

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 938**

51 Int. Cl.:

H01F 3/06 (2006.01)

H01F 38/30 (2006.01)

H01F 38/14 (2006.01)

H02J 50/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2020** **PCT/EP2020/054956**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2020** **WO20178084**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2020** **E 20708058 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3935655**

54 Título: **Dispositivo de recuperación de energía en al menos un conductor de potencia y procedimiento de fabricación de dicho dispositivo de recuperación**

30 Prioridad:

07.03.2019 FR 1902317

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.07.2023

73 Titular/es:

SOCOMECH (100.0%)
1, rue de Westhouse
67230 Benfeld, FR

72 Inventor/es:

GAUTARD, DOMINIQUE y
SAVE, THIERRY

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 946 938 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

Dispositivo de recuperación de energía en al menos un conductor de potencia y procedimiento de fabricación de dicho dispositivo de recuperación

Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo de recuperación de energía eléctrica que incluye al menos un cable ferromagnético, enrollado en espiral alrededor de al menos una porción de un conductor de potencia para formar un sistema magnético capaz de captar el campo magnético inducido por una corriente que atraviesa dicho conductor de potencia, y medios para generar, a partir de este campo magnético, una tensión inducida aprovechable.

La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de un dispositivo de recuperación como se ha definido anteriormente.

Técnica anterior

Cada vez más sensores, sistemas o accesorios se implantan en las redes eléctricas para asegurar funciones de protección, de supervisión, de recuento, etc. Estos dispositivos tienen, en la mayoría de los casos, necesidad de ser alimentados con energía eléctrica. Una solución consiste en tomar esta energía eléctrica de los conductores de potencia en los que circula una corriente eléctrica con ayuda de dispositivos de recuperación de energía basados en el principio de autoinducción, evitando así recurrir a una fuente de energía adicional (batería, energía renovable, etc.). Para hacer esto, un núcleo magnético se fija alrededor de un conductor de potencia recorrido por una corriente y que forma un circuito primario. Esta corriente crea un campo magnético radial alrededor del conductor de potencia, que induce la circulación de un flujo magnético en el núcleo magnético. Un devanado eléctrico se enrolla alrededor de este núcleo magnético para formar un circuito secundario. De este modo, el flujo magnético que circula en el núcleo magnético induce una tensión en los terminales de este devanado. La tensión inducida recuperada en los terminales de este devanado eléctrico permite autoalimentar diferentes tipos de dispositivo, tales como, a título de ejemplos, uno o más sensores de temperatura, de posición, de corriente, de desgaste, etc., uno o más elementos de iluminación, de señalización, de comunicación, etc., sin que estos ejemplos sean limitativos.

A fecha de hoy, se conocen dos soluciones de recuperación de energía. Una de las soluciones consiste en un núcleo magnético de tipo tórico, cerrado o abierto, devanado que se fija en el conductor de potencia. La solución de un toroide abierto se elige principalmente porque permite implementar fácilmente un dispositivo de recuperación, incluso en conductores de potencia de grandes longitudes. La otra solución consiste en un núcleo magnético en forma de cable ferromagnético, en el que se devana un alambre de cobre. Este cable ferromagnético devanado se enrolla en espiral alrededor del conductor de potencia.

La invención se refiere, más particularmente, a la solución del cable ferromagnético, que tiene la ventaja de poder implementarse más fácilmente que un toroide, cualquiera que sea el tipo de configuración y el lugar de instalación de los conductores de potencia. No obstante, se aumenta el diámetro exterior de este dispositivo de recuperación formado por el cable ferromagnético sobre el que se enrolla el devanado, lo que tiene el efecto de rigidificar el dispositivo e impedir que se enrolle alrededor de conductores de potencia de pequeño diámetro (típicamente inferior a 20 mm).

La publicación WO 2014/026300 A1 describe una aplicación en la que el recuperador de energía alimenta una cinta luminosa equipada con diodos emisores de luz destinados al balizaje de un conductor de potencia. Este recuperador de energía está constituido por un cable ferromagnético sobre el que se enrolla un devanado de cobre u otro material conductor. La tensión útil se recupera en los terminales del devanado para autoalimentar la cinta luminosa.

La solicitud de patente FR1850064 del solicitante describe un toroide flexible y abierto, formado por un cable ferromagnético sobre el que se enrolla un devanado de cobre, que constituye un transformador de corriente destinado a la detección de corrientes de falta y/o a la medición de la corriente que circula en el conductor de potencia.

En estos dos casos, el dispositivo de recuperación de energía está constituido por un núcleo magnético en forma de un cable ferromagnético y de un devanado exterior de un material eléctricamente conductor enrollado alrededor de este núcleo magnético. El devanado se realiza generalmente con alambre conductor (cobre, aluminio o similar) aislado y enrollado directamente alrededor del núcleo magnético o sobre un soporte intermedio, en una longitud suficiente para generar la tensión deseada.

Los dispositivos de recuperación de energía existentes tienen un diámetro significativo y no son lo suficientemente flexibles para poder enrollarse alrededor de conductores de potencia de diámetros pequeños. Por lo tanto, las soluciones existentes no permiten una fácil integración de un dispositivo de recuperación de energía en cualquier tipo de instalación y menos alrededor de cualquier tipo de conductor de potencia.

Presentación de la invención

La presente invención pretende paliar estos inconvenientes proponiendo un procedimiento y un dispositivo de recuperación de energía que permitan prescindir del devanado exterior en espiral alrededor del cable ferromagnético, para reducir su diámetro exterior y recuperar la flexibilidad suficiente para que pueda ser enrollado sobre cualquier tipo de conductor de potencia, cualquiera que sea su diámetro, con el fin de asegurar una fácil integración de este dispositivo en cualquier tipo de instalación, y así ampliar su potencial de uso en cualquier tipo de aplicación que requiera autoalimentación de sistemas eléctricos desde al menos un conductor de potencia.

