(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 561 786**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 04966**

(51) Int Cl⁴ : G 01 S 13/32, 13/70.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 23 mars 1984.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 39 du 27 septembre 1985.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION - SNECMA, société anonyme.* — FR.

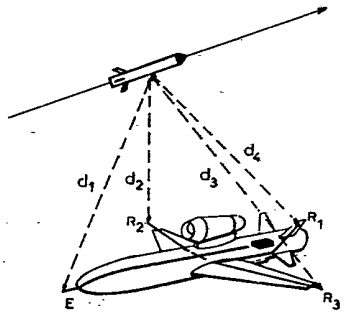
(72) **Inventeur(s) :** Patrice Charles Gaston Delon.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** François Moinat, SNECMA.

(54) Dispositif radar à émission continue pour la détermination, à courte distance, de la position relative entre un missile et un engin cible sur lequel il est monté.

(57) Radar à émission continue pour la détermination, à courte distance, de la position relative entre un missile et un engin cible sur lequel il est monté. Suivant l'invention, plusieurs chaînes de réception sont associées à des antennes différentes R_1, R_2, R_3 et combinées à des moyens de calcul qui exploitent les diverses informations reçues. Les antennes de réception R_1, R_2, R_3 sont placées de telle manière qu'elles ne définissent pas, avec l'antenne d'émission E, un plan.



FR 2 561 786 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

DISPOSITIF RADAR A EMISSION CONTINUE POUR LA DETERMINATION, A COURTE DISTANCE, DE LA POSITION RELATIVE ENTRE UN MISSILE ET UN ENGIN CIBLE SUR LEQUEL IL EST MONTE

La présente invention est relative aux radars à émission continue pour la détermination, à courte distance, de la position relative entre un missile et un engin cible sur lequel il est monté.

La mise au point de systèmes d'armes tels que les missiles nécessitent notamment la connaissance la plus complète possible des paramètres caractérisant l'évolution des positions relatives missile-cible dans la phase ultime de l'interception. Pour effectuer ces mesures, des radars à émission continue de faible puissance sont utilisés pour définir la distance minimum de passage du missile par rapport à la cible. Cette information, si elle est suffisante pour les tirs d'entraînement, ne permet pas à elle seule l'évaluation de la position du missile par rapport à la cible dans sa phase finale d'interception. Pour obtenir une définition suffisante de cette évaluation, il est nécessaire de connaître la trajectographie relative du missile par rapport à la cible.

Le dispositif radar selon l'invention vise à remédier à cet inconvénient en permettant la détermination de la trajectographie relative entre le missile et la cible pour des distances courtes. Un tel dispositif détermine ainsi, en divers instants, le vecteur vitesse du missile par rapport à la cible.

L'invention concerne plus précisément un dispositif radar comportant une chaîne d'émission, reliée à une antenne d'émission, et une première chaîne de réception, reliée à

une première antenne de réception, ladite première chaîne de réception assurant, par la corrélation du signal reçu avec un signal identique au signal émis, mais retardé d'un temps correspondant au trajet parcouru, la détermination de la somme des distances antenne d'émission-missile et missile-première antenne de réception.

Selon la caractéristique principale de l'invention, ce dispositif comporte en outre, d'une part, une deuxième et une troisième chaîne de réception qui, reliées respectivement à une deuxième et à une troisième antennes de réception placées de telle sorte qu'elles ne définissent pas, avec l'antenne d'émission et la première antenne de réception, un plan, permettant de déterminer respectivement les sommes des distances antenne d'émission-missile et missile-deuxième antenne de réception ainsi que antenne d'émission-missile et missile-troisième antenne de réception, et, d'autre part, des moyens de calcul qui, à partir des trois sommes obtenues déterminent la position relative missile-engin cible.

