

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 936**

51 Int. Cl.:

G01R 19/25 (2006.01)

G01R 15/14 (2006.01)

G01R 23/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2021** **PCT/DK2021/050039**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.08.2021** **WO21160230**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2021** **E 21708562 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 4103949**

54 Título: **Sistema para el análisis de la calidad de la potencia y método para la monitorización desde el exterior, de cables multiconductores**

30 Prioridad:

15.02.2020 DK PA202000186

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

21.10.2024

73 Titular/es:

REMONI A/S (100.0%)
Kristiansvej 13
8660 Skanderborg, DK

72 Inventor/es:

ESKEROD MADSEN, BO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 982 936 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

Sistema para el análisis de la calidad de la potencia y método para la monitorización desde el exterior, de cables multiconductores

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema analizador de la calidad de la potencia, configurado para determinar la calidad de la potencia en base a mediciones realizadas por una pluralidad de sensores dispuestos fuera de un cable multiconductor. La invención también se refiere a un método para realizar el análisis de la calidad de la potencia en base a mediciones realizadas por una pluralidad de sensores dispuestos fuera de un cable multiconductor.

Técnica anterior

La calidad de la potencia se relaciona con diversos aspectos de la ingeniería de los sistemas de potencia, incluidos análisis de niveles de transmisión y distribución, así como problemas del usuario final.

La calidad de la potencia eléctrica se ha convertido en una preocupación para las empresas de servicios públicos, los usuarios finales, los arquitectos y los ingenieros civiles, así como para los fabricantes. La calidad de la potencia eléctrica se ha convertido en una parte importante de los sistemas de potencia y las máquinas eléctricas.

Normalmente se considera que la calidad de la potencia expresa la calidad de la tensión y/o la calidad de la corriente. En consecuencia, la calidad de la potencia se puede definir como la medición, análisis y mejora de la tensión del bus para mantener una forma de onda sinusoidal a una tensión y frecuencia nominales predefinidas. Esta definición incluye todos los fenómenos momentáneos y de estado estacionario.

El análisis de la calidad de la potencia implica el análisis del nivel de tensión, la frecuencia y la forma de onda. Se logra una buena calidad de la potencia cuando se cumplen los siguientes criterios:

- a) la tensión de alimentación es constante y se mantiene dentro del rango prescrito,
- b) la frecuencia de la corriente alterna (CA) está cerca del valor nominal y
- c) la curva de tensión es una forma de onda sinusoidal suave.

Por otro lado, la calidad de la potencia es mala cuando no se cumple alguno de los criterios a), b) o c) mencionados anteriormente.

Como ejemplo, la curva de tensión mostrada en la figura 1A comprende picos y, por lo tanto, no es una forma de onda sinusoidal suave, tal como se requiere en el criterio c).

Los problemas de calidad de la potencia (mala calidad de la potencia) causan fallos en la unidad y, por lo tanto, interrupciones y pérdidas de producción, además de pérdida de energía. Localizando los dispositivos eléctricos que causan problemas no deseados de calidad de la potencia, es posible reducir la pérdida actual de recursos y dinero. En la Unión Europea, el potencial de ahorro actual es de 151,7 mil millones de euros.

Las soluciones de la técnica anterior son, sin embargo, difíciles y costosas de instalar, porque necesitan ser conectadas eléctricamente a los cables eléctricos multiconductores. En consecuencia, al aplicar estas soluciones, es necesario romper los cables eléctricos multiconductores para monitorizar la calidad de la potencia. Este ha sido un importante problema sin resolver durante décadas.

Las perturbaciones en la calidad de la potencia provocan gastos en diversas cuentas, entre ellas:

- trabajo en curso, incluidos los costes de la materia prima involucrada en la producción que inevitablemente se pierde, costes laborales involucrados en la producción, mano de obra adicional necesaria para compensar la producción perdida;
- pérdida de energía, debido al calor adicional generado en la red de distribución y en las máquinas;
- mal funcionamiento del equipo: - si un dispositivo se ve afectado, las consecuencias pueden ser una ralentización del proceso de producción y un tiempo de "inactividad" adicional.
- Daños en el equipo: - si un equipo esencial se ve afectado, las consecuencias pueden ser el daño total del dispositivo, acortamiento de su vida útil, mantenimiento adicional y necesidad de un dispositivo de reserva.

– Costes de personal: - estos son los costes causados por el personal que resulta improductivo debido a un flujo de trabajo interrumpido.

Existe un enfoque cada vez mayor en el análisis de la calidad de la potencia, debido a la creciente proporción de consumidores de potencia electrónica, tales como diodos emisores de luz (Light-Emitting Diode, LED) y fuentes de alimentación de modo conmutado, debido a que estos consumidores de potencia electrónica causan problemas no deseados, picos de tensión y armónicos en el suministro eléctrico de la red.

El documento US2005083206A1 da a conocer un dispositivo de monitorización eléctrico que incluye: una disposición de fijación, adaptada para conectar el dispositivo, de manera no invasiva, a una línea de suministro eléctrico, un sensor de corriente, adaptado para detectar características de forma de onda relativas a la corriente que circula a través de la línea de suministro, un sensor de tensión, adaptado para detectar las características de forma de onda de la tensión de la línea de suministro, y un procesador, programado para calcular una componente de potencia utilizando las características de forma de onda de la corriente y las características de forma de onda de la tensión. El dispositivo también incluye un transmisor inalámbrico, configurado para transmitir la componente de potencia a una ubicación de monitorización. Sin embargo, esta solución solo es adecuada para analizar cables monoconductores. Además, la solución descrita en el documento US2005083206A1 no es adecuada para detectar picos de tensión, armónicos, transitorios y distorsiones problemáticas similares en la calidad de la potencia. En consecuencia, sería deseable tener un sistema de monitorización que sea capaz de detectar distorsiones en la calidad de la potencia, en el que el sistema de monitorización sea adecuado para realizar mediciones desde el exterior de cables multiconductores.

Las herramientas de análisis de la calidad de la potencia de la técnica anterior son costosas, porque requieren sensores costosos y porque se requiere que estos sensores se instalen conectándolos eléctricamente a un conductor. Debido a que los sensores deben instalarse en un solo conductor de corriente, los cables de las unidades (dispositivos) a monitorizar deben ser divididos. Este procedimiento de división introduce costes, riesgo de dañar las instalaciones eléctricas y peligro para la persona que las instala.

En consecuencia, sería deseable disponer de un método y un dispositivo que permitan un análisis alternativo de la calidad de la potencia que reduzca, o incluso elimine, los inconvenientes de las soluciones de la técnica anterior.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es dar a conocer un método y un dispositivo que reduce, o incluso elimina, los inconvenientes de la técnica anterior mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

El objetivo de la presente invención se puede conseguir mediante un sistema de análisis de la calidad de la potencia tal como está definido en la reivindicación 1, y un método tal como está definido en la reivindicación 9. Las realizaciones preferidas están definidas en las sub-reivindicaciones dependientes, explicadas en la siguiente descripción e ilustradas en los dibujos adjuntos.

El sistema de análisis de la calidad de la potencia según la invención es un sistema de análisis de la calidad de la potencia configurado para llevar a cabo un análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones en la calidad de la potencia (picos, armónicos y transitorios) en un entorno eléctrico que comprende:

– una o más unidades consumidoras de potencia, estando cada una conectada eléctricamente a una fuente de alimentación principal por medio de un cable multiconductor (multinúcleo);

– una pluralidad de sensores de calidad de la potencia, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia,

en el que los sensores de calidad de la potencia son sensores de calidad de la potencia de abrazadera, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones en la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera son sujetos en el exterior del cable multiconductor o dispuestos en sus proximidades, en donde los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores del cable multiconductor, en donde cada uno de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera comprende una pluralidad de bobinas, sensores de efecto Hall y/o sondas capacitivas, en donde el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia, en donde el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad informática, adaptada para utilizar un modelo estadístico matemático que combina las mediciones realizadas por los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y las mediciones realizadas por el sensor de la unidad central de calidad de la potencia, en donde el cable multiconductor (multinúcleo) comprende una pluralidad de conductores distintos que están aislados entre sí, en donde el modelo estadístico matemático comprende:

– una componente de la función matemática, que modeliza la asignación latente de las mediciones de los sensores de la unidad central de calidad de la potencia, a las mediciones de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y

- 5 – una componente estocástica, que modeliza el ruido de la medición y la parte de la medición del sensor de cada unidad central de calidad de la potencia asociada con la utilización, que no se mide mediante uno o varios sensores de calidad de la potencia de abrazadera.

10 De este modo, es posible proporcionar un sistema que es más fácil de utilizar y menos costoso que los sistemas de la técnica anterior.

15 Las unidades consumidoras de potencia pueden ser cualquier tipo de dispositivos eléctricos, incluidas bombas, convertidores de frecuencia, fuentes de alimentación y electrodomésticos, configurados para ser conectados eléctricamente a una fuente de alimentación principal mediante de un cable multiconductor. En una realización, la fuente de alimentación principal es la red eléctrica.

Los sensores de calidad de la potencia están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de calidad de la potencia:

- 20 • En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir la frecuencia de una señal de tensión (incluso si la frecuencia varía).

- 25 • En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir la frecuencia de una señal actual.

- En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir picos que tienen una amplitud mayor que la amplitud máxima de la señal de corriente y tensión o de la señal de corriente principales en forma de seno.

- 30 • En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir corrientes/tensiones armónicas que se superponen a las corrientes/tensiones principales en forma de seno.

