

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 27318

(54) Dispositif de réglage de l'accord d'une ligne de transmission résonnante, ligne de transmission et filtre de bande hyperfréquence munis de tels dispositifs.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 P 3/08, 1/203.

(22) Date de dépôt..... 23 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 25-6-1982.

(71) Déposant : Société dite : OREGA ELECTRONIQUE ET MECANIQUE, société anonyme, rési-
dant en France.

(72) Invention de : Alain Patin.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

DISPOSITIF DE REGLAGE DE L'ACCORD D'UNE LIGNE DE TRANSMISSION
RESONNANTE, LIGNE DE TRANSMISSION ET FILTRE DE BANDE
HYPERFREQUENCE MUNIS DE TELS DISPOSITIFS

L'invention concerne un dispositif de réglage de l'accord, c'est-à-dire de la fréquence de résonance, d'une ligne de transmission résonnante, notamment du type réalisé à l'aide de circuits imprimés genre "microbande", une ligne de transmission munie d'un tel dispositif
5 de réglage et un filtre de bande hyperfréquence comportant plusieurs de ces lignes résonnantes couplées entre elles.

Par hyperfréquence on comprendra dans ce qui suit, la bande des ondes décimétriques comprise, notamment, entre 10 et 30 centimètres de longueur d'onde dans le vide, c'est-à-dire les bandes
10 généralement désignées par L et S dont les fréquences sont comprises entre 1 et 3 GHz et qui constituent la partie supérieure du spectre ultra-haute fréquence (UHF).

Des filtres passe-bande à plusieurs résonateurs (en cascade) en forme de tronçons de ligne de transmission parallèles, de longueurs
15 électriques proches du quart d'onde, dont une extrémité est reliée à la masse et dont l'autre extrémité est couplée à celle-ci au moyen d'une capacité variable (ou fixe) permettant d'effectuer l'accord de chaque tronçon et par celà celui du filtre, sont connus, par exemple, des ouvrages américains de MATTAEI, YOUNG et JONES intitulé
20 "MICROWAVE FILTERS, IMPEDANCE MATCHING NETWORKS AND COUPLING STRUCTURES", publié par Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY en 1964, de MATSUMOTO intitulé "MICROWAVE FILTERS AND CIRCUITS" publié par ACADEMIC PRESS en 1970, et de YOUNG respectivement intitulés "MICROWAVE FILTERS USING
25 PARALLEL COUPLED LINES" et "PARALLEL COUPLED LINES AND DIRECTIONAL COUPLERS", publiés par ARTECH HOUSE en 1972.

L'une des applications possibles d'un tel filtre passe-bande hyperfréquence à fréquence centrale fixe mais ajustable à une

fréquence désirée par des éléments de réglage dont ces résonateurs sont équipés, est constituée par un filtre à bande passante étroite (inférieure à un pour cent de la fréquence centrale), disposé en aval d'un premier mélangeur hyperfréquence faisant partie d'une tête
5 haute-fréquence (HF), afin de fournir un signal transposé dans la bande L (ou S) à partir d'un signal d'entrée dont la fréquence est située, soit dans l'une des bandes des ondes centimétriques (X et K) comme celle autour de 12 GHz attribuée à la télédiffusion directe par satellites ou celle utilisée pour des faisceaux hertziens, soit dans
10 les bandes VHF ou UHF allouées à la transmission des signaux de télévision par télédiffusion (bandes I, III, IV et V) ou par câbles (VHF de 40 à 300 MHz environ). Dans ce dernier cas, le filtre passe-bande de l'invention constitue le filtre à la première fréquence intermédiaire disposé dans la voie de transmission du signal d'entrée
15 entre un premier mélangeur, transposeur vers le haut, et un second mélangeur, transposeur vers le bas, de la manière décrite dans la demande de brevet français n° EN 80/24 970 déposée le
25 novembre 1980, au nom du présent demandeur.

