

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



11 Numéro de publication: **0 285 503 B1**

12

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

45 Date de publication de fascicule du brevet: **07.01.93** 51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01P 1/203**

21 Numéro de dépôt: **88400702.2**

22 Date de dépôt: **23.03.88**

54 **Filtre comportant des éléments à constantes réparties associant deux types de couplage.**

30 Priorité: **31.03.87 FR 8704486**

43 Date de publication de la demande:  
**05.10.88 Bulletin 88/40**

45 Mention de la délivrance du brevet:  
**07.01.93 Bulletin 93/01**

84 Etats contractants désignés:  
**DE FR GB IT NL**

56 Documents cités:  
**EP-A- 0 069 651**  
**EP-A- 0 117 178**  
**FR-A- 2 509 535**  
**US-A- 3 505 618**  
**US-A- 4 418 324**

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 10, no. 27 (E-378)[2084], 4 février 1986, page 10 E 378; & JP-A-60 185 402 (NIPPON DENKI K.K.) 20-09-1985**

**Idem**

73 Titulaire: **THOMSON-CSF**  
**51, Esplanade du Général de Gaulle**  
**F-92800 Puteaux(FR)**

72 Inventeur: **Giraudeau, Patrick**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris(FR)**  
Inventeur: **Rousseau, Philippe**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris(FR)**

74 Mandataire: **Benoit, Monique et al**  
**THOMSON-CSF SCPI B.P. 329**  
**F-92402 COURBEVOIE CEDEX(FR)**

**EP 0 285 503 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

L'invention concerne principalement un filtre comportant des éléments à constantes réparties utilisant au moins deux types de couplage différents.

Il est connu de réaliser des filtres à constantes réparties. Un tel filtre comporte des résonateurs. Le signal se propage par couplage entre les résonateurs consécutifs du filtre. Les filtres à constantes réparties sont réalisés en technologie stripline, les résonateurs étant déposés par métallisation sur une face d'un diélectrique à faible perte, la métallisation de la seconde face constituant le plan de masse.

Il est aussi connu de réaliser des filtres appelés combline comportant des résonateurs droits dont les extrémités, sont connectées, d'une part directement, et d'autre part à travers un condensateur variable, au plan de masse.

Les filtres de type combline présentent des difficultés de réalisation et d'obtention du filtrage désiré.

La proximité des condensateurs variables pose des problèmes d'encombrement pour la construction du filtre.

De plus, avant la réalisation de l'invention on croyait que le fait de rajouter des éléments à constantes localisées sur un filtre à constantes réparties en augmentait l'encombrement.

Il est également connu de l'article "Narrow-band stripline or microstrip filters with transmission zeros at real and imaginary frequencies" écrit par Kari T. Jokela publié dans IEEE transactions on microwave theory and techniques, vol MTT-28, N° 6, juin, 1980 de réaliser des filtres passe-bande comportant de très fortes atténuations aux extrémités de la bande passante. Les filtres décrits dans cet article comportent un nombre pair de résonateurs à constante répartie, des résonateurs placés symétriquement par rapport au centre du filtre étant couplés.

Les filtres selon la présente invention comportent des résonateurs à constantes réparties. Le signal se propage par couplage entre les résonateurs constitutifs du filtre. Comme il sera expliqué ci-dessous les filtres selon la présente invention comportent au moins deux types de couplage entre résonateurs successifs.

Dans le cas de filtres utilisant des résonateurs en forme de U, appelés aussi résonateurs en épingle à cheveux l'inversion de certains résonateurs en U par rapport à la disposition d'un filtre de type classique permet une connexion facile d'un coupleur transversal entre des résonateurs disposés symétriquement par rapport au centre du filtre. Par exemple pour réaliser un filtre comportant deux zones d'atténuation très importantes symétriques par rapport à la fréquence centrale du filtre. De tels

filtres sont utilisables par exemple pour réaliser des gabarits ou pour éliminer des lobes secondaires fréquentiels d'un signal électrique.

Il existe des filtres comportant au moins deux types de couplage décrits par le brevet japonais JP-A- 60 185 402. Ceux-ci contiennent un nombre impair de résonateurs en forme de U se chevauchant pour réaliser un premier type de couplage entre les côtés extérieurs des résonateurs et un deuxième type de couplage entre les côtés intérieurs des résonateurs.

Dans le cas d'utilisation de deux types de couplage d'un filtre de type combline on réalise l'éloignement des condensateurs à capacité variable ainsi, on obtient d'une part la diminution du couplage capacitif entre condensateurs, et d'autre part, on facilite l'implantation desdits condensateurs à capacité variable sur les filtres dans la mesure où ces condensateurs sont plus éloignés les uns des autres.

L'invention a principalement pour objet un filtre hyperfréquence tel que défini par la revendication 1.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après des figures données comme des exemples non limitatifs parmi lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un premier exemple de réalisation de filtre de type connu ;
- la figure 2 est un second exemple de réalisation de filtre de type connu ;
- la figure 3 est un premier exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 4 est un deuxième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 5 est un troisième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 6 est un quatrième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 7 est un cinquième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 8 est un sixième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 9 est une coupe selon AA' de la figure 8 ;
- la figure 10 est une courbe montrant la performance du dispositif de la figure 9 ;
- la figure 11 est une représentation d'un premier couplage utilisé dans le dispositif selon la présente invention ;
- la figure 12 est un second couplage utilisé dans les filtres selon la présente invention ;
- la figure 13 est un schéma équivalent du couplage de la figure 11 ;
- la figure 14 est un schéma équivalent du couplage de la figure 12 ;

- la figure 15 est une courbe de réponse d'un filtre selon la présente invention.

Sur les figures 1 à 15 on a utilisé les mêmes références pour désigner les mêmes éléments.

Sur la figure 1, on peut voir un exemple de réalisation des filtres à constantes réparties de type connu. Le filtre de la figure 1 comporte une pluralité de résonateurs 1 en forme de la lettre U. Les résonateurs sont aussi appelés résonateurs en épingle à cheveux (hairpin en terminologie anglo-saxonne). Chaque résonateur comporte deux branches de longueur L disposées symétriquement et orthogonalement par rapport à une base. Les résonateurs 1 sont disposés en quinconce et de manière à ce que les branches des deux résonateurs 1 successifs présentent un couplage électromagnétique.

Dans l'exemple illustré les filtres comportent six résonateurs 1 en U. Le premier et dernier résonateurs 1 en U sont couplés avec des moyens de connexion 2.

Dans l'exemple illustré sur la figure les moyens de connexion 2 comportent une branche de longueur L parallèle aux branches de premier et dernier résonateurs 1 ainsi qu'une bande métallisée orthogonale terminée par un trou métallisé 3.

La connexion électrique est réalisée au niveau du trou métallisé 3.

