PCT ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 6 : **H02J 3/26** — **A1**

(11) Numéro de publication internationale: **WO 98/05109**

(43) Date de publication internationale: 5 février 1998 (05.02.98)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/01352

(22) Date de dépôt international: 21 juillet 1997 (21.07.97)

(30) Données relatives à la priorité:
96/09473 26 juillet 1996 (26.07.96) FR

(71) Déposant *(pour tous les Etats désignés sauf US)*: ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NATIONAL [FR/FR]; 2, rue Louis Murat, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(US seulement)*: LEITLOFF, Volker [DE/FR]; 3, rue Hippolyte Mulin, F-92120 Montrouge (FR). BERTHET, Luc [FR/FR]; 13, résidence la Cocquetière, F-91470 Les Molières (FR).

(74) Mandataire: OBOLENSKY, Michel; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

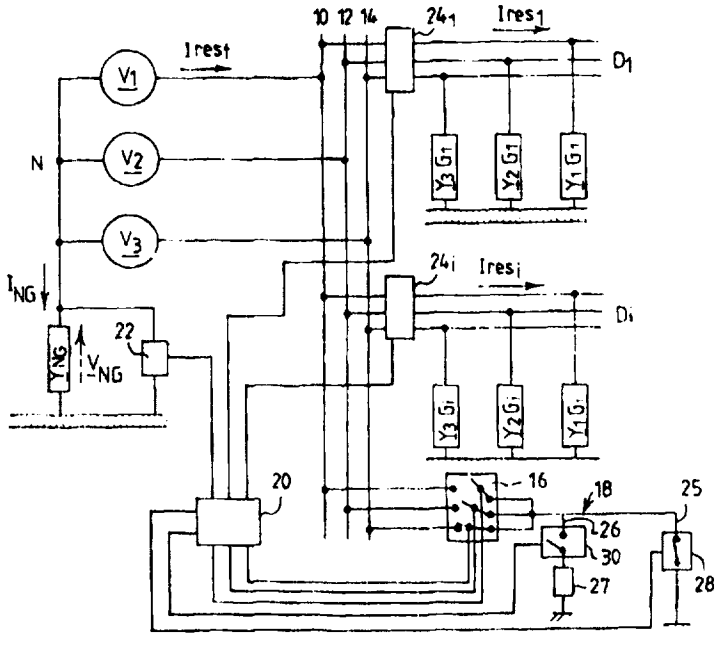
Publiée
Avec rapport de recherche internationale.
Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MAINTAINING ELECTRIC POWER SUPPLY IN A MULTIPHASE ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION NETWORK

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MAINTIEN DE LA FOURNITURE EN ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'ENERGIE ELECTRIQUE POLYPHASEE

(57) Abstract

This method for maintaining electric power supply in an electric energy distribution network, in the event of a fault on one phase, consists in the following steps: detecting the fault and connecting it to earth to cancel the fault current; computing an asymmetric current (I_{KDD}) comprising a first component representative of the balance error in the absence of fault and a second component representative of the fault current, computing the difference between the said asymmetric current (I_{KDD}) and a threshold value based on the value of the asymmetric current in the absence of fault so as to verify the cancellation of the fault current and maintaining the electric energy supply if the computed value of the asymmetric current (I_{KDD}) is less than the said threshold value.



(57) Abrégé

Dans ce procédé de maintien de la fourniture en énergie dans un réseau de distribution d'énergie électrique, en présence d'un défaut sur une phase, on détecte le défaut et l'on met à la terre la phase pour annuler le courant de défaut. On calcule en outre un courant d'asymétrie (I_{KDD}) comportant une première composante représentative du déséquilibre en l'absence de défaut et une deuxième composante représentative dudit courant de défaut, on calcule la différence entre ledit courant d'asymétrie (I_{KDD}) et une valeur de seuil déterminée à partir de la valeur du courant d'asymétrie en l'absence de défaut de manière à vérifier l'annulation du courant de défaut et l'on maintient la fourniture en énergie électrique si la valeur calculée du courant d'asymétrie (I_{KDD}) est inférieure à ladite valeur de seuil.

permet de minimiser le courant de défaut engendré par des défauts faiblement résistifs et à caractère transitoire.