Con esta finalidad, la invención se refiere a un dispositivo de recuperación de energía del tipo indicado en el preámbulo, caracterizado por que dicho al menos un cable ferromagnético está constituido por un conjunto de hilos unitarios de material ferromagnético, ensamblados en forma de cordón y dispuestos para conferir a dicho cable ferromagnético una flexibilidad en todas las direcciones que le permite enrollarse alrededor de dicho conductor de potencia cualquiera que sea su diámetro, y por que dichos medios para generar una tensión inducida son parte integrante de dicho al menos un cable ferromagnético.

De este modo, los medios para generar una tensión inducida están incluidos en el diámetro del cable ferromagnético y no penalizan ni su volumen, ni su flexibilidad.

En una primera forma de realización, estos medios incluyen al menos un hilo unitario de material eléctricamente conductor, ensamblado con dichos hilos unitarios de material ferromagnético, para constituir dicho al menos un cable ferromagnético. En este caso, dicho al menos un hilo unitario eléctricamente conductor constituye un devanado en el que se genera dicha tensión inducida e incluye, en sus extremos, terminales de conexión que permiten recuperar dicha tensión inducida.

En una segunda forma de realización, estos medios se confunden con dicho al menos un cable ferromagnético, comportándose cada hilo unitario de material ferromagnético como un devanado en el que se genera dicha tensión inducida. En este caso, dichos hilos unitarios forman un conjunto de devanados conectados en paralelo por terminales de conexión fijados a los extremos de dicho al menos un cable ferromagnético que permiten recuperar dicha tensión inducida.

En una forma preferida de la invención, dichos hilos unitarios se ensamblan en cordones intermedios, y dichos cordones intermedios se ensamblan en un cordón final para constituir dicho al menos un cable ferromagnético. Dichos hilos unitarios y dichos cordones intermedios están trenzados ventajosamente en un mismo sentido de rotación.

El número total de hilos unitarios que constituyen dicho al menos un cable ferromagnético es ventajosamente un múltiplo de tres y el diámetro de los hilos unitarios es preferentemente inferior a un milímetro, y preferentemente inferior a 0,5 mm.

Según las aplicaciones, el material ferromagnético de dichos hilos unitarios puede ser un material con alta permeabilidad magnética relativa, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con al menos el 70 % de níquel, y preferentemente del 78 al 81 % de níquel, o un material con una peor permeabilidad magnética relativa pero con una saturación de inducción superior o igual a 1,5 Tesla, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con un máximo del 55 % de níquel, aleaciones a base de hierro.

En función de las variantes de realización de la invención, dichos hilos unitarios pueden o no estar eléctricamente aislados entre sí.

Si los hilos unitarios no están eléctricamente aislados entre sí, entonces todos los hilos unitarios contenidos en dicho al menos un cable ferromagnético deben presentar una misma forma y recorrer un mismo trayecto para abarcar una misma sección de dicho cable ferromagnético para que todos estén al mismo potencial y que no circule ninguna corriente de un hilo unitario a otro.

En la forma preferida, dichos terminales de conexión están engastados en los extremos de dicho cable ferromagnético para conectar todos los hilos unitarios en paralelo.

También con esta finalidad, la invención se refiere a un procedimiento de fabricación del tipo indicado en el preámbulo, caracterizado por que dicho al menos un cable ferromagnético se fabrica a partir de un conjunto de hilos unitarios de material ferromagnético mediante un procedimiento de trenzado para ensamblar dichos hilos unitarios entre sí en forma de cordón, y por que dichos medios se integran para generar una tensión inducida en dicho al menos un cable ferromagnético durante su fabricación.

Breve descripción de las figuras

La presente invención y sus ventajas aparecerán mejor en la siguiente descripción de varios modos de realización dados a título de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

[Fig 1] la figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo de recuperación de energía según la invención provisto de un cable ferromagnético enrollado alrededor de una porción de un conductor de potencia,

[Fig 2] la figura 2 es un esquema que muestra las etapas de fabricación del dispositivo de recuperación de energía según una primera variante de realización,

[Fig 3] la figura 3 es una vista ampliada de una sección del dispositivo de recuperación de energía según una segunda variante de realización,

[Fig. 4] la figura 4 es una vista similar a la figura 1 de un dispositivo de recuperación de energía provisto de dos cables ferromagnéticos conectados en serie y enrollados alrededor de una porción de un conductor de potencia, que muestra los terminales de conexión situados en un mismo lado del dispositivo, y

[Fig 5] la figura 5 representa los diagramas de las tensiones del dispositivo de la figura 4.

Descripción detallada de la invención

En los ejemplos de realización ilustrados, los elementos o partes idénticos llevan los mismos números de referencia.

Con referencia las figuras, el dispositivo de recuperación 1 de energía eléctrica según la invención incluye al menos un cable ferromagnético 2, enrollado en espiral alrededor de una porción 3 de un conductor de potencia 4, estando este último aislado eléctricamente por una funda 5 y atravesado por una corriente I1, también llamada corriente primaria I1. El cable ferromagnético 2 forma así un circuito magnético o un sistema magnético capaz de captar el campo magnético inducido por la corriente primaria I1 que atraviesa el conductor de potencia 4.

El cable ferromagnético 2 está constituido ventajosamente por un conjunto de hilos unitarios 20 de material ferromagnético, ensamblados en forma de cordón. Este tipo de construcción permite conferir a dicho cable ferromagnético 2 una flexibilidad en todas las direcciones, facilitando su enrollamiento alrededor de un conductor de potencia 4 sea cual sea su diámetro, incluso los diámetros más pequeños, según, por supuesto, el diámetro exterior de dicho cable. Se puede utilizar, por ejemplo, la siguiente regla: el diámetro del conductor de potencia 4 más su funda aislante 5 puede ser al menos igual a dos veces el diámetro del cable ferromagnético 2 ($\Phi_4 \geq 2 \times \Phi_2$), sin que, sin embargo, esta regla sea limitativa.