Selon un mode de réalisation préféré, l'onde émise est modulée par une séquence pseudo-aléatoire et la première chaîne de réception comporte une horloge à fréquence variable qui commande, d'une part, un registre à décalage générateur de la séquence pseudo-aléatoire de modulation et d'autre part, les retards, par rapport à la séquence pseudo-aléatoire d'émission, de deux séquences décalées entre elles qui sont corrélées avec le signal reçu pour fournir, par différenciation, un signal de commande de la fréquence de ladite horloge. Dans ce cas, et selon une autre caractéristique de l'invention, la deuxième et la troisième chaîne de réception comportent chacune un dispositif qui assure la corrélation du signal reçu avec l'une des séquences pseudo-aléatoires utilisée dans l'une

des voies de corrélation de la première chaîne de réception et délivrent ainsi chacune un signal qui est comparé à celui issu de l'autre voie de corrélation, dite de référence, de la première chaîne de réception pour donner un signal différence, représentatif de la distance à mesurer, qui est transmis au moyen de calcul. Avantageusement, le retard de la séquence pseudo-aléatoire utilisée pour la corrélation dans la deuxième et dans la troisième chaîne de réception, ainsi que dans l'une des voies de la première chaîne, est égal à deux fois la largeur d'un bit de cette séquence et le retard de la séquence pseudo-aléatoire de la voie de référence de la première chaîne de réception est égal à la largeur d'un bit de cette séquence.

Selon un autre mode de réalisation, lorsque l'onde émise est modulée en fréquence, les trois chaînes de réception sont identiques.

D'autres caractéristiques de l'invention ressortiront de la description qui suit, illustrée des figures d'exemples de réalisation donnés à titre non limitatif.

La figure 1 représente un exemple de réalisation de radar, pour la mesure de courtes distances, de l'art antérieur.

La figure 2 représente un exemple d'installation d'un dispositif radar de l'art antérieur

La figure 3 représente un exemple d'installation d'un dispositif radar selon l'invention.

La figure 4 représente un exemple de réalisation d'un dispositif radar conforme à l'invention.

La figure 5 illustre, sous forme de diagramme, le fonctionnement d'un dispositif radar conforme à l'invention.

Dans les dispositifs radars de proximétrie de l'art antérieur, seule la distance relative, et non la position, est donnée. La figure 1 montre un exemple d'un tel dispositif de l'art antérieur décrit dans le brevet français n° 74.33247 déposé le 27 septembre 1974 au nom de la société Demanderesse.

Ce dispositif antérieur comporte une chaîne d'émission comprenant un oscillateur 1, un coupleur 2, un modulateur biphasé 3 et un filtre d'émission 4, une chaîne de réception comportant un filtre de réception 5, un transposeur à fréquence nulle 6, un amplificateur 7, deux corrélateurs 8 et 9, deux amplificateurs 10 et 11, un circuit sommateur 12, un circuit effectuant la différence 13, un oscillateur commandable en fréquence 14 et un générateur de codes pseudo-aléatoires 15.

Le fonctionnement de ce dispositif est largement décrit dans le brevet précité ; le procédé utilisé consiste en l'asservissement de la fréquence de l'oscillateur commandable en fréquence 14, à la distance relative entre le missile et la cible équipée de ce radar de proximétrie.

La connaissance de la valeur de cette fréquence en fonction du temps permet de connaître dans la zone de mesure la fonction $f(t)$ définie par $d_1 + d_2 = f(t)$ où $d_1 + d_2$ représente la somme des trajets radars entre l'antenne d'émission, la cible et l'antenne de réception, comme cela est représenté sur la figure 2. Ce dispositif ne permet qu'une mesure de distance avec une ambiguïté de position correspondant, pour un instant

donné, à une surface elliptique.

Le dispositif radar selon l'invention permet la détermination vectorielle de la position du missile par rapport à la cible sur laquelle il est monté. Il permet ainsi de connaître, à plusieurs instants différents, ou de façon continue, la position du vecteur vitesse du missile par rapport à la cible.

Le procédé selon l'invention, utilisé pour la détermination de la position relative du missile par rapport à la cible équipée du dispositif mettant en oeuvre ce procédé, est le suivant.

Quatre antennes, une d'émission et trois de réception, au minimum, sont utilisées ; elles sont implantées sur la cible selon une répartition telle qu'aucun plan ne puisse passer simultanément par toutes les antennes. Un exemple d'une telle implantation avec trois antennes de réception est montré sur la figure 3.

Un des moyens du dispositif selon l'invention est un radar de proximétrie du type de celui décrit dans le brevet français n° 74.33247. Les antennes qui lui sont associées sont l'antenne d'émission et une des antennes de réception, par exemple R_1, sur l'exemple de la figure 3. Au moyen connu est ajouté, agissant en combinaison avec lui, au moins deux chaînes supplémentaires de réception. Chacune d'elles est connectée avec une des deux voies de réception A ou B du radar de proximétrie selon l'art antérieur. Cette combinaison permet d'extraire des signaux différences Δ_2 et Δ_3 qui déterminent l'écart de distance radar par rapport à la valeur mesurée par l'asservissement du radar de proximétrie de l'art antérieur.

