



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
30.11.94 Bulletin 94/48

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01Q 3/40, H01Q 25/00**

②① Numéro de dépôt : **92400136.5**

②② Date de dépôt : **20.01.92**

⑤④ **Dispositif de contrôle électronique du diagramme de rayonnement d'une antenne à un ou plusieurs faisceaux de direction et/ou de largeur variable.**

③① Priorité : **31.01.91 FR 9101086**

④③ Date de publication de la demande :
05.08.92 Bulletin 92/32

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
30.11.94 Bulletin 94/48

⑧④ Etats contractants désignés :
DE FR GB IT

⑤⑥ Documents cités :
FR-A- 1 527 939
FR-A- 2 241 886
US-A- 3 731 315
US-A- 4 124 852
US-A- 4 901 085
US-A- 4 980 692

⑦③ Titulaire : **AGENCE SPATIALE EUROPEENNE**
8-10, rue Mario Nikis
F-75738 Paris Cedex 15 (FR)

⑦② Inventeur : **Roederer, Antoine**
Breloftpark 32
Noordwijk (NL)
Inventeur : **van't Klooster, Cornelis**
Pijlkruidstraat 33
Voorhout (NL)

⑦④ Mandataire : **Rodhain, Claude et al**
Cabinet Claude Rodhain S.A.
3, rue Moncey
F-75009 Paris (FR)

EP 0 497 652 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

La présente invention concerne un dispositif de contrôle électronique du diagramme de rayonnement d'une antenne à un ou plusieurs faisceaux de direction et/ou de largeur variable.

Elle s'applique notamment à la réalisation d'antennes dites « contrarotatives », qui sont des antennes à balayage continu, montées sur un satellite affecté d'un mouvement de rotation permanent sur son axe, et dans lesquelles le balayage du faisceau de l'antenne s'effectue à la même vitesse que la rotation du satellite mais en sens contraire, de manière à maintenir une direction de pointage inchangée en dépit de la rotation du satellite.

Bien que cette configuration constitue l'un des modes de réalisation avantageux de l'invention, elle n'est cependant en aucune façon limitative et les enseignements de l'invention peuvent, comme on le verra, s'appliquer à une très grande variété d'antennes à un ou plusieurs faisceaux contrôlés électroniquement.

De même, on décrira l'antenne essentiellement en mode d'émission mais tous les enseignements pourront en être transposés, *mutatis mutandis*, à un fonctionnement en réception par simple application du principe de réciprocité, la structure des circuits et leurs liaisons restant les mêmes mais le signal cheminant du réseau d'antennes vers les circuits d'émission/réception au lieu de cheminer en sens inverse. Les étages amplificateurs, qui sont placés aux mêmes endroits, sont dans ce cas des étages amplificateurs faible bruit dont l'entrée est située côté antenne et la sortie côté circuit d'émission/réception. Les deux types d'amplificateurs (amplificateurs de puissance pour l'émission et amplificateurs faible bruit pour la réception) peuvent d'ailleurs coexister dans un même module, moyennant une commutation ou un duplexage appropriés.

Lorsqu'il s'agit de rayonner (ou de recevoir) de la puissance radioélectrique par balayage électronique d'un ou de plusieurs faisceaux dans un domaine angulaire étendu avec un rendement optimum, on peut utiliser soit des antennes passives, soit des antennes actives.

Les antennes dites « passives » comportent, essentiellement, un amplificateur principal suivi d'un diviseur de puissance, fixe ou variable, ainsi que de déphaseurs et/ou de commutateurs.

En émission, les principaux inconvénients sont la nécessité d'avoir un générateur de forte puissance (puisque l'amplificateur est unique), de présenter des pertes importantes en aval de ce générateur (puisque ce dernier est situé en amont du reste du dispositif et d'impliquer des commutations à haut niveau de puissance. En réception, inversement, l'amplificateur faible bruit étant situé tout en aval du système, le signal subit des pertes importantes avant amplification, dé-

gradant ainsi notablement le rapport signal/bruit.

Enfin, dans tous les cas, du fait de l'unicité de l'amplificateur d'émission et/ou de réception, une panne de celui-ci empêche tout fonctionnement du système, puisqu'un fonctionnement en « mode dégradé » n'est pas possible, une panne se répercutant sur la totalité du processus d'émission ou de réception.

Un tel exemple d'antenne passive est illustré figures 1 et 2, avec un réseau circulaire 10 comportant un nombre important de radiateurs élémentaires (au nombre de trente-deux dans cet exemple) répartis régulièrement sur une surface cylindrique, comme illustré schématiquement sur la figure 2 qui représente une vue en plan du réseau 10. Les éléments successifs de ce réseau circulaire ont été numérotés de 1 à 32.

Ce réseau 10 est alimenté par une source de signal 20. Ce signal est amplifié par un étage 30 et appliqué à un réseau de formation de faisceau et de balayage 40, 50 comportant d'une part, un étage diviseur de puissance 40 et, d'autre part, une série de commutateurs à quatre directions 50.

L'étage diviseur de puissance 40 comporte, dans cet exemple, un diviseur de puissance à quatre voies 41 dont les sorties sont appliquées en entrée de diviseurs variables à deux voies 42. Le diviseur 41 est un diviseur fixe, équiphase et équiamplitude, tandis que les diviseurs 42 sont des diviseurs équiphase à amplitude variable.

Chacune des sorties des diviseurs de puissance variable 42 est reliée à un commutateur à quatre voies 50 alimentant quatre radiateurs non contigus et décalés angulairement de 90° sur le réseau circulaire. La sortie de chaque diviseur 42 est ainsi appliquée à l'un des radiateurs d'un sous-réseau, chaque sous-réseau étant constitué de quatre radiateurs élémentaires présentant le rang indiqué sur la figure (le premier sous-réseau est constitué des radiateurs de rang 1, 9, 17 et 25, le second sous-réseau, des radiateurs de rangs 5, 13, 21 et 29, etc.).

Par une combinaison appropriée des déphasages variables (diviseurs 42) et des commutations (commutateurs 50), il est possible d'obtenir un balayage circulaire progressif du faisceau : par exemple, trois éléments centraux (par exemple les éléments 2, 3 et 4) sont excités en phase par un quart de la puissance, et la répartition du dernier quart est variée progressivement d'un élément extérieur (dans cet exemple, l'élément 1) vers l'autre (l'élément 5), également en phase, produisant ainsi le balayage progressif.

Cette configuration n'est pas dénuée d'inconvénients. Le principal en est la perte très importante de puissance entre le signal en sortie de l'amplificateur et le signal effectivement rayonné par le réseau, du fait des nombreux éléments traversés ; en général, cette perte est de l'ordre de 40 %.

