



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.06.2024 Bulletin 2024/24

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01F 3/10 (2006.01) H01F 3/14 (2006.01)
H01F 21/06 (2006.01) H01F 29/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **23214192.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01F 21/06; H01F 3/10; H01F 3/14; H01F 29/146

(22) Date de dépôt: **05.12.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **LEBOURGEOIS, Richard**
91767 Palaiseau cedex (FR)
• **PERIS, Daniel**
92622 Gennevilliers cedex (FR)
• **GUERN, Pierre**
92622 Gennevilliers cedex (FR)

(30) Priorité: **06.12.2022 FR 2212808**

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble Up On
25 Boulevard Romain Rolland
CS 40072
75685 Paris Cedex 14 (FR)

(71) Demandeur: **THALES**
92190 Meudon (FR)

(54) **MODULE DE VARIATION D'UNE INDUCTANCE ET FILTRE RADIOFREQUENCE COMPORTANT UN TEL MODULE**

(57) L'invention concerne un module de variation d'une inductance adapté pour faire varier une inductance dans un circuit électrique à partir d'un courant de consigne, ledit module (1) comprenant une plaque en ferrite (10) comportant une ouverture centrale (11), un électroaimant (20) comportant deux parties d'électroaimant (21, 22), chaque partie d'électroaimant (21, 22) ayant un corps principal (210, 220) et une bobine électromagnétique destinée à être enroulée autour dudit corps principal (210, 220, ledit corps principal (210, 220) ayant une forme en U définissant un espace central (212, 222). Les parties d'électroaimant (21, 22) sont disposées de part et d'autre de la plaque ferrite (10) en vis-à-vis au niveau de l'ouverture centrale (11), de sorte que les espaces centraux (212, 222) desdites parties d'électroaimant (21, 22) prolongent l'ouverture centrale (11) sensiblement perpendiculairement à ladite ouverture centrale (11).

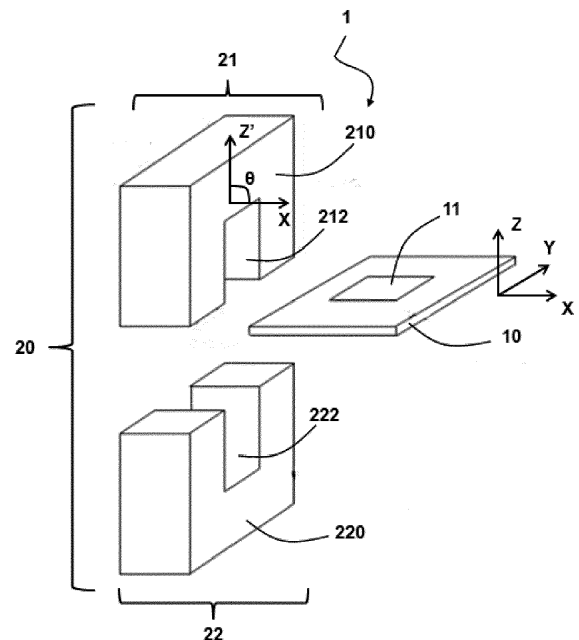


FIG. 1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un module de variation d'inductance qui peut s'appliquer à tout produit de radiocommunication nécessitant la mise en oeuvre de filtres accordables en fréquence, en particulier lorsque ces filtres sont positionnés en sortie d'étages de puissance.

Technique antérieure

[0002] Dans la plupart des équipements de radiocommunication, en particulier tactiques et aéronautiques, il y a nécessité de mettre en place des filtres accordables pour améliorer le bruit hors bande ou le niveau des harmoniques en particulier dans la gamme VHF (pour « Very High Frequency » en anglais).

[0003] Historiquement, les meilleures performances de filtrage sur des filtres larges bandes sont obtenues soit par la mise en oeuvre de diodes de type varicap, soit par la commutation de capacités à l'aide de commutateurs à diodes PIN comme il est divulgué dans le document FR3059496.

[0004] L'usage des varicaps permet de commander de manière continue un filtre dans une bande de fréquence, par exemple dans une bande de fréquence comprise entre 30 et 43 MHz. Cependant, les varicaps ne supportent pas des niveaux RF supérieurs à quelques mW. En outre, les varicaps utilisées dans la bande VHF et UHF sont menacées d'obsolescence.

[0005] La mise en oeuvre de filtres à capacités commutées par diode PIN permet de monter plus en puissance RF (jusqu'à 200 W), mais sa mise en oeuvre nécessite des circuits de commande complexes et encombrants, mettant en oeuvre des courants et des tensions élevées.

[0006] Les solutions utilisées actuellement sont encombrantes, coûteuses en énergie et en prix de revient, particulièrement pour les filtres de puissance à capacités commutées.

[0007] Il est connu de faire varier l'inductance en agissant sur la perméabilité équivalente d'un assemblage de matériaux ferrites. Cette approche a fait l'objet de diverses publications, mais toutes les solutions proposées mettaient en oeuvre un bobinage auxiliaire dans lequel était appliqué un courant continu. L'inconvénient est que si l'on parvient effectivement à faire varier suffisamment la perméabilité du ferrite, donc l'inductance, on provoque également une augmentation des pertes magnétiques, ce qui rend cette approche inutilisable pour réaliser un filtre radiofréquence performant, dans lequel les pertes sont un élément clef. Un autre inconvénient est lié au fort coefficient de couplage des deux bobinages, celui du circuit de commande et celui du circuit radiofréquence. Pour découpler les deux circuits, il est nécessaire de réaliser deux circuits magnétiques et de les relier de façon à an-

nuler la mutuelle inductance ce qui complique significativement le module de variation de l'inductance.

