



(11) **EP 2 348 516 B2**

(12) **NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**
Après la procédure d'opposition

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:
26.07.2023 Bulletin 2023/30

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01F 30/08 ^(2006.01) **H01F 38/14** ^(2006.01)
H01F 5/00 ^(2006.01) **H01F 27/28** ^(2006.01)

(45) Mention de la délivrance du brevet:
16.09.2020 Bulletin 2020/38

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01F 27/2804; H01F 5/003; H01F 30/08;
H01F 2027/2819; H01F 2038/143

(21) Numéro de dépôt: **11151262.0**

(22) Date de dépôt: **18.01.2011**

(54) **Capteur ferroviaire à transformateur sans noyau à haute isolation galvanique**

Eisenbahnsensor mit einem kernlosen Transformator mit höher galvanischer Trennung

Railway sensor including a coreless transformer with high galvanic insulation

(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: **21.01.2010 FR 1050405**

(43) Date de publication de la demande:
27.07.2011 Bulletin 2011/30

(73) Titulaire: **Rwaytech**
74160 Archamps (FR)

(72) Inventeurs:
• **Ciclet, Jean-Paul**
74800, Amancy (FR)
• **Gillard, Bernard**
74160, Saint Julien en Genevois (FR)

(74) Mandataire: **Novaimo**
Europa 1
362, avenue Marie Curie
Archamps Technopole
74166 Saint-Julien-en-Genevois Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 491 214 WO-A1-2008/040179
JP-A- H08 306 540 US-A1- 2003 008 619
US-A1- 2003 095 027 US-A1- 2004 239 465
US-A1- 2006 039 169 US-A1- 2008 179 963
US-A1- 2008 278 275

• **TANG S C ET AL: "Characterization of coreless printed circuit board (PCB) transformers", POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, 1999. PESC 99. 30TH ANNUAL IEEE CHARLESTON, SC, USA 27 JUNE-1 JULY 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 2, 27 June 1999 (1999-06-27), pages 746-752, XP010346787, DOI: 10.1109/PESC.1999.785593 ISBN: 978-0-7803-5421-0**

EP 2 348 516 B2

Description

[0001] La présente invention concerne un appareil électronique, de type capteur, comprenant un transformateur permettant de transmettre des données ou une alimentation électrique entre deux circuits, tout en assurant une isolation galvanique importante entre ces deux circuits. Elle est particulièrement adaptée à un appareil de mesure ou de transfert de données destiné à une application dans un environnement « haute tension », comme dans le domaine ferroviaire.

[0002] Une mesure sur des lignes électriques haute tension, comme par exemple celles associées aux voies ferrées qui utilisent une tension qui peut être de l'ordre de 4000 V, nécessite un dispositif sécurisé pour ne pas mettre en danger les opérateurs qui réalisent cette mesure ainsi que pour ne pas risquer d'endommager les appareils utilisés. Une telle mesure se fait par exemple par l'intermédiaire de capteurs de mesures de tension et/ou intensité et engage un échange d'énergie entre une première partie directement liée aux lignes électriques sur lesquelles se réalise la mesure, représentant un circuit primaire, et une seconde partie consistant en un circuit secondaire qui effectue un traitement complémentaire au circuit primaire.

[0003] Un transformateur classique permet le transfert d'énergie entre un circuit primaire et secondaire par l'intermédiaire d'un noyau magnétique. Une telle solution présente l'avantage d'offrir une isolation galvanique entre les deux circuits. Toutefois, l'obtention d'un niveau d'isolation galvanique élevé reste délicate à fabriquer. De plus, un tel transformateur classique présente un coût élevé, un encombrement et un poids importants. Ce poids important réduit sa fiabilité lorsqu'il est utilisé dans un véhicule et soumis à des vibrations et à des variations de température, ses soudures sur un appareil de mesure présentant par exemple un risque d'usure et de rupture prématurée.

[0004] Ainsi, le but de l'invention est de fournir une solution ne comprenant pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

[0005] Un appareil selon l'état de l'art est décrit dans le document US 2008/278275 A1.

[0006] Plus précisément, un premier objet de l'invention consiste à proposer un appareil électronique qui offre une haute isolation galvanique entre un circuit primaire et un circuit secondaire.

[0007] Un second objet de l'invention consiste à proposer un appareil électronique qui présente un encombrement et un coût réduits.

[0008] Un troisième objet de l'invention consiste à proposer un appareil électronique qui offre une fiabilité accrue, par exemple adaptée pour une application embarquée au sein d'un véhicule comme une locomotive.

[0009] L'invention porte sur un appareil électronique pour une intervention dans un environnement électrique à haute tension, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un transformateur tel que décrit précédemment.

[0010] L'appareil électronique selon l'invention est défini par la revendication indépendante 1. D'autres modes de réalisation sont définis dans les revendications dépendantes.

[0011] Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode d'exécution particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

La figure 1 représente schématiquement un appareil électronique selon un mode d'exécution de l'invention.

La figure 2 représente schématiquement le principe de l'invention.

La figure 3 représente une vue de côté en coupe d'un transformateur selon un mode d'exécution de l'invention.

Les figures 4a et 4b représentent des vues de face des bobines de respectivement les deux faces du transformateur selon le mode d'exécution de l'invention.

La figure 5 représente une vue de face d'une variante de réalisation d'une bobine du transformateur selon le mode d'exécution de l'invention.

La figure 6 représente une vue de côté en coupe du transformateur selon une variante du mode d'exécution de l'invention.

La figure 7 représente une vue de face d'une bobine de la variante du transformateur du mode d'exécution de l'invention.

La figure 8 représente le circuit électrique d'un capteur de mesure selon le mode d'exécution de l'invention, destiné à effectuer des mesures dans le domaine ferroviaire.

[0012] Le concept de l'invention repose sur un dispositif remplissant la fonction de transformateur obtenu sans noyau magnétique, en associant deux bobines conductrices superposées sur deux faces d'un même circuit imprimé et communiquant sans aucun contact, en profitant du matériau isolant formant le circuit imprimé pour assurer l'isolation galvanique à haute performance entre les deux bobines.