Un autre inconvénient tient au fait que, comme l'on ne joue que sur les amplitudes pour réaliser le balayage, les phases d'excitation des radiateurs élémentaires sont loin de l'optimum, introduisant ainsi une dégradation de la qualité du faisceau.

Une autre configuration connue, décrite par exemple dans un article de Boris Sheleg intitulé *A Matrix-Fed Circular Array for Continuous Scanning*, paru dans les *Proceedings of the IEEE*, Vol. 56, n°11, de novembre 1968, pages 2016 à 2027, utilise une matrice de Butler unique pour une application similaire.

Une configuration de ce type est également décrite dans le brevet US-A-3 731 315 (SHELEG) dont l'inventeur désigné est l'auteur de l'article précité.

Cette configuration, illustrée schématiquement figure 3, comporte, entre le réseau 10 et la source de signal 20 avec son amplificateur de puissance 30, un ensemble constitué, d'amont en aval : d'un diviseur de puissance équiphase et équiampitude 40 comportant autant de sorties que de radiateurs élémentaires, d'un ensemble déphaseur 60 comportant, pour chacune des sorties du diviseur 40, un déphaseur fixe 61 et un déphaseur variable 62, et d'une matrice de Butler 70 dont les entrées sont reliées aux sorties des déphaseurs et dont les sorties sont reliées aux différents radiateurs élémentaires du réseau 10 (comme on le sait, une matrice de Butler est un réseau passif sans perte théorique comprenant N entrées et N sorties, N étant généralement une puissance de 2 ; les entrées sont isolées entre elles, et un signal appliqué à l'une quelconque des entrées produit sur toutes les sorties des courants d'amplitudes égales mais dont les phases varient linéairement d'un élément au suivant).

Dans le dispositif de la figure 3, le balayage est réalisé par action sur les déphaseurs 62 de manière à obtenir une progression linéaire de la phase sur les entrées de mode, tout en maintenant fixes les amplitudes de mode.

Cette structure, bien qu'elle élimine les difficultés liées à la présence de commutateurs, présente néanmoins les mêmes autres inconvénients que ceux du dispositif de la figure 1.

Le second type d'antenne est constitué par les antennes dites « actives », dans lesquelles l'amplification n'est plus concentrée en un point mais répartie sur une pluralité d'amplificateur.

Plus précisément, à chaque élément rayonnant est associé un amplificateur monté au voisinage immédiat du radiateur. L'inconvénient principal est que, pour une antenne à quatre (ou six) facettes par exemple, on n'utilisera, à un instant donné, qu'un amplificateur sur quatre (ou six), toute la puissance étant concentrée dans le seul amplificateur associé à l'élément correspondant utilisé. Cet inconvénient limite l'utilisation de ce principe à des antennes devant présenter un domaine de balayage étendu.

Le brevet US-A-4 124 852 (STEUDEL) décrit un

système de commutation de phase de puissance pour une antenne réseau à balayage qui comprend un module de transmission avec des déphaseurs et des amplificateurs du type TOP ("TWT", selon la terminologie anglo-saxonne), et un module coupleur hybride.

Ce dispositif comprend des amplificateurs et des éléments rayonnants. Ce dispositif comporte aussi des réseaux de distribution complexes comprenant des déphaseurs additionnels disposés entre les amplificateurs et les éléments rayonnants. En outre, ce dispositif concerne une antenne à un seul faisceau.

Le brevet français FR-A-2 241 886 (LABORATOIRE CENTRAL DE TELECOMMUNICATIONS) concerne une antenne réseau plane comprenant des éléments rayonnants et des amplificateurs dans laquelle tous les éléments sont excités en même temps.

En outre, l'antenne réseau décrite dans ce brevet ne comprend pas de coupleurs multiports entre les éléments rayonnants et les amplificateurs.

Le US-A-4 901 085, au nom de Spring et al., décrit par ailleurs une configuration pour un système d'alimentation d'antennes à faisceaux multiples comprenant une pluralité de modules formant amplificateurs de puissance à matrice hybride. Ces modules, de préférence tous identiques, comportent chacun une matrice d'entrée et une matrice de sortie présentant entre elles une symétrie en miroir et interconnectées par une batterie d'amplificateurs de puissance. Chacun des modules ainsi constitué est monté entre, d'une part, un réseau de formation de faisceaux à bas niveau et, d'autre part, les éléments rayonnants.

Une telle structure, qui implique un dédoublement des matrices, est de ce fait relativement complexe, encombrante et lourde - caractéristiques fortement désavantageuses dans le cas d'une antenne embarquée sur satellite.

En second lieu, dans la configuration décrite par ce brevet le réseau formateur de faisceaux relie certains ports de sélection de faisceaux à certains ports d'entrée des modules, dont certains autres ports n'ont aucun signal qui leur est appliqué. Dès lors, les divers amplificateurs ne sont pas chargés identiquement, aboutissant donc à une perte d'efficacité du système.

Enfin et surtout, le système décrit par cette antériorité ne permet aucune variation continue de pointage du faisceau tout en conservant une charge uniforme sur les amplificateurs, alors qu'il s'agit là, comme on le verra, de la caractéristique essentielle de la présente invention.

En effet, l'un des buts de la présente invention est de proposer un dispositif de contrôle électronique du diagramme de rayonnement d'une antenne active à balayage électronique, à un ou plusieurs faisceaux, opérant dans un domaine angulaire étendu et avec un rendement optimum.

Essentiellement, ce dispositif comporte un réseau de radiateurs subdivisés en un certain nombre de groupes, chaque faisceau utilisant typiquement un ou deux éléments de chaque groupe. L'amplification y est réalisée de façon répartie par une pluralité d'amplificateurs, en nombre égal à celui des radiateurs, et la liaison entre radiateurs et amplificateurs est effectuée par l'intermédiaire d'un coupleur hybride, des moyens étant en outre prévus pour optimiser et ajuster les phases des signaux avant amplification (en émission) ou après amplification (en réception) afin de contrôler la distribution d'énergie entre les éléments.

Ceci permet, par application de déphasages appropriées, d'orienter la puissance au mieux vers les éléments correspondant à la (aux) direction(s) de rayonnement voulue(s), et d'assurer une variation de puissance continue d'une partie à l'autre de l'antenne pour en changer le diagramme de rayonnement.

En outre, l'amplification répartie selon l'invention présente l'avantage que, par rapport à une antenne active à un module amplificateur associé directement à chaque élément rayonnant, la puissance par module peut être réduite essentiellement dans le rapport du nombre d'éléments contribuant à un faisceau au nombre total d'éléments.

