CH 690 466 A5

(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 690 466 A5

(51) Int. Cl.[7]: G 01 R 019/00
G 01 R 025/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) FASCICULE DU BREVET A5

(21) Numéro de la demande: 00140/95

(22) Date de dépôt: 17.01.1995

(30) Priorité: 10.02.1994 JP A6-16607

(24) Brevet délivré le: 15.09.2000

(45) Fascicule du brevet publiée le: 15.09.2000

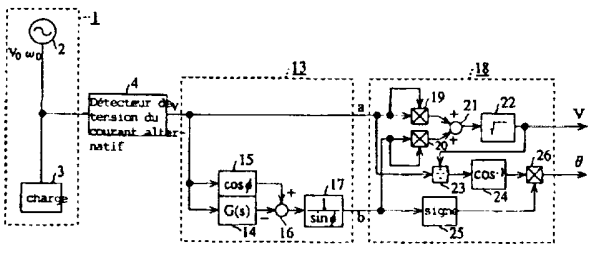
(73) Titulaire(s):
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

(72) Inventeur(s):
Fujii, Toshiyuki, Amagasaki-shi/Hyogo (JP)
Tamai, Shinzo, Amagasaki-shi/Hyogo (JP)
Naitoh, Hatsuhiko, Kobe-shi/Hyogo (JP)
Toki, Naohiro, Kobe-shi/Hyogo (JP)

(74) Mandataire:
William Blanc & Cie
conseils en propriété industrielle S.A.,
9, rue du Valais, 1202 Genève (CH)

(54) Appareil pour détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif.

(57) Un appareil pour détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif détecte un signal de courant alternatif avec un moyen de détection de signal (4), calcule un signal de courant alternatif qui est décalé en phase par la valeur de la caractéristique de phase Φ du circuit de calcul (14) à la fréquence du signal de courant alternatif détecté, multiplie le signal de courant alternatif détecté par cos Φ et multiplie par 1/sin Φ le résultat de la multiplication diminué du signal de courant alternatif décalé en phase.



Description

Arrière-plan de l'invention

1. Domaine de l'invention

La présente invention concerne un appareil pour détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif (tension ou intensité du courant alternatif) qui est utilisé pour la commande ou la protection de dispositifs électriques, par exemple un coupe-circuit, un convertisseur de courant ou un régulateur de courant, relié à un réseau de courant.

2. Description de l'art antérieur

La fig. 23 montre l'agencement d'un appareil de détection de l'amplitude et de la phase traditionnel. Le chiffre de référence 1 indique un système objet pour lequel on détecte l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif, 2 est une source de courant alternatif monophasé ayant une amplitude de tension V_0 et une fréquence angulaire ω_0, 3 est une charge connectée à la source de courant alternatif, et 4 est un détecteur de tension du courant alternatif (moyen de détection de tension du courant alternatif), qui détecte la tension du courant alternatif (signal de courant alternatif) du système objet 1 et produit un signal de tension v qui est proportionnel à la tension du courant alternatif. L'appareil peut être conçu pour détecter l'intensité du courant alternatif au lieu de la tension du courant alternatif.

Un détecteur d'amplitude indiqué par 5 détecte l'amplitude V de la tension du courant alternatif v et ce dispositif est décrit dans la publication de brevet japonais N° 56-28 469. Un détecteur de phase indiqué par 6 détecte la phase θ de la tension du courant alternatif v, et ce dispositif est décrit dans le «Electric Engineering Handbook», p. 447, publié en février 1988 par l'Institut des Ingénieurs Electriciens du Japon.

Un circuit de redressement indiqué par 7 effectue le redressement de l'onde complète monophasée du signal de tension v fourni par le détecteur de tension du courant alternatif, 8 est un circuit de retard du premier ordre pour atténuer les harmoniques paires du signal de tension v, pour produire ainsi un signal qui est proportionnel à l'amplitude du signal de tension v, 9 est un circuit de détection du point de passage par zéro pour détecter le point de passage par zéro du signal de tension v, et 10 est un circuit de comparaison de phase qui détecte la différence de phase entre le point de passage par zéro détecté et la phase de sortie d'un oscillateur commandé par tension (OCT) 12 qui oscille de manière à ce que la différence de phase fournie par un filtre passe-bas 11 soit minimale, auquel cas la phase de sortie représente la phase θ du signal de tension v.

Le filtre passe-bas 11 est utilisé pour enlever les harmoniques supérieures présentes dans un signal de différence de phase détecté par le circuit de comparaison de phase 10.

En service, le détecteur de tension du courant alternatif 4 détecte la tension du courant alternatif du système objet 1 et produit un signal de tension v qui est proportionnel à la tension du courant alternatif. Le signal de tension v est introduit dans le détecteur d'amplitude 5 et dans le détecteur de phase 6, par lesquels l'amplitude V et la phase θ de la tension du courant alternatif sont détectées.

Dans le détecteur d'amplitude 5, le circuit de redressement 7 effectue le redressement de l'onde complète monophasée du signal de tension v pour produire un signal qui contient des harmoniques paires du signal de tension v, en plus d'un composant courant continu. Le circuit de retard du premier ordre 8 élimine les harmoniques paires par filtrage, pour détecter ainsi le composant courant continu qui représente l'amplitude V du signal de tension v.

Dans le détecteur de phase 6, le circuit de détection du point de passage par zéro 9 détecte le point de passage par zéro du signal de tension v et le circuit de comparaison de phase 10 détecte la différence de phase entre le point de passage par zéro et la phase de sortie de l'oscillateur commandé par tension 12 qui oscille de manière à ce que la différence de phase soit minimale, auquel cas la phase de sortie représente la phase θ du signal de tension v. Les composants harmoniques présents dans le signal de différence de phase fourni par le circuit de comparaison de phase 10 sont éliminés par le filtre passe-bas 11, de sorte que l'on détecte avec précision la phase θ de la tension du courant alternatif.

Cet agencement de circuit comporte toutefois un circuit de retard du premier ordre 8 dans le détecteur d'amplitude 5 et un filtre passe-bas 11 dans le détecteur de phase 6, et ces circuits provoquent un retard dans le temps à cause de leurs caractéristiques dans la détection de l'amplitude V et de la phase θ de la tension du courant alternatif.

Un autre appareil de détection de l'amplitude et de la phase traditionnel décrit dans le brevet japonais mis à la disposition du public pour consultation N° 1-301 183 utilise un observateur pour scinder un signal de courant alternatif détecté en deux signaux de courant alternatif qui sont déphasés mutuellement de 90° et calcule l'amplitude du signal de courant alternatif sur la base des signaux de courant alternatif scindés. Toutefois, l'observateur a généralement un délai de réponse, ce qui provoque un retard de phase dans sa sortie et, par conséquent, cet appareil ne peut pas non plus détecter d'une manière instantanée l'amplitude V d'une tension du courant alternatif.

L'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif traditionnel agencé comme décrit ci-dessus ne peut pas détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif instantanément par suite de l'utilisation du circuit de retard du premier ordre 8 et du filtre passe-bas 11 qui provoquent un retard de phase à cause de leurs caractéristiques de phase et, par conséquent, il ne peut pas assurer effectivement la régulation ou la protection de dispositifs électriques dans le système.

Résumé de l'invention

La présente invention est destinée à surmonter les inconvénients précédents.

Un premier but de cette invention est de fournir un appareil de détection de l'amplitude et de la phase capable de détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif sans un retard de phase.

Un second but de cette invention est de fournir un appareil de détection de l'amplitude et de la phase capable de détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif d'une manière précise, même si la fréquence du signal du système objet varie.

Un troisième but de cette invention est de fournir un appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif qui soit insensible au bruit.

Un quatrième but de cette invention est de fournir un appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif qui soit insensible aux harmoniques présentes dans le signal.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus, l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif de l'invention comporte un moyen de conversion qui effectue la transformation rotationnelle des sorties du moyen de détection du signal de courant alternatif et du circuit de dérivation, sur la base de la phase de référence du signal de courant alternatif et convertit ces sorties en composant cosinus de l'onde et en composant sinus de l'onde du signal de courant alternatif. Par conséquent, les composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif sont calculés d'une manière instantanée et il devient possible de détecter l'amplitude et la phase du signal de courant alternatif, sans un retard de phase.

