

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 613 538

21 N° d'enregistrement national :

87 04485

51 Int Cl<sup>4</sup> : H 01 P 1/201.

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31 mars 1987.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 7 octobre 1988.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

71 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF. — FR.

72 Inventeur(s) : Patrick Giraudeau et Philippe Rousseau,  
Thomson-CSF SCPI.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Aleksander Hurwic, Thomson-CSF SCPI.

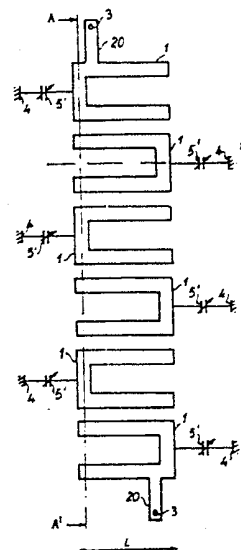
54 Filtre hyperfréquence.

57 L'invention se rapporte aux filtres hyperfréquences.

L'invention a principalement pour objet un filtre hyperfréquence comportant des résonateurs en U chaque résonateur 1 étant connecté à au moins une capacité variable 5. Les condensateurs à capacité variable 5 permettent l'ajustage du filtre.

Dans une variante particulièrement avantageuse de l'invention les condensateurs à capacité variable 5 sont connectés aux résonateurs 1 en forme de U sensiblement au niveau de l'axe de symétrie 15 des résonateurs 1.

L'invention s'applique principalement à la réalisation des filtres hyperfréquences et aux dispositifs utilisant de tels filtres.



FR 2 613 538 - A1

D

FILTRE HYPERFREQUENCE

La présente invention se rapporte aux filtres, notamment aux filtres hyperfréquences.

En électronique, et notamment en hyperfréquence il est primordial de pouvoir effectuer le filtrage d'un signal.

Il est connu de réaliser des filtres hyperfréquences comportant des éléments discrets, appelés filtres à constante localisée. Ces filtres présentent un encombrement important, particulièrement pour les plus basses fréquences. Cet encombrement se caractérise le plus souvent par une grande épaisseur due à la taille et au nombre de self-inductances utilisées. Les filtres à constante localisée sont d'un coût de fabrication très élevée, la reproductibilité étant difficile.

D'autre part, il est connu de réaliser des filtres à constante répartie. Un tel filtre comporte des résonateurs. Le signal se propage par couplage entre les résonateurs consécutifs du filtre. Les filtres à constante répartie 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.

Enfin, il est 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. De plus la proximité des condensateurs variables pose des problèmes d'encombrement pour la construction du filtre, ainsi que des problèmes de couplages parasites. De plus, avant la réalisation de l'invention on croyait que le fait de rajouter des éléments à constantes localisées sur un filtre à constante répartie en augmentait l'encombrement.

Les filtres selon la présente invention comportent des résonateurs en U, aussi appelés en épingle à cheveux (hairpine en terminologie anglo-saxonne) connectés à au moins un condensateur variable. La présence du condensateur variable permet d'ajuster, dans une très large plage la réponse en fréquence du filtre construit.

Les filtres selon la présente invention présentent une excellente reproductibilité du fait que la plage de réglage est très large. Ainsi, il est possible de compenser la variation de fabrication provenant notamment des trous métallisés influençant la réponse en fréquence du filtre, des variations de tolérance sur la permittivité diélectrique  $\epsilon_R$  ou des effets des bouts de ligne.

De plus, le réglage permet d'avoir un filtre unique pour une large bande de fréquence.

De plus il est possible d'éloigner les capacités ainsi de limiter le couplage entre les capacités et les résonateurs tout en exploitant au mieux la surface du filtre pour l'implantation mécanique desdites capacités.

De plus, le schéma équivalent des filtres selon la présente invention est extrêmement simple ce qui permet la traduction, par l'intermédiaire des schémas équivalents des filtres selon la présente invention. A partir de ces schémas la géométrie des filtres est susceptible d'être générée par des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO).

