

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 02103

(54) Récepteur indicateur numérique électronique pour système de radionavigation.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 S 3/16; H 04 B 7/02.

(22) Date de dépôt 31 janvier 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 32 du 7-8-1981.

(71) Déposant : JUZHNOE PROIZVODSTVENNOE OBIEDINENIE PO MORSKIM GEOLOGORAZVE-
DOCHNYM RABOTAM «JUZHMORGEOLOGIA», résidant en URSS.

(72) Invention de : Anatoly Jurievich Baranov, Ivan Fedorovich Glumov, Valery Ivanovich Ziberov,
Valery Ivanovich Ziberov, Valery Viktorovich Lyamin, Viktor Petrovich Maiko et Jury
Semenovich Shkodskikh.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Récepteur indicateur numérique électronique pour
système de radionavigation.

L'invention concerne les appareils radioélectriques de mesure de déphasages, et plus particulièrement, les
5 récepteurs indicateurs numériques électroniques pour systèmes de radionavigation du genre de ceux dits "Navigateurs Decca".

La présente invention peut être appliquée à la mesure de déphasages dans le champ déphasés d'un tel système
10 de radionavigation.

Un récepteur indicateur pour système de radionavigation "Navigateur Decca", décrit par exemple dans l'article de V.I. Bykov et Y.N. Nikitenko, "Appareil et dispositifs de radionavigation pour navires, éditions
15 "Transport", Moscou 1976, comporte cinq postes récepteurs, dont quatre servent à mesurer et le cinquième à former un signal pilote. Les quatre postes récepteurs principaux et le poste récepteur supplémentaire sont accordés sur la fréquence émise par un système de radionavigation
20 "Navigateur Decca". L'un des postes récepteurs principaux et le poste récepteur supplémentaire sont accordés sur la fréquence 6f émise par une station pilote ou maître. Les deuxième, troisième et quatrième postes récepteurs sont respectivement accordés sur les fréquences 8f, 9f, 5f
5 qui sont émises par des stations asservies ou esclaves. Chacun des postes récepteurs comporte, en série, un amplificateur haute fréquence, un mélangeur de fréquence et un amplificateur de fréquence intermédiaire ou moyenne fréquence. Les sorties de chaque amplificateur de fréquence
30 intermédiaire sont raccordées aux entrées d'un conformateur d'impulsion synthétisée. Les entrées des amplificateurs haute fréquence des quatre postes récepteurs sont raccordées à un commutateur, tandis que l'entrée de l'amplificateur haute fréquence du cinquième poste récepteur
35 est raccordée directement à l'antenne. Les entrées des

mélangeurs sont raccordées, à travers un multiplicateur de fréquence, à un synthétiseur de fréquence. Le synthétiseur de fréquence est un bloc oscillateur de référence. Le conformateur d'impulsion synthétisée additionne linéairement les signaux, ramenés à une même amplitude. Les oscillations résultantes, possédant des maxima très prononcés à une période de répétition $T = 2\pi/\omega$, sont verrouillées en phase aux composants de l'impulsion synthétisée. La sortie du cinquième poste récepteur est raccordée à un dispositif d'accord automatique par déphasage. Le dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage comprend, montés en série, un détecteur de phase et un oscillateur commandé par le signal d'écart provenant du détecteur de phase. La sortie du dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage est raccordée à un diviseur de fréquence par six. Le diviseur de fréquence par six est prévu pour diviser la fréquence du signal provenant de la sortie du poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote. La fréquence qui résulte de la division constitue la fréquence de référence et sert à éliminer l'ambiguïté au cours des mesures de phase. Pour revenir de la fréquence $1f$, obtenue en résultat de la division par six de la fréquence $6f$, aux fréquences $8f$, $5f$, $9f$, sur lesquelles sont réalisées les mesures de phase, on utilise respectivement des multiplicateurs de fréquence par huit, cinq et neuf. L'entrée de chacun des multiplicateurs de fréquence est raccordée à la sortie du diviseur de fréquence par six, tandis que la sortie est raccordée à l'une des entrées de phasemètres dont une seconde entrée est raccordée à la sortie des postes récepteurs.

Les phasemètres sont des systèmes électromécaniques asservis du type à compensation. L'élément de mesure d'un système asservi est un déphaseur de haute précision.

Le système électromécanique asservi se compose d'un détecteur de phase, relié électriquement à un moteur et au déphaseur, ces derniers étant reliés mécaniquement entre eux. Le signal d'écart provenant de la sortie du détecteur

de phase commande le fonctionnement du moteur qui fait tourner le rotor du déphaseur jusqu'à ce que le signal d'écart disparaisse. L'angle de rotation du déphaseur donne la valeur de la phase.

- 5 Le dispositif pour déterminer le numéro du canal de phase est raccordé à la sortie du diviseur par six et à la sortie du conformateur d'impulsion synthétisée et sert à éliminer l'ambiguïté de la lecture dans les limites du canal de phase, assigné à la fréquence 1f.
- 10 Le dispositif pour déterminer le numéro du canal de phase se compose de quatre dispositifs d'accord automatique de fréquence par déphasage, d'un commutateur et d'un phase-
- 15 mètre. Le fonctionnement du dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage et le fonctionnement du phase-
- 15 mètre sont commandés par un synchroniseur formant un signal, dont le chronogramme d'émission de fréquences correspond au chronogramme d'émission de fréquences des stations côtières. L'entrée du synchroniseur est raccordée à la sortie du poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote.
- 20 Pour pouvoir introduire une correction initiale du déphasage et régler les "zéros", on prévoit un conformateur du signal pilote. Le conformateur de signal pilote forme une série d'impulsions de faible longueur avec une fréquence de répétition égale à la fréquence principale du signal. Les
- 25 amplificateurs haute fréquence des postes récepteurs isolent des composantes harmoniques, qui coïncident en phase avec les moments d'apparition des impulsions du signal pilote. On suppose alors que la fréquence principale est réglée à l'aide d'un dispositif d'accord automatique de fréquence par
- 30 déphasage d'après le signal de la station pilote. Si une fréquence isolée est ramenée par division et multiplication à une autre, la différence des phases des ondes est nulle. Cette propriété du signal pilote permet, lors de la
- 35 correction des indicateurs des réseaux précis, de ramener les indicateurs en une position univoque à partir de positions quelconques.

