

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 87400014.4

51 Int. Cl.⁴: **H 01 P 5/16**
H 01 P 1/397

22 Date de dépôt: 06.01.87

30 Priorité: 10.01.86 FR 8600323

43 Date de publication de la demande:
12.08.87 Bulletin 87/33

84 Etats contractants désignés: DE GB SE

71 Demandeur: **C.G.R. MeV**
551, route de la Minière
F-78530 Buc (FR)

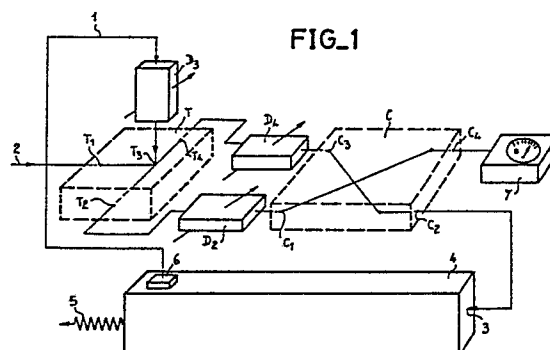
72 Inventeur: **Perraudin, Claude**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

74 Mandataire: **Grynwald, Albert et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

54 **Dispositif de combinaison de deux signaux alternatifs de même fréquence.**

57 On est en particulier capable d'additionner deux signaux de même fréquence mais de phases et d'amplitudes quelconques. Le dispositif comporte deux entrées (T_1 , T_3) et deux sorties (C_2 , C_4). Les sorties délivrent chacune une combinaison des signaux admis en entrée. Dans une application particulière, correspondant à une réinjection d'un signal de récupération d'un accélérateur linéaire (4), la combinaison est une addition. Sur une première sortie (C_2) du dispositif on récupère, pour le réinjecter, tout le signal additionné, sur une deuxième sortie (C_4) du dispositif le signal est nul. Le rendement du dispositif est total.

Application aux accélérateurs linéaires industriels.



Description

DISPOSITIF DE COMBINAISON DE DEUX SIGNAUX ALTERNATIFS DE MEME FREQUENCE

La présente invention a pour objet un dispositif de combinaison de deux signaux alternatifs de même fréquence. Elle a plus particulièrement pour objet l'addition de deux signaux dont la phase et l'amplitude sont différentes. Dans une application particulière l'invention est mise en oeuvre dans le domaine des hyperfréquences. Dans un exemple des cavités résonnantes d'un accélérateur linéaire sont alimentées par un signal hyperfréquence. Le faisceau d'électrons, produit par la cathode de cet accélérateur, capte l'énergie hyperfréquence des cavités, s'organise, et vient percuter une cible- anode avec une énergie qui dépend essentiellement de l'énergie du signal hyperfréquence capté. Le rendement de cette captation n'est pas total. Dans l'application évoquée le signal hyperfréquence qui n'est pas absorbé par le faisceau d'électrons peut alors être récupéré, puis réinjecté, en venant s'ajouter au signal d'alimentation. Avec le dispositif de l'invention cette addition est perfectionnée.

Il est connu divers moyens pour additionner des signaux alternatifs de même fréquence. En particulier en hyperfréquence le té magique et le coupleur directif remplissent bien ce rôle, dans la mesure où les signaux à additionner sont présentés correctement en phase et en amplitude. Les contraintes de phases sont telles que le té magique additionne bien des signaux présentés en phase alors que le coupleur directif, dit aussi à 3 dB, additionne bien des signaux présentés en quadrature de phase. En ce qui concerne les amplitudes il est nécessaire, dans un cas comme dans l'autre, qu'elles soient égales pour les deux signaux à additionner. Si ce n'est pas le cas, on peut montrer qu'avec n'importe lequel de ces systèmes, les contraintes de phase étant satisfaites, on récupère sur une voie de sortie la somme des signaux admis en entrée diminuée de la demi-différence de ces signaux. Sur l'autre voie de sortie, on récupère justement cette demi-différence. Il est immédiat que si cette différence est nulle, les signaux étant égaux, toute la puissance est disponible sur une seule sortie et rien n'est distribué sur l'autre. Or, dans l'application évoquée l'égalité n'est jamais atteinte : le signal récupéré n'est jamais qu'une fraction du signal d'alimentation. Et pour faire fonctionner un accélérateur correctement en récupération il est nécessaire d'ajouter avec exactitude le signal d'alimentation et le signal récupéré. L'invention permet d'atteindre ce résultat.

