

(19)



(11)

EP 2 936 508 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

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

01.07.2020 Bulletin 2020/27

(51) Int Cl.:

H01F 3/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13824614.5**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2013/053238

(22) Date de dépôt: **20.12.2013**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2014/096743 (26.06.2014 Gazette 2014/26)

(54) **CIRCUIT MAGNETIQUE POUR PORTER AU MOINS UNE BOBINE**

MAGNETISCHE SCHALTUNG ZUM TRAGEN VON MINDESTENS EINER SPULE

MAGNETIC CIRCUIT FOR CARRYING AT LEAST ONE COIL

(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

(72) Inventeur: **DEMERSSEMAN, Richard**

F-94600 Choisy Le Roi (FR)

(30) Priorité: **21.12.2012 FR 1262532**

(74) Mandataire: **Argyma**

**14 Boulevard de Strasbourg
31000 Toulouse (FR)**

(43) Date de publication de la demande:

28.10.2015 Bulletin 2015/44

(56) Documents cités:

**WO-A1-2005/055256 GB-A- 2 442 090
US-A1- 2002 039 062 US-A1- 2010 134 044**

(73) Titulaire: **Valeo Siemens eAutomotive France SAS
95800 Cergy (FR)**

EP 2 936 508 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

[0001] La présente invention concerne un circuit magnétique pour porter au moins une bobine. L'ensemble formé par le circuit magnétique et la bobine peut notamment, mais non exclusivement, appartenir à un convertisseur statique d'énergie électrique, tel qu'un convertisseur de tension continu/continu, y réalisant la fonction d'inductance.

[0002] On a représenté à la figure 1 un exemple d'ensemble 100 connu. Cet ensemble 100 comprend un circuit magnétique 101 comprenant quatre éléments magnétiques 102 en forme de U. Ces quatre éléments 102 définissent : une jambe intérieure 103, deux jambes extérieures 104 disposées de part et d'autre de la jambe intérieure 103 et deux parties de liaison 105 et 106.

[0003] Comme on peut le voir sur la figure 1, la jambe intérieure 103 et les jambes extérieures 104 comprennent chacune un élément amagnétique 108 disposé entre deux éléments magnétiques 102 de manière à former un entrefer. Chaque élément amagnétique 108 est par exemple une cale en résine.

[0004] Une bobine électriquement conductrice 110 est enroulée autour de la jambe intérieure 103, cette bobine 110 étant isolée électriquement de cette jambe 103 grâce à un support isolant 111. La bobine 110 est par exemple obtenue par l'enroulement d'une bande électriquement conductrice revêtue d'un isolant sur l'une de ses faces.

[0005] L'ensemble 100 est reçu dans un boîtier entourant extérieurement tout ou partie des jambes extérieures 104 et des parties de liaison 105 et 106. Un tel boîtier, mis en œuvre conjointement avec une résine qui l'isole électriquement de la bobine 110, peut permettre d'assurer le refroidissement de l'ensemble 100 ou sa protection vis-à-vis des agressions de l'environnement extérieur, par exemple vis-à-vis de l'humidité, la poussière, etc.

[0006] Lors d'une utilisation dans un convertisseur statique d'énergie électrique, l'ensemble 100 est typiquement traversé par un courant alternatif. Ce dernier est source d'un flux magnétique alternatif dans le circuit magnétique 101. Ce flux connaît un « élargissement » hors des entrefers des jambes extérieures 104 et de la jambe intérieure 103, alors qu'il reste bien « confiné » à l'intérieur des éléments magnétiques 102.

[0007] Cet élargissement du flux hors des entrefers des jambes extérieures 104, combiné au fait que l'ensemble 100 est reçu dans un boîtier adjacent à chaque jambe extérieure, peut poser problème. En effet, le flux ainsi élargi peut traverser certaines parties du boîtier et, en raison de son caractère alternatif et du caractère conducteur du matériau du boîtier, y induire des courants de Foucault, ces derniers provoquant des pertes Joules, d'où une perte d'énergie par un échauffement non souhaité du boîtier.

[0008] Indépendamment de la présence du boîtier, l'élargissement hors des entrefers des jambes extérieures 104 et de la jambe intérieure 103 du flux magnétique conduit ce flux à traverser certaines régions de la bobine

110. En raison des échauffements dûs aux courants de Foucault, le vieillissement de l'isolant entre spires dans ces régions pourra être plus rapide que dans le reste de la bobine 110, conduisant à une dégradation de la durée de vie de l'ensemble 100.

[0009] Il existe un besoin pour bénéficier d'un circuit magnétique pour porter au moins une bobine, remédiant aux inconvénients ci-dessus, notamment de manière à pouvoir être utilisé industriellement en tant qu'inductance, en particulier pour de la conversion statique d'énergie électrique dans un véhicule automobile hybride ou électrique.

[0010] L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, à l'aide d'un circuit magnétique tel que défini dans la revendication 1, le circuit comprenant :

- au moins une jambe intérieure et au moins deux jambes extérieures, et
- une partie de liaison servant à guider le flux magnétique de la jambe intérieure vers chaque jambe extérieure,

chaque jambe extérieure étant dépourvue d'entrefer et la jambe intérieure étant au moins en partie réalisée dans un ou plusieurs matériaux présentant une perméabilité magnétique relative inférieure à celle du ou des matériaux formant les jambes extérieures.

[0011] Du fait de l'absence d'entrefer dans les jambes extérieures, on réduit les risques d'élargissement hors desdites jambes vers le boîtier et/ou vers la ou les bobines portées par le circuit magnétique du flux magnétique circulant dans les jambes extérieures. On réduit ainsi le risque d'apparition de courants de Foucault dans le boîtier ou dans la ou les bobines et, de cette façon, d'échauffement tel que mentionné ci-dessus.

[0012] La réalisation de la jambe intérieure selon l'invention permet en outre de mieux canaliser le flux magnétique à l'intérieur de cette dernière au niveau de ladite portion, ou partie, dont la perméabilité magnétique est réduite, permettant de réduire l'élargissement du flux magnétique hors de ladite jambe intérieure vers la ou les bobines portées par le circuit et ainsi de réduire le risque d'échauffement par courants de Foucault.

[0013] Ladite portion forme alors un entrefer au niveau de la jambe intérieure.

[0014] Au sens de la présente demande « jambe intérieure » se rapporte à la partie du circuit magnétique dont un côté est en regard d'une jambe extérieure et dont l'autre côté est en regard d'une autre jambe, et « jambe extérieure » se rapporte à la partie du circuit magnétique ayant un côté en regard de la jambe intérieure et dont l'autre côté opposé définit une surface extérieure de l'ensemble. Les côtés en regard d'une jambe intérieure et d'une jambe extérieure sont séparés par un espace apte à être occupé par partie d'une ou plusieurs bobines.

[0015] Ladite portion de la jambe intérieure peut ne former qu'une fraction de la jambe intérieure ou, en va-

riante, la totalité de la jambe intérieure.

[0016] Ladite portion de la jambe intérieure peut être formée par un seul matériau ou par plusieurs tronçons, chaque tronçon étant alors dans un matériau donné. Lorsque plusieurs matériaux sont utilisés pour former ladite portion de la jambe intérieure, la perméabilité magnétique relative de chacun de ces matériaux peut être inférieure à celle du ou des matériaux formant les jambes extérieures.

[0017] Chaque jambe extérieure peut être réalisée d'un seul tenant en un même matériau d'une jambe extérieure à l'autre et la perméabilité magnétique relative du matériau de ladite portion de la jambe intérieure peut être inférieure à la perméabilité magnétique relative du matériau des jambes extérieures.

[0018] Le rapport entre la perméabilité magnétique relative du matériau de ladite portion de la jambe intérieure et la perméabilité magnétique relative du matériau des jambes extérieures peut être compris entre 0, 1 et 0,01, voire être compris entre 0,1 et 0,001. On peut ainsi s'assurer que le champ magnétique est suffisamment canalisé dans la jambe intérieure du circuit magnétique. A titre d'exemple, la perméabilité magnétique relative du ou des matériau(x) formant ladite portion de la jambe intérieure peut être comprise entre 6 et 20 et la perméabilité magnétique relative du ou des matériau(x) formant les jambes extérieures peut être d'au moins 600.