En effet, il est possible, en agissant sur la valeur de l'inductance de la bobine, de modifier le courant "réactif" circulant dans la bobine, de manière à compenser le courant "capacitif du réseau" qui circule dans la résistance équivalente du défaut entre la phase défectueuse et la terre du réseau.

Ce type de mise à la terre du neutre du réseau permet par conséquent de limiter considérablement le courant de défaut. Il permet ainsi aux exploitants de réseaux de distribution d'énergie électrique de maintenir la fourniture en énergie électrique dans le réseau pendant les phases de détection et de réparation du défaut.

Ce maintien de la fourniture présente néanmoins des risques lors de l'apparition de défauts plus résistifs qui s'accompagnent d'une élévation de potentiel au voisinage du défaut relativement importante.

Pour pallier cet inconvénient, les exploitants du réseau de distribution d'énergie électrique français préconisent la mise à la terre de la phase défectueuse directement ou par une résistance "Shunt" de l'ordre de quelques dizaines d'ohms afin de court-circuiter le défaut en réseau et réduire voire annuler ainsi le courant de défaut. Cette solution peut être utilisée pour les réseaux compensés et aussi pour les réseaux dont le neutre est mis à la terre par une impédance faible en déconnectant cette impédance pendant le maintien de la fourniture la phase en défaut étant dans ce cas directement connectée à la terre sans résistance "shunt". La montée en potentiel au voisinage du défaut est dès lors fortement limitée.

Cette solution est d'une mise en oeuvre relativement aisée mais elle n'est pas toujours efficace pour

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MAINTIEN DE LA FOURNITURE EN ENERGIE ELECTRIQUE DANS UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'ENERGIE ELECTRIQUE POLYPHASEE

La présente invention concerne les réseaux de distribution d'énergie électrique polyphasée et se rapporte en particulier à un procédé de maintien de la fourniture en énergie électrique en présence d'un défaut sur une phase défectueuse d'une ligne de départ de tels réseaux, et à un dispositif pour la mise en oeuvre d'un tel procédé.

Le maintien de la fourniture en énergie électrique est une procédure selon laquelle les exploitants de réseaux de distribution ne déconnectent pas la ligne de départ défectueuse en présence de tels défauts affectant une phase afin de ne pas gêner les utilisateurs. En effet, le réseau est équipé de dispositifs, notamment des transformateurs, permettant de ne pas répercuter en aval, vers les utilisateurs, les défauts monophasés.

Les défauts non permanents monophasés, c'est-à-dire ceux qui ne sont pas du type auto-extincteurs ou fugitifs, et qui affectent une phase du réseau sont entre autre dûs à un isolement défectueux entre une phase et la terre, à la présence de transformateurs défectueux, ou à des ruptures de conducteurs engendrant des défauts à la terre.

Ces défauts donnent naissance à un courant de défaut pouvant provoquer une élévation de potentiel considérable au voisinage de la portion de réseau défectueuse.

Bien que ces défauts ne soient pas transmis vers les utilisateurs connectés dans le réseau, cette élévation de potentiel présente un danger important pour l'environnement (risque d'incendie), pour le matériel du réseau ou pour des personnes se trouvant à proximité de la zone incriminée (possibilité d'électrocution).

Dans les réseaux compensés, le neutre du réseau est relié à la terre par une bobine de compensation également appelée "bobine de Petersen". Cette bobine

manière à vérifier l'annulation du courant de défaut, et de maintien de la fourniture en énergie électrique si la valeur calculée du courant d'asymétrie est inférieure à ladite valeur de seuil.