En outre, l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif de l'invention comporte un moyen de conversion qui multiplie le signal de courant alternatif détecté par le moyen de détection du signal de courant alternatif, par les composants cosinus et sinus du signal de courant alternatif ayant la phase de référence, fournit les résultats de la multiplication au circuit de retard du premier ordre et calcule les composants cosinus et sinus du signal de courant alternatif sur la base des résultats de la multiplication diminués de la sortie du circuit de retard du premier ordre et sur la base de la sortie du circuit de retard du premier ordre. Par conséquent, le retard de phase attribuable au circuit de retard du premier ordre est éliminé, et il devient possible de détecter l'amplitude et la phase du signal de courant alternatif d'une manière instantanée, sans utiliser un circuit de dérivation.

En outre, l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif de l'invention est destiné à fournir les composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif fourni par le moyen de conversion à un moyen de détection de la différence d'amplitude-phase après qu'ils ont traversé un filtre passe-bas. Par conséquent, il devient possible pour l'appareil d'être insensible aux harmoniques présentes dans le signal de courant alternatif.

Brève description des dessins

La fig. 1 est un schéma de fonctionnement d'un appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif;

la fig. 2 est un diagramme expliquant la transformation en coordonnées polaires;

les figs. 16 à 22 sont des schémas de fonctionnement représentant des formes d'exécution de l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif selon cette invention et

la fig. 23 est un schéma de fonctionnement représentant l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif traditionnel.

Description des formes d'exécution préférées

Les formes d'exécution préférées de cette invention seront expliquées en détail en se reportant aux dessins.

La fig. 1 montre l'agencement de l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase d'un signal de courant alternatif, où les éléments identiques à ceux de l'appareil traditionnel représenté sur la fig. 23 sont désignés par les mêmes symboles et leur explication ne sera pas répétée.

Le chiffre de référence 13 indique un moyen de scission de signal qui scinde le signal de tension (tension du courant alternatif) v détecté par le détecteur de tension du courant alternatif 4 (moyen de détection de la tension du courant alternatif) en deux signaux de tension a et b, qui ont la fréquence du signal v et qui sont déphasés mutuellement de 90°, 14 est un circuit de calcul qui a une certaine carac-

téristique de phase Φ (et une caractéristique de gain égale à l'unité, c'est-à-dire 0 dB) à la fréquence du signal de tension détecté v et qui calcule un signal de tension ayant un décalage de phase égal à la valeur de la caractéristique de phase Φ, 15 est un amplificateur (premier circuit amplificateur) qui multiplie le signal de tension détecté v par cos Φ, 16 est un soustracteur qui soustrait la sortie du circuit de calcul 14 de la sortie de l'amplificateur 15, et 17 est un amplificateur qui multiplie la sortie du soustracteur 16 par l'inverse de sin Φ. La combinaison du soustracteur 16 et de l'amplificateur 17 constitue un second circuit amplificateur.

Un moyen de détection de l'amplitude/de la phase indiqué par 18 effectue la transformation en coordonnées polaires des signaux scindés a et b, pour détecter ainsi l'amplitude V et la phase θ du signal de tension v, 19 est un multiplieur qui élève au carré le signal de tension a, 20 est un multiplieur qui élève au carré le signal de tension b, 21 est un additionneur qui additionne les sorties des multiplieurs 19 et 20, 22 est un circuit de calcul de racine carrée, qui calcule la racine carrée de la sortie de l'additionneur 21, 23 est un diviseur qui divise le signal de tension a par la sortie du circuit de calcul de la racine carrée 22, 24 est un circuit de calcul de l'arc cosinus qui calcule l'arc cosinus (dans la plage de 0°–180°) de la sortie du diviseur 23, 25 est un circuit de calcul de la polarité qui produit un «1» en réponse à un signal de tension b positive ou un «–1» pour un signal de tension b négative, et 26 est un multiplieur qui multiplie la sortie du circuit de calcul de la polarité 25 par la sortie du circuit de calcul de l'arc cosinus 24, pour évaluer ainsi la phase Φ du signal de tension v dans la plage de –180° à 180°.

Le détecteur de tension de courant alternatif 4 détecte la tension du courant alternatif du système objet 1 et produit un signal de tension v qui est proportionnel à la tension du courant alternatif de la même manière que dans l'appareil traditionnel. Le moyen de scission de signal 13 scinde comme suit le signal de tension v reçu en deux signaux de tension a et b qui ont la fréquence du signal de tension v et qui sont déphasés mutuellement de 90°.

Pour un signal de tension v exprimé par V cos θ il est utilisé tel quel comme signal de tension a et le circuit de calcul 14 calcule un autre signal de tension v ayant sa phase décalée par la valeur de la caractéristique de phase Φ, comme suit.

Signal de tension v original:

$$v = V \cos \theta \quad \ldots\ldots(1)$$

Signal de tension v calculé

$$v = V \cos(\theta + \Phi)$$
$$= V (\cos \theta \cos \Phi - \sin \theta \sin \Phi) \ldots\ldots(2)$$

Le fonctionnement de l'amplificateur 15 est basé sur un facteur de multiplication de cos Φ, qui multiplie le signal de tension v par cos Φ comme suit.

Sortie de l'amplificateur 15

$$= V \cos \theta \cos \Phi \quad \ldots\ldots(3)$$

Après que le soustracteur 16 a soustrait la sortie du circuit de calcul 14 de la sortie de l'amplificateur 15, l'amplificateur 17 multiplie le résultat de la soustraction par l'inverse de sin Φ, pour produire le signal de tension b comme suit.

Sortie du soustracteur 16

$$= V \sin \theta \sin \Phi \quad \ldots\ldots(4)$$
$$b = V \sin \theta \sin \Phi / \sin \Phi$$
$$= V \sin \theta \quad \ldots\ldots(5)$$

Dans ces conditions, le moyen de scission de signal 13 produit les signaux de tension a = V cos θ et b = V sin θ qui sont dérivés du signal de tension v original et qui sont déphasés mutuellement de 90°. Comme le moyen de scission de signal 13 produit les signaux de tension a et b par calcul, au lieu d'utiliser un circuit de retard du premier ordre et un filtre passe-bas employés dans l'appareil traditionnel, les signaux de tension a et b n'ont pas de retard de phase.

Ensuite, le moyen de détection de l'amplitude/de la phase 18 effectue la transformation en coordonnées polaires des signaux de tension résultants a et b, pour détecter l'amplitude V et la phase θ du signal de tension v, comme suit (voir également la fig. 2).

Les signaux de tension a et b sont élevés au carré par les multiplieurs respectifs 19 et 20 et l'additionneur 21 additionne les sorties des multiplieurs comme suit.

Sortie de l'additionneur 21

$$= V^2 \cos^2 \theta + V^2 \sin^2 \theta \quad \ldots\ldots(6)$$

Le circuit de calcul de la racine carrée 22 calcule la racine carrée de la sortie de l'additionneur 21 et sa sortie (magnitude des coordonnés polaires) représente l'amplitude V du signal de courant alternatif comme suit.

Sortie du circuit de calcul de la racine carrée 22

$$= (V^2 \cos^2 \theta + V^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$$
$$= \{V^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)\}^{1/2}$$
$$= V \quad \ldots\ldots(7)$$

Le diviseur 23 divise le signal de tension a par la sortie du circuit de calcul de la racine carrée 22 et le circuit de calcul de l'arc cosinus 24 calcule le $\cos^{-1}$ de la sortie du diviseur 23 comme suit.

