

(19)



(11)

EP 3 735 702 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

20.09.2023 Bulletin 2023/38

(21) Numéro de dépôt: **18842807.2**

(22) Date de dépôt: **21.12.2018**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01F 3/06 ^(2006.01) **H01F 38/30** ^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01F 38/30; H01F 3/06; H01F 2038/305

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2018/053530

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2019/135044 (11.07.2019 Gazette 2019/28)

(54) **TRANSFORMATEUR DE COURANT OUVRANT A NOYAU MAGNETIQUE SOUPLE**

KABELUMBAUSTROMWANDLER MIT EINEM FLEXIBLEN MAGNETKERN

SPLIT-CORE CURRENT TRANSFORMER COMPRISING A FLEXIBLE MAGNETIC CORE

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **05.01.2018 FR 1850064**

(43) Date de publication de la demande:
11.11.2020 Bulletin 2020/46

(73) Titulaire: **Socomec
67230 Benfeld (FR)**

(72) Inventeurs:

• **GAUTARD, Dominique
58640 VARENNES VAUZELLES (FR)**

• **SAVE, Thierry
58660 COULANGES LES NEVERS (FR)**
• **BEGOTTO, Vincent
52100 ST DIZIER (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 0 469 530 EP-A1- 0 533 563
EP-A1- 0 999 565 FR-A1- 2 764 429
JP-A- H08 250 351 US-A- 5 235 488**

EP 3 735 702 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Arrière-plan de l'invention

[0001] L'invention concerne un dispositif de mesure d'un courant électrique, et plus particulièrement un dispositif de mesure comportant un transformateur de courant pourvu d'un circuit magnétique ouvrant souple en forme de tore et susceptible de se refermer sur un câble dans lequel circule le courant à mesurer.

[0002] Un tore de Rogowski est un dispositif électrotechnique à noyau d'air permettant de mesurer le courant alternatif ou les impulsions de courant à grande vitesse. Comme cela est illustré sur la figure 1, un enroulement de Rogowski 1 se compose classiquement d'un fil électrique 2 comprenant une première partie 3 enroulée hélicoïdalement autour d'une gaine 4, et une seconde partie 5 solidaire d'une première extrémité 6 de la première partie 3, la seconde partie 5 du fil 2 traversant l'enroulement hélicoïdal 3, et donc la gaine 4, selon son axe d'enroulement sur toute la longueur axiale de l'enroulement hélicoïdal jusqu'à une seconde extrémité 7 de la première partie 3 du fil 2, de sorte que les deux bornes électriques 8 et 9 du fil électrique 2 soient à la même extrémité de l'enroulement de Rogowski 1.

[0003] La bobine de Rogowski 1 est positionnée autour du conducteur C dont on veut connaître le courant. La tension induite dans l'enroulement est proportionnelle au taux de changement (dérivée) du courant dans le conducteur.

[0004] L'avantage d'un tore de Rogowski par rapport à d'autres types de capteurs de courants est sa bonne flexibilité principalement grâce à l'absence d'un noyau métallique rigide, propriété que les autres capteurs de courant n'ont pas ou peu. Cette flexibilité lui permet d'être enroulé autour d'un ou plusieurs conducteurs de phase sans contrainte.

[0005] Cependant, si les tores souples ouvrant de type Rogowski possèdent les propriétés mécaniques recherchées, ils ne présentent toutefois pas les performances compatibles avec tous les domaines d'application notamment pour utiliser ce capteur sur un régime de neutre de type IT (neutre impédant) dans lequel la mesure de courants différentiels est à un niveau souvent très faible et de basses fréquences.

[0006] Il est connu des dispositifs à noyau ferromagnétique, plutôt qu'à noyau d'air, permettant de pallier cet inconvénient. Ces types de tore connus comportent le plus souvent un circuit magnétique en deux parties rigides dont les performances correspondent à celles du besoin d'application mais présentent non seulement les inconvénients liés à leur encombrement et à leur rigidité, mais aussi ceux liés à la présence de deux entrefers. Pour limiter les effets des entrefers dans le dispositif, il est connu qu'il faut, d'une part, augmenter l'encombrement, c'est-à-dire augmenter la section du circuit magnétique, et, d'autre part, polir les surfaces des entrefers.

[0007] Cette solution présentent des performances

compatibles avec les domaines d'application mais la rigidité et l'encombrement de l'ensemble des dispositifs connus interdisent certaines accessibilités aux mesures.

[0008] Une solution connue est proposée dans le brevet EP 0 999 565. Il s'agit d'un transformateur de courant comprenant un bobinage enroulé autour d'un circuit magnétique constitué d'un empilement de bandes plates libres entre elles et très peu maintenues et fixées à chaque extrémité. Le circuit magnétique est isolé électriquement du bobinage, le transformateur est configuré pour raccorder ensemble les deux extrémités du circuit magnétique lorsque le transformateur de courant de est fermé autour du conducteur électrique sur lequel la mesure de courant doit être réalisée.