[0008] Il existe donc un besoin de proposer un tel module de variation d'une inductance permettant de réaliser un filtre radiofréquence de puissance performant, et présentant de faibles pertes.

Exposé de l'invention

[0009] La présente invention vise à remédier au moins en partie à ce besoin.

[0010] Pour cela un premier objet de l'invention concerne un module de variation d'une inductance conçu pour faire varier une inductance dans un circuit électrique à partir d'un courant de consigne, ledit module comprenant :

- une plaque en ferrite comportant une ouverture centrale ;
- un électroaimant comportant deux parties d'électroaimant ou corps magnétiques, chaque partie d'électroaimant ayant un corps principal et une bobine électromagnétique destinée à être enroulée autour dudit corps principal, ladite bobine électromagnétique étant apte à être alimentée par le courant de consigne, ledit corps principal ayant une forme en U ou similaire définissant un espace central. Les parties d'électroaimant sont disposées de part et d'autre de la plaque ferrite en vis-à-vis au niveau de l'ouverture centrale, de sorte que les espaces centraux desdites parties d'électroaimant prolongent l'ouverture centrale sensiblement perpendiculairement à ladite ouverture centrale.

[0011] L'invention propose ainsi d'exploiter la propriété magnétique d'un assemblage constitué d'un circuit magnétique présentant un entrefer dans lequel on va placer un noyau en ferrite faibles pertes. Contrairement aux dispositifs connus de l'état de l'art, on fait varier l'inductance principale non pas en commutant des inductances secondaires (par exemple avec des diodes PIN) mais en jouant sur la perméabilité du ferrite. On applique alors un champ magnétique continu perpendiculaire au champ magnétique radiofréquence présent dans l'inductance. On évite ainsi toute interaction négative. La configuration d'un tel module de variation conduit à une variation importante de la valeur de l'inductance et cela sans augmentation des pertes magnétiques, voire une diminution des pertes magnétiques, contrairement à des configurations plus classiques pour lesquelles les champs magnétiques continus et radiofréquences sont colinéaires. En outre, l'invention permet d'introduire une approche innovante dans la réalisation d'antenne électronique large bande en UHF.

[0012] Dans un mode de réalisation particulier, les espaces centraux des parties d'électroaimant prolongent l'ouverture centrale en formant un angle avec ladite ouverture centrale compris entre 80 et 100 degrés.

[0013] Dans un mode de réalisation particulier, les espaces centraux des parties d'électroaimant prolongent l'ouverture centrale en formant un angle avec ladite ouverture centrale compris entre 85 et 100 degrés.

[0014] Dans un mode de réalisation particulier, les espaces centraux des parties d'électroaimant prolongent l'ouverture centrale perpendiculairement à ladite ouverture centrale.

[0015] Dans un mode de réalisation particulier, l'électroaimant est en fer doux.

[0016] Pour le circuit de commande, il est ainsi proposé de sélectionner un matériau magnétique doux à forte aimantation à saturation, tel que du fer doux, un alliage fer-nickel, un alliage magnétique amorphe ou nanocristallin. Ceci permet de réduire la puissance de commande.

[0017] Dans un mode de réalisation particulier, la plaque en ferrite est composée d'un ferrite spinelle NiZn-CuCo.

[0018] La perméabilité d'un tel ferrite se situe entre 50 et 200 et il présente de faibles pertes magnétiques dans la bande HF à VHF.

[0019] Dans un mode de réalisation particulier, la plaque en ferrite a une épaisseur comprise entre 0,1 et 2 mm.

[0020] Dans un mode de réalisation particulier, la plaque en ferrite a une épaisseur inférieure ou égale à 1 mm.

[0021] Dans un mode de réalisation particulier, le module comprend des moyens de maintien en contact de l'électroaimant contre la plaque en ferrite.

[0022] Un autre objet concerne un filtre radiofréquence comportant au moins un module de variation d'une inductance selon l'invention.

[0023] Dans un mode de réalisation particulier, le filtre radiofréquence comporte :

- un premier module de variation d'une inductance,
- un second module de variation d'une inductance,
- une capacité, ladite capacité étant reliée au premier module de variation d'une inductance et au second module de variation d'une inductance.

[0024] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 illustre schématiquement un module de variation d'une inductance selon l'invention ;

La figure 2 illustre schématiquement le module de variation de la figure 1, ledit module étant connecté pour recevoir un courant de consigne ;

La figure 3 est une représentation graphique d'une variation d'une inductance, d'un facteur de qualité mesurés en fonction d'un courant de consigne ;

La figure 4 est une représentation graphique d'une

variation de l'inductance en fonction d'un courant de consigne ;

La figure 5 illustre un filtre radiofréquence comportant au moins un module de variation d'une inductance selon les figures 1 et 2 ;

La figure 6 est une représentation graphique d'une variation du filtre radiofréquence de la figure 4 sur une large bande de fréquence.