L'invention a principalement pour objet un filtre hyperfréquence comportant une pluralité de résonateurs en forme de U, deux résonateurs successifs présentant une zone de couplage électromagnétique, les premier et dernier résonateurs en U étant reliés à des moyens de connexion du filtre, caractérisé par le fait que chaque résonateur en U est connecté électriquement à au moins un condensateur variable.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après et 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 ;
- 5 - 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 ;
- 10 - la figure 6 est un quatrième exemple de réalisation de filtre selon la présente invention ;
- la figure 7 est une coupe selon la ligne AA' de la figure 6 ;
- la figure 8 est un premier exemple de schéma électrique équivalent d'un couplage entre deux résonateurs du filtre de la figure 6 ;
- 15 - la figure 9 est un second exemple de schéma électrique équivalent d'un couplage entre deux résonateurs de l'exemple de réalisation de la figure 6 du filtre selon la présente invention.
- 20 - la figure 10 est une courbe montrant les performances du dispositif de la figure 7.

Sur les figures 1 à 10 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 constante répartie 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.

5 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.

10 Les filtres illustrés sur la figure 1 présentent le désavantage d'être d'une réalisation difficile et donc, pour une tolérance de fabrication donnée d'un rendement médiocre. En effet le bord des lignes ainsi que les trous métallisés 3 peuvent influencés la réponse en fréquence du filtre de type  
15 connu.

De plus ces filtres sont d'un grand encombrement par rapport à la réalisation préférée du dispositif selon la présente invention. Le filtre de la figure 1 est réalisé en technologie stripline. Les motifs illustrés sur la figure sont  
20 des métallisations déposées à la surface d'un diélectrique à faible perte, comme par exemple le PTFE. L'autre face du support en diélectrique à faible perte comporte une métallisation constituant le plan de masse.

Sur la figure 2, on peut voir un filtre de type connu dit  
25 combine. 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  
30 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  
35 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 du dispositif selon la présente invention. Le filtre de la figure 3 comporte des résonateurs 1 en U dont les extrémités des deux branches sont reliées à la masse 4 par l'intermédiaire de condensateurs à capacité variable 5. La présence de condensateurs à capacité variable 5 permet un ajustage fin du filtre particulièrement nécessaire avec les résonateurs en forme de U. Toutefois, le réglage est délicat du fait de la nécessité de tenir compte du réglage d'un condensateur variable 5 lors du réglage du second condensateur 5 relié à un même résonateur 1. Dans l'exemple illustré sur la figure 3 le filtre comporte cinq résonateurs 1, il est bien entendu qu'un nombre différent ne sort pas du cadre de la présente invention.

Sur la figure 4, on peut voir un deuxième exemple de réalisation du dispositif selon la présente invention. Les filtres selon la présente invention comporte une pluralité de résonateurs en forme de U. Dans l'exemple illustré sur la figure 4 le filtre comporte sept résonateurs, il est bien entendu qu'un nombre différent de résonateurs ne sort pas du cadre de la présente invention.

L'extrémité d'une première branche de chaque résonateur 1 en U est reliée à une première armature d'un condensateur à capacité variable 5. La seconde armature de chaque condensateur à capacité variable 5 est reliée à la masse 4.

D'autre part, l'extrémité de la seconde branche de chaque résonateur en U est reliée à la masse 4.

L'utilisation d'un condensateur unique par résonateur 1 en U permet de faciliter le réglage du filtre.

Sur la figure 5, on peut voir un troisième exemple de réalisation du filtre selon la présente invention. Les filtres illustrés sur la figure 5 comportent cinq résonateurs 1 en U. Il

est bien entendu que l'utilisation d'un nombre différent de résonateurs en U ne sort pas du cadre de la présente invention.

Les extrémités des deux branches de chaque résonateur 1 en U sont reliées par l'intermédiaire d'un condensateur à capacité variable 5. La variation de la capacité des condensateurs variables 5 permet l'ajustage du filtre.