En effet, le dispositif radar de proximétrie de l'art antérieur permet un asservissement de la fréquence de modulation sur la distance radar du missile par rapport à la cible équipée du dispositif de proximétrie. Il est ainsi possible de connaître la fonction f(t) définie par

$$d_1 + d_2 = f(t) \ ;$$

la valeur de l'amplitude des signaux Δ_2 et Δ_3 permet de définir des écarts de la fonction f(t) que l'on note $\Delta_1 f(t)$ et $\Delta_2 f(t)$; ces écarts permettent la connaissance des sommes $d_1 + d_3$ et $d_1 + d_4$ par les relations :

$$d_1 + d_3 = f(t) + \Delta_1 f(t)$$
$$d_1 + d_4 = f(t) + \Delta_2 f(t) \quad .$$

Ainsi se trouvent définies trois ellipsoïdes possédant un foyer commun. L'intersection de ces trois ellipsoïdes, à un instant donné, permet la détermination de la position du missile par rapport à la cible comportant le dispositif selon l'invention.

La figure 4 montre un exemple non limitatif de réalisation du dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention utilisant trois chaînes de réception distinctes.

Ce dispositif radar de proximétrie permettant la détermination de la position relative d'un missile par rapport à une cible sur laquelle il est monté comporte au moins quatre moyens dont la coopération permet la localisation du missile par rapport à la cible. Ces moyens sont un radar de proximétrie à émission continue comme par exemple celui décrit dans le brevet français n° 74.33247, une deuxième et une troisième chaîne de réception distinctes et un moyen de calcul recevant les informations issues du radar de proximétrie et des deuxième et troisième chaînes de réception et transmettant, par exemple sous forme de

mots binaires, la position relative du missile par rapport à la cible. Cette transmission peut se faire par l'intermédiaire d'un moyen de transmission radioélectrique ou optique ou par modulation de la chaîne d'émission du radar de proximétrie.

L'exemple de réalisation de la figure 4 comporte, pour la chaîne d'émission, un oscillateur à fréquence fixe 16, par exemple piloté par un quartz, un multiplicateur de fréquence 17, par exemple du type tripleur, un isolateur à ferrite 18, un modulateur biphasé 0- π , 19, un filtre d'émission 20, un amplificateur 21, un générateur de codes pseudo-aléatoires 22 et un oscillateur commandable en fréquence, 23. La première chaîne de réception comporte en série une antenne R_1, un filtre 24, un premier mélangeur 25, un amplificateur par exemple du type limiteur et filtre associé 26, un second mélangeur 27, un second amplificateur avec filtre 28 et, montés en parallèles constituant deux voies séparées, deux mélangeurs 29 et 30, deux amplificateurs filtreurs 31 et 32 et deux circuits délivrant respectivement, l'un 33, la différence Δ_1 de ces deux voies parallèles, et l'autre 34, la somme Σ .

Chacune des deuxième et troisième chaînes spécialisées de réception comporte en série, un filtre passe-bande 35, 36, un premier mélangeur 37, 38, une chaîne d'amplification à fréquence intermédiaire avec les filtres correspondants 39, 40, un second mélangeur 41, 42, une chaîne d'amplification comportant un filtrage par exemple du type passe-bande 43, 44, un troisième mélangeur 45, 46, un amplificateur 47, 48, un générateur de signaux différences 49, 50 connecté à la sortie de l'un des amplificateurs filtreurs 31 ou 32 (31 dans le cas de la figure) de la première chaîne de réception. L'ensemble des deux signaux différences Δ_2 et Δ_3 respectivement issus de ces

deux chaînes de réception spécialisées, ainsi que les signaux Δ_1 et Σ de la première chaîne de réception et la fréquence divisée par n, par un diviseur 51, issue de l'oscillateur accordable en fréquence 23 sont connectés à un moyen de calcul 52 comprenant par exemple un microprocesseur et délivrant un signal binaire transmis au sol, soit par un moyen de transmission extérieur au dispositif selon l'invention, notamment un émetteur de télémesure, soit par une modulation du signal issu de la chaîne d'émission, notamment par modulation de fréquence ou de phase de l'oscillateur à fréquence fixe 16.