- 35 • En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir distorsiones de la calidad de la potencia definidas como picos, armónicos y transitorios.

40 El uno o más sensores de calidad de la potencia son sensores de calidad de la potencia de abrazadera, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y, por lo tanto, detectar distorsiones en la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera se sujetan en el exterior o se disponen en las proximidades del cable multiconductor. En consecuencia, no se requiere ningún contacto eléctrico con ninguno de los conductores del cable multiconductor. Esta es una ventaja importante en comparación con las soluciones de la técnica anterior.

45 Cada sensor de calidad de la potencia comprende una pluralidad de subsensores. Cada subsensor está diseñado como bobina y/o sensor de efecto Hall y/o sonda capacitiva. Los subsensores son colocados de tal manera que los diferentes elementos de detección (o los subsensores) miden diferentes superposiciones de los campos electromagnéticos combinados inducidos por los conductores en el interior del cable multiconductor.

En una realización, el elemento de detección principal es una bobina.

50 En una realización, el elemento de detección principal es un sensor de efecto Hall.

En una realización, el elemento de detección principal es una sonda capacitiva.

55 En una realización, los elementos de detección adicionales son bobinas.

En una realización, los elementos de detección adicionales son sensores de efecto Hall.

En una realización, los elementos de detección adicionales son sondas capacitivas.

60 En una realización, los subsensores comprenden un elemento detección principal y los elementos de detección adicionales.

65 Los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores del multiconductor.

En una realización, uno o más sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera son sujetados en el exterior del cable multiconductor.

En una realización, uno o más sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera son sujetados en el exterior del cable multiconductor. Esto significa que los sensores de calidad de la potencia pueden estar dispuestos a una distancia corta (p. ej. menos de un centímetro) del multiconductor. Esto puede hacerse utilizando estructuras mecánicas adaptadas para fijar los sensores a poca distancia del multiconductor.

El sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia. Por el término "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" se entiende una unidad configurada para medir los parámetros generales de la potencia (incluyendo tensión y/o corriente en función del tiempo) de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia.

Un "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" puede ser un "medidor" configurado para medir el flujo o potencia general que incluye tensión y/o corriente en función del tiempo de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia con una precisión predefinida, preferentemente una precisión alta. Dicho "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidor" se utiliza habitualmente para realizar una medición precisa del consumo de electricidad.

En un sistema de análisis de la calidad de la potencia según la invención sería posible fijar sensores de calidad de la potencia de abrazadera que tengan una resolución y precisión de datos significativamente más bajas que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" del sistema. Utilizando un modelo estadístico matemático, es posible "compensar" la menor resolución de datos y precisión de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera. De este modo, se puede proporcionar una medida global de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia.

Puede ser una ventaja que el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprenda un número de "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" configurados para medir la potencia y/o la tensión y/o la corriente en función del tiempo de todas las unidades consumidoras de potencia, y para enviar información a una unidad de recepción, configurada para procesar los datos o reenviar los datos.

Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" sean capaces de proporcionar una medición muy precisa, de modo que los datos detectados se puedan utilizar para proporcionar estimaciones y/o predicciones precisas de los parámetros de las unidades consumidoras de potencia.

Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" sean capaces de proporcionar información de problemas de calidad de la potencia sospechados, a los sensores de calidad de la potencia de abrazadera, por lo que solo necesitan enviar datos desde el intervalo de tiempo sospechoso. Por lo tanto, se puede ahorrar utilización de ancho de banda de datos y consumo de energía del sensor, importantes.

El sensor de la unidad central de calidad de la potencia está dispuesto a una distancia de los sensores de calidad de la potencia. Habitual en una centralita.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 5 m.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 50 m.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 100 m.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 500 m.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 1000 m.

En una realización, la distancia entre el sensor de la unidad central de calidad de la potencia y los sensores de calidad de la potencia es de más de 5000 m.

Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" estén configurados para pre-analizar las mediciones para ahorrar ancho de banda de transferencia de datos y consumo de energía del sensor.

- 5 Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" estén configurados para pre-analizar las mediciones para ahorrar ancho de banda de transferencia de datos y consumo de energía del sensor.

- 10 Es posible tener un sistema de análisis de la calidad de la potencia, en el que no todas las unidades consumidoras de potencia están equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera, y en el que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" miden la potencia y/o corriente y/o tensión de más unidades consumidoras de potencia que las unidades consumidoras de potencia equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

- 15 El modelo estadístico matemático está configurado preferentemente para estimar y/o predecir uno o más parámetros (potencia y/o tensión y/o corriente y/o forma de onda y/o frecuencia) de las unidades consumidoras de potencia, sobre la base de la información de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y de los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" incluso si no todas las unidades consumidoras de potencia están equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

- 20 El sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad informática, adaptada para utilizar un modelo estadístico matemático que combina mediciones realizadas por los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y mediciones realizadas por el sensor de la unidad central de calidad de la potencia. De este modo, es posible aplicar mediciones de baja resolución y/o precisión y aun así conseguir una estimación de alta resolución/alta precisión. Además, el modelo estadístico matemático puede comparar las mediciones de corriente realizadas por el o los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y las mediciones de corriente y tensión realizadas por los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" y localizar, de este modo, las unidades consumidoras de potencia que causan mala calidad de la potencia.

- 30 En una realización, el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad de sincronización del tiempo configurada para sincronizar las mediciones del o de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor de la unidad central de calidad de la potencia a una frecuencia predefinida. De este modo, es posible vincular las mediciones correspondientes realizadas por los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor de la unidad central de calidad de la potencia, para comparar las mediciones correspondientes.

- 35 En una realización, la frecuencia predefinida es cada 20 ms.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 10 ms.

- 40 En una realización, la frecuencia predefinida es cada 5 ms.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 2 ms.

- 45 En una realización, el o los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del multiconductor. De este modo, es posible medir tanto las corrientes como la tensión en los sensores y, de este modo, conseguir múltiples medidas de calidad de la potencia directamente desde el único sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

- 50 En una realización, el o los sensores de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico de la red eléctrica de multiconductores (cables). De ese modo, es posible medir tanto las corrientes como la tensión en los sensores y, así, conseguir múltiples medidas de calidad de la potencia directamente desde el único sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

- 55 En una realización, al menos algunos del o los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o del o los sensores de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para comunicarse de manera inalámbrica con uno o más dispositivos externos. De este modo, es posible proporcionar un sistema sencillo y fácil de utilizar, que es fácil de instalar.

- 60 Puede ser una ventaja que al menos algunos del o de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o del sensor de la unidad central de calidad de la potencia estén alimentados por batería. En una realización, todos los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están alimentados por batería.

- 65 En una realización, el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprende uno o más dispositivos de recolección de energía, y al menos algunos del o de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o del sensor de la unidad central de calidad de la potencia está alimentado por al menos uno de los dispositivos de recolección de energía. De este modo, es posible proporcionar un sistema que es parcial o completamente

autosuficiente desde el punto de vista energético.

En una realización, todos los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están alimentados por uno o más dispositivos de recolección de energía.

En una realización, el al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia está configurado para pre-analizar los datos medidos para reducir la carga de datos. De esta manera, es posible reducir la carga de datos y la capacidad de almacenamiento requerida.

Los objetivos de la invención se pueden conseguir mediante un método para llevar a cabo un análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones en la calidad de la potencia en un entorno eléctrico que comprende:

- una o más unidades consumidoras de potencia, estando cada una conectada eléctricamente a una fuente de alimentación principal por medio de un cable multiconductor (multinúcleo);

- una pluralidad de sensores de calidad de la potencia, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia,

en el que el método comprende la etapa de aplicar una pluralidad de sensores de calidad de la potencia que son sensores de calidad de la potencia de abrazadera, para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones en la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera son sujetos en el exterior de o dispuestos en las proximidades del cable multiconductor, en donde los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones en la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores individuales del multiconductor; es decir, siendo sujetos al exterior del cable multiconductor, en donde cada uno de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera comprende una pluralidad de bobinas y/o sensores de efecto Hall y/o sondas capacitivas, en donde el método comprende la etapa de aplicar al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia, en donde el método comprende la etapa de aplicar un modelo estadístico matemático que combina mediciones realizadas por los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y mediciones realizadas por el sensor de la unidad central de calidad de la potencia, en el que el cable multiconductor (multinúcleo) comprende una pluralidad de conductores distintos que están aislados entre sí, en el que el modelo estadístico matemático comprende:

- una componente de la función matemática, que modeliza la asignación latente de las mediciones de los sensores de la unidad central de calidad de la potencia, a las mediciones de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y

- una componente estocástica, que modeliza el ruido de la medición y la parte de la medición del sensor de cada unidad central de calidad de la potencia asociada con la utilización, que no se mide mediante uno o varios sensores de calidad de la potencia de abrazadera.

De este modo, es posible proporcionar un método que es más fácil de utilizar y menos costoso que los métodos de la técnica anterior.

Las unidades consumidoras de potencia pueden ser cualquier tipo de dispositivo eléctrico, incluidas bombas, convertidores de frecuencia, fuentes de alimentación y electrodomésticos configurados para conectarse eléctricamente a una fuente de alimentación principal mediante de un cable multiconductor.

En una realización, la fuente de alimentación principal es la red eléctrica.

Los sensores de calidad de la potencia están configurados para proporcionar una o más mediciones del análisis de la calidad de la potencia:

- En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir la frecuencia de una señal de tensión (incluso si la frecuencia varía).

- En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir la frecuencia de una señal actual.

