

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 19941

(54) Procédé pour agir sur le comportement en régulation d'une boucle de régulation verrouillée en phase PLL, et boucle ainsi réalisée.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 05 F 1/10; H 03 L 7/00.

(22) Date de dépôt..... 16 septembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 5 octobre 1979, n° P 29 40 368.7.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 15 du 10-4-1981.

(71) Déposant : Société dite : BLAUPUNKT-WERKE GMBH, résidant en RFA.

(72) Invention de : Peter Seibold.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour influencer le comportement en régulation d'une boucle de régulation verrouillée en phase (encore appelée boucle PLL) ainsi qu'une telle boucle à l'aide d'un oscillateur commandé
5 et d'un organe de transmission intermédiaire, influençable, dont le signal de sortie peut se représenter par une fonction de transfert qui comporte une partie proportionnelle et/ou une partie intégrale et/ou une partie différentielle, du signal obtenu par la comparaison de la phase.

10 Les boucles de régulation à verrouillage de phase contiennent essentiellement un comparateur de phase dans lequel on compare la fréquence (ou la phase) d'un signal de référence à la fréquence (ou la phase) d'un signal fourni par la boucle de régulation, pour appliquer ce signal en
15 retour à un élément de transmission, influençable, en général un filtre passe-bas, qui est monté à la suite du comparateur de phase, et d'un oscillateur commandé, par exemple un oscillateur commandé en tension, qui est commandé par le signal de sortie de l'élément de transmission, influençable, et dont le
20 signal de sortie est appliqué en retour à l'une des entrées du comparateur de phase. Le cas échéant, on peut prévoir un diviseur dans la branche de retour.

Les boucles de régulation à verrouillage en phase, connues, comportent un filtre passe-bas dans l'élément
25 de transmission ; ce filtre est essentiellement constitué d'un élément RC. Lorsqu'on veut utiliser une telle boucle de régulation à verrouillage de phase dans le cadre d'une autre application, il faut souvent dimensionner différemment la résistance et le condensateur de l'élément RC. Pour pouvoir
30 utiliser une même boucle PLL dans diverses applications, il est connu de prévoir des circuits en parallèle formés par des résistances et des condensateurs dans l'élément de transmission, et à l'aide d'un commutateur prévu en amont, on choisit en fonction de chaque application, une résistance et un condensa-
35 teur pour boucler le chemin du signal.

De tels circuits connus sont très complexes et coûteux et de plus très encombrants.

La présente invention a pour but de créer un moyen permettant d'agir sur le comportement en régulation d'une boucle à verrouillage de phase, ne nécessitant
40

plus la commutation de résistances et de condensateurs en fonction des domaines d'application de cette boucle PLL.

A cet effet, l'invention concerne un procédé du type ci-dessus, caractérisé en ce qu'on répartit le signal obtenu par comparaison de phase sur au moins deux chemins de signal en ce que dans chaque chemin de signal on prévoit au moins une grandeur électrique de commande, permettant d'influencer un terme de la fonction de transfert et en ce qu'à la sortie de l'élément de transfert on réunit de nouveau les chemins de signal.

L'invention concerne également un circuit pour la mise en oeuvre de ce procédé.

L'invention offre l'avantage de permettre une application pratiquement universelle d'une même boucle PLL à l'aide des grandeurs électroniques de commande par exemple de sources de courant commandées par des commutateurs électroniques.

Un autre avantage réside dans le simplification de la télécommande de la commutation de l'élément de transfert influençable, en fonction des diverses applications.

Enfin, suivant un autre avantage, le circuit peut être facilement réalisé sous forme de circuit intégré.