L'ensemble de ces informations, dans un second exemple de réalisation du dispositif selon l'invention peut être transmis au sol sous forme analogique par l'intermédiaire d'un moyen de transmission pouvant être radioélectrique et autorisant la transmission simultanée d'au moins quatre voies.

Ainsi le dispositif selon l'invention comporte quatre moyens coopérant ensemble pour obtenir la détermination vectorielle du missile par rapport à la cible. Le premier moyen 101 est connu et décrit dans le brevet précité au nom de la Demanderesse. Les second et troisième moyens 102 et 103 correspondent à la deuxième et à la troisième chaînes de réception dont le principal but est de générer les signaux différences Δ_2 et Δ_3 à partir de l'une des deux voies de réception du moyen radar 101. L'ensemble de calcul 104 reçoit les informations issues des trois autres moyens 101, 102 et 103, les convertit sous forme binaire et les transmet au sol soit par un moyen extérieur au dispositif selon l'invention, soit par modulation de l'onde émise par le premier moyen 101.

Le fonctionnement de l'exemple de réalisation du

dispositif selon l'invention est le suivant. La fréquence d'émission est obtenue par multiplication par n (par exemple n=3) de la fréquence fo d'un signal de référence donné par l'oscillateur 16. La multiplication par n-1 de la fréquence fo de ce signal de référence permet d'obtenir, par mélange avec les différents signaux reçus par les trois chaînes de réception, un signal à une fréquence intermédiaire égale à fo. Les signaux à cette fréquence sont amplifiés par des amplificateurs limiteurs 26, 39 et 40 permettant d'obtenir des niveaux identiques pour ces signaux. Ils sont ensuite transposés à fréquence nulle par mélange en 27, 41 et 42 avec le signal de référence à la fréquence fo ; une des voies de réception du premier moyen 101 est corrélée avec la séquence pseudo-aléatoire générée par les registres à décalages 22 après décalage de cette séquence d'une valeur égale à un bit. Les signaux de l'autre voie de réception du premier moyen 101 et ceux des deuxième et troisième chaînes de réception 102 et 103 sont correlés avec le même code pseudo-aléatoire mais décalé d'une quantité égale à deux bits.

La figure 5 montre un exemple des signaux Δ_1 et ε issus du premier moyen 101. Le fonctionnement de ce premier moyen 101, impose le maintien du signal Δ_1 à une valeur nulle ; ceci est obtenu par modification de la fréquence du signal d'horloge de la séquence pseudo-aléatoire générée par le circuit 22, de façon à ce que la valeur du retard à ce point égale à 1 τ, τ étant la durée d'un bit, corresponde au trajet radar $d_1 + d_2$ défini par le schéma de la figure 2. La valeur des signaux Δ_2 et Δ_3 permet alors de connaître la valeur du décalage temporel avec le point d'abscisse 1,5 τ.

Il est alors possible, en regard des notations du schéma de la figure 3, de connaître les valeurs de $d_1 + d_3$ et

$d_1 + d_4$:

$$d_1 + d_2 = 1{,}5 \times c \times \tau$$
$$d_1 + d_3 = t_1 \times c$$
$$d_1 + d_4 = t_2 \times c$$

relations dans lesquelles c est à la vitesse de propagation de la lumière.

La détermination des valeurs t_1, t_2 correspondant aux signaux Δ_2, Δ_3 est d'autant plus simple que les amplitudes des signaux, avant corrélation avec le code pseudo-aléatoire, sont identiques et connues.

Le dispositif précédemment décrit peut être réalisé pour un mode de propagation radioélectrique ou ultrasonique sans sortir du cadre de l'invention.

De même, sans sortir du cadre de l'invention, le premier moyen 101 peut être un radar du type dans lequel l'onde émise est modulée en fréquence. Dans ce cas, ce premier moyen 101 ne comporterait qu'une voie dans sa chaîne de réception qui serait alors identique aux deuxième et troisième chaînes de réception 102 et 103.