- En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir picos que tienen una amplitud máxima de la señal de corriente y tensión o de la señal de corriente principales en forma de seno.

En una realización, los sensores de calidad de la potencia están configurados para medir corrientes/tensiones armónicos que se superponen a las corrientes/tensiones principales en forma de seno. El uno o más sensores de

calidad de la potencia son sensores de calidad de la potencia de abrazadera, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y, por lo tanto, detectar distorsiones en la calidad de la potencia cuando los sensores de calidad de la potencia de abrazadera son sujetos en el exterior o dispuestos en las proximidades del cable multiconductor. En consecuencia, no se requiere ningún contacto eléctrico con ninguno de los conductores del cable multiconductor. Esta es una ventaja importante en comparación con las soluciones de la técnica anterior.

Los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores del multiconductor.,

En una realización, el método aplica al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia.

Por el término "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" se entiende una unidad configurada para medir los parámetros de potencia globales (incluyendo tensión y/o corriente en función del tiempo) de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia.

Un "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" puede ser un "medidor", configurado para medir el flujo o potencia global que incluye tensión y/o corriente en función del tiempo de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia con una precisión predefinida, preferentemente una precisión alta. Dicho "sensor de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidor" se utiliza habitualmente para realizar una medición precisa del consumo de electricidad.

Cuando se lleva a cabo el método según la invención sería posible aplicar sensores de calidad de la potencia de abrazadera que tienen una precisión significativamente menor que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores". Mediante la utilización de un modelo estadístico matemático, es posible "compensar" la menor resolución de datos y precisión de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera. De este modo, se puede proporcionar una medida global de al menos una sección de las unidades consumidoras de potencia.

Puede ser una ventaja que el sistema de análisis de la calidad de la potencia comprenda la etapa de aplicar un número de "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" configurados para medir la potencia y/o la tensión y/o la corriente en función del tiempo de todas las unidades consumidoras de energía, y para enviar información a una unidad de recepción, configurada para procesar los datos o reenviar los datos.

Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" sean capaces de proporcionar una medición muy precisa, de modo que los datos detectados se puedan utilizar para proporcionar estimaciones y/o predicciones precisas de los parámetros de las unidades consumidoras de potencia.

Puede ser una ventaja que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" sean capaces de proporcionar información de problemas de calidad de la potencia sospechados, a los sensores de calidad de la potencia de abrazadera, de modo que solo necesiten enviar datos desde el intervalo de tiempo sospechoso. De este modo, se puede ahorrar utilización de ancho de banda de datos y consumo de energía del sensor, importantes.

Puede ser una ventaja que el método se lleve a cabo de tal manera que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" pre-analicen las mediciones para ahorrar ancho de banda de transferencia de datos y consumo de energía del sensor.

Puede ser una ventaja que el método se lleve a cabo de tal manera que los sensores de calidad de la potencia de abrazadera pre-analicen las mediciones para ahorrar ancho de banda de transferencia de datos y consumo de energía del sensor.

Es posible realizar el método de tal manera que no todas las unidades consumidoras de potencia están equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera, y en el que los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" miden la potencia y/o la corriente y/o la tensión de más unidades consumidoras de potencia que las unidades consumidoras de potencia equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

El modelo estadístico matemático está configurado preferentemente para estimar y/o predecir uno o más parámetros (potencia y/o tensión y/o corriente y/o forma de onda y/o frecuencia) de las unidades consumidoras de potencia, sobre la base de la información de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y de los "sensores de la unidad central de calidad de la potencia" o "medidores" incluso si no todas las unidades consumidoras de potencia están equipadas con un sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

El método comprende la etapa de aplicar al menos un sensor de la unidad central de calidad de la potencia

dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia.

El método comprende la etapa de aplicar un modelo estadístico matemático que combina mediciones realizadas por los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y mediciones realizadas por el sensor de la unidad central de calidad de la potencia. En una realización, el método comprende la etapa de sincronizar las mediciones del uno o varios sensores de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor de la unidad central de calidad de la potencia a una frecuencia predefinida.

De este modo, es posible vincular las mediciones correspondientes realizadas por el o los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor de la unidad central de calidad de la potencia, para comparar las mediciones correspondientes.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 20 ms.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 10 ms.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 5 ms.

En una realización, la frecuencia predefinida es cada 2 ms.

En una realización, el método comprende la etapa de aplicar uno o varios sensores de calidad de la potencia de abrazadera que están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del multiconductor. De este modo, es posible medir tanto las corrientes como la tensión en los sensores y, de este modo, conseguir múltiples medidas de calidad de la potencia directamente desde el único sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

En una realización, el método comprende la etapa de aplicar un sensor de la unidad central de calidad de la potencia que está configurado para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico de la red eléctrica de multiconductores (cables). De esta manera, es posible medir tanto las corrientes como la tensión en los sensores y, así, conseguir múltiples medidas de calidad de la potencia directamente desde el único sensor de calidad de la potencia de abrazadera.

En una realización, al menos algunos del o los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para comunicarse de manera inalámbrica con uno o más dispositivos externos. De este modo, es posible proporcionar un método sencillo y fácil de utilizar.

Puede ser una ventaja que al menos algunos de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor de la unidad central de calidad de la potencia estén alimentados por batería.

En una realización, todos los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están alimentados por batería.

Puede ser una ventaja que al menos algunos de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor de la unidad central de calidad de la potencia estén alimentados por al menos uno de los dispositivos de recolección de energía. De este modo, es posible proporcionar un sistema que es parcial o completamente autosuficiente desde el punto de vista energético.

En una realización, todos los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están alimentados por uno o más dispositivos de recolección de energía.

En una realización, el método comprende la etapa de pre-analizar los datos medidos realizados por el sensor de la unidad central de calidad de la potencia, para reducir la carga de datos. De esta manera, es posible reducir la carga de datos y la capacidad de almacenamiento requerida.

Es ventajosa la utilización de sensores de potencia de abrazadera para medir desviaciones críticas en el flujo de potencia desde el exterior de cables multiconductores existentes.

En una realización, el sistema aplica un modelo matemático configurado para asignar los datos "no de detección" obtenidos por los sensores de abrazadera en la analítica necesaria del impacto en la calidad de la potencia, por ejemplo, para todas las máquinas en la instalación de producción o los consumidores en una red de potencia.

Esta solución de bajo coste y fácil de instalar puede ayudar a aprovechar todo el entorno de gestión de instalaciones de producción y, por lo tanto, es una tecnología habilitadora clave.

La invención proporciona varias ventajas, incluidas las que se enumeran a continuación:

1. Evitar la pérdida de producción y de los recursos naturales propios.

2. Mayor estabilidad de la producción y, por tanto, eficiencia de la producción.

3. Pérdida de energía evitada.

5 4. Mayor competitividad de las líneas de producción europeas.

La invención aplica sensores de abrazadera que son fáciles de sujetar en cables existentes sin irrumpir en las instalaciones.

10 Es beneficioso que el modelo estadístico matemático comprenda:

– una componente de la función matemática, que modeliza la asignación latente de las mediciones de los sensores de la unidad central de calidad de la potencia, a las mediciones de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y

15 – una componente estocástica, que modeliza el ruido de la medición y la parte de la medición del sensor de cada unidad central de calidad de la potencia asociada con la utilización, que no se miden mediante uno o varios sensores de calidad de la potencia de abrazadera, si existen.

20 El modelo estadístico matemático puede ser de cualquier tipo adecuado, capaz de estimar la parte latente de la señal de corriente/tensión en la medición que está asociada a los sensores. Tal como se sabe en el campo de la modelización estadística, se pueden utilizar varios enfoques para construir un modelo de una clase específica, por ejemplo, métodos de análisis de series temporales y/o métodos de análisis de datos multivariados, tales como el análisis de la varianza (ANOVA), modelos de Markov, modelos lineales generalizados (GLM) y modelos

25 Gaussianos multivariados.

Puede ser una ventaja que la unidad informática y el modelo estadístico matemático estén integrados en un aparato del sistema. De esta manera no hay necesidad de un enrutador separado y se puede proporcionar un sistema muy simple.

30 Puede ser una ventaja que la unidad informática y el modelo matemático y la interfaz de usuario estén integrados en un aparato del sistema.

35 Puede resultar aventurado que la unidad informática y el modelo estadístico matemático estén integrados en una interfaz de usuario. Dicho sistema es simple y requiere solo unas pocas funciones.

En una realización preferida según la invención, la unidad informática es un servicio en la nube con un modelo estadístico matemático y un almacenamiento de datos. El uso de dicho servicio en la nube hace posible conectar otros sistemas al servicio en la nube y así obtener datos adicionales para el modelo estadístico matemático de otros sistemas. En consecuencia, se puede desarrollar un modelo estadístico matemático muy complejo y preciso. Además, las tendencias pueden detectarse más rápidamente cuando el servicio en la nube obtiene datos adicionales para el modelo estadístico matemático de otros sistemas.

45 Puede ser una ventaja que los datos del o de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o los sensores de la unidad central de calidad de la potencia estén condensados en todos los procesos de recopilación de datos, por lo que solo los datos suficientes para determinar el proceso latente se transfieren al modelo estadístico matemático. Puede ser, por ejemplo, condensando una secuencia de paquetes de estado homólogos de un sensor de calidad de la potencia de abrazadera en un solo paquete de datos que contiene solo el tiempo de inicio y finalización del estado real del o de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera. La condensación de

50 datos se puede realizar, por ejemplo, en uno o más enrutadores y/o sensores de calidad de la potencia de abrazadera y/o sensores de la unidad central de calidad de la potencia.