El dispositivo de recuperación 1 incluye además medios 10 para generar, a partir de este campo magnético, una tensión inducida U2 que es aprovechable. Se entiende por "tensión aprovechable" una tensión suficiente que permite bien autoalimentar uno o más sistemas eléctricos tales como, a título de ejemplos no limitativos, uno o más sensores de temperatura, de posición, de corriente, de desgaste, etc., uno o más elementos de iluminación, de señalización, de comunicación, etc., o bien proporcionar una imagen de la corriente primaria I1 o detectar corrientes de fuga en una instalación eléctrica, sin que estos ejemplos de aplicación sean limitativos. A título de ejemplo, la tensión aprovechable debe ser al menos igual a 3 voltios, sin que este valor sea limitativo.

A diferencia de los dispositivos de recuperación de la técnica anterior, los medios que permiten generar una tensión inducida aprovechable no están constituidos por un devanado de cobre exterior, enrollado en espiral alrededor de dicho cable ferromagnético, pero son parte integrante de dicho cable ferromagnético 2. De este modo, no penalizan ni el diámetro exterior, ni la flexibilidad del cable ferromagnético.

En una primera variante de realización de la invención ilustrada en la figura 3, los medios 10 para generar una tensión inducida U2 incluyen al menos un hilo unitario 11 de material eléctricamente conductor, aislado eléctricamente, y ensamblado con los otros hilos unitarios 20 de material ferromagnético, para constituir dicho cable ferromagnético 2. En este caso, el hilo unitario 11 conductora, que puede estar constituido por al menos un alambre de cobre o similar, constituye un devanado en el que se genera la tensión inducida U2 e incluye, en sus extremos, terminales de conexión (no representados) que permiten recuperar dicha tensión inducida U2. Este hilo unitario 11 conductora puede sustituir a uno de los otros hilos unitarios 20 de material ferromagnético, como se ilustra en la figura 3. Por supuesto, el número de hilos unitarios 11 conductores puede ser superior a uno, y su disposición dentro del cable ferromagnético 2 puede diferir, siendo lo principal que se integre durante la fabricación de dicho cable. El procedimiento de fabricación de dicho cable ferromagnético 2 puede corresponder al que se describe a continuación con referencia a la segunda variante de realización de la invención.

En una segunda variante realización de la invención ilustrada mediante las otras figuras, los medios para generar una tensión inducida U2 se confunden con dicho cable ferromagnético 2. La corriente primaria I1 que circula en el conductor de potencia 4 induce un flujo magnético en el conjunto de los hilos unitarios 20 que constituyen el cable. Se descubre de manera fortuita que, según cómo se enrollen los hilos unitarios 20 unos alrededor de otros, cada hilo unitario 20 abarca una determinada fracción de la sección total del cable ferromagnético 2 y se comporta como un devanado en el que se induce una tensión. De este modo, el conjunto de los hilos unitarios 20 forman un conjunto de devanados conectados en paralelo por terminales de conexión 6 previstos en los extremos de dicho cable ferromagnético 2 y entre los cuales está presente una tensión inducida U2.

Esta forma de realización va contra un prejuicio, porque el experto en la materia no se anima a utilizar materiales ferromagnéticos como conductores eléctricos. En efecto, sabe que los materiales ferromagnéticos son peores conductores de electricidad que el cobre, que son más resistivos y que generan pérdidas por efecto Joules.

Ahora bien, pruebas han demostrado que el nivel de tensión inducida U2 presente en los extremos del cable

ferromagnético 2 puede ser suficiente para las aplicaciones previstas, y que depende de varios parámetros y en concreto de la forma en que se trenzan los hilos unitarios 20, del número de hilos unitarios 20, de la sección total del cable ferromagnético 2, de la longitud del paso P1 de trenzado de los hilos unitarios 20 y el paso de enrollamiento P2 del cable ferromagnético 2 alrededor del conductor de potencia 4. Además, este nivel de tensión inducida U2 es proporcional a la longitud del cable ferromagnético 2 y también depende de la elección del material ferromagnético que constituye los hilos unitarios 20.

La materia ferromagnética

Para una parte de las condiciones de uso de dicho recuperador de energía 1 (red doméstica, carga de baja potencia en un edificio, o similar), se busca generar un nivel máximo de tensión inducida U2 con una corriente primaria I1 en el conductor de potencia 4 lo más bajo posible, del orden de algunos amperios (por ejemplo 10 A). El material ferromagnético utilizado para los hilos unitarios 20 debe, para ello, tener una permeabilidad magnética relativa elevada, del orden de unos pocos miles. Las aleaciones de tipo hierro-níquel con al menos el 70 % de níquel, y preferentemente del 78 al 81 % de níquel, son, entonces, los prioritarios.

Para otras condiciones de uso de dicho dispositivo de recuperación de energía 1 (industria pesada, minas, o similar), en las que la corriente primaria I1 en el conductor de potencia 4 siempre está a un nivel elevado, como mínimo algunas decenas de amperios, es posible utilizar un material ferromagnético con una permeabilidad magnética relativa menos elevada pero con una inducción con saturación más fuerte (por ejemplo superior o igual a 1,5 Tesla), tales como aleaciones tipo hierro-níquel con, como máximo, el 55 % de níquel, y otras aleaciones a base de hierro. En efecto, la corriente primaria I1 es suficiente para saturar el material ferromagnético de permeabilidad menos elevada que la de la aleación del hierro-níquel al 80 %, y la elevada saturación de dicho material tiene por efecto aumentar la tensión inducida U2.

