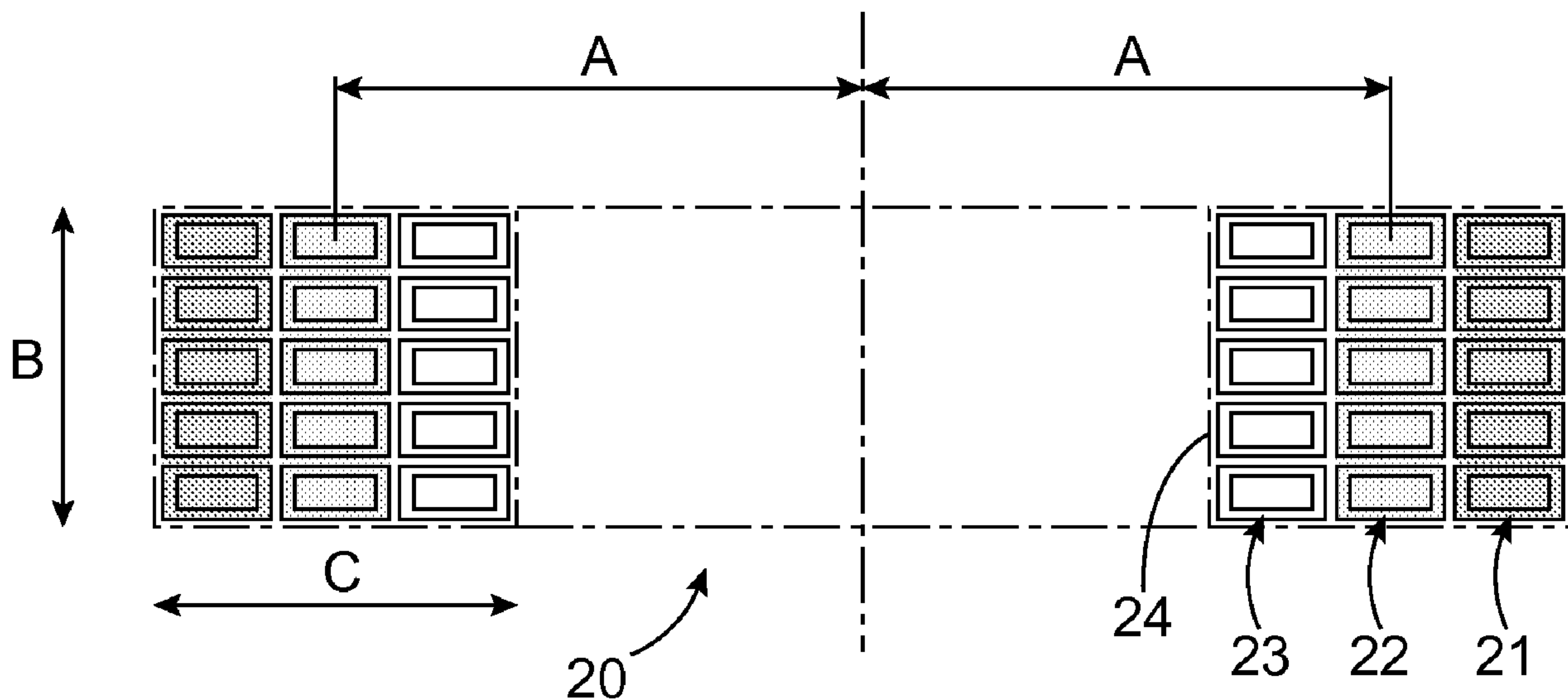




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2011/06/08
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2011/12/15
 (45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2017/11/21
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2012/12/03
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2011/059429
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2011/154422
 (30) **Priorité/Priority:** 2010/06/10 (FR1054595)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. H01F 37/00** (2006.01)
 (72) **Inventeurs/Inventors:**
 DEVAUTOUR, JOEL, FR;
 GHORBEL, YOUSSEF, FR
 (73) **Propriétaire/Owner:**
 ALSTOM TECHNOLOGY LTD, CH
 (74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : BOBINE DE LISSAGE A AIR POUR FORTES PUISSANCES**
 (54) **Title: HIGH-POWER AIR-CORE SMOOTHING INDUCTOR**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne une bobine d'induction à air (20) pour fortes puissances formée par bobinage de barres creuses en matériau électriquement conducteur. La bobine comprend au moins deux enroulements (21, 22, 23) disposés coaxialement et l'un dans l'autre, les enroulements étant connectés en série de façon à conserver le même sens d'enroulement, la bobine d'induction présentant un rayon moyen A, une demi-section dans un plan comprenant l'axe de la bobine qui est de forme carrée de côté B, de sorte à satisfaire la relation : $2A \leq 6B \leq 6A$.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/154422 A1