[0009] Cependant, dans une telle solution, le circuit magnétique n'est pas souple dans toutes les directions principales de manière identique. Or, l'absence de la même souplesse dans toutes les directions principales ne permet pas une mise en place aisée du dispositif de mesures.

[0010] De plus, le déplacement des bandes provoque des variations de la section apparente du noyau magnétique nuisibles à la performance. Or, la maîtrise de la constance de la section du noyau magnétique permet une répétitivité de la mesure dans toute configuration géométrique du capteur.

[0011] En outre, la précision d'un tel dispositif est faible surtout pour la mesure des courants de faible intensité, au point que la mesure, voire la détection, de courant inférieur à quelques milliampères est impossible.

[0012] Une autre solution connue, basée sur l'effet Néel, résout les problèmes précédemment mentionnés en utilisant un noyau magnétique en polymère chargé de particules super-paramagnétiques.

[0013] Cependant, cette solution possède un coût élevé de fabrication.

[0014] Il est également connu du document US 5 235 488 un transformateur de courant comportant un circuit magnétique et un bobinage enroulé autour du circuit magnétique, le circuit magnétique comprenant un unique fil magnétique bobiné sous forme tubulaire pour former un tube destiné à être traversé par un conducteur électrique dans lequel circule un courant électrique à mesurer.

Objet et résumé de l'invention

[0015] L'invention vise à pallier les inconvénients mentionnés ci-dessus en proposant un transformateur de courant doté d'un circuit magnétique souple dans toutes les directions principales de manière identique et tout en conservant les performances de mesure de courants électriques de très faible amplitude et de basses fréquences et un faible coût de fabrication.

[0016] Dans l'invention, il est proposé un transformateur de courant en forme de tore ouvrant destiné à se refermer sur un conducteur électrique dans lequel circule un courant électrique à mesurer ou sur plusieurs conducteurs électriques dans lesquels circulent des cou-

rants électriques dont on veut mesurer la somme vectorielle, le transformateur de courant comportant un circuit magnétique et un bobinage électriquement conducteur enroulé autour et électriquement isolé du circuit magnétique, le bobinage comprenant un unique enroulement ou plusieurs enroulements distincts couplés en série.

[0017] Selon l'invention, le circuit magnétique comprend un ensemble de fils de matériau magnétique, les fils étant assemblés ensemble sous forme de toron.

[0018] Un dispositif à noyau magnétique souple autorise l'accessibilité à des points de mesures dans des endroits particulièrement confinés ou étroits. L'assemblage des fils sous forme de toron fournit au circuit magnétique, et par extension au transformateur, une souplesse uniforme dans toutes les directions, et ainsi une souplesse identique à celle d'un câble métallique.

[0019] Contrairement à un transformateur de courant ayant un unique fil magnétique enroulé pour former une tube destiné à être traversé par le conducteur à mesurer, l'invention comprend une pluralité de fils distincts et torsadés ensemble pour former un câble magnétique autour duquel est enroulé le bobinage électriquement conducteur, le câble présentant deux extrémités qui peuvent être connectées ensemble pour former une forme annulaire fermée destinée à être traversée par un conducteur électrique à mesurer.

[0020] Selon un premier aspect du transformateur de courant, le matériau magnétique des fils peut être un alliage de Fer-Nickel à haute perméabilité magnétique avec au moins 70% de Nickel, et de préférence entre 78 et 81% de Nickel.

[0021] L'utilisation d'un matériau magnétique à haute perméabilité convenablement mis en oeuvre au niveau de l'isolation entre fils, du recuit magnétique et de la maîtrise de l'entrefer, permet d'obtenir une sensibilité et une précision élevée.

[0022] L'utilisation d'un matériau à haute perméabilité magnétique ainsi que la mise en oeuvre de procédés de fabrication soignés permet en outre de garantir des caractéristiques électriques élevées en terme de précision et de sensibilité.

[0023] Selon un deuxième aspect du transformateur de courant, les fils sont mécaniquement isolés les uns des autres par méthylate de magnésium, ou par poudre d'alumine (Al_2O_3) ou de magnésie (MgO) lors de leur assemblage pour éviter les collages entre les fils.

[0024] Les fils sont libres les uns par rapport aux autres. Le dispositif est ainsi facilement déformable sans perdre ses caractéristiques.

[0025] Selon un troisième aspect du transformateur de courant, chaque fil comprend une pluralité de brins en matériau magnétique torsadés ensemble sous forme de toron.

[0026] Chaque fil forme ainsi un toron de brins en matériau magnétique. Les fils sont ensuite torsadés ensemble pour former le câble du circuit magnétique sous la forme d'un toron de fils.

[0027] Dans un mode de réalisation du troisième aspect du transformateur de courant, les brins de chaque fil sont mécaniquement isolés les uns des autres par méthylate de magnésium, ou par poudre d'alumine (Al_2O_3) ou de magnésie (MgO) lors de leur assemblage pour éviter les collages entre les brins des fils.