La estructura del cable

El cable ferromagnético 2 está constituido por una pluralidad de hilos unitarios 20 de diámetro suficientemente pequeño para mantener una buena flexibilidad: típicamente de varias centésimas de milímetro a varios milímetros, en concreto de 0,10 mm a 0,40 mm, y preferentemente de 0,2 mm, sin que estos valores sean limitativos. El número de hilos unitarios 20 se ajusta para obtener una sección total de material ferromagnético necesaria para la obtención de la tensión inducida U2 buscada. Estos hilos unitarios 20 se trenzan juntos bien en un solo cordón para secciones de cable pequeñas (por ejemplo, menos de 2 mm²), o bien en varios cordones intermedios 21 para las demás. Los hilos unitarios 20 y los cordones intermedios 21 de un mismo cable ferromagnético 2 deben enrollarse obligatoriamente en un mismo sentido de rotación (horario o antihorario) para que las tensiones inducidas no se anulen.

Los hilos unitarios 20 pueden estar aislados entre sí. También pueden no estar aislados entre sí. En este último caso, están en contacto permanente entre sí y, por lo tanto, podrían crear cortocircuitos. Para evitar esto, el gradiente de tensión debe ser nulo en cada sección del cable ferromagnético 2, cualquiera que sea su posición en el conductor de potencia 4. En estas condiciones, no hay diferencia de potencial entre los hilos unitarios 20 y no puede circular ninguna corriente de un hilo unitario al otro.

Para obtener este resultado, todos los hilos unitarios 20 contenidos en un cable ferromagnético 2 deben tener la misma forma para recorrer el mismo trayecto y abarcar la misma sección en todo el cable ferromagnético 2.

Los parámetros de trenzado de los diferentes cordones intermedios 21, constituidos por el paso P1 de trenzado y el número de hilos unitarios 20, deben permitir satisfacer esta condición al tiempo que respetan en la medida de lo posible las reglas de la técnica en materia de fabricación de cables trenzados.

El número de hilos

El objetivo buscado es fabricar un cable ferromagnético 2 compuesto por el mayor número de hilos unitarios 20 con el menor número posible de cordones intermedios 21 para conservar la flexibilidad del cable.

Para estar seguro de que todos los hilos unitarios 20 tengan la misma forma, es decir que todos están torcidos o retorcidos de idéntica manera, solo combinaciones de dos, tres o cuatro hilos unitarios 20 son teóricamente posibles. Más allá de cuatro hilos unitarios 20, hay al menos un hilo unitario 20, a saber, el situado en el centro, que permanece recto o que no describe el mismo recorrido que los demás. La combinación con cuatro hilos es adecuada solo si los hilos unitarios 20 están dispuestos correctamente uno con respecto a otro en un cuadrado, pero es difícil o incluso imposible de industrializar. Se priorizan las combinaciones con dos o tres hilos unitarios 20, y la que tiene tres hilos unitarios 20 representa la combinación preferida. Esta regla teórica de los tres hilos puede no ser respetada en el marco de una fabricación industrial si los resultados obtenidos siguen siendo satisfactorios, como se demuestra más adelante.

Con referencia, más particularmente, a la figura 2, la fabricación de un cable ferromagnético 2 con la combinación preferida, requiere al menos las dos etapas siguientes:

-Primera etapa: tomar tres hilos unitarios paralelos 20 y trenzarlos juntos en un sentido simbolizado por la flecha R para formar un primer cordón intermedio 21, a continuación reiniciar dos veces la misma operación para formar otros dos cordones intermedios 21, cada uno obtenido a partir de tres hilos unitarios 20,

-Segunda etapa: trenzar juntos los tres cordones intermedios 21 obtenidos en un mismo sentido simbolizado por la flecha R para obtener un cordón final que forma dicho cable ferromagnético 2.

Por supuesto, este número de etapas no está limitado a dos sino que puede comprender N etapas hasta obtener el número de hilos unitarios 20 y la sección del sistema magnético deseados. Entonces se prioriza un número de hilos unitarios 20 que sea un múltiplo de 3. Cuanto mayor sea el número de hilos unitarios 20 y mayor sea el área superficial de captación del campo magnético inducido por la corriente primaria I1 que atraviesa el conductor de potencia 4, mayor será el nivel de tensión inducida U2.

Las pruebas han demostrado que se necesitan aproximadamente cien hilos unitarios 20 con un diámetro de 0,1 mm a 0,4 mm, preferentemente 0,2 mm, para obtener una sección del cable ferromagnético 2 que permita alcanzar un nivel suficiente de tensión inducida U2. Esta constatación implicaría fabricar el cable en cuatro etapas para ensamblar $3 \times 3 \times 3 \times 4$, es decir, 108 hilos unitarios 20, lo cual es difícilmente realizable industrialmente y costoso. Las pruebas también permitieron observar que los parámetros de los últimos cordones intermedios 21 (los más gruesos) son los más importantes. Por lo tanto, se puede permitir no respetar la regla teórica de los tres hilos en los cordones intermedios 21 de nivel 1. Las pruebas finalmente permitieron demostrar que es posible aumentar el número de hilos unitarios 20 hasta doce en los cordones intermedios 21 de nivel 1. Más allá de este número de hilos, el nivel de tensión inducida U2 en el cable ferromagnético 2 disminuye.

Para ilustrar las posibles combinaciones, se puede citar a modo de ejemplo no limitativo, el siguiente modo de realización industrial:

-Primera etapa: tomar doce hilos unitarios paralelos 20 y trenzarlas juntas en un sentido de rotación para formar un primer cordón intermedio 21 de nivel 1, a continuación reiniciar la misma operación ocho veces para formar otros ocho cordones intermedios 21 de nivel 1, cada uno obtenido a partir de doce hilos unitarios 20,

-Segunda etapa: trenzar juntos los tres cordones intermedios 21 de nivel 2 obtenidos en el mismo sentido de rotación, a continuación reiniciar la misma operación dos veces para formar otros dos cordones intermedios 21 de nivel 2, cada uno obtenido a partir de tres cordones intermedios 21 de nivel 1,

-Tercera etapa: trenzar juntos los tres cordones intermedios 21 de nivel 2 obtenidos en el mismo sentido de rotación, para obtener un cordón final que forma dicho cable ferromagnético 2 que contiene un total de ciento ocho hilos unitarios.