[0025] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes présentées et d'autres modes de réalisation et variantes apparaîtront clairement à l'homme du métier.

[0026] Les figures 1 et 2 illustrent schématiquement un module de variation d'une inductance dans un circuit électrique monophasé selon l'invention. Ce module comprend :

- une plaque en ferrite 10 ;
- un électroaimant 20 ;
- des moyens de maintien 30.

[0027] La plaque en ferrite 10 s'étend principalement selon une direction X et une direction Y et elle présente une épaisseur selon une direction verticale Z perpendiculaire à la direction horizontale X et à la direction Y.

[0028] Préférentiellement, la plaque en ferrite 10 a un rapport entre son épaisseur et sa plus grande dimension qui est inférieur à 10 %. Pour une plaque en ferrite en forme de rectangle, la plus grande dimension correspond à la longueur ; Pour une plaque en ferrite en forme de carré, la plus grande dimension correspond au côté. D'autres formes peuvent être envisagées. Préférentiellement, la plaque ne doit toutefois pas être trop fine, afin d'éviter de fragiliser la structure.

[0029] Cette épaisseur est comprise entre 0,1 et 2 mm. Préférentiellement, l'épaisseur de la plaque 10 a une épaisseur inférieure à 1 mm. Préférentiellement, l'épaisseur de la plaque 10 est de 0,5 mm.

[0030] La plaque en ferrite 10 est composée d'un ferrite NiZnCuCo.

[0031] Cette plaque en ferrite 10 comprend une ouverture centrale 11 traversant ladite plaque, de sorte que ladite plaque en ferrite 10 a une forme de tore. Cette ouverture centrale 11 présente une forme globalement rectangulaire.

[0032] L'électroaimant 20 encadre la plaque en ferrite 10. Il comprend pour cela deux parties d'électroaimant 21, 22. Chaque partie d'électroaimant présente un corps principal massif 210, 220 et une bobine électromagnétique 211, 221 enroulée autour du corps principal 210, 220. Chaque bobine électromagnétique 211, 221 est destinée à être alimentée par un courant de consigne, ayant une fréquence supérieure à 100 kHz (ondes radio et supérieures, telles que HF, VHF, UHF). Chaque corps principal 210, 220 a une forme en U s'étendant principa-

lement selon la direction Y et selon une direction verticale Z'. Les différentes formes en U définissent des espaces centraux 212, 222 s'étendant selon la direction verticale Z'. Les parties d'électroaimant 21, 22 sont disposées de part et d'autre de la plaque ferrite 10 en vis-à-vis au niveau de l'ouverture centrale 11, de sorte que les espaces centraux 212, 222 desdites parties d'électroaimant 21, 22 prolongent l'ouverture centrale 11 sensiblement perpendiculairement à ladite ouverture centrale 11. Par sensiblement perpendiculairement, on entend que l'axe vertical Z' associé à l'électroaimant 20 fait un angle θ avec l'axe horizontal X de la plaque en ferrite 10, compris entre 80° et 100°.

[0033] La forme plane de la plaque en ferrite 10 a un effet démagnétisant favorable dans le plan de la plaque, en raison de l'anisotropie de forme de la plaque.

[0034] Selon un mode de réalisation, le contour extérieur de la plaque en ferrite a une forme telle qu'il épouse le contour global de la section des corps principaux 210, 220 dans le plan xy. En d'autres termes, le contour extérieur de la plaque en ferrite 10 correspond, dans le plan principal d'extension de la plaque (plan xy), à la section de l'ensemble formé par les corps principaux 210, 220, au niveau de leur jonction avec la plaque en ferrite 10. La largeur de la plaque (selon l'axe x) est identique à la largeur de chacun des corps principaux 210, 220. La longueur de la plaque (selon l'axe y) est identique à la longueur cumulée des corps principaux 210, 220, et de l'espace central (selon l'axe y). Le fait que la plaque en ferrite ne dépasse pas du tout des corps principaux permet de récupérer tout le flux DC dans le noyau magnétique constitué par la plaque en ferrite et permet une plus grande efficacité.

[0035] Selon un autre mode de réalisation, la plaque en ferrite 10 peut être légèrement plus petite que la section du corps principal 210, 220 dans le plan xy, ce qui permet de mieux concentrer les champs statiques sur la plaque en ferrite 10. Ainsi, le contour extérieur de la plaque en ferrite a des dimensions, dans le plan xy, qui sont inférieures d'au plus 10% par rapport aux dimensions correspondantes du contour global de la section des corps principaux (210, 220). La largeur de la plaque (selon l'axe x) est inférieure d'au plus 10% par rapport à la largeur de chacun des corps principaux 210, 220. La longueur de la plaque (selon l'axe y) est inférieure d'au plus 10% par rapport à la longueur cumulée des corps principaux 210, 220, et de l'espace central (selon l'axe y). La surface peut être uniformément réduite sur tout le pourtour de la plaque.

[0036] Préférentiellement, l'axe vertical Z' associé à l'électroaimant 20 fait un angle θ avec l'axe horizontal X de la plaque en ferrite 10, compris entre 85° et 95°.