Les filtres illustrés sur la figure 1 présentent le désavantage qu'il est extrêmement difficile de réaliser le couplage, par l'intermédiaire d'un condensateur entre deux résonateurs 1 en U symétriques par rapport à l'axe transversal 16 du filtre. En effet, les résonateurs disposés symétriquement par rapport à un axe transversal 16 du filtre comportent des bases du U des côtés opposés du filtre, les métallisations devant rejoindre ces deux bases, par exemple du premier et du dernier résonateurs ou du second et du cinquième, risqueraient de perturber le fonctionnement du filtre.

Sur la figure 2, on peut voir un filtre de type connu dit combline. Les filtres illustrés sur la figure 2 comporte une pluralité de résonateurs droits 10. Les résonateurs droits 10 sont disposés parallèlement les uns par rapport aux autres. Chaque résonateur droit 10 est relié, par une première de ses extrémités à la masse 4, et par une seconde extrémité à une première armature d'un condensateur variable 5. La seconde armature du condensateur variable 5 est reliée à la masse 4.

Le filtre illustré sur la figure 2 peut présenter des couplages parasites entre les capacités de condensateur variable 5 et le résonateur 10 et entre les capacités elles-mêmes du fait de leur proximité. De plus, l'encombrement des condensateurs variables 5 pose des problèmes au niveau de la construction géométrique du filtre du fait de leur proximité.

Sur la figure 3, on peut voir un premier exemple de réalisation d'un filtre selon la présente invention. Le filtre de la figure 3 comporte des résonateurs 1 en forme de U. Les trois premiers résonateurs 1 en forme de U sont disposés en quinconce. Le quatrième résonateur 1 en forme de U a une base disposée du même côté que le troisième résonateur 1. En fait, dans l'exemple de réalisation illustrée sur la figure 3, le quatrième résonateur 1 ainsi que le cinquième et le sixième sont disposés symétriquement par rapport à l'axe transversal 16 du filtre par rapport aux troisième, deuxième et premier résonateurs 1 en U. L'extrémité des branches de chaque résonateur en U est susceptible d'être portée à la masse (non représentée sur la figure 3). Ainsi, les couplages entre le premier et le second résonateurs 1, le second et le troisième résonateurs 1, le quatrième et le cinquième résonateur 1 et le cinquième et le sixième résonateurs 1 sont de même type, les extrémités des branches de U susceptibles d'être portées à la masse étant à l'opposée par rapport à l'axe 160. Par contre, dans le couplage entre le troisième et le quatrième résonateurs 1 les extrémités des branches des résonateurs susceptibles d'être portées à la masse sont du même côté de l'axe 160. Le couplage entre le troisième et le quatrième résonateurs 1 est d'un type différent de ceux entre les autres résonateurs 1.

Le fait de disposer de deux types de couplage différents dans un même filtre utilisant des résonateurs en épingle à cheveux, ayant un nombre de résonateurs 1 pair permet de disposer des résonateurs 1 en U disposés symétriquement par rapport à l'axe transversal du filtre 16, ayant les bases d'un même côté du filtre. Ces bases sont susceptibles d'être reliées par l'intermédiaire, par exemple d'un condensateur de façon à former un filtre comportant deux zones de forte atténuation disposées symétriquement par rapport à la fréquence centrale du filtre.

L'axe 16 est un axe de symétrie du filtre. Le barycentre du filtre constitue l'intersection de l'axe 16 avec un axe longitudinal 160 orthogonal à l'axe 16.

Sur la figure 4, on peut voir un second exemple de réalisation d'un filtre selon la présente invention comportant des résonateurs 1 en U. Le filtre illustré sur la figure 4 comporte dix résonateurs. Les sept premiers résonateurs en U sont disposés en quinconce, comme dans un filtre de type classique. Le septième et le huitième résonateurs comportent des bras disposées du même côté. Les trois derniers résonateurs 1 en U, le huitième, le neuvième et le dixième sont disposés en quinconce.

Dans l'exemple illustré sur la figure 4 il est facile de connecter électriquement, par exemple

par l'intermédiaire d'un condensateur (non représenté) le premier résonateur 1 en U au dixième résonateur 1 en U, le deuxième résonateur 1 en U au neuvième résonateur 1 en U, ou le troisième résonateur 1 en U au huitième résonateur 1 en U.

Les filtres de la figure 3 et 4 sont donnés comme des exemples non limitatifs des dispositions des résonateurs 1 en forme de U. D'autres dispositions comme par exemple celles comportant plusieurs changements de couplage ne sortent pas du cadre de la présente invention.

Sur la figure 5, on peut voir un filtre de type combline selon la présente invention. Les filtres de la figure 5 comportent une pluralité de résonateurs droits à 10. Les résonateurs droits à 10 sont disposés parallèlement les uns par rapport aux autres. Le premier résonateur droit à 10 est relié, par une première de ces extrémités à la masse 4 et par une seconde extrémité à une première armature d'un condensateur variable 5. La seconde armature du condensateur variable 5 est reliée à la masse 4.

Le second résonateur droit 10 est relié à une première extrémité à une première armature d'un condensateur variable 5 ; la seconde armature du condensateur variable 5 est reliée à la masse 4 ; la seconde extrémité du résonateur droit 10 est reliée à la masse 4, etc...

Les condensateurs à capacité variable 5 sont ainsi plus éloignés les uns des autres que dans un filtre combline de type classique. Ainsi, on résout le problème d'encombrement des condensateurs à capacité variable 5 et on réduit le couplage parasite entre ces condensateurs.

Sur la figure 6, on peut voir un filtre selon la présente invention permettant d'obtenir deux zones de fortes atténuations, par exemple par rapport à la fréquence centrale de fonctionnement du filtre. Ces zones de fortes atténuations sont aussi appelées zéro du filtre.

Dans l'exemple illustré sur la figure 6 les filtres comportent huit résonateurs 1 en forme de U disposés symétriquement par rapport à l'axe transversal 16 du filtre. Les bases du troisième et du sixième résonateurs 1 en U sont reliées par l'intermédiaire d'un condensateur à capacité variable 55. Le condensateur 55 permet d'ajuster la courbe de réponse du filtre de la figure 6.

Il est bien entendu que d'autres résonateurs, disposés symétriquement par rapport à l'axe transversal du filtre 16 peuvent être reliés par l'intermédiaire d'un condensateur 55. Par exemple il est possible de relier le second et le septième résonateurs 1 en forme de U.

Sur la figure 7, on peut voir une variante de réalisation du filtre de la figure 6. La base de chaque résonateur 1 en U est connectée à une première armature d'un condensateur variable 5. La seconde armature du condensateur variable 5

est connectée à la masse 4.

Avantageusement, la connexion de la base des résonateurs 1 en U à la première armature des condensateurs à capacité variable 5 est effectuée au niveau d'un axe de symétrie 15 dudit résonateur 1 en U. Sur la figure 7, les condensateurs 5 sont représentés à l'extérieur des U formés par le résonateur 1. Il est bien entendu que les condensateurs variables 5 connectés à l'intérieur des U formés par le résonateur 1 ne sortent pas du cadre de la présente invention.