[0013] Dans les différentes figures représentant différentes variantes de l'invention, les mêmes références seront utilisées pour désigner des composants équivalents, pour une raison de simplicité. D'autre part, l'invention va être décrite pour un transformateur et un dispositif électronique de type capteur destinés au domaine ferroviaire. Le concept de l'invention peut être étendu à toute

autre intervention dans un environnement électrique à haute tension, par exemple pour toute solution embarquée comme le trolley bus par exemple, ou pour toute application industrielle sévère, comme associée à un laminoir.

[0014] La figure 1 représente schématiquement un capteur de mesure selon un mode d'exécution de l'invention, destiné au domaine ferroviaire, que nous appellerons simplement capteur ferroviaire par la suite. Ce capteur ferroviaire comprend un circuit primaire 1, destiné à être directement relié à un environnement électrique à haute tension par un connecteur 2, et un circuit secondaire 21, destiné à traiter des mesures provenant du circuit primaire 1, et à les communiquer en sortie par un ou plusieurs connecteurs 22. Le circuit secondaire 21 comprend de plus une borne d'alimentation 23.

[0015] Le principe de l'invention, représenté schématiquement sur la figure 2, consiste à utiliser un ou plusieurs transformateur(s) 10 isolant(s) et peu encombrant(s), sans noyau magnétique, pour un échange entre les circuits primaire 1 et secondaire 21.

[0016] La figure 3 représente en coupe la structure d'un transformateur 10 selon l'invention. Un tel transformateur comprend deux bobines 11, 12 superposées et respectivement reliées aux circuits primaire 1 et secondaire 21 du capteur ferroviaire. Elles sont ainsi aussi appelées bobine primaire 11 et bobine secondaire 12. Ces deux bobines primaire 11 et secondaire 12 sont séparées par un élément isolant 13 plat, par exemple en matériau plastique. Ainsi, lorsqu'une bobine reçoit un courant électrique, elle génère un champ magnétique qui génère un courant électrique induit dans la seconde bobine. Les deux circuits primaire 1 et secondaire 21 sont ainsi liés entre eux par l'intermédiaire des bobines 11, 12 qui communiquent sans contact, tout en étant isolés électriquement par l'élément isolant 13 intermédiaire.

[0017] Selon le mode d'exécution de l'invention, l'élément isolant correspond au circuit imprimé du capteur ferroviaire, sur lequel sont disposés les autres composants électroniques du dispositif, et le transformateur 10 est simplement obtenu en disposant deux bobines 11, 12 de manière superposée sur chaque face opposée du circuit imprimé. Pour garantir l'isolation, aucun trou traversant n'est présent dans le circuit imprimé au niveau des bobines.

[0018] Cette solution présente ainsi l'avantage d'une grande simplicité, d'un faible encombrement, tout en offrant une importante isolation galvanique.

[0019] Les figures 4a et 4b représentent respectivement les deux bobines primaire 11 et secondaire 12, respectivement reliées aux circuits primaire 1 et secondaire 21 du capteur ferroviaire. Chaque bobine 11, 12 se présente sous la forme d'un enroulement circulaire, présentant une extrémité centrale, respectivement 15, 14, et une extrémité périphérique respectivement 17, 16. Les deux extrémités de chaque bobine 11, 12 sont naturellement reliées au circuit électrique de respectivement le circuit primaire 1 et secondaire 21 pour former un circuit

électrique fermé.

[0020] En variante, les deux bobines pourraient présenter une forme non circulaire, par exemple carrée, comme représenté sur la figure 5, ou ellipsoïdale ou rectangulaire. Les deux bobines sont de préférence identiques, présentent la même forme et les mêmes dimensions. En variante, elles pourraient présenter un nombre de spires différent. Elles sont par exemple obtenues par des spires en cuivre, dont le nombre et les dimensions dépendent de l'application envisagée.

[0021] L'extrémité centrale 14, 15 de chaque bobine 12, 11, est donc reliée au circuit électrique comme mentionné précédemment. Toutefois, cette liaison électrique est obtenue sans contact électrique avec les différents enroulements de la bobine. Selon l'invention, la solution consiste à utiliser un fil 18, 19 soudé à l'extrémité centrale 14, 15 de chaque bobine 12, 11, et s'étendant au-delà de l'enroulement de chaque bobine de manière isolée de cet enroulement, pour relier sa borne centrale au reste du circuit électrique. Cette solution est illustrée sur les figures 4 et 5.

[0022] Les figures 6 et 7 illustrent une première variante de réalisation de la solution décrite ci-dessus dans laquelle la connexion électrique de l'extrémité centrale de la bobine est obtenue par l'intermédiaire de trous borgnes 20 et d'un fil de liaison 18, 19 positionné au sein de l'épaisseur du circuit imprimé.

[0023] Selon une seconde variante de réalisation non revendiquée et non représentée, les éléments de la variante précédente pourraient être inversés, les bobines se trouvant au sein de l'épaisseur du circuit imprimé et les fils de liaison à la surface du circuit imprimé et toujours reliés aux bobines par des trous borgnes.

[0024] Le transformateur sans noyau tel que décrit ci-dessus peut être employé pour différents types d'échanges entre les circuits primaire et secondaire. Deux échanges principaux sont avantageusement implémentés en combinaison.

[0025] Un premier échange consiste en une transmission d'alimentation électrique d'un circuit vers l'autre. Comme cela est représenté sur la figure 1, l'alimentation électrique du circuit primaire est obtenue à partir de l'alimentation électrique du circuit secondaire, par sa borne d'alimentation 23. Pour cela, une liaison électrique 3 du circuit primaire 1 est reliée à une liaison électrique 24 du circuit secondaire, elle-même reliée à la borne d'alimentation 23, par l'intermédiaire d'un transformateur 10 tel que décrit précédemment. Cela évite de dédoubler l'alimentation électrique pour alimenter séparément les deux circuits primaire et secondaire.