L'invention a pour objet un dispositif de combinaison de deux signaux alternatifs de même fréquence caractérisé en ce qu'il comporte successivement :

- un premier déphaseur réglable pour déphaser le premier de ces signaux par rapport au deuxième,
- un premier moyen de combinaison muni de deux entrées, pour recevoir les deux premiers signaux, et de deux sorties pour délivrer un troisième et un quatrième signal,
- un deuxième déphaseur réglable pour déphaser le troisième signal par rapport au quatrième signal,
- et un deuxième moyen de combinaison munis de

deux entrées, pour recevoir le troisième et le quatrième signal, et de deux sorties pour délivrer un cinquième et un sixième signal, ce cinquième et ce sixième signal étant une combinaison des deux premiers signaux selon un mode qui dépend des réglages des déphaseurs réglables.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Elles ne sont données qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Sur les figures les mêmes repères désignent les mêmes éléments. Elles montrent :

- figure 1: une représentation schématique du dispositif de l'invention dans une application particulière :

- figures 2a et 2b : des diagrammes vectoriels montrant la combinaison des signaux entre le premier et le deuxième moyen de combinaison ;

- figures :3a et 3b des diagrammes de réglage du deuxième déphaseur ;

- figure 4 : la représentation d'un exemple particulier de réalisation du dispositif de l'invention.

La figure 1 montre en hyperfréquence un dispositif de combinaison conforme à l'invention. Il comporte un premier déphaseur D₃ pour déphaser un premier signal disponible sur une connexion 1 par rapport à un deuxième signal disponible sur une connexion 2. Ces deux signaux, une fois le déphasage imposé, sont introduits sur deux entrées d'un premier moyen de combinaison : ici un té magique T, dit encore té hybride. Ces deux signaux sont introduits sur les entrées orthogonales T₁ et T₃ du té. Ils en ressortent par les entrées opposées T₂ et T₄. Les signaux disponibles aux sorties T₂ et T₄ sont introduits sur les entrées d'un deuxième déphaseur D₂ -D₄ dont ils sortent pour venir attaquer deux entrées d'un deuxième moyen de combinaison C. Le moyen C est ici un coupleur directif. Les troisième et quatrième signaux provenant du déphaseur D₂ -D₄ sont introduits sur des entrées C₁ et C₃ du coupleur C. Ils en ressortent combinés aux sorties C₂ et C₄. Dans l'application particulière envisagée le signal disponible en C₂ est la somme des signaux disponibles sur les connexions 1 et 2, le signal disponible en C₄ étant nul. Le signal de la sortie C₂ peut être introduit sur une entrée 3 d'excitation hyperfréquence d'un accélérateur linéaire 4. Cet accélérateur linéaire émet, par exemple, un rayonnement X₅. Cet accélérateur linéaire comporte des moyens de récupération 6 pour récupérer la partie du signal hyperfréquence, introduit en 3, et qui n'est pas absorbé pour produire le rayonnement 5. Le signal disponible sur la connexion 1 est justement le signal prélevé par les moyens de récupération 6. Quand le dispositif est correctement réglé, un indicateur 7 branché à la sortie C₄ montre que cette sortie ne distribue aucune énergie (indication zéro) en conséquence toute l'énergie provenant des connexions 1 et 2 se retrouve appliquée à l'entrée 3 de l'accélérateur 4.

Le fonctionnement du dispositif de l'invention est

décrit maintenant avec l'aide des figures 2a et 2b. Dans ces figures pour simplifier l'explication on a confondu les noms des signaux avec les entrées et sorties des moyens de combinaison auxquels ils se réfèrent. Ces figures montrent des diagrammes vectoriels où, conventionnellement, on a éliminé les composantes de phases dues au mouvement alternatif des signaux. Les repères sont donc des repères mobiles tournant à la fréquence des deux signaux. Considérons un signal T_3 introduit sur l'entrée T_3 du té T. Ce signal se retrouve, d'une manière connue, aux sorties T_4 et T_2 en opposition de phase. Le signal T_2 étant en phase avec le signal T_3 . Pour simplifier l'explication le deuxième déphaseur $D_2 - D_4$ est un déphaseur symétrique. Le déphasage appliqué à une onde d'un côté est appliqué en sens inverse à l'autre onde de l'autre côté. Ainsi le signal T_2 est déphasé de moins φ pour devenir C_1 . De la même façon T_4 est déphasé de plus φ pour donner C_3 .

Considérons maintenant la contribution d'un signal C_1 admis sur l'entrée C_1 du coupleur C aux signaux disponibles aux sorties C_4 et C_2 . Ces contributions C_{41} et C_{21} sont respectivement en phase et en quadrature de phase avec C_1 . Les composantes aux sorties C_2 et C_4 dues au signal introduit sur l'entrée C_3 sont C_{22} et C_{42} , respectivement en phase et en quadrature de phase avec C_3 . En définitive du signal T_3 admis sur l'entrée T_3 il résulte un signal C_4 , composé de C_{41} et C_{42} , et un signal C_2 composé de C_{21} et C_{22} . Une rapide vérification permet de remarquer que C_4 et C_2 sont mutuellement en opposition de phase, que leur phase par rapport à T_3 , qui vaut $-\pi/4$, $3\pi/4$, est indépendante de φ , et que, par contre, les amplitudes de ces signaux sont dépendantes de φ .