La présence de condensateurs à capacité variable 5 permet un ajustage fin du filtre.

De plus, la longueur L des branches des résonateurs 1 en U est inférieure dans le cas du dispositif de la figure 7 à celle du dispositif de la figure 1 ou de la figure 6. L est inférieure à  $\lambda_g/8$ ,  $\lambda_g$  étant la longueur d'onde guidée à la fréquence centrale du filtre. Ainsi, les filtres tels qu'illustrés sur la figure 7 présentent un encombrement moindre. Cette diminution d'encombrement est particulièrement importante pour la réalisation des filtres des équipements embarqués, par exemple à bord d'avions ou de satellites.

Sur la figure 8, on peut voir une variante de réalisation du dispositif de la figure 7. Les résonateurs 1 en forme de U sont reliés par une ligne de transmission 66, une capacité variable 77 étant câblée entre le milieu de cette ligne 66 et la masse 4, les résonateurs dans le cas de la figure sont respectivement le troisième et le sixième résonateurs 1 en forme de U. Lorsque l'on monte en fréquence (UHF, bande L, . . .), la valeur de la capacité 55 devient très faible. Par contre, la valeur de la capacité 77 reste plus facilement réalisable.

Sur la figure 8, on a illustré un exemple de réalisation dans lequel on a utilisé comme moyen de connexion un couplage direct 20. Le couplage direct 20 est une métallisation directement connectée sur le premier et dernier résonateurs 1 en U. Le couplage direct 20 permet de résoudre le problème de réalisation des couplages du type de la figure 7. En effet dans le cas de larges bandes passantes la gravure de l'espace de couplage est très faible ( $<100 \mu\text{m}$ ). L'endroit de la branche du résonateur en U à laquelle on effectue la connexion directe 20 est déterminé par le calcul par exemple en utilisant le logiciel spécifique développé pour la détermination des éléments du filtre. La connexion en bout de métallisation 20 constituant le couplage direct est réalisée par exemple par l'intermédiaire d'un trou métallisé 3. Il est bien entendu que la connexion directe n'est pas limitée à l'exemple de réalisation de la figure 8 mais peut être utilisée dans tous les exemples de réalisation du filtre selon la présente invention.

Avantageusement, les filtres selon la présente invention sont réalisés en technologie triplaque. Un

exemple de réalisation d'un filtre en technologie triplaque est illustré sur la figure 9. La figure 9 correspond à un détail de réalisation du filtre de la figure 8 vu en coupe selon l'axe AA'. En technologie triplaque les résonateurs 1 en forme de U sont placés sensiblement dans un plan inclus dans un diélectrique 7 à faible perte. Au moins deux faces du diélectrique sont recouvertes par une métallisation constituant le plan de masse 4. Avantageusement le diélectrique 7 à faible perte forme un parallélépipède rectangle dont les six faces sont recouvertes par des métallisations formant le plan de masse 4 dudit filtre. Les connexions verticales portent les références 13. Elles permettent, d'une part de connecter les extrémités des branches du résonateur 1 en U au plan de masse 4, et d'autre part de connecter le condensateur à capacité variable 5 à la base des résonateurs 1 en U.

Dans l'exemple illustré sur la figure 9 la métallisation du plan de masse 4 comporte des épargnes 9 évitant de court-circuiter les bases des résonateurs en U avec la masse.

Les condensateurs à capacité variable 5 sont représentés schématiquement sur la figure 9. Dans un exemple réel les condensateurs à capacité variable 5 seront implantés par exemple à la surface du filtre selon la présente invention. Dans le cas où le filtre selon la présente invention est enfermé dans un boîtier hermétique il est possible de laisser dépasser les vis de réglage des condensateurs à capacité variable 5.

La réalisation en technologie triplaque n'est pas limitée à l'exemple de réalisation du filtre selon l'invention de la figure 6. La technologie triplaque peut s'appliquer à tous les filtres selon la présente invention.

Sur la figure 10, on peut voir la courbe de réponse de deux filtres identiques l'un réalisé en technologie microstrip, l'autre réalisé en technologie triplaque. La courbe 24 correspond à la technologie triplaque. La courbe 23 correspond à la technologie microstrip. Le bruit généré est plus faible en technologie triplaque, le gain étant de l'ordre de 10 dB. La réduction de traînage est particulièrement importante dans les applications nécessitant une bonne rejection des signaux parasites.

Sur la figure 11, on peut voir une représentation symbolique d'un premier couplage entre deux résonateurs 1. Le couplage est effectué sur la figure 11 entre deux lignes 30 et 31 d'impédance  $Z_0$  et dont la longueur est égale à l'angle électrique  $\theta$ . La ligne 30 comporte une entrée au point A et une connexion à la masse 4. La ligne 31 comporte une sortie en un point B opposé au point A et une connexion à la masse 4.

Sur la figure 12, on peut voir une représentation symbolique d'un second couplage entre deux résonateurs 1. Le couplage est effectué sur la

figure 12 entre deux lignes 30 et 31 correspondant par exemple au couplage entre le quatrième et le cinquième résonateurs de la figure 8. La ligne 30 comporte une entrée au point A et une connexion à la masse 4. La ligne 31 comporte une sortie en un point B situé du même côté de la ligne 31 que le point A, et une connexion à la masse 4.

Sur la figure 13, on peut voir un schéma équivalent d'une portion du filtre selon la présente invention illustré sur la figure 11 établie d'après le livre de Matthaei édition 1980, *Microwaves Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures*. Une portion correspondant à deux branches couplées des deux résonateurs 1 (la capacité 5 n'est pas dans le schéma équivalent) correspond à une ligne série 21 et deux lignes parallèles 22 (stubs en terminologie anglo-saxonne) d'angle électrique  $\theta$ . La ligne 21 d'angle électrique  $\theta$  correspond au couplage entre deux résonateurs. La ligne 22 d'angle électrique  $\theta$  correspond aux branches des résonateurs 1 en forme de U. Avantageusement, on traduit le filtre que l'on veut obtenir en son schéma équivalent en utilisant les critères donnés dans l'ouvrage de Matthaei. Ainsi il est possible d'utiliser un logiciel de conception assisté par ordinateur pour la réalisation des filtres. On peut par exemple utiliser le logiciel de CAO, ESOPE, SUPERCOMPACT ou TOUCHSTONE.

Avantageusement, la traduction est effectuée par un calculateur auquel on indique le filtre que l'on veut obtenir.

Sur la figure 14, on peut voir un schéma équivalent d'une portion de filtre selon la présente invention correspondant à la représentation de la figure 12. Le schéma équivalent de la figure 14 diffère du schéma équivalent de la figure 13 par la présence entre les points A et B d'un stub série 210 d'angle électrique  $\theta$ .

Sur la figure 15, on peut voir la réponse en fréquence d'un exemple de réalisation du filtre selon la présente invention.