Sortie du diviseur 23

$$= V \cos \theta / V$$
$$= \cos \theta \quad \ldots\ldots(8)$$

Sortie du circuit de calcul de l'arc cosinus 24

$$= \theta \quad \ldots\ldots(9)$$

où $0° < \theta < 180°$

Finalement, le multiplieur 26 multiplie la sortie du circuit de calcul de l'arc cosinus 24 par la sortie du circuit de calcul de polarité 25 (la valeur est de «1» pour un signal de tension b positive ou de «–1» pour un signal de tension b négative) et la sortie du multiplieur représente la phase θ de la tension du courant alternatif, dans la plage de –180° à 180°.

Cette forme d'exécution permet d'obtenir par calcul les deux signaux de tension a et b avec une différence de phase de 90° et l'amplitude V et la phase θ de la tension du courant alternatif peuvent être détectées sans un retard de phase. Par conséquent, le dispositif électrique dans le système objet peut avoir une efficacité accrue pour la commande ou la protection, sur la base de l'amplitude et la phase détectées de la tension du courant alternatif.

La fig. 16 montre l'agencement de l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase basé sur cette forme d'exécution. Sur la figure, le circuit de dérivation (moyen de dérivation) indiqué par 90 calcule la dérivée du signal de tension v qui est détectée par le détecteur de tension du courant alternatif 4, 91 est un calculateur de fonction trigonométrique qui calcule le cosinus et le sinus de la phase de référence θ_2 du signal de tension v, 92 est un calculateur de produit-somme (moyen de conversion) qui effectue la transformation rotationnelle des sorties du détecteur de tension du courant alternatif 4 et du circuit de dérivation 90, sur la base de la sortie du calculateur de fonction trigonométrique 91, pour convertir ainsi les sorties du détecteur de tension 4 et du circuit de dérivation 90 en composants cosinus et sinus de l'onde du signal de tension v, 93 est un multiplieur qui multiplie le composant cosinus de l'onde par le signal de tension v, 94 est un multiplieur qui multiplie le signal de tension v par le composant sinus de l'onde, 95 est un multiplieur qui multiplie le signal de tension v_2 par le composant cosinus de l'onde, 96 est un multiplieur qui multiplie le signal de tension v_2 par le composant sinus de l'onde, 97 est un soustracteur qui soustrait la sortie du multiplieur 96 de la sortie du multiplieur 93 et 98 est un additionneur qui additionne les sorties des multiplieurs 94 et 95 et produit une sortie inversée.

Un moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase indiqué par 99 effectue la transformation en coordonnées polaires du composant cosinus a de l'onde et du composant sinus b de l'onde du signal de tension v fournis par le calculateur 92, pour détecter ainsi l'amplitude V du signal de tension v et il effectue également la détection de la différence de phase θ–θ_2 entre la phase θ du signal v et la phase de référence θ_2, et 100 est un détecteur d'amplitude dans le moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase 99, constitué de multiplieurs 19 et 20, de l'additionneur 21 et du circuit de calcul de la racine carrée 22 (voir fig. 1).

Un détecteur de différence de phase indiqué par 101 dans le moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase 99 est constitué d'un diviseur 23, d'un circuit de calcul de l'arc cosinus 24, d'un circuit de calcul de la polarité 25 et d'un multiplieur 26 (voir fig. 1) et 102 est un additionneur (moyen de

sommation) qui ajoute la phase de référence θ_2 à la différence de phase $\theta-\theta_2$ détectée par le détecteur de différence de phase 101.

Le détecteur de tension du courant alternatif 4 détecte le signal de tension v et le circuit de dérivation 90 calcule la dérivée du signal v pour produire un signal de tension v_2 qui est déphasé par rapport au signal v de 90°. En particulier, pour le signal de tension $v = V \cos \theta$, on obtient un signal de tension $v_2 = -\sin \theta$. Le calculateur de fonction trigonométrique 91 calcule le $\cos \theta_2$ et le $\sin \theta_2$ pour la phase de référence θ_2 du signal de tension v. La phase de référence θ_2 est la phase de la fréquence normale du système objet 1 (généralement 50 Hz ou 60 Hz) et elle est donc inhérente au système.

Le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle des signaux de tension v et v_2 sur la base de $\cos \theta_2$ et de $\sin \theta_2$, pour convertir les signaux de tension v et v_2 en composant cosinus a de l'onde et en composant sinus b de l'onde du signal de tension v. Dans ce cas, le calculateur 92 retarde les phases des signaux v et v_2 par la valeur de la phase de référence θ_2, par la transformation rotationnelle afin que le moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase 99 de l'étape suivante puisse détecter la différence de phase $\theta-\theta_2$ entre la phase θ du signal de tension v et la phase de référence θ_2.

La transformation rotationnelle effectuée par le calculateur 92 est exprimée par les formules qui suivent.

Sortie a du soustracteur 97

$$= V \cos \theta \cos \theta_2 + V \sin \theta \sin \theta_2$$
$$= V \cos (\theta - \theta_2) \quad \ldots\ldots (19)$$

Sortie b de l'additionneur 98

$$= V \cos (\theta - \Phi) \sin \Phi + V \sin (\theta - \Phi) \cos \Phi$$
$$= V \sin (\theta - \theta_2) \quad \ldots\ldots (20)$$

Le moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase 99 effectue la transformation en coordonnées polaires des signaux de tension a et b fournis par le calculateur 92, pour détecter ainsi l'amplitude V du signal de tension v et pour détecter la différence de phase $\theta-\theta_2$ (pour une explication détaillée de l'opération, voir la forme d'exécution 1). L'additionneur 102 ajoute la phase de référence θ_2 à la différence $\theta-\theta_2$ fournie par le détecteur de différence de phase 101, pour évaluer ainsi la phase θ du signal de tension v.

Par conséquent, cette forme d'exécution est capable de détecter l'amplitude V et la phase θ du signal de tension v sans un retard de phase.

La forme d'exécution selon la fig. 17, qui est dérivée de la forme d'exécution selon la fig. 16 dans laquelle le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle des sorties du détecteur de tension du courant alternatif 4 et du circuit de dérivation 90, utilise un filtre (circuit de retard du premier ordre) 103 qui reçoit le signal de tension v du détecteur 4 et un filtre d'avance de phase (circuit d'avance du premier ordre) 104 qui produit un signal de tension qui avance la phase de la sortie du filtre 103 par 90°, comme représenté sur la fig. 17, à la place du circuit de dérivation 90 de la forme d'exécution selon la fig. 16. Le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle des sorties des filtres 103 et 104, et on atteint la même efficacité que dans la forme d'exécution selon la fig. 16.

Le filtre de retard de phase 103 et le filtre d'avance de phase 104 ont des fonctions de transfert $G_1(s)$ et $G_2(s)$ s'écrivant par exemple comme suit.

$$G_1(s) = Ka/(sT+1) \quad \ldots\ldots (21)$$

dans laquelle $Ka = \{1+(\omega_0 T)^2\}^{1/2}$

$$G_2(s) = KbsT/(sT+1) \quad \ldots\ldots (22)$$

dans laquelle $Kb = \{1+(\omega_0 T)^2\}^{1/2}/\omega_0 T$

Comme $G_1(s)/G_2(s)$ est égal à sT, les sorties du filtre de retard de phase 103 et du filtre d'avance de phase 104 ont une différence de phase de 90°. Dans ces conditions, en amenant les sorties des filtres 103 et 104 au calculateur produit-somme 92, il devient possible de détecter l'amplitude V et la phase θ du signal de tension v sans retard de phase, comme dans le cas de la forme d'exécution selon la fig. 16.

Cette forme d'exécution ne nécessite pas un circuit de dérivation et par conséquent, elle est insensible au bruit.

La forme d'exécution selon la fig. 18, qui est dérivée de la forme d'exécution selon la fig. 16 où le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle des sorties du détecteur de tension du courant alternatif 4 et du circuit de dérivation 90, utilise un filtre de retard de phase 103 qui reçoit le signal de tension v du détecteur de tension 4 et un moyen de génération de différence de phase 105 qui soustrait la sortie du filtre 103 du signal de tension v détecté et multiplie le résultat de la soustraction et le signal de tension v respectivement par les valeurs prescrites Ka et Kb, comme représenté sur la fig. 18, à la place du circuit de dérivation 90 de la forme d'exécution selon la fig. 16. Le moyen générateur de différence de phase 105 consiste en un multiplieur 106 ayant un facteur de multiplication Ka et un autre multiplieur 107 ayant un facteur de multiplication Kb.