(43) Date de la publication internationale
15 décembre 2011 (15.12.2011)

(51) Classification internationale des brevets :
H01F 37/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/059429

(22) Date de dépôt international :
8 juin 2011 (08.06.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1054595 10 juin 2010 (10.06.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
ALSTOM GRID SAS [FR/FR]; Immeuble le Galilée, 51
Esplanade du Général de Gaulle, F-92907 Paris La
Défense Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
DEVAUTOUR, Joel [FR/FR]; 13bis rue des Prairies,
F-78230 Le Pecq (FR). **GHORBEL, Youssef** [FR/FR]; 6
rue de la Marne, F-91120 Palaiseau (FR).

(74) Mandataire : **ILGART, Jean-Christophe**; Brevaalex, 95
rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : HIGH-POWER AIR-CORE SMOOTHING INDUCTOR

(54) Titre : BOBINE DE LISSAGE A AIR POUR FORTES PUISSANCES

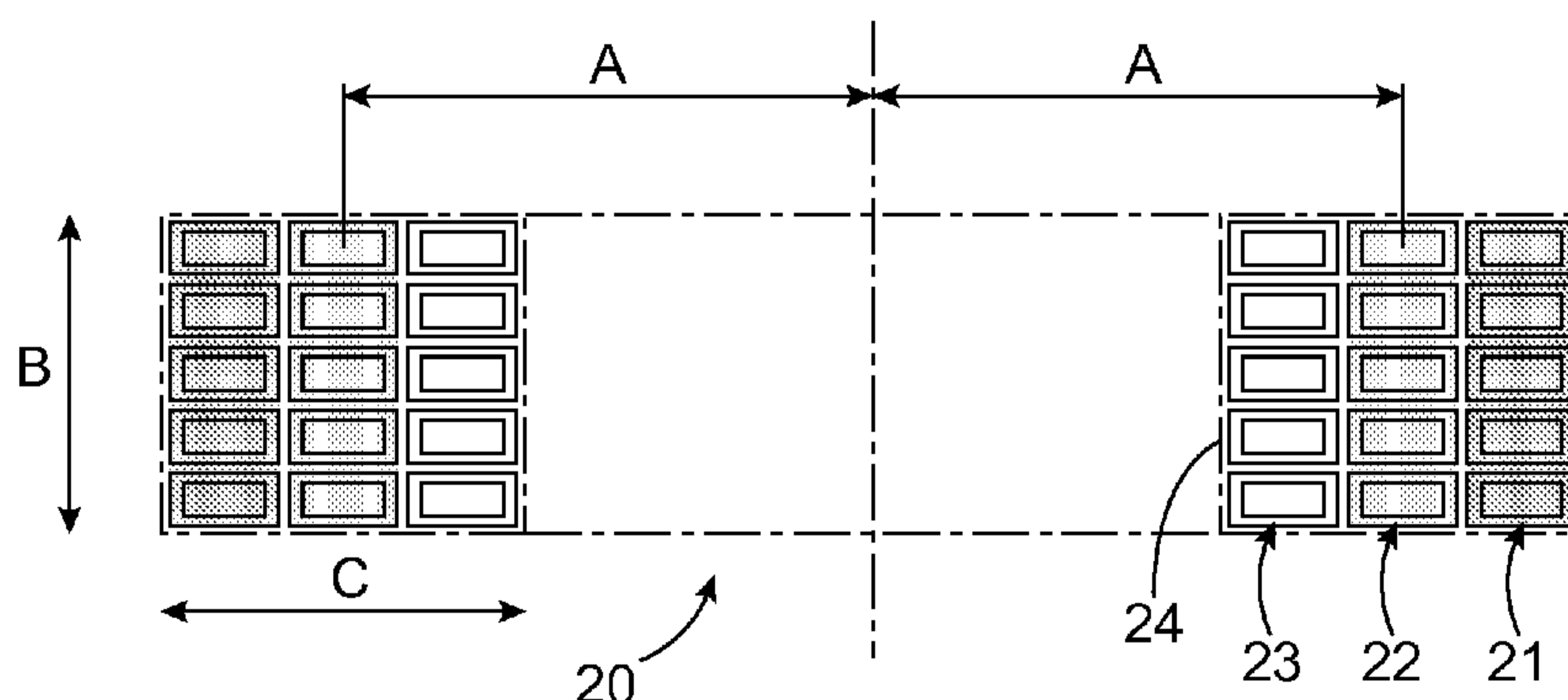


FIG.2

(57) Abstract : The invention relates to a high-power air-core inductor (20) prepared by coiling hollow bars made of an electrically conducting material. The coil includes at least two windings (21, 22, 23) arranged coaxially one in the other, the windings being connected in series so as to preserve the same winding direction, the induction coil having a mean radius A, a half section in a plane including the axis of the coil, which is square in shape, and the side B of which is such that the relation $2A \leq 6B \leq 6A$ is satisfied.

(57) Abrégé : L'invention concerne une bobine d'induction à air (20) pour fortes puissances formée par bobinage de barres creuses en matériau électriquement conducteur. La bobine comprend au moins deux enroulements (21, 22, 23) disposés coaxialement et l'un dans l'autre, les enroulements étant connectés en série de façon à conserver le même sens d'enroulement, la bobine d'induction présentant un rayon moyen A, une demi-section dans un plan comprenant l'axe de la bobine qui est de forme carrée de côté B, de sorte à satisfaire la relation : $2A \leq 6B \leq 6A$.



WO 2011/154422 A1

BOBINE DE LISSAGE A AIR POUR FORTES PUISSANCES**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

5 L'invention se rapporte aux bobines d'induction à air pour fortes puissances. De telles bobines d'induction sont par exemple utilisées pour l'alimentation électrique des fours à arc à courant continu.

10