El modelo estadístico matemático puede implementarse en código informático o directamente en un circuito integrado.

55 Puede ser una ventaja que una interfaz de usuario tenga acceso remoto al sistema.

Descripción de los dibujos

60 La invención se comprenderá más completamente a partir de la descripción detallada que se ofrece a continuación. Los dibujos adjuntos se presentan solamente a modo de ilustración, y no limitan en modo alguno la invención. En los dibujos adjuntos:

la figura 1A muestra un gráfico que representa la tensión en función del tiempo, donde el gráfico representa un ejemplo de mala calidad de la potencia;

65 la figura 1B muestra un gráfico que representa la tensión en función del tiempo, donde el gráfico representa

un ejemplo de buena calidad de la potencia;

la figura 2 muestra un sistema de análisis de la calidad de la potencia, según la invención;

5 la figura 3 muestra otro sistema de análisis de la calidad de la potencia, según la invención;

la figura 4A muestra una vista en primer plano de un sensor de calidad de la potencia, según la invención;

10 la figura 4B muestra una vista en primer plano de otro sensor de calidad de la potencia, según la invención;

la figura 4C muestra una vista en primer plano de otro sensor de calidad de la potencia, según la invención;

la figura 5 muestra un sistema de análisis de la calidad de la potencia, según la invención;

15 la figura 6A muestra una vista en primer plano de un sensor de calidad de la potencia, según la invención;

la figura 6B muestra un sensor de calidad de la potencia sujeto a un cable multiconductor de un dispositivo eléctrico;

20 la figura 7A muestra un sensor de calidad de la potencia, según la invención;

la figura 7B muestra un cable multiconductor sobre el cual está configurado para ser sujetado un sensor de calidad de la potencia como el que se muestra en la figura 7A y

25 la figura 7C muestra el sensor de calidad de la potencia mostrado en la figura 7A fijado (sujetado) al cable multiconductor mostrado en la figura 7B.

Descripción detallada de la invención

30 Haciendo ahora referencia en detalle a los dibujos con el propósito de ilustrar las realizaciones preferidas de la presente invención, en la figura 1A se ilustra una curva 50' que muestra la tensión en función del tiempo. Puede verse que la curva 50' comprende una pluralidad de picos 52. Además, la curva 50' comprende armónicos que se desvían con respecto a un seno. En consecuencia, la curva 50' representa un ejemplo de mala calidad de la potencia.

35 La figura 1B, por otro lado, ilustra un gráfico que representa la curva 50 de tensión en función del tiempo. La curva 50 representa un ejemplo de buena calidad de la potencia, puesto que la curva 50 cumple los siguientes criterios:

40 a) la tensión de alimentación es constante y se mantiene dentro del rango prescrito,

b) la frecuencia de CA está cerca del valor nominal y

c) la curva de tensión es una forma de onda sinusoidal suave.

45 Tal como se mencionó anteriormente, en la práctica es difícil y costoso localizar la fuente (dispositivo eléctrico) que causa una mala calidad de la potencia (como la que se muestra en la figura 1A), porque las soluciones de la técnica anterior deben estar conectadas eléctricamente a los cables eléctricos multiconductores. En consecuencia, las soluciones de la técnica anterior son difíciles y costosas de instalar.

50 La figura 2 ilustra un sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia, según la invención. El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia está configurado para llevar a cabo un análisis de la calidad de la potencia en un entorno eléctrico 4. El entorno eléctrico 4 comprende una pluralidad de unidades consumidoras de potencia 6, 6', 6'', 6''', estando cada una conectada eléctricamente a una fuente de alimentación principal 8 mediante un cable multiconductor 12.

55 El entorno eléctrico 4 comprende una pluralidad de sensores 10 de calidad de la potencia de abrazadera dispuestos y configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia. Los sensores 10 de calidad de la potencia están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia cuando están sujetos en el exterior de o están dispuestos en la proximidad de uno de los cables multiconductores 12. Los sensores 10 de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores del multiconductor 12. En consecuencia, es más fácil y menos costoso instalar estos sensores 10 que los sensores de la técnica anterior. Además, los sensores se pueden quitar y colocar fácilmente en otros lugares del entorno eléctrico 4.

65 Los cables multiconductores 12 están conectados eléctricamente a una fuente de alimentación principal 8. En una

realización, la fuente de alimentación principal 8 es la red eléctrica.

Al disponer los sensores 10 de calidad de la potencia en posiciones seleccionadas dentro del entorno eléctrico 4, es posible localizar dispositivos que causan una mala calidad de la potencia. En consecuencia, el sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia hace posible localizar los dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6''' que causan los problemas no deseados de calidad de la potencia. De este modo, utilizando el sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia se pueden ahorrar recursos y dinero.

La figura 3 ilustra otro sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia, según la invención. El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia corresponde básicamente al mostrado en la figura 2. Sin embargo, el sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende un sensor 14 de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia del entorno eléctrico 4. Además, se puede ver que la fuente de alimentación principal 8 está conectada eléctricamente a los cables multiconductores 12 a través de un cable multiconductor 13 que tiene una pluralidad de conductores. El sensor 14 de la unidad central de calidad de la potencia está conectado eléctricamente a los conectores del cable multiconductor 13.

La figura 3 ilustra además cómo se puede utilizar un sistema 2, según la invención, para medir el flujo de corriente en un cable multiconductor 13 principal y en varios cables multiconductores 12 más pequeños.

La potencia suministrada a la instalación se mide mediante un solo sensor 14 de la unidad central de calidad de la potencia (un medidor principal) que proporciona mediciones de alta precisión (por ejemplo, aprobadas por las autoridades o dentro de los estándares para mediciones de potencia). El cable multiconductor 13 principal está conectado eléctricamente a una pluralidad de cables multiconductores 12 más pequeños, mientras que varios sensores 10 de calidad de la potencia están conectados al exterior de algunos de estos cables multiconductores 12.

A continuación, echamos un vistazo a la medición en un solo sensor 10' de calidad de la potencia. El sensor 10 de calidad de la potencia comprende uno o más subsensores de corriente y/o uno o más subsensores de tensión. Por tanto, la señal del sensor cambia con el flujo de corriente/tensión/potencia en el cable multiconductor 12.

En una realización, los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para medir las corrientes que fluyen en el cable multiconductor mediante una matriz de uno o más subsensores de medición magnéticos, por ejemplo, bobinas o sensores de efecto Hall.

Puede ser una ventaja utilizar múltiples subsensores de corriente en el sensor de calidad de la potencia, para permitir la medición de diferentes superposiciones de los campos magnéticos generados por las corrientes que fluyen por los diferentes conductores del cable multiconductor y, con ello, permitir que las diferentes corrientes se distancien entre sí.

En una realización, los sensores de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para medir la tensión en el cable multiconductor mediante una matriz de uno o más subsensores de medición de campo eléctrico, por ejemplo, placas capacitivas, sondas capacitivas o antenas.

Puede ser una ventaja utilizar múltiples subsensores de tensión en el sensor de calidad de la potencia, para permitir la medición de diferentes superposiciones de los campos eléctricos generados por la tensión en los diferentes conductores del cable multiconductor y, con ello, permitir que las diferentes tensiones se distancien entre sí.

La señal del sensor 10' de calidad de la potencia depende del material y de la dimensión del cable multiconductor 12, del accesorio del sensor y del suministro de electricidad. En consecuencia, y la señal del sensor debe ser "transformada" o "ajustada/calibrada" para dar el flujo real (el flujo que se conseguiría utilizando un medidor de alta precisión). En un sistema de la técnica anterior, sería necesario aplicar "un sensor de alta calidad" configurado para medir el flujo en el entorno específico (las dimensiones del cable multiconductor 12, el material del cable multiconductor 12 y el tipo de conexión).

Puesto que la presente invención aplica un modelo estadístico matemático, es posible utilizar un sensor 10' de calidad de la potencia "simple" para determinar la corriente y/o la tensión en cada conductor individual en el cable multiconductor 12. En consecuencia, el uso de un modelo estadístico matemático hace posible compensar las señales mixtas provenientes de la medición desde el exterior de cables multiconductores y, por lo tanto, permitir la utilización de mediciones de señales mixtas y de baja precisión del sensor 10' de calidad de la potencia de abrazadera.

El sensor 10' de calidad de la potencia está unido al exterior del cable multiconductor 12 y, de ahora en adelante, es posible tomar muestras de una serie de mediciones del sensor 10' de calidad de la potencia, durante un lapso de tiempo.

En el mismo lapso de tiempo, se muestrean una serie de mediciones del sensor 14 de la unidad central de calidad

de la potencia (medidor principal) en el mismo lapso de tiempo.

El modelo estadístico matemático se utiliza para estimar la parte de la corriente del sensor 14 de la unidad central de calidad de la potencia (medidor principal) que fluye a través del cable multiconductor 12 que tiene el sensor 10' de calidad de la potencia fijado a él. Es posible llevar a cabo una transformación dependiente del tiempo de las mediciones del sensor 10' de calidad de la potencia para corregir el entorno real del sensor 10' de calidad de la potencia.

Se puede obtener un enfoque que requiere menos recursos informáticos utilizando un modelo estadístico matemático para estimar si se puede utilizar una transformación independiente del tiempo. Puede ser una ventaja utilizar la transformación independiente del tiempo, en lugar del modelo estadístico matemático completo, en las mediciones en curso del sensor 10' de calidad de la potencia.