El paso de trenzado

El parámetro de trenzado que influye significativamente en el nivel de tensión inducida U2 es el paso P1 del cordón o el paso P1 de trenzado. En un cable ferromagnético 2 constituido por varios cordones intermedios 21, se debe tener en cuenta el paso P1 de cada cordón intermedio 21, representado esquemáticamente en la figura 2. El hecho de reducir el paso P1 aumenta el número de vueltas por unidad de longitud y por consiguiente el número de espiras de devanado equivalente. Este resultado tiene el efecto de aumentar el nivel de tensión inducida U2. Sin embargo, la longitud del paso P1 debe respetar en la medida de lo posible las reglas de la técnica en materia de fabricación de cables trenzados, para conservar una buena flexibilidad del cable y para evitar deformaciones excesivas de los hilos y los riesgos de rotura. A título indicativo, las reglas de la técnica sugieren que la longitud del paso P1 mínima no debe ser inferior a cinco veces el diámetro del cable obtenido después del trenzado ($P1_{\min} \geq 5 \times \Phi$ cable terminado). En el marco de la invención y para aumentar la tensión inducida U2, se elegirán parámetros de trenzado que respeten este límite inferior, o incluso que estarán por debajo de este límite inferior.

El enrollamiento sobre el conductor de potencia

Los parámetros del enrollamiento del cable ferromagnético 2 alrededor del conductor de potencia 4 también tienen influencia sobre la fase y el nivel de tensión inducida U2.

Si el sentido de trenzado del cable ferromagnético 2 es el mismo que el sentido del enrollamiento sobre el conductor de potencia 4, la tensión inducida U2 estará en fase con la corriente primaria I1. Si el sentido de trenzado del cable ferromagnético 2 es inverso con respecto al sentido del enrollamiento sobre el conductor de potencia 4, la tensión inducida U2 estará en oposición de fase con la corriente primaria I1.

Asimismo, se ha constatado que para un valor de corriente primaria I1 dado, la tensión inducida U2 en los extremos de un cable ferromagnético 2 es ligeramente superior, si el sentido de trenzado del cable ferromagnético 2 es el mismo que el sentido del enrollamiento sobre el conductor de potencia 4, que si los sentidos están invertidos. Se priorizará entonces un sentido de trenzado idéntico al sentido de enrollamiento.

Por último, cuanto menor sea el paso P2 de enrollamiento (figura 1), más elevada será la tensión inducida U2. Para condiciones de uso o procedimientos de fabricación en los que el cable ferromagnético 2 se enrolla en espiral sobre

un conductor de potencia 4 de gran longitud, el paso P2 de enrollamiento no debe ser superior a tres veces el diámetro del conductor de potencia 4 ($P2 \leq 3 \times \Phi 4$).

La longitud del cable

La tensión inducida U2 disponible en los extremos del cable ferromagnético 2 es proporcional a la longitud de este cable. Para obtener una tensión inducida U2 suficiente, por ejemplo, una tensión igual a al menos 3 voltios, serán necesarios varios metros de cable. La distancia entre los terminales de conexión para recuperar esta tensión inducida U2 será, por lo tanto, también de varios metros, lo que puede plantear problemas operativos. Se han estudiado diferentes soluciones para llevar los dos terminales de conexión 6 uno al lado del otro.

La figura 4 ilustra una de las soluciones en la que el dispositivo de recuperación 1 incluye dos cables ferromagnéticos 2, 2', un primer cable que realiza un trayecto de "ida" y un segundo cable que realiza un trayecto de "retorno" en dicho conductor de potencia 4. Se han representado en esta figura 4, dos recuperadores de energía 1 independientes o colocados en serie y distribuidos a lo largo de un conductor de potencia 4 de gran longitud. En esta solución, los dos cables ferromagnéticos 2, 2' del mismo dispositivo de recuperación 1 son idénticos, deben estar obligatoriamente trenzados en sentidos inversos, están conectados en serie por un puente 7 y están enrollados en paralelo sobre el conductor de potencia 4. Los extremos libres de estos dos cables ferromagnéticos 2, 2', que incluyen, cada uno, un terminal de conexión 6, se unen en un mismo lado del dispositivo de recuperación 1, y así pueden conectarse fácilmente para autoalimentar un dispositivo eléctrico o para realizar la medición y/o la detección de corriente. La puesta en serie de estos dos cables ferromagnéticos 2, 2' permite sumar las tensiones inducidas U2. Así, y como se ilustra en la figura 5, la tensión total recuperada entre los terminales de conexión 6 corresponde al doble del valor de la tensión inducida U2 en un solo cable ferromagnético 2.

Otra solución (no representada) consiste en sustituir el segundo cable ferromagnético 2' por al menos un alambre o hilo unitario de material eléctricamente conductor para realizar el trayecto de "retorno". En este caso y como en el ejemplo anterior, el cable ferromagnético 2 y el alambre de retorno están conectados en serie y enrollados en paralelo sobre el conductor de potencia 4. Los extremos libres, respectivamente, del cable ferromagnético 2 y del alambre de retorno tienen, cada uno, un terminal de conexión que se reúnen en un mismo lado del dispositivo de recuperación 1.

En la variante de realización de la invención donde los hilos unitarios 20 no están aislados individualmente, todos estos hilos están al mismo potencial en un punto dado. Los terminales de conexión 6 deberán permitir conectarlos todos juntos a un conductor para autoalimentar un sistema eléctrico o para realizar la detección de corriente. Se podrán utilizar terminales de conexión 6 en forma de manguitos tubulares engastados por un lado en los extremos del cable ferromagnético 2 para sujetar los hilos unitarios 20 unos contra otros y asegurar así los contactos eléctricos y la resistencia mecánica de los cordones intermedios 21, y por otro lado en los alambres conductores 8 que aseguran la conexión eléctrica con el dispositivo eléctrico a alimentar. Todos los hilos unitarios 20 se colocan así en paralelo para constituir un conductor de gran sección. Esta solución es rápida, sencilla y económica. Puede extenderse a la producción del puente 7 para poner los cables ferromagnéticos 2, 2' en serie con referencia a la figura 4. Por supuesto, es posible cualquier otro tipo de terminal de conexión que cumpla las mismas funciones.