On atteint ainsi un double avantage : tout d'abord, on réduit la puissance unitaire des amplificateurs, ce qui en accroît la fiabilité ; d'autre part, en cas de panne d'un ou de deux amplificateurs les performances globales sont peu affectées par cette panne puisque, à un instant donné, les amplificateurs du dispositif participent tous, chacun pour leur part, à la formation du faisceau.

En outre, les amplificateurs recevant tous, et de façon permanente, des signaux d'amplitudes égales, on peut optimiser l'efficacité de la fonction d'amplification.

La présente invention concerne un dispositif du type générique précité, c'est-à-dire comprenant : un réseau de N radiateurs, subdivisé en P sous-réseaux de M radiateurs chacun, avec $M \cdot P = N$, chaque faisceau du diagramme spécifié utilisant une pluralité de radiateurs choisis parmi les radiateurs d'au moins certains des sous-réseaux ; une source de signal, commune à tous les radiateurs du réseau ; des moyens diviseurs de puissance, à une entrée et N sorties, pour distribuer le signal délivré par la source des moyens pour amplifier ledit signal ; et des moyens pour exciter sélectivement par le signal amplifié, avec un déphasage contrôlé, au moins certains des radiateurs de manière à obtenir le diagramme de rayonnement spécifié pour l'antenne.

Le dispositif comprend en outre, entre les moyens diviseurs de puissance et les radiateurs : P groupes de M modules déphaseurs-amplificateurs, placés en sortie des moyens diviseurs de puissance ; et P coupleurs à M entrées et M sorties chacun, ces

M entrées étant reliées aux M sorties correspondantes du groupe de modules déphaseurs-amplificateurs associé, et ces M sorties étant reliées aux M radiateurs du sous-réseau associé, le déphasage des modules déphaseurs-amplificateurs étant choisi de manière à diriger la puissance délivrée par la source vers les radiateurs participant au diagramme de rayonnement spécifié, et à réaliser ainsi une amplification répartie du signal émis par la source en maintenant sur chaque amplificateur une charge essentiellement identique et constante quelles que soient les modifications apportées au diagramme.

Le dispositif est caractérisé en ce que, le diagramme comprenant une pluralité de faisceaux distincts, lesdits moyens diviseurs de puissance comportent, en nombre égal à celui des faisceaux, une pluralité d'ensembles diviseurs de puissance élémentaires à une entrée et N sorties, les sorties homologues des ensembles élémentaires respectifs étant couplées par des moyens déphaseurs variables pour donner N sorties appliquées aux N entrées des N modules déphaseurs-amplificateurs.

Avantageusement, ledit réseau est un réseau cylindrique, excité de manière à réaliser un balayage circulaire dudit faisceau ou de chacun desdits faisceaux, et/ou excité de manière à réaliser une modification de la largeur dudit faisceau ou de chacun desdits faisceaux.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-dessous, faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels les mêmes références numériques désignent partout des éléments fonctionnellement semblables.

Les figures 1 et 2, précitées, montrent schématiquement un premier type connu d'antenne passive à balayage circulaire.

La figure 3, précitée, montre un second type connu d'antenne passive à balayage circulaire.

Les figures 4 et 5 illustrent schématiquement un premier mode de réalisation du dispositif de l'invention, correspondant à une antenne à balayage circulaire à faisceau unique.

Les figures 6 et 7 montrent un second mode de réalisation de l'invention, correspondant à une antenne à balayage circulaire à deux faisceaux simultanés.

La figure 8 illustre un troisième mode de réalisation de l'invention, correspondant à une antenne à faisceau unique à pointage fixe mais à largeur variable.

Sur les figures 4 et 5, on a représenté un premier mode de réalisation de l'invention, pour une antenne cylindrique à seize éléments rayonnants (radiateurs) et à faisceau unique. Cette configuration correspond, typiquement, à celle d'une antenne contrarotative pour satellite, mais de très nombreuses autres applications sont bien entendu parfaitement envisageables.

La figure 4 montre, en vue de dessus, la configuration d'ensemble du réseau circulaire et des circuits qui lui sont associés, tandis que la figure 5 se réfère uniquement au schéma électrique définissant les liaisons entre ces différents éléments.

Les éléments rayonnants du réseau 10 sont subdivisés en groupes A, B, C et D de quatre radiateurs chacun (A_1, A_2, A_3, A_4 , etc.), le faisceau utilisant typiquement un ou deux éléments de chaque groupe : ainsi, dans l'exemple illustré, le faisceau dont la direction est Δ utilise les cinq éléments A_1, B_1, C_1, D_1 et D_4 ; les éléments A_1, B_1 et C_1 sont excités chacune typiquement par un quart de la puissance totale, le dernier quart étant réparti entre les deux éléments D_1 et D_4 , avec une variation continue (le niveau de puissance plus ou moins élevé a été symbolisé sur les figures 4 et 5 par une zone hachurée plus ou moins importante associée à chaque élément excité).

Les phases de chacune des trois sources centrales (dans cet exemple les sources A_1, B_1 et C_1) peuvent être optimisées, celles des deux sources extérieures (D_1 et D_4) sont égales mais de valeurs réglables : on peut ainsi maximiser le rayonnement dans une direction variable de manière continue ou non.

À chaque groupe de radiateurs est associé un coupleur multiport généralisé 80, ou une matrice de Butler, à quatre entrées et quatre sorties dans l'exemple illustré. De tels coupleurs sont par exemple décrits, avec leurs conditions de fonctionnement, dans l'ouvrage de Y. T. Lo et S. W. Lee intitulé *Antenna Handbook - Theory, Applications and Design*, publié chez Van Nostrand Reinhold Company, New York, notamment aux pages 19-101 à 19-111 du chapitre *Beam-Forming Feeds*, ou encore dans l'article de S. Egami et M. Kawai intitulé *An Adaptive Multiple Beam System Concept*, paru dans le *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, volume SAC-5, n° 4 de mai 1987, pages 630 à 636.

Chacun des coupleurs 80 associé aux différents groupes A, B, C et D permet de relier chaque élément d'un groupe (par exemple, pour le coupleur du groupe A, les radiateurs A_1, A_2, A_3 et A_4) à un nombre égal de modules amplificateurs 30 et déphaseurs 60, les déphaseurs étant variables et commandables de manière à ajuster le déphasage avant amplification (à l'émission) ou après amplification (à la réception).

Chacun des déphaseurs 60 (qui sont donc au nombre de $4 \times 4 = 16$) est alimenté par l'une des sorties d'un diviseur de puissance équiphase, équiampitude 40, lui-même alimenté par la source de signal 20 (et inversement en réception).