Il est à remarquer que la caractéristique générale de l'invention consistant à répartir un signal d'entrée d'un élément de transfert sur plusieurs chemins de signal, et à prévoir dans chaque chemin de signal au moins une grandeur électrique de commande, puis à réunir de nouveau les chemins de signal à la sortie de l'élément de transfert, ne se limite pas au seul signal PLL mais s'applique également à d'autres circuits de régulation électronique dans lesquels un élément de transfert doit avoir le même comportement au transfert. C'est pour cette raison qu'il est prévu la possibilité d'introduire la partie différentielle d'une fonction de transfert.

Suivant une autre caractéristique, les sources de courant peuvent également être remplacées par des sources de tension branchées sur des résistances.

Avant la description détaillée de trois exemples de circuits, il convient d'examiner ci-après quelques

considérations théoriques à caractère général.

De façon connue, les circuits de régulation PLL comportent un élément de transfert dont la caractéristique de transfert peut se décrire essentiellement par la
5 fonction de transfert suivante :

$$(1) x_a(t) = K_1 x_e(t) + K_2 \int_0^t x_e(t) dt + x_a(0)$$

Dans cette formule x_a est le signal de sortie, et x_e le signal d'entrée de l'élément de transfert.
10 Le premier terme représente la partie proportionnelle et le second terme la partie intégrale de cette fonction de transfert.

Si le terme x_e est une intensité I et le terme x_a , une tension U , la caractéristique de transfert peut se réaliser à l'aide d'un élément de transfert connu selon la figure 2, dont la fonction de transfert est la
15 suivante :

$$(2) U(t) = R I(t) + 1/C \int_0^t I(t) dt + U(0)$$

Il est à remarquer que dans les figures, toutes les sources de courant ont été prévues dans l'élément de transfert et non pas dans le comparateur de phase dans un but de simplification, si bien que la grandeur $I(t)$ se prend
25 sur la borne de sortie de la source de courant respective alors que l'entrée de l'élément de transfert reçoit un signal $A\phi$, qui est proportionnel à la différence de phase des signaux appliqués aux entrées du comparateur de phase.

Lorsqu'il y a diverses conditions du fait de divers éléments de régulation, par exemple des oscillateurs commandés pour les diverses plages de longueurs d'ondes d'un récepteur radio, il faut adapter de façon correspondante la partie proportionnelle et la partie intégrale.
Jusqu'à présent, une telle adaptation se faisait en réglant
35 les coefficients K_1 et K_2 suivant l'équation 1 ou les grandeurs R et $1/C$ suivant l'équation 2 en commutant les résistances et les condensateurs.

Si, suivant l'invention, on subdivise le signal appliqué à l'élément de transfert pour le répartir
40 suivant deux chemins de signal, on peut également satisfaire

à l'équation 1 en utilisant les deux signaux partiels qui se commandent essentiellement de façon indépendante l'un de l'autre

$$(3) \quad x_a(t) = K_1 x_{e1}(t) + K_2 \int_0^{t_1} x_{e2}(t) dt + x_a(0)$$

Dans cette formule, K_1 et K_2 sont des constantes qui ont la même valeur pour toutes les applications du circuit PLL, c'est-à-dire même pour des oscillateurs différents. Il en résulte qu'il suffit d'une résistance et d'un condensateur même pour les fractions proportionnelles et intégrales différentes de la fonction de transfert.

La présente invention sera décrite plus en détail à l'aide des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'un circuit à verrouillage de phase
- la figure 2 représente un premier élément de transfert connu
- la figure 3 représente un second élément de transfert connu
- la figure 4 représente un premier élément de transfert selon l'invention
- la figure 5 représente un second élément de transfert selon l'invention
- la figure 6 représente un troisième élément de transfert selon l'invention.

Selon la figure 1, un circuit PLL se compose d'un comparateur de phase 1, d'un élément de transfert 2 et d'un oscillateur commandé 3, ces différents éléments étant branchés l'un à la suite de l'autre. L'oscillateur commandé 3 est supposé être dans la suite un oscillateur commandé en tension. La première entrée du comparateur de phase 1 reçoit un signal de référence. La seconde entrée de ce comparateur reçoit le signal de sortie de l'oscillateur commandé en tension 3. Le cas échéant, on peut prévoir un diviseur dans la branche de retour. La sortie du comparateur de phase 1 fournit un signal qui est proportionnel à la différence de phase des signaux d'entrée.