La figure 2b montre un cheminement du même ordre pour les composantes d'un signal T_1 introduit sur l'entrée T_1 du té T. Les sorties opposées T_2 et T_4 délivrent maintenant des signaux T'_2 et T'_4 en phase avec T_1 . Une fois passé au travers du deuxième déphaseur $D_2 - D_4$ ces signaux deviennent C'_1 C'_3 déphasés respectivement de moins et plus φ . Le signal C'_1 contribue à un signal C'_4 sous la forme d'une composante C_{43} en phase avec C'_1 et à un signal C'_2 sous la forme d'une composante C_{23} en quadrature de phase avec C'_1 . De la même façon C'_3 contribue aux signaux C'_4 et C'_2 par deux composantes, respectivement C_{44} et C_{24} , en quadrature et en phase avec C'_3 . La composition géométrique de ces composantes nous indique que les composantes C'_4 et C'_2 sont en phase l'une avec l'autre, déphasées indépendamment de φ par rapport à T_1 ($\pi/4$), et ont des amplitudes qui dépendent de φ .

Si on admet des signaux T_1 et T_3 simultanément sur les entrées T_1 et T_3 du té T, on peut affirmer que la répartition des puissances sur les sorties C_2 et C_4 dépend de φ . En particulier dans un exemple si $\varphi = \pi/4$, on peut vérifier que toute la puissance sort en C_2 ou en C_4 selon que l'on entre en T_1 ou T_3 . Cet état de chose est représenté sur les figures 3a et 3b. Sur la figure 3a, quand $\varphi = -\pi/4$, et que l'on entre seulement T_1 sur l'entrée T_1 , le signal C_4 vaut T_1 . Toujours sans rien mettre sur T_3 , mais en faisant varier φ (courbe 8) on peut faire décroître C_4 jusqu'à

zéro quand $\varphi = +\pi/4$. Le signal disponible en C_4 varie d'une façon similaire quand le signal T_3 est admis seul sur l'entrée T_3 du té T (courbe 9). Si T_1 et T_3 sont appliqués simultanément, la sortie C_4 évolue selon la courbe 10 quand φ varie. Il est intéressant de noter, que quelque soit la différence de niveau entre T_1 et T_3 , il existe un déphasage φ_1 compris entre $-\pi/4$ et $+\pi/4$ pour lequel les contributions de ces signaux dans le signal C_4 sont égales. La figure 3b montre d'une manière correspondante ce qui se passe, dans les mêmes conditions pour C_2 . Pour $\varphi = \varphi_2$ la composante de C_2 due à T_1 est égale à celle due à T_3 .

Dans l'invention, dans l'application particulière envisagée, on s'arrange pour régler φ de telle manière qu'à la sortie inutilisée, C_4 , du dispositif de combinaison les composantes dues à T_1 et T_3 soient de même amplitude. Ceci signifie, sur les figures 2a et 2b, que C_4 et C'_4 sont de valeurs égales. Mais ces composantes sont en quadrature de phase. On remarque alors que si on déphase T_1 de $\pi/2$ par rapport à T_3 au moyen du déphaseur D_3 , la composante C'_4 va se retrouver en opposition de phase avec la composante C_4 . Comme elles sont de même amplitude, elles se neutralisent mutuellement. Il en résulte qu'aucune énergie n'est plus disponible sur la sortie C_4 du dispositif de combinaison : toute l'énergie se trouve donc en C_2 . C'est l'addition qu'on voulait obtenir.

Le réglage du déphaseur $D_2 - D_4$ (à la valeur φ_1 dans l'exemple évoqué) et le réglage du déphaseur D_3 sont effectués en regardant les indications de l'indicateur 7 branché à la sortie C_4 . Le principe de ces réglages est simple : il consiste à régler les déphaseurs successivement, et éventuellement itérativement, de manière à réduire la puissance disponible en sortie C_4 . La combinaison des signaux sur les connexions 1 et 2 est ici définie par la précision de ce réglage. Toute autre mode de combinaison est envisageable. Les procédures de réglage doivent être adaptées en conséquence. Il est à remarquer que le phénomène de combinaison est un phénomène linéaire. Aussi dans l'application évoquée, le réglage des déphaseurs est d'abord entrepris à faible puissance sur la connexion 2.

La dualité d'emploi du té magique et du coupleur directif est évidente. En effet chacun d'eux s'utilise avec des contraintes de phases spécifiques : signaux admis en phase dans un cas et en opposition de phase dans l'autre. Or la présence du déphaseur D_3 et du déphaseur $D_2 - D_4$ permet de modifier la phase des signaux introduits. En conséquence on peut montrer que l'invention fonctionne également quand le premier moyen de combinaison est le coupleur directif et quand le second est le té magique. Dans tous les cas les combinaisons de signaux peuvent être obtenues. Pour chacune de ces solutions, il convient de tracer des diagrammes vectoriels correspondant aux figures 2a et 2b de manière à en déduire des remarques équivalentes concernant les phases et amplitudes des signaux disponibles aux sorties du deuxième moyen de combinaison en fonction des phases et amplitudes des signaux introduits sur les entrées du premier moyen de combinaison.