Sur la figure 6, on peut voir une variante de réalisation particulièrement avantageuse du filtre selon la présente invention. Dans l'exemple non limitatif illustré sur la figure 6 les filtres comportent six résonateurs 1 en U. La base de chaque résonateur 1 en U est connectée à une première armature d'un condensateur variable 5. La seconde armature des condensateurs variables 5 est connectée à la masse 4.

Avantageusement, la connexion de la base du résonateur 1 en U à la première armature du condensateur à capacité variable 5 est effectuée au niveau d'un axe de symétrie dudit résonateur 1 en U. Sur la figure 6, 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 les résonateurs 1 ne sort pas du cadre de la présente invention.

La capacité d'un condensateur variable 5 est quatre fois supérieure à celle nécessaire aux autres réalisations du dispositif selon la présente invention. Ainsi, il est plus facile d'effectuer le réglage du filtre de la figure 6 et surtout la valeur de la capacité reste réalisable physiquement si l'on monte en fréquence (bande L, . . .).

Pour les divers exemples de réalisation du filtre selon la présente invention on a utilisé par exemple les condensateurs vendus sous la référence de Thintrim : 9402.0, 9402.1 ou 9402.2 vendus par la Société Tekelec Airtronic.

La longueur L des branches des résonateurs 1 en U est inférieure à  $\lambda_g/8$  dans le cas du dispositif de la figure 6, pour  $\lambda_g/4$  nécessaire à la réalisation d'un même filtre en utilisant des résonateurs en U de l'art antérieur. Ainsi les

filtres réalisés selon la présente invention ont un encombrement moindre. Cette diminution d'encombrement est particulièrement importante pour la réalisation des filtres des équipements embarqués par exemple à bord d'avion ou de satellite.

5 Sur la figure 6 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 supprime le problème posé dans le cas de  
10 larges bandes passantes. En effet, dans ce cas, la distance d'un couplage électromagnétique est difficilement réalisable ( $< 100 \mu\text{m}$ ). L'endroit de la branche du résonateur en U à laquelle on effectue la connexion directe 20 est déterminé par le calcul en utilisant le logiciel spécifique développé pour le  
15 calcul 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 6 mais peut être utilisée dans les  
20 exemples de réalisation du filtre selon la présente invention illustrée par les figures 3, 4 et 5.

De plus, le comportement du filtre illustré sur la figure 6 varie peu avec la température. En effet l'influence de la température à des effets contraires sur les résonateurs 1 en  
25 forme de U et sur les condensateurs 5, ces effets contraires se compensant largement.

Avantageusement, les filtres selon la présente invention sont réalisés en technologie triplaque. Un exemple de réalisation d'un filtre en technologie triplaque est illustré  
30 sur la figure 7. La figure 7 correspond à un détail de réalisation du filtre de la figure 6 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  
35 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  
5 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 7 la métallisation du  
10 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 7. Dans un exemple réel les  
condensateurs à capacité variable 5 seront implantés par exemple  
15 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  
20 l'exemple de réalisation du filtre selon l'invention de la  
figure 6. La technologie triplaque peut aussi s'appliquer aux  
filtres selon la présente invention illustrés par les figures 3,  
4 et 5.

Sur la figure 8, on peut voir une représentation symbolique  
25 du couplage entre deux résonateurs 1. Le couplage est effectué  
sur la figure 8 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  
30 point A et une connexion à la masse.

Sur la figure 9, on peut voir un schéma équivalent d'une  
portion du filtre selon la présente invention établie d'après le  
livre de Matthaei édition 1980, Microwave Filters, Impedance  
Matching Networks and Coupling Structures. Une portion  
35 correspondant à deux branches couplées des deux résonateurs 1

(le condensateur variable 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  
5 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  
10 logiciel de conception assisté par ordinateur pour leur réalisation, 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.