Le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle de la sortie du moyen de génération de différence de phase 105, et on atteint la même efficacité que dans la forme d'exécution selon la fig. 16. La raison pour laquelle on atteint la même efficacité que dans la forme d'exécution selon la fig. 16 par cet agencement de circuit est que la formule (22) représentant la fonction de transfert $G_2(s)$ du circuit d'avance de phase 104 peut être transformée comme suit.

$$G_2(s) = Kb\ sT/(sT+1)$$
$$= 1 - 1/(sT+1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (23)$$

dans laquelle $Kb = \{1+(\omega_0 T)^2\}^{1/2}/\omega_0 T$

La forme d'exécution selon la fig. 19, qui est dérivée de la forme d'exécution dans laquelle le calculateur produit-somme 92 effectue la transformation rotationnelle des sorties du détecteur de tension du courant alternatif 4 et du circuit de dérivation 90, utilise un circuit d'avance de phase 108 qui reçoit le signal de tension v du détecteur de tension 4 et produit un signal de tension a qui est en avance par rapport au signal v par 90°, comme représenté sur la fig. 19, à la place du circuit de dérivation 90 de la forme d'exécution selon la fig. 16. Le circuit d'avance de phase 108 est constitué par le circuit de calcul 14, l'amplificateur 15, le soustracteur 16 et l'amplificateur 17 utilisés dans le circuit de scission de signal 13 de la forme d'exécution 1 (voir fig. 1).

La fig. 20 montre une variante dérivée de la forme d'exécution selon la fig. 19 dans laquelle 109 et 110 indiquent des amplificateurs utilisés pour multiplier le facteur de multiplication cos Φ/sin Φ, 111 et 112 sont des amplificateurs utilisés pour multiplier une valeur par le facteur de multiplication $|G(j\omega_0)|\sin \Phi$ et 113 et 114 sont des additionneurs-soustracteurs.

La fig. 21 montre l'agencement de l'appareil de détection de l'amplitude et de la phase basé sur cette forme d'exécution. Sur la figure, on indique par 115 un moyen de conversion qui multiplie le signal de tension v détecté par le détecteur de tension 4 par le cosinus et le sinus de la phase de référence θ_2, fournit les résultats de la multiplication aux filtres passe-bas 118 et 119, soustrait les sorties filtrées des résultats respectifs de la multiplication et calcule le composant cosinus a de l'onde et le composant sinus b de l'onde du signal de tension v, sur la base des résultats de soustraction et des sorties des filtres.

On a indiqué par 116 un multiplieur qui multiplie le cosinus de la phase de référence θ_2 par le signal de tension v détecté, 117 est un multiplieur qui multiplie le sinus de la phase de référence θ_2 par le signal v, 118 et 119 sont des filtres passe-bas (circuits de retard du premier ordre), ayant chacun une fonction de transfert 1/sT, 120 est un soustracteur qui soustrait la sortie du filtre passe-bas 118 de la sortie du multiplieur 116, 121 est un soustracteur qui soustrait la sortie du filtre passe-bas 119 de la sortie du multiplieur 117, 122 et 123 sont des amplificateurs qui doublent les sorties des filtres passe-bas respectifs 118 et 119, 124 et 125 sont des amplificateurs qui multiplient les sorties des multiplieurs respectifs 120 et 121 par $1/\omega T$, 126 est un soustracteur qui soustrait la sortie de l'amplificateur 125 de la sortie de l'amplificateur 122, et 127 est un additionneur qui additionne les sorties des amplificateurs 123 et 124 et produit une sortie inversée.

Cette forme d'exécution est similaire aux formes d'exécution des figures 17 à 19 en ce qu'elle scinde le signal de tension v en signaux a et b ayant une différence de phase de 90°, sans utiliser un circuit de dérivation et elle détecte la différence de phase entre la phase θ du signal v et la phase de référence θ_2 sur la base des signaux a et b. La forme d'exécution diffère des formes d'exécution précédentes uniquement par l'opération de scission du signal de tension v en signaux a et b, qui est effectuée par le moyen de conversion 115.

Le fonctionnement du moyen de conversion 115 s'effectue comme suit.

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2/(sT+1) & \{-1+1/(sT+1)\}/\omega T \\ \{-1+1/(sT+1)\}/\omega T & -2/(sT+1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 \end{bmatrix} v$$

$$= \begin{bmatrix} 2.\frac{(\cos\theta_2)v}{sT+1} - \frac{(\sin\theta_2)v}{\omega T} + \frac{1}{\omega T} \cdot \frac{(\sin\theta_2)v}{sT+1} \\ -\frac{(\cos\theta_2)v}{\omega T} + \frac{1}{\omega T}\frac{(\cos\theta_2)v}{sT+1} - 2.\frac{(\sin\theta_2)v}{sT+1} \end{bmatrix} \quad \text{.....(24)}$$

En remplaçant v par V cos θ et en réarrangeant la formula (24), on obtient le résultat qui suit:

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.\frac{\cos\theta_2}{sT+1} \cdot v\cos\theta - \frac{\sin\theta_2}{\omega T} \cdot v\cos\theta + \frac{1}{\omega T} \cdot \frac{\sin\theta_2}{sT+1} \cdot v\cos\theta \\ \frac{\cos\theta_2}{\omega T} \cdot v\cos\theta + \frac{1}{\omega T} \cdot \frac{\cos\theta_2}{sT+1} \cdot v\cos\theta - 2 \cdot \frac{\sin\theta_2}{sT+1} \cdot v\cos\theta \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} v\cos(\theta-\theta_2) \\ v\sin(\theta-\theta_2) \end{bmatrix} \quad \text{.....(25)}$$

La formule (25) montre que le signal de tension v peut être converti en deux signaux de tension a et b qui sont mutuellement déphasés de 90° par le moyen de conversion 115. Dans ces conditions, l'amplitude V et la phase θ du signal de tension v peuvent être détectées sur la base des signaux a et b, comme dans les formes d'exécution des fig. 16 à 19.

La forme d'exécution selon la fig. 22 qui est dérivée de la forme d'exécution selon la fig. 16 dans laquelle le moyen de détection de l'amplitude/de la différence de phase 99 effectue la transformation en coordonnés polaires des signaux de tension a et b fournis par le calculateur produit-somme 92, utilise des filtres passe-bas 118 et 119 qui reçoivent les signaux de tension a et b, leurs sorties étant soumises à la transformation en coordonnées polaires.

Cette forme d'exécution est capable d'éliminer les harmoniques présentes dans les signaux a et b, sans imposition d'un retard de phase, parce que les signaux a et b produits par le calculateur produit-somme 92 sont des signaux en courant continu.

Revendications

1. Appareil pour détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif dans un système objet, ledit appareil comprenant:

un moyen de détection de signal de courant alternatif pour détecter le signal de courant alternatif dudit système objet;

un moyen de dérivation pour calculer la dérivée du signal de courant alternatif détecté;

un moyen de conversion pour convertir les sorties desdits moyen de détection de signal et moyen de dérivation en composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif par la transformation rotationnelle sur la base d'une phase de référence du signal de courant alternatif;

un moyen de détection de l'amplitude et de la différence de phase qui effectue la transformation en coordonnées polaires des composants convertis cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif, pour détecter ainsi l'amplitude du signal de courant alternatif et qui détecte la différence de phase entre la phase du signal de courant alternatif et la phase de référence; et

un moyen additionneur pour ajouter la phase de référence à la différence de phase détectée.