Dans une tête HF universelle de télévision de ce type qui est
20 destinée à une très grande diffusion, les circuits hyperfréquence sont, de préférence, réalisés au moyen de bandes conductrices recouvrant l'une des faces d'une plaque diélectrique dont l'autre face est éventuellement entièrement revêtue d'une couche conductrice constituant le plan de masse des lignes de transmission asymétriques
25 ainsi obtenues, en vue d'en réduire au minimum le prix de revient par la réduction notable du nombre des composants discrets. Des lignes de transmission asymétriques de ce type, appelées "micro-bandes" (ou "microstrip" en anglais), avantageusement réalisées par la technologie classique des circuits imprimés, ont été décrits, par
30 exemple, au chapitre 9 allant de la page 407 à la page 430 (avec une bibliographie détaillée aux pages 430 à 434) de l'ouvrage britannique de HARVEY intitulé "MICROWAVE ENGINEERING", publié par ACADEMIC PRESS en 1964, dans le second ouvrage précité de YOUNG et dans l'ouvrage américain de GUPTA et SINGH intitulé

"MICROWAVE INTEGRATED CIRCUITS", publié par HALSTED PRESS (JOHN WILEY & SONS) en 1974.

Dans l'état de la technique susmentionné, l'accord de filtres utilisant des tronçons de ligne de transmission bifilaire, coaxiale ou
5 du type symétrique à deux plaques parallèles (triplaque) disposés de manière équidistante de part et d'autre d'une bande centrale, la variation de l'accord (de la longueur électrique) des tronçons en quart d'onde ou de demi-longueur d'onde est effectuée à l'aide de court-circuits déplaçables le long de la ligne ou de capacités
10 variables réunissant une extrémité de la ligne à la masse. Dans l'un des exemples de réalisation décrit dans l'ouvrage de MATTAEI et al. précité, la capacité réglable dans un circuit de type "triplaque" a été constituée par des vis insérées dans des trous taraudés dans les plaques conductrices extérieures d'un filtre à tronçons de ligne
15 symétrique. Le rapprochement de l'extrémité intérieure des vis des bandes centrales a pour effet d'accroître les capacités de couplage à la masse et, par conséquent, de réduire la fréquence d'accord. De ce fait, les tronçons de ligne doivent être dimensionnés de façon à résonner au-dessus de la fréquence la plus élevée de la bande
20 passante pour qu'un réglage de l'accord soit possible. Le déplacement de la vis affecte ici également le taux d'ondes stationnaires qui devrait être aussi proche de l'unité que possible.

La présente invention propose un nouveau dispositif pour accorder une ligne de transmission asymétrique permettant, d'une
25 part, d'obtenir une meilleure précision du fait de la possibilité du choix de la sensibilité (rapport des variations de la fréquence résonance et du déplacement mécanique de l'élément d'accord, - F/D) et, d'autre part, de choisir la dimension (longueur électrique) de la ligne plus grande que celle nécessaire à sa résonance à
30 la limite inférieure de la bande passante.

Suivant l'invention, un dispositif de réglage de l'accord d'une ligne de transmission de type asymétrique, réalisée à l'aide d'une bande conductrice recouvrant l'une des faces un substrat diélectrique en forme de plaque et comprenant un tronçon rectiligne, est

principalement caractérisé en ce que la ligne comporte un tronçon semi-annulaire formant une demi-boucle et réunissant ensemble deux parties du tronçon rectiligne, et en ce que le dispositif de réglage comporte un mandrin isolant cylindrique creux inséré dans un trou circulaire traversant la plaque et concentrique avec les contours latéraux du tronçon semi-annulaire, muni sur sa paroi intérieure d'un filetage et une vis en matériau conducteur amagnétique, déplaçable à l'intérieur de ce filetage parallèlement de l'axe du mandrin, qui est normal à la surface de la plaque diélectrique, en vue de modifier la fréquence de résonance en fonction de la distance entre la vis et la bande conductrice, par la variation de l'impédance caractéristique de la ligne à laquelle la vis est couplée.

L'invention sera mieux comprise et d'autres de ses caractéristiques et avantages apparaîtront de la description qui suit et des dessins annexés s'y rapportant, donnés à titre d'exemple non-limitatif, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan d'un filtre passe-bande comprenant plusieurs éléments résonnants respectivement munis de dispositifs de réglage de leur accord, suivant l'invention ; et
- la figure 2 est une coupe en élévation selon \overline{AA} d'une partie du circuit imprimé dont est réalisé le filtre de la figure 1 (représenté avec agrandissement), montrant en particulier le dispositif de réglage de l'accord suivant l'invention.

Sur la vue en plan de la figure 1, on a représenté un filtre comprenant 10 trois éléments résonnants en cascade respectivement constitués par trois lignes de quart d'onde 1, 2 et 3 comprenant chacune deux tronçons de bande conductrice rectilignes 11-12, 21-22, 31-32 respectivement situés de part et d'autre d'un tronçon central semi-annulaire (en demi-anneau) 13, 23 et 33 disposé sensiblement au milieu de ces éléments 1, 2 et 3. Les premiers tronçons rectilignes 11, 21 et 31 sont respectivement reliés par l'une de leurs extrémités à une bande conductrice de masse 4 étendue, séparant le filtre 10 des autres éléments du circuit imprimé en "microbande" (non représentés) réalisés sur la même face 5 du substrat diélectrique 6 (isolant) que celui-ci.