[0026] Un second échange consiste en une transmission de données entre les deux circuits. Le circuit primaire, qui reçoit en premier lieu les données provenant de la ligne haute tension, par l'intermédiaire de sa liaison directe 2, effectue un premier traitement de ces données, puis les transmet au circuit secondaire, qui va réaliser un second traitement, par l'intermédiaire d'un transformateur 10 tel que décrit précédemment. Cette transmis-

sion de données peut se faire par l'intermédiaire de signaux électriques et par exemple d'une modulation de fréquence. Le nombre de spires sera calculé en tenant compte du fait que la fréquence du signal de commande sera d'autant plus élevée que le nombre de spires sera faible. En remarque, il est aussi possible de travailler au point de résonance d'un tel transformateur. En variante, la transmission de données peut se faire de manière numérique, le circuit primaire comprenant une numérisation des données avant leur transmission par le transformateur fonctionnant alors en transformateur d'impulsion. En remarque, les deux parties du transformateur ont été appelées « primaire » et « secondaire » par convention dans la description précédente : comme les échanges d'énergie ou de données peuvent se faire dans les deux sens d'une partie vers l'autre, le choix de la nomenclature « primaire » et « secondaire » aurait pu être inversé ou variable selon chaque transformateur.

[0027] La figure 8 représente plus en détail un appareil de mesure selon l'invention, destiné au domaine ferroviaire, par exemple pour la mesure sur les lignes haute tension ou au sein d'une locomotive. Il comprend un premier transformateur d'alimentation en énergie, comme mentionné précédemment, et trois transformateurs de transfert de données, formant quatre circuits partiellement indépendants représentés sur la figure 8. Le transfert d'énergie se fait à partir d'une alimentation continue 23 du circuit secondaire, par l'intermédiaire d'un circuit 24 comprenant notamment un hacheur ou onduleur pour transmettre un signal alternatif à la bobine secondaire 12e du transformateur d'alimentation en énergie. Cette énergie est transmise par cette bobine à la bobine primaire 11e qui la transmet au circuit primaire par l'intermédiaire d'un filtre et d'un redresseur 25. Un problème technique se pose par cette solution du fait que le transfert d'énergie par un tel transformateur sans contact présente un rendement relativement faible. Pour éviter de trop augmenter la dimension des bobines de ce transformateur pour augmenter le rendement, la solution retenue consiste en un circuit primaire simplifié, ne comprenant que des composants à faible consommation. Pour cela, certaines fonctions électroniques sont réalisées de préférence au niveau du circuit secondaire, les résultats nécessaires au fonctionnement du circuit électronique primaire étant transféré du circuit secondaire vers le circuit primaire par un transformateur de données selon l'invention. Pour cette approche, le capteur ferroviaire de la figure 8 comprend deux autres transformateurs à impulsion 10h et 10s pour respectivement transmettre du circuit secondaire vers le circuit primaire un signal d'horloge et un signal de synchronisation, de début d'échantillonnage. En variante, un seul de ces deux transformateurs pourrait être utilisé. Par ce biais, il est possible d'obtenir un transfert d'énergie satisfaisant à l'aide d'un transformateur comprenant des bobines 11e, 12e, comprenant environ 30 spires, et avantageusement moins de 40 spires. Enfin, le capteur ferroviaire comprend un autre transformateur à impulsion 10m pour

transmettre du circuit primaire vers le circuit secondaire le résultat d'une mesure effectuée sur l'environnement haute tension. Dans cette solution, les transformateurs 10h, 10s et 10m peuvent comprendre un nombre réduit de spires, inférieur à 12, et même avantageusement inférieur à 8 pour des hauteurs d'impulsion à transmettre de l'ordre de 5V.

[0028] Naturellement, le capteur ferroviaire décrit ci-dessus pourrait présenter des réalisations différentes. En variante, il pourrait comprendre un autre nombre de transformateurs, par exemple pour le transfert de données de mesure supplémentaires, soit pour une redondance de la même mesure soit pour des mesures supplémentaires. Il comprendra avantageusement au moins trois transformateurs de transfert de données.

[0029] Le transformateur selon l'invention est avantageusement compatible avec les structures existantes de circuit imprimé, en matériau époxy et d'épaisseur standardisée de 1,6 mm. Dans ces conditions, il peut atteindre une rigidité diélectrique supérieure à 15000 V et une isolation supérieure à 500 MOhms sous 500 V. Toutefois, le concept de l'invention reste applicable à tous les autres circuits imprimés existants, d'épaisseur supérieure ou égale à 1,6 mm, comme 3,2 mm, ou des circuits imprimés souples et peu épais. D'autre part, ce transformateur est prévu pour un fonctionnement à une fréquence supérieure ou égale à 1 Mhz. Le transformateur est directement construit sur un circuit imprimé, par application de spires directement sur ou au sein du circuit imprimé, par toute technique comme par sérigraphie par exemple, ce qui évite d'avoir à rajouter un transformateur indépendant, évite son encombrement et l'ajout de soudures pour sa fixation. La solution augmente alors grandement la fiabilité du transformateur obtenu puisqu'il ne risque plus de se détériorer en cas de vibrations ou de changements de température, ce qui en fait une solution très performante pour une application embarquée dans une locomotive ou tout autre véhicule. La solution diminue aussi grandement le coût et l'encombrement des solutions utilisant un capteur conventionnel.