Ce récepteur indicateur a une faible fiabilité et

une précision insuffisante, du fait qu'on a recours à des ensembles mécaniques compliqués, tels des réducteurs, des moteurs, des déphaseurs faisant partie des systèmes électromécaniques. Par ailleurs le problème de l'introduction
5 directe dans un ordinateur de l'information prélevée sur les systèmes électromécaniques est particulièrement ardu.

La présente invention vise à augmenter la précision et la fiabilité des mesures réalisées par un récepteur indicateur numérique électronique ; elle vise également à
10 fournir un récepteur indicateur numérique électronique dont le montage permette d'obtenir une précision et une fiabilité accrues.

Dans ce but, l'invention propose un récepteur indicateur numérique électronique pour système de radionavigation
15 du genre de ceux dits "Navigateurs Decca", comportant plusieurs postes récepteurs, dont les entrées reçoivent directement un signal d'antenne au cours de la mesure du paramètre de navigation, dont un est accordé sur la fréquence d'une station pilote ou maître, et dont les autres sont
20 accordés sur la fréquence de stations asservies ou esclaves; un conformateur d'impulsion synthétisée attaqué par chacun des postes récepteurs ; un synchroniseur attaqué par le poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote ; un dispositif pour déterminer un numéro de canal
25 de phase, raccordé à la sortie du conformateur d'impulsion synthétisée ; un synthétiseur de fréquence raccordé à tous les postes récepteurs ; un générateur de référence alimentant le synthétiseur de fréquence ; plusieurs circuits principaux comportant un multiplicateur de fréquence et un
30 phasemètre monté en série avec le multiplicateur et déterminant le déphasage entre les signaux correspondant au paramètre de navigation, circuits raccordés électriquement à chacun des postes récepteurs accordés sur la fréquence d'une station asservie, récepteur indicateur caractérisé en
35 ce qu'il comporte trois circuits supplémentaires, comprenant un multiplicateur de fréquence et un phasemètre placés en série et reliés électriquement au poste récepteur accordé

sur la fréquence de la station pilote, en ce que les multiplicateurs des circuits principaux et supplémentaires sont raccordés directement au poste récepteur correspondant en ce que les phasemètres des circuits principaux et

5 supplémentaires sont raccordés aux multiplicateurs de fréquence des circuits principaux et supplémentaires à travers un mélangeur de fréquences, un conformateur de signal basse fréquence et un dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage placés en série, en ce que les

10 mélangeurs de chaque circuit relié au poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote et d'un circuit correspondant, raccordé à un poste récepteur accordé sur la fréquence d'une station asservie sont raccordés entre eux par deux et raccordés aux entrées correspondantes du

15 synthétiseur de fréquence, en ce que chaque dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage comporte un bloc de commande, en série à partir du synthétiseur de fréquence, un compteur réversible et un circuit différentiateur et comporte de plus un compteur tampon réversible dont

20 les entrées sont raccordées aux sorties du bloc de commande, et deux portes, ayant leurs premières entrées reliées au circuit différentiateur, leurs deuxièmes entrées reliées l'une directement au conformateur de signal basse fréquence, l'autre, à travers un inverseur, et leurs troisièmes

25 entrées reliées au synchroniseur ; en ce que chaque phasemètre comporte, montés en série, un compteur réversible, une première porte dont l'entrée est reliée à la sortie du circuit différentiateur de l'un des dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage, relié électriquement

30 au poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote, un compteur diviseur raccordé à la sortie du synthétiseur de fréquence, un décodeur, et un jeu d'une deuxième et une troisième portes, raccordées par leurs premières et deuxièmes entrées au décodeur, par leurs

35 troisièmes entrées, à la sortie du circuit différentiateur d'un autre dispositif d'accord automatique de la fréquence par déphasage, relié électriquement à un poste récepteur

correspondant accordé sur la fréquence d'une station asservie, par leurs quatrièmes entrées à la sortie du synchroniseur, par leurs sorties, aux entrées du compteur réversible, et un deuxième compteur réversible raccordé par ses entrées
5 aux sorties du premier compteur réversible ; et en ce que des moyens sont prévus pour relier le synthétiseur de fréquence, lors du réglage du récepteur indicateur, aux entrées des postes récepteurs.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la
10 description suivante d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif ; la description se réfère aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est le schéma synoptique d'un récepteur indicateur numérique électronique, selon
15 l'invention ;

- la figure 2 est le schéma synoptique d'un dispositif d'accord automatique de la fréquence par déphasage, utilisable dans le récepteur de la figure 1 ;

- la figure 3 est le schéma synoptique d'un phase-
20 mètre, selon l'invention.

Le récepteur indicateur montré en figure 1 comprend des postes récepteurs 1, 2, 3, 4, accordés respectivement sur des fréquences de signaux 6f, 8f, 9f, 5f. Les entrées des postes récepteurs 1, 2, 3, 4 sont raccordées à un
25 commutateur 5, qui en régime de mesure relie ces entrées à une antenne 6. Les postes récepteurs 1, 2, 3, 4 comportent, couplés en série, un amplificateur haute fréquence 7, un mélangeur 8 et un amplificateur à fréquence intermédiaire ou moyenne fréquence 9.