Sur l'axe des abscisses 47 on a porté la fréquence  $f$ . Sur l'axe des ordonnées 41 on a porté l'amplitude A. L'axe des ordonnées 41 est par exemple un axe dont l'échelle est logarithmique.

Un exemple de réponse en fréquence du filtre selon la présente invention porte la référence 43. Ce filtre permet d'obtenir deux zéros centrés sur les fréquences 44 et 46, par exemple disposées symétriquement par rapport à la fréquence centrale 45 du filtre. Les zéros 44 et 46 du filtre seront par exemple superposés à des lobes secondaires fréquentiels dans le signal électrique à filtrer, qui autrement seraient très gênants.

Avantageusement, pour obtenir un filtre de gabarit à partir du point 44 et avant le point 46 la courbe 43 est sensiblement verticale. Sur la plus grande partie centrée autour de la fréquence 45 la

courbe 43 est sensiblement horizontale.

La technologie selon la présente invention est utilisable à partir des hautes fréquences radioélectriques. Son efficacité est notamment très importante dans les bandes VHF, UHF et en bande L.

L'invention s'applique principalement à la réalisation des filtres, notamment des filtres hyperfréquences et au dispositif utilisant de tels filtres.

## Revendications

1. Filtre hyperfréquence ayant un axe longitudinal (160) comportant une pluralité de résonateurs (1, 10), chaque résonateur comportant au moins une extrémité portée à la masse (4), deux résonateurs (1, 10) successifs présentant une zone de couplage électromagnétique, les premier et dernier résonateurs (1, 10) étant reliés à des moyens de connexion (2, 20) du filtre, ledit filtre comportant un nombre pair de résonateurs (1, 10), les résonateurs ne se chevauchant pas, caractérisé par le fait que ledit filtre comporte au moins une zone de couplage entre résonateurs (1, 10) successifs dont les extrémités portées à la masse (4) sont du même côté de l'axe longitudinal (160) et au moins une zone de couplage entre résonateurs (1, 10) successifs dont les extrémités portées à la masse (4) sont de chaque côté de l'axe longitudinal (160). 10
2. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les résonateurs (1) sont on forme de U. 15
3. Filtre selon les revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'il comporte un axe de symétrie transversal (16). 20
4. Filtre selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les résonateurs (10) sont des résonateurs droits connectés à l'une de leur extrémité à un condensateur à capacité variable. 25
5. Filtre selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé par le fait que deux résonateurs (1) en U disposés symétriquement par rapport à l'axe de symétrie transversal (16) du filtre sont reliés électriquement par l'intermédiaire d'un condensateur à capacité variable (55). 30
6. Filtre selon la revendication 5, caractérisé par le fait que deux résonateurs (1) en U disposés symétriquement par rapport à l'axe de symétrie transversal (16) du filtre sont directement reliés électriquement par l'intermédiaire du condensateur à capacité variable (55), les bases de tous les résonateurs (1) en forme de U 35

étant reliées à des premières armatures des condensateurs (5), dont les secondes armatures sont reliées à la masse (4).

7. Filtre selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé par le fait que deux résonateurs (1) en U disposés symétriquement par rapport à l'axe de symétrie transversal (16) du filtre sont reliés électriquement par l'intermédiaire d'une ligne de transmission (66), une capacité ajustable (77) étant câblée entre le centre de cette ligne et la masse (4). 40
8. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les résonateurs (1) en forme de U sont placés sensiblement sur un plan inclus dans un diélectrique (7) à faibles pertes, au moins deux faces du diélectrique (7) étant recouvertes par une métallisation constituant le plan de masse (4) du filtre. 45
9. Filtre selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le diélectrique (7) à faibles pertes forme un parallélépipède rectangle dont les six faces sont recouvertes par des métallisations formant la masse (4) dudit filtre. 50
10. Filtre selon la revendication 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 ou 9, caractérisé par le fait que les extrémités des résonateurs (1) en U sont connectées électriquement à la masse (4). 55

## Claims

1. A radio-frequency filter having a longitudinal axis (160) comprising a plurality of resonators (1, 10), each resonator comprising at least one extremity carried to earth (4), two successive resonators (1, 10) having an electromagnetic coupling zone, the first and last resonators (1, 10) being connected to connection means (2, 20) of the filter, said filter comprising an even number of resonators (1, 10), the resonators not overlapping, characterised by the fact that said filter comprises at least one coupling zone between successive resonators (1, 10), the extremities carried to earth (4) of which are on the same side of the longitudinal axis (160) and at least one coupling zone between successive resonators (1, 10), the extremities carried to earth (4) of which are on either side of the longitudinal axis (160). 60
2. A radio-frequency filter according to Claim 1, characterised by the fact that the resonators (1) are U-shaped. 65

3. A filter according to Claims 1 or 2, characterised by the fact that it comprises an axis of transverse symmetry (16).
4. A filter according to Claim 1, characterised by the fact that the resonators (10) are straight resonators connected at one of their extremities to a variable capacitor. 5
5. A filter according to Claim 1, 2 or 3, characterised by the fact that two U-shaped resonators (1) disposed symmetrically relative to the axis of transverse symmetry (16) of the filter are electrically connected through the intermediary of a variable capacitor (55). 10  
15
6. A filter according to Claim 5, characterised by the fact that two U-shaped resonators (1) disposed symmetrically in relation to the axis of transverse symmetry (16) of the filter are directly connected electrically, through the intermediary of the variable capacitor (55), the bases of all the U-shaped resonators (1) being connected to first armatures of the capacitors (5), the second armatures of which are connected to earth (4). 20  
25
7. A filter according to Claim 1, 2 or 3, characterised by the fact that two U-shaped resonators (1) disposed symmetrically relative to the axis of transverse symmetry (16) of the filter are electrically connected through the intermediary of a transmission line (66), an adjustable capacitor (77) being wired between the centre of this line and earth (4). 30  
35
8. A filter according to any one of the preceding claims, characterised by the fact that the U-shaped resonators (1) are placed substantially on a plane included in a low-loss dielectric (7), at least two faces of the dielectric (7) being covered by a metallisation constituting the earth plane (4) of the filter. 40
9. A filter according to Claim 8, characterised by the fact that the low-loss dielectric (7) forms a rectangular parallelepiped, the six faces of which are covered with metallisations forming the earth (4) of said filter. 45  
50
10. A filter according to Claim 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 or 9, characterised by the fact that the extrimities of the U-shaped resonators (1) are electrically connected to earth. 55

#### Patentansprüche

1. Mikrowellenfilter mit einer Längsachse (160)

und mehreren Resonatoren (1, 10), die je mindestens ein an Masse (4) liegendes Ende besitzen, wobei zwei aufeinanderfolgende Resonatoren (1, 10) eine elektromagnetische Koppelzone aufweisen und der erste und der letzte Resonator (1, 10) mit Anschlußmitteln (2, 20) des Filters verbunden sind und wobei das Filter eine gerade Anzahl von Resonatoren (1, 10) besitzt, die sich nicht überlappen, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter mindestens eine Koppelzone zwischen aufeinanderfolgenden Resonatoren (1, 10) aufweist, deren an Masse liegende Enden (4) auf derselben Seite der Längsachse (160) angeordnet sind, und mindestens eine Kopplungszone zwischen aufeinanderfolgenden Resonatoren, deren an Masse (4) liegenden Enden auf jeder Seite der Längsachse (160) angeordnet sind.

2. Mikrowellenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonatoren (1) U-förmige Resonatoren sind.
3. Filter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Symmetrieachse (16) in Querrichtung besitzt.
4. Filter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonatoren (10) geradlinige Resonatoren sind, die mit einem ihrer Enden an einen Kondensator variabler Kapazität angeschlossen sind.
5. Mikrowellenfilter nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei U-förmige Resonatoren (1), die symmetrisch bezüglich der Quer-Symmetrieachse (16) des Filters angeordnet sind, elektrisch über einen Kondensator mit variabler Kapazität (55) miteinander verbunden sind.
6. Filter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwei U-förmige Resonatoren (1), die symmetrisch bezüglich der Quer-Symmetrieachse (16) des Filters angeordnet sind, unmittelbar elektrisch über den Kondensator (55) mit variabler Kapazität miteinander verbunden sind, wobei die Basen aller U-förmigen Resonatoren (1) an erste Pole der Kondensatoren (5) angeschlossen sind, deren zweite Pole an Masse (4) liegen.
7. Filter nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei U-förmige Resonatoren (1), die symmetrisch bezüglich der Quer-Symmetrieachse (16) des Filters angeordnet sind, elektrisch über eine Übertragungsleitung (66) miteinander verbunden sind, wobei eine

abstimmbare Kapazität (77) zwischen das Zentrum dieser Leitung und Masse (4) eingeschaltet ist.

8. Filter nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die U-förmigen Resonatoren (1) im wesentlichen auf einer in einem verlustarmen Dielektrikum (7) enthaltenen Ebene liegen, wobei mindestens zwei Seiten des Dielektrikums (7) mit einem die Masseebene (4) des Filters bildenden Metallbelag bedeckt sind. 5  
10
9. Filter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das verlustarme Dielektrikum (7) ein rechteckiges Parallelepiped bildet, dessen sechs Seiten durch die Masse (4) des Filters bildende Metallbeläge bedeckt sind. 15
10. Filter nach Anspruch 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der U-förmigen Resonatoren (1) elektrisch mit Masse (4) verbunden sind. 20

