



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

11 CH 694 388 A5

51 Int. Cl.⁷: H 02 P 009/44
H 02 P 013/06

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: 01438/00

22 Date de dépôt: 20.07.2000

30 Priorité: 14.01.2000 JP 2000-6993

24 Brevet délivré le: 15.12.2004

45 Fascicule du brevet
publié le: 15.12.2004

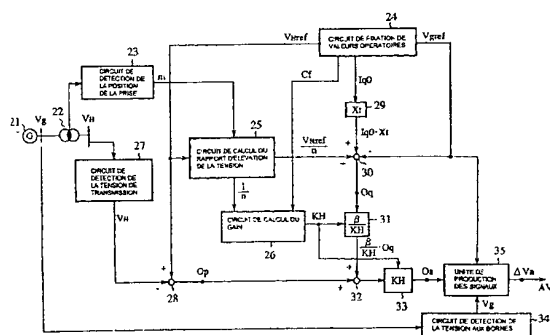
73 Titulaire(s):
MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA
2-3, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)

72 Inventeur(s):
Yuou Xia
c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha 2-3 Marunouchi
2-chome,
Chiyoda-ku Tokyo 100-8310 (CH)
Masaru Shimomura
c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha 2-3 Marunouchi
2-chome,
Chiyoda-ku Tokyo 100-8310 (JP)

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

54 Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone.

57 Une tension de transmission d'un système de transmission de puissance électrique dans une commande de la tension de transmission est dépendante du produit d'un facteur de baisse de tension et d'une différence entre un courant réactif d'un générateur synchrone et sa valeur de référence. Le facteur de baisse de tension est dépendant d'un gain et d'un rapport d'élévation de la tension d'un transformateur agencé entre le système de transmission de puissance électrique et le générateur synchrone. Le rapport d'élévation de la tension change avec la position de la prise du transformateur. La position de la prise du transformateur est constamment détectée pour réactualiser le rapport d'élévation de la tension, le gain est déterminé à partir du rapport d'élévation de la tension réactualisé pour maintenir le facteur de baisse de la tension à une valeur constante et la tension de transmission est régulée en utilisant le gain. Dans ces conditions, quand la position de la prise du transformateur est changée, le facteur de baisse de tension est maintenu à une valeur constante et la stabilité de la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.



Description

La présente invention concerne un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone utilisé pour améliorer la stabilité de la tension d'un système de transmission de puissance électrique.

La fig. 5 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil conventionnel de commande de l'excitation d'un générateur synchrone.

Sur la fig. 5, le chiffre de référence 1 indique un circuit de fixation de la tension de transmission pour fixer la tension de transmission d'un système de transmission de puissance électrique (non représenté) à une valeur de référence V_{Href} . La tension de transmission du système de transmission de puissance électrique correspond à la tension haute sur le côté haute tension d'un transformateur (non représenté) agencé entre un générateur synchrone (non représenté) et le système de transmission de puissance électrique. Le chiffre de référence 2 indique une unité de soustraction pour soustraire une tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique de la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission, fixée dans le circuit 1 de fixation de la tension de transmission, le chiffre de référence 3 indique un circuit de détection de la position de la prise pour détecter la position de la prise du transformateur et le chiffre de référence 4 indique un circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour calculer la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension du transformateur, à partir de la position de la prise du transformateur, détectée dans le circuit 3 de détection de la position de la prise et pour multiplier la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H par l'inverse $1/n$ du rapport n d'élévation de la tension.

Le chiffre de référence 5 indique un circuit de fixation du courant réactif pour fixer la valeur de référence pour un courant réactif I_q du générateur synchrone à une valeur I_{q0} , le chiffre de référence 6 indique un multiplicateur pour multiplier la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q , fixée dans le circuit 5 de fixation du courant réactif, par une valeur de réactance nominale X_t du transformateur, le chiffre de référence 7 indique une unité d'addition et de soustraction pour ajouter ensemble le résultat de la multiplication V_{Href}/n du circuit 4 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat de la multiplication $I_{q0} * X_t$ du multiplicateur 6 et pour soustraire une valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone du résultat de l'addition $V_{Href}/n + I_{q0} * X_t$, le chiffre de référence 8 indique un multiplicateur pour multiplier le résultat de l'addition et de la soustraction $V_{Href}/n + I_{q0} * X_t - V_{gref}$ de l'unité d'addition et de soustraction 7 par le résultat de la division β/KH obtenu en divisant un coefficient β de réduction du gain par un gain KH d'une commande de la tension de transmission, le chiffre de référence 9 indique un additionneur pour ajouter le résultat de la soustraction $V_{Href} - V_H$ de l'unité de soustraction 2 au résultat de la multiplication $\beta/KH * (V_{Href}/n + I_{q0} * X_t - V_{gref})$ du multiplicateur 8, le chiffre de référence 10 indique un multiplicateur pour multiplier le résultat de l'addition $V_{Href} -$

$V_H + \beta/KH * (V_{Href}/n + I_{q0} * X_t - V_{gref})$ de l'additionneur 9 par le gain KH de la commande de la tension de transmission, le chiffre de référence 11 indique une unité produisant des signaux pour multiplier une déviation $(V_{gref} - V_g)$ qui est la différence entre la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone et la tension V_g aux bornes par le coefficient β de réduction du gain, pour obtenir le résultat de multiplication $\beta * (V_{gref} - V_g)$ et pour ajouter ce résultat de multiplication $\beta * (V_{gref} - V_g)$ au résultat de la multiplication $KH(V_{Href} - V_H) + \beta * (V_{Href}/n + I_{q0} * X_t - V_{gref})$ du multiplicateur 10, afin d'obtenir un résultat d'addition.

On décrit le fonctionnement d'un appareil conventionnel de commande de l'excitation ayant la configuration ci-dessus.

Dans l'exemple représenté sur la fig. 5, le résultat de l'addition de l'unité 11 produisant des signaux est fourni à l'unité de stabilisation automatique de tension AVR (non représentée) et la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est ajustée en fonction du résultat de l'addition pour faire en sorte que la tension de transmission V_H soit en accord avec la valeur de référence V_{Href} .

Quand une commande de la tension de transmission est effectué pour maintenir la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique à une valeur constante, la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (1).

$$V_H = V_{Href} - n * \beta * X_t / (\beta + n * KH) * (I_q - I_{q0}) \quad \text{--- (1)}$$

Ici, dans le circuit 5 de fixation du courant réactif, le courant réactif I_q du générateur synchrone est ajusté à la valeur de référence I_{q0} lorsque la tension de transmission V_H est en accord avec la valeur de référence V_{Href} .

Par conséquent, et comme cela ressort de l'équation (1), quand le générateur synchrone fonctionne dans des conditions où le courant réactif I_q du générateur synchrone est quasiment en accord avec la valeur de référence I_{q0} , la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut être maintenue à la valeur de référence V_{Href} ou à une valeur proche de la valeur de référence V_{Href} .

Par contre, quand la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est commandée pour avoir une valeur constante, la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (2).

$$V_H = n * V_{gref} - n * I_q * X_t \quad \text{--- (2)}$$

Ici, le terme n indique le rapport de changement de réactance du transformateur.

Comme cela ressort de la comparaison mutuelle des équations (1) et (2), dans la commande de la tension de transmission où la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est commandée pour avoir une valeur constante, la possibilité d'une diminution de la tension de transmission provoquée par un changement de réactance du transformateur est faible et l'influence néfaste du changement du courant réactif I_q est

basse, par comparaison avec une commande de la tension aux bornes où la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est commandée pour avoir une valeur constante. Par conséquent, la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut être stabilisée.

Egalement, dans une commande de la tension aux bornes où la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est commandée pour avoir une valeur constante, quand la tension du système de transmission de puissance électrique est abaissée, le courant réactif I_q du générateur synchrone est augmenté et la tension V_H sur le côté haute tension du transformateur est abaissée proportionnellement à la tension du système. Par contre, dans une commande de la tension de transmission où la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est commandée pour avoir une valeur constante, on peut prévenir un abaissement de la tension sur le côté haute tension du transformateur quand la tension du système de transmission de puissance électrique est abaissée, parce que l'abaissement de la réactance du transformateur est compensé par une augmentation de la tension V_g aux bornes du générateur synchrone.

Dans ces conditions, comme d'appareil conventionnel de commande de l'excitation du générateur synchrone est constitué comme décrit ci-dessus, la stabilité de la tension du système de transmission de puissance électrique peut être améliorée de manière effective.

Toutefois, quand la position de la prise du transformateur est changée, le rapport n d'élévation de la tension du transformateur et la valeur de la réactance du transformateur sont changés, et on a l'inconvénient que la tension de transmission V_H devient instable, parce que la tension de transmission V_H est commandée en utilisant le gain KH fixé à une valeur constante.

Plus particulièrement, on a les inconvénients suivants: Premier inconvénient:

En cas d'accident sur un câblage ou d'une augmentation brusque de la charge, la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est brusquement abaissée. Dans ce cas, il est nécessaire de fixer la tension V_g aux bornes du générateur synchrone à une valeur plus élevée pour maintenir la tension de transmission V_H .

Toutefois, quand la tension V_g aux bornes du générateur synchrone dépasse une limite supérieure, une fonction de commande automatique de la prise OLTC du transformateur est normalement mise en œuvre et le point de prise du transformateur passe à un point de prise pour une opération sous charge. Dans ces conditions, le rapport n d'élévation de la tension du transformateur est augmenté et la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est retournée à sa valeur nominale ou à une valeur proche de la valeur nominale.