Lorsque le filtre 10 est réalisé en circuit imprimé "double face", c'est-à-dire lorsque l'autre face 7 (figure 2) du substrat 6 est entièrement ou en grande partie revêtu d'une couche métallique 8 (figure 2) constituant le plan de masse du système de lignes asymétriques, ces extrémités respectives des premiers tronçons rectilignes 11, 21 et 31 sont reliées à cette couche 8 à l'aide de premières broches métalliques 9 traversant le substrat diélectrique de part en part et dont les extrémités qui en émergent des deux côtés, sont respectivement soudées à la bande de masse 4 et à la couche 8. Ces premières broches 9 sont respectivement disposées à proximité des jonctions de la bande de masse 4 avec les premiers tronçons rectilignes 11, 21 et 31.

L'extrémité opposée des seconds tronçons rectilignes 12, 22 et 32 se fourche, c'est-à-dire se sépare en deux ou plusieurs branches ou dents d'une fourche ou d'un peigne qui sont imbriquées avec celles d'un autre peigne (ou fourche), reliées à la partie opposée de la bande de masse 4, afin de respectivement former des capacités 14, 24 et 34 de couplage de ces extrémités à la masse 4.

Les éléments résonnants 1, 2 et 3 du filtre 10 sont électriquement séparés ici l'un de l'autre au moyen de deux languettes conductrices 41-42, 43-44, parallèles aux tronçons rectilignes des éléments 1, 2 et 3, dont les unes 41 et 43 et les autres 42 et 44 sont respectivement reliées aux deux parties opposées de la bande de masse 4, longeant le filtre 10.

Ces jeux de languettes de masse 41 à 44 sont respectivement disposés sensiblement à mi-distance des tronçons rectilignes respectives des éléments résonnant 1, 2 et 3 qu'ils séparent. Les languettes de masse 41 et 43 qui sont les plus longues, sont, de préférence, reliées à la couche 8 par de secondes broches 40.

Le couplage entre les éléments résonnants 1, 2 et 3 est respectivement effectué ici à l'aide de deux boucles rectangulaires fermées 51 et 52 comportant chacune deux branches parallèles aux premiers tronçons rectilignes 11, 21 et 31 et respectivement situées sensiblement à mi-distance entre ceux-ci et les secondes languettes

de masse 42 et 44. Une extrémité de chacune de ces branches parallèles est reliée à la bande de masse et les autres extrémités des deux branches parallèles de chacune des boucles 51 et 52 sont respectivement réunies ensemble à l'aide de branches transversales 5 passant respectivement entre les extrémités libres adjacentes des paires de languettes de masse 41-42 et 43-44.

Il est à remarquer ici que le coefficient de couplage mutuel entre les éléments résonnants 1 et 2 et 2 et 3 est fonction de la longueur des branches parallèles respectives des boucles de couplage 10 51 et 52 (ainsi que des distances qui les séparent des premiers tronçons rectilignes 11, 21, 31).

Les deux parties opposées de la bande de masse 4 longeant le filtre 10 sont réunies ensemble à l'aide de deux bandes perpendiculaires 45 et 46 (qui sont parallèles aux tronçons rectilignes des 15 éléments 1, 2, 3 et aux languettes 41 à 44) de grande largeur (c'est-à-dire de faible impédance caractéristique, respectivement situées en amont de l'entrée 15 et en aval de la sortie 35 du filtre 10).

L'entrée 15 du filtre 10 est constituée par une languette perpendiculaire et reliée par l'une de ses extrémités au premier 20 tronçon rectiligne 11. La distance qui sépare la languette d'entrée 15 de la partie reliée au premier tronçon 11 de la bande de masse 4 est choisie de façon à adapter l'impédance du premier élément résonnant 1 à celle de sortie du circuit qui l'alimente. La sortie 35 est constituée de manière analogue à l'entrée avec une adaptation 25 semblable de l'impédance du troisième élément 3 à celle d'entrée du circuit que cette sortie 35 alimente. Les bandes des masse d'entrée 45 et de sortie 46 sont reliées à l'aide de troisièmes broches 50 à la couche conductrice 8 et comprennent des rétrécissements 47 et 48 aux endroits respectifs des extrémités libres de languettes d'entrée 30 15 et de sortie 35 qui permettent de réduire la longueur des conducteurs de liaison des condensateurs de couplage 16 et 36 au minimum.