25

30

35

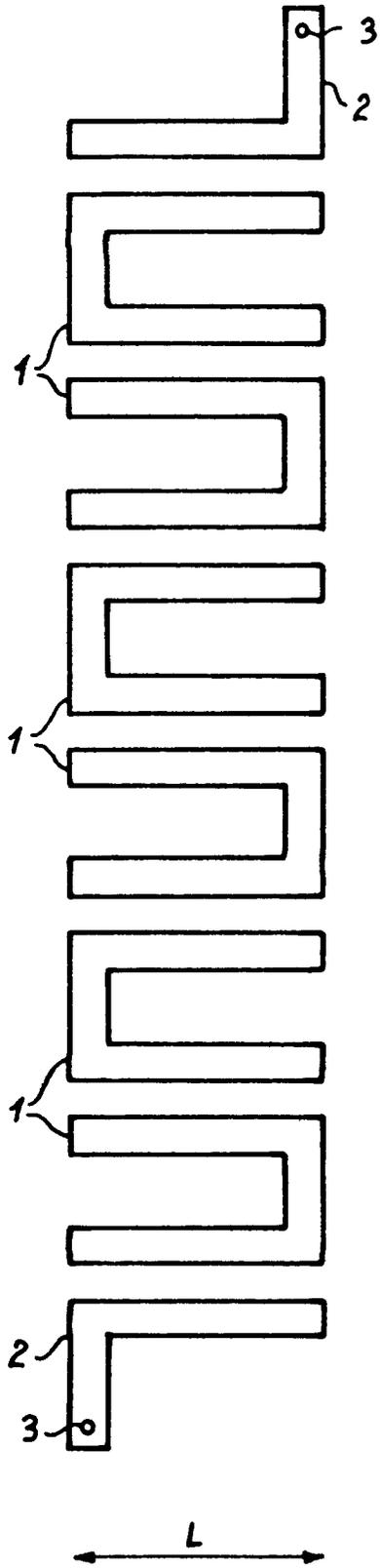
40

45

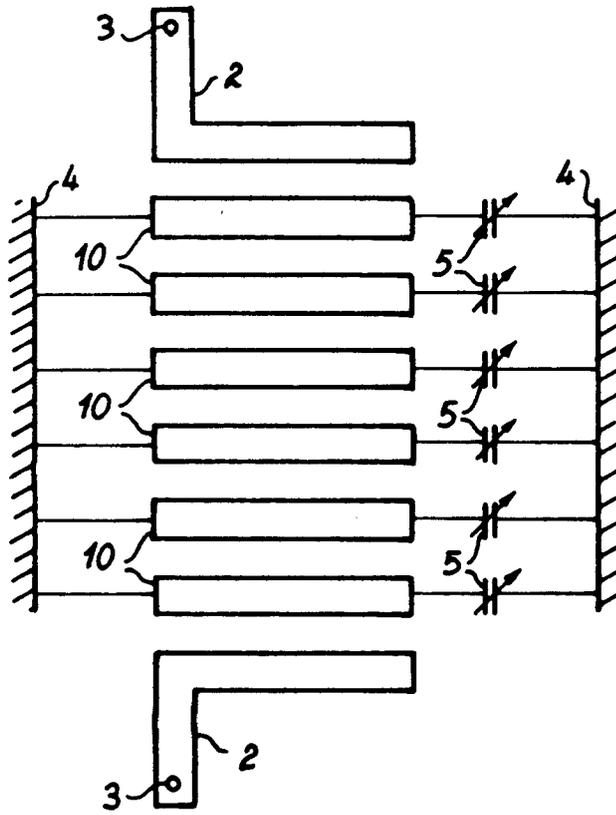
50

55

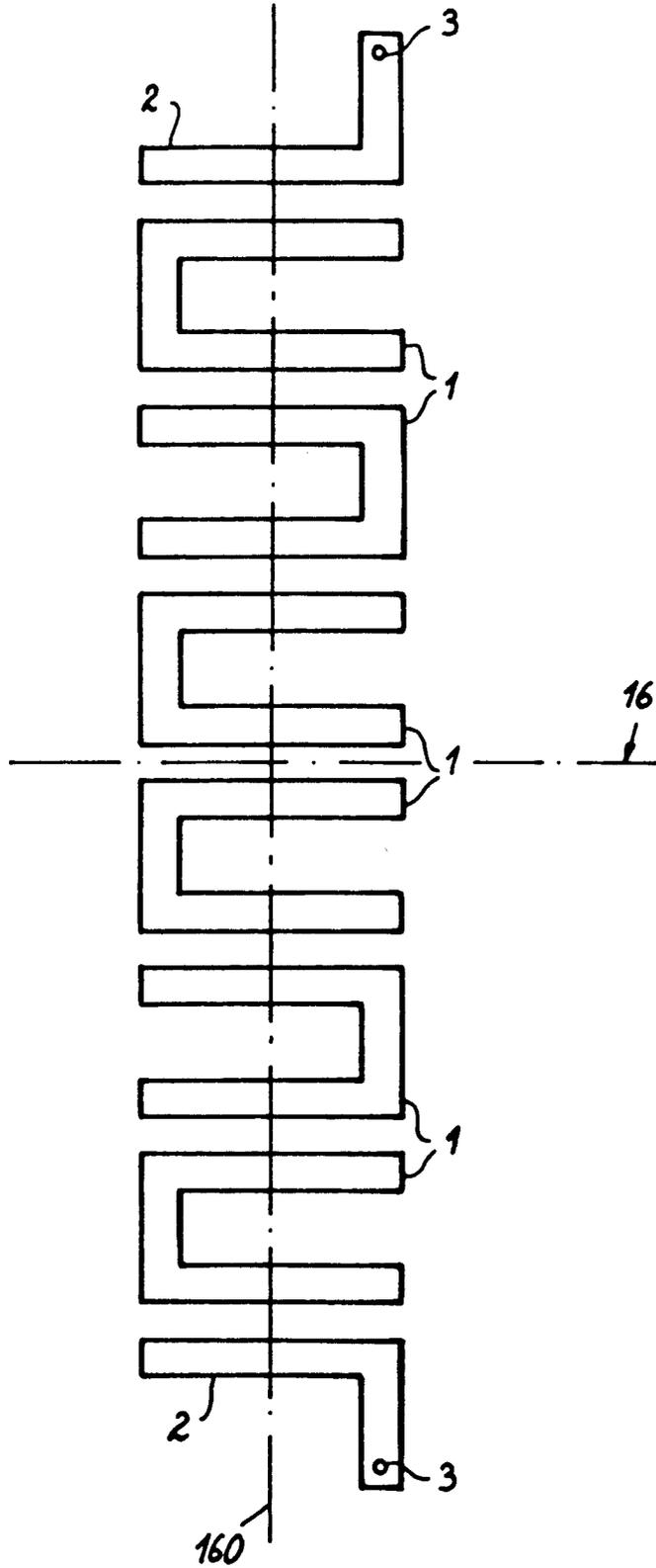
FIG\_1

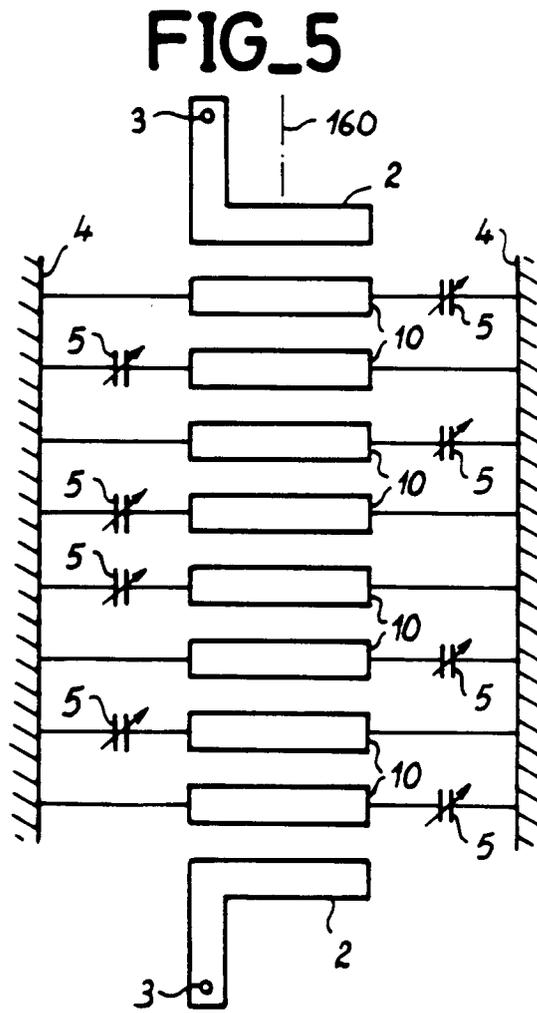
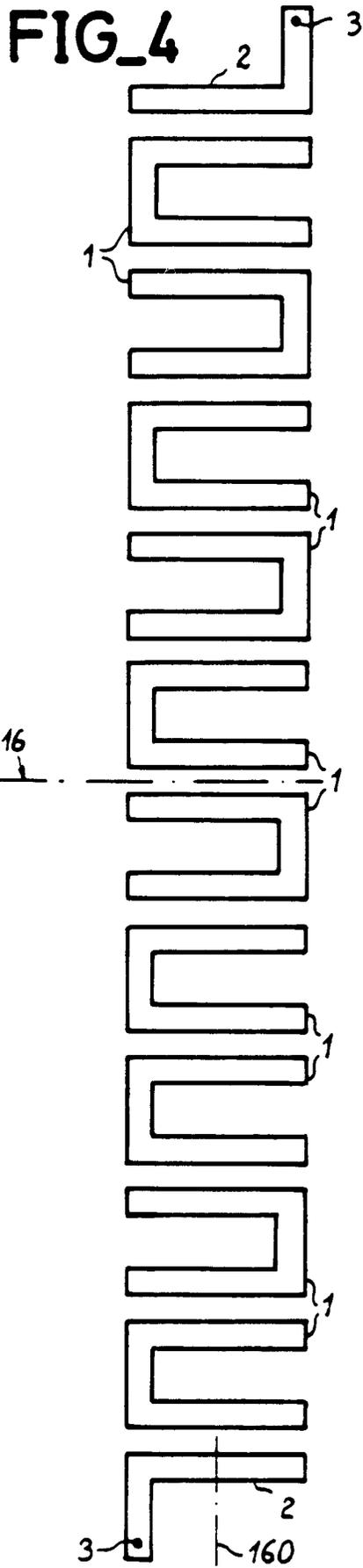