REVENDICATIONS

1. Dispositif radar à émission continue pour la détermination, à courte distance, de la position relative entre un missile et un engin-cible sur lequel il est monté, comportant une chaîne d'émission, reliée à une antenne d'émission, et une première chaîne de réception, reliée à une première antenne de réception, ladite première chaîne de réception assurant, par la corrélation du signal reçu avec un signal identique au signal émis mais retardé d'un temps correspondant au trajet parcouru, la détermination de la somme des distances antenne d'émission-missile et missile-première antenne de réception, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, d'une part, au moins une deuxième (102) et une troisième (103) chaîne de réception qui, reliées respectivement à une deuxième (R_2) et à une troisième (R_3) antennes de réception placées de telle sorte qu'elles ne définissent pas, avec l'antenne d'émission (E) et la première antenne (R_1) de réception, un plan, permettant de déterminer respectivement les sommes des distances antenne d'émission-missile et missile-deuxième antenne de réception ainsi que antenne d'émission-missile et missile-troisième antenne de réception, et, d'autre part, des moyens de calcul (104) qui, à partir des trois sommes obtenues déterminent la position relative missile-engin cible.

2. Dispositif radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'onde émise étant modulée par une séquence pseudo-aléatoire et la première chaîne de réception comportant une horloge à fréquence variable qui commande, d'une part, un registre à décalage générateur de la séquence pseudo-aléatoire de modulation et, d'autre part, les retards, par rapport à la séquence pseudo-aléatoire d'émission, de deux séquences décalées entre elles qui

sont corrélées avec le signal reçu pour fournir, par différenciation, un signal de commande de la fréquence de ladite horloge, la deuxième (102) et la troisième (103) chaîne de réception comportent chacune un dispositif (45,46) qui assure la corrélation du signal reçu avec l'une des séquences pseudo-aléatoires utilisée dans l'une (29) des voies de corrélation de la première chaîne de réception et délivrent ainsi chacune un signal qui est comparé à celui issu de l'autre (30) voie de corrélation, dite de référence, de la première chaîne de réception, pour donner un signal différence représentatif de la distance à mesurer qui est transmis aux moyens de calcul (104).

3. Dispositif radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que le retard de la séquence pseudo-aléatoire utilisée pour la corrélation dans la deuxième (102) et dans la troisième (103) chaîne de réception ainsi que dans l'une (29) des voies de la première chaîne est égal à deux fois la largeur d'un bit de cette séquence, et en ce que le retard de la séquence pseudo-aléatoire de la voie de référence de la première chaîne de réception est égal à la largeur d'un bit de cette séquence.

4. Dispositif radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'onde émise étant modulée en fréquence, les trois chaînes de réception sont identiques.