Selon un premier mode de réalisation, postérieurement à ladite étape de mise à la terre de la phase défectueuse, on réalise successivement des premières et secondes mesures d'une part, d'un courant résiduel se propageant dans le réseau et, d'autre part, de la tension présente entre le neutre du réseau et la terre, lesdites premières et secondes mesures étant réalisées chacune pour une valeur de la résistance d'un élément résistif connecté en série dans une ligne de mise à la terre de la phase défectueuse, ledit courant d'asymétrie étant calculé à partir de valeurs résultant desdites premières et secondes mesures.

Selon une caractéristique de l'invention, ledit courant résiduel mesuré est le courant résiduel se propageant dans la ligne de départ comportant ladite phase défectueuse.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit courant résiduel mesuré est le courant résiduel global du réseau.

Selon un autre mode de réalisation, postérieurement à ladite étape de mise à la terre de la phase défectueuse, on réalise successivement des premières et secondes mesures d'une part, d'un courant de fuite se propageant dans une ligne de mise à la terre de la phase défectueuse et, d'autre part, de la tension présente entre le neutre du réseau et la terre, lesdites premières et secondes mesures étant réalisées chacune pour une valeur de la résistance d'un élément résistif connecté en série dans ladite ligne de mise à la terre, ledit courant d'asymétrie étant calculé à partir de valeurs résultant desdites premières et secondes mesures.

certains défauts faiblement résistifs en raison de la chute de tension en ligne due au courant de charge ou dans le cas de défauts fortement résistifs provoqués par exemple par une chute ou une rupture d'un conducteur. Ces défauts peuvent alors engendrer une élévation de potentiel importante au voisinage du défaut.

Le maintien de la fourniture ne peut donc pas être envisagé dans ce cas.

Par conséquent, le maintien de la fourniture en énergie électrique dans un réseau dans lequel une phase est défectueuse présente à ce jour des risques non négligeables.

Le but de l'invention est de fournir un procédé de maintien de la fourniture en énergie électrique permettant de pallier ces inconvénients et permettant la vérification de l'annulation du courant de défaut à partir de grandeurs électriques disponibles postérieurement à la mise à la terre de la phase défectueuse.

Elle a donc pour objet un procédé de maintien de la fourniture en énergie électrique dans un réseau de distribution d'énergie électrique polyphasée en présence d'un défaut sur une phase défectueuse d'une ligne de départ du réseau, comprenant les étapes de détection du défaut et de mise à la terre de la phase défectueuse de manière à annuler le courant de défaut se propageant dans le réseau sous l'effet dudit défaut, caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes de calcul d'un courant d'asymétrie résultant d'un déséquilibre entre les phases de ladite ligne et comportant une première composante représentative dudit déséquilibre en l'absence de défaut et une deuxième composante représentative dudit courant de défaut et de calcul de la différence entre la valeur dudit courant d'asymétrie et une valeur de seuil déterminée à partir de la valeur du courant d'asymétrie de ladite ligne ou du réseau en l'absence de défaut, de

défectueuse et dans laquelle est stocké un algorithme de calcul dudit courant d'asymétrie à partir de premières et secondes valeurs délivrées par lesdits premiers et deuxièmes organes de mesure, lesdites secondes valeurs correspondant à des mesures réalisées postérieurement au raccordement dudit élément résistif.

Selon une première caractéristique de l'invention, ledit premier organe de mesure est disposé dans ladite ligne de départ.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit premier organe de mesure est disposé dans une ligne d'alimentation d'un jeu de barres d'alimentation d'un ensemble de lignes de départ du réseau en vue de la mesure du courant résiduel global du réseau.