[0037] Préférentiellement, l'axe vertical Z' associé à l'électroaimant 20 fait un angle θ avec l'axe horizontal X de la plaque en ferrite 10, exactement égal à 90°. Dans ce cas, l'axe vertical Z' et l'axe vertical Z sont confondus.

[0038] L'électroaimant 20 est ici en fer doux.

[0039] Les moyens de maintien 30 permettent de

maintenir l'électroaimant 20 contre la plaque en ferrite 10. Ces moyens de maintien 30 se présentent sous la forme d'une patte qui va agir en compression sur chaque corps principal 210, 220 pour maintenir les parties d'électroaimant 21, 22 contre la plaque en ferrite 10.

[0040] Par la suite, nous appellerons circuit DC un circuit de commande en fer doux constitué des deux parties d'électroaimant 21, 22 en forme de U et d'un circuit HF formé par la plaque en ferrite 10

[0041] Après insertion de la plaque en ferrite 10 entre les deux parties électroaimant 21, 22, l'objectif est de saturer les parties du ferrite NiZnCuCo à l'aide du courant de consigne appliqué dans le circuit DC.

[0042] Le champ magnétique DC produit par le circuit en fer doux est perpendiculaire au champ magnétique HF créé dans l'inductance HF. Ainsi la perméabilité μ du ferrite NiZnCuCo en contact avec le circuit DC passera dans un régime rotationnel ce qui permet une variation plus rapide de la perméabilité μ du ferrite avec le champ magnétique appliqué sans pour autant augmenter les pertes magnétiques.

[0043] Comme il est illustré à la figure 2, le circuit de polarisation a été réalisé en bobinant 50 spires d'un fil de cuivre émaillé sur chacun des deux parties d'électroaimant 21, 22 en forme de U préalablement usiné. Entre ces deux noyaux en forme de U est inséré le noyau HF en forme de tore plaque.

[0044] Une première série de mesures illustrée à la figure 3, a été réalisée en bobinant une vingtaine de spires sur chaque noyau en U.

[0045] L'inductance et le facteur de qualité ont été mesurés en fonction du courant DC injecté dans les bobinages.

[0046] On observe ainsi une variation de l'inductance supérieure à un facteur 3 pour un courant de consigne qui varie entre 0 et 1,6 A. On constate également que le facteur de qualité augmente surtout à haute fréquence ce qui indique une diminution des pertes magnétiques.

[0047] En connaissant le nombre de spires, il est possible de calculer par la loi d'Ampère le champ magnétique appliqué au ferrite HF en fonction du courant polarisant : $H_{DC} = Ni/Lm$. Pour $Lm = 46.1$ mm et $N = 100$, nous avons pour 1 A appliqué $H_{DC} = 2170$ A/m soit 27.1 Oe. On obtient ainsi $B_{DC} = 2850$ Gauss soit 285 mT. Une mesure plus précise au B(H) meter permet de tenir compte des effets non linéaires.

[0048] La figure 4 illustre une variation de l'inductance HF en fonction du courant DC appliqué, on observe une variation d'un facteur 3 pour un courant compris entre 0 et 600 mA ce qui correspond à une puissance de commande de 220 mW. On obtient un facteur 5 pour un courant compris entre 0 et 1200 mA et une puissance de 865 mW.

[0049] Ainsi, l'utilisation d'un fer « doux » permet d'obtenir une variation de l'inductance d'un facteur 3 pour un courant DC appliqué de 0.6 A sans augmentation des pertes contrairement à une configuration dite classique où le champ magnétique appliqué DC est parallèle au

champ magnétique HF.

[0050] Ce principe physique de variation d'une inductance commandée par un courant est mis en oeuvre pour la réalisation d'un filtre prototype dans la bande 30-50 MHz. Un tel filtre F est illustré à la figure 5. Ce filtre F comprend :

- un premier module de variation 1A d'une inductance,
 - un second module de variation 1B d'une inductance,
 - une capacité 2, ladite capacité 2 étant reliée au premier module de variation 1A d'une inductance et au second module de variation 1B d'une inductance.
- Un tel filtre F est réalisé sur la base d'une structure de Tchébycheff dont les principales

caractéristiques sont :

- filtre à Q constant, la bande passante est proportionnelle à la fréquence centrale ;
- fonctionnement avec deux inductances identiques dans un filtre du second ordre ;
- pertes maximales visées inférieures à 3 dB.

[0051] Le courant de consigne mis en oeuvre pour vérifier le fonctionnement du filtre a été positionné entre 0 et 2A.

[0052] La figure 6 illustre les résultats obtenus pour le filtre F. Les pertes du filtre F sont un peu supérieures à la valeur attendue et la bande couverte est plus réduite, mais le principe de variation de la perméabilité de l'assemblage des deux matériaux par une commande de courant est démontré ainsi que son effet pour commander la fréquence centrale du filtre.

[0053] L'invention permet de réaliser de manière compacte des filtres accordables de puissance sur une large bande de fréquence sans que la qualité du filtre, en particulier les pertes, n'en soit affectée.

