

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 160 581 B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet:
07.08.91

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 3/36**, **H01Q 3/26**,
G01S 7/28

(21) Numéro de dépôt: **85400338.1**

(22) Date de dépôt: **22.02.85**

(54) **Antenne réseau et radar de sensibilité réduite au brouillage.**

(30) Priorité: **24.02.84 FR 8402859**

(43) Date de publication de la demande:
06.11.85 Bulletin 85/45

(45) Mention de la délivrance du brevet:
07.08.91 Bulletin 91/32

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

(56) Documents cités:
FR-A- 2 521 354 US-A- 3 697 994
US-A- 3 775 769 US-A- 3 925 781
US-A- 4 216 475 US-A- 4 229 739
US-A- 4 327 417

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

(72) Inventeur: **Durand, Jean-Claude**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)
Inventeur: **Trigon, Roland**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

(74) Mandataire: **Benoit, Monique et al**
THOMSON-CSF SCPI
F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67(FR)

EP 0 160 581 B1

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

Description

L'invention concerne principalement des dispositifs et des procédés d'antibrouillage pour antenne réseau et radar de sensibilité réduite au brouillage.

Il est connu pour minimiser les effets d'un brouilleur d'opposer au signal reçu par une antenne principale, un signal, convenablement pondéré, reçu par une antenne auxiliaire. Un tel dispositif est décrit dans le brevet "IF Sidelobe Cancellor", US-3 202 990 déposé le 24.08.65.

D'autre part il est connu de perturber la loi de phase d'un réseau rayonnant d'une antenne à balayage électronique de façon à diminuer la sensibilité de l'antenne dans des directions a priori inconnues des brouilleurs.

Les dispositifs connus présentent des inconvénients, notamment :

- la nécessité d'effectuer des calculs en temps réel, ce qui exige un calculateur rapide ;
- la nécessité d'avoir des antennes auxiliaires.

L'invention consiste principalement à stocker les lois de phase désirées d'une antenne réseau dans des mémoires. Les lois de phase étant choisies l'invention est particulièrement intéressante pour créer des zones de sensibilité réduite, que l'on appellera trous dans la suite de ce brevet, dans le diagramme de rayonnement de l'antenne. Avantageusement les lois de phase stockées dans les mémoires tiennent compte des erreurs de quantification et/ou des propriétés propres à chaque déphaseur à commande numérique.

Le dispositif selon l'invention permet d'éviter les inconvénients du dispositif de l'art antérieur. De plus il est facile de créer plusieurs trous et ainsi d'obtenir le rejet simultané de nombreux parasites tels que brouilleurs ou échos de sol.

Le dispositif selon l'invention s'adapte facilement à tous radars comportant une antenne réseau par exemple aux radars de poursuite aussi bien qu'aux radars de veille.

L'invention a principalement pour objet un procédé d'antibrouillage pour antenne réseau, caractérisé par le fait que l'on stocke dans des mémoires des lois de phase comportant des zones de sensibilité réduite dans le diagramme de rayonnement; lorsque des brouilleurs sont détectés on utilise la loi de phase du réseau pour laquelle les directions de sensibilité réduite correspondent aux directions des brouilleurs détectés.

L'invention a encore pour objet une antenne réseau comportant des mémoires dans lesquelles sont stockées des lois de phase désirées du réseau, caractérisé par le fait que lesdites lois du réseau créent des zones de sensibilité réduite dans le diagramme de rayonnement.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après et des figures annexées

données comme des exemples non limitatifs parmi lesquels:

- la figure 1, est une vue d'une première réalisation d'un dispositif selon l'invention;
- la figure 2, est une vue d'une seconde réalisation du dispositif selon l'invention.

Sur les figures 1 et 2 on a utilisé les mêmes références pour désigner les mêmes éléments.