[0028] Ainsi, à l'intérieur de chaque fil, les brins sont libres les uns par rapport aux autres ce qui améliore les caractéristiques de souplesse du câble.

[0029] Dans un autre mode de réalisation du troisième aspect du transformateur de courant, chaque brin des fils peut présenter un diamètre compris entre 0,1 mm et 0,5 mm et de préférence un diamètre de 0,20 mm.

[0030] Selon un quatrième aspect du transformateur de courant, le transformateur peut comprendre en outre une gaine interne tubulaire souple électriquement isolante sur laquelle est enroulé ledit bobinage et dans laquelle est emmanché le circuit magnétique.

[0031] Selon un cinquième aspect du transformateur de courant, le transformateur peut comprendre en outre une gaine externe tubulaire électriquement isolante enveloppant ledit bobinage pour protéger le bobinage de l'environnement externe aussi bien de tout contact électrique externe que d'éventuel choc.

[0032] Selon un sixième aspect du transformateur de courant, le bobinage peut comprendre une pluralité d'enroulements distincts couplés en série, au moins deux enroulements comprenant du fil conducteur émaillé, c'est-à-dire recouvert d'un revêtement électriquement isolant, et étant radialement superposés pour former un empilement dans une direction radiale par rapport à l'axe d'enroulement du bobinage.

[0033] Selon un septième aspect du transformateur de courant, ledit au moins un enroulement du bobinage peut comprendre un fil électrique de cuivre présentant un diamètre compris entre 0,2 mm et 0,8 mm et de préférence 0,4 mm.

[0034] Plus le diamètre du fil de cuivre du bobinage est élevé plus le ratio entre l'inductance et la résistance du bobinage est grand, et ainsi meilleur, ce ratio influant directement sur la précision du transformateur de courant.

[0035] Selon un huitième aspect du transformateur de courant, le transformateur peut comprendre des moyens de fermeture par encliquetage ou vissage.

[0036] Dans un autre objet de l'invention, il est proposé un dispositif de mesure d'un courant électrique comprenant un transformateur de courant ouvrant tel que défini ci-dessus, et des moyens de traitement électriquement couplés au bobinage du transformateur de courant.

Brève description des dessins.

[0037] L'invention sera mieux comprise à la lecture faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, présente schématiquement

- un enroulement de Rogowski selon l'état de la technique ;
- la figure 2 représente schématiquement une vue partielle en perspective avec arrachement partiel d'un transformateur de courant 10 selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 présente schématiquement une vue des moyens de fermetures du transformateur de courant selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement un dispositif de mesure d'un courant électrique comprenant un transformateur de courant selon un mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation

[0038] Sur la figure 2 est représenté schématiquement une vue partielle en perspective avec arrachement partiel d'un transformateur de courant 10 selon un mode de réalisation de l'invention.

[0039] Le transformateur de courant 10 possède une forme de tore ouvrant destiné à se refermer sur un conducteur électrique dans lequel circule un courant électrique, alternatif ou continu, à mesurer ou sur plusieurs conducteurs électriques dans lesquels circulent des courants électriques dont on veut mesurer la somme vectorielle.

[0040] Le transformateur de courant 10 comprend un circuit magnétique 11 inséré dans une gaine interne 12 tubulaire électriquement isolante et souple.

[0041] Le circuit magnétique 11 est formé d'une pluralité de fils 110 de matériau magnétique, par exemple des fils en un alliage comprenant 15% de Fer, 80% de Nickel, et 5% de Molybdène. Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, le circuit magnétique 11 comprend sept fils 110. Les sept fils 110 sont assemblés ensemble sous forme de toron pour former un câble. Dans d'autres modes de réalisation, le câble formant le circuit magnétique peut comprendre deux fils ou bien plusieurs dizaines de fils.

[0042] Chaque fil 110 peut être formé d'une pluralité de brins en matériau magnétique torsadés ensemble. Chaque fil 110 forme ainsi un toron de brins en matériau magnétique, et chaque toron formé par un fil 110 est assemblé avec les autres fils 110 du circuit magnétique pour former un toron de fils 110 formant le câble 11.

[0043] Dans le cas où les fils sont des fils multibrins, les brins à partir desquels sont formés les fils 110 sont fabriqués dans un alliage de Fer-Nickel-Molybdène à haute perméabilité magnétique ayant 80% de Nickel. Les fils 110 peuvent présenter des sections de taille diverses, par exemple une section de 4,6 mm².

[0044] Dans un exemple de réalisation, le câble du circuit magnétique 11 peut comprendre plusieurs fils 110 formés chacun de plusieurs brins présentant chacun un diamètre d'environ 0,2 mm pour former un câble présentant une section fer d'environ 0,3 cm².

[0045] Le nombre de brins dans chaque fil 110 et la

structure du toron formant le câble magnétique 11, notamment le nombre de fils 110 composant le câble du circuit magnétique 11, sont adaptables en fonction de la sensibilité recherchée et de la taille envisagée pour le câble du circuit magnétique 11. Le câble 11 est souple dans toutes les directions grâce à sa structure en toron.