Suivant l'invention, les dispositifs de réglage de la fréquence d'accord 17, 27 et 37 respectifs des éléments résonnants 1, 2 et 3

comprennent chacun un mandrin cylindrique isolant 60 en un matériau diélectrique à faibles pertes (polytétrafluoroéthylène, résine époxyde ou à base de silicones, par exemple), qui est représenté de manière plus détaillée sur la figure 2. Le substrat isolant 6 ainsi que
5 la couche conductrice 8 est transpercé de part en part par un trou 61 dont le diamètre est égal, d'une part, au diamètre extérieur du mandrin 60 et, d'autre part, au double du rayon de courbure intérieur des tronçons semi-circulaires 13, 23 et 33 respectifs des éléments résonnants 1, 2 et 3. Le mandrin 60 est muni sur son extrémité
10 inférieure d'un épaulement (ou flange) 62 qui permet son positionnement et sa fixation par collage sur la surface de la couche 8. La paroi intérieure 63 est taraudée de façon à permettre l'insertion d'une vis 64 (sans tête) en un matériau conducteur électrique, de préférence amagnétique, tel que l'aluminium, le cuivre ou l'argent
15 (ou éventuellement en cuivre plaqué argent, or ou platine).

L'axe 65 du mandrin 60 est monté normalement à la plaque diélectrique 6 et coaxialement avec les tronçons semi-annulaires 13, 23 et 33 de telle sorte qu'il s'établit un couplage entre ces derniers et la vis 64 qui a pour effet de modifier l'impédance caractéristique
20 de l'élément résonnant 1, 2, 3 en fonction de la distance relative entre eux.

Plus précisément, lorsque la distance entre le plan médian des tronçons semi-annulaires 13, 23 et 33 et le plan transversal médian (à mi-hauteur) de la vis 64 associée diminue, la fréquence de
25 résonance de l'élément résonnant 1, 2, 3 augmente jusqu'à la coïncidence des deux plans précités. La longueur de la vis 64 peut être choisie, par exemple, comparable à l'épaisseur du diélectrique et la hauteur de la partie du mandrin 60 qui dépasse le plan tangent supérieur des bandes conductrices constituant respectivement les
30 éléments résonnants 1, 2 et 3, est choisie supérieure à la longueur (hauteur ou dimension axiale) de la vis 64 de réglage de la fréquence, de façon à permettre l'éloignement (découplage) de cette dernière des tronçons semi-annulaires 13, 23 et 33 formant des demi-boucles autour d'elle.

La dimension longitudinale des éléments résonnants 1, 2 et 3 mesurée dans l'axe des tronçons rectilignes (N1 et N2, où N = 1, 2 et 3) formés chacun par les trois tronçons (N1, N2, N3) reliées ensemble, est choisie en tenant compte de la capacité du condensateur en peigne imbriqué, pour résonner à une fréquence située au moins légèrement au-dessous de la fréquence limite inférieure (à - 3 dB), de la bande passante désirée, lorsque la vis de réglage 64 a été retirée du mandrin 60.

Le pas de vis du filetage de la vis 64 et du mandrin 60 permet de déterminer le nombre de tours nécessaire à un déplacement axial ΔD prédéterminé. Il doit être choisi en fonction de la sensibilité du réglage de la fréquence $\Delta F / \Delta D$ désirée, qui est le rapport d'un décalage ΔF prédéterminé de la fréquence F au déplacement axial ΔD qui est nécessaire pour l'obtenir. Cette sensibilité $\Delta F / \Delta D$ n'est pas constante sur toute la hauteur du mandrin 60 mais elle ne varie pas notablement pour un décalage de plus ou moins 5 pour cent de part et d'autre d'une fréquence centrale choisie.

Par ailleurs, cette sensibilité $\Delta F / \Delta D$ est principalement fonction du rapport entre la surface de la section (transverse) de la vis 64, c'est-à-dire entre le carré de son diamètre moyen, et la surface des tronçons en demi-anneau 13, 23 ou 33. L'épaisseur de la paroi du mandrin 60, c'est-à-dire la distance radiale entre la circonférence de la vis 64 et le contour intérieur de ces tronçons 13, 23 et 33 intervient également.