2. Appareil pour détecter l'amplitude et la phase d'un signal de courant alternatif dans un système objet, ledit appareil comprenant:

un moyen de détection de signal de courant alternatif pour détecter le signal de courant alternatif dudit système objet;

un moyen de conversion qui multiplie le cosinus et le sinus d'une phase de référence du signal de courant alternatif par le signal de courant alternatif détecté, fournit les résultats de la multiplication à un circuit de retard du premier ordre et calcule les composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif sur la base des résultats de la multiplication diminués de la sortie dudit circuit de retard du premier ordre et sur la base de la sortie dudit circuit de retard du premier ordre;

un moyen de détection de l'amplitude et de la différence de phase qui effectue la transformation en coordonnées polaires des composants calculés cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif pour détecter ainsi l'amplitude du signal de courant alternatif et qui détecte la différence de phase entre le signal de courant alternatif et la phase de référence; et

un moyen additionneur pour ajouter la phase de référence à la différence de phase détectée.

3. Appareil de détection de l'amplitude et de la phase selon l'une des revendications 1 et 2, comprenant en outre un filtre passe-bas pour éliminer des harmoniques présentes dans les composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif, lesdits composants cosinus et sinus de l'onde du signal de courant alternatif produits par ledit moyen de conversion étant traités par ledit filtre passe-bas avant d'être fournis audit moyen de détection de l'amplitude et de la phase.

FIG.1

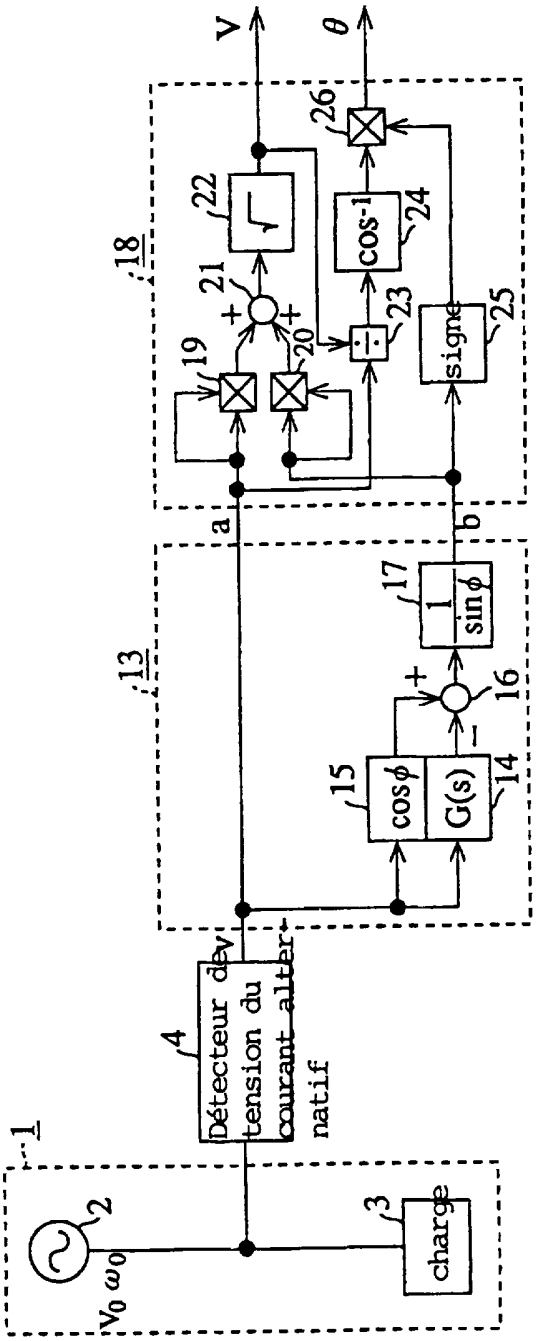

1
2
V_0 ω_0
3
charge
4
Détecteur de tension du courant alternatif
V
13
15
cosϕ
G(s)
14
16
17
$\frac{1}{\sin\phi}$
a
b
18
19
20
21
22
23
24
cos-1
25
signe
26
V
θ

FIG.2

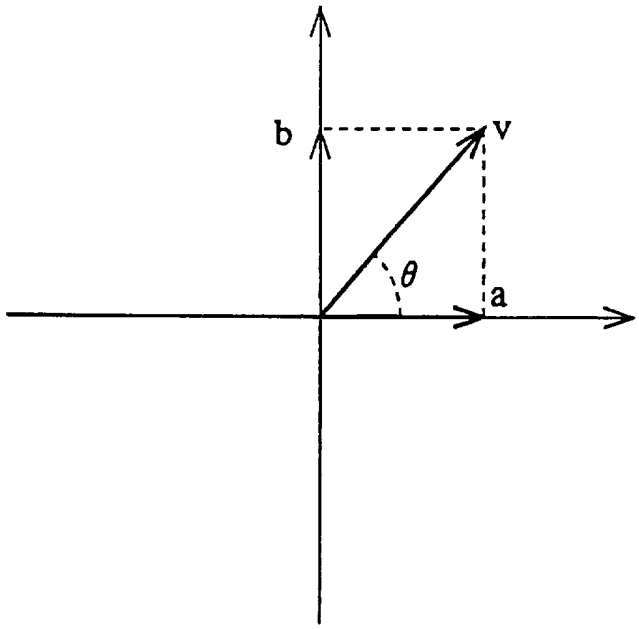


FIG.16

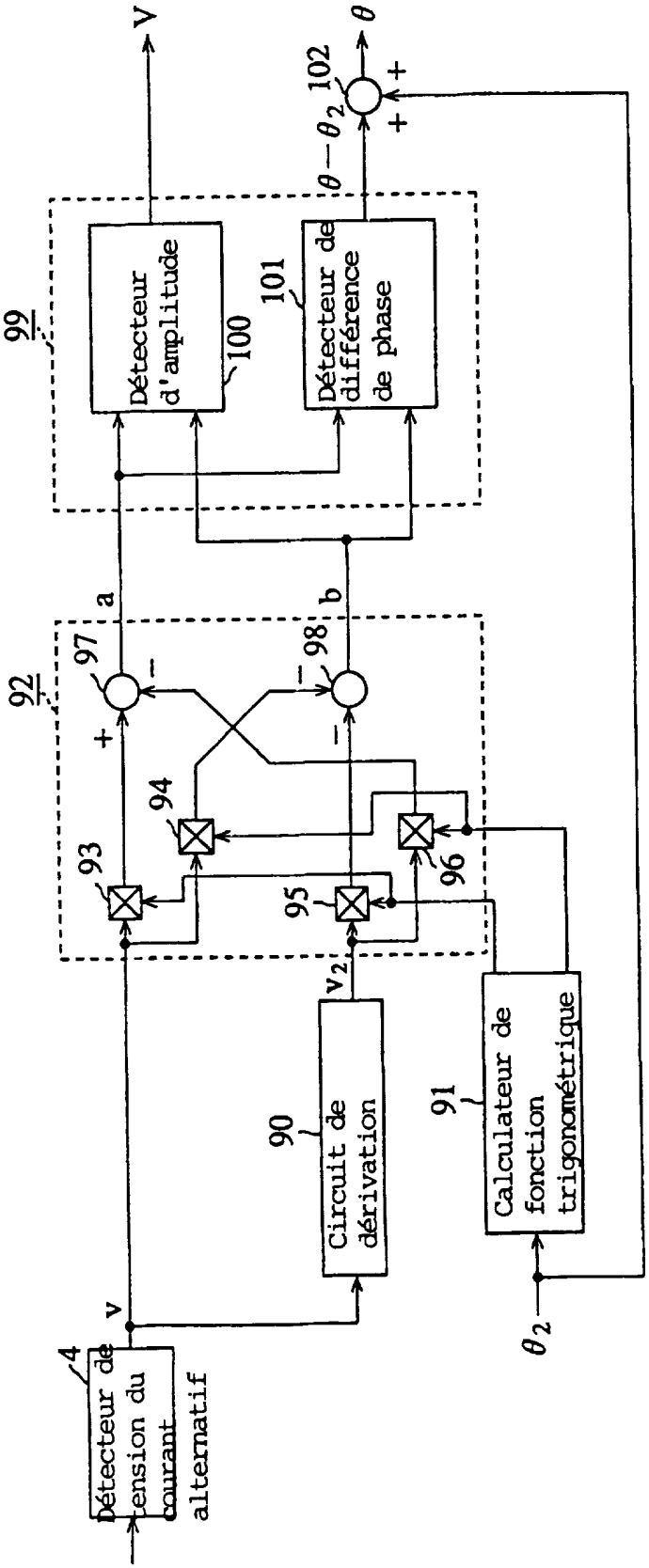

V
θ
102
θ − θ2
+
+
99
Détecteur d'amplitude
100
101
Détecteur de différence de phase
a
b
97
98
92
+
−
−
94
93
96
95
v2
90
Circuit de dérivation
91
Calculateur de fonction trigonométrique
v
4
Détecteur de tension du courant alternatif
θ2