Les propriétés des coupleurs 80 sont telles qu'il est possible, par un choix approprié des phases appliquées par les déphaseurs 60 au signaux provenant du diviseur 40, de focaliser la puissance d'entrée vers une, deux ou quatre des sorties du coupleur ; ici, on focalisera la puissance vers une ou deux sorties pour aboutir au résultat voulu. En outre, dans le cas de

deux sorties utilisées, il est de plus possible d'ajuster les niveaux relatifs ainsi que, dans une certaine mesure, la phase, de manière à orienter au mieux la puissance vers les éléments correspondant à la direction de rayonnement spécifiée.

Les figures 6 et 7 illustrent une généralisation du mode de réalisation précédent à une antenne à balayage circulaire à deux faisceaux simultanés, correspondant aux deux directions référencées Δ et Δ' .

Comme on peut le voir sur ces figures, la structure est comparable à celle du cas précédent en ce qui concerne les coupleurs multiport 80 et les amplificateurs 30.

En revanche, du fait de la pluralité de faisceaux et donc de la pluralité de sources (20 et 20'), on double les déphaseurs ; on prévoit ainsi, pour chacun des amplificateurs 30, deux déphaseurs 60 et 60' permettant de coupler les signaux issus des deux sources 20 et 20' tout en leur appliquant, séparément, un déphasage distinct approprié.

La figure 8 illustre un autre mode de réalisation de l'invention, dans une application à une antenne « zoom » c'est-à-dire une antenne produisant un faisceau de direction donnée (Δ), mais de largeur variable en fonction des besoins. En particulier, de telles antennes peuvent être très utiles dans le cas des satellites présentant une orbite elliptique à forte excentricité, car elles permettent de maintenir une zone d'illumination sensiblement constante en dépit des variations périodiques d'altitude du satellite.

A cet effet, on fait varier le nombre des éléments rayonnants utilisés, un faisceau large utilisant un faible nombre d'éléments rayonnants et un faisceau fortement directif en utilisant un nombre plus important. Ainsi, dans l'exemple de la figure 8, on utilise un réseau 10 (circulaire ou plan) de huit éléments répartis en deux groupes imbriqués A_1, A_2, A_3, A_4 et B_1, B_2, B_3, B_4 . Un faisceau large utilisera les deux éléments centraux B_2 et A_3 , un faisceau un peu moins large utilisera les quatre éléments centraux A_2, B_2, A_3, B_3 , etc. et le faisceau le plus étroit utilisera la totalité des éléments. On notera que, dans ce cas, tous les éléments pointent dans la même direction et que, par ailleurs, le réseau peut être agrandi, de manière en elle-même connue, par un système optique.

Les quatre radiateurs de chacun des deux groupes sont réunis à la première série de ports d'un coupleur 80, dont la deuxième série de ports est attaquée par les amplificateurs 30, en nombre égal à celui des radiateurs. A chaque amplificateur est associé un module déphaseur 60, lui-même alimenté par l'une des sorties du diviseur de puissance 40 alimenté par la source de signal 20.

Les enseignements de la présente invention peuvent être appliqués à de très nombreuses configurations d'antennes parmi lesquelles on peut citer, outre les antennes contrarotatives pour satellites et les antennes « zoom » à faisceau de largeur variable, déjà

exposées :

- les antennes de télécommande et de télémé-
sure pour satellites, sondes spatiales, avions
spatiaux et lanceurs,
- les antennes pour communications entre véhi-
cules spatiaux, 5
- les antennes pour astronautes,
- les antennes pour terminaux mobiles mariti-
mes, aéronautiques ou terrestres,
- les antennes pour balises radioélectriques 10
échangeant des signaux (en émission et/ou en
réception) avec des satellites ou des avions,
- les antennes pour terminaux de radionaviga-
tion par satellites,
- les antennes de réception de télévision pour 15
satellites placées sur des positions différentes,
ou encore
- les antennes pour radars au sol ou radars de
bord.

Selon les besoins, les radiateurs du réseau 20
pourront être répartis sur une surface conforme,
sphérique, cylindrique, conique ou à facettes pour
étendre le domaine angulaire de l'antenne.

Revendications

1. Un dispositif de contrôle électronique du dia-
gramme de rayonnement d'une antenne à un ou
plusieurs faisceaux de direction et/ou de largeur 30
variable, ce dispositif comprenant :
 - un réseau (10) de N radiateurs, subdivisé
en P sous-réseaux (A, B, C, D) de M radi-
ateurs chacun, avec $M \cdot P = N$, chaque fais-
ceau du diagramme spécifié utilisant une 35
pluralité de radiateurs choisis parmi les ra-
diateurs d'au moins certains des sous-
réseaux,
 - une source (20) de signal, commune à tous
les radiateurs du réseau, 40
 - des moyens diviseurs de puissance (40), à
une entrée et N sorties, pour distribuer le si-
gnal délivré par la source,
 - des moyens (30) pour amplifier ledit signal, 45
et
 - des moyens pour exciter sélectivement par
le signal amplifié, avec un déphasage
contrôlé, au moins certains des radiateurs
de manière à obtenir le diagramme de
rayonnement spécifié pour l'antenne, et 50
comprenant en outre, entre les moyens di-
viseurs de puissance et les radiateurs :
 - P groupes de M modules déphaseurs-am-
plificateurs (30, 60), placés en sortie des 55
moyens diviseurs de puissance, et
 - P coupleurs (80) à M entrées et M sorties
chacun, ces M entrées étant reliées aux M
sorties correspondantes du groupe de mo-

dules déphaseurs-amplificateurs associé,
et ces M sorties étant reliées aux M radia-
teurs du sous-réseau associé,

le déphasage des modules déphaseurs-
amplificateurs étant choisi de manière à diriger la
puissance délivrée par la source vers les radia-
teurs participant au diagramme de rayonnement
spécifié, et à réaliser ainsi une amplification ré-
partie du signal émis par la source en maintenant
sur chaque amplificateur une charge essentielle-
ment identique et constante quelles que soient
les modifications apportées au diagramme; ca-
ractérisé en ce que,

le diagramme comprenant une pluralité de
faisceaux distincts, lesdits moyens diviseurs de
puissance comportent, en nombre égal à celui
des faisceaux, une pluralité d'ensembles divi-
seurs de puissance élémentaires (40, 40') à une
entrée et N sorties chacun, les sorties homolo-
gues des ensembles élémentaires respectifs
étant couplées par des moyens déphaseurs va-
riables (60, 60') pour donner N sorties appliquées
aux N entrées des N modules déphaseurs-ampli-
ficateurs.

2. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel le-
dit réseau (10) est un réseau cylindrique, excité
de manière à réaliser un balayage circulaire dudit
faisceau ou de chacun desdits faisceaux.
3. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel le
réseau est un réseau excité de manière à réaliser
une modification de la largeur dudit faisceau ou
de chacun desdits faisceaux.
4. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel les
radiateurs du réseau sont disposés sur une sur-
face conique.
5. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel les
radiateurs du réseau sont disposés sur des facet-
tes planes autour de l'axe central de l'antenne.
6. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel les
radiateurs du réseau sont disposés sur une sur-
face sphérique ou sur des parties de surface
sphérique.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur elektronischen Steuerung des
Strahlungsdiagramms eines Einfach- oder Mehr-
fach-Richtstrahlers mit variabler Richtung und-
/oder Breite, umfassend:
 - ein Netz (10) mit N Strahlern, das in P Teil-
netze (A, B, C, D) mit jeweils M Strahlern
unterteilt ist, wobei $M \cdot P = N$ ist und wobei

jeder Strahl des spezifizierten Diagramms eine Mehrzahl von aus den Strahlern wenigstens bestimmter Teilnetze gewählten Strahlern benutzt,

- eine allen Strahlern des Netzes gemeinsame Signalquelle (20),
- Leistungsteiler (40) an einem Eingang und N Ausgängen zum Senden des von der Quelle abgegebenen Signals,
- Mittel (30) zum Verstärken des Signals und
- Mittel zum selektiven Ansteuern wenigstens bestimmter Strahler mittels des verstärkten Signals bei gesteuerter Phasenverschiebung, um das spezifizierte Strahlungsdiagramm für den Richtstrahler zu erlangen,

und weiterhin zwischen den Leistungsteilern und den Strahlern umfassend:

- P Gruppen von M ausgangsseitig der Leistungsteiler angeordneten Phasenschieber-Verstärker-Modulen (30, 60), und
- P Koppler (80) jeweils an M Eingängen und M Ausgängen, wobei diese M Eingänge mit den entsprechenden M Ausgängen der zugeordneten Gruppe von Phasenschieber-Verstärker-Modulen verbunden sind, und wobei diese M Ausgänge mit den M Strahlern des zugeordneten Teilnetzes verbunden sind,

wobei die Phasenverschiebung der Phasenschieber-Verstärker-Module so gewählt ist, daß die von der Quelle abgegebene Leistung auf die dem spezifizierten Strahlungsdiagramm zugehörigen Strahler gerichtet wird und so eine verteilte Verstärkung des von der Quelle abgegebenen Signals durch Aufrechterhaltung einer im wesentlichen identischen und konstanten Belastung an jedem Verstärker unabhängig von den an dem Diagramm vorgenommenen Änderungen erzielt wird; dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Diagramm mit einer Mehrzahl von unterschiedlichen Strahlen die Leistungsteiler jeweils eine Mehrzahl von Leistungsteiler-Grundeinheiten (40, 40') in einer der Anzahl der Strahlen entsprechenden Menge an einem Eingang und N Ausgängen umfassen, wobei die homologen Ausgänge der jeweiligen Grundeinheiten mittels variabler Phasenschieber (60, 60') gekoppelt sind, so daß sich N Ausgänge ergeben, die den N Eingängen der N Phasenschieber-Verstärker-Module zugeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, in welcher das Netz (10) durch ein zylindrisches, zur Erzielung einer Kreisbestreichung durch den Strahl oder durch jede der Strahlen angesteuertes Netz gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, in welcher das Netz durch ein zur Erzielung einer Änderung der Breite des Strahls oder jedes der Strahlen angesteuertes Netz gebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, in welcher die Strahler des Netzes auf einer konischen Fläche angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, in welcher die Strahler des Netzes auf flachen Facetten um die Mittelachse des Richtstrahlers angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, in welcher die Strahler des Netzes auf einer kugelförmigen Fläche oder auf Teilen der kugelförmigen Fläche angeordnet sind.

Claims

1. A device for electronic control of the radiation pattern of a single- or multi-beam antenna with variable direction and/or width, this device comprising:

- an array (10) of N radiators, which is subdivided into P sub-arrays (A,B,C,D) each of M radiators with $M \cdot P = N$, each beam of the specified pattern using a plurality of radiators chosen from the radiators of at least some of the sub-arrays,
- a signal source (20) common to all the radiators of the array,
- power divider means (40) with one input and N outputs, for dispersing the signal delivered by the source,
- means (30) for amplifying the said signal, and
- means for selectively exciting, via the amplified signal, with a controlled phase shift, at least some of the radiators in such a way as to obtain the radiation pattern specified for the antenna,

and furthermore comprising, between the power divider means and the radiators:

- P groups of M phase-shifter/amplifier modules (30,60), placed at the output of the power divider means, and
- P couplers (80), each with M inputs and M outputs, these M inputs being connected to the M corresponding outputs of the associated group of phase-shifter/amplifier modules, and these M outputs being connected to the M radiators of the associated sub-array,

the phase shift of the phase-shifter/amplifier modules being chosen in such a way as to direct the power delivered by the source towards the ra-

diators participating in the specified radiation pattern, and thus to effect a distributed amplification of the signal emitted by the source while maintaining an essentially identical and constant load on each amplifier, irrespective of the modifications made to the pattern; characterized in that, the pattern comprising a plurality of distinct beams, the said power divider means include, in equal number to that of the beams, a plurality of elementary power divider assemblies (40,40') each with one input and N outputs, the homologous outputs of the respective elementary assemblies being coupled by variable phase-shifter means (60,60') so as to give N outputs applied to the N inputs of the N phase-shifter/amplifier modules.

2. The device of Claim 1, in which the said array (10) is a cylindrical array excited in such a way as to effect circular scanning of the said beam or of each of the said beams.
3. The device of Claim 1, in which the array is an array excited in such a way as to effect a modification of the width of the said beam or of each of the said beams.
4. The device of Claim 1, in which the radiators of the array are arranged on a conical surface.
5. The device of Claim 1, in which the radiators of the array are arranged on plane facets around the central axis of the antenna.
6. The device of Claim 1, in which the radiators of the array are arranged on a spherical surface or on portions of a spherical surface.