La figure 2 montre un circuit connu qui satisfait à l'équation 2.

Il est clair que la source de courant

avec une résistance en parallèle peut être remplacée par une source de tension avec une résistance en série.

La figure 3 montre un élément de transfert 20 utilisé jusqu'à présent par la demanderesse. On peut brancher dans le chemin du signal, des résistances R_1 et des condensateurs C_1 , de valeur différente, à l'aide des commutateurs 4 et 5 de façon que pour une application particulière on branche de façon précise une résistance R_1 et dans les mêmes conditions un condensateur C_1 . Chaque résistance R_1 est branchée entre une source de courant 6 et l'entrée inversée d'un amplificateur opérationnel 7. Chaque condensateur est branché entre cette entrée inversée de l'amplificateur opérationnel 7 et la sortie de ce même amplificateur opérationnel 7. Une tension de référence $U_{B/2}$ est appliquée à la seconde entrée de l'amplificateur opérationnel 7.

La figure 4 montre un premier exemple de réalisation d'un élément de transfert selon l'invention. Le signal d'entrée appliqué à l'élément de transfert 21 a la différence de phase $\Delta \varphi$ par rapport aux signaux du comparateur de phase 1 répartis en deux chemins de signaux. Dans chacun des chemins de signaux se trouve l'une des diverses sources de courant 8, 9 qui se branche à l'aide de commutateurs électroniques 10, 11 susceptibles d'être télécommandés. La commande peut se faire à l'aide d'un microprocesseur.

Chacun des deux chemins de signal est appliqué à une entrée d'un amplificateur opérationnel 70. Entre l'entrée inversée et la sortie qui forme en même temps la sortie de l'élément de transfert 21 il est prévu un condensateur 12. L'entrée non inversée de l'amplificateur opérationnel 70 est reliée à la masse par l'intermédiaire d'une résistance 13 et d'une source de tension de référence 14. L'exemple de réalisation décrit présente une caractéristique de transfert dont la partie proportionnelle et la partie intégrale de la fonction de transfert doivent être commandées indépendamment l'une de l'autre.

La figure 5 montre un second exemple de réalisation d'un élément de transfert 22 selon l'invention. Ce second exemple est identique à celui de la figure 4, pour la partie comprise entre l'entrée jusqu'aux commutateurs électroniques 10, 11 et la description ne sera pas reprise. A la

suite des commutateurs électroniques 10, 11 il est prévu une résistance 15 dans une branche transversale ; une borne de cette résistance 15 est reliée à l'entrée inversée d'un amplificateur opérationnel 71 et la seconde borne de cette résistance est reliée par un condensateur 16 à la sortie de l'amplificateur opérationnel 71. L'entrée non inversée de l'amplificateur opérationnel 71 reçoit une tension de référence $U_{B/2}$. La fonction de transfert de cet élément de transfert est la suivante :

$$U(t) = R I_{21} \Delta\varphi + \frac{I_{11} + I_{21}}{C} \int_0^{t_1} \Delta\varphi dt + U(t=0)$$

Une autre possibilité non représentée pour réaliser l'élément de transfert consiste à échanger la résistance 15 et le condensateur 16 dans le circuit de la figure 5.

La figure 6 représente un troisième exemple de réalisation d'un élément de transfert 23 selon l'invention. Cet exemple est identique à celui de la figure 4 pour les parties comprises entre l'entrée jusqu'aux commutateurs électroniques 10, 11 et la description ne sera pas reprise. Le premier chemin de signal partant du commutateur électronique 10 est directement relié à la sortie de l'élément de transfert 23 alors que le second chemin de signal partant du commutateur 11 est relié à la sortie par une résistance 17; la résistance 17 est prévue dans une branche transversale elle-même reliée à la masse par un condensateur 18.