[0046] A la suite de la formation mécanique du toron de fils 110, le câble 11 subit un traitement thermique à haute température sous gaz réducteur, tel que de l'hydrogène, de façon à restaurer et optimiser les performances magnétiques de la matière. La perméabilité intrinsèque obtenue dans le mode de réalisation de l'invention illustré sur la figure 2 est supérieure à 10⁵.

[0047] Chaque fil 110 est isolé géométriquement et électriquement avant le recuit de la phase de traitement thermique du câble 11 afin d'éviter les collages entre les fils pendant le traitement thermique. Cette opération d'isolation est réalisée à partir de méthylate de magnésium ou de poudre d'alumine (Al₂O₃) ou de magnésie (MgO), ou d'une autre technologie, soit par application directe sur le fil avant la formation du toron de fils 110 formant le câble 11 ou soit par application sur le câble 11 après la formation du toron de fils 110.

[0048] Dans le cas où les fils 110 sont des fils multibrins, autrement dit lorsque chaque fil 110 est formé à partir d'une pluralité de brins torsadés ensemble, l'opération d'isolation est réalisée sur les brins soit avant la formation des fils, ou bien après la formation des fils 110 mais avant la formation du câble 11, ou encore après la formation du câble 11, le traitement étant un traitement chimique pouvant atteindre toute la surface d'un brin par capillarité même une fois après que le câble a été formé. L'isolation de chaque brin permet ainsi de permettre un coulisement entre les brins et ainsi d'améliorer les caractéristiques de souplesse du câble 11.

[0049] Après le traitement thermique, le câble 11 est ensuite tronçonné à la longueur souhaitée et possède alors deux extrémités 111 et 112. Les deux extrémités 111 et 112 du câble 11 sont serties afin de maintenir les fils 110 entre eux. Les deux sections aux extrémités 111 et 112 sont destinées à être en vis-à-vis et en contact lorsque le transformateur de courant 10 est fermé, comme cela est illustré sur les figures 3 et 4 notamment, pour former un circuit magnétique fermé. Les deux sections aux extrémités 111 et 112 du câble 11 sont polies de façon à optimiser l'entrefer en assurant une bonne rugosité, un bon parallélisme et une zone la moins perturbée possible du point de vue magnétique.

[0050] La gaine interne 12 tubulaire forme un manchon traversé axialement, c'est-à-dire selon l'axe de révolution de la gaine 12, par le circuit magnétique 11, c'est-à-dire par le câble. La gaine interne 12 est un tube en matière isolante suffisamment résistant pour supporter le bobinage d'un fil de cuivre de diamètre compris notamment entre 0,20 et 0,8 mm tout en présentant une souplesse suffisante pour conserver celle du câble 11.

[0051] Dans un exemple de réalisation, la gaine interne 12 peut être un tube en matière PVC, Rylsan® ou autre,

de diamètre intérieur compris entre 10 et 25mm et d'épaisseur de paroi comprise entre 1 et 2 mm.

[0052] Le transformateur de courant 10 comprend en outre un bobinage 13 électriquement conducteur. La gaine interne 12 forme un support de bobinage pour le bobinage 13. Le bobinage 13 est formé par un fil de cuivre enroulé autour de la gaine interne 12 en aller-retour sur toute la longueur du circuit magnétique 11. En d'autres termes, le bobinage 13 est enroulé une première fois de la première extrémité 111 du câble jusqu'à la seconde extrémité 112 du câble 11 puis une seconde fois de la seconde extrémité 112 du câble 11 jusqu'à la première extrémité 111 du câble 11. L'émaillage du fil de cuivre du bobinage permet d'isoler le fil et d'éviter tout court-circuit notamment entre les portions superposées.

[0053] Dans une variante, le bobinage 13 peut comprendre une pluralité d'enroulements de cuivre couplés ensemble en série.

[0054] Le bobinage 13 présente une première extrémité 131 et une seconde extrémité 132 opposée à la première extrémité 131. Le bobinage 13 étant enroulé en aller-retour autour de la gaine interne 12, les première et seconde extrémités 131 et 132 du bobinage 13 se situent à une même extrémité du câble 11 qui est la première extrémité 111 du câble 11 dans l'exemple illustré sur la figure 4.

[0055] Dans un exemple de réalisation, le bobinage 13 peut comprendre 1000 spires bobinées régulièrement autour de la gaine interne 12 en aller/retour sur une longueur qu'il est possible d'adapter en fonction de la taille des conducteurs primaires et pouvant être comprise entre 200 et 2000 mm de façon à constituer, après fermeture du transformateur de courant 10, des boucles dont le diamètre est compris entre 70 et 700 mm.

[0056] Plus le diamètre du fil de cuivre du bobinage 13 est élevé plus le ratio entre l'inductance et la résistance du bobinage 13 est grand, et ainsi meilleur, ce point étant critique pour la précision du transformateur de courant 10.