El dispositivo de recuperación 1 que se acaba de describir se puede fijar al conductor de potencia 4 mediante cualquier medio técnico conocido y adecuado, tal como por adhesión, pegado, engaste, etc., o incluso mediante adición de una funda protectora termorretráctil o similar.

De esta descripción se desprende claramente que la invención permite alcanzar las finalidades fijadas, a saber, una nueva generación de dispositivos recuperadores de energía eficientes, versátiles y económicos, sin devanado secundario exterior, gracias a un cable ferromagnético 2 que responde a una construcción muy específica que le permite asegurar por sí mismo una doble función: la de un núcleo magnético y la de un devanado secundario. De este modo, la invención ofrece una solución de autoalimentación para cualquier dispositivo eléctrico a un menor coste, pero también una solución de detección alternativa a los sensores de corriente tradicionales.

En efecto, el valor de la tensión inducida U2 en los extremos del cable ferromagnético 2 es una imagen más o menos precisa de la corriente primaria I1 que circula en el conductor de potencia 4 sobre el que este cable se enrolla en espiral. Por lo tanto, es posible utilizar este dispositivo de recuperación 1 para producir sensores de corriente que permitan la medición de la corriente primaria I1 o la detección de corrientes de fuga.

La presente invención, por supuesto, no está limitada a los ejemplos de realización descritos sino que se extiende a cualquier modificación y variante evidente para un experto en la materia dentro de los límites de las reivindicaciones adjuntas. En particular, los parámetros de construcción del cable ferromagnético 2 pueden variar en función de las aplicaciones previstas.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de recuperación (1) de energía eléctrica que incluye al menos un cable ferromagnético (2, 2'), enrollado en espiral alrededor de al menos una porción (3) de un conductor de potencia (4) para formar un sistema magnético capaz de captar el campo magnético inducido por una corriente (I1) que atraviesa dicho conductor de potencia (4), y medios para generar, a partir de este campo magnético, una tensión inducida (U2) aprovechable, caracterizado por que dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') está constituido por un conjunto de hilos unitarios (20) de material ferromagnético, ensamblados en forma de cordón y dispuestos para conferir a dicho cable ferromagnético (2, 2') una flexibilidad en todas las direcciones que le permite enrollarse alrededor de dicho conductor de potencia (4) cualquiera que sea el diámetro de dicho conductor de potencia, y por que dichos medios para generar una tensión inducida (U2) son parte integrante de dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2').
2. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos medios (10) para generar una tensión inducida (U2) incluyen al menos un hilo unitario (11) de material eléctricamente conductor, ensamblado con dichos hilos unitarios (20) de material ferromagnético, para constituir dicho al menos un cable ferromagnético (2), y por que dicho al menos un hilo unitario (11) eléctricamente conductor constituye un devanado en el que se genera dicha tensión inducida (U2) e incluye en sus extremos terminales de conexión que permiten recuperar dicha tensión inducida.
3. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos medios para generar una tensión inducida (U2) se confunden con dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2'), por que cada hilo unitario (20) de material ferromagnético se comporta como un devanado en el que se genera dicha tensión inducida (U2), y por que dichos hilos unitarios (20) forman un conjunto de devanados conectados en paralelo por terminales de conexión (6) fijados a los extremos de dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') que permiten recuperar dicha tensión inducida.
4. Dispositivo de recuperación según una cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) se ensamblan en cordones intermedios (21), y por que dichos cordones intermedios (21) se ensamblan en un cordón final (22) que constituye dicho al menos un cable ferromagnético (2).
5. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 4, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) y dichos cordones intermedios (21) están trenzados en un mismo sentido de rotación.
6. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 4, caracterizado por que el número total de hilos unitarios (20) que constituyen dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') es un múltiplo de tres.
7. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que el diámetro de los hilos unitarios (20) es inferior a un milímetro, y preferentemente inferior a 0,5 mm.
8. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que el material ferromagnético de dichos hilos unitarios (20) es un material con alta permeabilidad magnética relativa, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con al menos el 70 % de níquel, y preferentemente del 78 al 81 % de níquel.
9. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que el material ferromagnético de dichos hilos unitarios (20) es un material con una peor permeabilidad magnética relativa, pero con una saturación de inducción superior o igual a 1,5 Tesla, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con un máximo del 55 % de níquel, aleaciones a base de hierro.
10. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) están eléctricamente aislados entre sí.
11. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) no están eléctricamente aislados entre sí.
12. Dispositivo de recuperación según la reivindicación 11, caracterizado por que todos los hilos unitarios (20) contenidos en dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') presentan una misma forma y recorren un mismo trayecto para abarcar una misma sección de dicho cable ferromagnético (2,2') para que todos estén al mismo potencial y que no circule ninguna corriente de un hilo unitario a otro.
13. Dispositivo de recuperación según cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado por que dichos terminales de conexión (6) están engastados en los extremos de dicho cable ferromagnético (2) para conectar todos los hilos unitarios (20, 11) en paralelo.
14. Procedimiento de fabricación de un dispositivo de recuperación (1) de energía eléctrica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo dicho dispositivo al menos un cable ferromagnético (2, 2'), dispuesto para enrollarse en espiral alrededor de al menos una porción (3) de un conductor de potencia (4) y formar un dispositivo magnético capaz de captar el campo magnético inducido por una corriente (I1) que atraviesa dicho conductor de

potencia (4), y medios para generar, a partir de este campo magnético, una tensión inducida (U2) aprovechable, caracterizado por que dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') se fabrica a partir de un conjunto de hilos unitarios (20) de material ferromagnético mediante un procedimiento de trenzado para ensamblar dichos hilos unitarios (20) entre sí en forma de cordón, y por que dichos medios se integran para generar una tensión inducida (U2) en dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') durante su fabricación.

15. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que como medios (10) para generar una tensión inducida (U2) se utiliza al menos un hilo unitario (11) de material eléctricamente conductor que se ensambla mediante dicho procedimiento de trenzado con dichos hilos unitarios (20) de material ferromagnético para constituir dicho al menos un cable ferromagnético (2), de modo que dicho al menos un hilo unitario (11) eléctricamente conductor constituye un devanado en el que se induce dicha tensión inducida (U2), y por que los extremos de dicho al menos un hilo unitario (11) se equipan con terminales de conexión que le permiten recuperar dicha tensión inducida.

16. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que como medios para generar una tensión inducida (U2) se utiliza dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') en sí mismo, de modo que cada hilo unitario (20) de material ferromagnético se comporta como un devanado en el que se induce dicha tensión inducida (U2), y por que el conjunto de dichos hilos unitarios (20) se conectan en paralelo formando un conjunto de devanados por terminales de conexión (6) añadidos a los extremos de dicho al menos cable ferromagnético (2, 2') que permiten recuperar dicha tensión inducida.

17. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) se ensamblan mediante dicho procedimiento de trenzado para formar cordones intermedios (21), y por que dichos cordones intermedios (21) se ensamblan mediante dicho procedimiento de trenzado para formar un cordón final (22) correspondiente a dicho al menos un cable ferromagnético (2).

18. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 17, caracterizado por que dichos hilos unitarios (20) y dichos cordones intermedios (21) se trenzan en un mismo sentido de rotación.

19. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 17, caracterizado por que se utiliza un número total de hilos unitarios (20) que es múltiplo de tres para fabricar dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2').

20. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que se eligen hilos unitarios (20) finos de un diámetro inferior a un milímetro, y preferentemente inferior a 0,5 mm.

21. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que se utilizan hilos unitarios (20) constituidos por un material con alta permeabilidad magnética relativa, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con al menos el 70 % de níquel, y preferentemente del 78 al 81 % de níquel.

22. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que se utilizan hilos unitarios (20) constituidos por un material con una peor permeabilidad magnética relativa, pero con una saturación de inducción superior o igual a 1,5 Tesla, elegido entre aleaciones de hierro-níquel con un máximo del 55 % de níquel, aleaciones a base de hierro.

23. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que se utilizan hilos unitarios (20) que están eléctricamente aislados entre sí.

24. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 14, caracterizado por que se utilizan hilos unitarios (20) desnudos que no están eléctricamente aislados entre sí.

25. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 24, caracterizado por que, en el procedimiento de trenzado, los hilos unitarios (20) se posicionan unos con respecto a otros para que todos los hilos unitarios (20) contenidos en dicho al menos un cable ferromagnético (2, 2') presenten una misma forma y recorran un mismo trayecto para abarcar una misma sección de dicho cable ferromagnético (2, 2') para que todos estén al mismo potencial y que no circule ninguna corriente de un hilo unitario a otro.

26. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, caracterizado por que dichos terminales de conexión (6) se engastan directamente en los extremos de dicho cable ferromagnético (2) para conectar todos los hilos unitarios (20, 11) en paralelo.