Il est à remarquer que l'invention s'applique à la fois à des circuits de régulation PLL, analogiques, et à des circuits de régulation numériques.

REVENDICATIONS

1°) Procédé pour influencer le comportement de régulation d'une boucle de régulation verrouillée en phase (boucle PLL) comportant un comparateur de phase, un oscillateur commandé et un élément de transfert, influençable, 5 prévu entre l'oscillateur et le comparateur, le signal de sortie de cet élément de transfert se représentant par une fonction de transfert comportant une partie proportionnelle et/ou une partie intégrale et/ou une partie différentielle du signal 10 obtenu par comparaison de phase, procédé caractérisé en ce qu'on répartit le signal obtenu par comparaison de phase en au moins deux chemins de signaux de façon à avoir dans chaque chemin de signal au moins une grandeur électrique de commande, pour influencer un terme de la fonction de transfert et en ce qu'on 15 réunit de nouveau les chemins de signaux à la sortie de l'élément de transfert.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on répartit le signal obtenu par comparaison de phase sur deux chemins de signal de façon que dans 20 chaque chemin de signal on agisse sur la partie de signal à l'aide d'une source de courant commutée par un commutateur électronique, de façon à influencer dans le premier chemin de signal la fraction proportionnelle de la fonction de transfert et dans le second chemin de signal la fraction intégrale.

3°) Circuit formant une boucle de régulation à verrouillage de phase comportant un oscillateur commandé et un comparateur de phase dont les entrées reçoivent un signal de référence et le signal de sortie de l'oscillateur commandé, un élément de transfert influençable étant 30 prévu entre le comparateur de phase et l'oscillateur commandé, circuit caractérisé en ce que l'élément de transfert (2, 21, 22, 23) est un montage en parallèle d'au moins deux chemins de signaux, des sources de courant commandées (8, 9) étant branchées dans au moins un chemin de signal par l'intermédiaire d'un commutateur électronique (10, 11) et en ce que les chemins 35 de signal sont reliés à un étage mélangeur à la sortie de l'élément de transfert (2, 21, 22, 23).

4°) Circuit selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'élément de transfert (2, 21, 22, 23) 40 est un montage en parallèle formé de deux chemins de signal

et en ce que des sources de courant (8, 9) commandées, peuvent être branchées dans les chemins de signal par des commutateurs électroniques (10, 11).

5 5°) Circuit selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que le premier chemin de signal est relié à l'entrée inversée d'un amplificateur opérationnel (70), un condensateur (12) étant branché entre l'entrée et la sortie de l'amplificateur opérationnel (70), le second chemin de signal étant relié à la seconde entrée de l'amplificateur opérationnel (70) et en ce qu'une résistance (13) relie la seconde entrée à la masse.

15 6°) Circuit selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les commutateurs électroniques (10, 11) comportent une résistance (15) dans une branche transversale, une borne de cette résistance étant reliée à une entrée d'un amplificateur opérationnel (71) et un condensateur (16) est branché entre cette borne et la sortie de l'amplificateur opérationnel (71).

20 7°) Circuit selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que le premier commutateur électronique (10) est relié à la sortie de l'élément de transfert (23) et à une borne d'une résistance (17), le second commutateur électronique (11) est relié à l'autre borne de la résistance (17) et à la masse par l'intermédiaire d'un condensateur (18).

25 8°) Circuit selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les commutateurs électroniques (10, 11) et les sources de courant (8, 9) sont réalisés sous la forme de circuits intégrés.