30 Les amplificateurs haute fréquence 7 des postes récepteurs 1, 2, 3, 4 sont constitués par un amplificateur à résonance, accordé sur la fréquence de station pilote 6f, dans le poste récepteur 1 et accordé sur les fréquences 8f, 9f, 5f, dans les postes récepteurs 2, 3, 4 respectivement.
35 Tous les postes récepteurs 1, 3, 2, 4 sont réalisés de face similaire. Un oscillateur de référence 10 est raccordé à l'entrée d'un synthétiseur 11. Les sorties du synthétiseur 11

sont raccordées l'une au commutateur 5 et une autre à une deuxième entrée des mélangeurs 8 des postes récepteurs 1, 2, 3, 4.

La sortie du poste récepteur 1, où se forme la
5 fréquence $6f$, est raccordée aux entrées des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14, qui multiplient la fréquence $6f$ respectivement par quatre, trois et cinq. Les sorties des postes récepteurs 2, 3, 4 sont raccordées respectivement
aux entrées des multiplicateurs de fréquence 15, 16, 17,
10 qui multiplient la fréquence respectivement par trois, deux et six. Chacun des multiplicateurs 12, 13, 14, 15, 16, 17 constitue une boucle d'accord automatique de la fréquence, par déphasage, comportant, couplés en série, un détecteur de phase 18, un générateur commandé 19, un diviseur de
15 fréquence 20. La sortie du détecteur de phase 18 des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14, 15, 16, 17 est raccordée à l'entrée du générateur commandé 19 des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14, 15, 16, 17. La sortie du générateur commandé 19 est raccordée à travers le diviseur 20 à une
20 entrée du détecteur de phase 18. Une deuxième entrée du détecteur de phase 18 des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14 est raccordée à la sortie du poste récepteur 1, tandis que les secondes entrées des détecteurs de phase 18 des multiplicateurs de fréquence 15, 16, 17 sont raccordées
25 respectivement aux sorties des postes 2, 3, 4. Les sorties des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14, 15, 16, 17 sont raccordées respectivement aux premières entrées des mélangeurs 21, 22, 23, 24, 25, 26. Les deuxièmes entrées des mélangeurs 21, 22, 23, 24, 25, 26 sont raccordées au
30 synthétiseur 11. Les deuxièmes entrées des mélangeurs 21, 24 sont reliées entre elles ainsi que les deuxièmes entrées des mélangeurs 22, 25 et les deuxièmes entrées des mélangeurs 23, 26. Les sorties des mélangeurs 21, 22, 23, 24, 25, 26 sont raccordées respectivement aux entrées de conformateurs
35 ou circuits de mise en forme des signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32. Les conformateurs des signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32 ont une même

constitution et comportent, couplés en série, un filtre basse fréquence 33 (accordé sur la fréquence f_B) un circuit de déphasage 34 et un amplificateur-limiteur 35, formant un signal rectangulaire. Les sorties des conformateurs de signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32 sont respectivement raccordées aux entrées de dispositifs d'accord automatique de fréquence par déphasage 36, 37, 38, 39, 40, 41. Les deuxièmes entrées des dispositifs d'accord automatique par déphasage 36 à 41 sont raccordées au synthétiseur 11. Tous les dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage 36 à 41 (figure 2) sont de façon analogue et comportent, couplés en série, un bloc de commande 42, un compteur réversible 43 et un circuit différentiateur 44. La sortie du circuit différentiateur 44 est raccordée aux premières entrées de portes 45 et 46. La deuxième entrée de la porte 45 est raccordée aux sorties des amplificateurs-limiteurs 35 des conformateurs de signaux basse fréquence 27 à 32. La deuxième entrée de la porte 46 est raccordée, à travers un inverseur 47, aux sorties des amplificateurs-limiteurs 35 des conformateurs de signaux basse fréquence 27 à 32. Les sorties de la porte 46 et de la porte 45 sont raccordées aux entrées d'un compteur tampon réversible 48. La sortie du compteur tampon réversible 48 est raccordée à une des entrées du bloc de commande 42, dont une autre entrée est raccordée à la sortie du synthétiseur 11.

Le circuit différentiateur 44 forme une impulsion courte, en réponse au front avant de l'impulsion fournie par le compteur réversible 43. Le compteur tampon réversible 48 détermine la durée du réglage automatique de fréquence. Le nombre de bits du compteur 48 est déterminé en fonction du temps nécessaire pour l'accord automatique de la fréquence par déphasage. Les dispositifs d'accord automatique par déphasage de la fréquence 36 à 41 assurent, en régime d'asservissement, le réglage de la fréquence du synthétiseur 11 selon la fréquence et la phase du signal.

Les sorties des dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage 36 et 39 sont raccordées aux

entrées d'un phasemètre 49. Les sorties de dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage 37 et 40 sont raccordées aux entrées d'un phasemètre 50. Les sorties des dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage 38 et 41 sont raccordées aux entrées d'une phasemètre 51.

Les phasemètres 49, 50, 51 (figure 3) ont une constitution analogue. Ils comportent une porte 52, dont la sortie est raccordée à l'une des entrées d'un compteur diviseur 53. La deuxième entrée du compteur diviseur 53 est raccordée à la sortie du synthétiseur 11, tandis que la sortie du compteur diviseur 53 est raccordée, à travers un décodeur 54, aux première et deuxième entrées d'une porte 55 et d'une porte 56. Les sorties de la porte 55 et de la porte 56 sont raccordées aux entrées d'un compteur réversible 57. L'une des sorties du compteur réversible 57 est raccordée à l'une des entrées de la porte 52, tandis que l'autre sortie du compteur réversible 52 est raccordée à l'entrée d'un compteur réversible 58.

Les troisièmes entrées de la porte 55 et de la porte 56 du phasemètre 49 sont raccordées à la sortie du dispositif 36 d'accord automatique de fréquence par déphasage. Les troisièmes entrées de la porte 55 et de la porte 56 du phasemètre 50 sont raccordées à la sortie du dispositif 37 d'accord automatique de la fréquence par déphasage. Les troisièmes entrées des portes 55 et 56 du phasemètre 51 sont raccordées à la sortie du dispositif 38 d'accord automatique de la fréquence par déphasage.