15 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 obtenu est plus faible en  
20 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.

Un avantage important du filtre selon la présente invention  
25 réside dans le rendement de fabrication fortement amélioré, les variations de caractéristiques du filtre pouvant être rattrapées par le réglage des condensateurs à capacité variable 5.

Ainsi, il est possible d'intégrer sur un même circuit imprimé hyperfréquence un filtre et un circuit actif comme par  
30 exemple un amplificateur. Le risque que le circuit entier ne présente pas les caractéristiques désirées du fait d'un filtre défaillant est réduit dans de très larges proportions en utilisant le filtre selon la présente invention.

Dans un exemple de réalisation un filtre selon la présente  
35 invention correspondant à la figure 6 a été optimisé pour

fonctionner à 728 MHz. Ce filtre a parfaitement fonctionné, sans détérioration du comportement aux fréquences 800 MHz, 958 MHz et 1 GHz. La technologie selon la présente invention est utilisable à partir de hautes fréquences radioélectriques. Son efficacité est notablement très importante dans les bandes VHF, UHF et en bande L.

L'invention s'applique principalement à la réalisation des filtres hyperfréquences et aux dispositifs utilisant de tels filtres.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Filtre hyperfréquence comportant une pluralité de résonateurs (1) en forme de U, deux résonateurs (1) successifs présentant une zone de couplage électromagnétique, les premier et dernier résonateurs (1) en U étant reliés à des moyens de connexion (2, 20) du filtre, caractérisé par le fait que chaque résonateur (1) en U est connecté électriquement à au moins un condensateur variable (5).

2. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé par le fait que chaque extrémité de chaque résonateur (1) en U est connectée électriquement à une première armature d'un condensateur variable (5) les secondes armatures desdits condensateurs variables (5) étant reliées à la masse (4).

3. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'une première extrémité de chaque résonateur (1) en U est connectée électriquement à une première armature d'un condensateur variable (5), les secondes armatures desdits condensateurs variables (5) ainsi que les secondes extrémités de chaque résonateur (1) en U étant reliées à la masse (4).

4. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les extrémités des résonateurs (1) en U sont reliées par l'intermédiaire d'un condensateur variable (5).

5. Filtre hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé par le fait que chaque résonateur (1) en U est connecté à un condensateur variable (5) sensiblement au niveau de l'axe de symétrie (15) desdits résonateurs (1).

6. Filtre selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la longueur L de chaque branche des résonateurs (1) en U est inférieure à  $\lambda_g/8$ ,  $\lambda_g$  étant la longueur d'onde de la fréquence centrale des ondes propagées par le filtre.

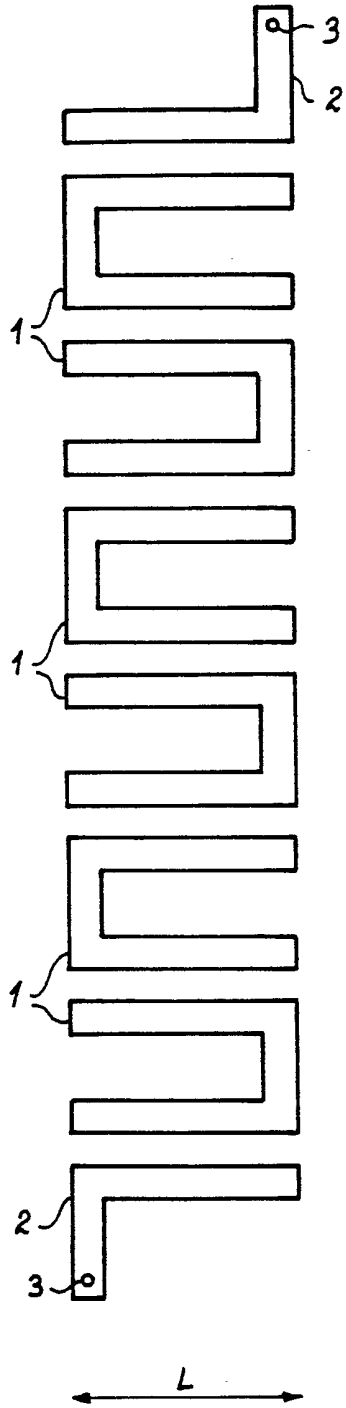
5 7. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les moyens de connexion (2, 20) du filtre comporte des bandes métalliques (20) connectées électriquement au premier et au dernier résonateur (1) en U.