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les alimentations électriques des fours à arc à courant continu utilisent des bobines d'induction à air présentant des valeurs variant entre 100 μ H et 15 1 mH. Ces bobines peuvent être parcourues par des courants pouvant aller jusqu'à 70 kA.

Pour les applications de type four à arc électrique, il est connu d'utiliser des bobines d'induction constituées de solénoïdes monocouches à 20 base carrée ou hexagonale.

La figure 1 est un schéma explicatif d'une installation électrique pour four à arc à courant continu. La référence 1 désigne un four à arc contenant un matériau métallique 2 à traiter. Le four 1 est 25 équipé, dans l'exemple représenté, d'une cathode 10 et de deux anodes 11 et 12. Deux circuits d'alimentation électrique sont représentés. Un premier circuit comprend un dispositif redresseur à thyristors 3 dont la sortie est branchée entre la cathode 10 et l'anode 30 11 à travers une bobine d'induction L_1 . Un deuxième

circuit comprend un dispositif redresseur à thyristors 4 dont la sortie est branchée entre la cathode 10 et l'anode 12 à travers une bobine d'induction L_2 . Les bobines L_1 et L_2 sont des bobines à air de forte 5 puissance.

L'augmentation de la puissance des fours à arc électrique installés ces dernières années a provoqué l'augmentation de la valeur du courant continu à fournir et aussi l'augmentation de la valeur des 10 bobines d'induction à air. Ceci conduit à des bobines énormes et implique des pertes Joule importantes. Ces bobines d'induction sont en outre très encombrantes. Elles posent donc divers problèmes relatifs à leur installation, leur montage, leur refroidissement ...

15

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a été réalisée pour optimiser les bobines d'induction de fortes puissances afin de réduire notamment leur encombrement et les 20 pertes Joule qu'elles provoquent.

L'invention a pour objet une bobine d'induction à air pour fortes puissances formée par bobinage de barres creuses en matériau électriquement conducteur, caractérisé en ce qu'elle comprend au moins 25 deux enroulements disposés coaxialement et l'un dans l'autre, les enroulements étant connectés en série de façon à conserver le même sens d'enroulement, la bobine d'induction présentant un rayon moyen A , une demi-section dans un plan comprenant l'axe de la bobine qui 30 est de forme carrée de côté B , de sorte à satisfaire la relation :

$$2A \leq 6B \leq 6A.$$

Avantageusement, les enroulements sont constitués de spires polygonales, par exemple de spires hexagonales.