[0057] Le transformateur de courant 10 comprend en outre une gaine externe 14 tubulaire électriquement isolante. La gaine externe 14 est emmanchée sur l'ensemble comprenant le câble 11, la gaine interne 12 et le bobinage 13 de manière à envelopper le bobinage 13 et l'isoler de l'environnement électrique externe du transformateur de courant 10.

[0058] La figure 3 présente schématiquement une vue des moyens 15 de fermetures du transformateur de courant 10 selon un mode de réalisation de l'invention.

[0059] Comme cela est illustré sur la figure 3, le transformateur de courant 10 comprend également, dans ce mode de réalisation, des moyens 15 de fermeture par encliquetage comprenant une partie mâle 150 montée sur une première extrémité 101 du transformateur de courant 10 et une partie femelle 155 complémentaire de la partie mâle 150 et montée sur une seconde extrémité 102 du transformateur de courant 10 opposée à la première extrémité 101 du transformateur de courant 10. La

première extrémité 111 du câble 11 et les première et seconde extrémité 131 et 132 du bobinage 13 sont situées sur la première extrémité 101 du transformateur de courant 10 tandis que la seconde extrémité 112 du câble 11 est située sur la seconde extrémité 102 du transformateur de courant 10. La partie femelle 155 comprend une forme tubulaire et des gorges 156 circulaire formées sur la surface radialement interne du tube de la partie femelle 155. La partie mâle 150 comprend une forme cylindrique configurée pour être insérée dans la forme tubulaire de la partie femelle 155. La partie mâle 150 comprend en outre des dentelures circulaires configurées pour coopérer avec les cannelures 156 de la partie femelle 155 pour fermer le transformateur de courant 10.

[0060] Dans un autre mode de réalisation non illustré, le transformateur de courant peut comprendre des moyens de fermeture par vissage.

[0061] La qualité de l'assemblage est évaluée par la mesure de la perméabilité magnétique : avec un dispositif de fermeture suffisamment rigide la perméabilité du circuit coupé assemblé peut être comprise entre 15 000 et 20 000. Le dispositif de fermeture 15 est tel que le capteur est facile à ouvrir sans outillage particulier.

[0062] Sur la figure 4 est représenté schématiquement un dispositif de mesure d'un courant électrique comprenant un transformateur de courant 10 en forme de tore ouvrant et des moyens de traitement 16 électriquement couplés aux deux extrémités 131 et 132 du bobinage 13. Les moyens de traitement 16 permettent de recevoir le courant induit dans le bobinage 13 du transformateur de courant 10 et de réaliser ainsi la mesure du courant électrique traversant le conducteur électrique autour duquel le transformateur de courant 10 a été fermé.

[0063] L'invention fournit ainsi un transformateur de courant de type Rogowski doté d'un circuit magnétique souple dans toutes les directions principales de manière identiques, tout en conservant les performances de mesure de courants électriques de très faible amplitude et de basses fréquences et un faible coût de fabrication, et un dispositif de mesure doté d'un tel transformateur de courant.

Revendications

1. Transformateur de courant (10) en forme de tore ouvrant destiné à se refermer sur au moins un conducteur électrique dans lequel circule un courant électrique à mesurer, le transformateur de courant (10) comportant un circuit magnétique (11) et un bobinage (13) électriquement conducteur enroulé autour du circuit magnétique (11) et électriquement isolé du circuit magnétique (11), ledit bobinage (13) comprenant un unique enroulement ou plusieurs enroulements distincts couplés en série, ledit circuit magnétique (11) comprenant un ensemble de fils (110) de matériau magnétique, les fils (110) étant torsadés ensemble sous forme d'un toron

pour former un câble ayant une souplesse uniforme dans toutes les directions pour le circuit magnétique (11).

2. Transformateur de courant (10) selon la revendication 1, dans lequel le matériau magnétique des fils est un alliage de Fer-Nickel à haute perméabilité magnétique avec au moins 70% de Nickel, et de préférence 78 à 81% de Nickel.
3. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les fils (110) sont isolés géométriquement et électriquement les uns des autres par méthylate de magnésium, ou par poudre d'alumine ou de magnésie lors de leur assemblage pour éviter les collages entre les fils (110).
4. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel chaque fil (110) comprend une pluralité de brins en matériau magnétique torsadés ensemble sous forme de toron.
5. Transformateur de courant (10) selon la revendication 4, dans lequel les brins de chaque fil (110) sont isolés géométriquement et électriquement les uns des autres par méthylate de magnésium, ou par poudre d'alumine ou de magnésie lors de leur assemblage pour éviter les collages entre les brins des fils (110).
6. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 4 ou 5, dans lequel chaque brin de fil (110) présente un diamètre compris entre 0,1 mm et 0,5 mm et de préférence 0,20 mm.
7. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant en outre une gaine interne (12) tubulaire souple électriquement isolante sur laquelle est enroulé ledit bobinage (13) et dans laquelle est emmanché le circuit magnétique (11).
8. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 7, comprenant en outre une gaine externe (14) tubulaire électriquement isolante enveloppant ledit bobinage (13).
9. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le bobinage (13) comprend une pluralité d'enroulements distincts couplés en série, au moins deux enroulements comprenant du fil conducteur isolé électriquement et étant radialement superposés pour former un empilement dans une direction radiale par rapport à l'axe d'enroulement du bobinage (13).
10. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel ledit au moins un enroulement du bobinage (13) comprend un fil élec-

trique de cuivre présentant un diamètre compris entre 0,1 mm et 0,8 mm et de préférence 0,4mm.

