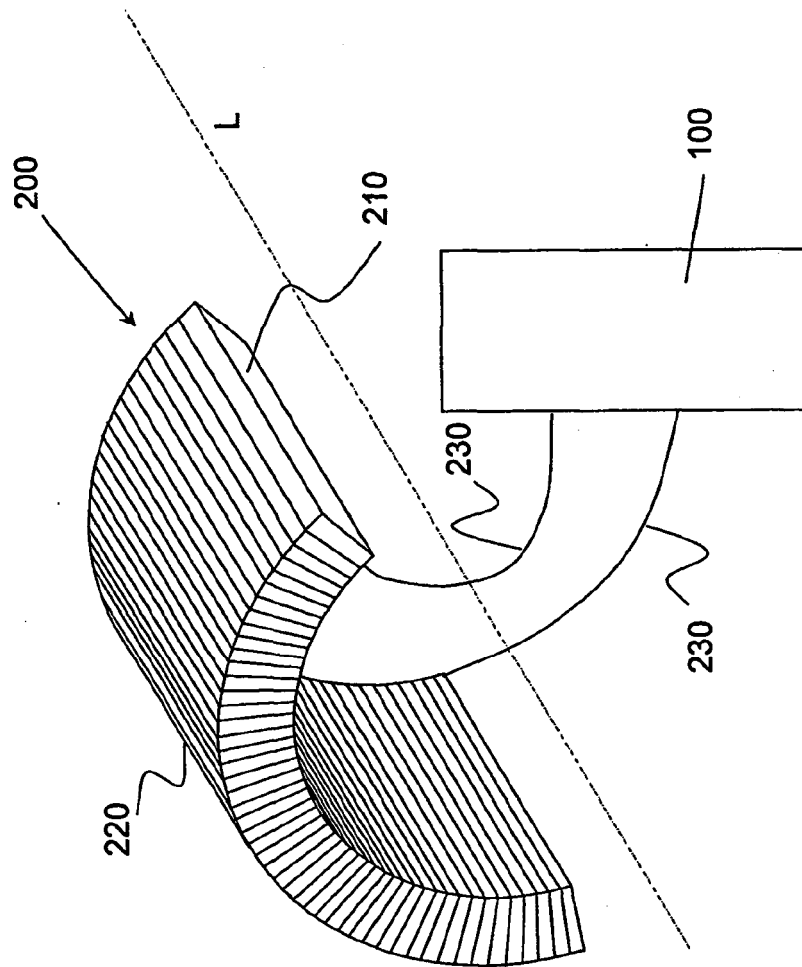


Fig. 9

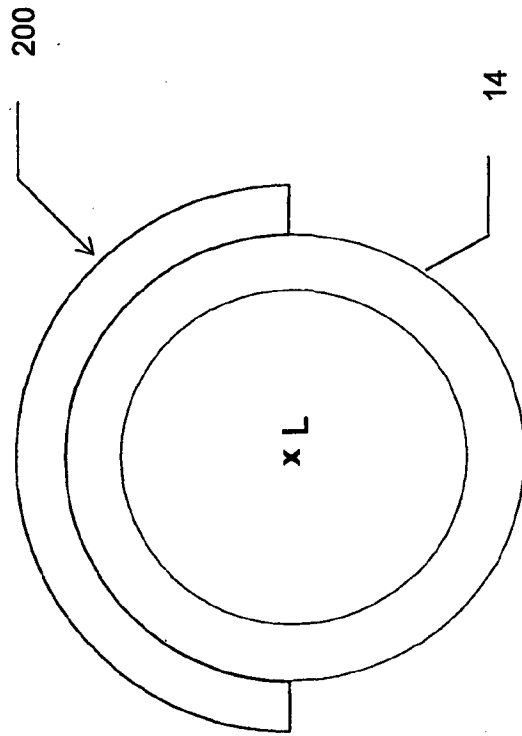


Fig. 10