[0019] Lorsque l'on emploie un matériau différent d'une jambe extérieure à l'autre ou lorsque chaque jambe extérieure comprend des sections en différents matériaux, la perméabilité magnétique relative du matériau de ladite portion de la jambe intérieure peut être inférieure à la valeur minimale de la perméabilité magnétique relative des matériaux utilisés pour les jambes extérieures. La plage de valeurs mentionnée ci-dessus pour le rapport de perméabilité magnétique relative, à savoir [0,01 ; 0,1] ou [0,001 ; 0,1], peut alors s'appliquer entre la valeur de perméabilité magnétique relative de ladite portion de la jambe intérieure et la valeur minimale de perméabilité magnétique relative pour les jambes extérieures.

[0020] Le matériau de ladite portion de la jambe intérieure peut être une poudre magnétique. Cette dernière peut avoir été préalablement moulée puis compactée pour former ladite portion.

[0021] La poudre magnétique peut avoir une perméabilité magnétique relative comprise entre quelques unités et quelques centaines, entre 6 et 100 par exemple.

[0022] La partie de liaison peut comprendre au moins une portion réalisée dans le ou les mêmes matériaux que ladite portion de la jambe intérieure. Cette portion de la partie de liaison peut être adjacente ou non à la jonction entre la jambe intérieure et la partie de liaison. Le reste de la partie de liaison peut ou non être réalisé dans le même matériau que les jambes extérieures.

[0023] En variante, la totalité d'une partie de liaison est réalisée dans le ou les mêmes matériaux que ceux utilisés pour réaliser les jambes extérieures, de sorte que la zone du circuit magnétique dont la perméabilité magné-

tique relative est réduite est exclusivement localisée dans la jambe intérieure.

[0024] Chacune de la jambe intérieure et des jambes extérieures peut s'étendre parallèlement à un même axe longitudinal entre une première et une deuxième extrémité et la partie de liaison peut comprendre une première partie reliant les premières extrémités entre elles et une deuxième partie reliant les deuxièmes extrémités entre elles. Cet axe longitudinal constitue alors l'axe longitudinal du circuit magnétique.

[0025] Dans ce qui suit, une section transversale est une section perpendiculaire à l'axe longitudinal.

[0026] Lorsque la jambe intérieure a une forme de barre rectiligne, le rapport entre la longueur de ladite jambe et la longueur de ladite portion peut être compris entre 0,1 et 1, étant par exemple égal à 1.

[0027] Dans un exemple particulier, chaque extrémité de la jambe intérieure peut présenter une section transversale variant le long de l'axe longitudinal. La section transversale des extrémités peut ainsi décroître au fur et à mesure que l'on se rapproche de la partie de liaison correspondante. Chaque extrémité de la jambe intérieure peut comprendre plusieurs sections transversales successives étant des images homothétiques avec un rapport inférieur à un d'une section à l'autre, lorsque l'on se rapproche de la partie de liaison correspondante. En variante, l'une au moins des sections transversales de la première ou de la deuxième extrémité de la jambe intérieure peut avoir une forme différente de la forme des autres sections transversales de ladite extrémité.

[0028] Selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, chaque jambe extérieure peut être formée à l'aide d'un ruban magnétique enroulé autour d'un axe. Selon cet exemple de mise en œuvre de l'invention, ledit axe d'enroulement peut être perpendiculaire à l'axe longitudinal du circuit magnétique et ne pas couper simultanément la jambe intérieure et l'une ou l'autre des jambes extérieures. Selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, chaque jambe extérieure peut être formée par un empilage de tôles magnétiques. Selon cet autre exemple de mise en œuvre de l'invention, lesdites tôles peuvent être empilées selon un axe d'empilement perpendiculaire à l'axe longitudinal et ne coupant pas simultanément la jambe intérieure et l'une ou l'autre des jambes extérieures.

[0029] Selon cet autre exemple de mise en œuvre de l'invention, le circuit magnétique peut avoir une forme très proche de celle d'un parallélépipède, voire avoir exactement une forme parallélépipédique. Ainsi, lorsque pour une application donnée une association de circuits magnétiques portant chacun une ou plusieurs bobines est requise, cette association pourra être agencée sous la forme d'un bloc compact d'une ou plusieurs rangées de circuits magnétiques, la forme parallélépipédique de ces derniers permettant de réduire le volume « non utile » correspondant aux interstices entre circuits magnétiques, notamment jusqu'au « strict minimum » imposé par les contraintes d'isolation électrique et de dis-

sipation thermique.

[0030] Une telle association de circuits magnétiques parallélépipédiques peut également se révéler avantageuse dans le cas où un boîtier métallique est requis, pour les raisons par exemple mentionnées précédemment, ie de refroidissement et de protection. Un unique boîtier métallique pourra être utilisé dont les parties entourant les circuits magnétiques pourront occuper les interstices mentionnés ci-dessus conjointement avec la résine isolante électriquement.

[0031] Selon cet autre exemple de mise en œuvre de l'invention, chaque jambe extérieure peut être formée par une pièce spécifique, tout comme la première et la deuxième partie de liaison.

[0032] En variante, la partie de liaison peut être formée par trois pièces distinctes, une première pièce étant au contact d'une extrémité de la jambe intérieure et étant disposée entre une deuxième pièce et une troisième pièce. La deuxième pièce et la troisième pièce peuvent présenter une partie allongée et deux retours séparés par la partie allongée, et notamment perpendiculaires à cette partie allongée. La partie allongée peut définir la totalité d'une jambe extérieure, un retour peut définir la fraction de la première partie de liaison adjacente à ladite jambe extérieure, et l'autre retour peut définir la fraction de la deuxième partie de liaison adjacente à ladite jambe extérieure.

[0033] Le circuit magnétique peut former une coque (« shell » en anglais).

[0034] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un ensemble tel que défini dans la revendication 11, comprenant:

- un circuit magnétique tel que défini ci-dessus, et
- au moins une bobine électriquement conductrice portée par le circuit magnétique.

[0035] L'ensemble peut former une ou plusieurs inductances, comme expliqué ci-après.

[0036] La bobine peut être formée par l'enroulement d'un fil électriquement conducteur.

[0037] En variante, la bobine peut être formée par un ruban métallique isolé électriquement sur l'une de ses deux faces (« foil » en anglais).

[0038] La bobine peut être enroulée autour d'une zone de la jambe intérieure. Ladite zone peut coïncider ou non avec ladite portion de la jambe intérieure. La bobine est par exemple enroulée autour de moins de la longueur de la jambe intérieure.

[0039] La ou les bobines peuvent ne pas être encapsulées dans le circuit magnétique, c'est-à-dire qu'une ou plusieurs portions de la ou les bobines peuvent ne pas être recouvertes par le circuit magnétique, celui-ci ne faisant alors pas écran entre lesdites portions de la ou les bobines et l'extérieur de l'ensemble.

[0040] La bobine peut être unique, auquel cas une seule inductance est formée par l'ensemble.

[0041] En variante, le circuit magnétique peut porter

plusieurs bobines, auquel cas l'ensemble peut former plusieurs inductances. Ces dernières peuvent alors être couplées.

[0042] Lorsque le circuit magnétique porte plusieurs bobines, ces dernières peuvent être enroulées autour d'une des zones suivantes du circuit magnétique: une zone d'une des jambes extérieures ou une zone d'une partie de liaison.

[0043] L'ensemble comprend par exemple quatre bobines et chacune d'entre elles peut être enroulée autour d'une zone de la partie de liaison. Une des bobines est par exemple enroulée autour d'une zone de la première partie de liaison entre la première extrémité de la jambe intérieure et la première jambe extérieure, une autre bobine est par exemple enroulée autour d'une zone de la première partie de liaison entre la première extrémité de la jambe intérieure et la deuxième jambe extérieure, une autre bobine est par exemple enroulée autour d'une zone de la deuxième partie de liaison entre la deuxième extrémité de la jambe intérieure et la première jambe extérieure et la dernière bobine est par exemple enroulée autour d'une zone de la deuxième partie de liaison entre la deuxième extrémité de la jambe intérieure et la deuxième jambe extérieure.

[0044] Lorsque quatre bobines sont portées par le circuit magnétique, deux de ces bobines peuvent être électriquement connectées entre elles. Dans l'exemple à quatre bobines ci-dessus, les bobines disposées à proximité d'une même jambe extérieure peuvent être électriquement connectées entre elles, de manière à ce que l'ensemble forme deux inductances couplées.

[0045] Dans une variante selon laquelle le circuit magnétique comprend deux jambes intérieures, six bobines peuvent être portées par le circuit magnétique et une première inductance est formée par trois bobines électriquement connectées en série et une deuxième inductance est formée par les trois autres bobines électriquement connectées en série.