Plus précisément pour une épaisseur de la paroi du mandrin 60 donnée, la sensibilité augmente avec l'augmentation du diamètre de la vis 64 ou avec la diminution de la largeur de la bande conductrice formant le tronçon semi-annulaire N3 (N = 1, 2, 3).

Tous ces paramètres qui influent l'un sur l'autre sont choisis de manière à permettre une variation suffisante de la fréquence de résonance des éléments pour permettre des réglages de plus ou moins 10 pour cent autour d'une fréquence centrale choisie, par exemple, de 1, 2 GHz.

L'expérience a montré que l'on obtient ainsi avec un filtre à quatre éléments résonnants une bande passante de 8 MHz à - 3 dB avec une atténuation de - 60 dB pour des écarts de fréquences de 15 MHz de part et d'autre de la fréquence centrale.

5 Le dispositif de réglage de la fréquence du filtre suivant l'invention, s'adapte très bien à un banc de réglage automatique comprenant un ou plusieurs moteurs entraînant des têtes de tournevis qui s'insèrent dans les fentes 65 des vis 64, le ou les moteurs étant entraînés par un dispositif d'asservissement qui les alimentent
10 et qui comporte à l'entrée un dispositif de comparaison d'une courbe (caractéristique) amplitude-fréquence d'étalonnage mémorisée, par exemple.

Il est à remarquer ici qu'un filtre de bande hyperfréquence équipé de lignes résonnantes respectivement munies de dispositifs de
15 réglage suivant l'invention, peut également être réalisé à l'aide d'un circuit imprimé à simple face d'où la couche conductrice 8 formant plan de masse est absente. Il est également à remarquer que tout autre agencement connu de filtre à éléments résonnants de quarts d'onde ($\lambda/4$), ou de demi-longueurs d'onde ($\lambda/2$), respectivement
20 utilisables comme des circuits équivalents à des circuits LC parallèle ou série, couplés entre eux au moyen de tout autre système de couplage (capacitif ou inductif ou autre) connu, tel que, par exemple, des éléments résonnants disposés en parallèle à des distances prédéterminées et sans languettes de masse qui les sépareraient,
25 soit dans le même sens ou alternativement en sens inverse par rapport aux bandes de masse 4 qui les délimitent, permettent l'utilisation du dispositif de réglage de fréquence suivant l'invention.

Il est à noter, en outre, qu'en disposant des plaques conductrices normalement aux languettes et ou aux bandes de masse,
30 comme représenté en coupe sur la figure 2, pour former des écrans

de blindage 49 permettant une meilleure séparation des éléments résonnants entre eux, ainsi que par rapport aux sources de rayonnement électromagnétique environnantes (oscillateurs locaux et amplificateurs, par exemple). La hauteur de l'écran 49 est choisi au moins égale à celle du mandrin 60 dépassant la face supérieure 5 de la plaque 6 et il comporte une ouverture découpée à l'endroit du passage de la branche transversale de couplages 51, 52.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de réglage de l'accord d'une ligne de transmission de type asymétrique, réalisée à l'aide d'une bande conductrice recouvrant l'une des faces (5) d'un substrat diélectrique en forme de plaque (6) et comprenant un tronçon rectiligne (11-12, 21-22, 31-32),
5 caractérisé en ce que la ligne comporte un tronçon semi-annulaire (13, 23, 33) formant une demi-boucle et réunissant ensemble deux parties (11-12, 21-22, 31-32) du tronçon rectiligne, et en ce que le dispositif de réglage comporte un mandrin isolant cylindrique creux (60) inséré dans un trou (61) circulaire traversant la plaque (6) et
10 concentrique avec les contours latéraux du tronçon semi-annulaire (13, 23, 33), muni sur sa paroi intérieure d'un filetage (63) et une vis (64) en matériau conducteur amagnétique, déplaçable à l'intérieur de ce filetage parallèlement à l'axe du mandrin (60), qui est normal à la surface (5) de la plaque diélectrique (6), en vue de modifier la
15 fréquence de résonance en fonction de la distance entre la vis (64) et la bande conductrice par la variation de l'impédance caractéristique de la ligne (11, 12, 13) à laquelle la vis (64) est couplée.

2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les diamètres extérieurs du mandrin (60) et intérieur du trou (61)
20 sont tous les deux sensiblement égaux au double du rayon de courbure du contour intérieur du tronçon semi-annulaire (13, 23, 33).

3. Dispositif suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la hauteur du mandrin (60) est supérieure à celle de la vis (64), lorsque cette dernière est du type "sans tête".