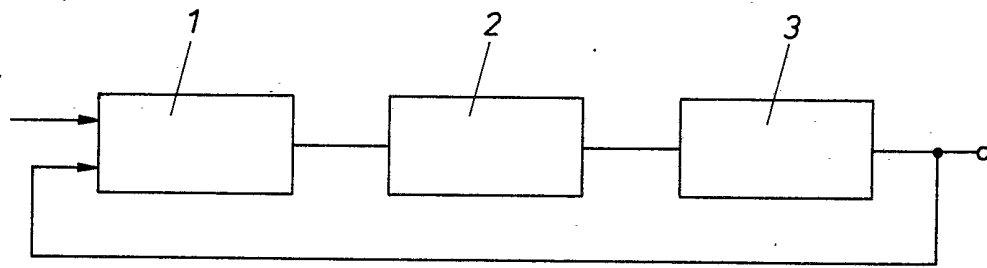


Fig. 1

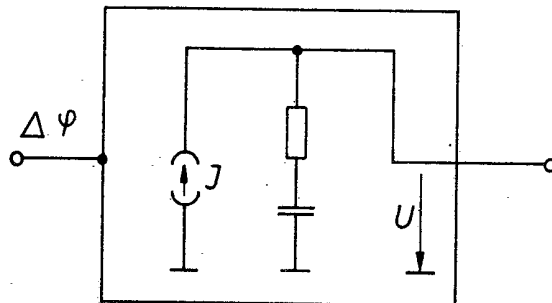


Fig. 2