10 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  
15 constituant le plan de masse (4) du filtre.

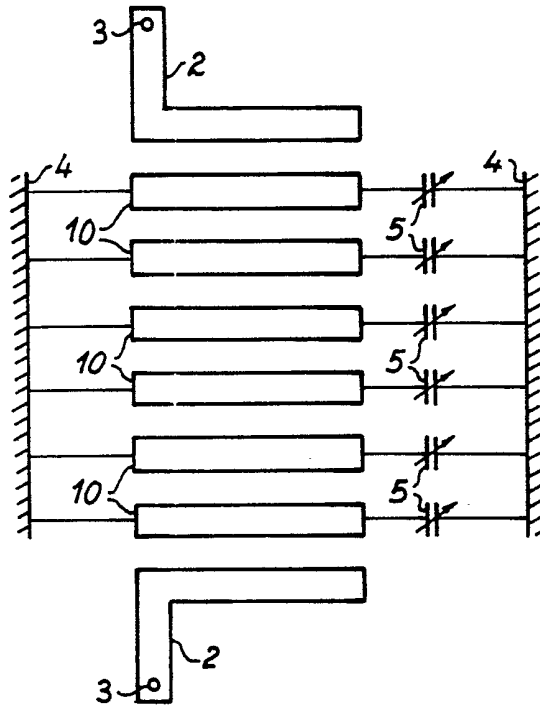
9. Filtre selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le diélectrique (7) à faibles pertes forme un parallélépipède rectangle dont les six faces sont recouvertes par des métallisations formant la masse (4) dudit filtre.

20 10. Filtre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les extrémités des résonateurs (1) en U sont connectées électriquement à la masse (4).