Revendications

1. Appareil électronique pour une intervention dans un environnement électrique à haute tension,

comprenant: un circuit imprimé sur lequel sont disposés des composants électriques d'un circuit primaire (1), destiné à une liaison directe avec un environnement électrique à haute tension, et d'un circuit secondaire (21), comprenant en outre au moins un transformateur (10) comprenant une bobine primaire (11) reliée électriquement au circuit primaire (1) et une bobine secondaire (12) reliée électriquement au circuit secondaire (21), les deux bobines (11, 12) étant positionnées en vis-à-vis sur

- chacune des faces du circuit imprimé, ce circuit imprimé formant un élément isolant (13) du transformateur (10),
 dans lequel le transformateur (10) est directement construit sur le circuit imprimé, par application de spires directement sur ou au sein du circuit imprimé pour former les deux bobines primaire et secondaire (11, 12) sous la forme d'un enroulement plat de spires métalliques,
caractérisé en ce que chaque bobine (11, 12) comprend un enroulement plat de spires métalliques présentant une extrémité centrale (15, 14) reliée électriquement par un fil électrique (19, 18) positionné dans l'épaisseur de l'élément isolant (13) et relié à l'extrémité centrale (15, 14) de l'enroulement disposé à la surface de l'élément isolant et au-delà de l'enroulement par des trous borgnes (20) pratiqués dans l'élément isolant (13).
2. Appareil électronique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le transformateur est construit avec un seul circuit imprimé formant son élément isolant.
 3. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux bobines primaire et secondaire (11, 12) sont positionnées de manière superposée sur chacune des deux faces opposées de l'élément isolant (13).
 4. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux bobines (11, 12) sont identiques.
 5. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux bobines (11, 12) présentent une forme circulaire, ellipsoïdale, carrée ou rectangulaire et/ou se présentent sous la forme d'une plaque plastique souple ou rigide.
 6. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque bobine comprend moins de 40 spires.
 7. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le transformateur fonctionne à une fréquence supérieure ou égale à 1 Mhz.
 8. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un transformateur (10) dont la fonction est de transmettre une alimentation électrique du circuit secondaire (21) vers le circuit primaire (1).
 9. Appareil électronique selon l'une des revendications
- précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un transformateur (10) dont la fonction est de transmettre des données du circuit primaire (1) vers le circuit secondaire (21), de manière numérisée ou non.
10. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est un capteur de mesure de caractéristiques électriques pour le domaine ferroviaire.
 11. Appareil électronique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comprend plusieurs transformateurs, dont au moins un transformateur pour transmettre des données de mesure du circuit primaire (1) vers le circuit secondaire (21), et un transformateur pour transmettre un signal d'horloge du circuit secondaire (21) vers le circuit primaire (1) et/ou un transformateur pour transmettre un signal de synchronisation du circuit secondaire (21) vers le circuit primaire (1), et un transformateur pour transmettre une alimentation électrique du circuit secondaire vers le circuit primaire.
 12. Appareil électronique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comprend un transformateur pour transmettre des données de mesure du circuit primaire (1) vers le circuit secondaire (21), et/ou un transformateur pour transmettre un signal d'horloge du circuit secondaire (21) vers le circuit primaire (1) et/ou un transformateur pour transmettre un signal de synchronisation du circuit secondaire (21) vers le circuit primaire (1), au moins un de ces transformateurs comprenant un nombre de spires inférieur à 12.
 13. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément isolant (13) présente une rigidité diélectrique supérieure à 15000 V et une isolation supérieure à 500 MOhms sous 500 V.
 14. Appareil électronique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément isolant (13) présente une épaisseur supérieure ou égale à 1,6 millimètre.
 15. Appareil électronique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'élément isolant (13) présente une épaisseur inférieure à 4 millimètres.

Patentansprüche

1. Elektronische Vorrichtung zum Eingreifen in eine elektrische Hochspannungsumgebung, die Folgendes aufweist:

- eine gedruckte Schaltung, auf der elektrische Komponenten eines Primärkreises (1) angeordnet sind, der für eine direkte Verbindung mit einer elektrischen Hochspannungsumgebung vorgesehen ist, und eines Sekundärkreises (21),
 die darüber hinaus mindestens einen Transformator (10) aufweist, der eine Primärspule (11) aufweist, die elektrisch mit dem Primärkreis (1) verbunden ist, und eine Sekundärspule (12), die elektrisch mit dem Sekundärkreis (21) verbunden ist, wobei die zwei Spulen (11, 12) auf jeder Seite der gedruckten Schaltung einander zugewandt positioniert sind und die gedruckte Schaltung ein Isolierelement (13) des Transformators (10) bildet,
 wobei der Transformator (10) direkt auf der gedruckten Schaltung aufgebaut ist, indem Windungen direkt auf oder innerhalb der gedruckten Schaltung aufgetragen werden, um die Primär- und die Sekundärspule (11, 12) in Form einer flachen Wicklung aus metallischen Windungen zu bilden,
dadurch gekennzeichnet, dass jede Spule (11, 12) eine flache Wicklung aus metallischen Windungen aufweist, die ein in der Mitte liegendes Ende (15, 14) aufweist, das mithilfe eines elektrischen Drahts (19, 18), der in der Dicke des Isolierelements (13) positioniert ist und mit dem in der Mitte liegenden Ende (15, 14) der Wicklung verbunden ist, die auf der Oberfläche des Isolierelements angeordnet ist, und über die Wicklung hinaus mithilfe von Sacklöchern (20) in dem Isolierelement (13) elektrisch verbunden ist.
2. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator mit einer einzigen gedruckten Schaltung aufgebaut ist, die sein Isolierelement bildet.
 3. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primär- und die Sekundärspule (11, 12) auf jeder der beiden gegenüberliegenden Flächen des Isolierelements (13) übereinander positioniert sind.
 4. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Spulen (11, 12) identisch sind.
 5. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Spulen (11, 12) eine kreisförmige, ellipsenförmige, quadratische oder rechteckige Form aufweisen und/oder in Form einer flexiblen oder starren Kunststoffplatte vorliegen.
 6. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Spule weniger als 40 Windungen hat.
 7. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator mit einer Frequenz größer oder gleich 1 MHz arbeitet.
 8. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Transformator (10) aufweist, dessen Funktion darin besteht, eine elektrische Versorgung vom Sekundärkreis (21) zum Primärkreis (1) zu übertragen.
 9. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens einen Transformator (10) aufweist, dessen Funktion darin besteht, Daten vom Primärkreis (1) zum Sekundärkreis (21) auf digitale oder nicht digitale Weise zu übertragen.
 10. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Sensor zur Messung der elektrischen Eigenschaften im Eisenbahnbereich ist.
 11. Elektronische Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere Transformatoren aufweist, darunter mindestens einen Transformator zum Übertragen von Messdaten vom Primärkreis (1) zum Sekundärkreis (21) und einen Transformator zum Übertragen eines Taktsignals vom Sekundärkreis (21) zum Primärkreis (1) und/oder einen Transformator zum Übertragen eines Synchronisationssignals vom Sekundärkreis (21) zum Primärkreis (1) und einen Transformator zum Übertragen einer elektrischen Versorgung vom Sekundärkreis zum Primärkreis.
 12. Elektronische Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Transformator zum Übertragen von Messdaten vom Primärkreis (1) zum Sekundärkreis (21) und/oder einen Transformator zum Übertragen eines Taktsignals vom Sekundärkreis (21) zum Primärkreis (1) und/oder einen Transformator zum Übertragen eines Synchronisationssignals vom Sekundärkreis (21) zum Primärkreis (1) aufweist, wobei mindestens einer dieser Transformatoren eine Anzahl von Windungen von weniger als 12 aufweist.
 13. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolierelement (13) eine Durchschlagfestigkeit von mehr als 15.000 V und eine Isolation von mehr als 500 MOhm bei 500 V aufweist.

14. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolierelement (13) eine Dicke von mindestens 1,6 mm aufweist.

15. Elektronische Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolierelement (13) eine Dicke von weniger als 4 mm aufweist.

Claims

1. Electronic unit for an intervention in a high-voltage electrical environment, comprising:

a printed circuit on which there are disposed electrical components of a primary circuit (1), intended for a direct link with a high-voltage electrical environment, and of a secondary circuit (21), comprising at least one transformer (10) comprising a primary coil (11) linked electrically to the primary circuit (1) and a secondary coil (12) linked electrically to the secondary circuit (21), the two coils (11, 12) being positioned opposite on each of the faces of the printed circuit, this printed circuit forming an insulating element (13) of the transformer (10), wherein the transformer (10) is directly constructed on the printed circuit, by application of turns directly on or in the printed circuit to form the two primary and secondary coils (11, 12) in the form of a flat winding of metal turns, **characterized in that** each coil (11, 12) comprises a flat winding of metal turns having a central end (15, 14) linked electrically by an electrical wire (19, 18) positioned in the thickness of the insulating element (13) and linked to the central end (15, 14) of the winding disposed on the surface of the insulating element and beyond the winding by blind vias (20) formed in the insulating element (13).

2. Electronic unit according to Claim 1, **characterized in that** the transformer is constructed with a single printed circuit forming its insulating element.

3. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** the two primary and secondary coils (11, 12) are positioned superposed on each of the two opposing faces of the insulating element (13) .

4. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** the two coils (11, 12) are identical.

5. Electronic unit according to one of the preceding

claims, **characterized in that** the two coils (11, 12) have a circular, ellipsoidal, square or rectangular form and/or take the form of a flexible or rigid plastic sheet.

6. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** each coil comprises less than 40 turns.

7. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transformer operates at a frequency greater than or equal to 1 MHz.

8. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises a transformer (10) whose function is to transmit an electrical power supply from the secondary circuit (21) to the primary circuit (1).

9. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises at least one transformer (10) whose function is to transmit data from the primary circuit (1) to the secondary circuit (21), digitally or otherwise.

10. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** it is a sensor for measuring electrical characteristics for the railway domain.

11. Electronic unit according to the preceding claim, **characterized in that** it comprises several transformers, including at least a transformer for transmitting measurement data from the primary circuit (1) to the secondary circuit (21), and a transformer for transmitting a clock signal from the secondary circuit (21) to the primary circuit (1) and/or a transformer for transmitting a synchronization signal from the secondary circuit (21) to the primary circuit (1), and a transformer for transmitting an electrical power supply from the secondary circuit to the primary circuit.

12. Electronic unit according to the preceding claim, **characterized in that** it comprises a transformer for transmitting measurement data from the primary circuit (1) to the secondary circuit (21), and/or a transformer for transmitting a clock signal from the secondary circuit (21) to the primary circuit (1) and/or a transformer for transmitting a synchronization signal from the secondary circuit (21) to the primary circuit (1), at least one of these transformers comprising a number of turns less than 12.

13. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** the insulating element (13) exhibits dielectric withstand strength greater than 15 000 V and an insulation greater than 500

Mohms at 500 V.

14. Electronic unit according to one of the preceding claims, **characterized in that** the insulating element (13) has a thickness greater than or equal to 1.6 millimetres. 5
15. Electronic unit according to the preceding claim, **characterized in that** the insulating element (13) has a thickness less than 4 millimetres. 10