[0054] Cette invention peut être mise en oeuvre aussi bien sur des filtres basse puissance, quelques dizaines de milliwatt, que sur des puissances plus importantes, de quelques watts à 50 watts, voire 100 watts.

[0055] La solution apportée met en oeuvre un phénomène physique reliant deux matériaux aux propriétés magnétiques différentes et associés de manière originale permettant une perpendicularité des champs magnétiques.

[0056] L'invention apporte ainsi les avantages suivants :

- elle permet de mettre en oeuvre un dispositif d'accord en fréquence multi-octave ;
- elle permet de maintenir des performances RF optimales (pertes, TOS, sélectivités, etc.) ;
- elle permet de diminuer le coût de fabrication ;
- elle permet de réduire fortement le volume et le coût de fabrication des boîtes d'accord antenne pour les postes HF.

Revendications

1. Module de variation d'une inductance adapté pour faire varier une inductance dans un circuit électrique à partir d'un courant de consigne, ledit module (1 ; 1A, 1B) comprenant :

- une plaque en ferrite (10) comportant une ouverture centrale (11) ;
- un électroaimant (20) comportant deux parties d'électroaimant (21, 22), chaque partie d'électroaimant (21, 22) ayant un corps principal (210, 220) et une bobine électromagnétique (211, 221) destinée à être enroulée autour dudit corps principal (210, 220), ladite bobine électromagnétique (211, 221) étant apte à être alimentée par le courant de consigne, ledit corps principal (210, 220) ayant une forme en U définissant un espace central (212, 222), **caractérisé en ce que** les parties d'électroaimant (21, 22) sont disposées de part et d'autre de la plaque ferrite (10) en vis-à-vis au niveau de l'ouverture centrale (11), de sorte que les espaces centraux (212, 222) desdites parties d'électroaimant (21, 22) prolongent l'ouverture centrale (11) sensiblement perpendiculairement à ladite ouverture centrale (11).

2. Module de variation d'une inductance selon la revendication 1, dans lequel les espaces centraux (212, 222) des parties d'électroaimant (21, 22) prolongent l'ouverture centrale (11) en formant un angle θ avec ladite ouverture centrale (11) compris entre 80 et 100 degrés.

3. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel les espaces centraux (212, 222) des parties d'électroaimant (21, 22) prolongent l'ouverture centrale (11) en formant un angle θ avec ladite ouverture centrale (11) compris entre 85 et 100 degrés.

4. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les espaces centraux (212, 222) des parties d'électroaimant (21, 22) prolongent l'ouverture centrale (11) perpendiculairement à ladite ouverture centrale (11).

5. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'électroaimant (20) est en fer doux.

6. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la plaque en ferrite (10) est composée d'un alliage Ni-ZnCuCo.

7. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la plaque en ferrite (10) a un rapport entre son épaisseur et sa plus grande dimension qui est inférieur à 10 %. 5
8. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la plaque en ferrite (10) a une épaisseur comprise entre 0,1 et 2 mm. 10
9. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la plaque en ferrite (10) a une épaisseur inférieure ou égale à 1 mm. 15
10. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, ledit module (1 ; 1A, 1B) comprenant des moyens de maintien (30) en contact de l'électroaimant (20) contre la plaque en ferrite (10). 20
11. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le contour extérieur de la plaque en ferrite (10) correspond, dans le plan principal d'extension de la plaque, au contour global de la section des corps principaux (210, 220) dans le plan principal d'extension de la plaque, au niveau de leur jonction avec la plaque en ferrite (10). 25
30
12. Module de variation d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le contour extérieur de la plaque en ferrite (10) a des dimensions, dans le plan principal d'extension de la plaque (xy), qui sont inférieures d'au plus 10% par rapport aux dimensions correspondantes du contour global de la section des corps principaux (210, 220) dans le plan principal d'extension de la plaque, au niveau de leur jonction avec la plaque en ferrite (10). 35
40
13. Filtre radiofréquence comportant au moins un module de variation (1A, 1B) d'une inductance selon l'une quelconque des revendications 1 à 12. 45
14. Filtre radiofréquence selon la revendication 13, ledit filtre comportant :
 - un premier module de variation (1A) d'une inductance, 50
 - un second module de variation (1B) d'une inductance,
 - une capacité (2), ladite capacité (2) étant reliée au premier module de variation (1A) d'une inductance et au second module de variation (1B) d'une inductance. 55