Puede ser beneficioso de vez en cuando probar si la precisión de la transformación es aceptable y actualizarla si es necesario, utilizando el modelo estadístico matemático.

El número necesario de muestras necesarias se puede obtener estimando el error de medición de la transformación. De esta manera, los resultados se pueden detener hasta que se obtenga la precisión deseada.

A continuación, se describe un método preferido para estimar el proceso estocástico latente utilizando un modelo estadístico matemático. El proceso estocástico latente se puede modelar, por ejemplo, mediante un modelo de espacio de estados definido por

$$\begin{aligned} (1) \quad Y_t &= F_t \theta_t + \varepsilon_t & \varepsilon_t &\sim N(0, V_t) \\ (2) \quad \theta_t &= G_t \theta_{t-1} + \vartheta_t & \vartheta_t &\sim N(0, W_t) \end{aligned}$$

donde Y_t es un vector determina (por ejemplo, describe o define) el proceso observado en el tiempo t , que comprende datos observados del sensor (10, 10') y/o los medidores 14, 14', 14" (véase la figura 5); θ_t es un vector que determina dicho proceso estocástico latente en el momento t , que comprende datos del proceso latente, tales como armónicos generados, estado de salud del dispositivo, picos de corriente/tensión, etc.; F_t es la matriz de regresión que determinan la relación lineal entre el proceso latente y el proceso observado en el tiempo t ; G_t es la matriz de evolución que determina la transición lineal del tiempo $t-1$ al tiempo t en el proceso latente; ε_t y ϑ_t son vectores de ruido distribuido Gaussiano multivariados de media cero del proceso observado y del proceso latente respectivamente; V_t es la matriz de varianza-covarianza de observación y W_t es la matriz de varianza-covarianza de evolución.

Las matrices de parámetros del modelo F_t y G_t pueden ser estimados, por ejemplo, mediante el filtro de Kalman, utilizando datos anteriores del sistema modelizado y/o sistemas similares, en virtud del presente documento dichos datos proporcionados por el usuario y/o expertos en la materia. Se pueden utilizar métodos estadísticos estándar para realizar inferencias (por ejemplo, estimar información) sobre el proceso. La información puede ser, por ejemplo, una señal estimada (por ejemplo, tendencia) y/o pronósticos (por ejemplo, pronóstico) del proceso, y las distribuciones relacionadas de las estimaciones, varianza y/o intervalos de confianza. Utilizando este tipo de estimaciones, es fácil, por ejemplo, generar advertencias y/o alarmas. Por ejemplo, se puede elegir que aparezca una alarma si la probabilidad de que se produzca una desviación observada en el proceso es inferior al 0,1 % de probabilidad de que se produzca un cambio.

El marco del modelo anterior es un caso especial del marco

$$\begin{aligned} (3) \quad Y_t &= f_t(\theta_t) + \varepsilon_t & \varepsilon_t &\sim \delta_1(V_t) \\ (4) \quad \theta_t &= g_t(\theta_{t-1}) + \vartheta_t & \vartheta_t &\sim \delta_2(W_t) \end{aligned}$$

del modelo más general donde f_t y g_t son funciones generales, δ_1 y δ_2 son distribuciones estadísticas generales, y todos los demás términos son los descritos anteriormente.

La inferencia sobre este marco de modelo más general se puede realizar, por ejemplo, mediante el filtro de Kalman extendido en los casos en que la relación entre el proceso latente y el proceso observado no sea lineal, y el filtro de Kalman-Bucy en los casos en los que el tiempo se define (por ejemplo, se describe) en una escala continua.

También se pueden utilizar otros métodos de análisis de series temporales y/o métodos de análisis de datos multivariados, tales como el análisis de varianza (ANOVA), los modelos de Markov, los modelos lineales generalizados (GLM) y los modelos gaussianos multivariados, para estimar dicho proceso estocástico latente e inferir la citada información.

La figura 4A ilustra una vista en primer plano de un sensor 10 de calidad de la potencia, según la invención. El sensor 10 de calidad de la potencia está fijado al exterior de un cable multiconductor 12 que tiene una sección transversal circular y comprende tres conductores 16, 18, 20 rodeados por un aislante.

5 El sensor 10 de calidad de la potencia comprende un dispositivo de recolección de energía incorporado, que comprende elementos de parche 22, 24, 26 que están separados eléctricamente por un elemento de separación 28. Los elementos de parche 22, 24, 26 también pueden servir como subsensores de tensión para medir la tensión en el cable multiconductor.

10 El sensor de calidad de la potencia que comprende el dispositivo de recolección de energía puede ser fijado al cable multiconductor 12 mediante cualquier medio adecuado. En una realización, el sensor de calidad de la potencia es fijado al exterior del cable multiconductor 12 mediante pegamento. En otra realización, el sensor de calidad de la potencia es fijado al exterior del cable multiconductor 12 por medio de una o más estructuras mecánicas.

15 El dispositivo de recolección de energía está configurado para recolectar energía eléctrica del cable 12 y suministrar potencia eléctrica al sensor 10 de calidad de la potencia que consume potencia.

20 Es una ventaja que el sensor 10 de calidad de la potencia esté configurado para ser montado en un cable 12 mediante pegamento u otro medio de fijación mecánico que permita una conexión rápida y no invasiva del sensor 10 de calidad de la potencia, al cable 12.

25 La figura 4B ilustra una vista en primer plano de otro sensor 10 de calidad de la potencia, según la invención. El sensor 10 de calidad de la potencia es fijado al exterior de un cable multiconductor 12 que tiene una sección transversal circular y comprende tres conductores 16, 18, 20 rodeados por un aislante. El sensor 10 de calidad de la potencia comprende estructuras de bloqueo mecánico 38, 38' configuradas para mantener el sensor 10 de calidad de la potencia en una configuración cerrada. El sensor 10 de calidad de la potencia es cilíndrico y comprende una primera parte I y una segunda parte II unidas de manera giratoria o deslizable entre sí.

30 El sensor 10 de calidad de la potencia comprende una unidad de comunicación (no mostrada) configurada para enviar señales inalámbricas 36. En consecuencia, el sensor 10 de calidad de la potencia puede comunicarse con uno o más dispositivos externos.

35 La figura 4C ilustra una vista en primer plano de un sensor 10 de calidad de la potencia, según la invención. El sensor 10 de calidad de la potencia es fijado al exterior de un cable multiconductor 12 que tiene una sección transversal circular y comprende tres conductores 16, 18, 20 rodeados por un aislante. El sensor 10 de calidad de la potencia se fija al cable multiconductor mediante bridas para cables.

40 El sensor 10 de calidad de la potencia comprende una unidad de comunicación (no mostrada) configurada para enviar señales inalámbricas 36. En consecuencia, el sensor 10 de calidad de la potencia puede comunicarse con uno o más dispositivos externos.

45 La figura 5 ilustra un sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia, según la invención. El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende una pluralidad de dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6''', cada uno de los cuales está conectado eléctricamente a una fuente de alimentación principal (no mostrada) por medio de un cable multiconductor 12. Un sensor 10 de calidad de la potencia es sujetado en el exterior de cada uno de los cables multiconductores 12. En otra realización, los sensores 10 de calidad de la potencia pueden estar dispuestos cerca de los cables multiconductores 12.

50 Cada sensor 10 de calidad de la potencia está configurado para enviar una señal inalámbrica 36 que comprende información sobre las mediciones realizadas por el sensor 10 de calidad de la potencia. Las señales 36 son recibidas por un enrutador 42 que está configurado para recibir información de tres unidades de calidad de la potencia 14, 14', 14''. La unidad de calidad de la potencia (medidor) 14, 14', 14'' está dispuesta y configurada para medir la calidad de la potencia general del entorno eléctrico, en el que están instalados los dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6'''.

55 El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende una interfaz de usuario 54. La interfaz de usuario 54 está configurada para proporcionar acceso a información generada tal como advertencias, alarmas y mediciones de al menos una selección de los dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6'''. El enrutador 42 se comunica de manera inalámbrica con la interfaz de usuario 10 que está representada por un teléfono inteligente 54.

60 El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad de control 40. El enrutador 4 está dispuesto y configurado para comunicarse de manera inalámbrica con la unidad de control 40. La unidad de control 40 puede ser un accionador capaz de regular la actividad de uno o más de los dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6''' u otro dispositivo. La regulación de la actividad de uno o más de los dispositivos eléctricos 6, 6', 6'', 6''' se puede llevar a cabo cambiando la velocidad (de una bomba o de un motor) o apagando uno o más de los dispositivos

eléctricos 6, 6', 6'', 6''' a modo de ejemplo.

El sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende un almacenamiento de datos 46 y una unidad informática configurada para realizar cálculos utilizando uno o más modelos estadísticos matemáticos predefinidos 48. En una realización, el sistema 2 de análisis de la calidad de la potencia comprende un servicio 44 en la nube que comprende el almacenamiento 36 de datos configurado para almacenar información recibida desde el enrutador 42 o datos modificados o calculados por el servicio 44 en la nube. En una realización, el servicio 44 en la nube comprende la unidad informática configurada para realizar cálculos utilizando el modelo estadístico matemático predefinido 48. En una realización, el modelo estadístico matemático 48 está configurado para estimar y/o pronosticar el impacto de uno o más de los dispositivos 6, 6', 6'', 6''' del sistema 2.

Puede aplicarse cualquier modelo estadístico matemático 48 adecuado y el modelo estadístico matemático 48 puede conducir inferencia sobre datos combinados de uno o más de los sensores 10 y de una o más de las unidades de calidad de la potencia 14, 14', 14'' para estimar y/o pronosticar la actividad de uno o más de los dispositivos 6, 6', 6'', 6'''.