La figure 4 montre un exemple industriel de réalisation d'un dispositif selon l'invention. On y distingue en particulier un premier déphaseur D_{31} un té magique T, un deuxième déphaseur $D_2 - D_4$ et un coupleur directif C. Ces différents éléments sont raccordés entre eux avec des pattes de fixation telles que 11 à 13. Dans cette réalisation le déphaseur $D_2 - D_4$ n'est pas un déphaseur symétrique. Le déphaseur symétrique qui avait été choisi précédemment se justifiait dans la mesure où il permettait de donner une explication simple, symétrique, des compositions vectorielles envisagées. Par exemple, si dans l'application précédente le réglage correspondant à l'addition était obtenu par φ_1 pour le déphaseur symétrique, et par Φ pour le premier déphaseur, avec un deuxième déphaseur $D_2 - D_4$ non symétrique, tel que représenté, ces réglages deviennent respectivement : $2.\varphi_1$ et $\pi + \varphi_1$.

Différents types de déphaseurs sont envisageables, par exemple des déphaseurs à quartz. Dans ce cas l'introduction progressive d'un diélectrique dans le guide d'onde provoque le déphasage. D'une manière préférée on choisit des déphaseurs dit à ferrite. Dans ce type de déphaseur, un circuit magnétique 14 possède un entrefer 15, allongé le long d'un guide d'onde qui véhicule un signal hyperfréquence à déphaser. Une ferrite 20 est placée dans le guide d'onde, dans l'entrefer du circuit magnétique. On sait en faisant passer un courant donné I dans un bobinage 16 d'excitation du circuit magnétique, modifier le champ magnétique dans l'entrefer. Il en résulte une modification locale des conditions de propagation et donc un déphasage de l'onde qui emprunte ce chemin. En agissant sur un réglage 17 de l'intensité I d'un circuit 18 d'alimentation du bobinage 16 on peut modifier le déphasage appliqué par le déphaseur ainsi constitué. Le déphaseur D_3 comporte également un circuit 19 alimentation réglable du courant qui excite l'électroaimant.

Enfin le dispositif décrit ci-dessus peut permettre d'obtenir un effet multiplicatif, en particulier dans un guide d'onde pour y tester des éléments sous forte puissance alors qu'on ne dispose que d'un générateur de faible puissance. Il suffit d'alimenter avec une puissance P_0 le guide d'onde de test au travers du dispositif de combinaison de l'invention. Une puissance P_1 est en conséquence appliquée à l'entrée du guide d'onde de test. A la sortie du guide d'onde de test on prélève une fraction $\alpha.P_1$ de la puissance P_1 admise à l'entrée du guide. Cette puissance prélevée est appliquée à la deuxième entrée de combinaison du dispositif de l'invention. Ce dispositif est réglé en addition comme pour l'application aux accélérateurs nucléaires. On montre facilement que la puissance utile pour le test est alors $P_1 = P_0/(1-\alpha)$. En réglant $\alpha (< 1)$ on peut multiplier P_0 par la quantité voulue.

alternatifs de même fréquence caractérisé en ce qu'il comporte successivement :

- un premier déphaseur (D_3) réglable pour déphaser continuellement le premier (T_3) de ces signaux par rapport au deuxième (T_1),

- un premier moyen (T) de combinaison muni de deux entrées (T_1, T_3), pour recevoir les deux premiers signaux, et de deux sorties (T_2, T_4) pour délivrer un troisième (T_2) et un quatrième (T_4) signal,

- un deuxième déphaseur ($D_2 - D_4$) réglable pour déphaser le troisième signal par rapport au quatrième signal,

- et un deuxième moyen (C) de combinaison muni de deux entrées (C_1, C_3), pour recevoir le troisième (C_1) et le quatrième (C_3) signal, et de deux sorties (C_2, C_4) pour délivrer un cinquième (C_2) et un sixième (C_4) signal, ce cinquième et ce sixième signal étant des combinaisons des deux premiers signaux selon un mode qui dépend des réglages des deux déphaseurs réglables.

2 - Dispositif selon la revendication n° 1 caractérisé en ce que la combinaison est une addition en puissance, le premier moyen de combinaison étant un té magique, et le deuxième moyen de combinaison étant un coupleur directif, un des signaux de sortie du coupleur représentant la somme des deux premiers signaux l'autre signal de sortie du coupleur étant nul.

3 - Dispositif selon la revendication n° 1 ou selon la revendication n° 2 caractérisé en ce que les déphaseurs sont des déphaseurs à ferrite.

4 - Dispositif selon la revendication n° 1 ou la revendication n° 2 caractérisé en ce que les déphaseurs sont des déphaseurs à quartz.