40

45

50

55

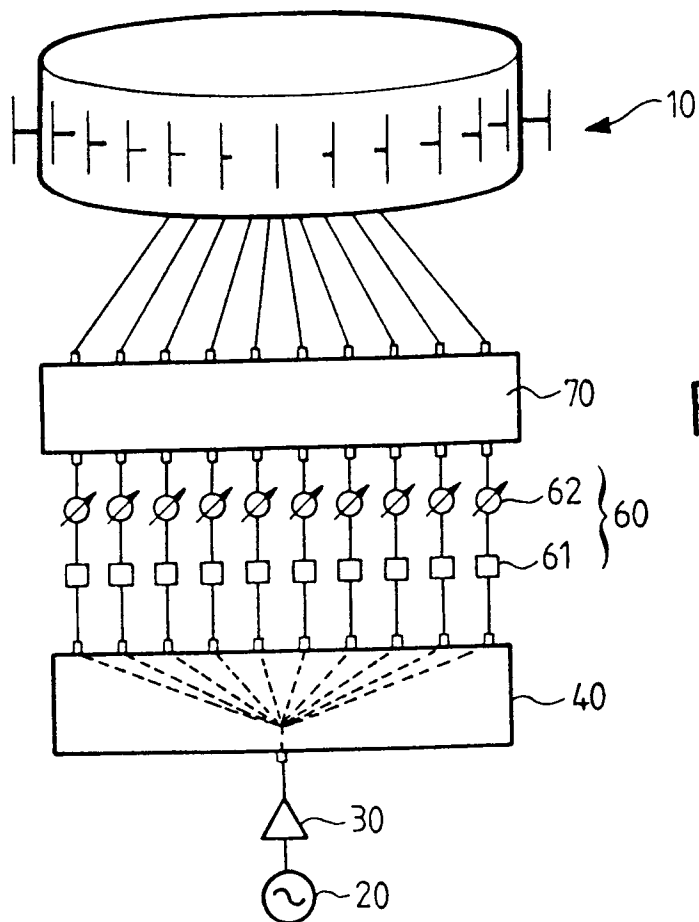
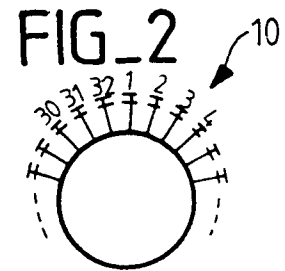
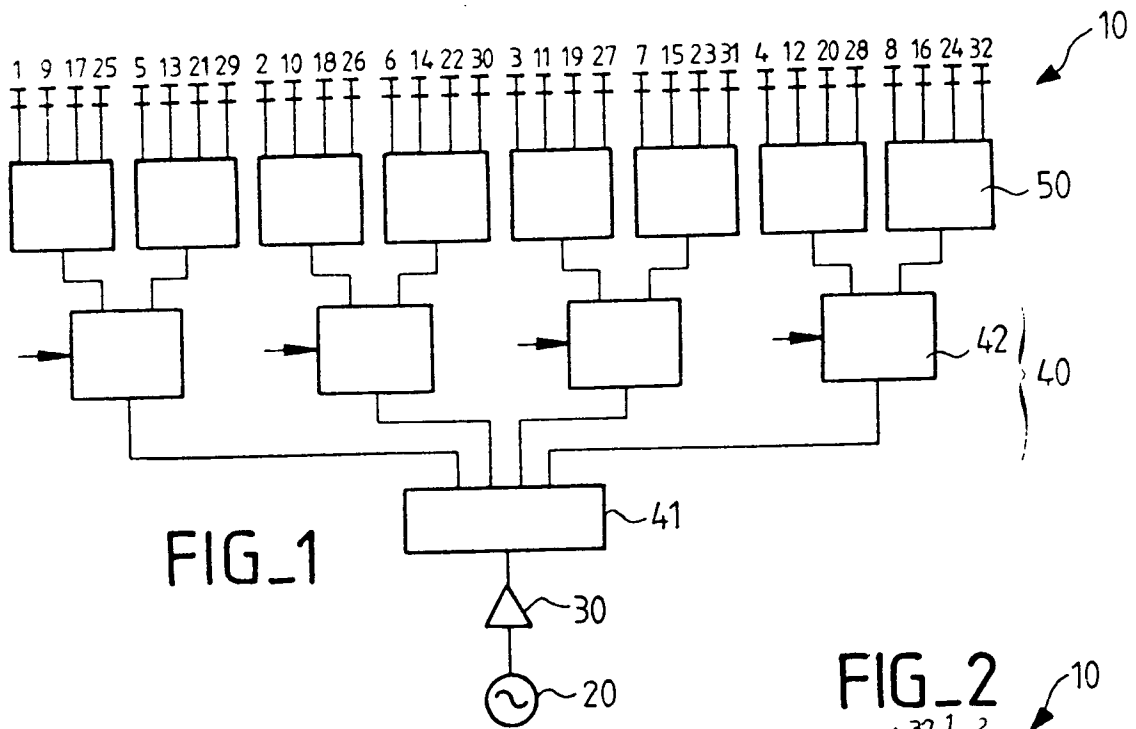