11. Transformateur de courant (10) selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant des moyens de fermetures par encliquetage ou vissage.
12. Dispositif de mesure d'un courant électrique comprenant un transformateur de courant (10) ouvrant selon l'une des revendications 1 à 11, et des moyens de traitement (16) électriquement couplés au bobinage (13) du transformateur de courant (10).

15 Patentansprüche

1. Torusförmiger Anlegestromwandler (10), der dazu bestimmt ist, sich an mindestens einem elektrischen Leiter wieder zu schließen, in dem ein zu messender elektrischer Strom fließt, wobei der Stromwandler (10) einen Magnetkreis (11) und eine elektrisch leitende Wicklung (13), die um den Magnetkreis (11) gewickelt und von dem Magnetkreis (11) elektrisch isoliert ist, beinhaltet, wobei die Wicklung (13) eine einzelne Umwicklung oder mehrere in Reihe gekoppelte separate Umwicklungen umfasst, wobei der Magnetkreis (11) einen Satz Drähte (110) aus magnetischem Material umfasst, wobei die Drähte (110) in Form eines Strangs miteinander verdreht sind, um ein Kabel mit einer gleichmäßigen Flexibilität in allen Richtungen für den Magnetkreis (11) zu bilden.
2. Stromwandler (10) nach Anspruch 1, wobei das magnetische Material der Drähte eine Eisen-Nickel-Legierung mit hoher magnetischer Permeabilität mit mindestens 70 % Nickel und vorzugsweise 78 bis 81 % Nickel ist.
3. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Drähte (110) während ihrer Montage durch Magnesiummethyllat oder durch Aluminiumoxid- oder Magnesiumoxidpulver geometrisch und elektrisch voneinander isoliert werden, um Verklebungen zwischen den Drähten (110) zu vermeiden.
4. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei jeder Draht (110) mehrere Litzen aus magnetischem Material umfasst, die in Form eines Strangs miteinander verdreht sind.
5. Stromwandler (10) nach Anspruch 4, wobei die Litzen jedes Drahtes (110) während ihrer Montage durch Magnesiummethyllat oder durch Aluminiumoxid- oder Magnesiumoxidpulver geometrisch und elektrisch voneinander isoliert werden, um Verklebungen zwischen den Litzen der Drähte (110) zu vermeiden.

meiden.

6. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei jede Drahtlitze (110) einen Durchmesser zwischen 0,1 mm und 0,5 mm und vorzugsweise von 0,20 mm aufweist. 5
7. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner umfassend einen elektrisch isolierenden flexiblen rohrförmigen Innenmantel (12), auf den die Wicklung (13) gewickelt ist und in den der Magnetkreis (11) eingepresst ist. 10
8. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner umfassend einen elektrisch isolierenden rohrförmigen Außenmantel (14), der die Wicklung (13) umhüllt. 15
9. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Wicklung (13) mehrere separate in Reihe gekoppelte Umwicklungen umfasst, wobei mindestens zwei Umwicklungen elektrisch isolierten leitenden Draht umfassen und radial übereinander angeordnet sind, um einen Stapel in einer radialen Richtung in Bezug auf die Wickelachse der Wicklung (13) zu bilden. 20 25
10. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens eine Umwicklung der Wicklung (13) einen elektrischen Kupferdraht mit einem Durchmesser zwischen 0,1 mm und 0,8 mm und vorzugsweise von 0,4 mm umfasst. 30
11. Stromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend Verschlussmittel durch Verrasten oder Verschrauben. 35
12. Vorrichtung zum Messen eines elektrischen Stroms, umfassend einen Anlegestromwandler (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und Verarbeitungsmittel (16), die elektrisch an die Wicklung (13) des Stromwandlers (10) gekoppelt sind. 40

Claims

1. An openable current transformer (10) intended to close over at least one electrical conductor in which circulates an electrical current to be measured, the current transformer (10) including a magnetic circuit (11) and an electrically conducting coil (13) wound around the magnetic circuit (11) and electrically insulated from the magnetic circuit (11), said coil (13) comprising a single winding or several distinct windings coupled in series, said magnetic circuit (11) comprising a set of wires (110) of magnetic material, the wires (110) being twisted together in the form of a strand to form a 50 55

cable having uniform flexibility in all directions for the magnetic circuit (11).