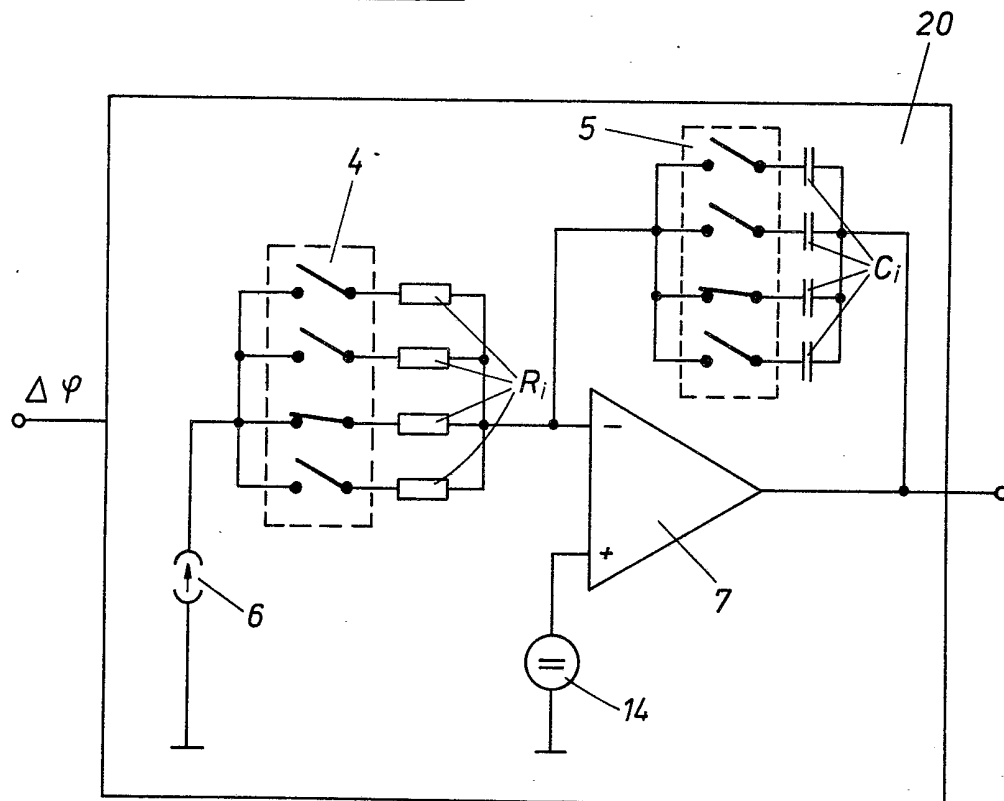


Fig. 3

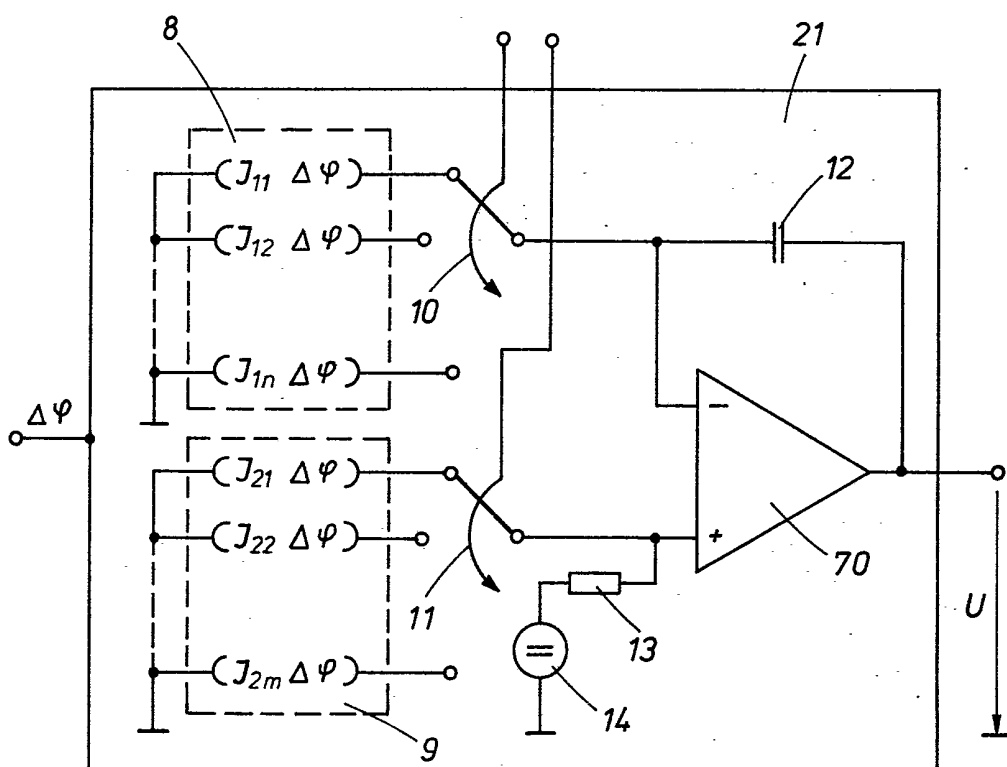


Fig. 4