15

20

25

30

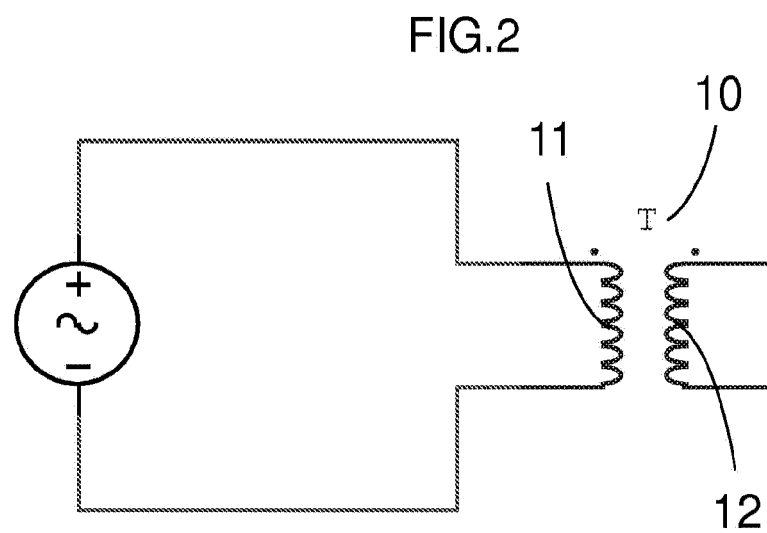
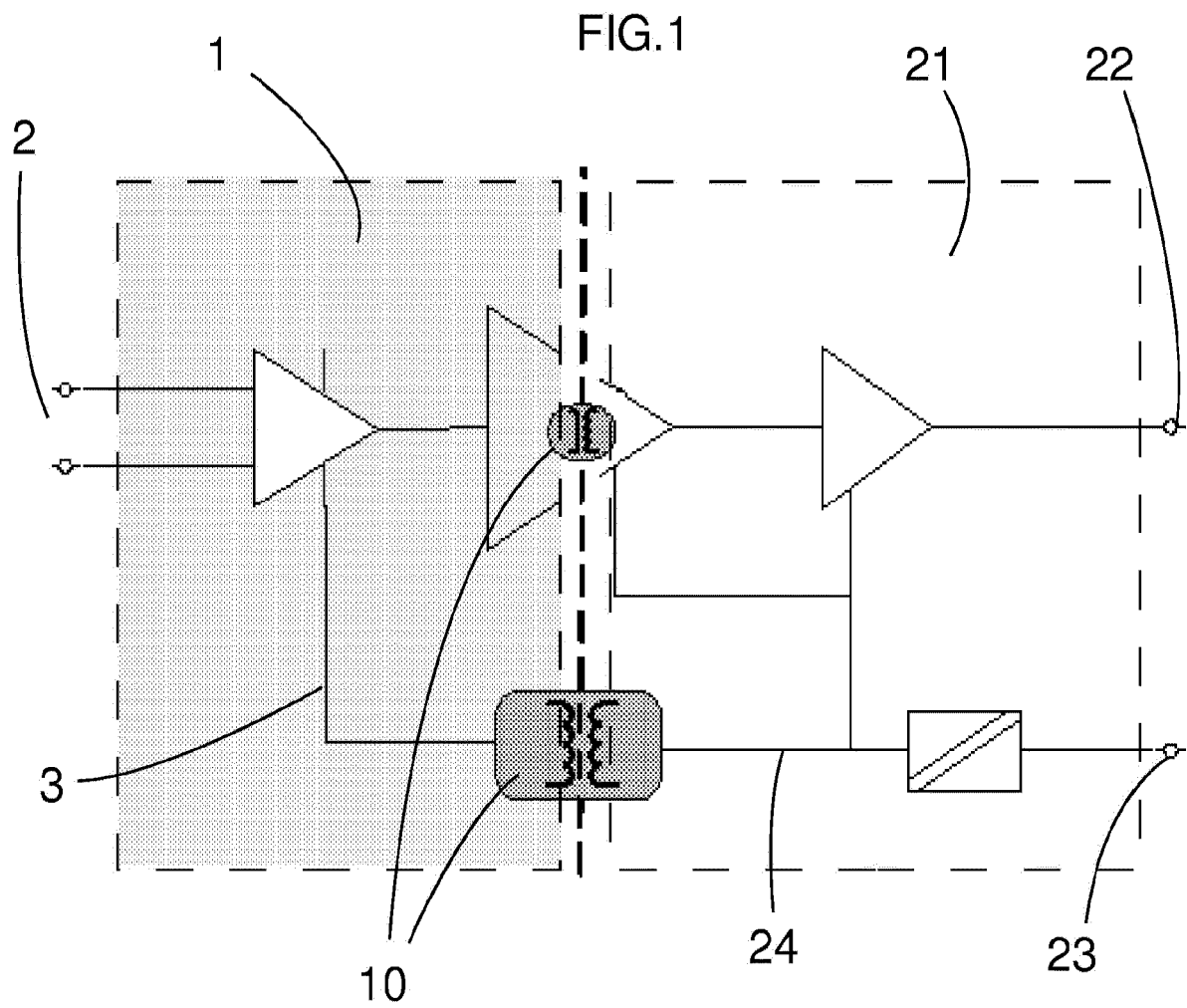
35