[0046] Dans une autre variante selon laquelle le circuit magnétique comprend deux jambes intérieures, six bobines peuvent être portées par le circuit magnétique et trois inductances peuvent être formées en connectant électriquement en série les bobines deux par deux.

[0047] L'inductance d'une bobine peut être comprise entre 100 et 500 μ F, étant par exemple de l'ordre de 450 μ F.

[0048] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un convertisseur statique d'énergie électrique, comprenant au moins un ensemble tel que défini ci-dessus.

[0049] Le convertisseur peut être un convertisseur de tension. Il s'agit par exemple d'un convertisseur de tension continu/continu, permettant par exemple l'élévation d'une tension de 300 V à une valeur de 800 V. La fréquence de découpage de ce convertisseur peut être supérieure à 1 kHz, étant par exemple comprise entre 1 et 100 kHz, étant notamment de l'ordre de 20 kHz.

[0050] Ce convertisseur de tension continu/continu fait

par exemple partie d'un circuit électrique servant à l'échange d'énergie électrique entre une unité de stockage d'énergie électrique et un moteur électrique de véhicule hybride ou électrique, et embarqué sur le véhicule. En variante, ce convertisseur de tension continu/continu peut faire partie d'un circuit électrique servant à l'échange d'énergie électrique entre un réseau électrique externe au véhicule et une unité de stockage d'énergie électrique, et embarqué sur le véhicule.

[0051] En variante encore, le convertisseur de tension continu/continu fait partie d'un circuit électrique embarqué sur un véhicule hybride ou électrique et servant à la fois à l'échange d'énergie électrique entre une unité de stockage d'énergie électrique et un moteur électrique et à l'échange d'énergie électrique entre un réseau électrique externe au véhicule et l'unité de stockage d'énergie électrique.

[0052] En variante encore, l'ensemble ci-dessus peut être associé à un onduleur.

[0053] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un exemple non limitatif de mise en œuvre de celle-ci et à l'examen du dessin annexé sur lequel :

- la figure 1 a déjà été décrite,
- la figure 2 représente de façon schématique et sans respect des proportions un exemple d'ensemble selon l'invention selon une représentation similaire à celle de la figure 1,
- les figures 3 à 7 représentent un ensemble selon un premier exemple de mise en œuvre de l'invention, la figure 3 représentant l'ensemble de face, la figure 4 un détail de la bobine de l'ensemble de la figure 3, la figure 5 étant une vue de l'ensemble de la figure observé depuis V, la figure 6 étant une vue d'une partie de la jambe extérieure de l'ensemble de la figure 3, et la figure 7 est une vue en coupe selon A-A de l'ensemble de la figure 3,
- les figures 8 à 12 représentent un ensemble selon un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, la figure 8 représentant l'ensemble de face, la figure 9 un détail de la bobine de l'ensemble de la figure 8, la figure 10 étant une vue de l'ensemble de la figure 8 observé depuis X, la figure 11 étant une vue d'une partie de la jambe extérieure de l'ensemble de la figure 8, et la figure 12 est une vue en coupe selon A-A de l'ensemble de la figure 8,
- les figures 13 à 17 représentent des variantes de l'ensemble représenté sur la figure 8, et
- les figures 18 à 20 représentent un ensemble selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention.

[0054] On a représenté sur la figure 2 de façon très schématique et sans respect de l'échelle un exemple d'ensemble 1 selon l'invention, à des fins de comparaison avec celui représenté sur la figure 1.

[0055] L'ensemble 1 comprend un circuit magnétique 2 et une seule bobine 3 dans l'exemple décrit. Comme

on peut le voir, le circuit magnétique 2 comprend deux jambes extérieures 4 et une jambe intérieure 6 disposée entre les deux jambes extérieures 4. Une partie de liaison 7 guide le flux magnétique de la jambe intérieure 6 vers chaque jambe extérieure 4. Comme représenté sur cette figure 2, chaque jambe extérieure 4 est ici réalisée d'un seul tenant, étant dépourvue d'entrefer.

[0056] Comme on peut le voir sur la figure 2, chaque jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6 peuvent s'étendre parallèlement à un même axe longitudinal rectiligne X, entre deux extrémités 10 et 11 pour les jambes extérieures 4, et 12 et 13 pour la jambe intérieure 6.

[0057] La partie de liaison 7 peut alors comprendre une première partie de liaison 14 reliant entre elles les premières extrémités 10 et 12 et une deuxième partie de liaison 15 reliant entre elles les deuxièmes extrémités 11 et 13. Dans l'exemple considéré, les première 14 et deuxième 15 parties de liaison s'étendent transversalement par rapport à l'axe X, notamment perpendiculairement à cet axe X.

[0058] La jambe intérieure 6 comprend une portion 16 réalisée dans un matériau différent de celui utilisé pour réaliser le reste du circuit magnétique 2 représentée sur la figure 2.

[0059] La portion 16 est par exemple réalisée dans une poudre magnétique. La poudre peut avoir été préalablement moulée puis compactée pour réaliser cette portion 16. On utilise par exemple comme poudre celle commercialisée par la société Magnetics® sous la référence « XFlux 60 μ ». La poudre magnétique peut avoir une perméabilité magnétique relative comprise entre quelques unités et quelques centaines, par exemple entre 6 et 100. Le reste du circuit magnétique 2 est réalisé en tôle magnétique, par exemple commercialisée par la société JFE® sous la référence « 10JNHF600 ». Un rapport compris entre 0,1 et 0,01 existe par exemple entre la perméabilité magnétique relative de la portion 16 et celle du matériau utilisé pour réaliser les jambes extérieures 4 et la partie de liaison 7 du circuit magnétique 2 de la figure 2.

[0060] La bobine 3 est unique dans l'exemple de la figure 2 et elle est enroulée autour de la jambe intérieure 6. La bobine 3 est dans cet exemple de type « foil », c'est-à-dire qu'elle est formée par un ruban 18 dont l'une des faces est revêtue par une couche isolante 19. Le ruban 18 est par exemple en cuivre ou en aluminium.

[0061] L'ensemble 1 est disposé dans un boîtier non représenté, servant à la fois à refroidir l'ensemble 1 et à protéger ce dernier vis-à-vis des agressions de l'environnement extérieur.

[0062] Comme on peut le voir sur la figure 2 de façon très schématique, du fait de l'absence d'entrefer dans les jambes extérieures 4 et de la présence de la portion 16 dans la jambe intérieure 6, le flux magnétique reste bien confiné dans les jambes extérieures 4, l'élargissement de flux magnétique en dehors de ces dernières étant réduit de façon importante.

[0063] On va maintenant décrire en référence aux figures 3 à 7 un ensemble 1 selon un premier exemple de

mise en œuvre de l'invention.

[0064] Cet ensemble 1, vu de face sur la figure 3, comprend une unique bobine 3 enroulée autour de la jambe intérieure 6. Dans cet exemple, la bobine 3 est formée par un ruban électriquement conducteur 20 revêtu d'un isolant électrique 22, comme on peut le voir sur la figure 4 qui représente en détail une partie de la bobine 3 de l'ensemble de la figure 3. Comme représenté sur la figure 3, la bobine 3 n'est dans cet exemple pas encapsulée dans le circuit magnétique 2.

[0065] Toujours dans l'exemple de la figure 3, la portion 16 définit la totalité de la jambe intérieure 6, c'est-à-dire que la jambe intérieure 6 est intégralement formée par la portion 16.

[0066] On constate également sur la figure 3 que les extrémités 12 et 13 de la jambe intérieure 6 sont libres, n'étant pas recouvertes par la bobine 3.

[0067] Selon ce premier exemple de mise en œuvre de l'invention, le reste du circuit magnétique 2 est obtenu à l'aide de deux rubans magnétiques doux 22. Une fois mis en forme, ces deux rubans ont une forme en C, l'un des rubans formant une jambe extérieure 4 et présentant :

- un retour s'étendant transversalement à ladite jambe extérieure pour former la fraction de la première partie de liaison 14 disposée entre ladite jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6, et
- un retour s'étendant transversalement à ladite jambe extérieure 4 pour former la fraction de la deuxième partie de liaison 15 disposée entre ladite jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6.

[0068] L'autre ruban forme l'autre jambe extérieure 4 et présente également :

- un retour s'étendant transversalement à ladite jambe extérieure 4 pour former la fraction de la première partie de liaison 14 disposée entre ladite autre jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6, et
- un retour s'étendant transversalement à ladite jambe extérieure 4 pour former la fraction de la deuxième partie de liaison 15 disposée entre ladite autre jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6

[0069] Chaque jambe extérieure 4 ainsi que la fraction de la première partie de liaison 14 et la fraction de la deuxième partie de liaison 15 disposée entre ladite jambe extérieure 4 et la jambe intérieure 6 est obtenue par enroulement d'un ruban magnétique doux 22 autour d'un axe Z situé dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X et ne coupant pas à la fois la jambe intérieure 6 et l'une ou l'autre des jambes extérieures 4.