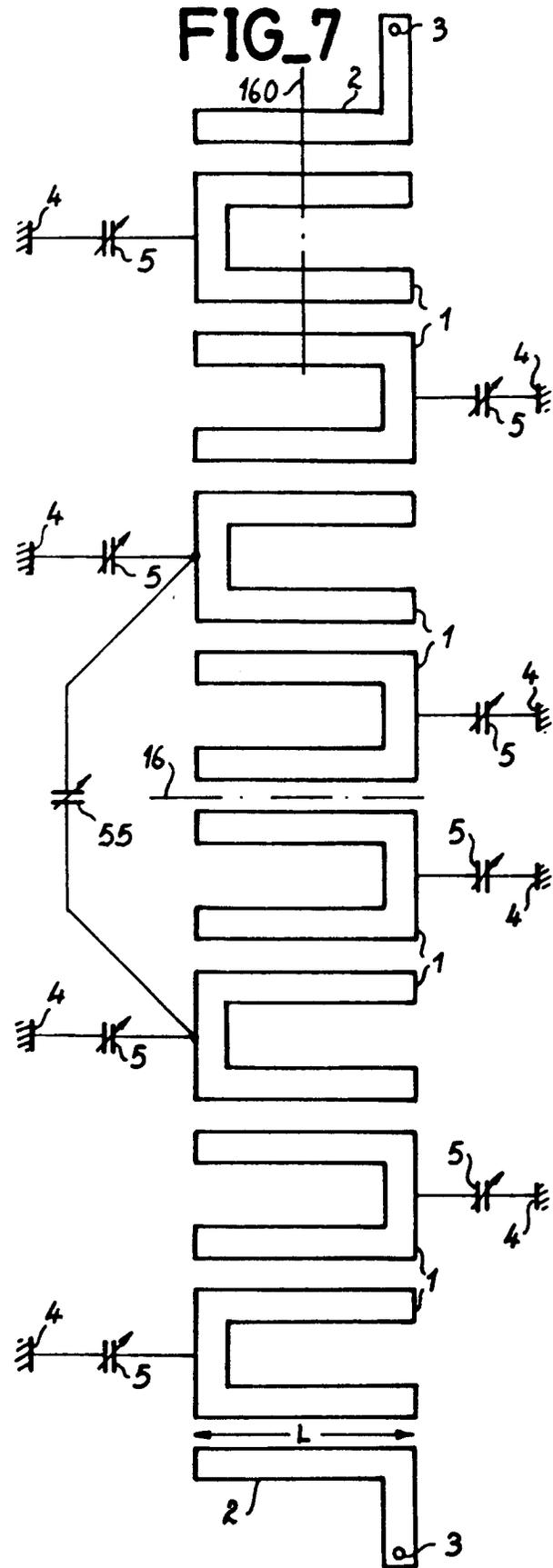
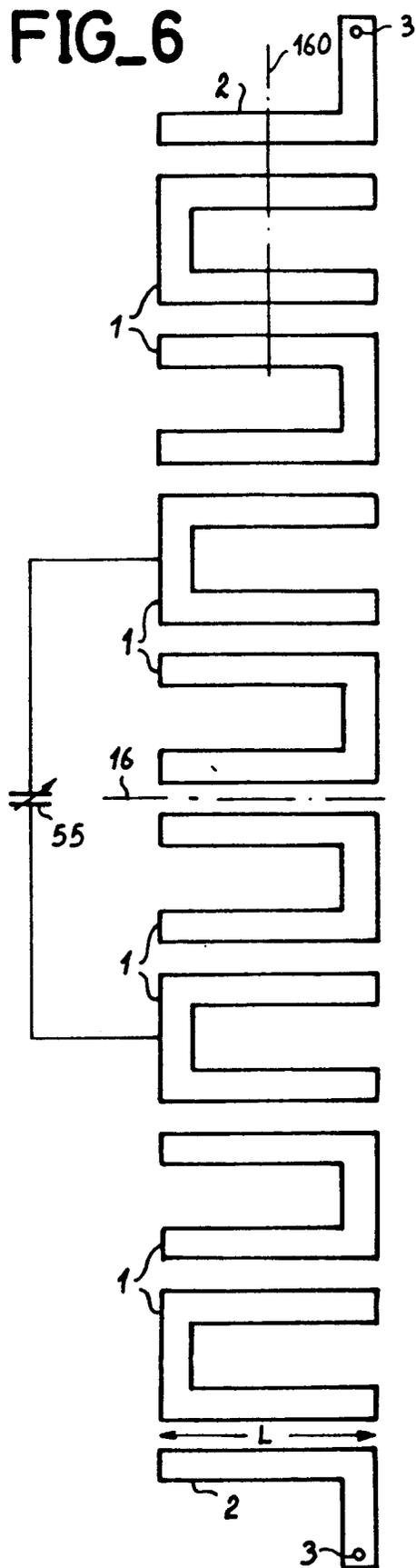
FIG\_2