La seconde entrée de la porte 52 du phasemètre 49 est raccordée à la sortie du dispositif 39 d'accord automatique de la fréquence par déphasage. La seconde entrée de la porte 52 du phasemètre 50 est raccordée à la sortie du dispositif 40 d'accord automatique de la fréquence par déphasage. La deuxième entrée de la porte 52 du phasemètre 51 est raccordée à la sortie du dispositif 41 d'accord automatique de la fréquence par déphasage.

Un conformateur d'impulsions synthétisées 59

(figure 1) est raccordé aux sorties des postes récepteurs 1, 2, 3, 4. Le conformateur d'impulsions synthétisées 59 réalise l'addition linéaire des signaux, ramenés à la même amplitude, et isole l'oscillation résultante qui possède des maxima très prononcés avec une période de répétition $T=2\pi/\omega$ qui sont verrouillés en phase avec des composantes de l'impulsion.

Un synchroniseur 60 a son entrée raccordée à la sortie du poste récepteur 1 et sa sortie raccordée à un dispositif 61 pour déterminer le numéro du canal de phase. Le synchroniseur 60 crée un signal dont le chronogramme correspond au chronogramme des fréquences émises par les stations côtières. Les séquences d'impulsions formées par le synchroniseur 60, dont les durées correspondent au temps d'émission de diverses fréquences des stations côtières, commandent le fonctionnement des dispositifs 36 à 41, de réglage automatique en phase de la fréquence et des phasemètres 49, 50, 51. Le synchroniseur 60 est raccordé à des troisièmes entrées de la porte 45 et de la porte 46 des dispositifs 36, 37, 38, 39, 40, 41 d'accord automatique de la fréquence par déphasage, ainsi qu'à des quatrièmes entrées de la porte 55 et de la porte 56 des phasemètres 49, 50, 51.

La sortie du conformateur d'impulsions synthétisées 59 est raccordée à l'entrée du dispositif 61 de détermination du numéro du canal de phase. Le dispositif 61 pour déterminer le numéro du canal de phase comporte quatre dispositifs 62, 63, 64, 65 à accord automatique de fréquence par déphasage, un phasemètre 66 et un commutateur 67.

Les dispositifs 62, 63, 64, 65 à accord automatique de fréquence par déphasage peuvent avoir la constitution représentée sur la figure 2.

Le bloc 42 (figure 2) de commande des dispositifs 62, 63, 64, 65 à accord automatique de la fréquence par déphasage est raccordé à la sortie du synthétiseur 11. La deuxième entrée de la porte 45 et l'entrée de l'inverseur 47 des dispositifs 62, 63, 64, 65 d'accord automatique de la

fréquence par déphasage est raccordée à la sortie du conformateur d'impulsion synthétisée 59. Les troisièmes entrées de la porte 45 et de la porte 46 sont raccordées à la sortie du synchroniseur 60.

5 Les sorties des dispositifs 62, 63, 64, 65 (figure 1) à accord automatique de fréquence par déphasage sont raccordées aux entrées du phasemètre 66 à travers le commutateur 67. Le synchroniseur 60 est également relié à une entrée du commutateur 67.

10 Le phasemètre 66 a la constitution montrée sur la figure 3. La deuxième entrée de la porte 52 du phasemètre 66 est raccordée à la sortie du commutateur 67 (figure 1). Les troisièmes entrées des portes 55, 56 du phasemètre 66 sont raccordées à la sortie du dispositif 62 (figure 1) à
15 accord automatique de fréquence par déphasage.

Les quatrièmes entrées des portes 55 et 56 du phasemètre 66 sont raccordées à la sortie du synchroniseur 60 (figure 1).

Le récepteur indicateur numérique électronique
20 fonctionne suivant deux modes : le premier de recalage ou correction du zéro, le second de travail.

Pour déterminer le fonctionnement suivant le premier régime, le commutateur 5 raccorde le synthétiseur 11 aux entrées des postes récepteurs 1, 2, 3, 4. Le synthétiseur de
25 fréquence 11 forme un signal pilote qui se présente sous forme d'une séquence d'impulsions de faible durée avec une fréquence de répétition égale à la fréquence principale du signal. Cette durée et le front raide des impulsions permettent d'isoler le signal-pilote de la composition
30 spectrale au moyen des récepteurs 1, 2, 3, 4 respectivement accordés sur les fréquences 6f, 8f, 9f, 5f, dont les phases initiales coïncident. Ainsi, on compense les déphasages apportés par les récepteurs 1, 2, 3, 4 ce qui représente la condition nécessaire et suffisante pour la formation d'une
35 impulsion synthétisée.

En mode "correction", on établit également des lectures "zéro" dans les phasemètres 49, 50, 51 par réglage

du circuit de déphasage 34 des conformateurs 27, 28, 29, 30, 31, 32 de signaux basse fréquence. Ainsi, en mode "correction" on compense les déphasages qui surviennent au cours du passage à travers tous les blocs de traitement du signal.

5 Dans le second mode de fonctionnement du récepteur indicateur, le commutateur 5 raccorde l'antenne 6 aux entrées des amplificateurs haute fréquence 7 des récepteurs 1, 2, 3, 4. Les amplificateurs haute fréquence 7 des postes récepteurs 1, 2, 3, 4 isolent le premier harmonique des
10 signaux et filtrent les signaux pour les séparer des bruits. Les signaux à fréquence intermédiaire apparaissant à la sortie des amplificateurs de fréquence intermédiaire 9 des récepteurs 1, 2, 3, 4 sont obtenus en soustrayant dans le mélangeur 8 des récepteurs 1, 2, 3, 4 la fréquence du signal
15 de la fréquence du signal du synthétiseur 11. A la sortie de l'amplificateur à fréquence intermédiaire 9 du poste récepteur 1 apparaît un signal dont la fréquence est égale à $6F = 6 \Delta - 6f$. A la sortie de l'amplificateur de fréquence intermédiaire 9 du récepteur 2 apparaît un signal à fréquence
20 $8F = 8 \Delta - 8f$. A la sortie de l'amplificateur de fréquence intermédiaire 9 du récepteur 3 apparaît un signal à fréquence $9F = 9 \Delta - 9f$. A la sortie de l'amplificateur de fréquence intermédiaire 9 du récepteur 4 apparaît un signal dont la fréquence est égale à $5F = 5 \Delta - 5f$. Les fréquences
25 6Δ , 8Δ , 9Δ , 5Δ sont les fréquences des signaux de sortie du synthétiseur de fréquence 11.