[0070] Comme on peut le voir sur la figure 5, qui est une vue de côté selon V de l'ensemble 1 de la figure 3, chaque jambe extérieure 4 s'étend au-delà de la bobine 3 par ses première 10 et deuxième 11 extrémités. En revanche, la bobine 3 peut s'étendre au-delà des jambes

extérieures 4 de chaque côté de celles-ci de part et d'autre de l'axe longitudinal X, comme représenté sur la figure 5.

[0071] La figure 6 représente un détail de la figure 3 montrant la constitution des jambes extérieures 4 et des parties de liaison 14 et 15 selon ce premier exemple de mise en œuvre de l'invention, ces dernières étant constituées par des couches de matériau magnétique 23 alternant avec des couches amagnétiques 24.

[0072] On va maintenant décrire en référence aux figures 8 à 12 un ensemble 1 selon un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention.

[0073] Ce deuxième exemple de mise en œuvre diffère de celui qui vient d'être décrit en référence aux figures 3 à 7 par la configuration des jambes extérieures 4 et des parties de liaison 14 et 15.

[0074] Les jambes extérieures 4 et les première 14 et deuxième 15 parties de liaison sont ici obtenues en empilant des tôles magnétiques, selon une direction perpendiculaire à l'axe X et ne coupant pas à la fois la jambe intérieure 6 et l'une ou l'autre des jambes extérieures 4, cette direction étant l'axe Z sur la figure 8.

[0075] Les jambes extérieures 4 et les première 14 et deuxième 15 parties de liaison sont alors formées par des couches de matériau magnétique 23 alternant avec des couches d'isolant magnétique 24.

[0076] L'ensemble 1 a selon ce deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, une forme globalement parallépipédique.

[0077] On va maintenant décrire, en référence aux figures 13 à 17, différentes variantes selon le deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention.

[0078] Sur les figures 13 et 14, chaque extrémité 12 et 13 de la jambe intérieure 6 comporte des sections transversales successives décroissantes lorsque l'on se rapproche de la partie de liaison 14 ou 15 correspondante.

[0079] Dans l'exemple de la figure 13, la première partie de liaison 14 comprend trois tronçons :

- un premier tronçon 30 en regard de la première extrémité 12 de la jambe intérieure 6,
- un deuxième tronçon 31 formant une extrémité de la première partie de liaison 14 et appartenant à une pièce formant également une jambe extérieure 4 et une extrémité de la deuxième partie de liaison 15, et
- un troisième tronçon 32 formant l'autre extrémité de la première partie de liaison 14 et appartenant à une pièce formant également l'autre jambe extérieure 4 et l'autre extrémité de la deuxième partie de liaison 15,

le premier tronçon 30 étant disposé entre les tronçons 31 et 32.

[0080] Dans l'exemple de la figure 14, la première partie de liaison 14 comprend également trois tronçons 30 à 32 mais ces derniers sont droits, ayant des formes de barres dépourvues de retour.

[0081] Comme représenté sur les figures 15 à 17, les première 14 et deuxième 15 parties de liaison peuvent présenter des portions 40 en regard des extrémités 12 et 13 de la jambe intérieure 6 réalisées en un matériau différent de celui utilisé pour former le reste desdites parties 14 ou 15. Lorsque de la poudre magnétique est utilisée pour former la jambe intérieure 6, ces portions 40 peuvent être réalisées en poudre également, notamment avec la même poudre. Une continuité peut ainsi exister entre la portion 16 de la jambe intérieure 6 et les portions 40 des parties de liaison 14 et 15.

[0082] Les portions 40 peuvent s'étendre le long de l'axe X, d'un bord à l'autre ou non de chaque partie de liaison 14 ou 15.

[0083] Dans l'exemple de la figure 15, chaque extrémité 12 ou 13 de la jambe intérieure 6 présente une section transversale variant au fur et à mesure que l'on se rapproche de la partie de liaison 14 ou 15 adjacente. La section transversale peut varier par palier décroissants lorsque l'on se rapproche de la partie de liaison correspondante, formant une marche d'escalier visible sur la figure 15. La portion 40 de chaque partie de liaison 14 ou 15 a dans cet exemple une section transversale constante, cette dernière étant égale à la section transversale finale de l'extrémité 12 ou 13 de la jambe intérieure 6.

[0084] Dans l'exemple de la figure 16, contrairement à celui de la figure 15, la portion 40 a une section transversale qui décroît continûment jusqu'à s'annuler, ayant une forme pyramidale lorsqu'elle est vue perpendiculairement à l'axe X.

[0085] Dans l'exemple de la figure 17, la portion 40 comprend successivement, lorsque l'on s'éloigne de la jambe intérieure 6, un premier tronçon 41 dont la section transversale est la même que celle de l'extrémité 12 ou 13 de la jambe intérieure 6 et un deuxième tronçon 42 dont la section transversale est une image homothétique avec un rapport inférieur à un de celle du tronçon 41.

[0086] Dans d'autres variantes non représentés, les première 14 et deuxième 15 parties de liaison sont dépourvues de portion 40 et l'extrémité 12 ou 13 de la jambe intérieure 6 est réalisée dans le même matériau que les jambes extérieures 4 et que les parties de liaison 14 et 15.

[0087] Dans les exemples qui viennent d'être décrits, une seule bobine 3 est portée par le circuit magnétique 2 et cette bobine est enroulée autour de tout ou partie de la longueur de la jambe intérieure 6.

[0088] L'invention n'est cependant pas limitée à ces exemples, comme on va le voir à présent.

[0089] Les figures 18 et 19 illustrent un autre exemple d'ensemble 1. Sur ces figures, quatre bobines 3 sont portées par le circuit magnétique 2. Aucune de ces bobines 3 n'est enroulée autour de la jambe intérieure 6.

[0090] Sur la figure 18, une des bobines 3₁ est enroulée autour d'une zone 50 de la première partie de liaison 14 entre la première extrémité 12 de la jambe intérieure 6 et une des jambes extérieures 4, une autre bobine 3₂ est enroulée autour d'une zone 51 de la première partie de liaison 7 entre la première extrémité 12 de la jambe

intérieure 6 et l'autre jambe extérieure 4, une autre bobine 3₃ est enroulée autour d'une zone 53 de la deuxième partie de liaison 15 entre la deuxième extrémité 13 de la jambe intérieure 6 et la jambe extérieure 4 adjacente à la bobine 3₁ et la dernière bobine 3₄ est enroulée autour d'une zone 53 de la deuxième partie de liaison 15 entre la deuxième extrémité 13 de la jambe intérieure 6 et ladite autre jambe extérieure 4.

[0091] Comme représenté sur la figure 19, les bobines 3₁ et 3₃ sont électriquement connectées entre elles, de manière à ne former qu'une seule inductance et les bobines 3₂ et 3₄ sont également électriquement connectées entre elles.

[0092] L'ensemble 1 selon les figures 18 et 19 forme alors deux inductances. L'ensemble 1 peut être tel que décrit en référence aux figures 14 à 16 de la demande déposée au nom de la Demanderesse auprès de l'Office européen des brevets sous le numéro EP 11 188922.6. Le contenu de cette demande est incorporé à la présente demande par référence, au moins en ce qui concerne les figures 14 à 16 de cette demande.

[0093] Dans une autre variante représentée sur la figure 20, six bobines 3₁ à 3₆ peuvent être portées par le circuit magnétique 2 qui comprend alors deux jambes intérieures 6. Parmi ces six bobines, trois sont électriquement connectées en série de manière à former une inductance, tout comme les trois bobines restantes qui forment une autre inductance. Trois bobines 3₁ à 3₃ sont par exemple portées par la première partie de liaison 14 et électriquement connectées en série tandis que les trois autres bobines 3₄ à 3₆ sont portées par la deuxième partie de liaison 15 et électriquement connectées en série.

[0094] Dans encore une autre variante similaire à celle représentée sur la figure 20, trois inductances sont formées en connectant en série les bobines 3₁ à 3₆ deux par deux.