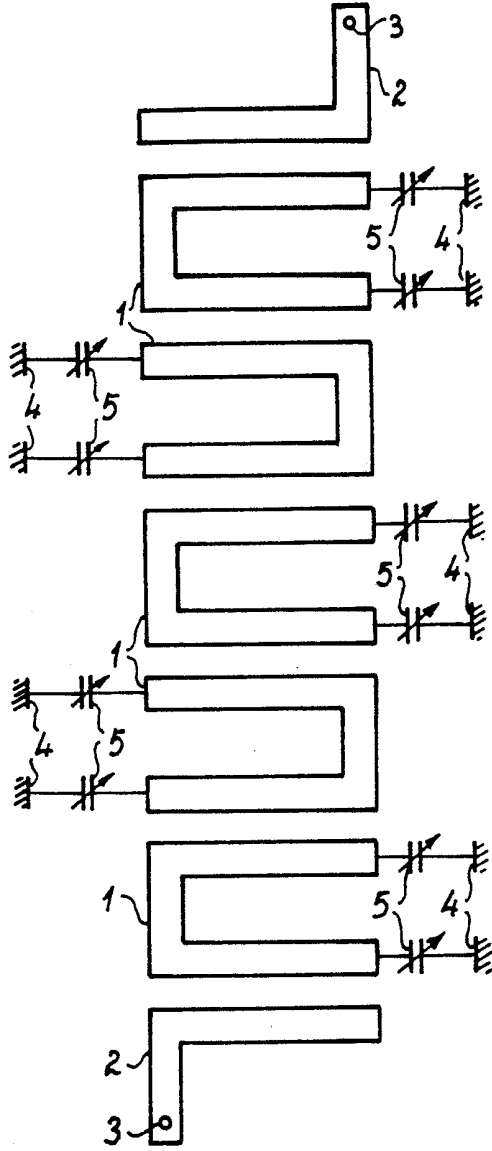
FIG\_1



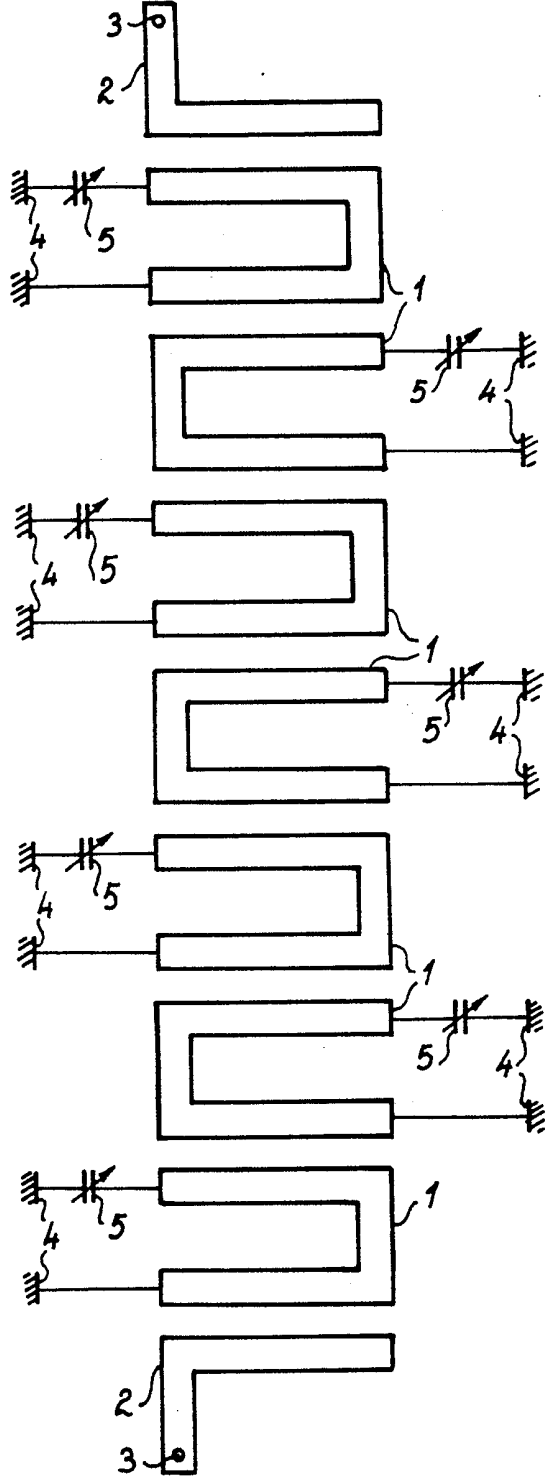
FIG\_2



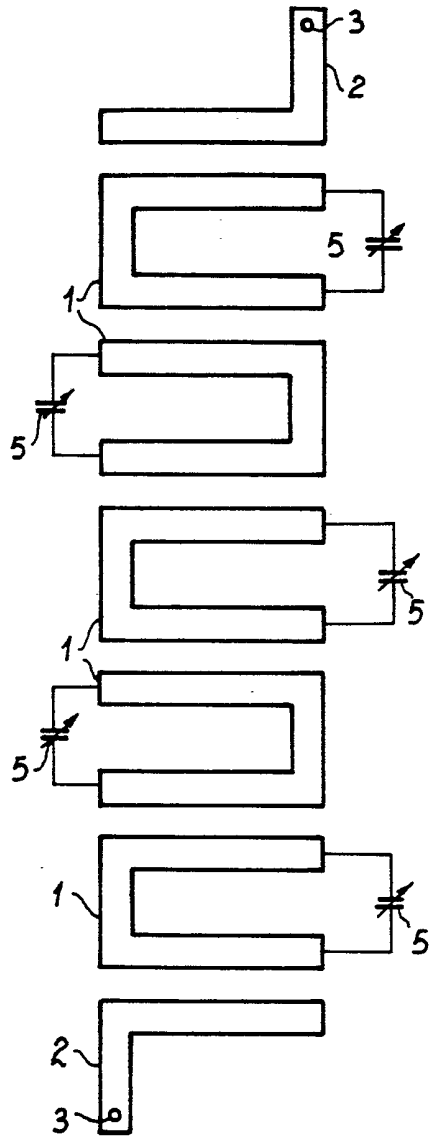