Dans ce cas, quand la position de la prise du transformateur est changée, un facteur de baisse de tension dans la commande de la tension de transmission qui correspond au coefficient $n\beta X_t/\beta + nKH$ du second terme ($I_q - I_{q0}$) change, parce que le rapport n d'élévation de la tension du transforma-

teur et la valeur de la réactance du transformateur changent. Par conséquent, quand plusieurs générateurs synchrones sont connectés au même bus du système de transmission de puissance électrique par un transformateur et fonctionnent mutuellement en parallèle et quand une caractéristique de la tension de transmission de chaque générateur synchrone est changée, les courants réactifs I_q des générateurs synchrones sont déséquilibrés, parce que la tension de transmission V_H à commander est commune aux générateurs synchrones. Dans ces conditions, on a comme premier inconvénient qu'une instabilité de la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut facilement se produire. Second inconvénient:

On utilise souvent comme transformateurs à trois enroulements des transformateurs du type cuirassés et des transformateurs de type à noyau. Les caractéristiques d'un transformateur du type cuirassé sont similaires à celles d'un transformateur à enroulements en deux parties. En effet, comme le rapport n d'élévation de la tension, qui est dépendant de la position de la prise, change proportionnellement au rapport nr de changement de réactance du transformateur du type cuirassé, la relation entre la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique et la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est exprimée par l'équation (3).

$$V_H = n^*V_g - n^*X_t * I_q \quad \text{--- (3)}$$

Egalement, quand la commande de la tension de transmission est utilisée pour maintenir la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique à une valeur constante, la tension de transmission V_H est exprimée de la même manière que dans l'équation (1).

Toutefois, dans le cas d'un transformateur du type à noyau, comme le changement du rapport n d'élévation de la tension, qui dépend de la position de la prise, n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, la relation entre la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique et la tension V_g aux bornes du générateur synchrone est exprimée par l'équation (4).

$$V_H = n^*V_g - nr * X_t * I_q \quad \text{--- (4)}$$

Par conséquent, quand la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est commandée pour avoir une valeur constante, la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (5).

$$V_H = V_{Href} - \beta * X_t / (\beta + n^*KH) * (nr * I_q - nr * I_{q0}) \quad \text{--- (5)}$$

Dans cette équation (5) pour le transformateur du type à noyau, quand la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est en accord avec la valeur de référence V_{Href} , l'équation $I_q = (n / nr) * I_{q0}$ est satisfaite. En d'autres termes, même quand la tension de transmission V_H est commandée pour être en accord

avec sa valeur de référence V_{Href} , le générateur synchrone fonctionne dans des conditions où le courant réactif I_q du générateur synchrone dévie de manière indésirable de sa valeur de référence I_{q0} par une valeur $(n / nr - 1) * I_{q0}$, qui est dépendante du rapport (n/nr) .

Egalement, dans le cas où un transformateur du type à noyau, dont la prise est placée dans la position calculée, est connecté avec deux générateurs synchrones, et même si la réactance (ou le rapport nr de changement de réactance) du transformateur du type à noyau pour un générateur synchrone est en accord avec celle pour l'autre générateur synchrone, le rapport nr de changement de réactance du transformateur du type à noyau pour un générateur synchrone est augmenté ou diminué, inversement à la diminution ou à l'augmentation du rapport nr de changement de réactance du transformateur du type à noyau pour l'autre générateur synchrone, quand la position de la prise du transformateur du type à noyau est changée. Dans ce cas, les courants réactifs I_q des deux générateurs synchrones connectés avec le transformateur du type à noyau sont changés dans des directions mutuellement opposées, et les facteurs de baisse de tension pour les deux générateurs synchrones dans la commande de la tension de transmission sont changés dans des directions mutuellement opposées. Par conséquent, on a un second inconvénient, que la commande de la tension de transmission devient instable et que les courants réactifs I_q des deux générateurs synchrones sont déséquilibrés dans le cas d'un transformateur du type à noyau.

Un objectif de la présente invention est de fournir – en prenant en compte comme il se doit les inconvénients des appareils conventionnels de commande de l'excitation des générateurs synchrones – un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, permettant de maintenir la stabilité de la tension de transmission dans un système de transmission de puissance électrique, quand la position de la prise d'un transformateur connecté avec le générateur synchrone est changée.

Cet objectif est atteint en fournissant un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone: tel que décrit dans la revendication 1.

Un tel dispositif comprend notamment;

un moyen de détection de la position de la prise pour détecter la position de la prise d'un transformateur agencé entre un générateur synchrone et un système de transmission de puissance électrique; un moyen de calcul du gain pour calculer un gain d'une commande de la tension de transmission à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de la position de la prise, afin de maintenir le facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante; et un moyen de commande de la tension pour commander la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique en fonction du gain calculé par le moyen de calcul d'un gain et d'une valeur de consigne.

Comme cela est bien connu, la tension de trans-

mission d'un système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission dépend d'un terme composé du courant réactif du générateur synchrone et d'une valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone et un coefficient de ce terme est appelé facteur de baisse de tension, qui dépend de la position de la prise et du gain

Avec la configuration ci-dessus, le gain est calculé à partir de la position de la prise du transformateur, par le moyen de calcul du gain.

Dans ces conditions, quand la position de la prise du transformateur est changée, le gain change avec la position de la prise du transformateur pour maintenir le facteur de baisse de tension à une valeur constante.

Dans ces conditions, comme le facteur de baisse de tension est constamment maintenu à une valeur constante, quand la position de la prise du transformateur est changée, la stabilité de la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission peut être maintenue.

Il est préférable que le moyen de calcul du gain comprenne:

un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission;

un circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour calculer un rapport d'élévation de la tension du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de la position de la prise; et

un circuit de calcul du gain pour calculer le gain dans la commande de la tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires et du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension.

Avec la configuration ci-dessus, le facteur de baisse de tension dans la commande de la tension de transmission dépend du rapport d'élévation de la tension du transformateur correspondant à la position de la prise du transformateur et du gain. Comme le gain est déterminé par le facteur de baisse de tension et du rapport d'élévation de la tension du transformateur, quand la tension de transmission du système de transmission, de puissance électrique est commandée par le gain, le facteur de baisse de tension est, bien entendu, maintenu à la valeur fixée par le circuit de fixation des valeurs opératoires.

Dans ces conditions, le facteur de baisse de tension peut facilement être maintenu à une valeur constante en calculant le gain.

Il est également préférable que le générateur synchrone soit constitué d'un ou de plusieurs générateurs synchrones et que le facteur de baisse de tension soit fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires en fonction du nombre de générateurs synchrones.

Avec la configuration ci-dessus, bien qu'un ou plusieurs générateurs synchrones soient connectés au transformateur, les courants réactifs des générateurs synchrones peuvent être bien équilibrés.

Il est également préférable que le circuit de calcul du gain divise la valeur nominale de la réactance du transformateur par le facteur de baisse de tension fixe par le circuit de fixation des valeurs opératoires pour produire un résultat de division, soustrait une valeur inverse du rapport d'élévation de la tension du transformateur, du résultat de la division, pour produire un résultat de soustraction et multiplie le résultat de la soustraction par un coefficient de réduction du gain.

Avec la configuration ci-dessus, le gain peut facilement être calculé dans le circuit de calcul du gain.

Il est également préférable que le gain dans la commande de la tension de transmission soit constamment calculé dans une opération en ligne par le moyen de calcul du gain.

Avec la configuration ci-dessus, le gain est renouvelé par le moyen de calcul du gain chaque fois que la position de la prise du transformateur est changée.

Dans ces conditions, un gain approprié peut être obtenu immédiatement quand la position de la prise du transformateur est changée.

Il est également préférable que le moyen de commande de la tension comprenne un moyen de révision pour réviser une valeur de référence pour le courant réactif d'un générateur synchrone et obtenir une valeur de référence révisée qui est fonction de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de la position de la prise et la valeur de référence révisée est utilisée comme valeur de consigne par le moyen de commande de la tension.

Lorsqu'un transformateur du type à noyau est utilisé comme transformateur, le changement dans le rapport d'élévation de la tension qui dépend de la position de la prise n'est pas proportionnel au changement du rapport de changement de réactance. Dans ce cas, bien que la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique soit amené dans la commande de la tension de transmission à sa valeur de référence par le moyen de commande de la tension, le courant réactif du générateur synchrone est dévié de sa valeur de référence.

Avec la configuration ci-dessus, le courant réactif du générateur synchrone est en accord avec sa valeur de référence parce que la valeur de référence pour le courant réactif est révisée.

Dans ces conditions, même quand un transformateur du type à noyau est utilisé comme transformateur, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif du générateur synchrone par rapport à sa valeur de référence.

Il est également préférable que le moyen de calcul du gain comprenne:

un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission et fixer la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone;

un circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour calculer un rapport d'élévation de la tension du transformateur à partir de la position de la

prise du transformateur détectée par le moyen de détection de la prise;

un circuit de calcul du rapport de changement de réactance pour calculer un rapport de changement de réactance du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de la position de la prise; et

un circuit de calcul du gain pour calculer le gain dans la commande de la tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixe par le circuit de fixation des valeurs opératoires, du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension et du rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de changement de réactance.

Lorsqu'on utilise un transformateur du type à noyau comme transformateur, le facteur de baisse de tension dans la commande de la tension de transmission dépend du rapport d'élévation de la tension du transformateur correspondant à la position de la prise du transformateur, du gain et du rapport de changement de réactance du transformateur correspondant à la position de la prise du transformateur.

Avec la configuration ci-dessus, lorsque la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique est commandée d'après le gain, le gain est bien entendu maintenu à la valeur fixée par le circuit de fixation des valeurs opératoires, parce que le gain est déterminé par le facteur de baisse de tension, le rapport d'élévation de la tension du transformateur et le rapport de changement de réactance du transformateur.

Dans ces conditions, dans les cas où on utilise un transformateur du type à noyau comme transformateur, la stabilité de la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission peut être conservée, quand la position de la prise du transformateur est changée.

Il est également préférable que le circuit de calcul du gain multiplie le rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de changement de réactance, par une valeur nominale de la réactance du transformateur, pour produire un résultat de multiplication, divise le résultat de la multiplication par un autre résultat de multiplication, qui est obtenu en multipliant le facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires par le rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension, pour produire un résultat de division, soustrait la valeur inverse du rapport d'élévation de la tension du transformateur du résultat de la division pour produire un résultat de soustraction et multiplie le résultat de la soustraction par un coefficient de réduction du gain pour obtenir le gain.

Avec la configuration ci-dessus, on peut calculer avec précision le gain qui est nécessaire pour maintenir le facteur de baisse de tension dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante.

Il est également préférable que le moyen de révision divise le rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de change-

ment de réactance, par le rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour produire un résultat de division et qu'il multiplie le résultat de la division par la valeur de référence pour le courant réactif, afin de produire la valeur de référence révisée.

Avec la configuration ci-dessus, la valeur de référence pour le courant réactif peut facilement être réajustée à la valeur de référence révisée.