40

45

50

55



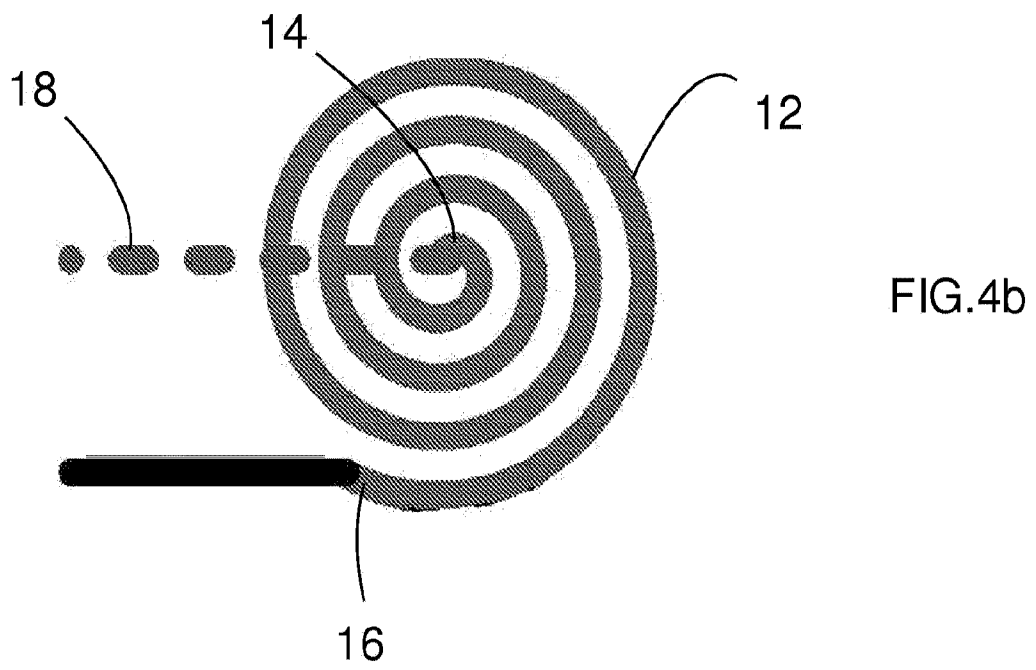
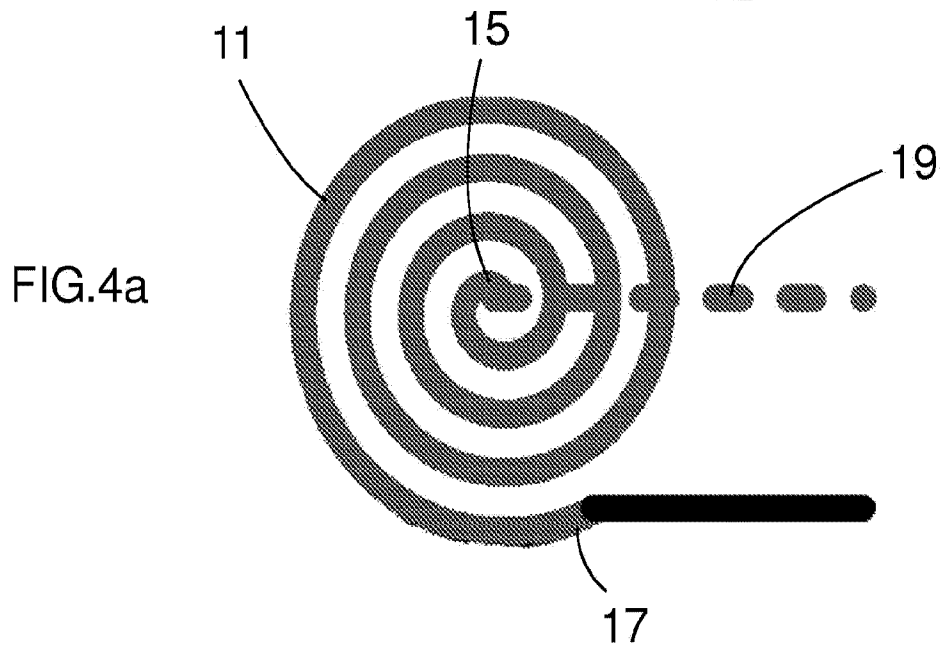
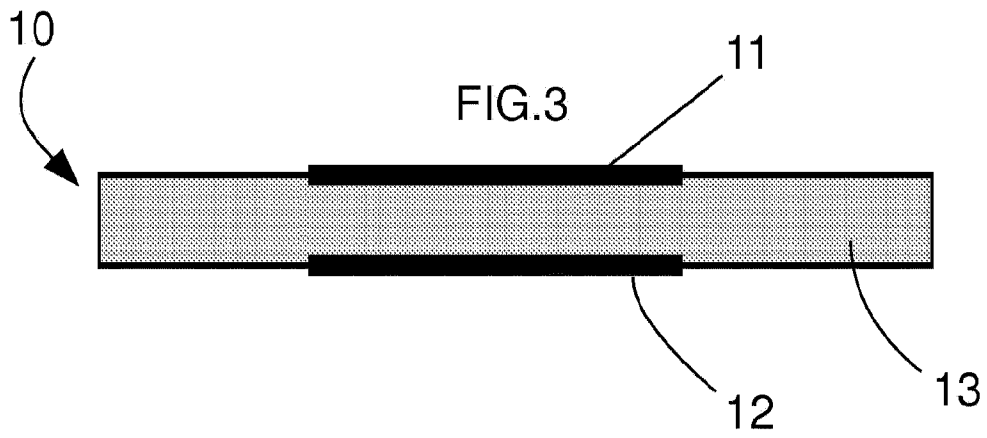