[0095] L'ensemble 1 qui vient d'être décrit peut présenter, lorsque le circuit magnétique 2 ne porte qu'une seule bobine, une inductance d'environ 450 µH. Cette inductance peut être intégrée à un convertisseur de tension continu/continu travaillant à une fréquence de découpage de 20 kHz et avec un rapport cyclique de 0,66 pour convertir une tension de 300 V en une tension de 800 V, par exemple. Le convertisseur de tension fait par exemple partie d'un circuit onduleur/chargeur d'un véhicule électrique, par exemple tel que divulgué dans la demande WO 2010/057893.

[0096] L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

[0097] L'expression « comprenant un » doit être comprise comme synonyme de l'expression « comprenant au moins un », sauf lorsque le contraire est spécifié.

55 Revendications

1. Circuit magnétique (2) comprenant,

- au moins une jambe intérieure (6) destinée à porter au moins une bobine (3) et au moins deux jambes extérieures (4), et
- une partie de liaison (7) servant à guider le flux magnétique de la jambe intérieure (6) vers chaque jambe extérieure (4),

chaque jambe extérieure (4) étant dépourvue d'entrefer et la jambe intérieure (6) étant au moins en partie réalisée dans un ou plusieurs matériaux présentant une perméabilité magnétique relative inférieure à celle du ou des matériaux formant les jambes extérieures.

2. Circuit magnétique selon la revendication 1, chaque jambe extérieure (4) étant réalisée d'un seul tenant en un même matériau d'une jambe extérieure (4) à l'autre et la perméabilité magnétique relative du matériau d'une portion (16) de la jambe intérieure (6) étant inférieure à la perméabilité magnétique relative du matériau des jambes extérieures (4).
3. Circuit magnétique selon la revendication 2, le rapport entre la perméabilité magnétique relative du matériau de ladite portion (16) de la jambe intérieure (6) et la perméabilité magnétique relative du matériau des jambes extérieures (4) étant compris entre 0, 1 et 0,01.
4. Circuit magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, le matériau de ladite portion (16) de la jambe intérieure (6) étant une poudre magnétique.
5. Circuit magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, la partie de liaison (7) comprenant au moins une portion (40) réalisée dans le ou les mêmes matériaux que ladite portion (16) de la jambe intérieure (6).
6. Circuit magnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, chacune de la jambe intérieure (6) et des jambes extérieures (4) s'étendant parallèlement à un même axe longitudinal (X) entre une première (10, 12) et une deuxième (11, 13) extrémité et la partie de liaison (7) comprenant une première partie (14) reliant les premières extrémités (10, 11) entre elles et une deuxième partie (15) reliant les deuxièmes extrémités (11, 13) entre elles.
7. Circuit magnétique selon la revendication 6, chaque jambe extérieure (4) étant formée à l'aide d'un ruban magnétique (22) enroulé autour d'un axe (Z).
8. Circuit magnétique selon la revendication 7, ledit axe d'enroulement (Z) étant perpendiculaire à l'axe longitudinal (X) et ne coupant pas simultanément la jambe intérieure (6) et l'une ou l'autre des jambes extérieures (4).

rieures (4).

9. Circuit magnétique selon la revendication 6, chaque jambe extérieure (4) étant formée par un empilage de tôles magnétiques.
10. Circuit magnétique selon la revendication 9, lesdites tôles étant empilées selon un axe d'empilement (Z) perpendiculaire à l'axe longitudinal (X) et ne coupant pas simultanément la jambe intérieure (6) et l'une ou l'autre des jambes extérieures (4).
11. Ensemble (1) comprenant :
 - un circuit magnétique (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, et
 - au moins une bobine (3) électriquement conductrice portée par ladite au moins une jambe intérieure (6) du circuit magnétique (2).
12. Ensemble selon la revendication 11, la bobine (3) étant formée par l'enroulement d'un fil électriquement conducteur ou par un ruban métallique isolé électriquement sur l'une de ses deux faces.
13. Ensemble selon la revendication 10 ou 11, la bobine (3) étant enroulée autour d'une zone de la jambe intérieure (6).
14. Ensemble selon la revendication 10 ou 11, comprenant plusieurs bobines (3₁, 3₂, 3₃, 3₄) distinctes.
15. Ensemble selon la revendication 14, les bobines (3₁, 3₂, 3₃, 3₄) étant enroulées autour d'une des zones suivantes (50, 51, 52, 53) du circuit magnétique (2): une zone d'une des jambes extérieures (4) ou une zone de la partie de liaison (7).
16. Convertisseur statique d'énergie électrique, comprenant au moins un ensemble (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 15.

Patentansprüche

1. Magnetische Schaltung (2), umfassend:

- mindestens ein inneres Bein (6), das zum Tragen von mindestens einer Spule (3) bestimmt ist, und mindestens zwei äußere Beine (4), und
- einen Verbindungsteil (7), der zum Führen des Magnetflusses vom inneren Bein (6) zu jedem äußeren Bein (4) dient,

wobei jedes äußere Bein (4) von einem Spalt frei ist und das innere Bein (6) mindestens teilweise aus einem oder mehreren Materialien hergestellt ist, die eine relative magnetische Permeabilität aufweisen,

die niedriger als die des oder der Materialien ist, die die äußeren Beine bilden.

2. Magnetische Schaltung nach Anspruch 1, wobei jedes äußere Bein (4) zusammenhängend aus einem gleichen Material von einem äußeren Bein (4) zu dem anderen hergestellt ist und die relative magnetische Permeabilität des Materials eines Abschnitts (16) des inneren Beins (6) niedriger als die relative magnetische Permeabilität des Materials der äußeren Beine (4) ist.
3. Magnetische Schaltung nach Anspruch 2, wobei das Verhältnis zwischen der relativen magnetischen Permeabilität des Materials des Abschnitts (16) des inneren Beins (6) und der relativen magnetischen Permeabilität des Materials der äußeren Beine (4) zwischen 0,1 und 0,01 liegt.
4. Magnetische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Material des Abschnitts (16) des inneren Beins (6) ein magnetisches Pulver ist.
5. Magnetische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Verbindungsteil (7) mindestens einen Abschnitt (40) umfasst, der aus dem oder den gleichen Materialien wie der Abschnitt (16) des inneren Beins (6) hergestellt ist.
6. Magnetische Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich jedes von dem inneren Bein (6) und der äußeren Beine (4) parallel zu einer gleichen Längsachse (X) zwischen einem ersten (10, 12) und einem zweiten (11, 13) Ende und dem Verbindungsteil (7) erstreckt, umfassend einen ersten Teil (14), der die ersten Enden (10, 11) miteinander verbindet und einen zweiten Teil (15), der die zweiten Enden (11, 13) miteinander verbindet.
7. Magnetische Schaltung nach Anspruch 6, wobei jedes äußere Bein (4) mit Hilfe eines magnetischen Bandes (22) gebildet ist, das um eine Achse (Z) gewickelt ist.
8. Magnetische Schaltung nach Anspruch 7, wobei die Wickelachse (Z) senkrecht zu der Längsachse (X) ist und nicht gleichzeitig das innere Bein (6) und das eine oder das andere der äußeren Beine (4) schneidet.
9. Magnetische Schaltung nach Anspruch 6, wobei jedes äußere Bein (4) von einem Stapel magnetischer Bleche gebildet ist.
10. Magnetische Schaltung nach Anspruch 9, wobei die Bleche gemäß einer Stapelachse (Z) senkrecht zur Längsachse (X) gestapelt sind und nicht gleichzeitig das innere Bein (6) und das eine oder das andere

der äußeren Beine (4) schneiden.

11. Einheit (1), umfassend:

- eine magnetische Schaltung (2) nach einem der vorangehenden Ansprüche, und
- mindestens eine elektrisch leitende Spule (3), die von dem mindestens einen inneren Bein (6) der magnetischen Schaltung (2) getragen wird.

12. Einheit nach Anspruch 11, wobei die Spule (3) von der Wicklung eines elektrisch leitenden Drahts oder von einem metallischen Band gebildet ist, das auf der einen seiner zwei Flächen elektrisch isoliert ist.

13. Einheit nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Spule (3) um eine Zone des inneren Beins (6) gewickelt ist.

14. Einheit nach Anspruch 10 oder 11, umfassend mehrere unterschiedliche Spulen (3₁, 3₂, 3₃, 3₄).

15. Einheit nach Anspruch 14, wobei die Spulen (3₁, 3₂, 3₃, 3₄) um eine der folgenden Zonen (50, 51, 52, 53) der magnetischen Schaltung (2) gewickelt sind: eine Zone von einem der äußeren Beine (4) oder eine Zone des Verbindungsteils (7).