5 Les barres creuses peuvent être en aluminium ou en cuivre.

Les barres creuses formant des canaux pour la circulation d'un fluide de refroidissement, chaque enroulement peut posséder son propre circuit de
10 refroidissement pour diminuer les pertes en charge.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture
15 de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des figures annexées parmi lesquelles :

-la figure 1, déjà décrite, est un schéma explicatif d'une installation électrique pour four à
20 arc à courant continu, selon l'art connu,

-la figure 2 est une vue en coupe d'une bobine d'induction, la coupe étant faite dans un plan comprenant l'axe de la bobine, selon la présente
invention.

25

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'idée qui est à la base de la présente invention consiste à emboîter des enroulements (ou bobines élémentaires) les uns dans les autres pour

constituer une bobine globale tout en essayant de se rapprocher du modèle de Brooks.

Le modèle de Brooks a été proposé en 1931 pour optimiser des bobines multicouches, à base de
5 spires circulaires, réalisées avec du fil.

La bobine d'induction à air de la présente invention est réalisée à partir de barres creuses de forte section (typiquement de l'ordre de 20 000 mm²). Pour une spire de la bobine, la forme optimale est la
10 forme circulaire. Cette forme n'est pas exclue de la présente invention, cependant une telle géométrie est difficile à réaliser avec des barres de forte section. On préférera donc une spire de base de forme polygonale constituée de barres droites mises bout à bout et
15 soudées selon un angle correspondant au polygone choisi. Une spire de forme carrée est simple à réaliser mais n'est pas optimale. L'hexagone est plus proche du cercle et pas trop complexe d'un point de vue industriel. Il présente en outre l'avantage de réduire
20 les efforts électromagnétiques dans les angles. On pourrait envisager des spires de formes plus compliquées, comme l'octogone par exemple. Cependant, le coût de fabrication serait alors plus élevé à cause du nombre accru de soudures.

25 La réalisation d'une simple bobine de type solénoïde ne permet pas de respecter les facteurs de forme du modèle de Brooks de manière à répondre à l'équation $2A = 3C$ (A étant le rayon moyen de la bobine et C le côté du carré constituant la demi-section de la
30 bobine dans le plan contenant son axe). En effet, cela nécessiterait d'utiliser des profilés de section très

aplatie qui sont difficiles à réaliser industriellement. Les bobines de type solénoïde, lorsqu'elles sont réalisées en profilés (ou barres) refroidis par des canaux, sont alors très hautes et de
5 grands diamètres.

Le fait d'emboîter des bobines élémentaires (ou enroulements) les unes dans les autres et de les brancher en série, selon la présente invention, permet théoriquement de parvenir au modèle de Brooks ($2A = 3C$
10 comme indiqué ci-dessus). Dans la pratique, on peut se satisfaire de la relation : $3A \leq 6B \leq 5A$.

Les barres conductrices utilisées sont par exemple en aluminium extrudé. On pourrait également utiliser le cuivre, ou un autre matériau électriquement
15 conducteur. Les barres étant creuses, l'intérieur forme des canaux permettant la circulation d'un fluide de refroidissement. La bobine selon l'invention peut avoir un seul circuit de refroidissement commun à chaque enroulement. Cependant, de meilleurs résultats sont
20 obtenus si chaque enroulement possède son propre circuit de refroidissement. Les circuits de refroidissement sont alors mis en parallèle.

Le bobinage peut se faire du haut vers le bas, ou de l'intérieur vers l'extérieur, ou encore par
25 une autre méthode. L'important est de conserver le même sens de bobinage pour les enroulements.

La figure 2 est une vue en coupe d'une bobine d'induction selon la présente invention, la coupe étant faite dans un plan comprenant l'axe de la
30 bobine.

La bobine d'induction 20 comprend, dans cet exemple de mise en œuvre, trois enroulements coaxiaux : un enroulement extérieur 21, un enroulement central 22 et un enroulement intérieur 23. Chaque enroulement
5 comprend, dans cet exemple, cinq spires de forme polygonale (par exemple hexagonale). La demi-section 24 de la bobine présente une hauteur B et une largeur C. Elle est située à une distance moyenne A de l'axe de la bobine. Des cales en matériau électriquement isolant
10 sont prévues dans la bobine pour supporter les spires des enroulements et pour séparer les enroulements entre eux.