La figura 6B ilustra un sensor 10 de calidad de la potencia sujeto a un cable multiconductor 12 de un dispositivo eléctrico 6'. La figura 6A ilustra una vista en primer plano del sensor 10 de calidad de la potencia mostrado en la figura 6B.

Puede verse que el sensor 10 de calidad de la potencia transmite una señal inalámbrica 36. Esta señal 36 incluye preferentemente información sobre las mediciones realizadas por el sensor 10 de calidad de la potencia. La señal 36 es recibida por una unidad informática configurada para realizar cálculos utilizando un modelo estadístico matemático predefinido.

El sensor 10 de calidad de la potencia comprende un transductor inalámbrico 32, configurado para transmitir señales inalámbricas 36. El sensor 10 de calidad de la potencia comprende un recolector de energía 34, configurado para recolectar energía (por ejemplo, del campo eléctrico del cable 12). El sensor 10 de calidad de la potencia comprende un gestor de la potencia 30, configurado para gestionar la potencia recolectada por el recolector de energía 34.

La figura 7A ilustra un sensor 10 de calidad de la potencia, según la invención. El sensor 10 de calidad de la potencia comprende una pluralidad de subsensores 56, 56', 56'', 56''', 60. En una realización, los subsensores 56, 56', 56'', 56''', 60 comprenden un elemento de detección principal 60 y varios elementos de detección adicionales 56, 56', 56'', 56''' . El elemento de detección principal 60 está conectado eléctricamente a los elementos de detección adicionales 56, 56', 56'', 56' por medio de un conector eléctrico 58.

El elemento de detección principal 60 y cada uno de los elementos de detección adicionales 56, 56', 56'', 56''' están configurados para detectar un campo electromagnético causado por una corriente/tensión que circula en una estructura subyacente. Teniendo varios elementos de detección 60, 56, 56', 56'', 56''', es posible disponer los elementos de detección 60, 56, 56', 56'', 56''' en diferentes posiciones tangenciales alrededor de un cable multiconductor 12, tal como se muestra en la figura 7C. De este modo, es posible procesar datos de los elementos de detección 60, 56, 56', 56'', 56''' (por ejemplo, por medio de una unidad de procesamiento de señales (no mostrada) para separar las señales medidas (la suma de los campos magnéticos creado por la corriente que pasa a través de cada uno de los conductores del cable multiconductor 12, o la tensión en los conductores) en contribuciones de cada uno de los conductores del cable multiconductor 12. De esta manera es posible, en caso de una distorsión de la calidad de la potencia, detectar cuál de los conductores del cable multiconductor 12 causa la distorsión de la calidad de la potencia. Esto es una ventaja importante sobre la técnica anterior, porque no se necesita conexión eléctrica a los conductores del cable multiconductor 12, y porque el sensor 10 de calidad de la potencia funciona cuando se sujeta en el exterior o se dispone en las proximidades del cable multiconductor 12 .

En una realización, el elemento de detección principal 60 comprende una unidad de comunicación integrada (no mostrada). En una realización, el elemento de detección principal 60 está configurado para recibir señales de los elementos de detección adicionales 56, 56', 56'', 56''' y para transmitir las señales medidas por el elemento de detección principal 60 así como señales de los elementos de detección adicionales 56, 56', 56'', 56''' , a un dispositivo de recepción, ya sea a través de una conexión por cable o mediante una conexión inalámbrica. La figura 7B ilustra un cable multiconductor 12 sobre el cual está configurado para sujetarse un sensor 10 de calidad de la potencia como el que se muestra en la figura 7A.

La figura 7C ilustra el sensor 10 de calidad de la potencia mostrado en la figura 7A unido (sujetado) al cable multiconductor 12 mostrado en la figura 7B. Es posible utilizar cualquier estructura de fijación adecuada para fijar el sensor 10 de calidad de la potencia al cable multiconductor 12. En una realización, el sensor 10 de calidad de la potencia está unido al cable de alimentación 12 por medio de una o más bridas para cables (no mostradas). Una estructura de apantallamiento rodea el sensor 10 de calidad de la potencia y toda la circunferencia de la parte del cable multiconductor 12 en la que se extiende el sensor 10 de calidad de la potencia. Es importante subrayar que el sensor 10 de calidad de la potencia puede ser sujetado en el exterior o dispuesto en las proximidades de un

cable multiconductor 12 que no comprende una estructura de apantallamiento.

La estructura de apantallamiento, no obstante, puede ser utilizada para aislar el sensor 10 de calidad de la potencia y el cable multiconductor 12 del entorno a través del cual pasa el cable multiconductor 12. En una realización, la estructura de protección es un recinto conductor utilizado para bloquear campos electrostáticos.

El elemento de detección principal 60 y los elementos de detección adicionales (subsensores) 56, 56', 56'', 56''' pueden diseñarse como bobinas y/o sensores de efecto Hall y/o sondas capacitivas, que están colocados de tal manera que los diferentes elementos de detección (subsensores) 60, 56, 56', 56'', 56''' miden diferentes superposiciones de los campos electromagnéticos combinados inducidos por los conductores en el interior del cable multiconductor 12.

Lista de números de referencia

15	2	Sistema de análisis de la calidad de la potencia
	4	Entorno eléctrico
	6, 6', 6'', 6'''	Unidad consumidora de potencia
20	8	Fuente de alimentación principal
	10, 10'	Sensor de calidad de la potencia
25	12, 13	Cable multiconductor (multinúcleo)
	14, 14', 14''	Unidad de calidad de la potencia
	16, 18, 20	Conductor
30	22, 24, 26	Elemento de parche
	28	Elemento de separación
35	30	Gestor de potencia
	32	Transductor inalámbrico
	34	Recolector de energía
40	36	Señal
	38, 38'	Estructuras de bloqueo mecánico
45	40	Unidad de control
	42	Enrutador
	44	Servicio en la nube
50	46	Almacenamiento de datos
	48	Modelo estadístico matemático
55	50	Curva
	52	Pico
	54	Interfaz de usuario
60	56, 56', 56'', 56'''	Elemento de detección adicional (subsensores)
	58	Conector
65	60	Elemento de detección principal (uno de los subsensores)

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia, configurado para llevar a cabo análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones (52) en la calidad de la potencia (picos, armónicos y transitorios) en un entorno eléctrico (4) que comprende una o más unidades consumidoras de potencia (6 , 6', 6", 6''') estando cada una conectada eléctricamente a una fuente de alimentación principal (8) por medio de un cable multiconductor (multinúcleo) (12), en donde el cable multiconductor (multinúcleo) (12) comprende una pluralidad de conductores (16, 18, 20) distintos que están aislados entre sí, comprendiendo el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia:
- una pluralidad de sensores (10) de calidad de la potencia, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de calidad de la potencia, en donde
A) los sensores de calidad de la potencia son sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones (52) en la calidad de la potencia cuando los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera están sujetos en el exterior de o dispuestos en la proximidad del cable multiconductor (12), en donde los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y para detectar distorsiones (52) en la calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a cualquiera de los conductores del cable multiconductor (12), en donde cada uno de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera comprende una pluralidad de subsensores (56, 56', 56", 56''', 60) que están elegidos de entre: bobinas y/o sensores de efecto Hall y/o sondas capacitivas, que se colocan de modo que los diferentes subsensores midan diferentes superposiciones de los campos electromagnéticos combinados inducidos por los conductores en el interior del cable multiconductor,
B) el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia comprende al menos un sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad general de la potencia,
C) el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad informática, adaptada para utilizar un modelo estadístico matemático (48) que combina mediciones realizadas por los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y mediciones realizadas por el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia, caracterizado por que
D) el modelo estadístico matemático (48) comprende:
1) una componente de la función matemática, que modeliza la asignación latente de las mediciones de los sensores de la unidad central de calidad de la potencia a las mediciones de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y
2) una componente estocástica, que modeliza el ruido de la medición y la parte de la medición del sensor de cada unidad central de calidad de la potencia asociada con la utilización, que no se miden mediante uno o varios sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera.
2. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia comprende una unidad de sincronización del tiempo configurada para sincronizar las mediciones del o de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia, a una frecuencia predefinida.
3. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el o los sensores (10) de calidad de la potencia están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del cable multiconductor (12).
4. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el o los sensores (14) de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del cable multiconductor (12).
5. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos algunos de los sensores (10) de calidad de la potencia y/o el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para comunicarse de manera inalámbrica con uno o más dispositivos externos.
6. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia comprende uno o más dispositivos de recolección de energía, y por que al menos algunos de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia son alimentados por al menos uno de los dispositivos de recolección de energía.