Aux sorties des multiplicateurs de fréquence 12, 13, 14, 15, 16, 17 apparaissent des signaux à fréquence 24f, 18f, 30f, 24f, 18f, 30f, respectivement. Les multiplicateurs de
30 fréquence 12, 13, 14, 15, 16, 17 ont une constitution analogue et fonctionnent de la façon suivante. Le détecteur de phase 18 forme une tension proportionnelle à l'écart de phase entre le signal arrivant à un des multiplicateurs de fréquence 12 par exemple, et le signal de même fréquence
35 provenant de la sortie du diviseur de fréquence 20.

La tension d'écart provenant de la sortie du détecteur de phase 18 agit sur l'oscillateur commandé 19 et modifiant sa

fréquence et sa phase de manière que le signal arrivant à la première entrée du détecteur de phase 18, coïncide en fréquence et en phase avec le signal formé par le diviseur de fréquence 20. Le coefficient de multiplication de

5 fréquence est déterminé par le nombre d'échelons du diviseur de fréquence 20.

Aux sorties des mélangeurs 21, 22, 23, 24, 25, 26 apparaissent respectivement des signaux à fréquence :

$$\begin{aligned}
 10 \quad & \overline{(24F + f_H)} - 24 \overline{F} = f_H ; \quad \overline{(18F + f_H)} - 18 \overline{F} = f_H ; \\
 & \overline{(30F + f_H)} - 30 \overline{F} = f_H ; \quad \overline{(24F + f_H)} - 24 \overline{F} = f_H ; \\
 & \overline{(18F + f_H)} - 18 \overline{F} = f_H ; \quad \overline{(30F + f_H)} - 30 \overline{F} = f_H ;
 \end{aligned}$$

Les signaux à fréquence $(24 F + f_H)$, $(18 F + f_H)$, $(30F + f_H)$ sont formés par le synthétiseur de fréquence 11.

15 On voit que les fréquences des signaux formés par les mélangeurs 21, 22, 23, 24, 25, 26 sont égales entre elles. Les filtres basse fréquence 33 des conformateurs 27, 28, 29, 30, 31, 32 de signaux basse fréquence isolent le premier harmonique de la fréquence f_H . Les signaux à fréquence f_H

20 passent à travers le circuit de déphasage 34 des conformateurs de signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32 et attaquent l'entrée des amplificateurs limiteurs 35 des conformateurs de signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32. Les amplificateurs limiteurs 35 des conformateurs de

25 signaux basse fréquence 27, 28, 29, 30, 31, 32 forment des signaux rectangulaires attaquant les dispositifs 36, 37, 38, 39, 40, 41 d'accord automatique de fréquence par déphasage.

La fréquence du signal du synthétiseur de fréquence 11 est divisée par le compteur réversible 43 des dispositifs

30 36, 37, 38, 39, 40, 41 (figure 2) d'accord automatique de fréquence par déphasage, et ramenée à une valeur de fréquence égale à f_H . Les impulsions courtes provenant de la sortie du circuit différentiateur 44 attaquent la porte 45 et la porte 46 et, par l'intermédiaire de celle des portes

35 45, 46 qui est ouverte, attaquent une entrée du compteur tampon réversible 48. Le compteur tampon réversible 48

accumule les impulsions jusqu'à une valeur de débordement, après quoi l'impulsion de débordement attaque les entrées du bloc de commande 42. Le bloc de commande 42 additionne les impulsions de débordement arrivant de la sortie du compteur
5 tampon réversible 48 et la séquence d'impulsions de fréquence du synthétiseur de fréquence 11, lorsque la phase du signal qui apparaît à la sortie du compteur réversible 44, est en retard par rapport à la phase du signal formé par l'un des dispositifs de formation de signal basse fréquence 27, 28, 29,
10 30, 31, 32. Au contraire le bloc de commande 42 retranche les impulsions de débordement provenant de la sortie du compteur tampon réversible 48 de la séquence d'impulsions de fréquence du synthétiseur 11, lorsque la phase du signal qui apparaît à la sortie du compteur réversible 44 est en avance par
15 rapport à la phase du signal formé par l'un des dispositifs 27, 28, 29, 30, 31, 32 formant le signal basse fréquence. Ainsi la phase de la fréquence du signal formé par le compteur réversible 43 varie selon la loi de variation de la phase du signal arrivant à l'entrée du dispositif 36, 37, 38, 39, 40,
20 41 d'accord automatique de fréquence par déphasage. La séquence et la durée de fonctionnement des dispositifs 36, 37, 38, 39, 40, 41 d'accord automatique de la fréquence par déphasage est déterminée par le synchroniseur 60.