Pour satisfaire le modèle de Brooks, on fait en sorte que $B = C$, c'est-à-dire que la demi-section 24 est un carré. De même, on choisira A et B de
15 sorte que $3A \leq 6B \leq 5A$.

Pour une bobine d'inductance selon la présente invention, on constate, par rapport à une bobine de l'art antérieur constituée d'un simple
20 solénoïde, de même valeur d'inductance et de même section de barre, une réduction de 40% du poids de la bobine, 25% de pertes Joules en moins et une hauteur réduite de trois fois.

REVENDICATIONS

1. Bobine d'induction à air (20) pour fortes puissances formée par bobinage de barres creuses en matériau électriquement conducteur, caractérisé en ce qu'elle comprend au moins deux enroulements (21, 22, 23) disposés coaxialement et l'un dans l'autre, les enroulements étant connectés en série de façon à conserver le même sens d'enroulement, la bobine d'induction présentant un rayon moyen A, une demi-section (24) dans un plan comprenant l'axe de la bobine qui est de forme carrée de côté B, de sorte à satisfaire la relation :

$$2A \leq 6B \leq 6A.$$

15

2. Bobine d'induction selon la revendication 1, dans laquelle les enroulements sont constitués de spires polygonales.

20

3. Bobine d'induction selon la revendication 2, dans laquelle les enroulements sont constitués de spires hexagonales.

4. Bobine d'induction selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les barres creuses sont en aluminium ou en cuivre.

5. Bobine d'induction selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la bobine comprend trois enroulements (21, 22, 23), chaque enroulement possédant cinq spires.

30

6. Bobine d'induction selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle les barres creuses formant des canaux pour la circulation d'un fluide de refroidissement, chaque enroulement possède son propre circuit de refroidissement.