Sur la figure 1, on peut voir une antenne réseau selon l'invention. L'antenne comporte un dispositif d'alimentation 3 en énergie hyperfréquence, connecté à une série de n déphaseurs 21 à $2n$ eux-mêmes connectés à n éléments rayonnants 11 à $1n$. Dans l'exemple illustré sur les figures les éléments rayonnants sont des hélices, étant bien entendu que d'autres éléments rayonnants comme par exemple les bougies, les cornets, les dipôles ou les réseaux linéaires ne sortent pas du cadre de la présente invention. Les déphaseurs à 21 à $2n$ sont connectés à une mémoire 4. La mémoire 4 est connectée à un circuit d'adressage 6 par un bus d'adresse 5. Le circuit d'adressage 6 est connecté à un calculateur 8 par un bus 7. La mémoire 4 est par exemple du type mémoire morte programmable (PROM en terminologie anglo-saxonne), mémoire morte reprogrammable ou électriquement reprogrammable (EPROM ou EEPROM en terminologie anglo-saxonne). Dans la mémoire 4 sont stockées les lois de phase que l'on désire obtenir avec l'antenne selon l'invention. Ainsi, on peut stocker dans la mémoire 4 des trous d'un diagramme de rayonnement de l'antenne, de façon à minimiser les effets de réceptions parasites. Les réceptions parasites peuvent provenir des échos parasites (clutter en terminologie anglo-saxonne) ou de brouilleurs ennemis.

Dans une première réalisation du dispositif selon l'invention, les trous sont placés aux endroits où l'on s'attend à avoir du clutter ou des brouilleurs, par exemple à l'horizon.

Dans une seconde variante de réalisation du dispositif selon l'invention, on stocke diverses lois de phase dans la mémoire 4 et on choisit à l'aide du calculateur 8 la loi de phase optimale pour la situation présente.

Au cas où les déphaseurs 21 à $2n$ sont à commandes analogiques on intercale entre la mémoire 4 et les déphaseurs 21 à $2n$ des convertisseurs numérique-analogique.

Le fait de stocker les lois de phase désirées dans une mémoire 4 permet d'éviter les calculs en temps réel de ces lois de phase. De plus ces calculs ne sont effectués qu'une fois. Avantageusement, les lois de phase calculées tiennent compte des erreurs de quantification dues à l'emploi des déphaseurs à commande numérique par exemple à cinq bits. Avantageusement les valeurs stockées en mémoire 4 tiennent compte des déphasages

réels obtenus avec chaque déphaseur et des réponses propres de chaque déphaseur utilisé. Ainsi au cas où l'on remplacerait un ou plusieurs déphaseurs par suite de défaillance par exemple, on remplace les valeurs contenues en mémoire 4, ou la mémoire 4 elle-même.

Si par exemple on veut obtenir un trou dans un diagramme de rayonnement de l'antenne, on superpose à la loi de quantification une loi impaire ce qui minimise les pertes. Pour tenir compte des comportements individuels des déphaseurs on fait varier la valeur de commande, successivement pour chaque déphaseur d'une ou plusieurs valeurs, et on retient pour chacun d'eux la valeur qui s'approche le plus du résultat désiré.

Sur la figure 2, on peut voir une réalisation de l'invention comportant une première mémoire 33 dans laquelle sont stockées, par exemple les lois de phase de l'antenne réseau et une mémoire 34 dans laquelle sont stockées les corrections nécessaires en vue du résultat désiré.

Un calculateur 8 commande par l'intermédiaire d'un bus 7 un circuit d'adressage 6. Le circuit d'adressage 6 commande la lecture des mémoires 33 et 34 par des bus d'adresses respectivement 39 et 38. Aux adresses transmises par le circuit d'adressage 6 est stockée dans les mémoires 33 et 34 la valeur numérique de commande d'un déphaseur correspondant à un pointage du faisceau radar. Un calculateur 8 est connecté à des bus de données 7, 36, 37 et 35 respectivement à un circuit d'adressage 6, une mémoire 33, une mémoire 34 et à l'interface avec un opérateur. Le circuit d'adressage 6 est connecté aux mémoires 33 et 34 respectivement par les bus d'adresse 39 et 38. La mémoire 33 est connectée à un circuit additionneur 9 par un bus de donnée 10, le circuit d'adressage 6 est connecté à l'additionneur 9 par un bus 31 la mémoire 34 est reliée à l'additionneur 9 par un bus de donnée 32, l'additionneur 9 est connecté à un ensemble de déphaseurs 21 à 2n. D'autre part les déphaseurs 21 à 2n sont alimentés en énergie hyperfréquence par un dispositif d'alimentation 3. Le dispositif d'alimentation 3 est par exemple, un guide d'onde équipé de coupleurs hyperfréquence. Les déphaseurs 21 à 2n prélèvent l'énergie hyperfréquence dans le guide d'onde grâce à des coupleurs non représentés sur la figure. Les déphaseurs 21 à 2n sont connectés aux éléments rayonnants respectivement 11 à 1n.