Il est également préférable que la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone soit constamment réajustée à la valeur de référence révisée dans une opération en ligne, par le moyen de révision.

Avec la configuration ci-dessus, lorsque la position de la prise du transformateur est changée, on peut prévenir de manière fiable l'apparition d'une déviation du courant réactif du générateur synchrone par rapport à sa valeur de référence révisée.

Il est également préférable que l'appareil de commande de l'excitation du générateur synchrone comprenne, en outre:

un moyen de détection du courant réactif pour détecter le courant réactif du générateur synchrone; et un moyen de compensation pour compenser une valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone après un changement de la position de la prise, en utilisant le courant réactif du générateur synchrone, détecté par le moyen de détection du courant réactif et la position de la prise détectée par le moyen de détection de la position de la prise, la valeur de référence étant utilisée comme valeur de consigne par le moyen de commande de la tension.

Avec la configuration ci-dessus, dans le cas où on utilise comme transformateur un transformateur du type à noyau, on peut prévenir d'une manière fiable l'apparition d'une déviation du courant réactif du générateur synchrone de sa valeur de référence révisée, quand la position de la prise du transformateur est changée.

Il est également préférable, qu'en plus du moyen de compensation, le moyen de calcul du gain comprenne:

un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission et pour fixer la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone;

un circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour calculer le rapport d'élévation de la tension du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur, détectée par le moyen de détection de la position de la prise; et un circuit de calcul du gain pour calculer le gain dans la commande de la tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires et du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension.

Avec la configuration ci-dessus, même dans le cas où on utilise comme transformateur un transformateur du type à noyau, le facteur de baisse de tension dans la commande de la tension de trans-

mission dépend du rapport d'élévation de la tension du transformateur correspondant à la position de la prise du transformateur et du gain, parce que le moyen de compensation compense la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone pour tenir compte du changement de la position de la prise. Dans le cas où la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique est commandée par le gain, le facteur de baisse de tension est bien entendu maintenu à la valeur fixée par le circuit de fixation des valeurs opératoires, parce que le gain est déterminé par le facteur de baisse de tension et le rapport d'élévation de la tension du transformateur.

Dans ces conditions, quand on utilise comme transformateur un transformateur du type à noyau, on peut facilement maintenir le facteur de baisse de tension à une valeur constante en calculant le gain et maintenir la stabilité de la tension de transmission dans la commande de la tension de transmission.

Il est également préférable que le moyen de compensation calcule le rapport de changement de réactance du transformateur à partir de la position de la prise détectée par le moyen de détection de la position de la prise, soustrait le rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension, du rapport de changement de réactance pour produire un résultat de soustraction, divise le résultat de soustraction par le rapport d'élévation de la tension pour produire un résultat de division, multiplie le courant réactif du générateur synchrone par le résultat de la division pour produire un résultat de multiplication et ajoute le résultat de la multiplication à la valeur de référence pour le courant réactif fixée dans le circuit de fixation des valeurs opératoires, pour compenser la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone, en tenant compte du changement de la position de la prise.

Avec la configuration ci-dessus, on peut facilement effectuer une compensation de la valeur de référence pour le courant réactif.

Il est également préférable que la compensation de la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone soit constamment effectuée dans une opération en ligne par le moyen de compensation.

Avec la configuration ci-dessus, on peut prévenir de manière fiable l'apparition d'une déviation du courant réactif du générateur synchrone par rapport à sa valeur de référence révisée, quand la position de la prise du transformateur est changée.

La fig. 1 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une première forme d'exécution de la présente invention;

la fig. 2 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une seconde forme d'exécution de la présente invention;

la fig. 3 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une troisième forme d'exécution de la présente invention;

la fig. 4 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention; et

la fig. 5 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil conventionnel de commande de l'excitation d'un générateur synchrone.

L'invention est décrite ci-après en se reportant aux dessins annexés.

La fig. 1 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une première forme d'exécution de la présente invention.

Sur la fig. 1, le chiffre de référence 21 indique un générateur synchrone, le chiffre de référence 22 indique un transformateur agencé entre le générateur synchrone et un système de transmission de puissance électrique, le chiffre de référence 23 indique un circuit de détection de la position de la prise (fonctionnant comme moyen de détection de la position de la prise) pour détecter la position m de la prise du transformateur 22, le chiffre de référence 24 indique un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension C_f du système de transmission de puissance électrique dans une commande de la tension de transmission, une valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , une valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 et une valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21, le chiffre de référence 25 indique un circuit de calcul du rapport d'élévation de la tension pour calculer la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 à partir de la position m de la prise du transformateur 22 détectée par le circuit 23 de détection de la position de la prise et pour multiplier la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension, le chiffre de référence 26 indique un circuit de calcul du gain en baisse pour calculer un gain KH de la commande de la tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension C_f fixé par le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires et de la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension.

Ici, le moyen de calcul du gain est constitué par le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, le circuit 25 de calcul du rapport n d'élévation de la tension et le circuit 26 de calcul du gain.

Le chiffre de référence 27 indique un circuit de détection de la tension de transmission pour détecter la tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique, le chiffre de référence 28 indique une unité de soustraction pour soustraire la tension de transmission V_H détectée dans le circuit 27 de détection de la tension de transmission de la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, pour obtenir un résultat de soustraction $Op = V_{Href} - V_H$, le chiffre de référence 29 indique un multipli-

5 teur pour multiplier la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par une valeur de réactance nominale X_t du transformateur 22, le chiffre de référence 30 indique une unité d'addition et de soustraction pour additionner ensemble le résultat de la multiplication V_{Href}/n du circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat de la multiplication $I_{q0} * X_t$ du multiplicateur 29 et pour soustraire la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, du résultat de l'addition $V_{Href}/n + I_{q0} * X_t$, afin d'obtenir un résultat de l'addition et de la soustraction $Oq = I_{q0} * X_t - V_{gref} + V_{Href}/n$, le chiffre de référence 31 indique un multiplicateur pour multiplier le résultat de l'addition et de la soustraction Oq obtenu dans l'unité d'addition et de soustraction 30 par le résultat de la division β/KH obtenu en divisant le coefficient β de réduction du gain par le gain KH calculé dans le circuit 26 de calcul du gain, le chiffre de référence 32 indique une unité d'addition pour ajouter ensemble le résultat de soustraction Op obtenu dans l'unité de soustraction 28 et résultat de la multiplication $(\beta/KH) * Oq$ du multiplicateur 31, le chiffre de référence 33 indique un amplificateur pour amplifier le résultat de l'addition $Op + (\beta/KH) * Oq$ de l'unité d'addition 32 par le gain KH de la commande de la tension de transmission dans le circuit 26 de calcul du gain en baisse pour obtenir un résultat de multiplication $Oa = KH * \{Op + (\beta/KH) * Oq\}$, le chiffre de référence 34 indique un circuit de détection de la tension aux bornes pour détecter la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 et le chiffre de référence 35 indique une unité produisant des signaux pour multiplier une déviation $(V_{gref} - V_g)$ de la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par rapport à la tension aux bornes V_g détectée dans le circuit 34 de détection de la tension aux bornes, par le coefficient de réduction du gain β , afin d'obtenir un résultat de multiplication $\beta * (V_{gref} - V_g)$ et pour ajouter ce résultat de multiplication $\beta * (V_{gref} - V_g)$ au résultat de multiplication Oa du multiplicateur 33, afin d'obtenir le résultat d'addition ΔVa .

Ici, le moyen de commande de la tension est constitué par le circuit 27 de détection de la tension de transmission, de l'unité de soustraction 28, de l'amplificateur 29, de l'unité d'addition et de soustraction 30, de l'amplificateur 31, de l'unité d'addition 32, de l'amplificateur 33, du circuit 34 de détection de la tension aux bornes et de l'unité 35 produisant des signaux.

On va décrire le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation du moteur synchrone 21 dans la configuration ci-dessus.

Le premier inconvénient décrit ci-dessus est résolu dans cette première forme d'exécution. En l'occurrence, même quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, le gain KH correspondant à la position m de la prise du transformateur 22 est constamment calculé dans une opération en ligne pour maintenir le facteur de baisse de tension C_f à une valeur constante, dans la commande de la tension de transmission, où la tension de

transmission V_H du système de transmission de puissance électrique est maintenue à une valeur constante.

Brièvement, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est fixé par avance dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires en prenant en compte le nombre de générateurs synchrones et/ou les conditions du système de transmission de puissance électrique.

$$Cf = n \cdot \beta \cdot Xt(\beta + n \cdot KH) \quad \text{--- (6)}$$

L'équation (6) est réaménagée en équation (7) pour obtenir le gain KH.

$$KH = \beta \cdot (Xt/Cf - 1/n) \quad \text{--- (7)}$$

Le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 est calculé en fonction de la position m de la prise du transformateur 22 chaque fois que la position m de la prise est changée et le gain KH de l'équation (7) est calculé en utilisant le rapport n d'élévation de la tension. Par conséquent, comme le gain KH de la commande de la tension de transmission est calculé d'après la position m de la prise du transformateur 22, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est maintenu à une valeur constante, même quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée.

Le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation est décrit en détail.

Dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, on fixe initialement un facteur de baisse de tension Cf du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission, en prenant en compte les conditions du système de transmission de puissance électrique et similaire, et on fixe initialement une tension de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , une valeur de référence $Iq0$ pour le courant réactif Iq du générateur synchrone 21 et une valeur de référence V_{gref} pour la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21.

Dans ce cas, lorsque le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuellement en parallèle est augmenté, il devient plus difficile d'obtenir des courants réactifs Iq bien équilibrés des générateurs synchrones 21. Pour cela, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est mis à une valeur suffisamment élevée. Par contre, lorsque le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuellement en parallèle est diminué, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est ajusté à une valeur plus basse.