FIG.17

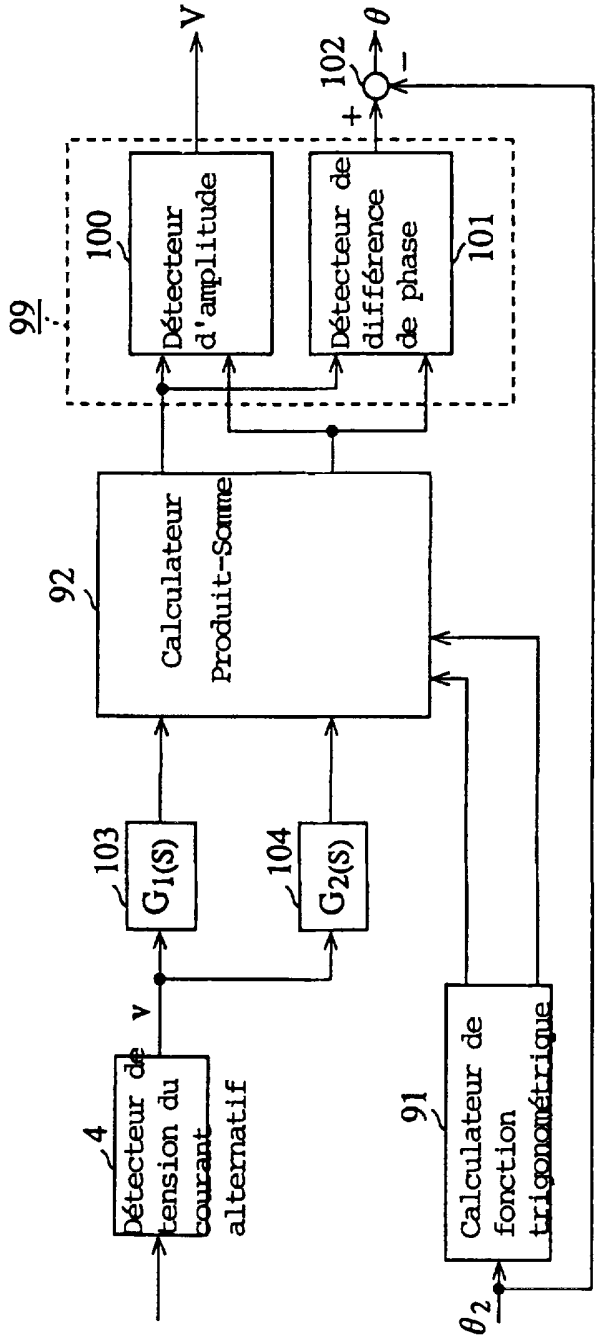

V
θ
102
+
−
99
100
Détecteur d'amplitude
Détecteur de différence de phase
101
92
Calculateur Produit-Somme
103
G1(S)
104
G2(S)
v
4
Détecteur de tension du courant alternatif
91
Calculateur de fonction trigonométrique
θ2

FIG.18

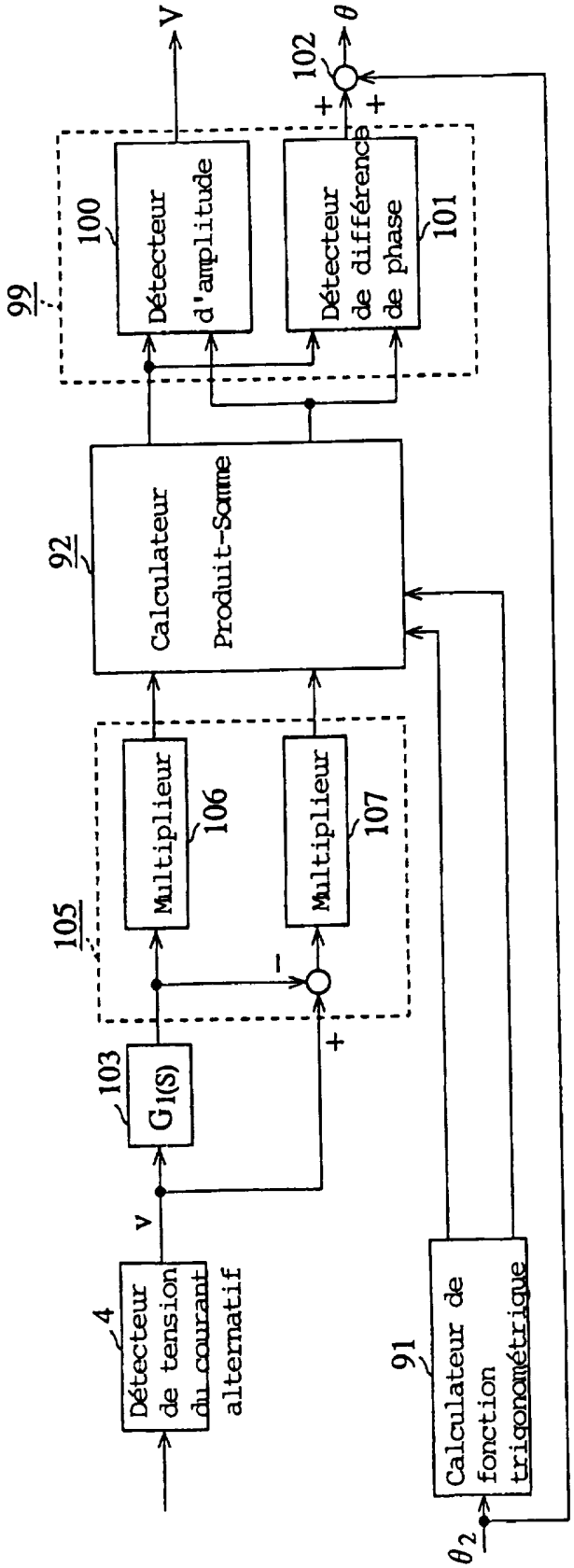

V
θ
102
+
+
99
100
Détecteur d'amplitude
Détecteur de différence de phase
101
92
Calculateur Produit-Somme
105
Multiplieur
106
Multiplieur
107
-
+
103
G1(S)
v
4
Détecteur de tension du courant alternatif
91
Calculateur de fonction trigonométrique
θ2