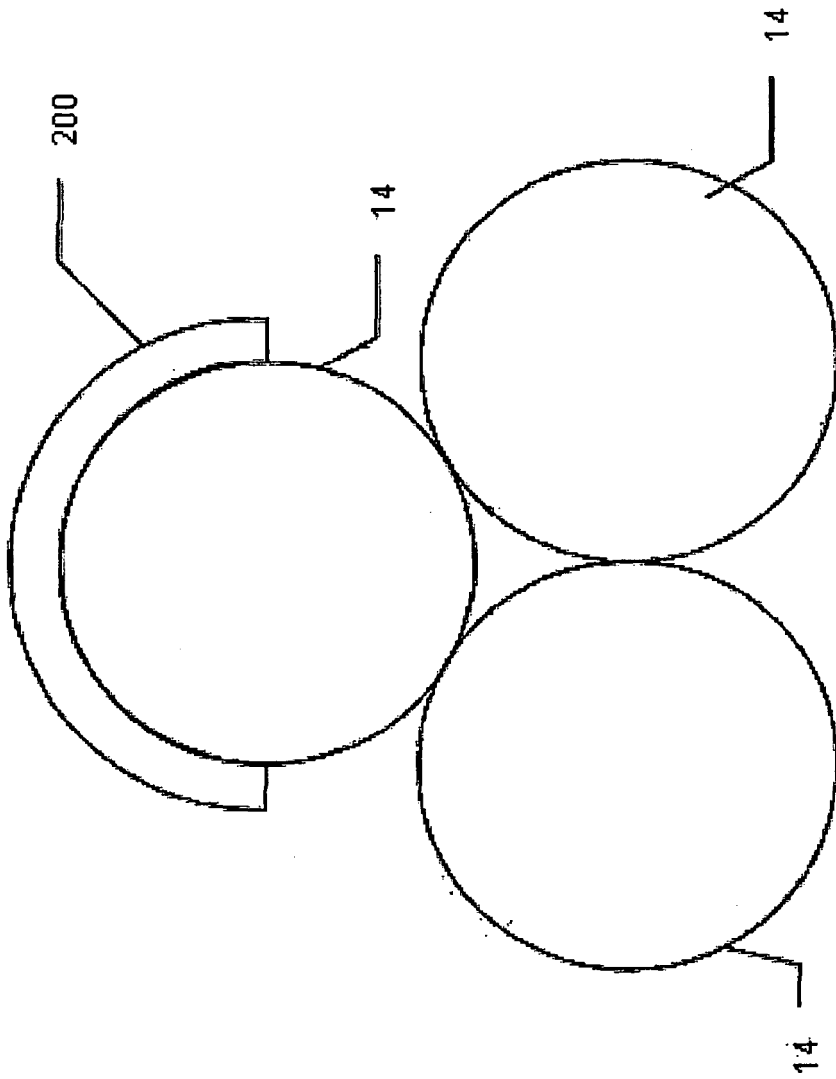


Fig. 11

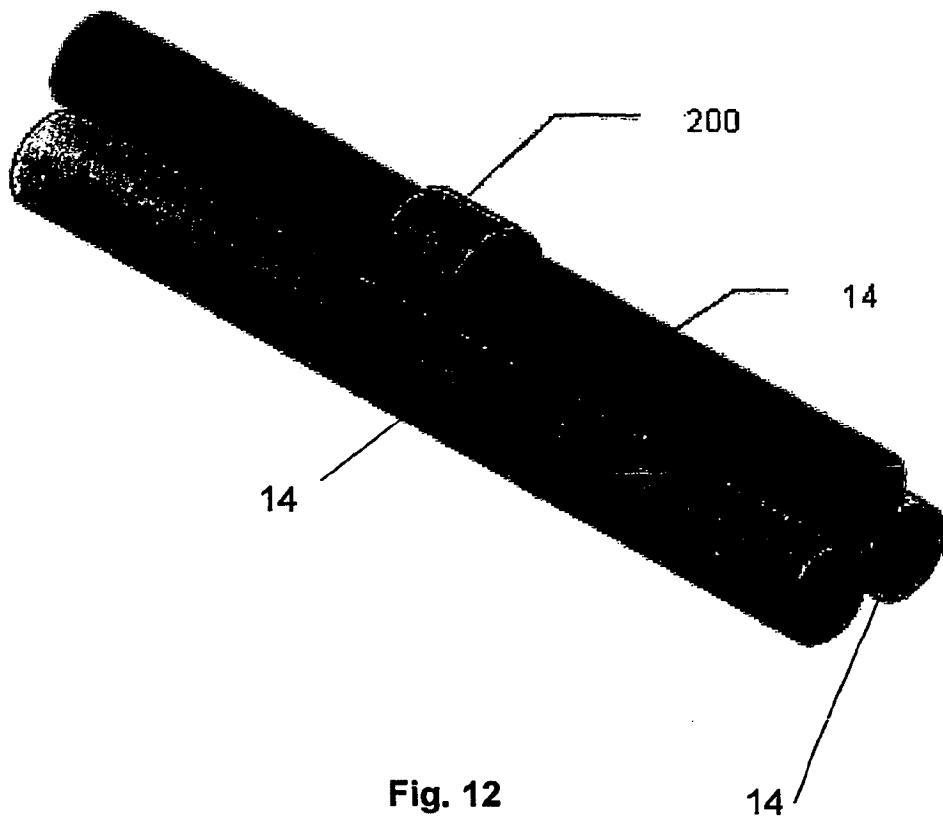