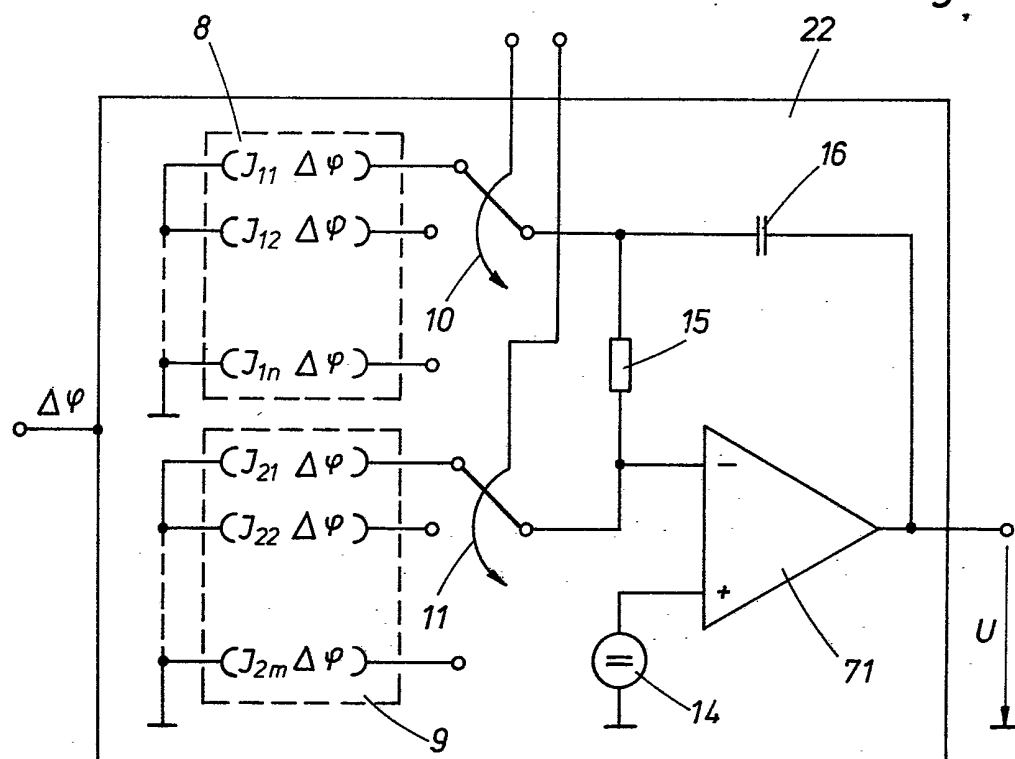


Fig. 5

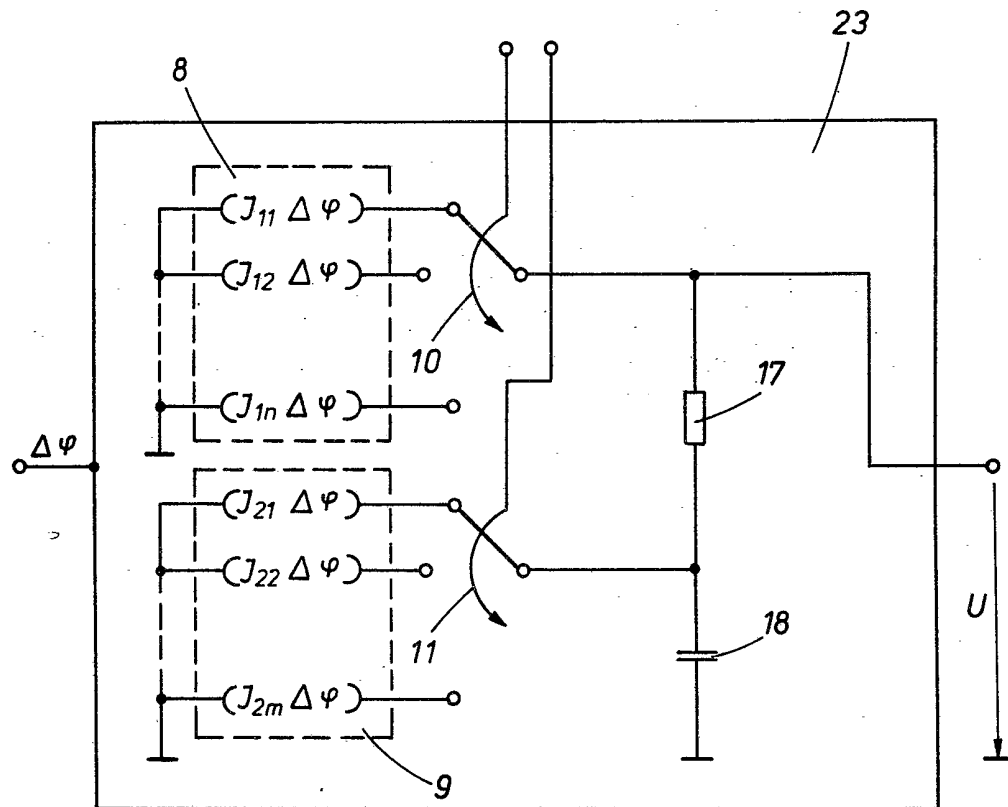


Fig. 6