FIG-4

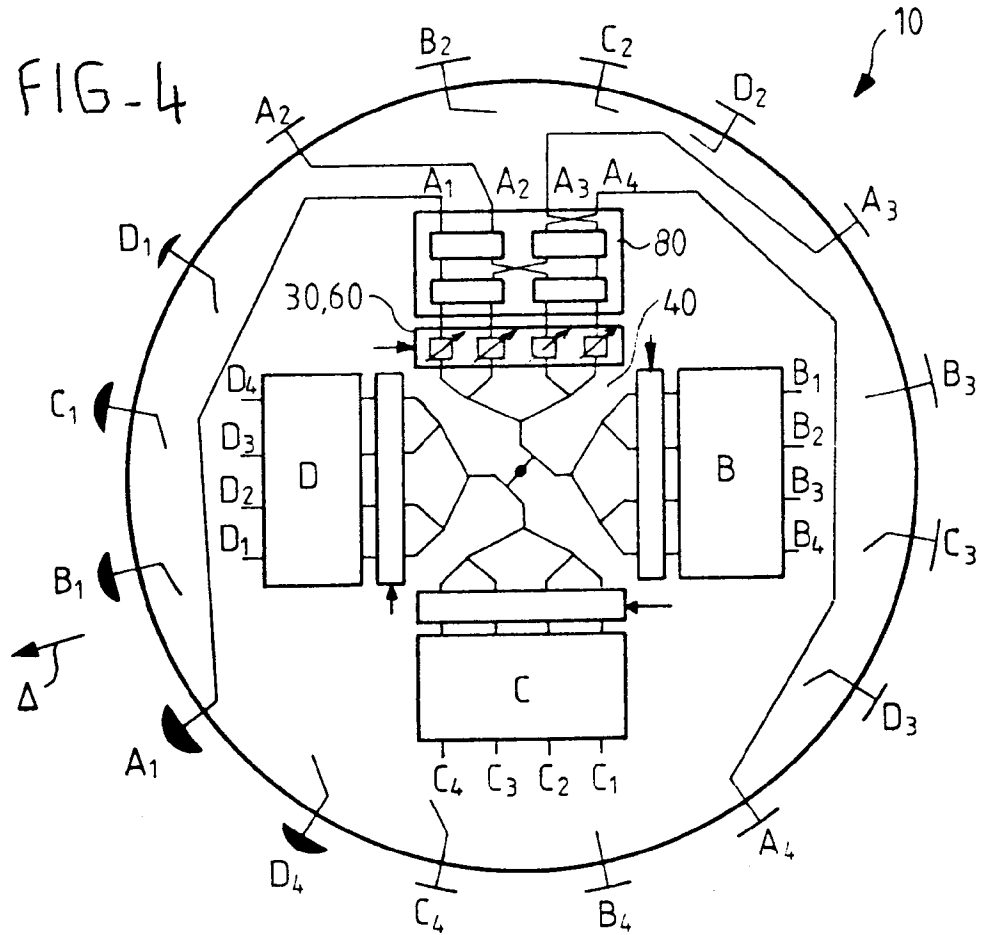
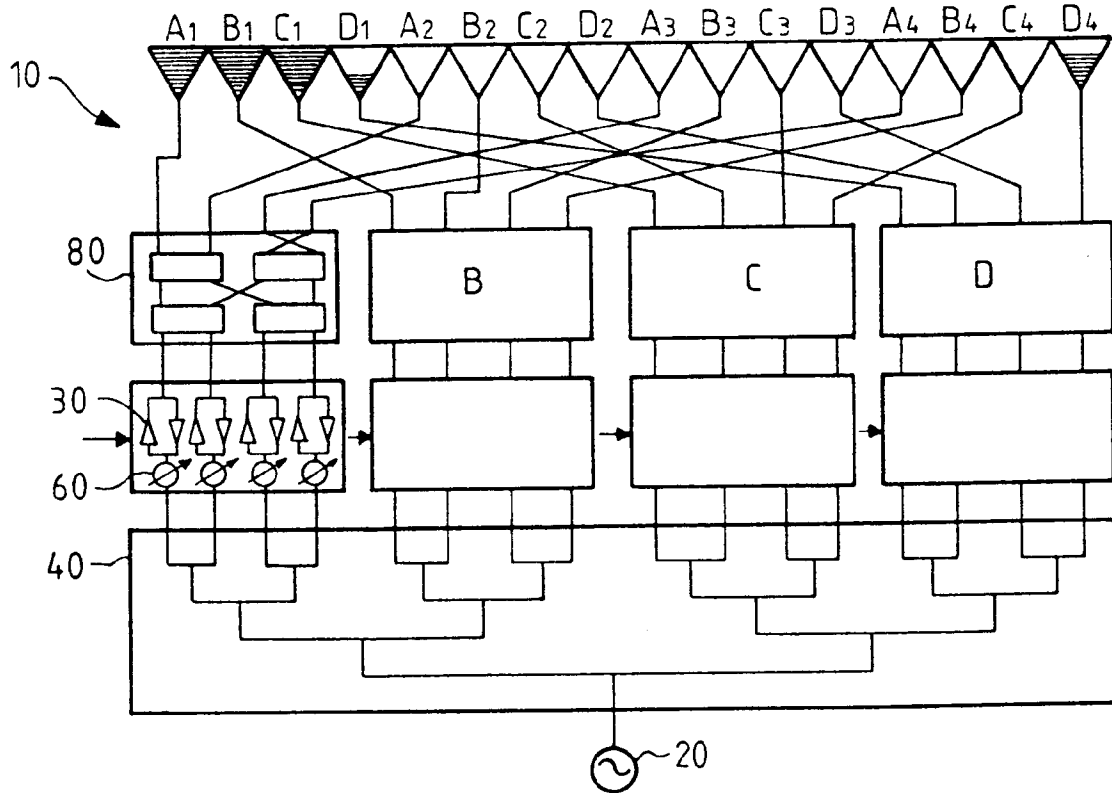
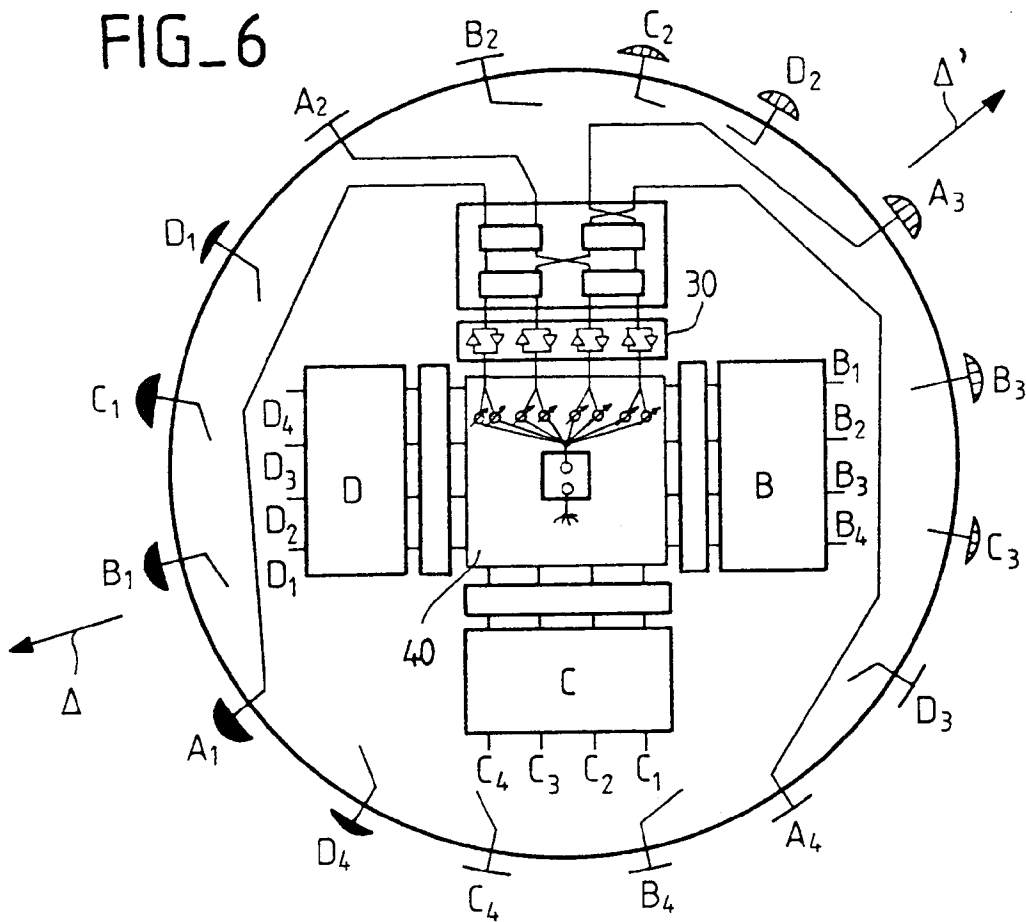