FIG.19

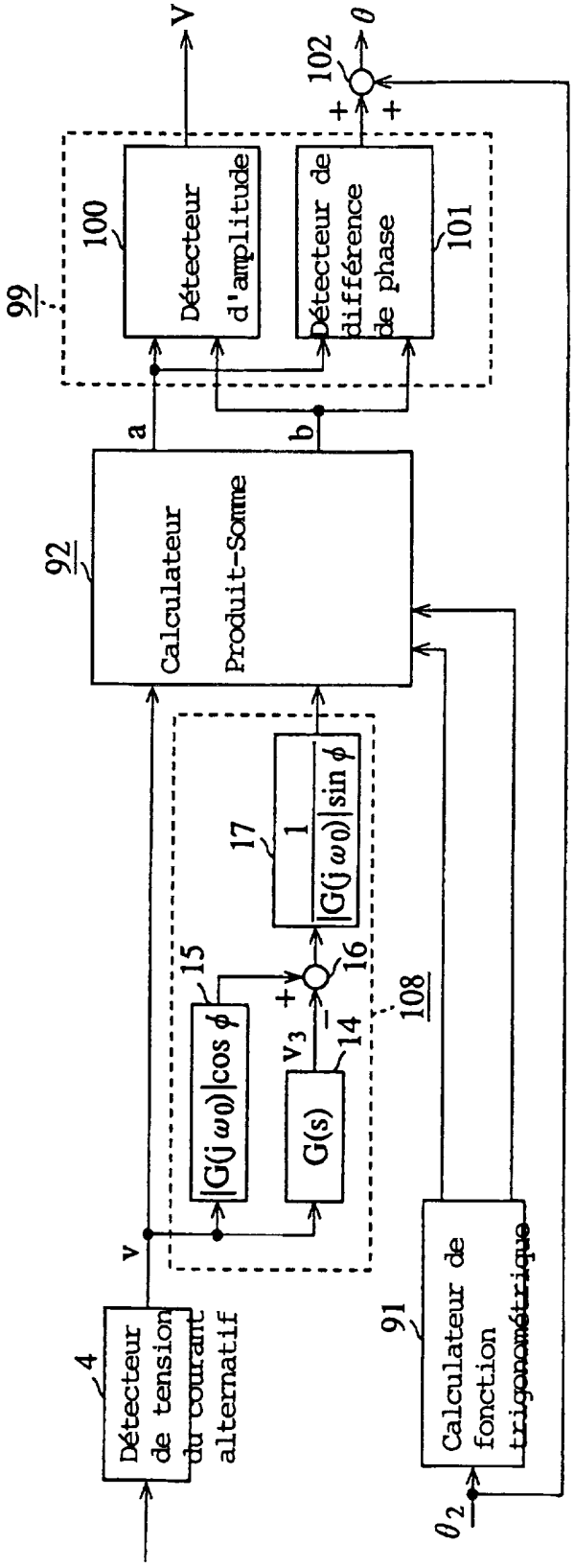

Détecteur de tension du courant alternatif
4
v
|G(j ω0)|cos φ
15
G(s)
14
v3
+
−
16
17
1 / |G(j ω0)|sin φ
108
Calculateur Produit-Somme
92
a
b
99
Détecteur d'amplitude
100
Détecteur de différence de phase
101
V
θ
102
+
+
Calculateur de fonction trigonométrique
91
θ2

FIG.20

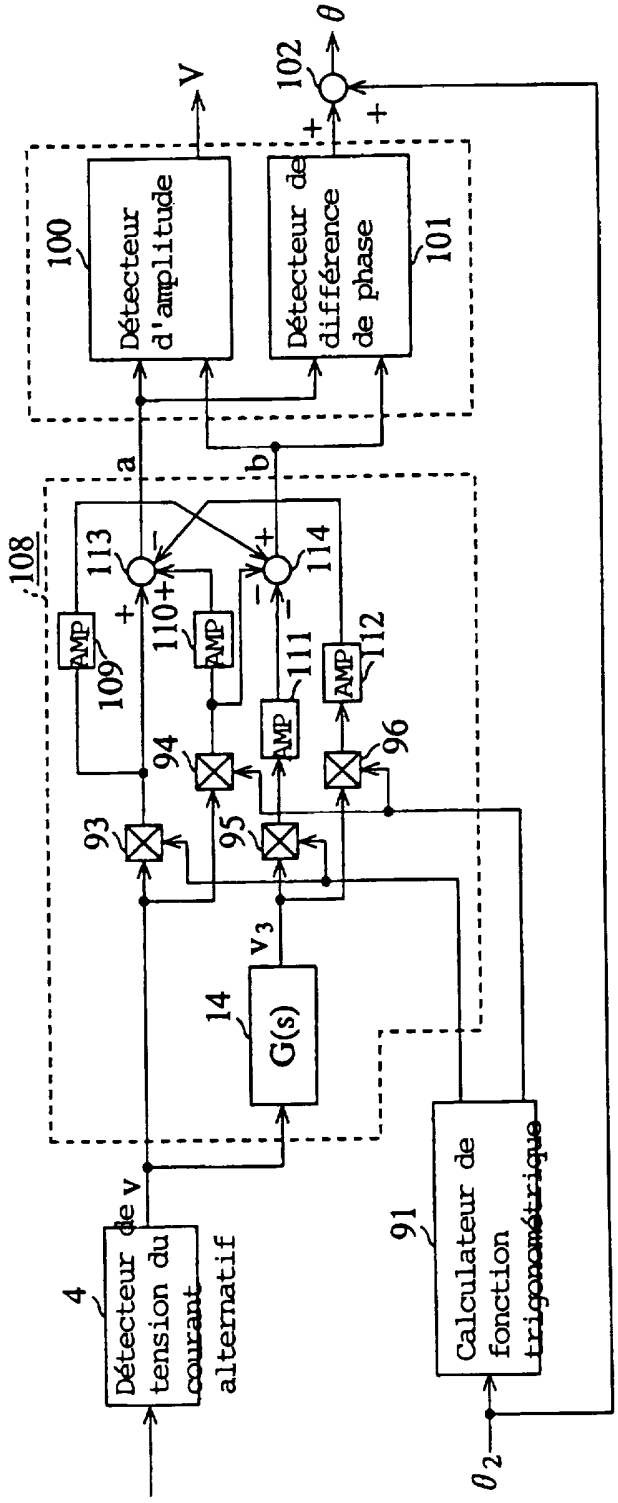

θ
V
102
+
+
100
Détecteur d'amplitude
Détecteur de différence de phase
101
a
b
108
113
114
110
111
112
AMP
109
94
96
93
95
v_3
14
G(s)
v
4
Détecteur de tension du courant alternatif
91
Calculateur de fonction trigonométrique
θ_2

FIG.21

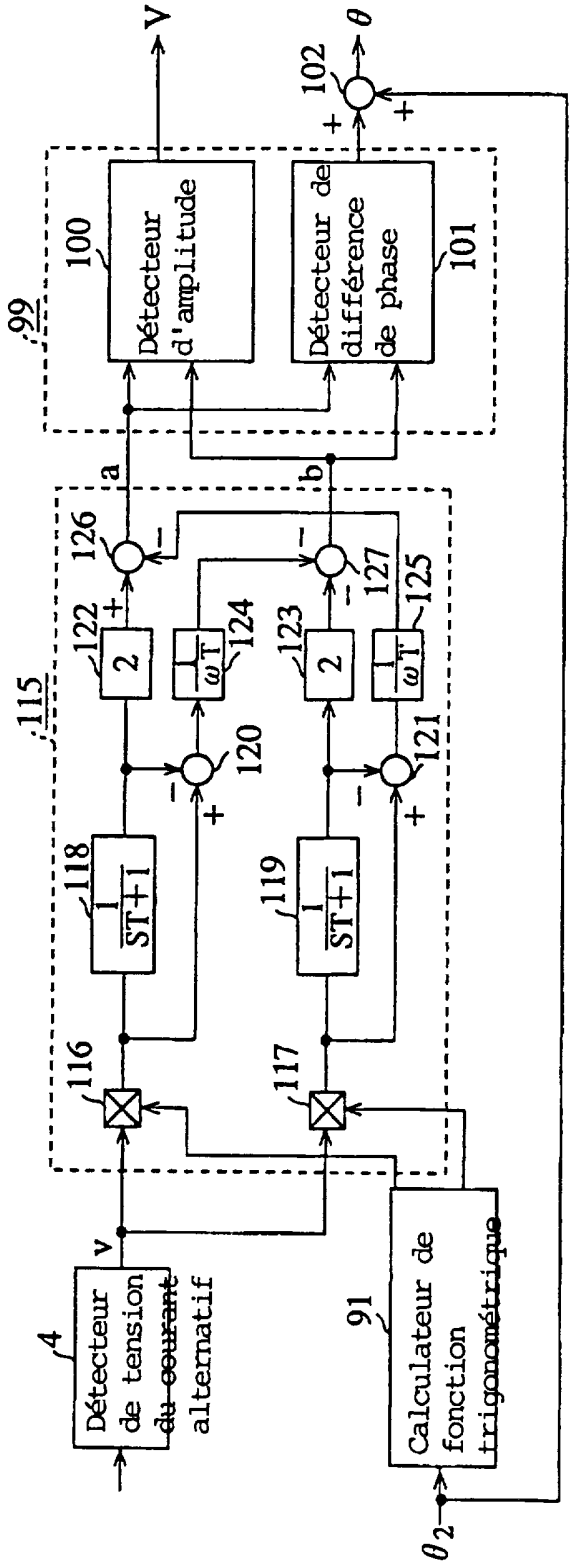

Détecteur de tension du courant alternatif
4
v
Calculateur de fonction trigonométrique
91
θ_2
116
117
118
119
$\frac{1}{ST+1}$
120
121
122
123
124
125
126
127
2
$\frac{1}{\omega T}$
115
a
b
99
Détecteur d'amplitude
100
Détecteur de différence de phase
101
V
θ
102