FIG\_3



FIG\_4



FIG\_5



FIG\_6

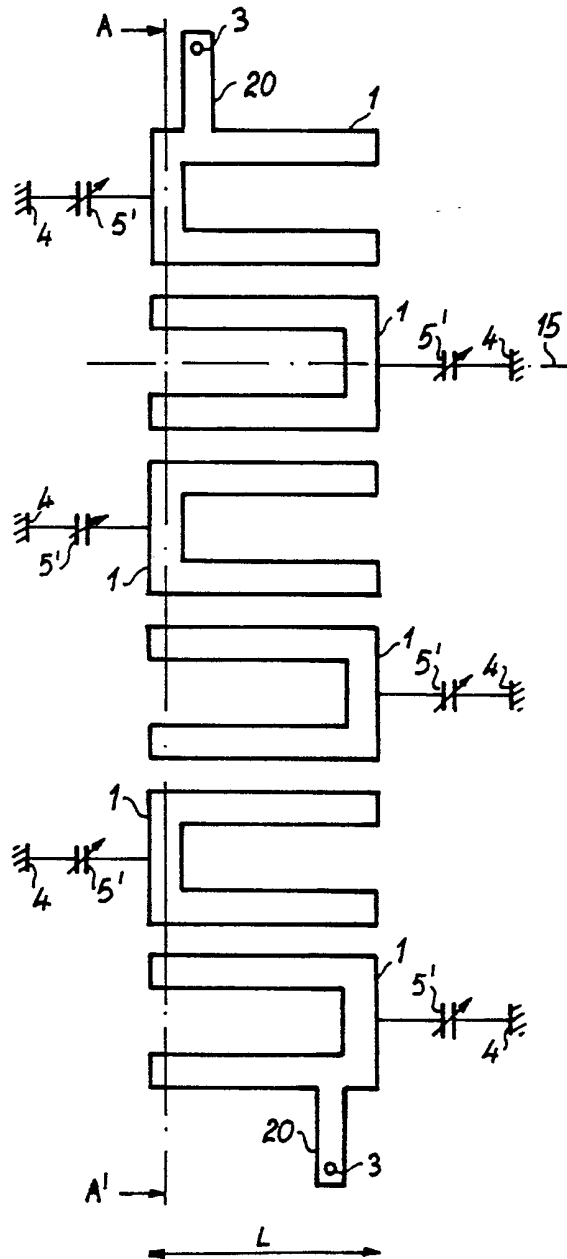
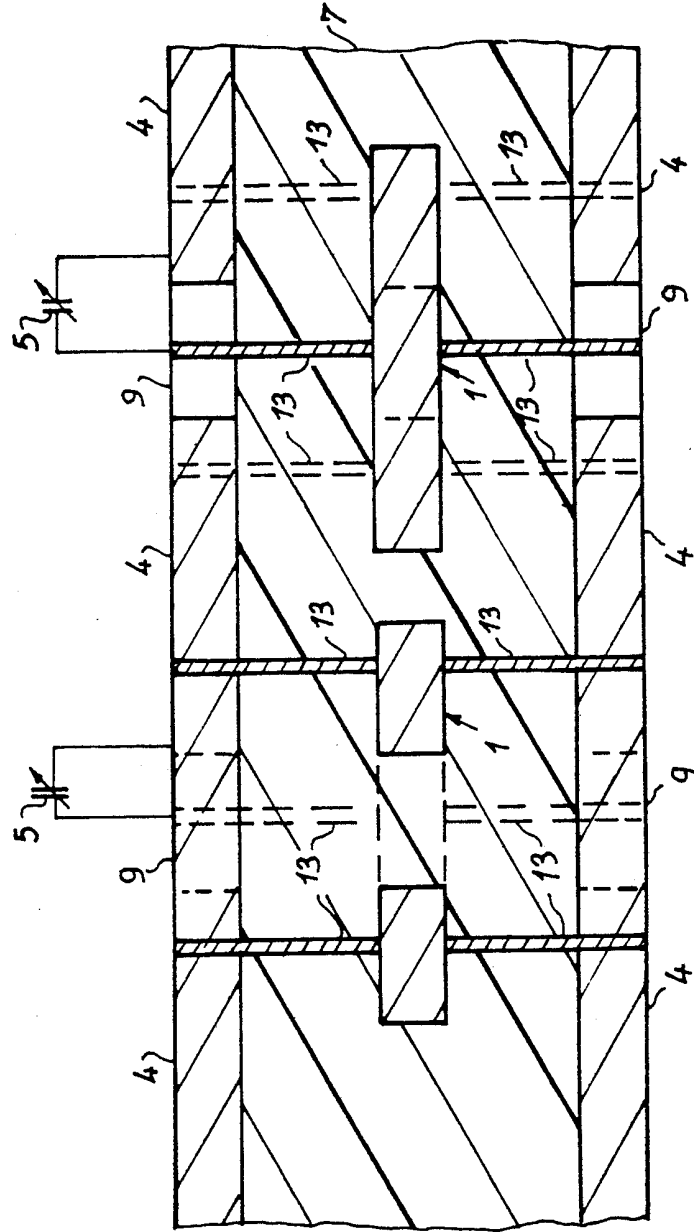