FIG.5

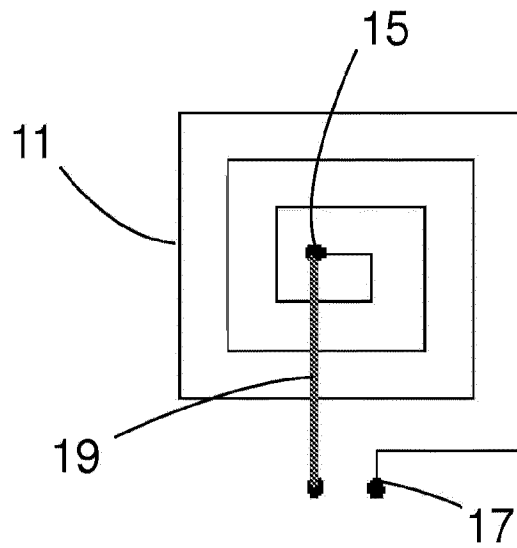


FIG.6

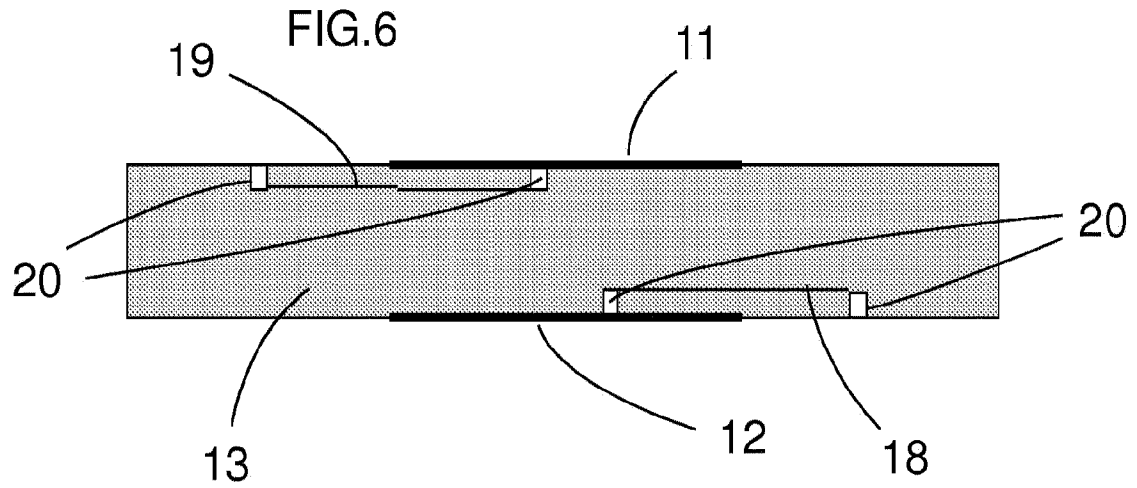


FIG.7

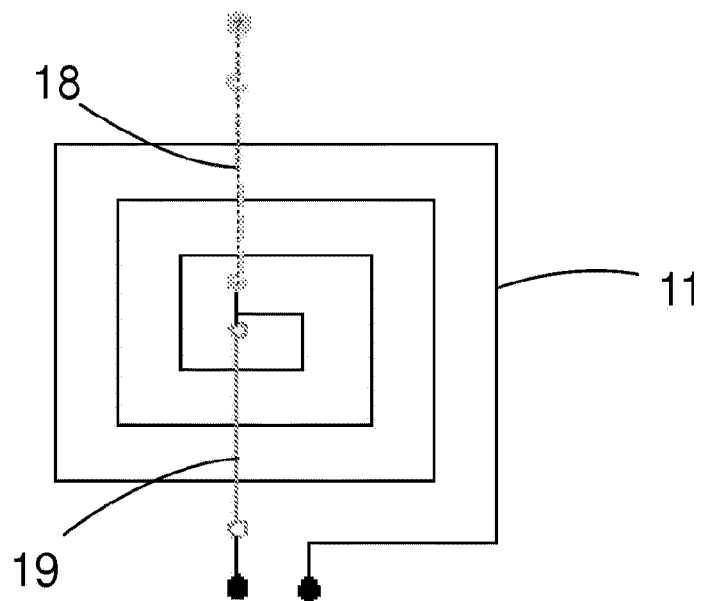
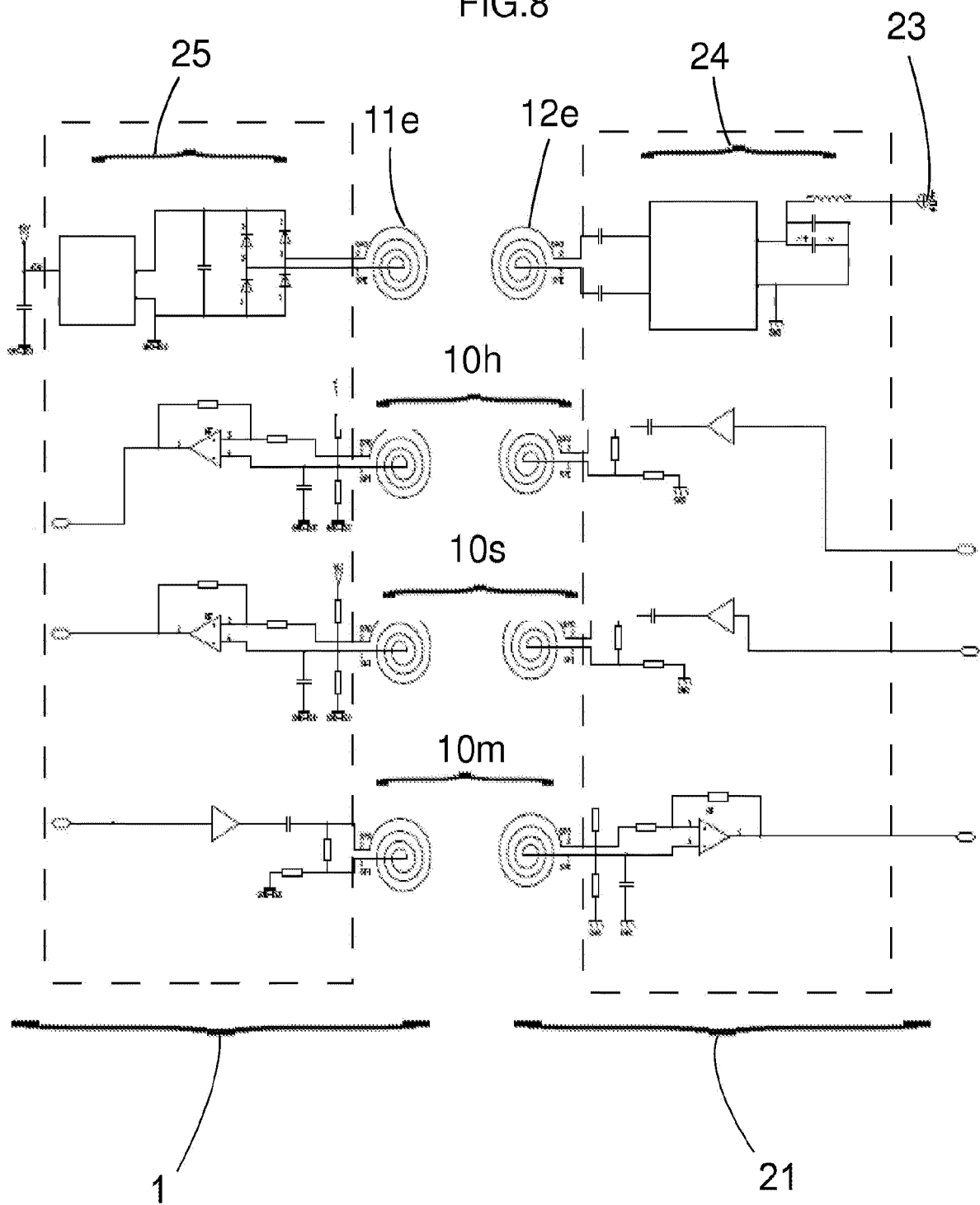


FIG.8



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

- US 2008278275 A1 [0005]