2. The current transformer (10) according to claim 1, wherein the magnetic material of the wires is an iron-nickel alloy with high magnetic permeability with at least 70% nickel, and preferably 78 to 81% nickel.
3. The current transformer (10) according to one of claims 1 or 2, wherein the wires (110) are geometrically and electrically insulated from one another by magnesium methyllate, or by alumina or magnesia powder during their assembly to avoid adhesions between the wires (110).
4. The current transformer (10) according to one of claims 1 to 3, wherein each wire (110) comprises a plurality of threads of magnetic material twisted together in the form of a strand.
5. The current transformer (10) according to claim 4, wherein the threads of each wire (110) are geometrically and electrically insulated from one another by magnesium methyllate, or by alumina or magnesia powder during their assembly to avoid adhesions between the threads of the wires (110).
6. The current transformer (10) according to one of claims 4 or 5, wherein each thread of the wire (110) has a diameter comprised between 0.1 mm and 0.5 mm and preferably 0.20 mm.
7. The current transformer (10) according to one of claims 1 to 6, also comprising an electrically insulating flexible tubular inner sheath (12) on which is wound said coil (13) and in which the magnetic circuit (11) is press-fit.
8. The current transformer (10) according to one of claims 1 to 7, also comprising an electrically insulating tubular outer sheath (14) surrounding said coil (13).
9. The current transformer (10) according to one of claims 1 to 8, wherein the coil (13) comprises a plurality of distinct windings coupled in series, at least two windings comprising electrically insulating conducting wire and being radially superimposed to form a stack in a radial direction relative to the winding axis of the coil (13).
10. The current transformer (10) according to one of claims 1 to 9, wherein said at least one winding of the coil (13) comprises a copper electrical wire having a diameter comprised between 0.1 mm and 0.8 mm and preferably 0.4 mm.
11. The current transformer (10) according to one of

claims 1 to 10, comprising closing means by ratchet locking or screwing.

- 12.** A measuring device for an electrical current comprising an openable current transformer (10) according to one of claims 1 to 11, and processing means (16) electrically coupled to the coil (13) of the current transformer (10).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