FIG.22

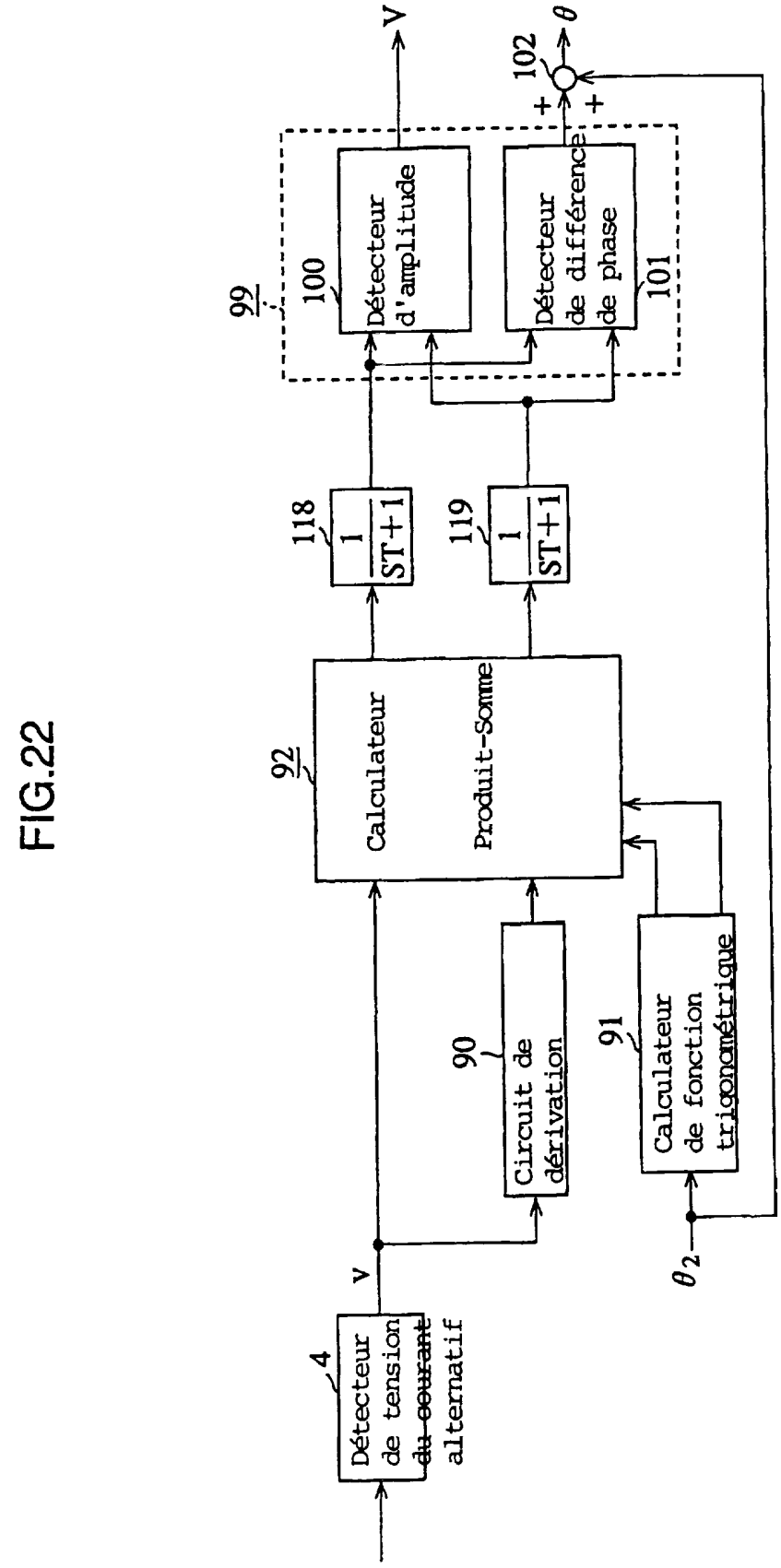
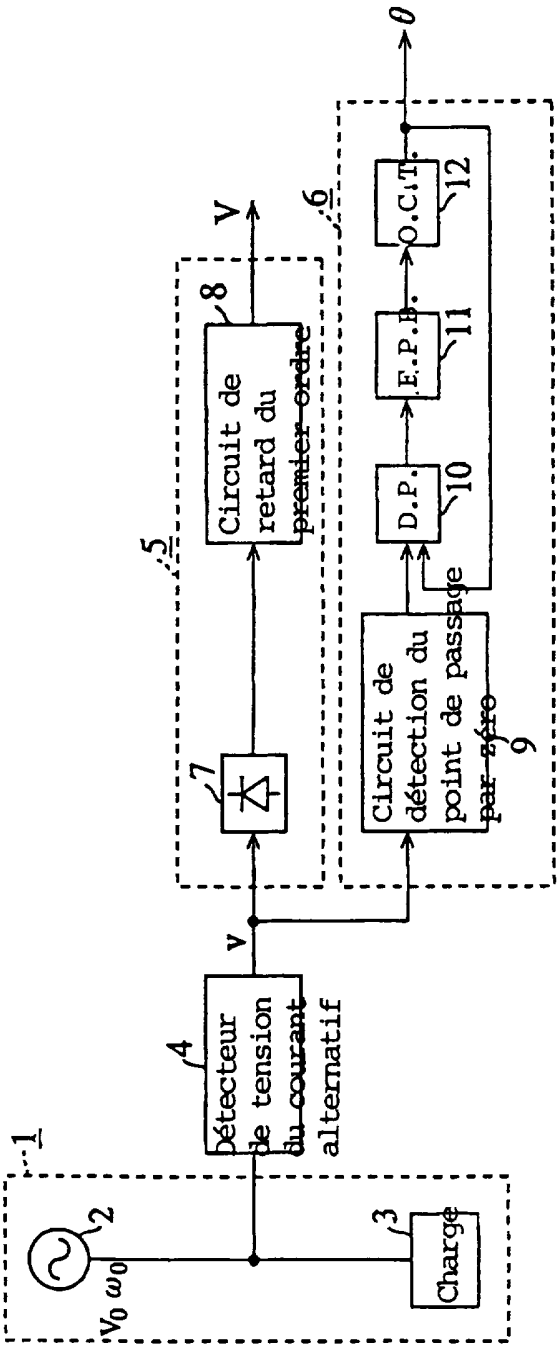

Détecteur de tension du courant alternatif
4
v
Circuit de dérivation
90
Calculateur de fonction trigonométrique
91
θ2
Calculateur
Produit-Somme
92
1/(ST+1)
118
1/(ST+1)
119
99
Détecteur d'amplitude
100
Détecteur de différence de phase
101
V
102
θ
+
+

FIG.23


1
2
V_0 ω_0
3
Charge
4
Détecteur de tension ou courant alternatif
v
5
7
8
Circuit de retard du premier ordre
V
6
Circuit de détection du point de passage par zéro
9
D.P.
10
E.P.B.
11
O.C.T.
12
θ