25 4. Dispositif suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la vis (64) est en métal conducteur amagnétique, tel que l'aluminium ou le cuivre.

5. Ligne de transmission résonnante du type réalisé à l'aide d'un circuit imprimé simple face dont le substrat diélectrique (6) est
30 recouvert de bandes métalliques sur une seule face (5), caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réglage de sa fréquence de résonance suivant l'une quelconque des revendications précédentes.

6. Ligne de transmission résonnante du type asymétrique réalisé à l'aide d'un substrat diélectrique (6) dont l'une (5) de faces est recouverte en partie de bandes conductrices et dont l'autre face (7) est sensiblement entièrement recouverte d'une couche conductrice (8) formant plan de masse, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réglage de sa fréquence de résonance suivant l'une
5 quelconque des revendications 1 à 4.

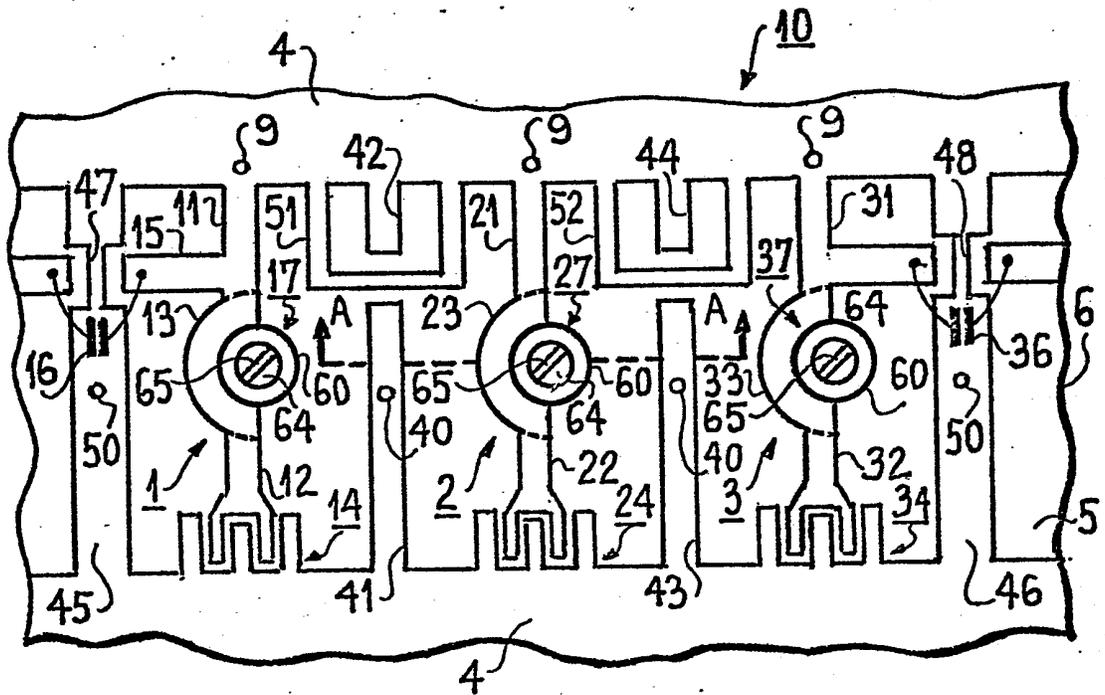
7. Filtre de bande hyperfréquence du type réalisé au moyen de plusieurs lignes de transmission résonnantes, parallèles et couplées
10 entre elles, caractérisé en ce que chacune des lignes de transmission (1, 2, 3) qui le composent, comporte un dispositif de réglage de sa fréquence de résonance suivant l'une des revendications 1 à 4.

8. Filtre de bande hyperfréquence du type passe-bande suivant la revendication 7, du type dans lequel la longueur des lignes de
15 transmission qu'il comporte est sensiblement égale à un quart d'onde, caractérisé en ce que l'une des extrémités de chacune des lignes étant directement reliée à une bande de masse conductrice (4) qui l'entoure et l'autre extrémité étant couplé à cette bande de masse (4) à l'aide d'une capacité fixe.

9. Filtre passe-bande suivant la revendication 8, caractérisé en
20 ce que la capacité fixe (14, 24, 34) est réalisé à l'aide de deux électrodes imbriqués en forme peigne dont l'une est en bout de chaque ligne et l'autre est constitué par des languettes sortant de la bande de masse (4).

1/1

FIG_1



FIG_2