Les phasemètres 49, 50 et 51 mesurent respectivement
25 le déphasage entre les signaux formés par les dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage 36 et 39 ; 37 et 40 ; 38 et 41. L'impulsion formée par le circuit différentiateur 44 des dispositifs 36, 37, 38, 39, 40, 41 d'accord automatique de fréquence par déphasage valide la
30 première porte 52 (figure 3) des phasemètres 49, 50, 51, en introduisant ainsi dans le compteur 53 les valeurs du compteur réversible 57. Après introduction de la valeur initiale dans le compteur 53 des phasemètres 49, 50, 51 commence le comptage des impulsions de comptage formées
35 par le synthétiseur 11. Le compteur 53 compte un nombre d'impulsions égal à la valeur du complément jusqu'à la différence de phase $(I-a)$, a étant la valeur correspondant à

la valeur de phase en fraction de période. Ensuite, l'impulsion formée par le circuit différentiateur 44 (figure 2) de l'un des dispositifs 36, 37, 38 d'accord automatique de fréquence par déphasage attaque l'entrée de la porte 55 et de la porte 56 (figure 3). Selon celle des portes 55 ou 56 qui est débloquée, l'impulsion attaque soit l'entrée d'addition ou comptage, soit l'entrée de soustraction ou décomptage du compteur réversible 57. Si la valeur de la différence de phases correspond à une valeur quelconque K dans le compteur réversible 57, l'impulsion débloquent la porte 52 introduit la valeur K dans le compteur 53. Ensuite on compte la quantité d'impulsions r correspondant à la valeur du complément jusqu'à la différence de phase. L'état du compteur 53 à la fin du comptage, c'est-à-dire lors de l'arrivée de l'impulsion provenant du circuit différentiateur 44 (figure 2) de l'un des dispositifs 36, 37, 38 de réglage automatique en phase de la fréquence, est égal à $K + r = N$.

Le décodeur 54 (figure 3) forme dans ce cas un potentiel bloquant les portes 55 et 56. La valeur N est la capacité totale du compteur. L'état du compteur réversible 57 ne varie pas. L'interdiction de mesurer le déphasage est également formé par le synchroniseur 60. Si le contenu du compteur réversible dépasse la valeur du déphasage mesuré, les valeurs $K + r$ du contenu du compteur 53 au moment de l'arrivée de l'impulsion provenant de la sortie des dispositifs 36, 37, 38 d'accord automatique de fréquence par déphasage est égal à 1, où $1 < 0,5 N$. Pour les contenus de compteur 53 égales à $1 < 0,5 N$ le décodeur forme un potentiel permettant le passage des impulsions provenant des sorties des dispositifs 36, 37, 38 d'accord automatique de la fréquence par déphasage à travers la porte 56 vers l'entrée de soustraction du compteur réversible 57, d'où réduction de son contenu jusqu'à ce que la valeur de lecture corresponde à la valeur de différence de phase mesurée.

Le fonctionnement des phasemètres 49, 50, 51 est analogue lorsque les valeurs initiales du compteur réversible

57 sont inférieures à la valeur de déphasage mesuré.

Si la valeur réelle de différence de phase \underline{a} se situe dans les limites $0 < \underline{a} < 0,25$, le complément jusqu'à la différence de phase $0,75 < 1-\underline{a} < 1$ et le contenu du

5 compteur réversible 57 dans les limites $0,75 N < l < N$, alors la valeur $K+r$ du compteur 53 au moment de l'arrivée des impulsions provenant des dispositifs 36, 37, 38 d'accord automatique de la fréquence par déphasage est égale à 1, où

10 $l < 0,5 N$. Pour les valeurs du compteur 53 $l > 0,5 N$, le décodeur 54 forme un signal permettant le passage des impulsions provenant des dispositifs 36, 37, 38 d'accord automatique de fréquence par déphasage à travers la porte

15 55 vers l'entrée d'addition du compteur réversible 57, en faisant croître son contenu jusqu'à la valeur de différence de phase \underline{a} . A la sortie du compteur réversible 57 apparaît une impulsion de débordement, enregistrée par le compteur réversible 58, qui sert au comptage des angles de phase complets (de cycles). Ainsi les phasemètres 49, 50, 51 décrits assurent l'asservissement au déphasage mesuré, à

20 la vitesse déterminée par la fréquence des signaux mesurés. L'asservissement au déphasage mesuré se fait toujours selon le trajet le plus court. Les phasemètres 49, 50, 51 mesurent les déphasages dans les limites d'un canal précis, et enregistrent la quantité de canaux précis mesurés (de

25 cycles de phase complets), en calculant consécutivement de cette façon le numéro d'un canal précis. La durée et la séquence de fonctionnement des phasemètres 40, 50, 51 sont déterminées par le synthétiseur 60.

Pour éliminer l'ambiguïté de la mesure dans le

30 système "Navigateur Decca" il existe un régime prévu pour l'émission de signaux d'un réseau approximatif de fréquences (signaux d'identification des canaux). Au moment de l'émission des signaux du réseau approximatif de fréquences à la sortie du conformateur 59 (figure 1) de

35 l'impulsion synthétisée se forme une oscillation résultante synthétisée, possédant des maxima très prononcés avec une période de répétition $T = 2\pi/\omega$. Les dispositifs 62, 63,

64, 65 de réglage automatique en phase de la fréquence ajustent la phase de la fréquence du signal du synthétiseur de fréquence 11 sur la phase de l'oscillation synthétisée. Le fonctionnement des dispositifs 62, 63, 64, 65 d'accord automatique en phase de la fréquence, du phasemètre 66 et du commutateur 67 est commandé par le synchroniseur 60, qui permet de n'effectuer des mesures qu'au cours de l'émission des signaux du réseau de fréquences approximatif.

Le commutateur 67 branche à tour de rôle les sorties des dispositifs 63, 64, 65 à accord automatique de fréquence par déphasage à l'entrée du phasemètre 66. La séquence de raccordement des dispositifs 63, 64, 65 à accord automatique de fréquence par déphasage à l'entrée du phasemètre 66 est déterminé par le synchroniseur 60.

Ainsi le résultat des mesures précises sur les fréquences multipliées 24F, 18F, 30F est fixé respectivement par les phasemètres 49, 50, 51.

Le phasemètre 66 du dispositif 61 de détermination d'un chenal précis fixe la valeur du déphasage correspondant au numéro d'un canal précis dans les limites du canal assigné par la fréquence 1F. La lecture obtenue par les phasemètres 66, 49, 50, 51 permet de déterminer de façon univoque le numéro du canal de phase précis et le déphasage, dans les limites d'un canal de phase précis.