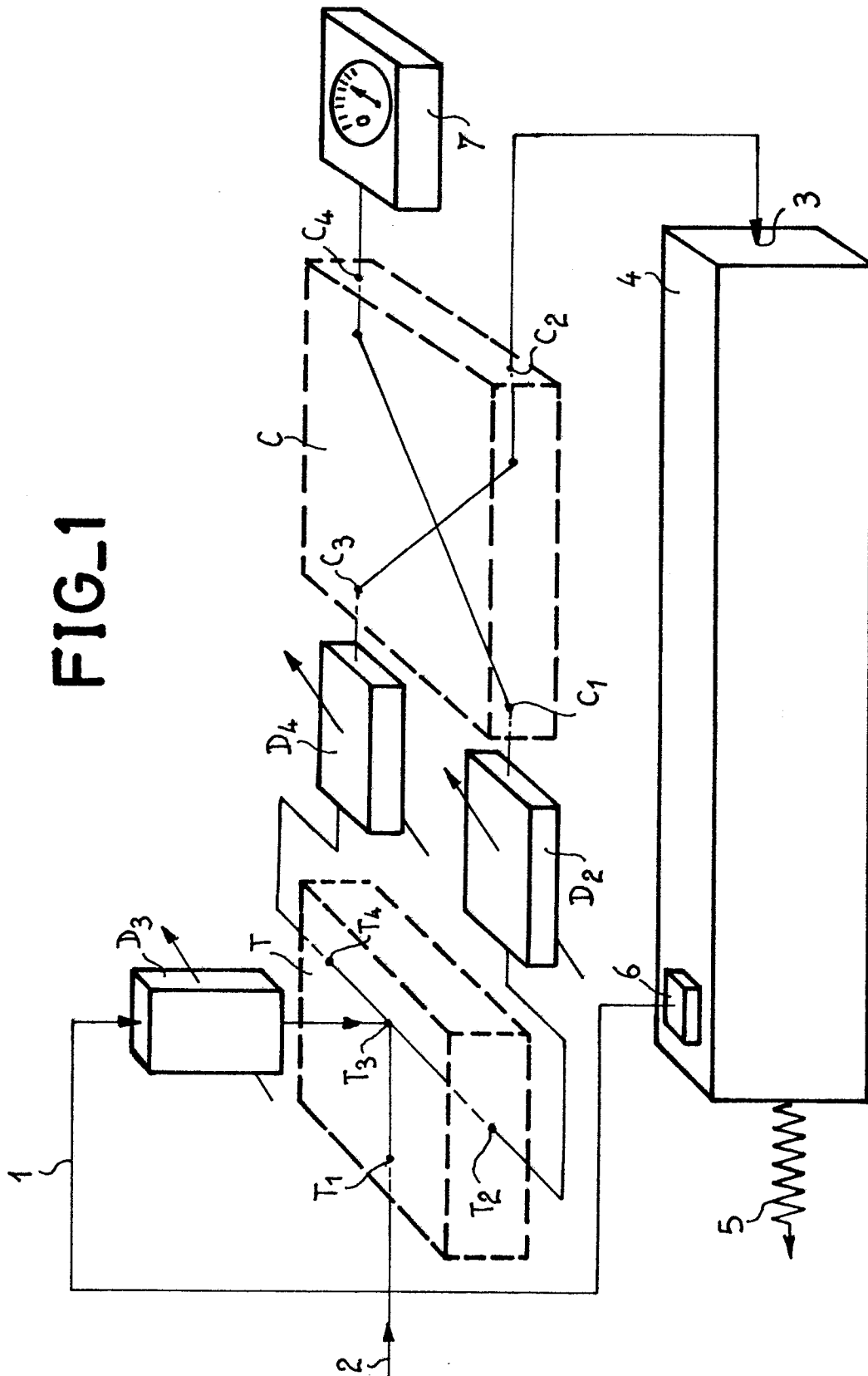
5 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que le deuxième déphaseur est un déphaseur symétrique pour déphaser symétriquement le troisième et le quatrième signal.

6 - Utilisation du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans un accélérateur linéaire pour injecter à l'entrée de cet accélérateur un signal électromagnétique correspondant à la somme d'un signal d'alimentation et d'un signal de récupération.