16. Statischer Wandler elektrischer Energie, umfassend mindestens eine Einheit (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 15.

Claims

1. A magnetic circuit (2) comprising,
 - at least one inner leg (6) configured to carry at least one coil (3) and at least two outer legs (4), and
 - a connecting part (7) serving to guide the magnetic flux from the inner leg (6) to each outer leg (4),
 each outer leg (4) having no non-magnetic gap and the inner leg (6) being at least partially made from one or more materials that have a relative magnetic permeability that is lower than that of the material or materials of which the outer legs are formed.
2. The magnetic circuit as claimed in claim 1, each outer leg (4) being made as a single piece in one and the same material from one outer leg (4) to the other and the relative magnetic permeability of the material of a portion (16) of the inner leg (6) being lower than the relative magnetic permeability of the material of the outer legs (4).
3. The magnetic circuit as claimed in claim 2, the ratio

- between the relative magnetic permeability of the material of said portion (16) of the inner leg (6) and the relative magnetic permeability of the material of the outer legs (4) being comprised between 0.1 and 0.01.
4. The magnetic circuit as claimed in any one of claims 1 to 3, the material of said portion (16) of the inner leg (6) being a magnetic powder.
5. The magnetic circuit as claimed in any one of claims 1 to 4, the connecting part (7) comprising at least one portion (40) made from the same material or materials as said portion (16) of the inner leg (6).
6. The magnetic circuit as claimed in any one of the preceding claims, each one of the inner leg (6) and outer legs (4) extending parallel to one and the same longitudinal axis (X) between a first end (10, 12) and a second end (11, 13), and the connecting part (7) comprising a first part (14) connecting the first ends (10, 11) together and a second part (15) connecting the second ends (11, 13) together.
7. The magnetic circuit as claimed in claim 6, each outer leg (4) being formed from a magnetic tape (22) wound about an axis (Z).
8. The magnetic circuit as claimed in claim 7, said axis of winding (Z) being perpendicular to the longitudinal axis (X) and not simultaneously intersecting the inner leg (6) and either one of the outer legs (4).
9. The magnetic circuit as claimed in claim 6, each outer leg (4) being formed of a stack of magnetic laminations.
10. The magnetic circuit as claimed in claim 9, said laminations being stacked along an axis of stacking (Z) perpendicular to the longitudinal axis (X) and not simultaneously intersecting the inner leg (6) and either one of the outer legs (4).
11. An assembly (1) comprising:
- a magnetic circuit (2) as claimed in any one of the preceding claims, and
 - at least one electrically conducting coil (3) carried by said at least inner leg (6) of the magnetic circuit (2) .
12. The assembly as claimed in claim 11, the coil (3) being formed by winding an electrically conducting wire or by a metal strip that is electrically insulated on one of its two faces.
13. The assembly as claimed in claim 10 or 11, the coil (3) being wound around a zone of the inner leg (6) .
14. The assembly as claimed in claim 10 or 11, comprising several distinct coils (3₁, 3₂, 3₃, 3₄) .
15. The assembly as claimed in claim 14, the coils (3₁, 3₂, 3₃, 3₄) being wound around one of the following zones (50, 51, 52, 53) of the magnetic circuit (2): a zone of one of the outer legs (4) or a zone of the connecting part (7).
16. A static electrical energy convertor comprising at least one assembly (1) as claimed in any one of claims 11 to 15.