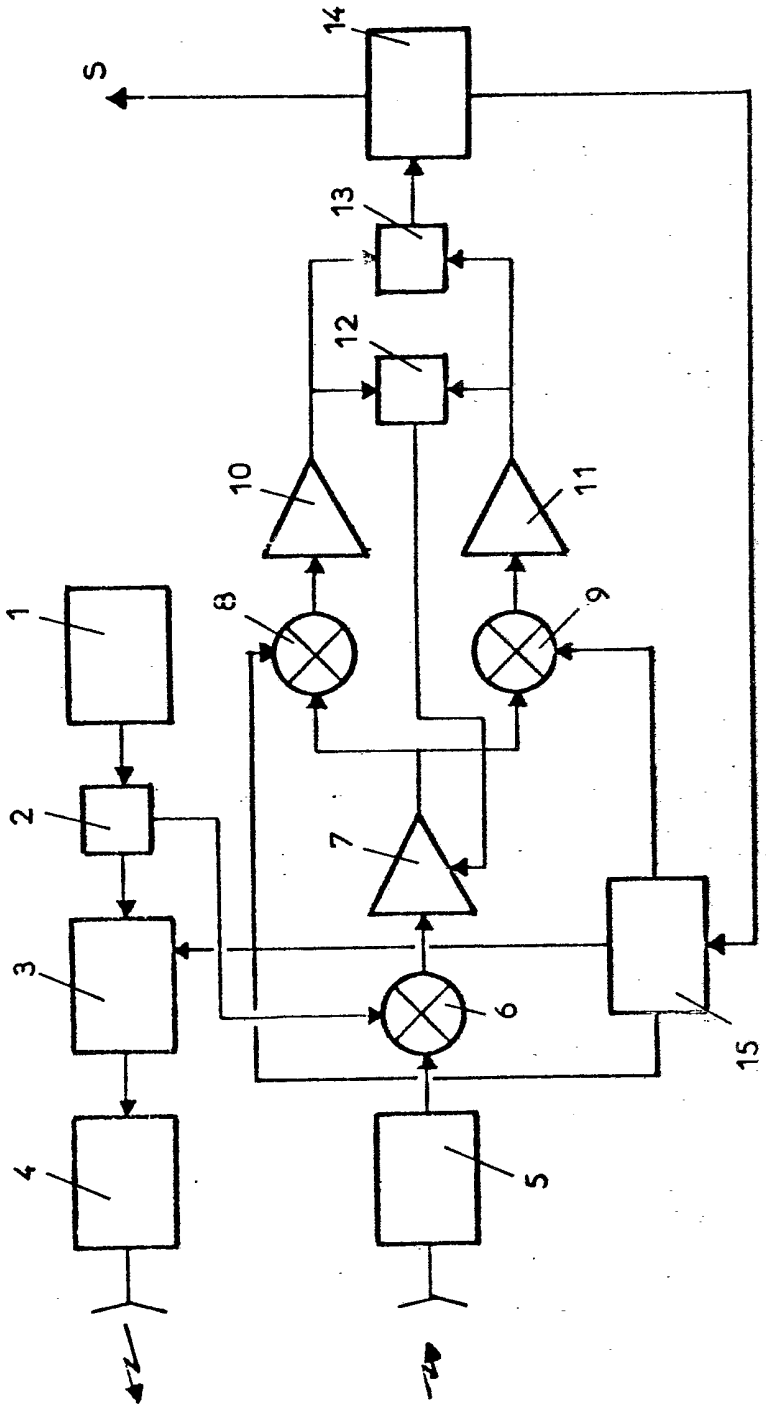


FIG. 1

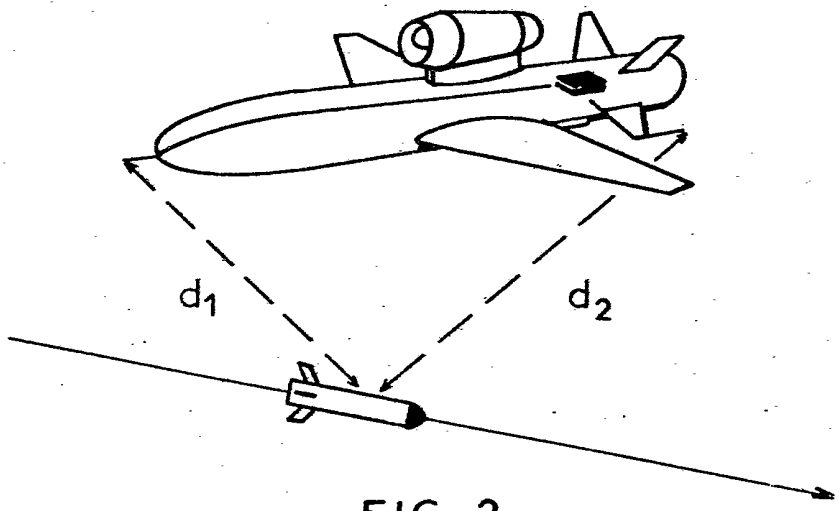


FIG. 2

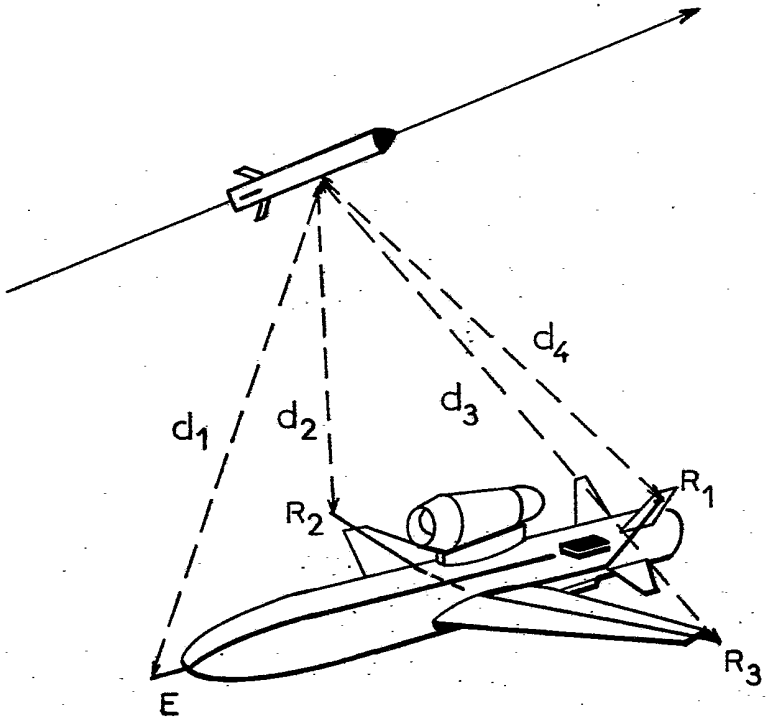


FIG. 3