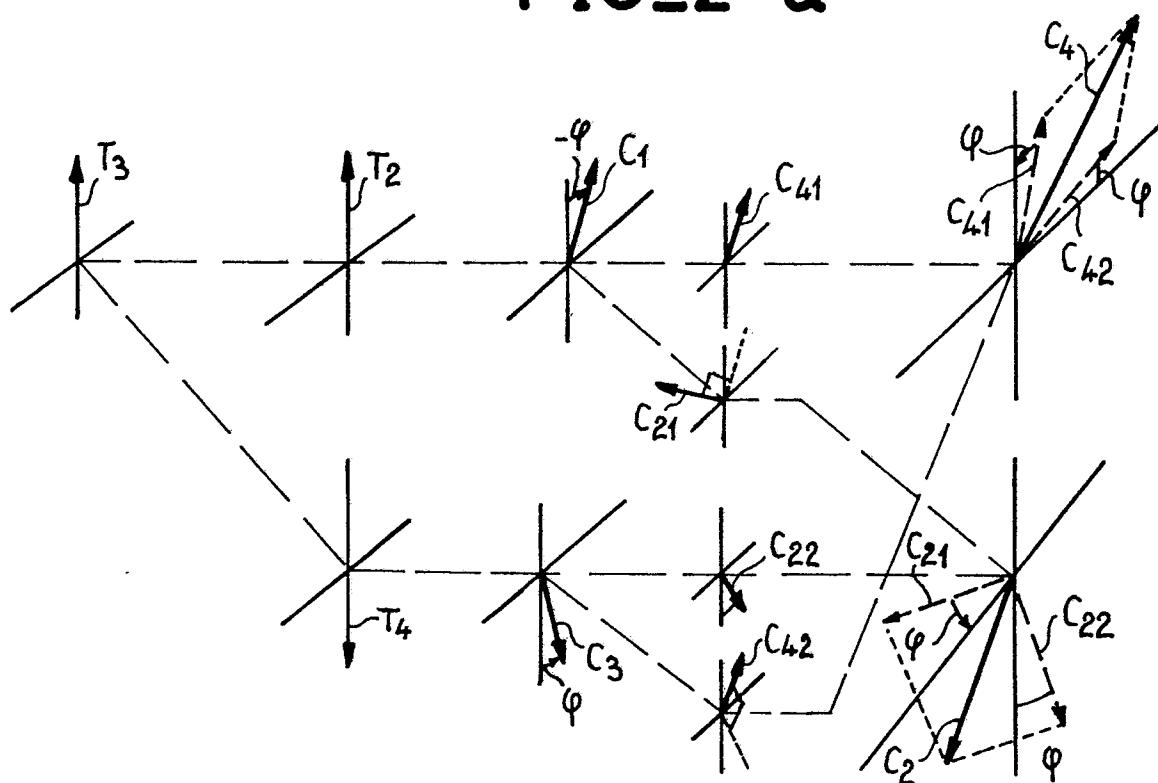
Revendications

1- Dispositif de combinaison de deux signaux

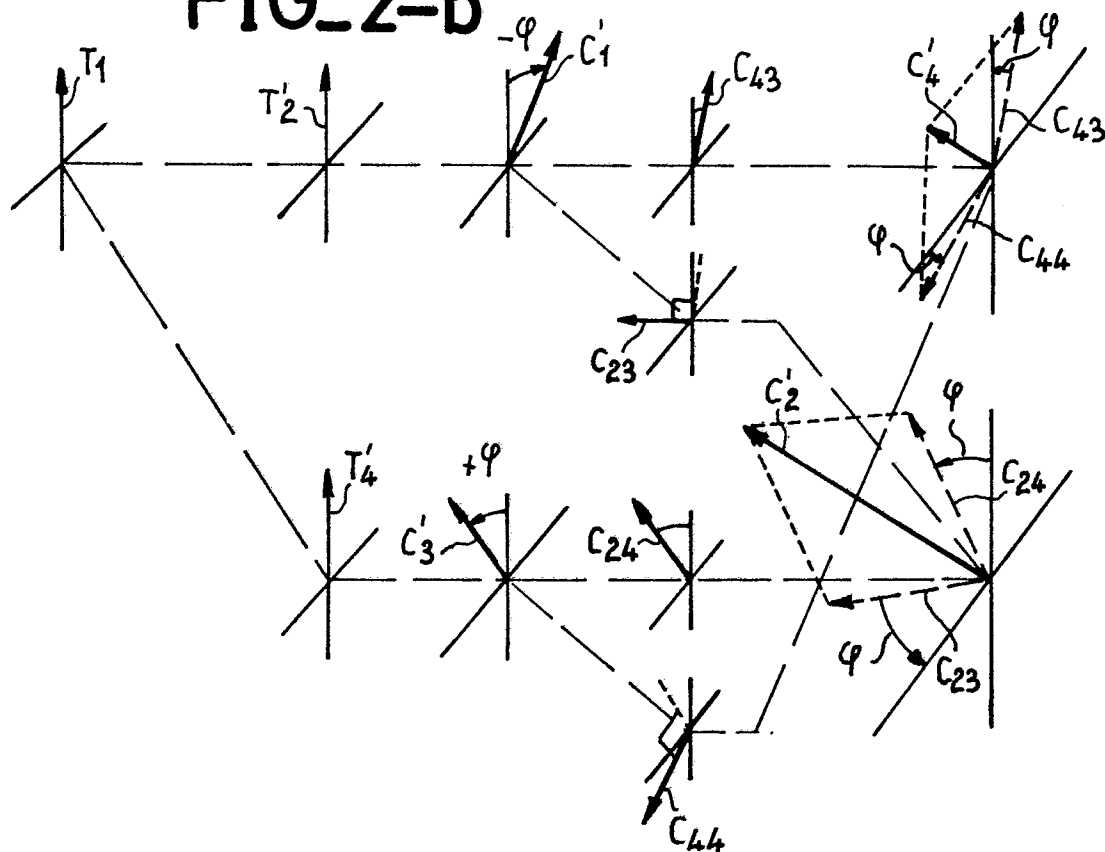
FIG. 1



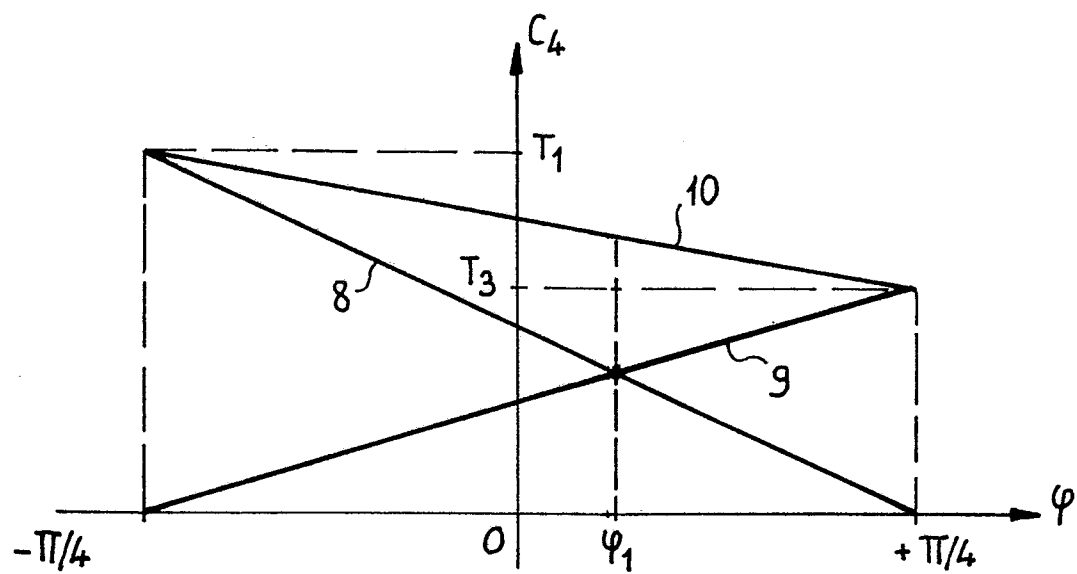
FIG_2-a



FIG_2-b



FIG_3-a



FIG_3-b

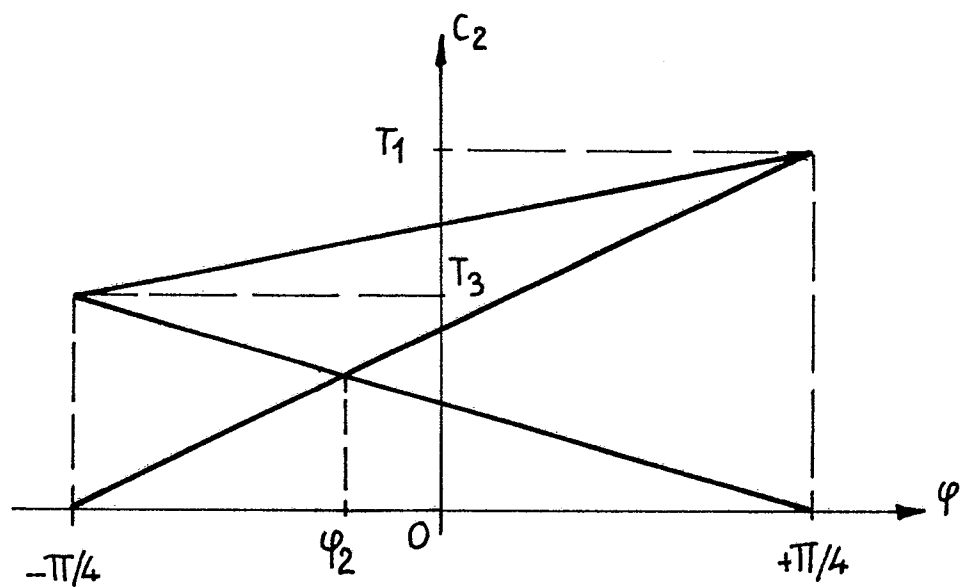
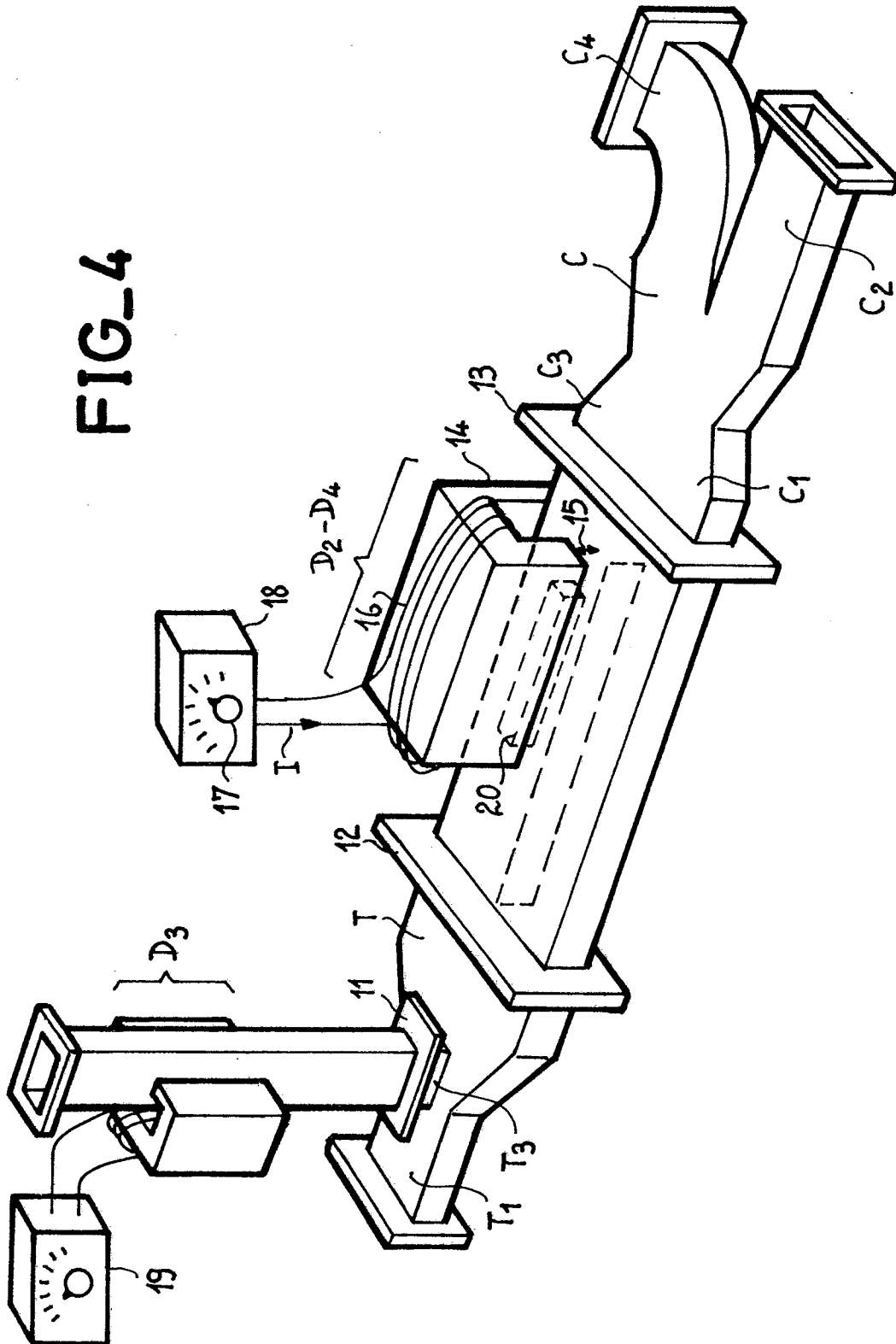


FIG. 4





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
Y	GB-A-1 151 289 (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES) * En entier *	1-6	H 01 P 5/16 H 01 P 1/397
Y	INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDschau, vol. 25, no. 4, avril 1971, pages 101-103, Berlin, DE; E. PIVIT: "Ein Hochleistungszirkulator für das deutsche Elektronen-Synchrotron DESY" * Page 101, paragraphe 1 *	1-3, 5, 6	
Y	L. THOUREL: "Dispositifs a ferrites pour micro-ondes", 1969, pages 140-153, Masson et Cie., Editeurs, Paris, FR * Pages 140, 151-153, paragraphes 5.4.1., 6.1 *	1-3, 5	
Y	US-A-3 517 317 (G. SIRE) * Résumé; colonne 3, lignes 27-41; colonne 4, lignes 53-55; colonne 11, ligne 47 - colonne 12, ligne 8; figures 3, 8, 9, 10 *	1, 2, 5	H 01 P
Y	US-A-2 948 863 (H. HONDA) * En entier *	1, 4, 5	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 21-04-1987	Examineur LAUGEL R.M.L.
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			



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	US-A-3 761 665 (T. NAGAO et al.) * Résumé; figure *	1	
A	US-A-3 036 278 (H.N. CHAIT et al.) * En entier *	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 21-04-1987	Examineur LAUGEL R.M.L.
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			