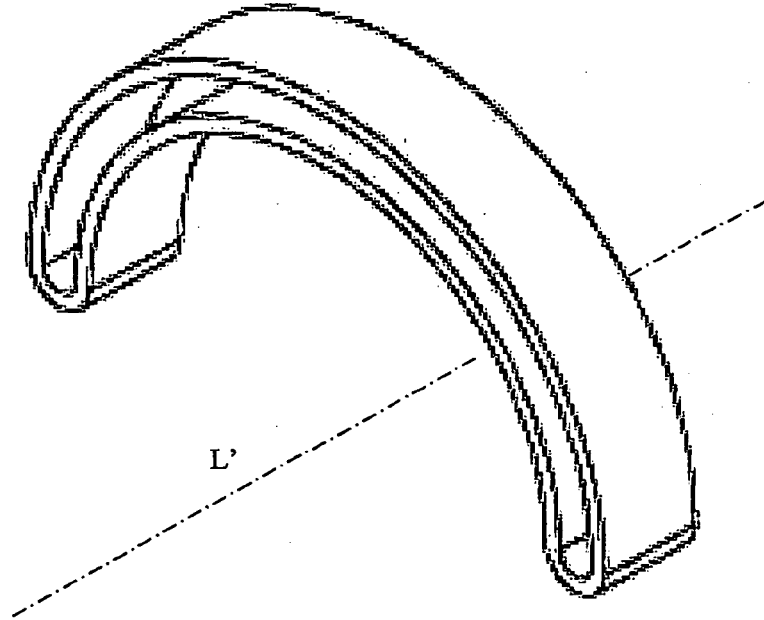
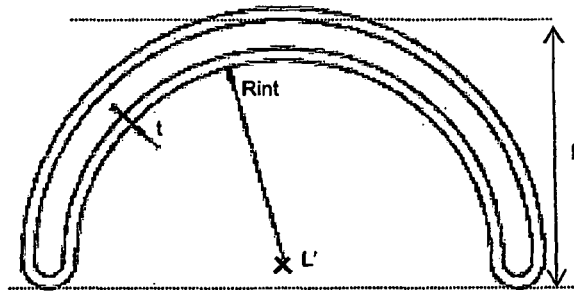


Fig. 12



**Fig.13a**



**Fig.13b**