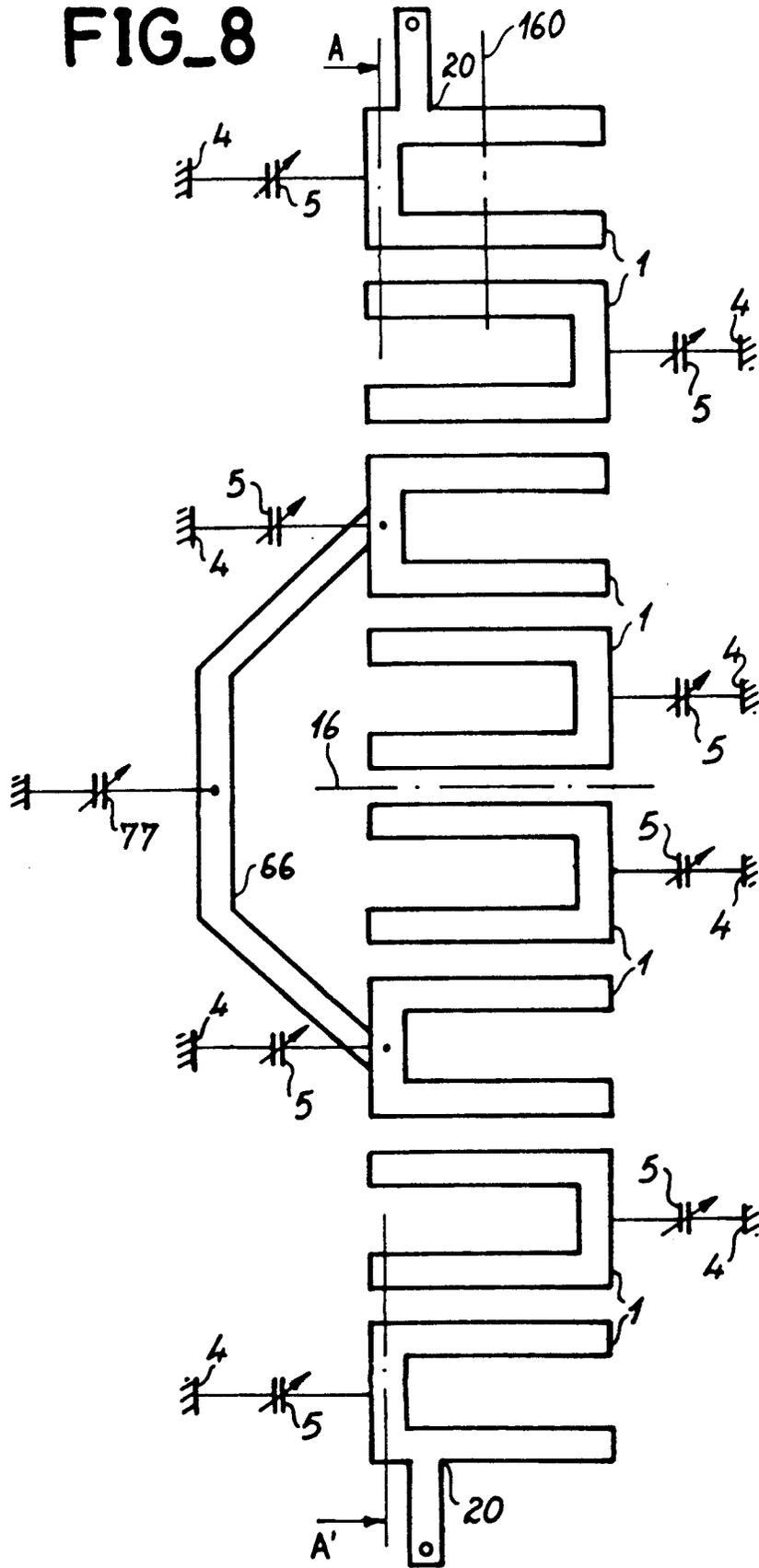
FIG\_3



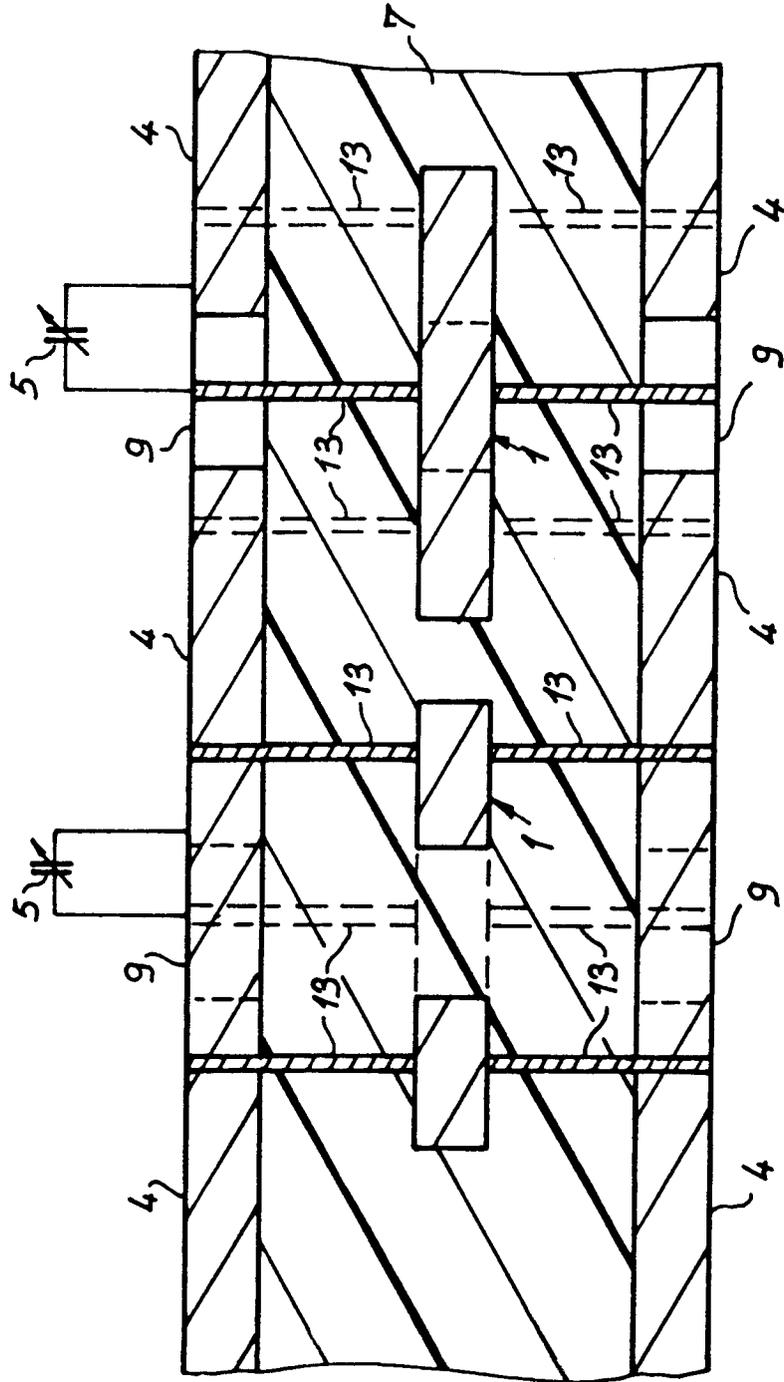




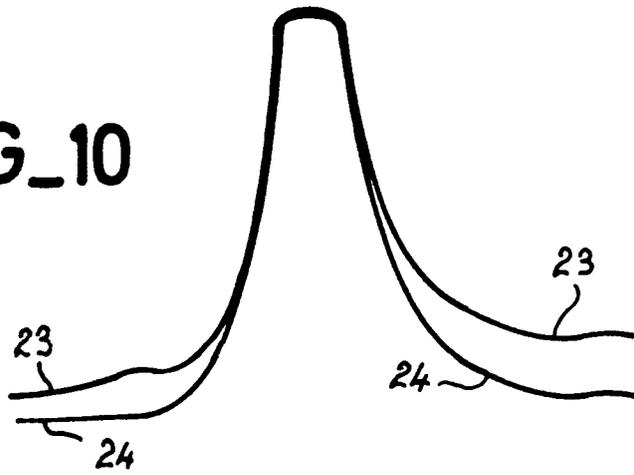
FIG\_8



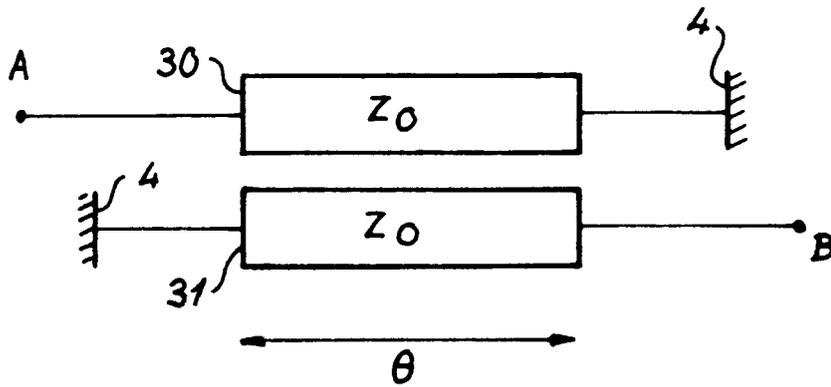
FIG\_9



FIG\_10



FIG\_11



FIG\_12