Ensuite, lorsque la tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique est détectée dans le circuit 27 de détection de la tension de transmission, la tension de transmission V_H est soustraite dans l'unité de soustraction 28 de la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires et un résultat de soustraction Op est fourni par l'unité de soustraction 28 à l'unité d'addition 32.

$$Op = V_{Href} - V_H \quad \text{--- (8)}$$

Egalement, la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 est calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension à partir de la position m de la prise du transformateur 22 détectée dans le circuit 23 de détection de la position de la prise, la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H est multipliée par la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension obtenue dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et la valeur de référence $Iq0$ pour le courant réactif Iq fixée par le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires est multipliée par la valeur nominale de la réactance Xt du transformateur 22 dans le multiplicateur 29. Ensuite, le résultat de la multiplication V_{Href}/n du circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat de la multiplication $Iq0 \cdot Xt$ du multiplicateur 29 sont ajoutés ensemble dans l'unité d'addition et de soustraction 30 et la valeur de référence V_{gref} pour la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21 est soustraite du résultat d'addition $V_{Href}/n + Iq0 \cdot Xt$ dans l'unité d'addition et de soustraction 30, afin d'obtenir le résultat de l'addition et de la soustraction Oq .

$$Oq = Iq0 \cdot Xt - V_{gref} + V_{Href}/n \quad \text{--- (9)}$$

Ensuite, quand le facteur de baisse de tension Cf est fixé dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires et que la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension est calculée dans le circuit 25 de calcul d'élévation de la tension, le gain KH de la commande de la tension de transmission est calculé en utilisant le facteur de baisse de tension Cf et la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension (voir l'équation (7)).

Ensuite, dans le multiplicateur 31, un coefficient β de réduction du gain est divisé par le gain KH calculé dans le circuit 26 de calcul du gain, et le résultat Oq de l'addition et de la soustraction obtenu dans l'unité d'addition et de la soustraction 30 est multiplié par le résultat de la division β/KH .

Ensuite, le résultat de soustraction Op obtenu dans l'unité de soustraction 28 et le résultat de la multiplication $(\beta/KH) \cdot Oq$ du multiplicateur 31 sont ajoutés ensemble dans une unité d'addition 32 et le résultat de l'addition $Op + (\beta/KH) \cdot Oq$ de l'unité d'addition 32 est multiplié par le gain KH de la commande de la tension de transmission dans l'amplificateur 33 et le résultat de multiplication Oa est fourni à l'unité 35 produisant des signaux.

$$Oa = KH \cdot \{Op + (\beta/KH) \cdot Oq\} \quad \text{--- (10)}$$

Dans l'unité 35 produisant des signaux, une déviation de la valeur de référence V_{gref} fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par rapport à la tension Vg aux bornes détectée par le circuit 34 de détection de la tension aux bornes est multipliée par le coefficient β de réduction du gain et ce résultat de multiplication $\beta \cdot (V_{gref} - Vg)$ et le résultat Oa de la multiplication du multiplicateur 33 sont ajoutés ensemble pour obtenir un résultat d'addition ΔVa .

$$\Delta V_a = \beta * (V_{\text{gref}} - V_g) + O_a \quad \text{--- (11)}$$

Le résultat d'addition ΔV_a est fourni à l'unité de stabilisation automatique de tension AVR (non représentée).

Ensuite, la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 est régulée en fonction du résultat d'addition ΔV_a par l'unité de stabilisation automatique de tension ΔV_R pour maintenir la tension de transmission V_H à une valeur constante. Lorsque le générateur synchrone 21 fonctionne en régime stable, la relation $\Delta V_a = 0$ est satisfaite. Egalement, la relation entre la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 et la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (3).

Par conséquent, l'équation (1) est obtenue par un réarrangement de l'équation (11) en utilisant l'équation (3), l'équation (8), l'équation (9), l'équation (10) et $\Delta V_a = 0$.

Egalement, la tension de transmission V_H est exprimée par une équation (12) obtenue par un réarrangement de l'équation (1) en utilisant le gain en baisse K_H exprimé par l'équation (7).

$$V_H = V_{H\text{ref}} - C_f * (I_q - I_{q0}) \quad \text{--- (12)}$$

Par conséquent, comme le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 n'est pas présent dans l'équation (12), le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission peut être maintenu à une valeur constante, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée.

Dans ces conditions, comme le gain K_H de la commande de la tension de transmission est calculé dans le circuit 26 de calcul du gain à partir de la position m de la prise du transformateur 22 détectée par le circuit 23 de détection de la position de la prise, le gain K_H de la commande de la tension de transmission est changé avec le rapport n d'élévation de la tension, de manière à maintenir le facteur de baisse de tension C_f défini dans l'équation (6) à une valeur constante, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, ce qui change le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22. Par conséquent, la stabilité de la tension de transmission V_H dans le système de transmission de puissance électrique peut être maintenue, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée.

Egalement, quand une pluralité de générateurs synchrones sont connectés avec le transformateur 22, les courants réactifs I_q des générateurs synchrones sont mutuellement bien équilibrés, parce que le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission est maintenu à une valeur constante, de sorte que la stabilité de la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

La fig. 2 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon une seconde forme d'exécution de la présente invention. Comme les éléments constitutifs de l'appareil de commande de l'excitation indiqués sur la fig. 2 par les mêmes chiffres de référence que ceux de la fig. 1 sont les mêmes que

ceux de la fig. 1, la description détaillée des éléments constitutifs représentés sur la fig. 2 est omise.

Sur la fig. 2, le chiffre de référence 41 indique un circuit de calcul du rapport de changement de réactance pour calculer un rapport nr de changement de réactance du transformateur 22 à partir de la position m de la prise du transformateur 22, détectée par le circuit 23 de détection de la position de la prise et le chiffre de référence 42 indique un circuit de calcul d'un gain pour calculer un gain K_F de la commande de la tension de transmission, à partir du facteur de baisse de tension C_f fixé dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, de la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension calculé dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et du rapport nr de changement de réactance calculé dans le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance. Ici, le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance et le circuit 42 de calcul du gain forment un moyen de calcul de gain. Le chiffre de référence 43 indique un circuit de révision (fonctionnant comme moyen de révision) pour multiplier la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 par le rapport nr de changement de réactance calculé dans le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance et la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension, pour réviser la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q à une valeur de référence révisée $(nr/n) * I_{q0}$.

On va décrire le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation ayant la configuration ci-dessus.

Le second inconvénient décrit ci-dessus est résolu dans la seconde forme d'exécution, quand on utilise un transformateur du type à noyau comme transformateur 22. Ici, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, non seulement le gain K_H correspondant à la position m du transformateur 22 est constamment calculé dans une opération en ligne pour maintenir le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante, mais également on prévient dans cette opération en ligne l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q .

En bref, lorsque la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q est remplacée par une valeur de référence révisée $(nr/n) * I_{q0}$ donnée par la relation de remplacement (13), la caractéristique tension de transmission V_H exprimée par l'équation (5) du transformateur du type à noyau est révisée pour obtenir la caractéristique tension de transmission V_H exprimée par l'équation (14).

$$I_{q0} \rightarrow (nr/n) * I_{q0} \quad \text{--- (13)}$$

$$V_H = V_{H\text{ref}} - nr * \beta * X_t / (\beta + n * K_H) * (I_q - I_{q0}) \quad \text{--- (14)}$$

L'équation (14) se vérifie dans la commande de la tension de transmission lorsqu'on utilise un transformateur de type à noyau, à condition que la relation de remplacement (13) soit satisfaite dans cette seconde forme d'exécution.

Lorsque la tension de transmission V_H est en accord avec sa valeur de référence V_{Href} , le courant réactif I_q est également en accord avec la valeur de référence I_{q0} . Par conséquent, quand on utilise comme transformateur 22 un transformateur du type à noyau, dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q à partir d'un point de fonctionnement du générateur synchrone 21 où il a y accord avec la valeur de référence I_{q0} .

Egalement, le coefficient du second terme ($I_q - I_{q0}$) de l'équation (14) est défini comme étant le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission, exprimé par l'équation (15).

$$C_f = nr \cdot \beta \cdot X_t / (\beta + n \cdot KH) \quad \text{--- (15)}$$

Pour prévenir le changement du facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission provoqué par le changement de la position m de la prise du transformateur 22, l'équation (15) est réaménagée en équation (16) pour obtenir le gain KH .

$$KH = \beta \cdot \{nr \cdot X_t / (n \cdot C_f) - 1/n\} \quad \text{--- (16)}$$

On calcule le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 et le rapport nr de changement de réactance correspondant à la position m de la prise du transformateur 22 et on les utilise dans l'équation (16) pour calculer le gain KH .

Par conséquent, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, on peut maintenir le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante indépendamment du changement de la position m de la prise, parce que le gain KH correspondant à la position m de la prise est utilisé pour maintenir la tension de transmission V_H à une valeur constante.

On va décrire en détail le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation selon la seconde forme d'exécution.

Dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, on fixe initialement un facteur de baisse de tension C_f du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission en prenant en compte les conditions dans le système de transmission de puissance électrique et similaire et on fixe initialement une valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , une valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 et une valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21.

Dans ce cas, quand le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuellement en parallèle est augmenté, il devient plus difficile d'obtenir des courants réactifs I_q bien équilibrés des générateurs synchrones 21. Par conséquent, le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission est fixé initialement à une valeur suffisamment élevée. Par contre, quand le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuelle-

ment en parallèle est diminué, le facteur de baisse de tension C_f dans la commande de la tension de transmission est fixé à une valeur plus basse.

Ensuite, quand la tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique est détectée dans le circuit 27 de détection de la tension de transmission, la tension de transmission V_H est soustraite dans l'unité de soustraction 28 de la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires et le résultat Op de la soustraction est fourni par l'unité de soustraction 28 à l'unité d'addition 32 (voir l'équation (8)).

Egalement, quand le facteur de baisse de tension C_f est fixé dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension est calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le rapport nr de changement de réactance est calculé dans le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance. Ensuite, pour prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q , la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires est révisée dans le circuit 43 de révision en utilisant le rapport nr de changement de réactance et la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension pour réviser la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q . Cela signifie que la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q est multipliée par une valeur nr / n pour obtenir une valeur de référence révisée $(nr / n) \cdot I_{q0}$.