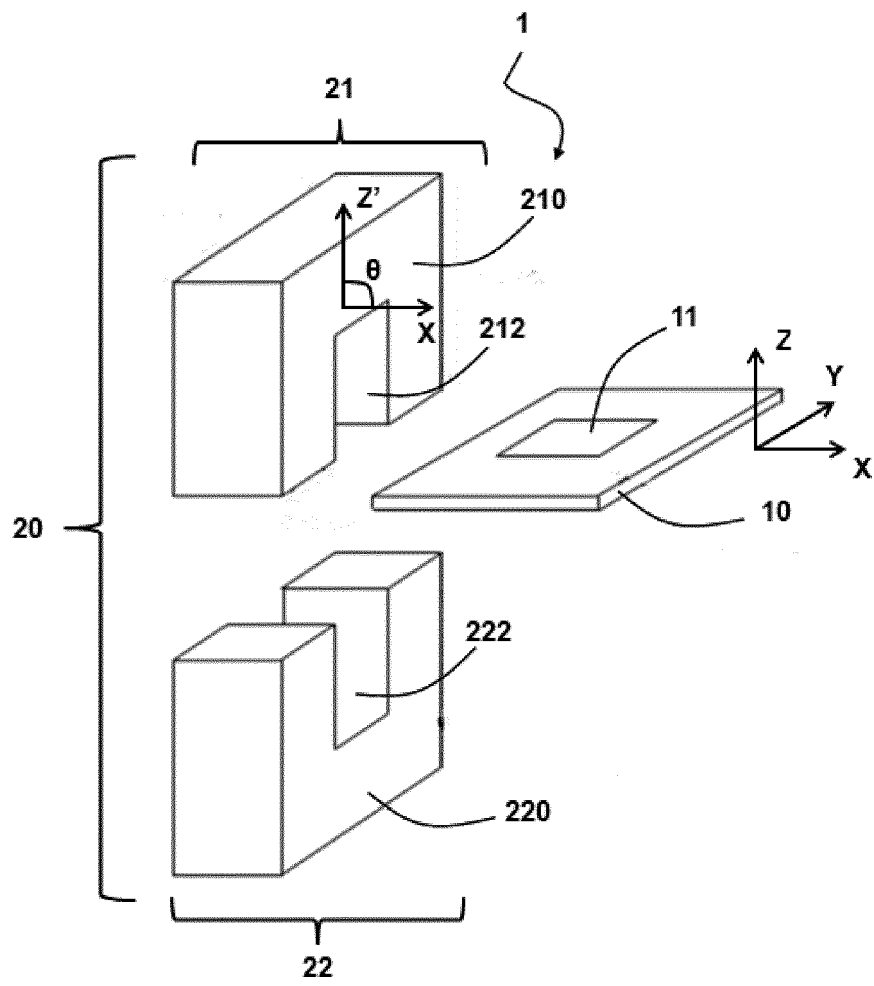


FIG. 1

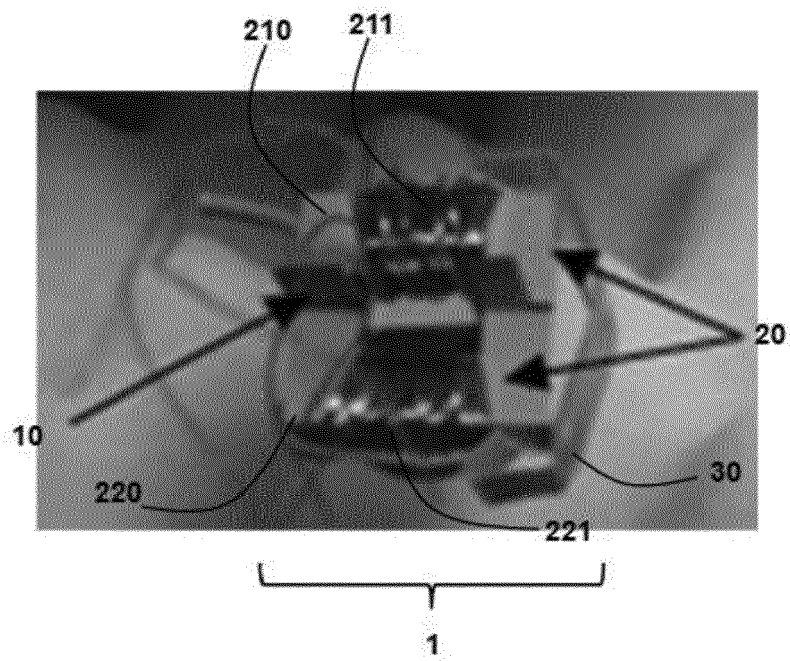


FIG. 2

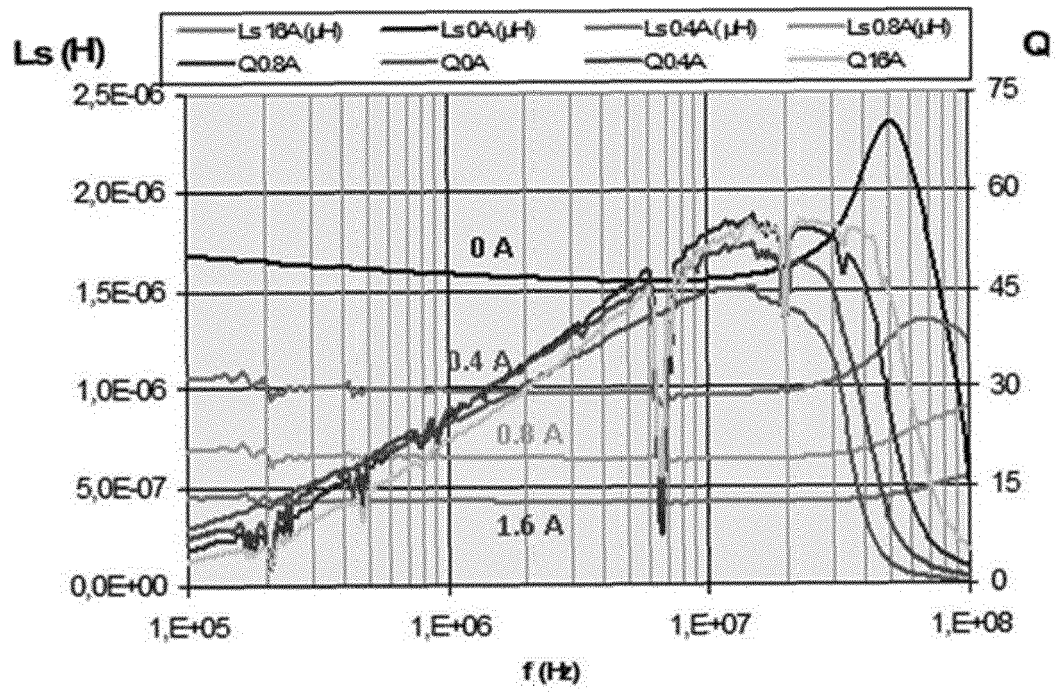


FIG. 3

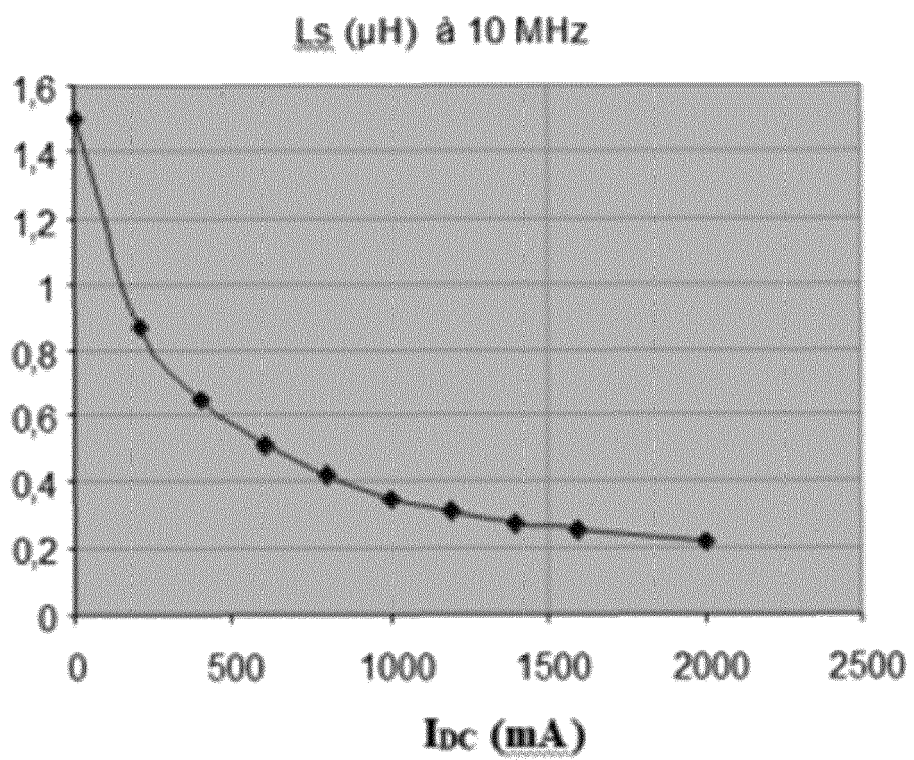


FIG. 4

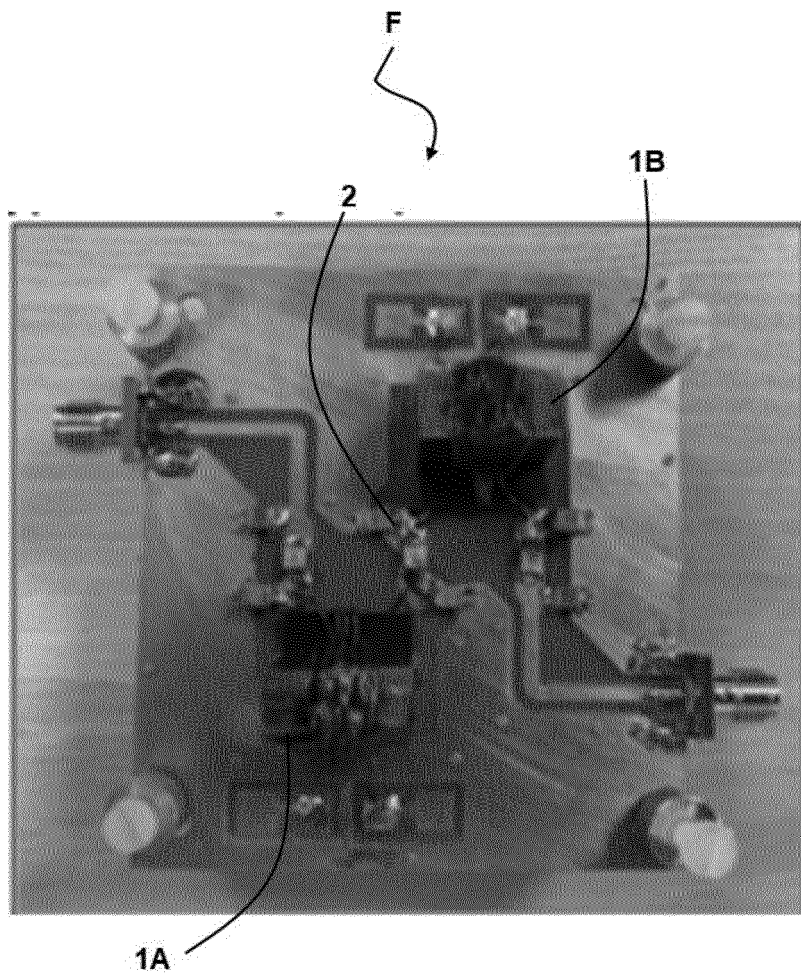


FIG. 5

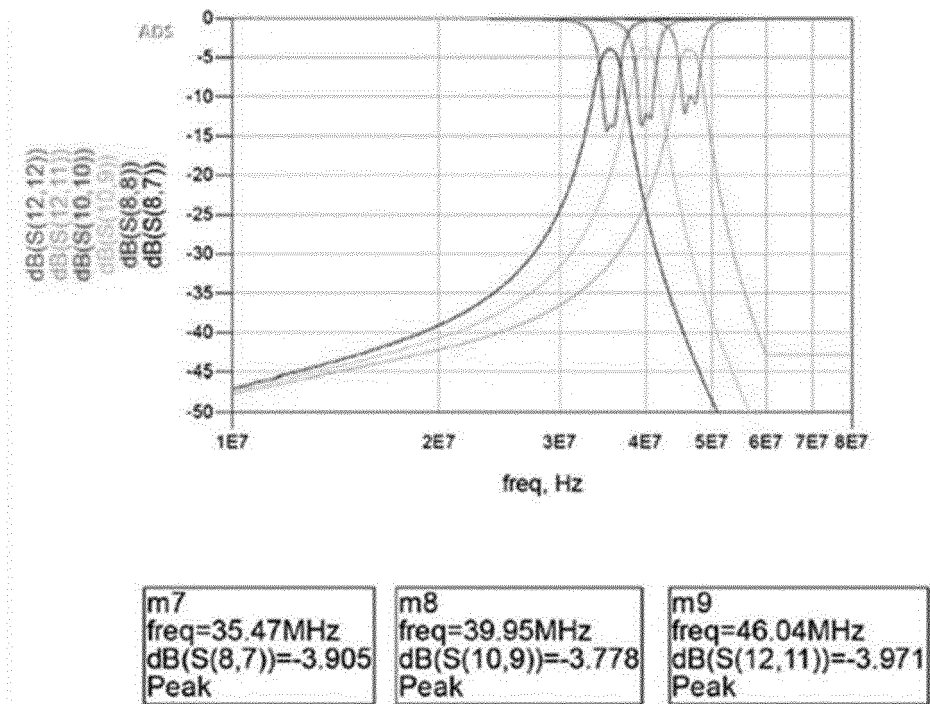


FIG. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 21 4192

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 0 109 096 A1 (HYDRO QUEBEC [CA]) 23 mai 1984 (1984-05-23) * page 4, ligne 18 - ligne 20; figures 1,2 *	1-14	INV. H01F3/10 H01F3/14 H01F21/06 H01F29/14
A	US 2010/254168 A1 (CHANDRASEKARAN SRIRAM [US]) 7 octobre 2010 (2010-10-07) * abrégé; figure 6 *	1-14	