Dans une première réalisation du dispositif selon l'invention illustrée sur les figures, les valeurs numériques de commande des déphaseurs sont envoyées à un déphaseur, par exemple le déphaseur 21 et se propagent de proche en proche jusqu'au déphaseur 2n. Il est alors avantageux d'introduire les valeurs numériques de commande des déphaseurs avec un cycle d'émission d'avance.

Ainsi simultanément à l'émission d'énergie hyperfréquence se propagent de proche en proche entre les déphaseurs 21 à 2n les valeurs numériques de commande nécessaires au cycle d'émission suivant.

Dans une deuxième variante de réalisation de l'invention, un dispositif de multiplexage non illustré est connecté d'une part à l'additionneur 9 et d'autre part aux déphaseurs 21 à 2n. Ce dispositif aiguille chaque valeur de commande vers le déphaseur auquel elle est destinée.

Dans une troisième variante du dispositif selon l'invention, un ensemble 40, comportant les mémoires 33 et 34, le circuit d'adressage 6, l'additionneur 9, et leurs interconnexions est associé à chaque déphaseur 21 à 2n. Un opérateur désirant obtenir un pointage du faisceau d'énergie hyperfréquence avec éventuellement des corrections dans la forme du faisceau envoie un ordre au calculateur 8 par le bus de donnée 35. Le calculateur 8 choisit les adresses auxquelles, en mémoires 33 et 34, sont stockées les valeurs de commande numérique des déphaseurs 21 à 2n.

Dans un premier exemple de réalisation, la somme des valeurs contenues dans la mémoire 33 et des valeurs contenues en mémoire 34 est égale à la valeur de commande à appliquer à un des déphaseurs 21 à 2n.

Dans un second exemple de réalisation de l'invention, les bits de poids fort (MSB en terminologie anglo-saxonne) sont stockés dans une mémoire, la mémoire 33 par exemple, les bits de poids faibles (LSB en terminologie anglo-saxonne) sont stockés dans l'autre mémoire i.e. la mémoire 34.

Le fait de partager l'information concernant la valeur de commande numérique d'un déphaseur entre deux mémoires 33 et 34 facilite la correction de ces valeurs. Les mémoires 33 et 34 ne sont pas nécessairement du même type. Par exemple la mémoire 33 est une mémoire morte programmable (EROM en terminologie anglo-saxonne) alors que la mémoire 34 est une mémoire morte électriquement reprogrammable (EEPROM en terminologie anglo-saxonne).

Ainsi dans le premier exemple de réalisation on stocke dans la mémoire 33 le diagramme de rayonnement désiré y compris des trous dans ces diagrammes. Quand des brouilleurs ont été détectés par l'antenne selon l'invention ou par une antenne auxiliaire (non représentée sur la figure), le calculateur 8 choisit un diagramme de rayonnement dans lequel les trous correspondent aux directions desdits brouilleurs. Un cas fréquent correspond aux brouilleurs éloignés dits Stand Off, vus par l'antenne comme étant sur l'horizon. Dans ce cas il est inutile de mesurer la direction du brouilleur. Il suffit de faire correspondre au site de l'horizon

zon, 0° un trou dans un diagramme de rayonnement.

La mémoire 34 contient des corrections dues au comportement individuel des déphaseurs. L'utilisation des mémoires mortes électriquement reprogrammables (EEPROM) permet un changement rapide du contenu de cette mémoire, suite par exemple, à un changement d'un déphaseur défaillant.

Dans le second exemple de réalisation, en mémoire 33 sont stockés les diagrammes de rayonnement de l'antenne sans les trous, tandis qu'en mémoire 34 sont stockées les corrections dues à la quantification des déphaseurs à commande numérique, les corrections dues au comportement individuel des déphaseurs ainsi que les corrections permettant de générer des trous dans le diagramme de rayonnement de l'antenne. En cas de défaillance d'un déphaseur on reprogramme ou remplace la mémoire 34. Le calculateur 9 reçoit par le bus 35 les valeurs concernant le comportement du nouveau déphaseur et lit grâce par le bus 36 la mémoire 33. La mémoire 34 est programmée par l'intermédiaire du bus 37. Un dispositif de stockage d'informations en mémoire 34 est adapté à la nature physique de cette mémoire.