Ensuite, le résultat de la multiplication V_{Href}/n du circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat de la multiplication $(nr/n) \cdot I_{q0} \cdot X_t$ du circuit multiplicateur 29 sont ajoutés ensemble dans l'unité d'addition et de soustraction 30 et la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 est soustraite du résultat de l'addition $V_{Href}/n + (nr/n) \cdot I_{q0} \cdot X_t$ dans l'unité d'addition et de soustraction 30, pour obtenir un résultat d'addition et de soustraction Oq .

$$Oq = (nr/n) \cdot I_{q0} \cdot X_t - V_{gref} + V_{Href}/n \quad \text{--- (17)}$$

Egalement, un gain KH de la commande de la tension de transmission est calculé dans le circuit 42 de calcul du gain en utilisant le facteur de baisse de tension C_f , la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension, calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le rapport nr de changement de réactance, calculé dans le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance (voir l'équation (16)).

Ensuite, dans le multiplicateur 31, le coefficient de réduction du gain β est divisé par le gain KH calculé dans le circuit 42 de calcul du gain et le résultat de l'addition et de la soustraction Oq obtenu dans l'unité d'addition et de soustraction 30 est multiplié par le résultat de la division β/KH .

Ensuite, le résultat Op de la soustraction obtenu dans l'unité de soustraction 28 et le résultat de la multiplication $(\beta/KH) \cdot Oq$ du multiplicateur 31 sont

ajoutés ensemble dans l'unité d'addition 32, et le résultat de l'addition $Op + (\beta/KH) \cdot Oq$ de l'unité d'addition 32 est multiplié par le gain KH de la commande de la tension de transmission dans l'amplificateur 33 et le résultat Oa de la multiplication est fourni à l'unité 35 produisant des signaux (voir l'équation (10)).

Dans l'unité 35 produisant des signaux, une déviation de la tension de référence V_{gref} fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par rapport à la tension aux bornes Vg détectée dans le circuit 34 de détection de la tension aux bornes est multipliée par le coefficient β de réduction du gain, puis le résultat de cette multiplication $\beta \cdot (V_{gref} - Vg)$ et le résultat Oa de la multiplication du multiplicateur 33 sont additionnés ensemble pour obtenir le résultat d'addition ΔVa (voir équation (11)).

Le résultat d'addition ΔVa est fourni à l'unité de stabilisation automatique de tension AVR (non représentée).

Ensuite, on règle la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21 en fonction du résultat d'addition ΔVa dans l'unité de stabilisation automatique de tension AVR pour maintenir la tension de transmission V_H à une valeur constante. Lorsque le générateur synchrone 21 fonctionne en régime stable, la relation $\Delta Va = 0$ est satisfaite. Egalement, la relation entre la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21 et la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (4).

Par conséquent, l'équation (14) est obtenue par un réarrangement de l'équation (11), en utilisant l'équation (4) du transformateur du type à noyau, l'équation (8), l'équation (17), l'équation (10) et $\Delta Va = 0$.

Dans l'équation (14), quand la tension de transmission V_H est en accord avec sa valeur de référence V_{Href} , le courant réactif Iq est également en accord avec sa valeur de référence Iq_0 . Par conséquent, bien que l'on utilise comme transformateur 22 un type de transformateur dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif Iq par rapport à la valeur de référence Iq_0 .

Egalement, la tension de transmission V_H est exprimée par une équation (12) résultant d'un réarrangement de l'équation (14), en utilisant le gain KH exprimé par l'équation (16). Par conséquent, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission peut être maintenu à une valeur constante, parce que le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 n'est pas présent dans l'équation (12).

Dans ces conditions, lorsqu'on utilise comme transformateur 22 un transformateur du type à noyau où le changement du rapport d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de la réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif Iq par rapport à la valeur de référence Iq_0 et on peut maintenir le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante, parce que la valeur de référence Iq_0

pour le courant réactif Iq est remplacée par la valeur de référence révisée $(nr/n) \cdot Iq_0$ dans le circuit de révision 43 et parce que le gain en baisse KH de la commande de la tension de transmission correspondant à la position m de la prise du transformateur 22, détectée dans le circuit 23 de détection de la position de la prise, est calculé dans le circuit 42 de calcul du gain. Par conséquent, quand la position de la prise m du transformateur 22 est changée, la stabilité de la tension de transmission V_H dans le système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

Egalement, quand une pluralité de générateurs synchrones sont connectés avec un transformateur du type à noyau utilisé comme transformateur 22, les courants réactifs Iq des générateurs, synchrones sont mutuellement bien équilibrés, parce que le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est maintenu à une valeur constante, de sorte que la stabilité de la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

Egalement, même quand une pluralité de générateurs synchrones sont connectés avec un transformateur du type à noyau utilisé comme transformateur 22, les courants réactifs Iq des générateurs synchrones sont mutuellement bien équilibrés parce que le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est maintenu à une valeur constante, de sorte que la stabilité de la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

La fig. 3 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone, selon une troisième forme d'exécution de la présente invention. Comme les éléments constitutifs de l'appareil de commande de l'excitation indiqués sur la fig. 3 par les mêmes chiffres de référence que ceux représentés sur la fig. 1 et la fig. 2 sont les mêmes que ceux de la fig. 1 et de la fig. 2, la description détaillée des éléments constitutifs représentés sur la fig. 3 est omise.

Sur la fig. 3, le chiffre de référence 51 indique un circuit de détection de courants (fonctionnant comme moyen de détection de courants réactifs) pour détecter un courant réactif Iq du générateur synchrone 21, le chiffre de référence 52 indique un circuit de calcul du gain de compensation pour soustraire le rapport n d'élévation de la tension calculé dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension, du rapport nr de changement de réactance du transformateur 22, calculé dans le circuit 41 de calcul du rapport de changement de réactance, diviser le résultat de la soustraction $(nr - n)$ par le rapport n d'élévation de la tension et multiplier le courant réactif Iq du générateur synchrone 21 détecté par le circuit 51 de détection du courant par le résultat de la division $(nr/n - 1)$ pour produire un signal compensé Of représentant le gain de compensation et le chiffre de référence 53 indique une unité d'addition pour ajouter le signal de compensation Of produit par le circuit 52 de calcul du gain de compensation à la valeur de référence Iq_0 pour le courant réactif Iq , fixée dans le circuit 41 de fixation des valeurs opératoires.

Ici, un moyen de compensation est constitué par le circuit 52 de calcul du gain de compensation et par l'unité d'addition 53.

Dans la seconde forme d'exécution, pour éviter que ne se produise une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} , la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif est remplacée par $(nr/n) * I_{q0}$ conformément à la relation de remplacement (13), pour changer la caractéristique tension de transmission V_H exprimée dans l'équation (5) du transformateur du type à noyau et la remplacer par la caractéristique tension de transmission V_H exprimée dans l'équation (14). Toutefois, dans cette troisième forme d'exécution, pour prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} , on calcule constamment un gain de compensation dans une opération en ligne en utilisant le courant réactif I_q du générateur synchrone 21, le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 et le rapport nr de changement de réactance, et le gain de compensation est ajouté à la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q , afin de compenser la valeur de référence I_{q0} pour le changement du rapport n d'élévation de la tension qui n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance dans le transformateur du type à noyau.

Cela signifie que la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q est remplacée par une valeur de référence de compensation $(I_{q0} + (nr/n - 1) * I_q)$ exprimée dans les relations de remplacement (18) et (19).

$$I_{q0} \rightarrow I_{q0} + Of \quad \text{--- (18)}$$

$$Of = (nr/n - 1) * I_q \quad \text{--- (19)}$$

Dans ce cas, la caractéristique tension de transmission V_H exprimée par l'équation (5) du transformateur du type à noyau est révisée et remplacée par la caractéristique tension de transmission V_H exprimée par l'équation (1) du transformateur du type cuirassé.

Dans l'équation (1), quand la tension de transmission V_H est en accord avec sa valeur de référence V_{Href} , le courant réactif I_q est également en accord avec sa valeur de référence I_{q0} . Par conséquent, quand on utilise comme transformateur 22 un transformateur du type à noyau, dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir, selon la troisième forme d'exécution, l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q à partir du point de fonctionnement du générateur synchrone 21 où il y a accord avec la valeur de référence I_{q0} , de la même manière que dans le cas de l'utilisation d'un transformateur du type cuirassé.

On va décrire en détail le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation selon la troisième forme d'exécution.

Dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, un facteur de baisse Cf du système de transmission de puissance électrique dans la commande de la tension de transmission est fixé initialement en

prenant en compte les conditions du système de transmission de puissance électrique et similaire et on fixe initialement une valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , une valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 et une valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone.

Dans ce cas, comme le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuellement en parallèle est augmenté, il devient plus difficile d'obtenir des courants réactifs I_q bien équilibrés des générateurs synchrones 21. Par conséquent, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est fixé à une valeur suffisamment élevée. Par contre, dans le cas où le nombre de générateurs synchrones 21 fonctionnant mutuellement en parallèle est diminué, le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est fixé à une valeur plus basse.

Ensuite, quand la tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique est détectée dans le circuit 27 de détection de la tension de transmission, la tension de transmission V_H est soustraite dans l'unité de soustraction 28 de la valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires et le résultat Op de la soustraction est fourni par l'unité de soustraction 28 à l'unité d'addition 32 (voir également l'équation (8)).

Egalement, quand le facteur de baisse de tension Cf est fixé dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension est calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et un gain KH de la commande de la tension de transmission est calculé en utilisant le facteur de baisse de tension Cf et la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension dans le circuit 26 de calcul du gain (voir l'équation (7)).

Ensuite, dans le circuit 52 de calcul du gain de compensation, pour prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} , le rapport n d'élévation de la tension est soustrait du rapport nr de changement de réactance du transformateur 22, le résultat de la soustraction (nr/n) est divisé par le rapport n d'élévation de la tension et le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 est multiplié par un résultat de division $(nr/n - 1)$. Ensuite, un signal de compensation Of est produit (voir l'équation (19)).

Ensuite, dans l'unité d'addition 53, le signal de compensation Of est ajouté à la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires.