Fig. 1

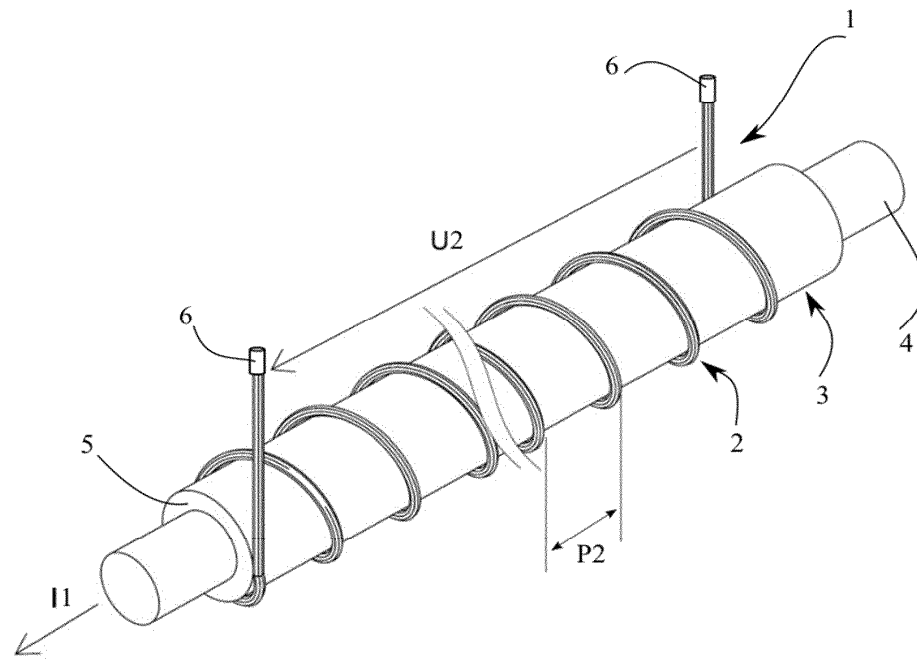


Fig. 2

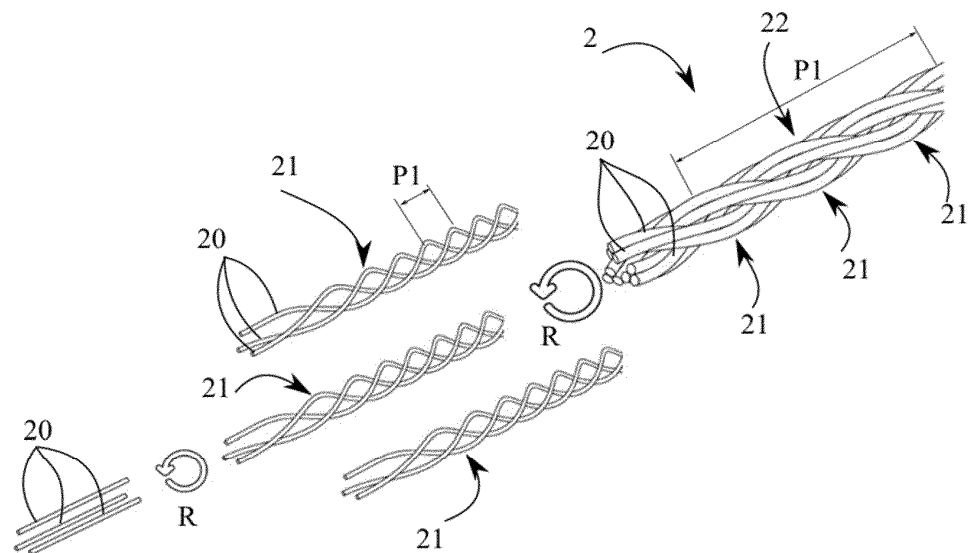


Fig. 3

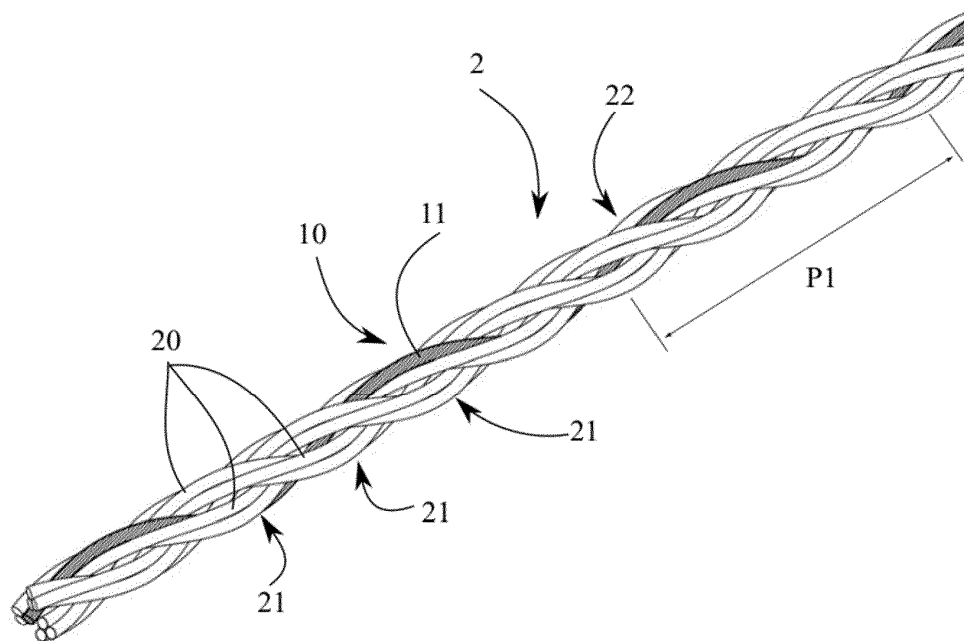


Fig. 4

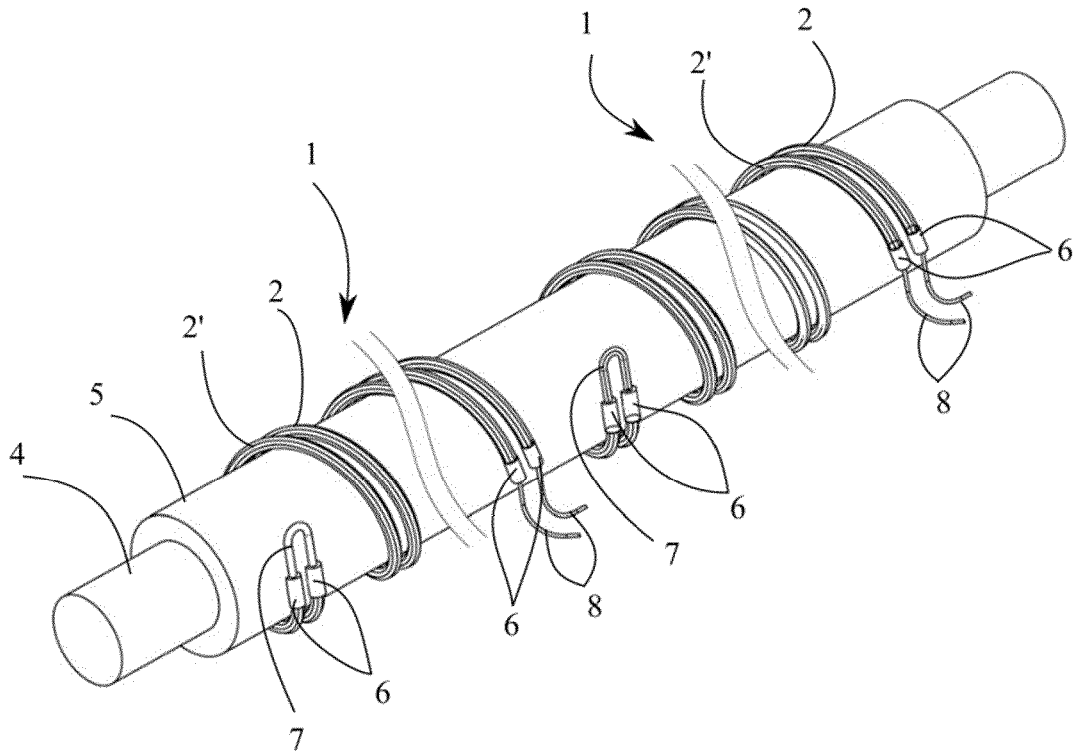


Fig. 5