L'utilisation pour la mémoire 33 et/ou 34 de mémoire de type mémoire morte (ROM en terminologie anglo-saxonne) ne sort pas du cadre de la présente invention.

Les trous créés avec les dispositifs selon l'invention ont par exemple une profondeur de 50 dB pour une antenne comportant 50 éléments rayonnants. Le rapport signal-bruit est amélioré de 15 dB.

Avantageusement le dispositif selon la présente invention comporte des moyens (non illustrés) de détection des directions de brouilleurs.

L'invention s'applique notamment aux radars à balayage électronique.

Revendications

1. Procédé d'antibrouillage pour antenne réseau, caractérisé par le fait que l'on stocke dans des mémoires permanentes (4,33,34) des valeurs de déphasage à appliquer à des déphaseurs du réseau pour, d'une part effectuer le pointage désiré du lobe principal et, d'autre part, créer des zones de sensibilité réduite dans les lobes secondaires du diagramme de rayonnement de l'antenne : ces zones de sensibilité réduite correspondant aux directions des brouilleurs.
2. Antenne réseau comportant des mémoires (4,33,34) et des déphaseurs (29,...,24), caractérisée par le fait que ces mémoires (4,33,34) sont des mémoires permanentes et que dans ces mémoires (4,33,34) sont stockées des valeurs de déphasage à appliquer aux déphaseurs (21,...,24) pour d'une part effectuer le pointage désiré du lobe principal et d'autre part, créer des zones de sensibilité réduite dans des lobes secondaires du diagramme de rayonnement de l'antenne.
3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée par le fait qu'elle comporte une première mémoire (33) dans laquelle sont stockées les lois de phase du réseau et une seconde mémoire (34) dans laquelle sont stockées les corrections désirées de ces lois de phase.
4. Antenne réseau selon la revendication 3, comportant des déphaseurs, caractérisée par le fait qu'elle comporte un additionneur (9) effectuant la somme des valeurs contenues dans la mémoire (33) et la mémoire (34), ladite somme étant égale à la valeur de commande d'un des déphaseurs.
5. Antenne selon la revendication 2, caractérisée par le fait qu'elle comporte une première mémoire (33) et une seconde mémoire (34) dans la première mémoire (33) sont stockées les bits, de poids fort (MSB) et dans la seconde mémoire (34) sont stockés les bits de poids faible (LSB) des valeurs de déphasage à appliquer aux déphaseurs (21 à 2n).
6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisée par le fait que dans les mémoires (4,33,34) sont stockées des lois de phase créant des zones de sensibilité réduites au niveau de l'horizon.
7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisée par le fait que les mémoires (4,33,34) comportent des mémoires mortes programmables (PROM).
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisée par le fait que les mémoires (4,33,34) comportent des mémoires mortes reprogrammables (EPROM).
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisée par le fait que les mémoires (4,33,34) comportent des mémoires mortes reprogrammables électriquement (EEPROM).
10. Radar caractérisé par le fait qu'il comporte une antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, associée à des moyens de détection de la direction des brouilleurs.