Ensuite, le résultat de la multiplication V_{Href} / n du circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat de la multiplication $(I_{q0} + Of) * Xt$ du multiplicateur 29 sont ajoutés ensemble dans une unité d'addition et de soustraction 30 et la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 est soustraite du résultat de l'addition $\{V_{Href} / n + (I_{q0} + Of) * Xt\}$ dans l'unité d'addition et de soustraction 30, pour obtenir le résultat de l'addition et de la soustraction Oq .

$$Oq = Xt \{ Iq_0 + (nr/n-1) \cdot Iq \} + V_{Href}/n - V_{gref} \quad \text{--- (20)}$$

Ensuite, dans le multiplicateur 31, le coefficient β de réduction du gain est divisé par le gain KH calculé dans le circuit 26 de calcul du gain et le résultat Oq de l'addition et de la soustraction obtenu dans l'unité d'addition et de soustraction 30 est multiplié par le résultat de la division β/KH .

Ensuite, le résultat Op de la soustraction obtenu dans l'unité de soustraction 28 et le résultat de la multiplication $(\beta/KH) \cdot Oq$ du multiplicateur 31 sont ajoutés ensemble dans l'unité d'addition 32, le résultat de l'addition $Op + (\beta/KH) \cdot Oq$ de l'unité d'addition 32 est multiplié par le gain KH de la commande de la tension de transmission dans l'amplificateur 33 et le résultat Oa de la multiplication est fourni à l'unité 35 produisant des signaux (voir l'équation (10)).

Dans l'unité 35 produisant des signaux, une déviation de la valeur de référence V_{gref} fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires, par rapport à la tension Vg aux bornes détectée par le circuit 34 de détection de la tension aux bornes est multipliée par le coefficient β de réduction du gain, puis le résultat

$\beta \cdot (V_{gref} - Vg)$ de cette multiplication et le résultat Oa de la multiplication par le multiplicateur 33 sont ajoutés ensemble pour obtenir un résultat d'addition ΔVa (voir l'équation (11)). Le résultat de l'addition ΔVa est fourni à l'unité de stabilisation automatique de tension AVR (non représentée).

Ensuite, la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21 est régulée en fonction du résultat d'addition ΔVa dans l'unité de stabilisation automatique de tension AVR pour maintenir la tension de transmission V_H à une valeur constante. Quand le générateur synchrone 21 fonctionne en régime stable, la relation $\Delta Va = 0$ est satisfaite. Egalement, la relation entre la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21 et la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (4).

Ensuite, l'équation (1) est obtenue en réarrangeant l'équation (11) par l'utilisation de l'équation (4) pour le transformateur du type à noyau, l'équation (8), l'équation (20), l'équation (10) et $\Delta Va = 0$.

Dans le cas où la tension de transmission V_H est en accord avec la valeur de référence V_{Href} dans l'équation (1), le courant réactif Iq est également en accord avec sa valeur de référence Iq_0 . Par conséquent, même quand on utilise comme transformateur 22 un type de transformateur dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif Iq par rapport à la valeur de référence Iq_0 .

Egalement, la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (12) qui est obtenue en réarrangeant l'équation (1) par l'utilisation du gain KH donné par l'équation (7). Par conséquent, comme le rapport n d'élévation de la tension du transformateur 22 n'existe pas dans l'équation (12), le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission peut être maintenu constant, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée.

Dans ces conditions, quand on utilise comme transformateur 22 un transformateur du type à noyau dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif Iq par rapport à la valeur de référence Iq_0 et maintenir le facteur de baisse Cf dans la commande de la tension de transmission à une valeur constante, parce que la valeur de référence Iq_0 pour le courant réactif Iq est remplacée par la valeur de référence de compensation ($Iq_0 + Of$) exprimée dans la relation de remplacement (18), par une opération du circuit 51 de détection du courant, du circuit 52 de calcul du gain de compensation et de l'unité d'addition 53 et parce que le gain KH de la commande de la tension de transmission correspondant à la position m de la prise du transformateur 22 est calculé dans le circuit 26 de calcul du gain. Par conséquent, même quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, on peut maintenir la stabilité de la tension de transmission V_H dans le système de transmission de puissance électrique.

Egalement, comme le facteur de baisse de tension Cf dans la commande de la tension de transmission est maintenu à une valeur constante, les courants réactifs Iq des générateurs synchrones sont mutuellement bien équilibrés, de sorte que l'on peut maintenir la stabilité de la tension de transmission V_H du système de transmission de puissance électrique, même quand une pluralité de générateurs synchrones sont connectés avec un transformateur du type à noyau utilisé comme transformateur 22.

La fig. 4 est un schéma illustrant la constitution d'un appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention.

Dans la troisième forme d'exécution, le gain KH est calculé dans le circuit 26 de calcul du gain pour maintenir le facteur de baisse de tension Cf à une valeur constante dans la commande de la tension de transmission. Toutefois, dans cette quatrième forme d'exécution et comme représenté sur la fig. 4, on prévient l'apparition d'une déviation du courant réactif Iq par rapport à la valeur de référence Iq_0 dans une opération en ligne sans utiliser le circuit 26 de calcul du gain, de sorte que la stabilité de la tension de transmission V_H dans le système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

On va décrire le fonctionnement de l'appareil de commande de l'excitation selon la quatrième forme d'exécution.

On fixe initialement dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires une valeur de référence V_{Href} pour la tension de transmission V_H , une valeur de référence Iq_0 pour le courant réactif Iq du générateur synchrone 21 et une valeur de référence V_{gref} pour la tension Vg aux bornes du générateur synchrone 21.

Ensuite, la tension de transmission V_H effectivement appliquée au système de transmission de puissance électrique est détectée dans le circuit 27 de détection de la tension de transmission, la tension de transmission V_H est soustraite dans l'unité de soustraction 28 de la valeur de référence V_{Href} pour

la tension de transmission V_H , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires pour produire un résultat de soustraction Op et le résultat de la soustraction Op est fourni par l'unité de soustraction 28 à l'unité d'addition 32 (voir l'équation (8)).

Egalement, la valeur inverse du rapport n d'élévation de la tension est calculée dans le circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension.

Ensuite, dans le circuit 52 de calcul du gain de compensation et pour prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à la valeur de référence I_{q0} , le rapport n d'élévation de la tension est soustrait du rapport nr de changement de réactance du transformateur 22, le résultat de la soustraction ($nr - n$) est divisé par le rapport n d'élévation de la tension et le courant réactif I_q du générateur synchrone 21 est multiplié par le résultat de la division ($nr/n - 1$). Dans ces conditions, on produit un signal de compensation Of (voir l'équation (19)).

Ensuite, dans l'unité d'addition 53, le signal de compensation Of est ajouté à la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q , fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires.

Ensuite, le résultat de la multiplication V_{Href} / n du circuit 25 de calcul du rapport d'élévation de la tension et le résultat ($I_{q0} + Of$) * Xt du multiplicateur 29 sont ajoutés ensemble dans l'unité d'addition et de soustraction 30 et la valeur de référence V_{gref} pour la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 est soustraite du résultat de l'addition ($V_{Href} / n + (I_{q0} + Of) * Xt$) dans l'unité d'addition et de soustraction 30 pour obtenir le résultat d'addition et de soustraction Op (voir équation (20)).

Ensuite, dans le multiplicateur 31, le coefficient β de réduction du gain est divisé par un gain KH fixé à la valeur de consigne, et le résultat Op de l'addition et de la soustraction obtenu dans l'unité d'addition et de soustraction 30 est multiplié par le résultat de la division β / KH . La valeur de consigne pour le gain KH est, par exemple, déterminée en analysant la configuration d'une ligne de transmission de puissance électrique du système de transmission de puissance électrique. Egalement, on peut déterminer expérimentalement la valeur de consigne pour le gain en baisse KH.

Ensuite, le résultat de soustraction Op obtenu dans l'unité de soustraction 28 et le résultat de la multiplication (β/KH) * Oq du multiplicateur 31 sont ajoutés ensemble dans l'unité d'addition 32, le résultat de l'addition Op + (β/KH) * Oq de l'unité d'addition 32 est multiplié par le gain KH dans l'amplificateur 33 et le résultat Oa de la multiplication est fourni à l'unité 35 produisant des signaux (voir l'équation (10)).

Dans l'unité 35 produisant des signaux, la déviation de la valeur de référence V_{gref} fixée dans le circuit 24 de fixation des valeurs opératoires par rapport à la tension aux bornes V_g détectée par le circuit 34 de détection de la tension aux bornes est multipliée par le coefficient β de réduction du gain, le résultat

$\beta * (V_{gref} - V_g)$ de cette multiplication et le résultat Oa de la multiplication du multiplicateur 33 sont ajoutés ensemble pour obtenir un résultat d'addition ΔVa (voir l'équation (11)). Le résultat d'addition ΔVa

est fourni à l'unité de stabilisation automatique de tension AVR (non représentée).

Ensuite, la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 est régulée en fonction du résultat d'addition ΔVa dans l'unité de stabilisation automatique de tension AVR pour maintenir la tension de transmission V_H à une valeur constante. Dans le cas où le générateur synchrone 21 fonctionne en régime stable, la relation $\Delta Va = 0$ est satisfaite. Egalement, la relation entre la tension V_g aux bornes du générateur synchrone 21 et de la tension de transmission V_H est exprimée par l'équation (4).

Par conséquent, l'équation (1) est obtenue par réarrangement de l'équation (11), en utilisant l'équation (4) du transformateur du type à noyau, l'équation (8), l'équation (20), l'équation (10) et $\Delta Va = 0$.

Dans l'équation (1), lorsque la tension de transmission V_H est en accord avec sa valeur de référence V_{Href} , le courant réactif I_q est également en accord avec sa valeur de référence I_{q0} . Par conséquent, même quand on utilise comme transformateur 22 un transformateur dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à sa valeur de référence I_{q0} .

Dans ces conditions, quand on utilise comme transformateur 22 un transformateur du type à noyau, dans lequel le changement du rapport n d'élévation de la tension n'est pas proportionnel au changement du rapport nr de changement de réactance, on peut prévenir l'apparition d'une déviation du courant réactif I_q par rapport à sa valeur de référence I_{q0} , parce que la valeur de référence I_{q0} pour le courant réactif I_q est remplacée par la valeur de référence de compensation ($I_{q0} + Of$) obtenue en remplaçant la relation (18), par une opération du circuit 51 de détection du courant, du circuit 52 de calcul du gain de compensation et de l'unité d'addition 53. Dans ces conditions, quand la position m de la prise du transformateur 22 est changée, la stabilité de la tension de transmission V_H dans le système de transmission de puissance électrique peut être maintenue.