- 5 7. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia comprende uno o más dispositivos de recolección de energía que se utilizan tanto para recolectar energía como para medir la tensión en el cable.
8. Un sistema (2) de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia está configurado para pre-analizar los datos medidos para reducir la carga de datos.
- 10 9. Un método para llevar a cabo un análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones (52) en la calidad de la potencia en un entorno eléctrico (4), que comprende:
- 15 - una o más unidades consumidoras de potencia (6, 6', 6'', 6'''), estando cada una conectada eléctricamente a una fuente de alimentación principal (8) por medio de un cable multiconductor (multiconductor) (12);
- una pluralidad de sensores (10) de calidad de la potencia, configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia,
- 20 en el que el método comprende la etapa de aplicar una pluralidad de sensores (10) de calidad de la potencia que son sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera, para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y detectar distorsiones (52) en la calidad de la potencia cuando los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera están sujetos en el exterior o dispuestos en la proximidad del cable multiconductor (12), en donde los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera están configurados para proporcionar una o más mediciones de análisis de la calidad de la potencia y para detectar distorsiones (52) en la
- 25 calidad de la potencia sin estar conectados eléctricamente a ninguno de los conductores del cable multiconductor (12), en donde cada uno de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera comprende una pluralidad de bobinas (56, 56', 56'', 56''', 60) y/o sensores de efecto Hall y/o sondas capacitivas (56, 56', 56'', 56'''), en donde el método comprende la etapa de aplicar al menos un sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia dispuesto y configurado para medir la calidad de la potencia general, en donde el método comprende la etapa de aplicar un modelo estadístico matemático (48) que combina mediciones realizadas por los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y mediciones realizadas por el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia, caracterizado por que el cable multiconductor (multinúcleo) (12) comprende una pluralidad de conductores (16, 18, 20) distintos que están aislados entre sí, y por que el modelo estadístico matemático (48) comprende:
- 30 - una componente de la función matemática, que modeliza la asignación latente de las mediciones de los sensores de la unidad central de calidad de la potencia a las mediciones de los sensores de calidad de la potencia de abrazadera y
- 35 - una componente estocástica, que modeliza el ruido de la medición y la parte de la medición del sensor de cada unidad central de calidad de la potencia asociada con la utilización, que no se mide mediante uno o varios sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera.
- 40 10. Un método según la reivindicación 9, caracterizado por que el método comprende la etapa de sincronizar las mediciones del o los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia, a una frecuencia predefinida.
- 45 11. Un método según una de las reivindicaciones anteriores 9-10, caracterizado por que el método comprende la etapa de aplicar uno o varios sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera que están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del cable multiconductor (12).
- 50 12. Un método según una de las reivindicaciones anteriores 9-11, caracterizado por que el método comprende la etapa de aplicar uno o varios sensores (14) de la unidad central de calidad de la potencia que están configurados para medir tanto el campo magnético como el campo eléctrico del cable multiconductor (12).
- 55 13. Un método de análisis de la calidad de la potencia según una de las reivindicaciones anteriores 9-12, caracterizado por que al menos algunos de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia están configurados para comunicarse de manera inalámbrica con uno o más dispositivos externos.
- 60 14. Un método según una de las reivindicaciones anteriores 9-13, caracterizado por que al menos algunos de los sensores (10) de calidad de la potencia de abrazadera y/o el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia son alimentados por al menos uno de los dispositivos de recolección de energía.
- 65 15. Un método según una de las reivindicaciones anteriores 9-14, caracterizado por que el método comprende la etapa de pre-analizar los datos medidos realizados por el sensor (14) de la unidad central de calidad de la potencia, para reducir la carga de datos.