La solution décrite pour un récepteur indicateur numérique électronique de système de radionavigation du genre "Navigateur Decca" permet d'améliorer la précision et la protection contre les perturbations des mesures grâce à l'amenée des signaux à une fréquence basse (audio) et de réaliser des mesures de haute précision avec une fiabilité accrue, assurée grâce à l'utilisation de dispositifs numériques d'accord automatique de la fréquence par déphasage et de phasemètre numérique d'asservissement.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à celui de ses modes d'application, non plus qu'à ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, ayant été plus particulièrement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDICATION

Récepteur indicateur numérique électronique pour système de radionavigation du genre de ceux dits "Navigateurs Decca", comportant plusieurs postes récepteurs, dont les entrées reçoivent directement un signal d'antenne au cours de la mesure du paramètre de navigation, dont un est accordé sur la fréquence d'une station pilote ou maître, et dont les autres sont accordés sur la fréquence de stations asservies ou esclaves ; un conformateur d'impulsion synthétisée attaqué par chacun des postes récepteurs ; un synchroniseur attaqué par le poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote ; un dispositif pour déterminer un numéro de canal de phase, raccordé à la sortie du conformateur d'impulsion synthétisée ; un synthétiseur de fréquence raccordé à tous les postes récepteurs ; un générateur de référence alimentant le synthétiseur de fréquence ; plusieurs circuits principaux comportant un multiplicateur de fréquence et un phasemètre monté en série avec le multiplicateur et déterminant le déphasage entre les signaux correspondant au paramètre de navigation, circuits raccordés électriquement à chacun des postes récepteurs accordés sur la fréquence d'une station asservie, récepteur indicateur caractérisé en ce qu'il comporte trois circuits supplémentaires, comprenant un multiplicateur de fréquence et un phasemètre placés en série et reliés électriquement au poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote, en ce que les multiplicateurs des circuits principaux et supplémentaires sont raccordés directement au poste récepteur correspondant (1, 2, 3 et 4), en ce que les phasemètres (49, 50, 51) des circuits principaux et supplémentaires sont raccordés aux multiplicateurs de fréquence des circuits principaux et supplémentaires à travers un mélangeur de fréquences, un conformateur de signal basse fréquence et un dispositif d'accord automatique de fréquence par déphasage placés en série, en ce que les mélangeurs (21 à 26) de chaque circuit relié au poste récepteur (1) accordé sur la fréquence de la station pilote

et d'un circuit correspondant, raccordé à un poste récepteur accordé sur la fréquence d'une station asservie sont raccordés entre eux par deux et raccordés aux entrées correspondantes du synthétiseur de fréquence (11), en ce que

5 chaque dispositif (36 à 41) d'accord automatique de fréquence par déphasage comporte un bloc de commande, en série à partir du synthétiseur de fréquence (11), un compteur réversible (43) et un circuit différentiateur (44) et comporte de plus un compteur tampon réversible (48) dont les entrées sont

10 raccordées aux sorties du bloc de commande, et deux portes, ayant leurs premières entrées reliées au circuit différentiateur, leurs deuxièmes entrées reliées l'une directement au conformateur de signal basse fréquence, l'autre, à travers un inverseur, et leurs troisièmes entrées reliées au

15 synchroniseur (60) ; en ce que chaque phasemètre (49, 50, 51, 66) comporte, montés en série, un compteur réversible (57), une première porte (52) dont l'entrée est reliée à la sortie du circuit différentiateur de l'un des dispositifs d'accord automatique de la fréquence par déphasage, relié électrique-

20 ment au poste récepteur accordé sur la fréquence de la station pilote, un compteur diviseur (53) raccordé à la sortie du synthétiseur de fréquence, un décodeur (54), et un jeu d'une deuxième et une troisième portes, (55, 56), raccordées par leurs premières et deuxièmes entrées au

25 décodeur, par leurs troisièmes entrées, à la sortie du circuit différentiateur d'un autre dispositif d'accord automatique de la fréquence par déphasage, relié électriquement à un poste récepteur correspondant accordé sur la fréquence d'une station asservie, par leurs quatrièmes

30 entrées à la sortie du synchroniseur, par leurs sorties, aux entrées du compteur réversible, et un deuxième compteur réversible (58), raccordé par ses entrées aux sorties du premier compteur réversible ; et en ce que des moyens sont

35 prévus pour relier le synthétiseur de fréquence, lors du réglage du récepteur indicateur, aux entrées des postes récepteurs.