Revendications

1. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone comprenant: un moyen de détection de position de prise pour détecter la position de la prise d'un transformateur agencé entre un générateur synchrone et un système de transmission de puissance électrique; un moyen de calcul de gain pour calculer un gain d'une commande de tension de transmission à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de position de prise, afin de maintenir le facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de tension de transmission à une valeur attendue; et un moyen de commande de tension pour commander la tension de transmission du système de transmission de puissance électrique en fonction du gain calculé par le moyen de calcul de gain et d'une valeur de consigne.

2. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 1, dans lequel le moyen de calcul de gain comprend: un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de tension de transmission; un circuit de calcul du rapport d'élévation de tension pour calculer un rapport d'élévation de la tension du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de position de prise; et un circuit de calcul de gain pour calculer le gain dans la commande de tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires et du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension.

3. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 2, dans lequel le générateur synchrone est constitué d'un ou de plusieurs générateurs synchrones et le facteur de baisse de tension est fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires en fonction du nombre de générateurs synchrones.

4. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 2, dans lequel le circuit de calcul de gain divise la valeur nominale de la réactance du transformateur par le facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires pour produire un résultat de division, soustrait une valeur inverse du rapport d'élévation de la tension du transformateur, du résultat de la division, pour produire un résultat de soustraction et multiplie le résultat de la soustraction par un coefficient de réduction du gain pour produire le gain.

5. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 1, dans lequel le gain dans la commande de tension de transmission est constamment calculé dans une opération en ligne par le moyen de calcul de gain.

6. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 1, dans lequel le moyen de commande de tension comprend un moyen de révision pour réviser une valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone et obtenir une valeur de référence révisée qui est fonction de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de position de prise dans une opération en ligne et la valeur de référence révisée est utilisée comme valeur de consigne par le moyen de commande de tension.

7. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 6, dans lequel le moyen de calcul de gain comprend: un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de tension de transmission et fixer la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone; un circuit de calcul du rapport d'élévation de tension pour calculer un rapport d'élévation de la tension du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de position de prise; un circuit de calcul du rapport

de changement de réactance pour calculer un rapport de changement de réactance du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur détectée par le moyen de détection de position de prise; et un circuit de calcul de gain pour calculer le gain dans la commande de tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires, du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension et du rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de changement de réactance.

8. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 7, dans lequel le circuit de calcul de gain multiplie le rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de changement de réactance, par une valeur nominale de la réactance du transformateur, pour produire un résultat de multiplication, divise le résultat de la multiplication par un autre résultat de multiplication, qui est obtenu en multipliant le facteur de baisse fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires par le rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension, pour produire un résultat de division, soustrait la valeur inverse du rapport d'élévation de la tension du transformateur du résultat de la division pour produire un résultat de soustraction et multiplie le résultat de la soustraction par un coefficient de réduction du gain pour obtenir le gain.

9. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 7, dans lequel le moyen de révision divise le rapport de changement de réactance calculé par le circuit de calcul du rapport de changement de réactance, par le rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension pour produire un résultat de division et multiplie le résultat de la division par la valeur de référence pour le courant réactif, afin de produire la valeur de référence révisée.

10. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 1, comprenant en outre: un moyen de détection de courant réactif pour détecter le courant réactif du générateur synchrone, et un moyen de compensation pour compenser une valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone après un changement de la position de la prise, en utilisant le courant réactif du générateur synchrone, détecté par le moyen de détection du courant réactif et la position de la prise détectée par le moyen de détection de position de prise, la valeur de référence étant utilisée comme valeur de consigne par le moyen de commande de tension.

11. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 10, dans lequel le moyen de calcul de gain comprend: un circuit de fixation des valeurs opératoires pour fixer un facteur de baisse de tension du système de transmission de puissance électrique dans la commande de tension de transmission et pour fixer la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone; un circuit de calcul du rapport d'élévation de tension pour calculer le rapport d'élévation de la ten-

sion du transformateur à partir de la position de la prise du transformateur, détectée par le moyen de détection de position de prise; et un circuit de calcul de gain pour calculer le gain dans la commande de tension de transmission à partir du facteur de baisse de tension fixé par le circuit de fixation des valeurs opératoires et du rapport d'élévation de la tension calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension.

5

12. Appareil de commande de l'excitation d'un générateur synchrone selon la revendication 11, dans lequel le moyen de compensation calcule le rapport de changement de réactance du transformateur à partir de la position de la prise détectée par le moyen de détection de position de prise, soustrait le rapport d'élévation de la tension, calculé par le circuit de calcul du rapport d'élévation de tension, du rapport de changement de réactance pour produire un résultat de soustraction, divise le résultat de soustraction par le rapport d'élévation de la tension pour produire un résultat de division, multiplie le courant réactif détecté par le moyen de détection du courant réactif par le résultat de la division pour produire un résultat de multiplication et ajoute le résultat de la multiplication à la valeur de référence pour le courant réactif fixée dans le circuit de fixation des valeurs opératoires, pour compenser la valeur de référence pour le courant réactif du générateur synchrone, en tenant compte du changement de la position de la prise, dans une opération en ligne.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