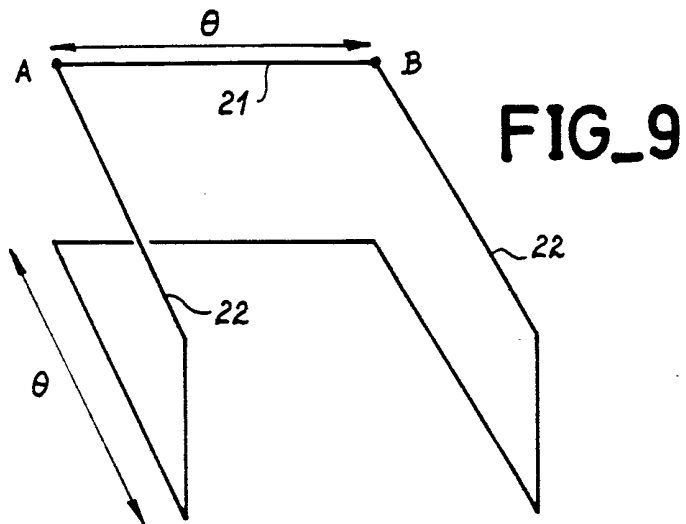
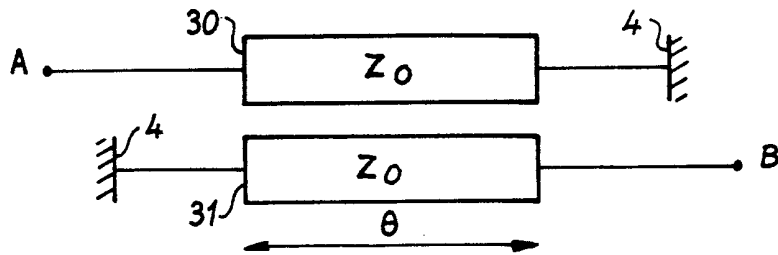




FIG. 7



5/5  
**FIG\_8**



**FIG\_10**