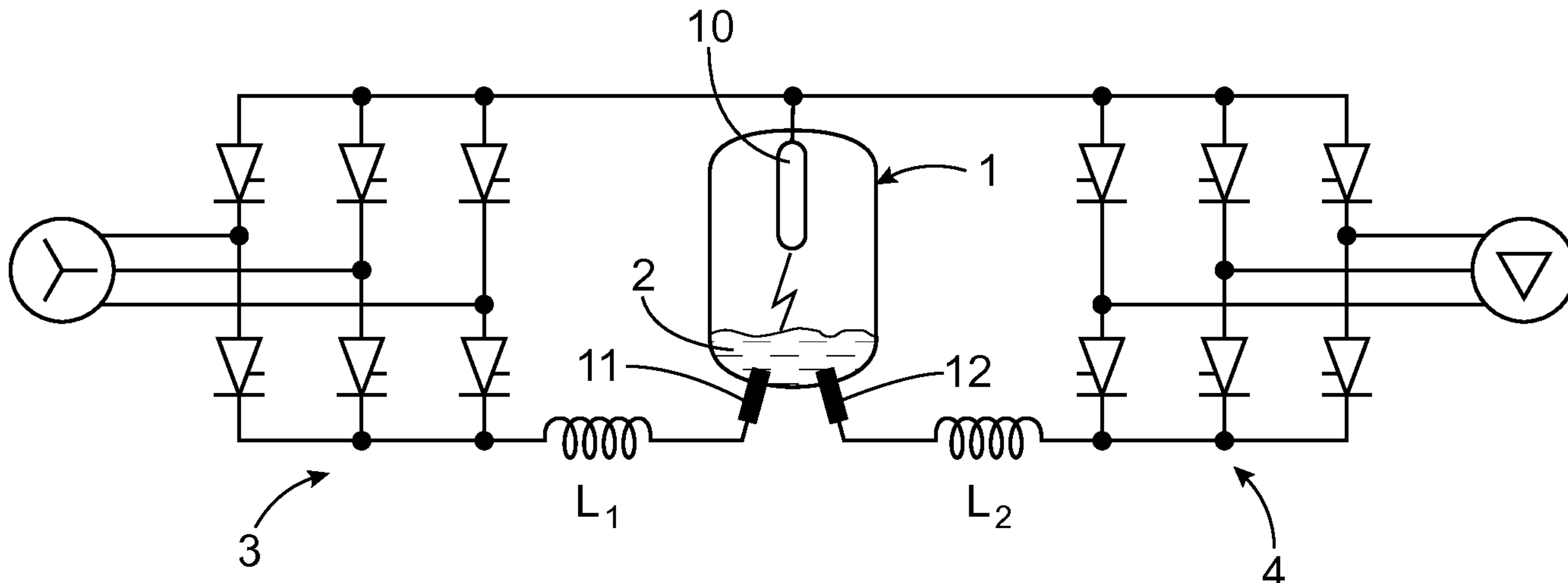


FIG.1

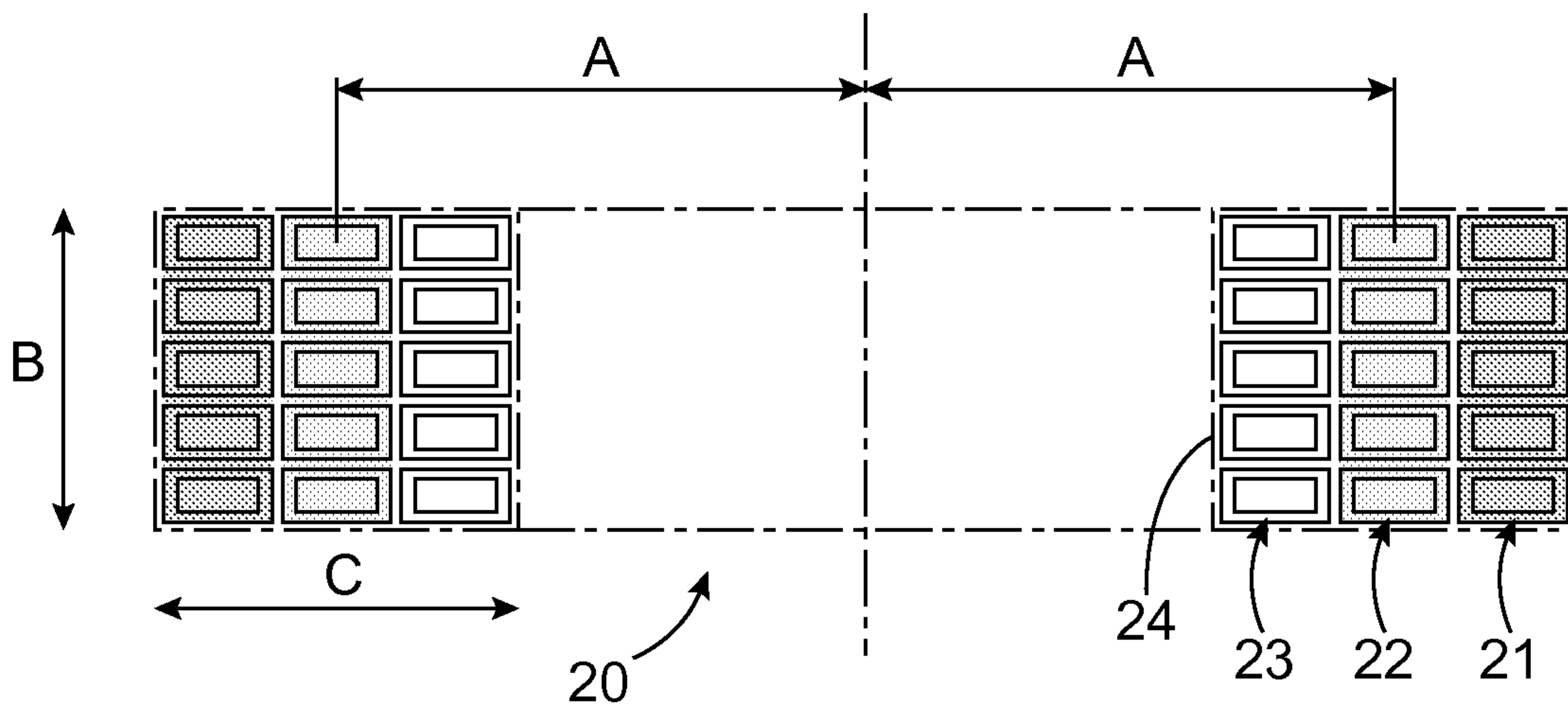


FIG.2