16

FIG. 1

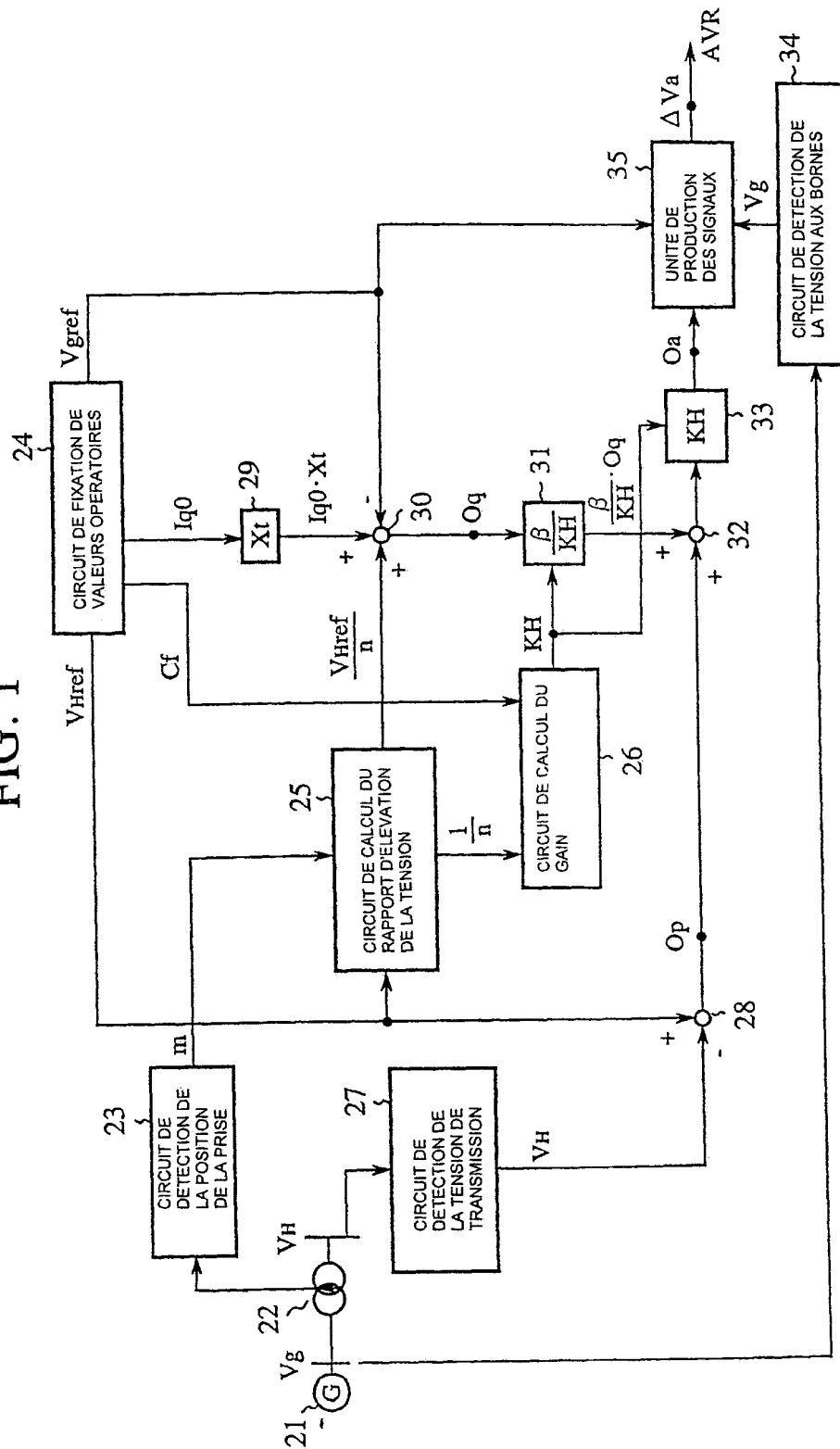


FIG. 2

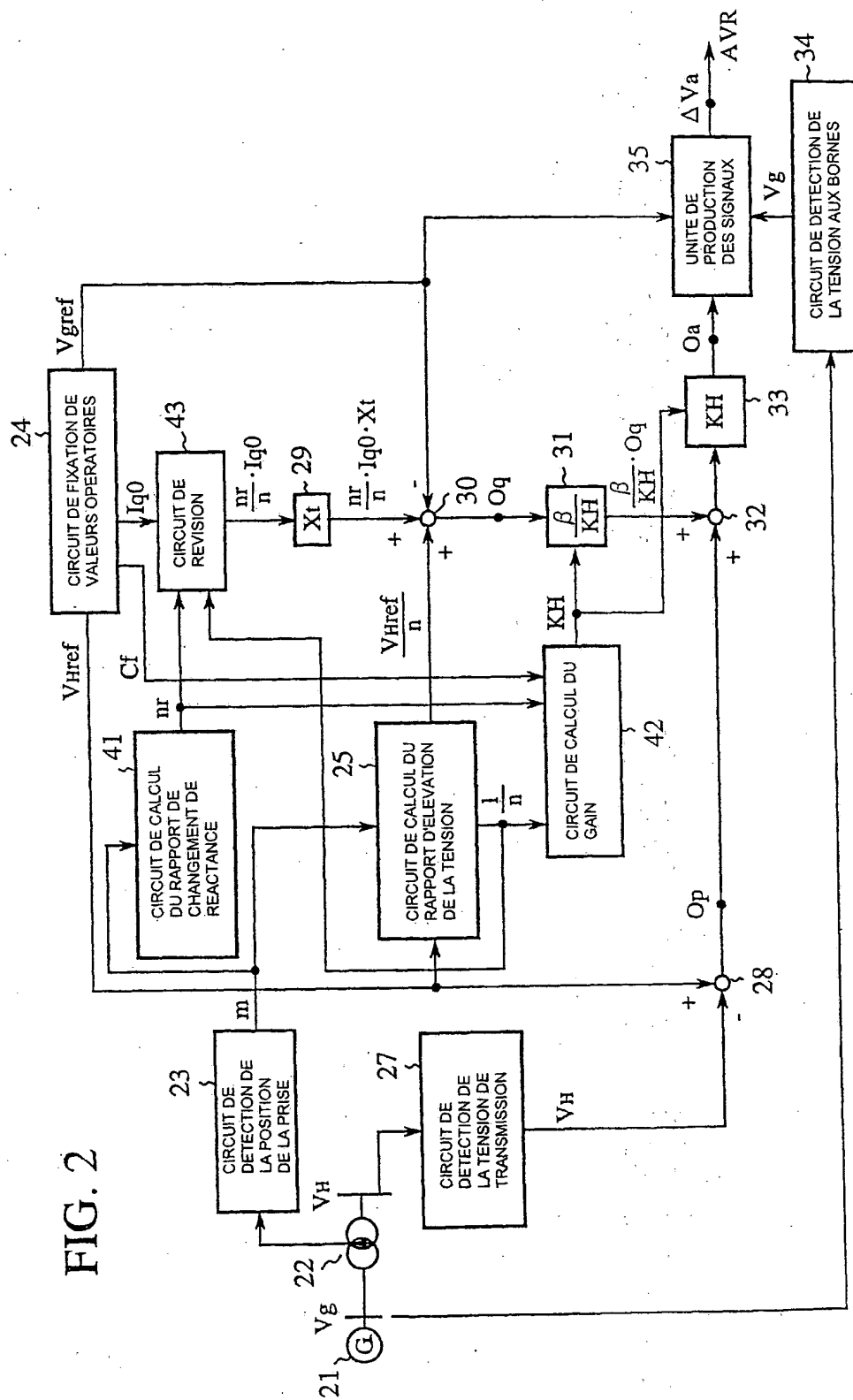


FIG. 3

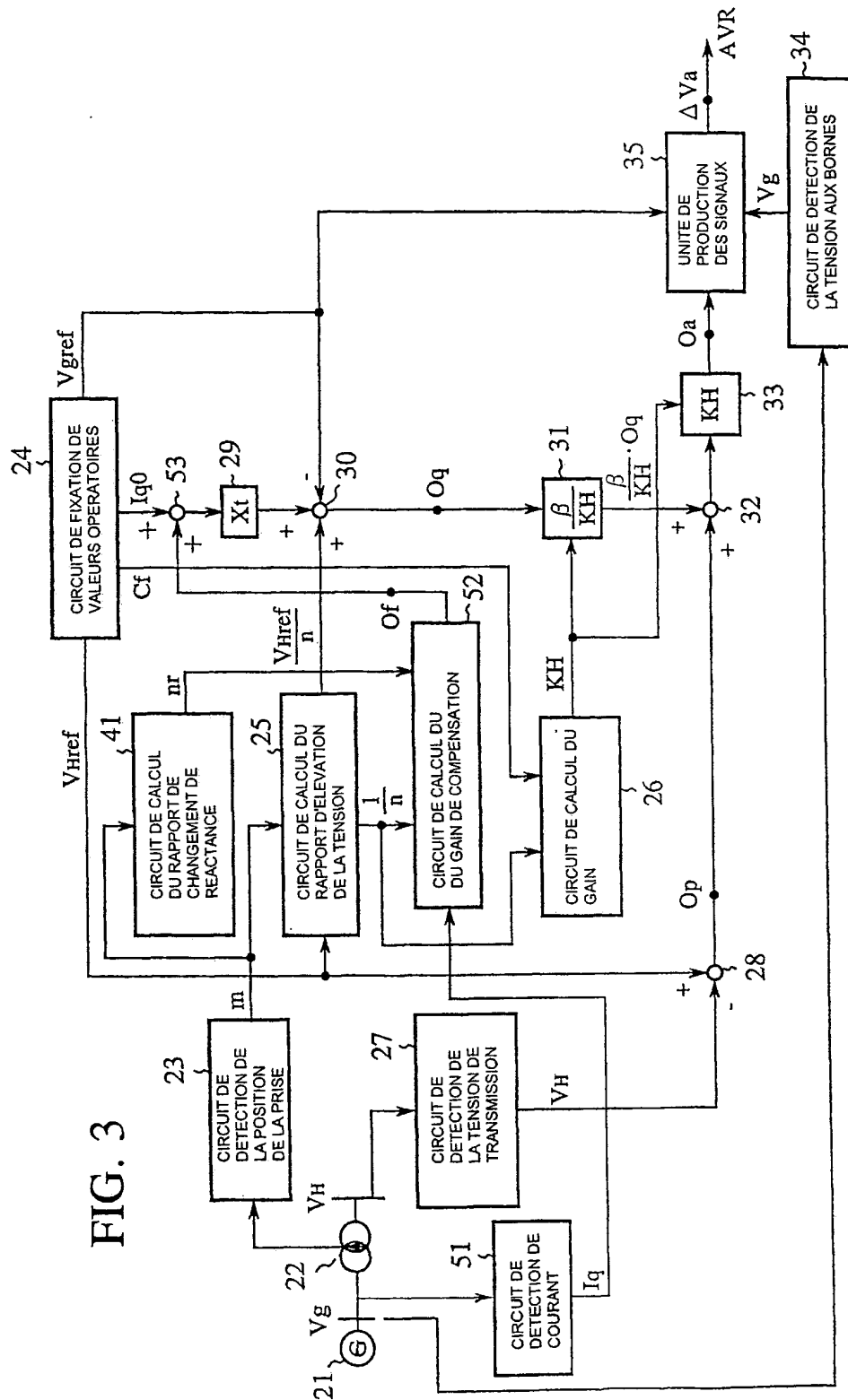


FIG. 4

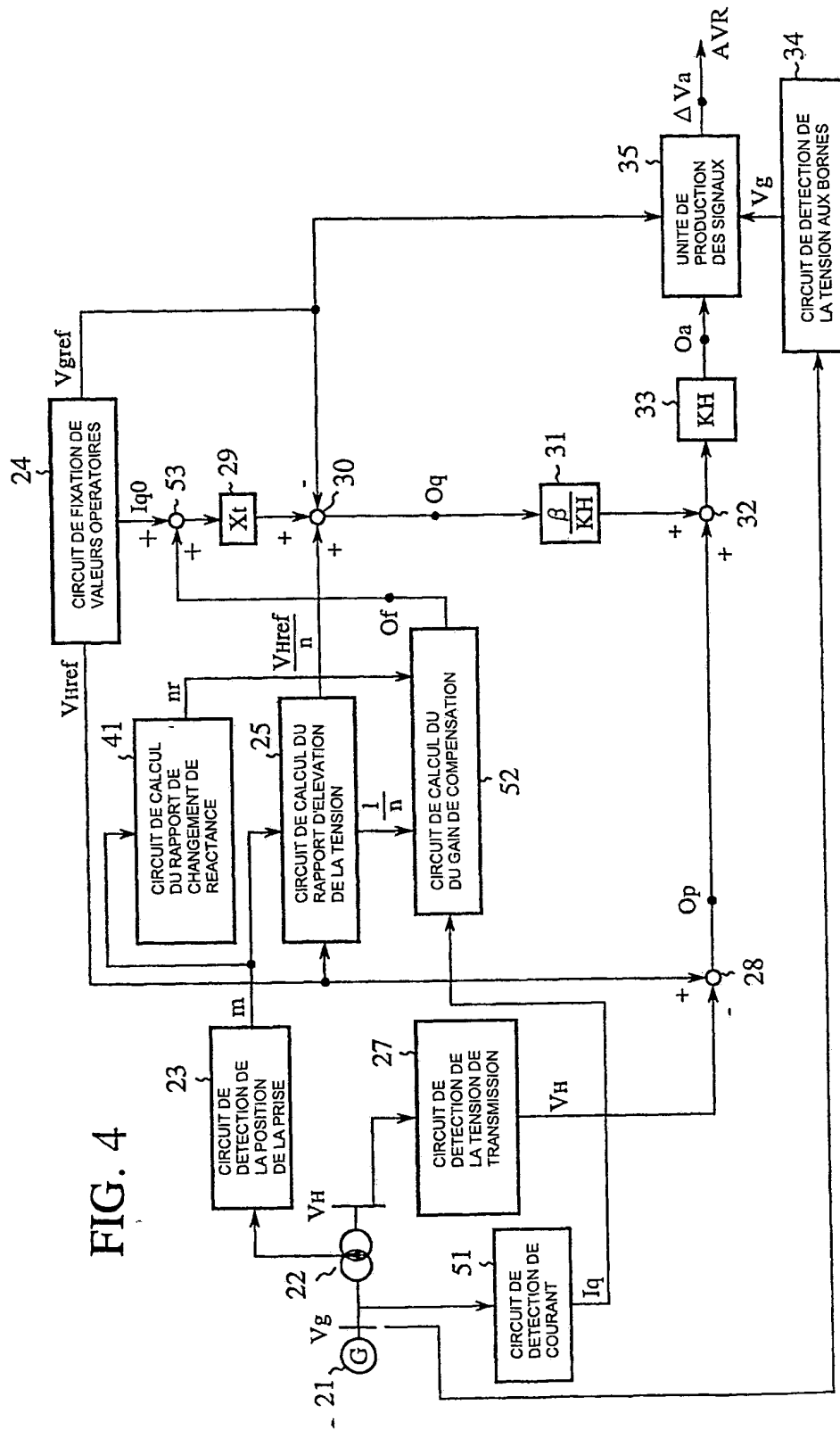


FIG. 5 (ART ANTERIEUR)