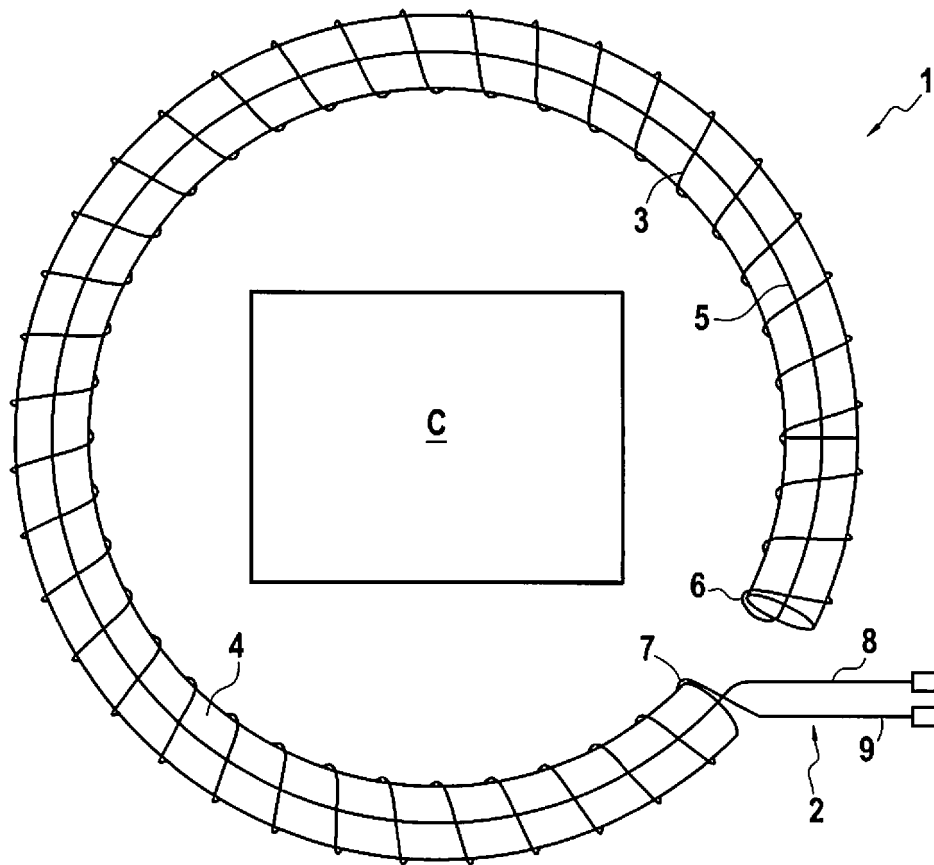


FIG.1
ART ANTERIEUR

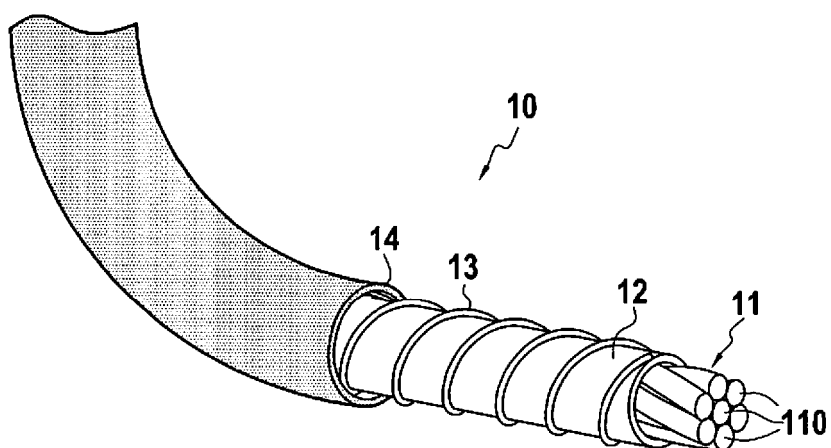


FIG.2

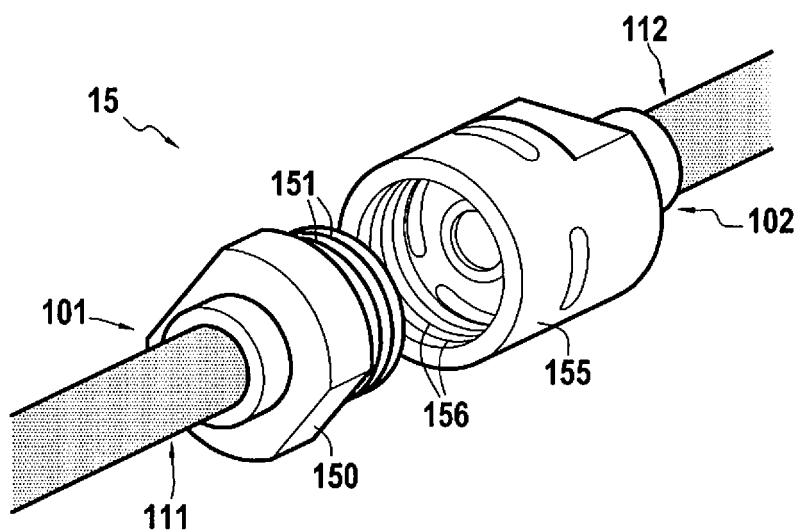


FIG.3

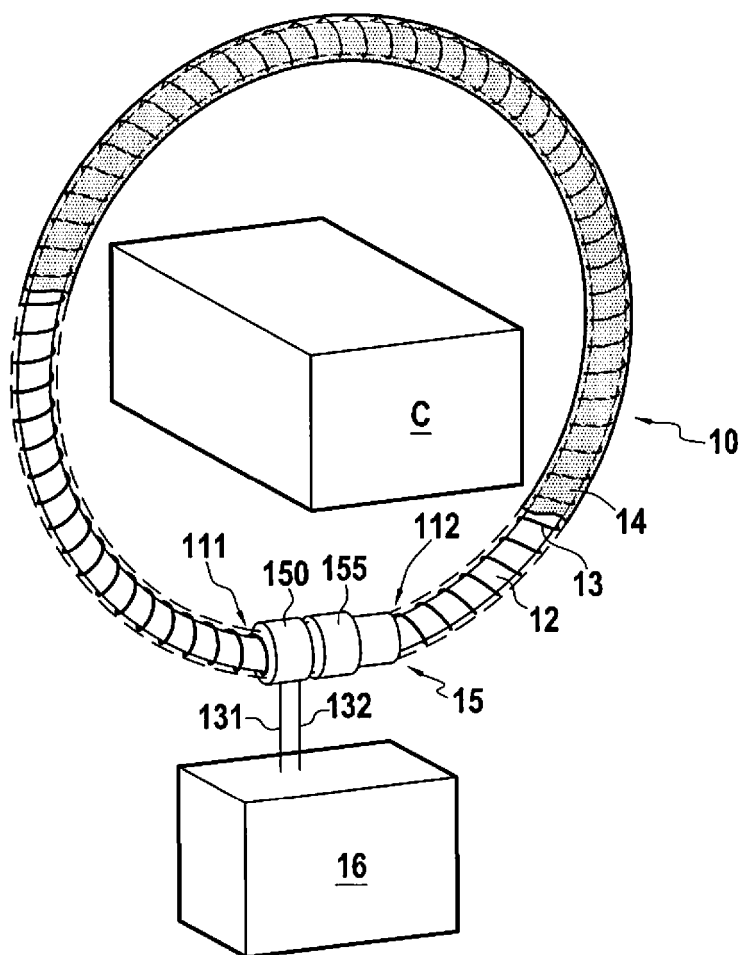


FIG.4

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 0999565 A [0008]
- US 5235488 A [0014]