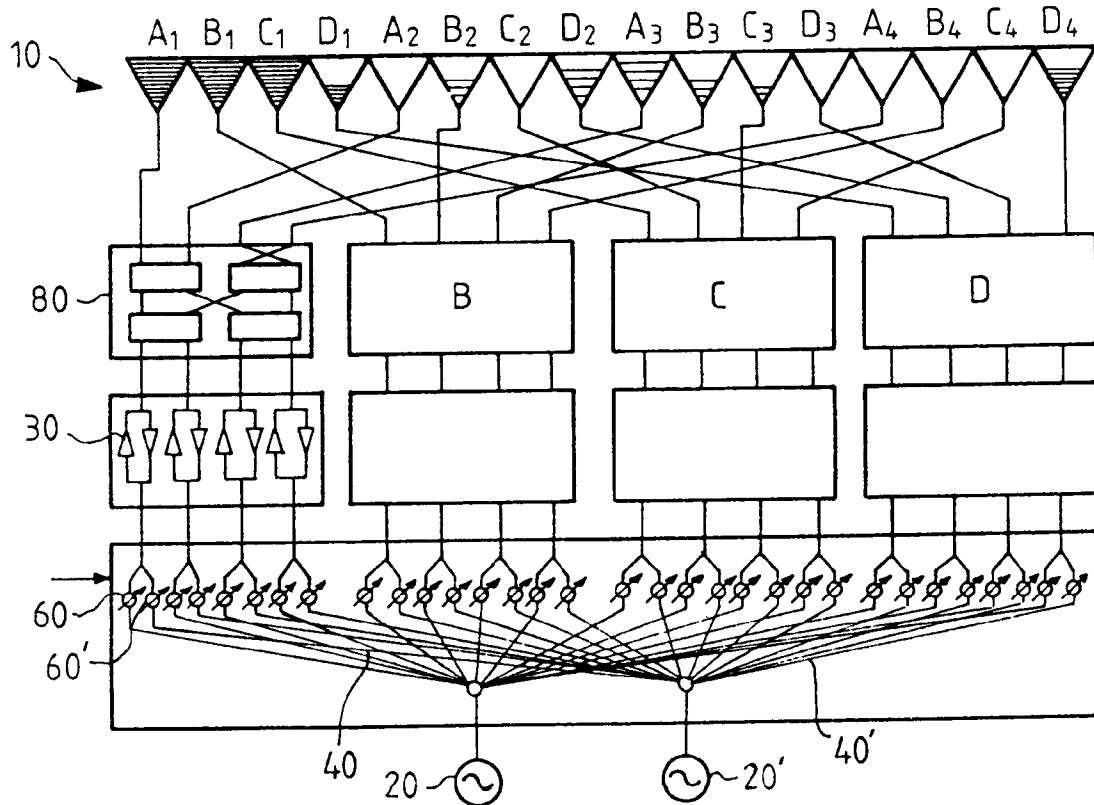
FIG-5

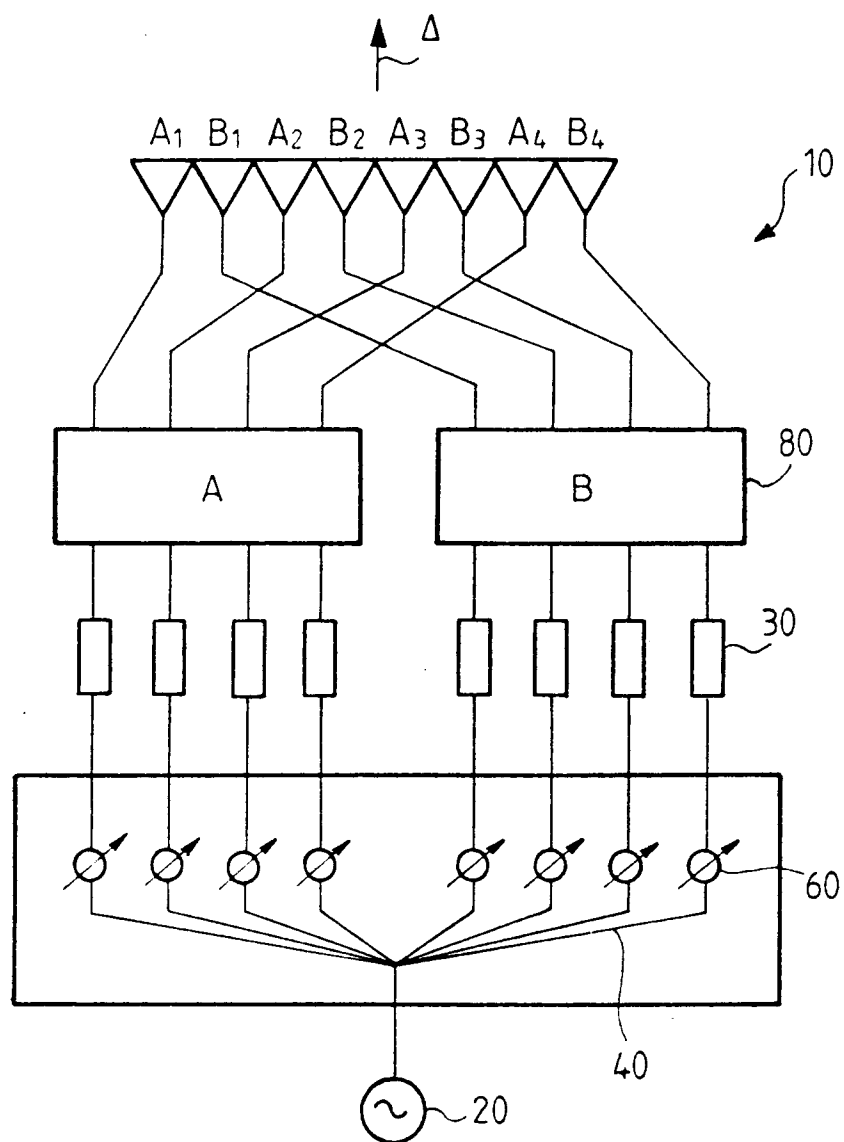


FIG_6



FIG_7





FIG_8