Claims

1. An anti-jamming method for an antenna array, characterized in that in read-only memories (4, 33, 34) phase-shift values are stored which are to be applied to phase shifters of the array in order to ensure on the one hand the desired aiming of the main lobe and on the other hand the creation of zones of reduced sensitivity in the side-lobes of the antenna radiation diagram, these zones of reduced sensitivity corresponding to the directions of the jamming sources. 5
2. An antenna array comprising memories (4, 33, 34) and phase shifters (29, ..., 24), characterized in that these memories (4, 33, 34) are read-only memories and that in these memories (4, 33, 34) phase shift values to be applied to the phase shifters (21, ..., 24) are stored in order to ensure on the one hand the desired aiming of the main lobe and on the other hand the creation of zones of reduced sensitivity in the side lobes of the antenna radiation diagram. 10 15
3. An antenna according to claim 2, characterized in that it comprises a first memory (33) in which the phase laws of the array are stored, and a second memory (34) in which the desired corrections of these phase laws are stored. 20 25 30
4. An antenna array according to claim 3, comprising phase shifters, characterized in that it comprises an adder (9) establishing the sum of the values contained in the memory (33) and the memory (34), said sum being equal to the control value of one of the phase shifters. 35 40
5. An antenna according to claim 2, characterized in that it comprises a first memory (33) and a second memory (34), and that in the first memory (33), the most significant bits (MSB) and in the second memory (34) the least significant bits (LSB) of the phase shift values are stored, which are to be applied to the phase shifters (21 to 2n). 45
6. An antenna according to any one of claims 2 to 5, characterized in that in the memories (4, 33, 34) phase laws are stored which generate zones of reduced sensitivity at the horizon level. 50
7. An antenna according to any one of claims 2 to 6, characterized in that the memories (4, 33, 34) comprise PROM-type memories 55

(programmable read-only memories).

8. An antenna according to any one of claims 2 to 7, characterized in that the memories (4, 33, 34) comprise EPROM-type memories (reprogrammable read-only memories).
9. Antenna according to any one of claims 2 to 8, characterized in that the memories (4, 33, 34) comprise EEPROM-type memories (electrically programmable read-only memories).
10. A radar system, characterized in that it comprises an antenna according to any one of claims 2 to 9 associated to means for detecting the direction of the jamming sources.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Störungsunterdrückung für ein Antennennetzwerk, dadurch gekennzeichnet, daß man in Festspeichern (4, 33, 34) Phasenverschiebungswerte speichert, die an Phasenschieber des Netzwerks angelegt werden, um einerseits die gewünschte Ausrichtung der Hauptkeule zu erzielen und andererseits Zonen reduzierter Empfindlichkeit in den Seitenkeulen des Antennenstrahlungsdiagramms zu bilden, wobei diese Zonen reduzierter Empfindlichkeit den Richtungen der Störquellen entsprechen.
2. Antennennetzwerk mit Speichern (4, 33, 34) und Phasenschiebern (29, ..., 24), dadurch gekennzeichnet, daß die Speicher (4, 33, 34) Festwertspeicher sind und daß in diesen Speichern (4, 33, 34) Phasenschieberwerte gespeichert sind, die an die Phasenschieber (21, ..., 24) angelegt werden, um einerseits die gewünschte Ausrichtung der Hauptkeule zu erzielen und andererseits Zonen reduzierter Empfindlichkeit in Seitenkeulen des Antennenstrahlungsdiagramms zu bilden.
3. Antenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen ersten Speicher (33), in dem die Phasenregeln des Netzwerks gespeichert sind, und einen zweiten Speicher (34) aufweist, in dem die gewünschten Korrekturen dieser Phasenregeln gespeichert sind.
4. Antennennetzwerk nach Anspruch 3 mit Phasenschiebern, dadurch gekennzeichnet, daß das Netzwerk einen Addierer (9) aufweist, der die Summe der in dem Speicher (33) und dem Speicher (34) enthaltenen Werte bildet, die dem Steuerwert für einen Phasenschieber gleich ist.

5. Antenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen ersten Speicher (33) und einen zweiten Speicher (34) aufweist und daß im ersten Speicher (33) die höherwertigen Bits (MSB) und im zweiten Speicher (34) die geringerwertigen Bits (LSB) der an die Phasenschieber (21 bis 2n) anzulegenden Phasenverschiebungswerte gespeichert sind. 5

6. Antenne nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den Speichern (4, 33, 34) Phasenregeln gespeichert sind, die Zonen verringerter Störempfänglichkeit in Höhe des Horizonts erzeugen. 10
15

7. Antenne nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicher (4, 33, 34) programmierbare Festwertspeicher (PROM) enthalten. 20

8. Antenne nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicher (4, 33, 34) wiederprogrammierbare Festwertspeicher (EPROM) enthalten. 25

9. Antenne nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicher (4, 33, 34) elektrisch wiederprogrammierbare Festwertspeicher (EEPROM) enthalten. 30

10. Radaranlage, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Antenne nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 9 in Verbindung mit Mitteln zur Erfassung der Richtung der Störquellen aufweist. 35
40
45
50
55