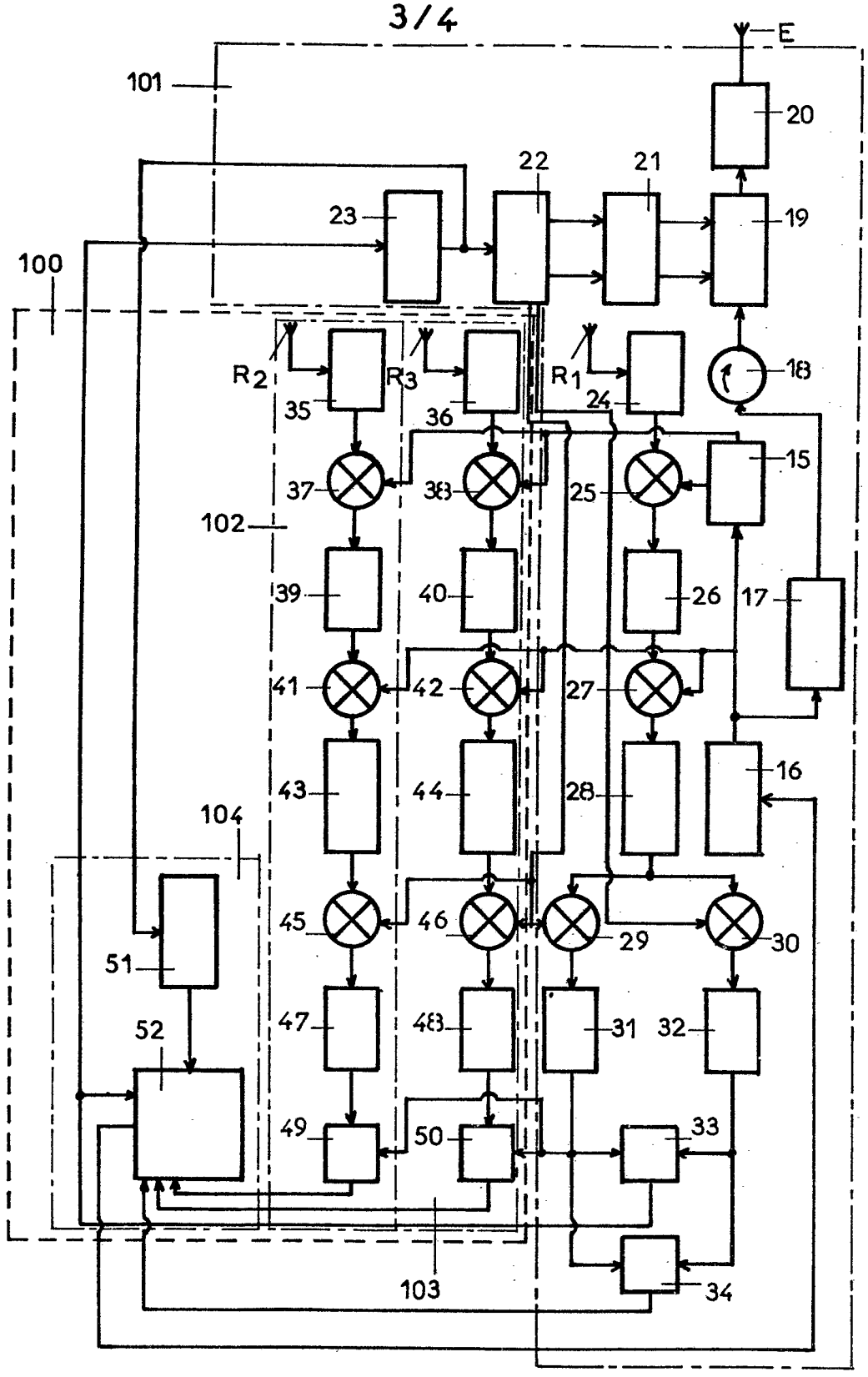

E
101
20
22
21
23
19
100
R2
R3
R1
18
35
36
24
15
37
38
25
102
39
40
26
17
41
42
27
43
44
28
16
104
45
46
29
30
51
47
48
31
32
52
49
50
33
103
34