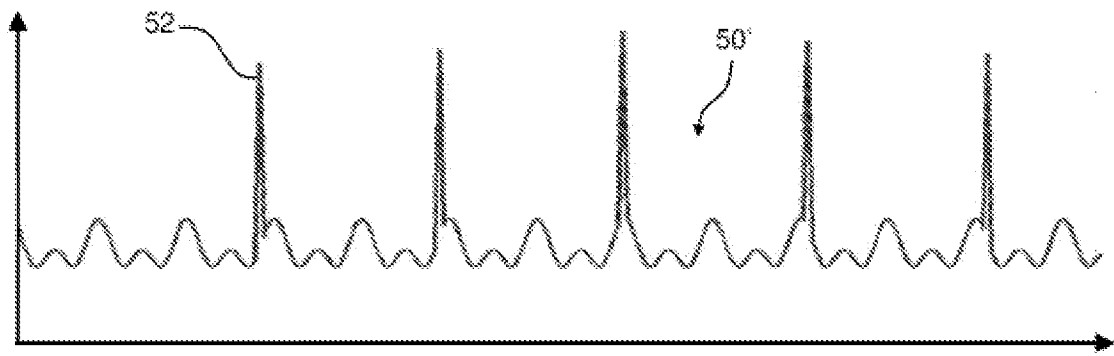


Fig. 1A

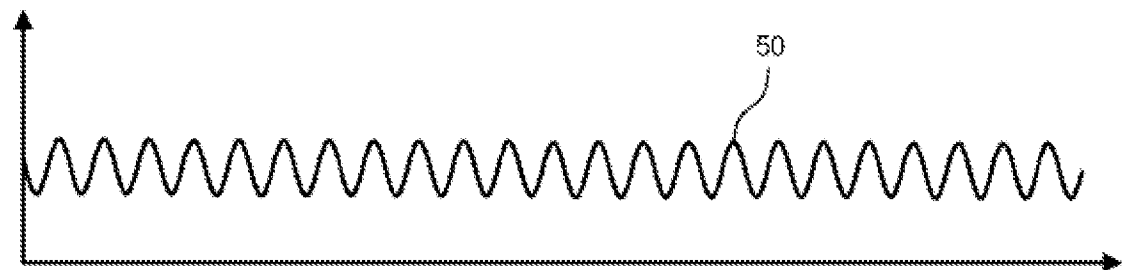


Fig. 1B

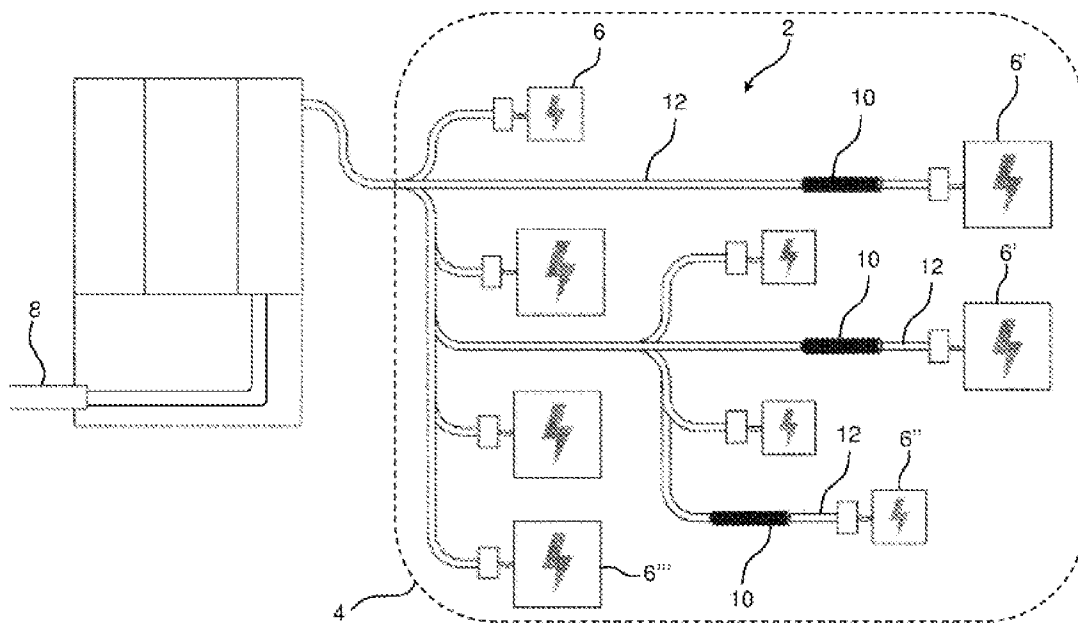


Fig. 2

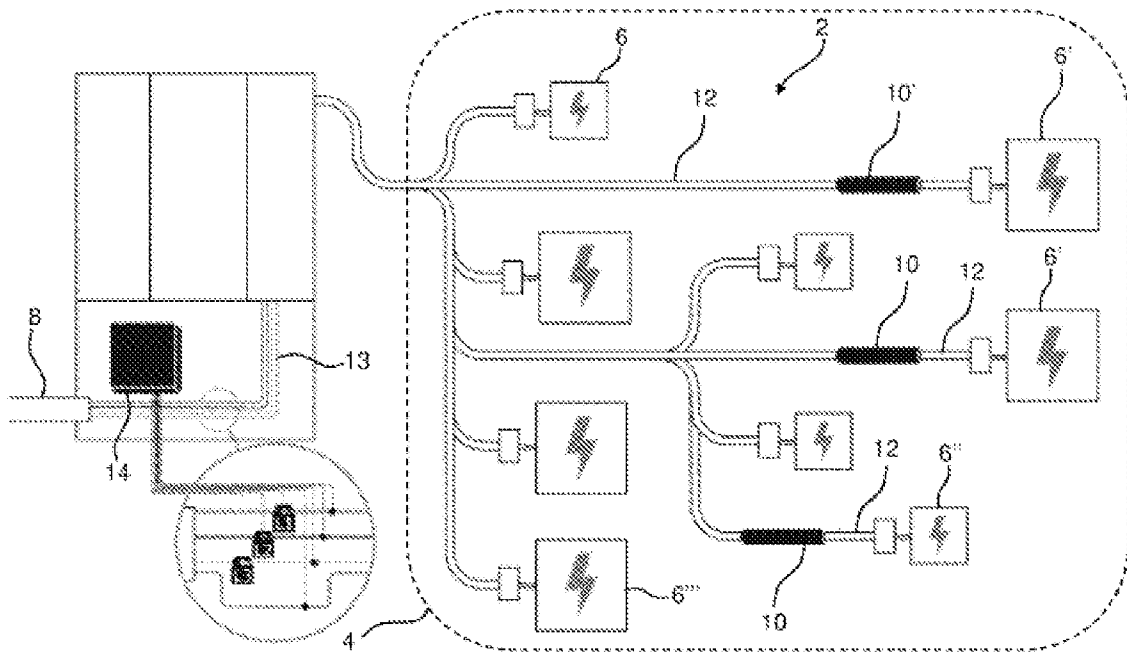
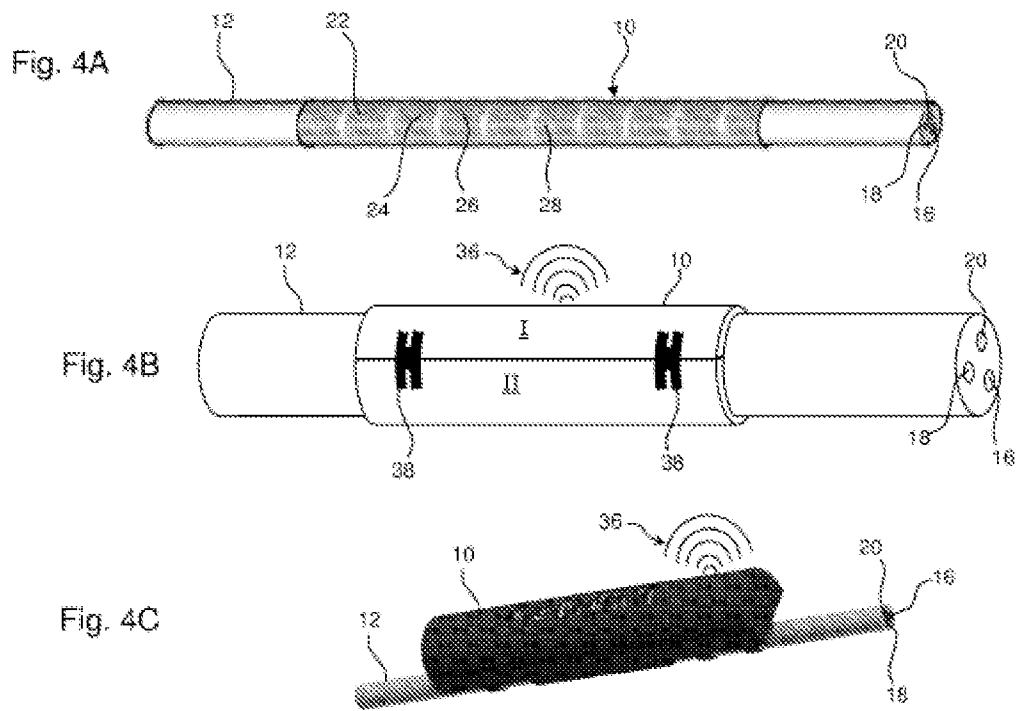
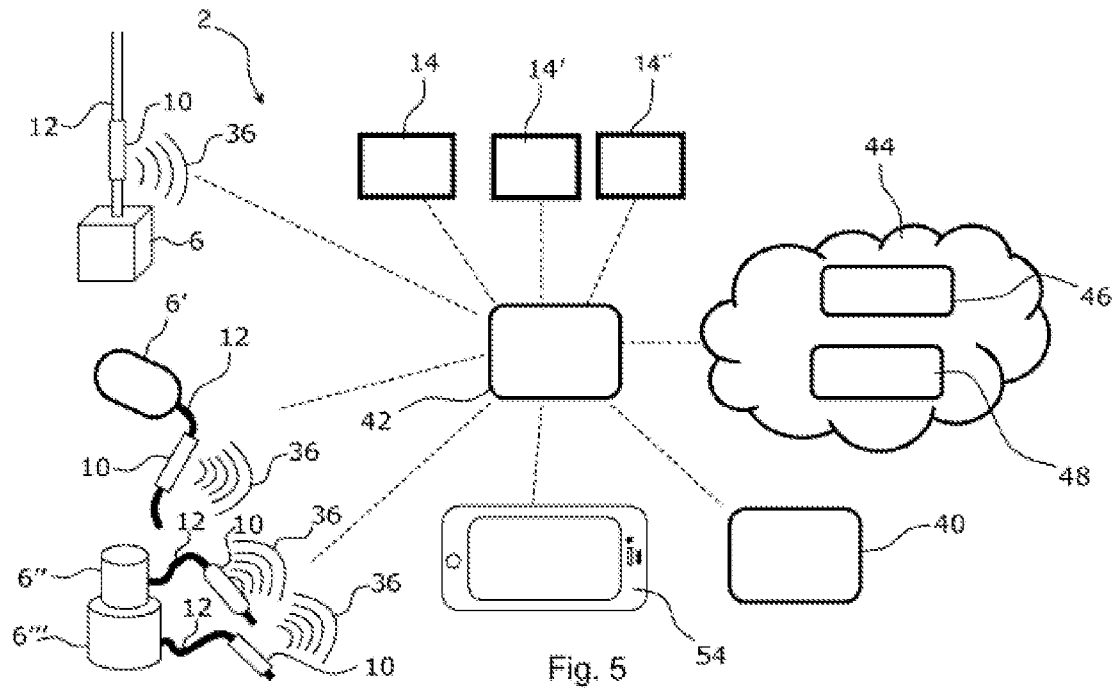


Fig. 3





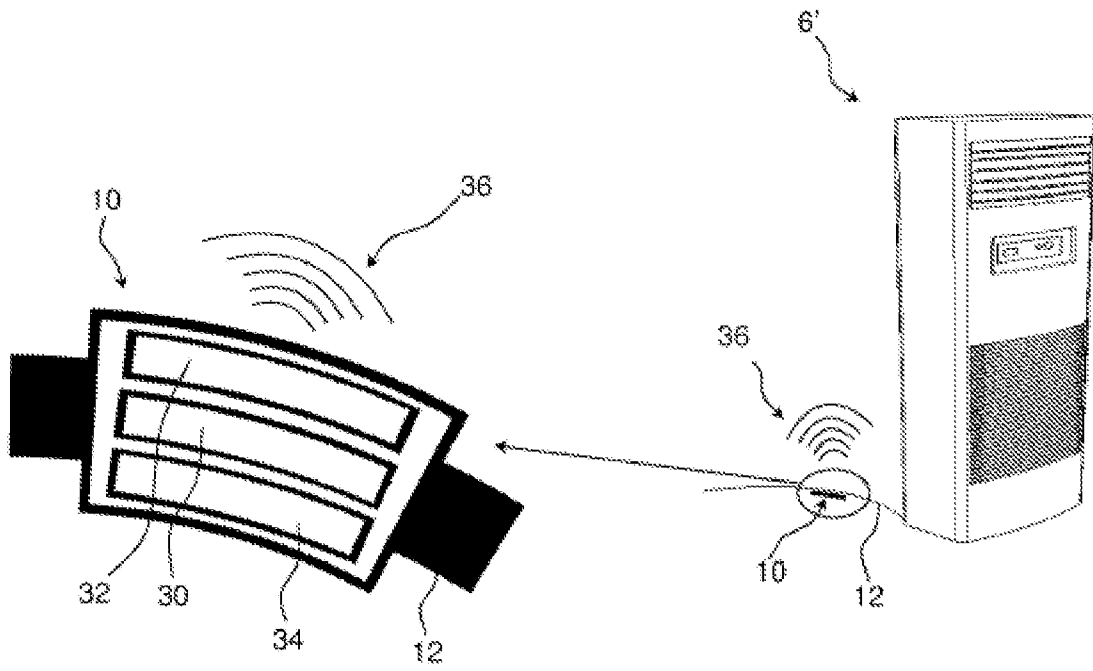


Fig. 6A

Fig. 6B

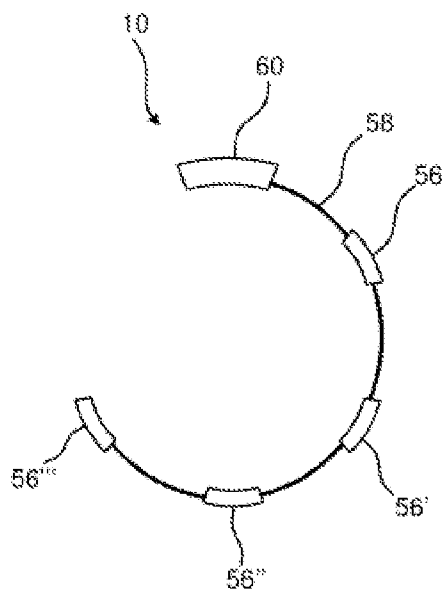


Fig. 7A

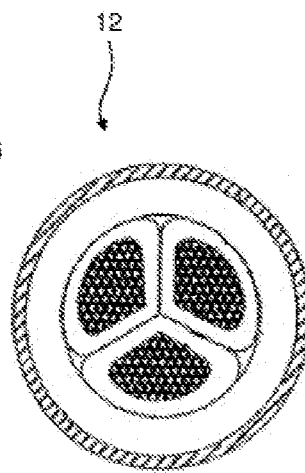


Fig. 7B

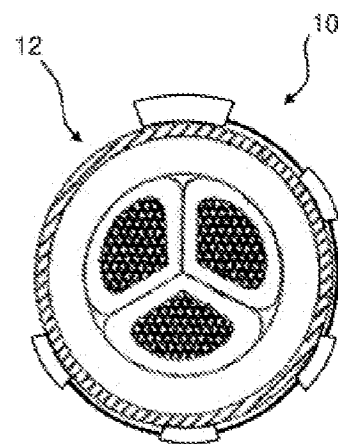


Fig. 7C