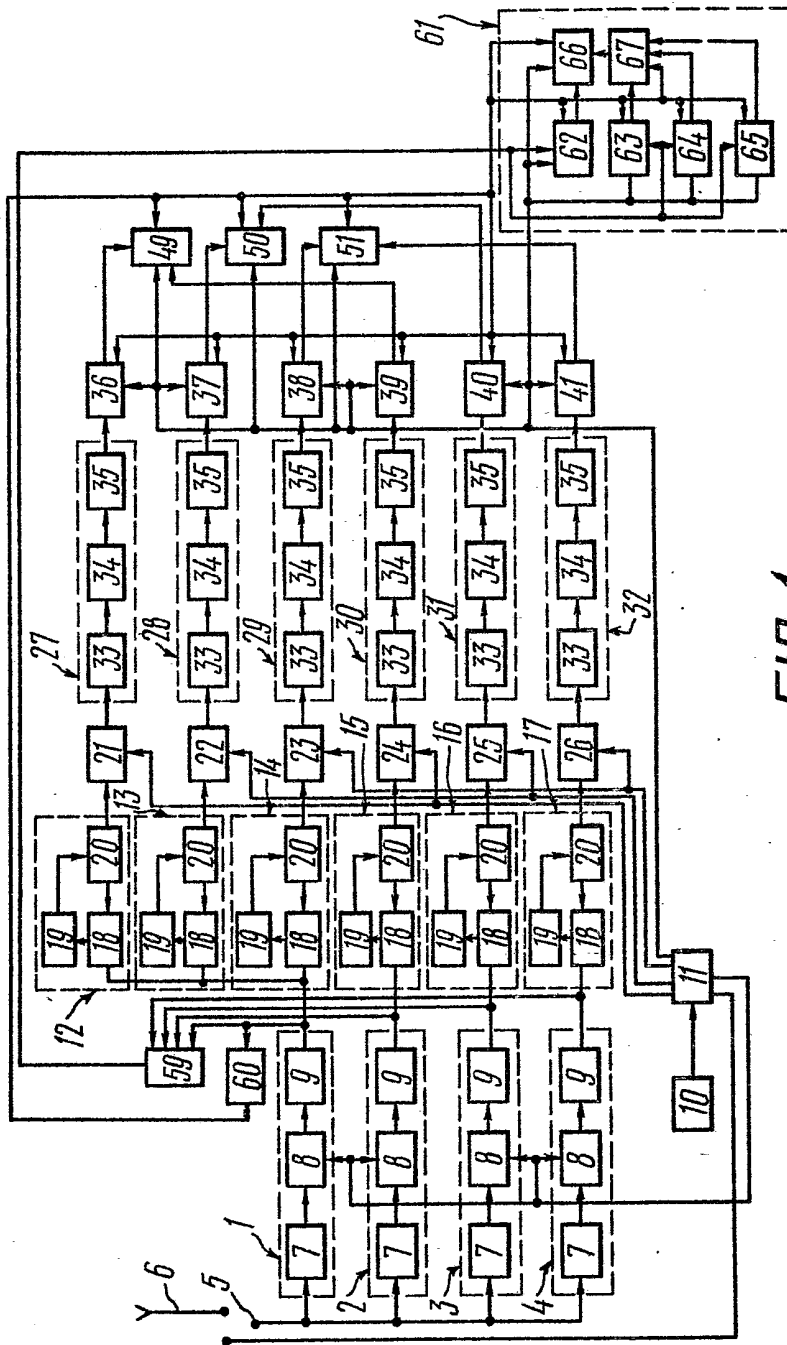


FIG. 1

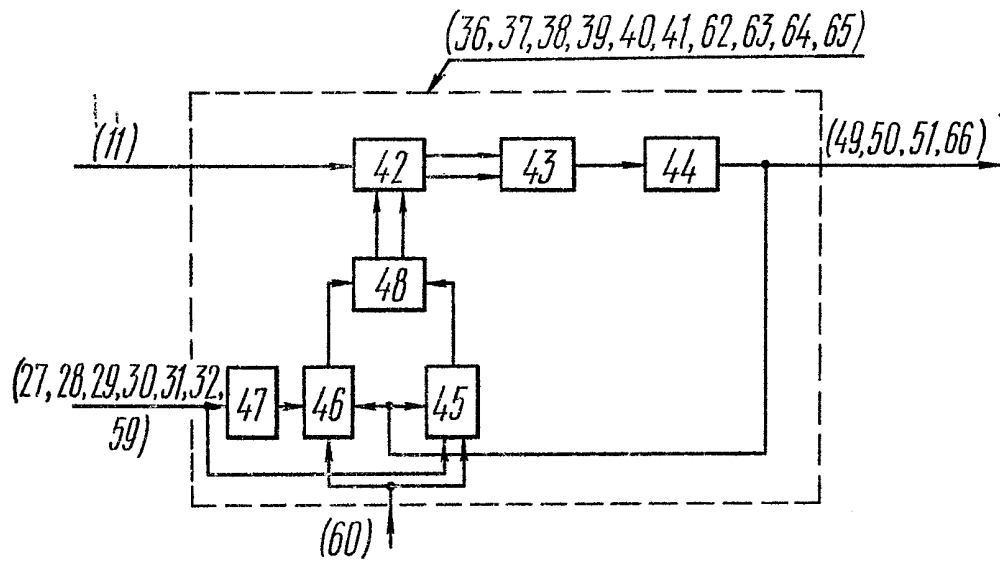


FIG. 2

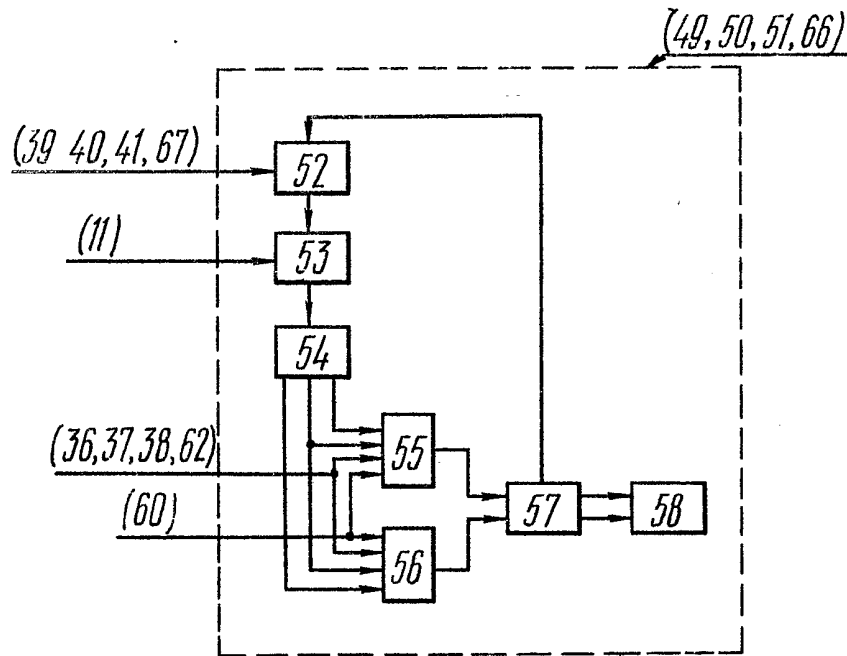


FIG. 3