A	EP 2 357 727 A1 (EMIF TECHNOLOGY LTD [CN]) 17 août 2011 (2011-08-17) * alinéa [0015]; figures 5a,5b *	1-14	
A	US 2 513 160 A (FRIEND ALBERT W) 27 juin 1950 (1950-06-27) * figure 2 *	10	
A	US 2011/234354 A1 (KAWARAI MITSUGU [JP]) 29 septembre 2011 (2011-09-29) * abrégé; figures 4,7c,8 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		27 mars 2024	Rouzier, Brice
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 23 21 4192

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-03-2024

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0109096	A1	23-05-1984	BR 7906797 A 17-06-1980
			CA 1118509 A 16-02-1982
			EP 0010502 A1 30-04-1980
			EP 0106371 A2 25-04-1984
			EP 0109096 A1 23-05-1984
			JP S5556608 A 25-04-1980
			JP S6040171 B2 10-09-1985
			US 4393157 A 12-07-1983

US 2010254168	A1	07-10-2010	CN 102356438 A 15-02-2012
			US 2010254168 A1 07-10-2010
			WO 2010114914 A1 07-10-2010

EP 2357727	A1	17-08-2011	CN 201656765 U 24-11-2010
			EP 2357727 A1 17-08-2011
			HK 1146620 A2 24-06-2011
			HK 1156738 A1 15-06-2012
			US 2011199751 A1 18-08-2011

US 2513160	A	27-06-1950	AUCUN

US 2011234354	A1	29-09-2011	CN 102187410 A 14-09-2011
			JP 5127060 B2 23-01-2013
			JP 2010135699 A 17-06-2010
			KR 20110039388 A 15-04-2011
			US 2011234354 A1 29-09-2011
			WO 2010067649 A1 17-06-2010

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- FR 3059496 [0003]