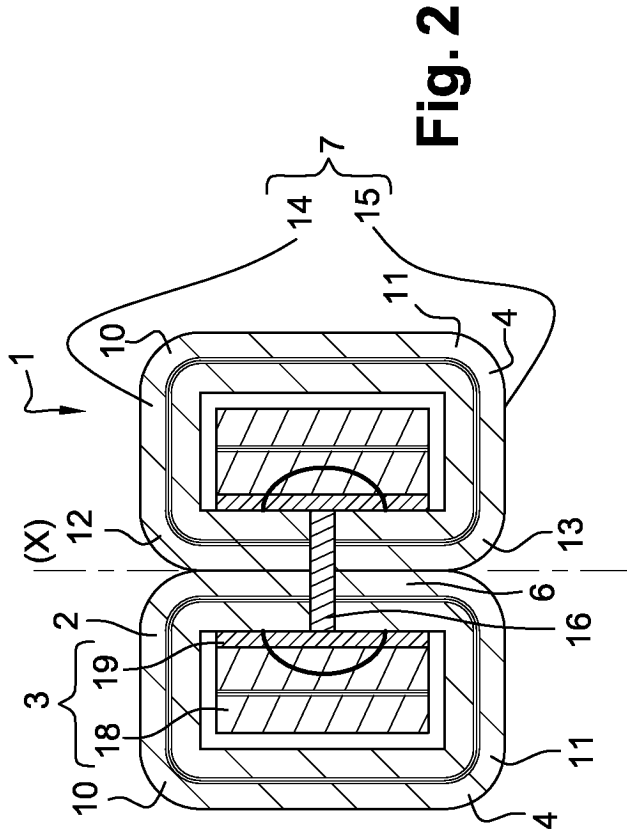


Fig. 1

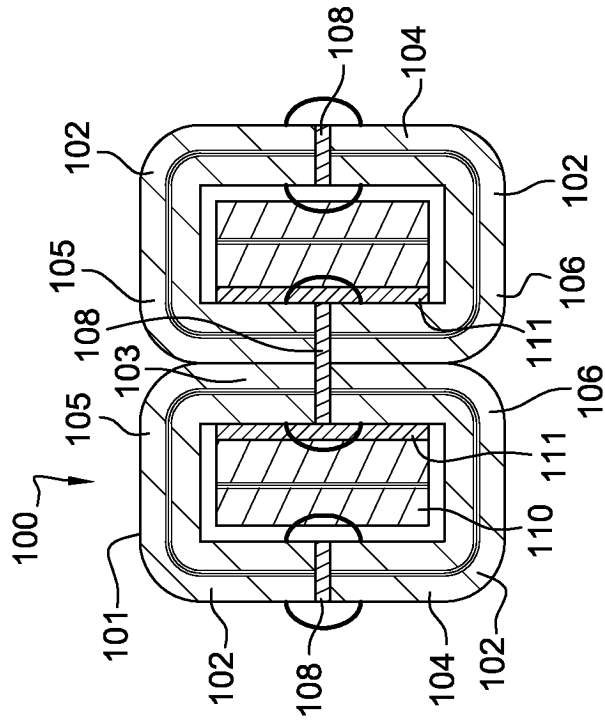


Fig. 2

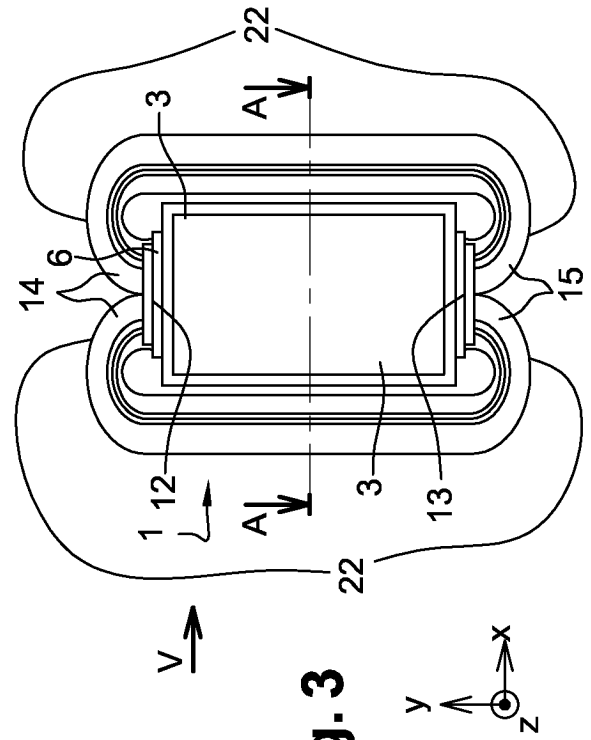


Fig. 3

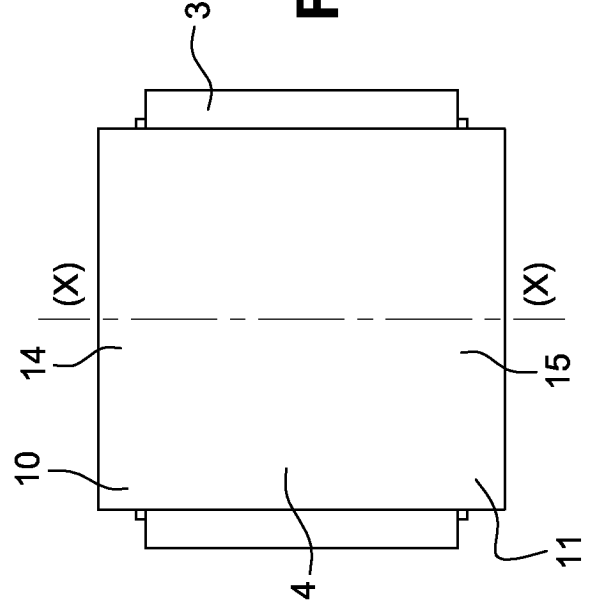


Fig. 4

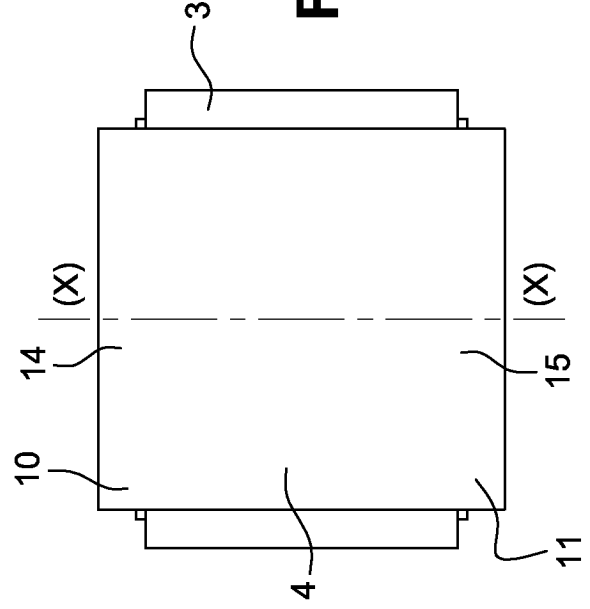
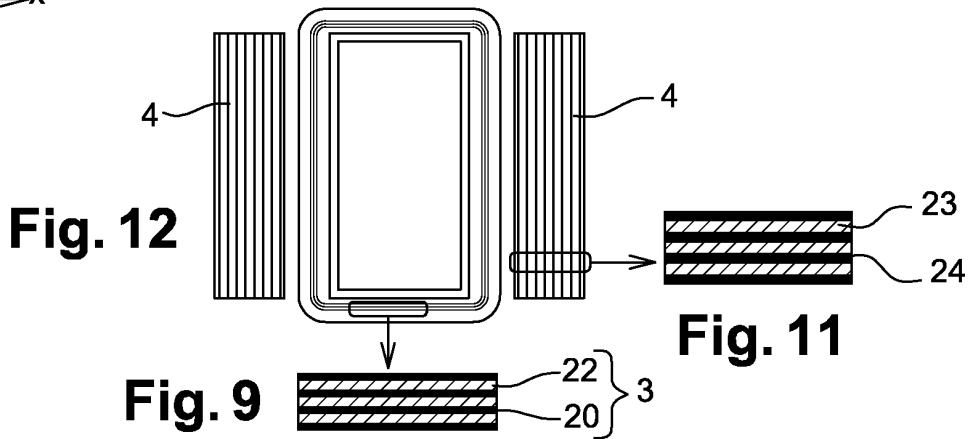
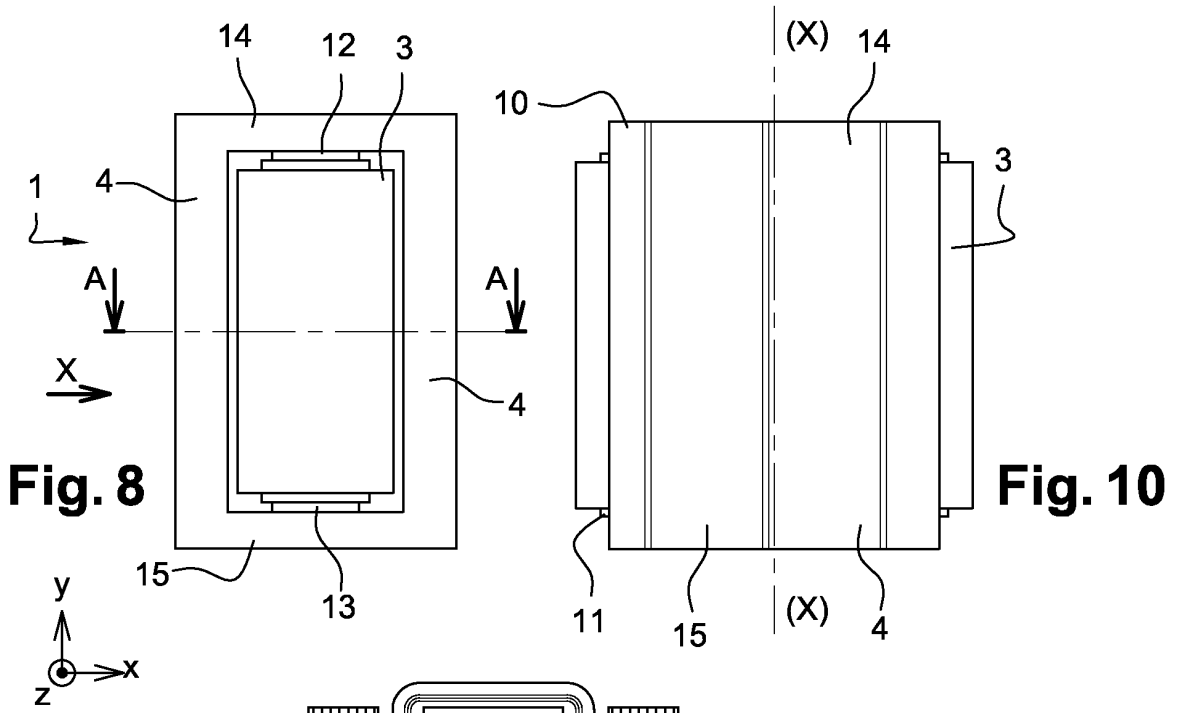
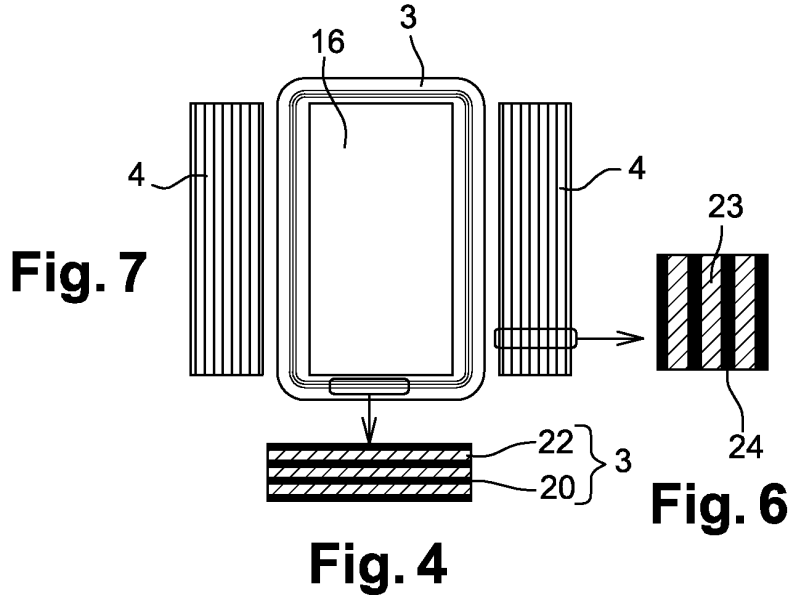
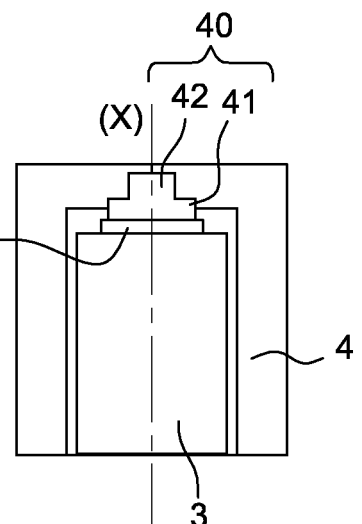
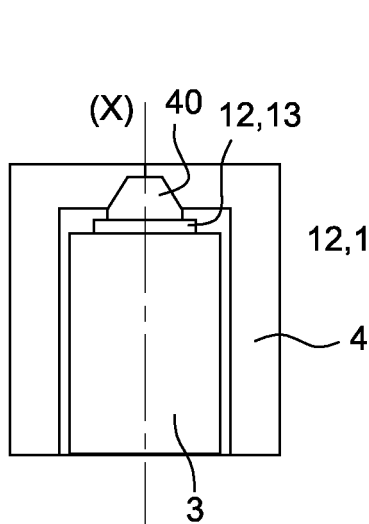
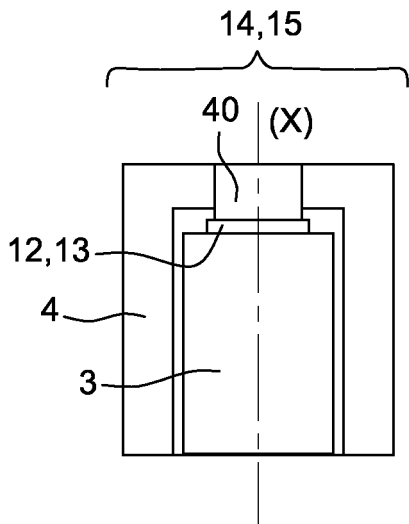
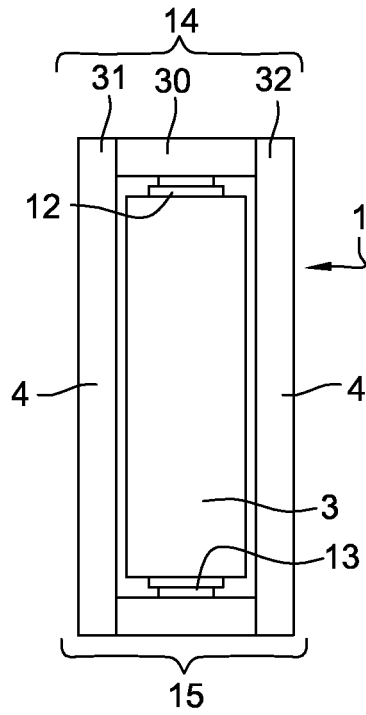
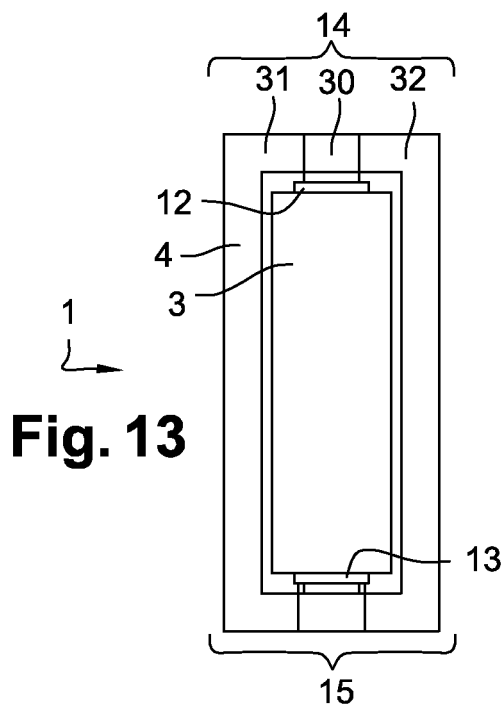