FIG. 4

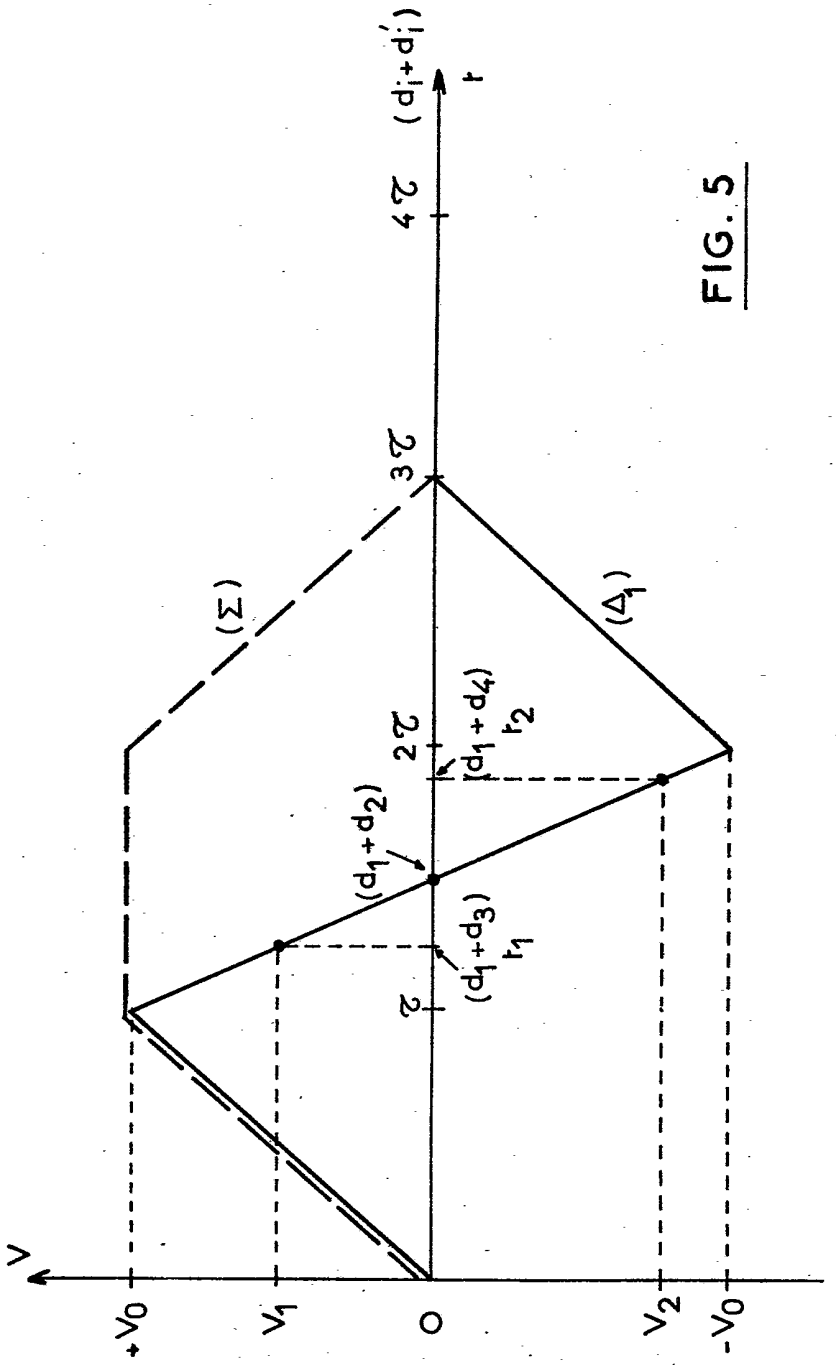


FIG. 5