Fig. 5





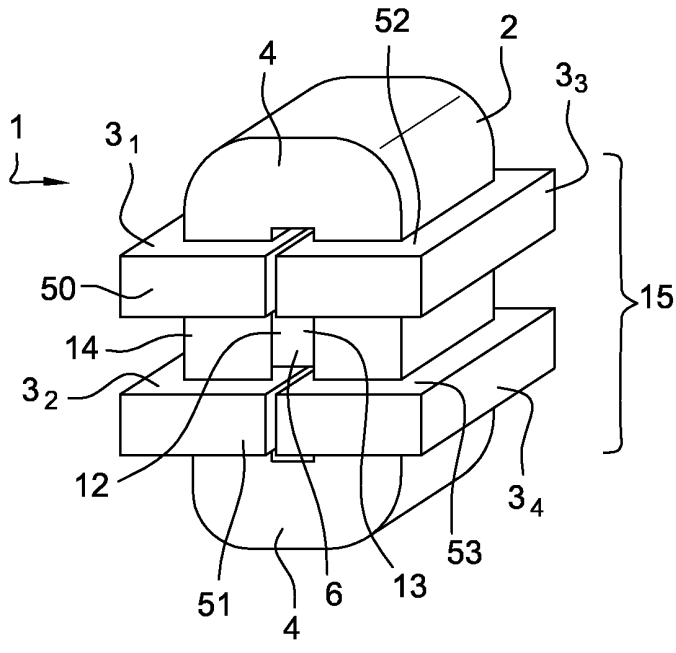


Fig. 18

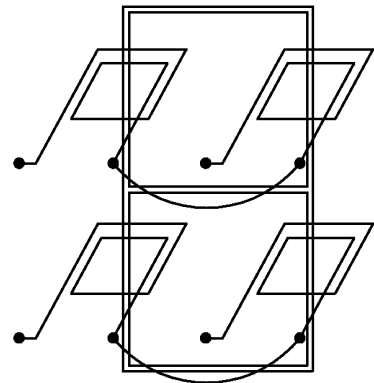


Fig. 19

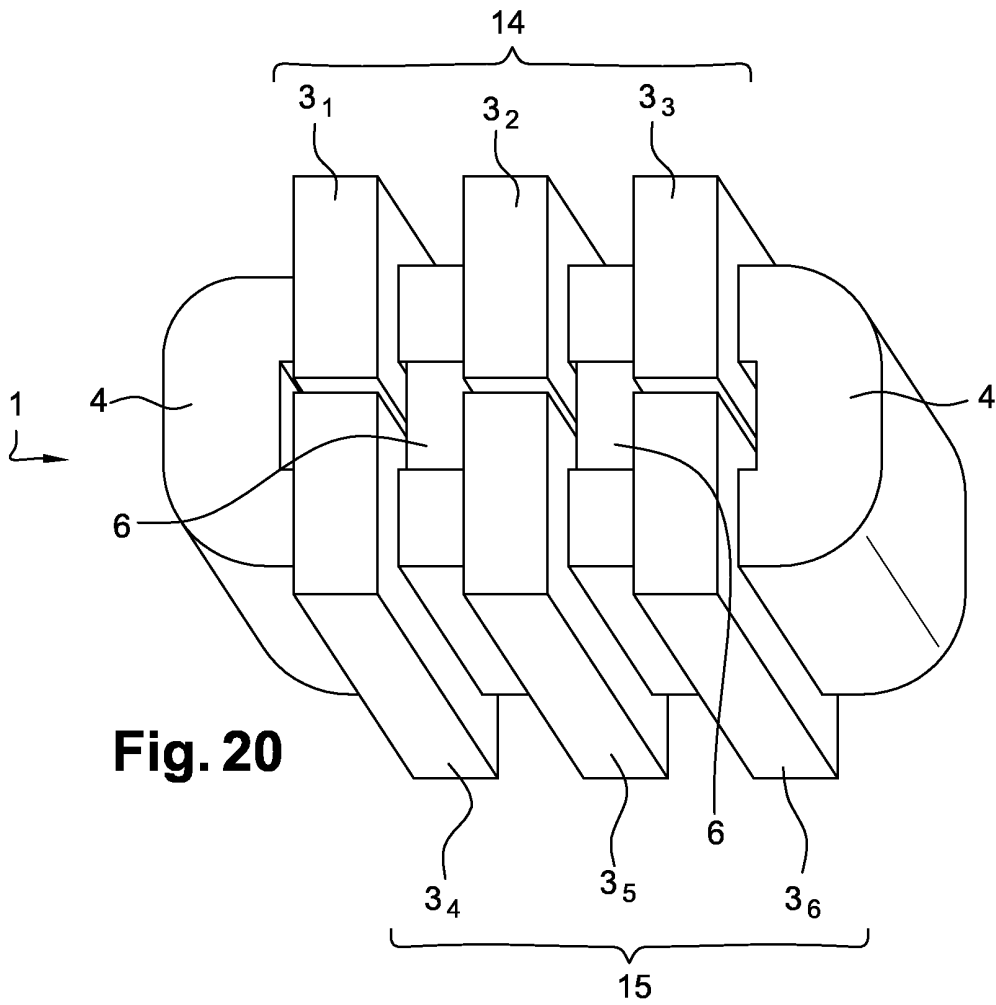


Fig. 20

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 11188922 A [0092]
- WO 2010057893 A [0095]