Selon un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, les premiers moyens de calcul comportent un premier organe de mesure d'un courant de fuite se propageant dans les moyens de raccordement à la terre de la phase défectueuse et un deuxième organe de mesure de la tension présente entre le neutre du réseau et la terre, reliés à une unité centrale de traitement pilotant un commutateur de raccordement d'un élément résistif en série sur les moyens de raccordement à la terre de la phase défectueuse et dans laquelle est stocké un algorithme de calcul du courant d'asymétrie à partir de premières et secondes valeurs de mesure délivrées par lesdits premiers et deuxièmes organes de mesure, lesdites secondes valeurs de mesure correspondant à des mesures réalisées postérieurement au raccordement dudit élément résistif.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

Selon une autre caractéristiques de l'invention, lesdites premières mesures sont réalisées pour une valeur nulle de la résistance dudit élément résistif.

L'invention a également pour objet un dispositif de maintien de la fourniture en énergie électrique dans un réseau de distribution d'énergie électrique polyphasée en présence d'un défaut sur une phase défectueuse d'une ligne de départ du réseau, comprenant des moyens de détection du défaut et de la phase défectueuse et des moyens sélectifs de raccordement à la terre de la phase défectueuse de manière à annuler le courant de défaut se propageant dans le réseau sous l'effet dudit défaut, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des premiers moyens de calcul d'un courant d'asymétrie résultant d'un déséquilibre entre les phases de ladite ligne et comportant une première composante représentative dudit déséquilibre en l'absence de défaut et une deuxième composante représentative dudit courant de défaut, et des deuxièmes moyens de calcul de la différence entre la valeur dudit courant d'asymétrie délivrée par lesdits premiers moyens de calcul et une valeur de seuil déterminée à partir de la valeur du courant d'asymétrie de ladite ligne ou du réseau en l'absence de défaut de manière à vérifier l'annulation du courant de défaut, en vue d'autoriser le maintien de la fourniture en énergie électrique si la valeur calculée du courant d'asymétrie est inférieure à ladite valeur de seuil.

Selon un premier mode de réalisation de ce dispositif, lesdits premiers moyens de calcul comportent un premier organe de mesure d'un courant résiduel se propageant dans le réseau et un deuxième organe de mesure de la tension présente entre le neutre du réseau et la terre, reliés à une unité centrale de traitement pilotant un commutateur de raccordement d'un élément résistif en série dans une ligne de mise à la terre de la phase

La description qui va suivre est relative au mode de mise à la terre par une bobine de compensation.

Dans le cas d'une mise à la terre par une faible impédance on déconnecte l'impédance dans la ligne de mise à la terre pendant le maintien de la fourniture.

Si l'on considère que la partie résistive des admittances phase-terre est négligeable devant la partie capacitive, lorsqu'apparaît un défaut monophasé sur une des phases, le courant réactif I_{NG} traversant cette bobine de compensation compense le courant capacitif du réseau, ce qui limite le courant de défaut engendré par le défaut.

Comme cela a été mentionné précédemment, avec ce régime de mise à la terre du neutre, il est possible de maintenir la fourniture en énergie électrique en présence d'un défaut monophasé, en raison de la valeur relativement faible du courant de défaut.

Le maintien de la fourniture peut néanmoins présenter un danger dans le cas de défauts faiblement résistifs, en raison de la chute de tension en ligne due au courant de charge, ou dans le cas de défauts fortement résistifs, provoqués par exemple par la rupture ou la chute d'un conducteur d'une ligne de départ.

Sur la figure 2, on a représenté le circuit équivalent du réseau de distribution de la figure 1 équipé d'un dispositif permettant de pallier cet inconvénient et de gérer le maintien de la fourniture en énergie électrique lors de l'apparition d'un tel défaut monophasé.

On voit sur cette figure 2 que le réseau, identique à celui de la figure 1, est équipé d'un commutateur 16 à trois états raccordé à la terre par une ligne 18 de mise à la terre, permettant de raccorder sélectivement à la terre chacune des barres 10,12 et 14 en vue de la mise à la terre de la phase défectueuse.

- la figure 1 représente le circuit équivalent d'un réseau de distribution d'énergie électrique triphasé;

- la figure 2 représente le réseau de la figure 1, équipé d'un dispositif de maintien de la fourniture en énergie électrique selon l'invention ;

- la figure 3 est un organigramme indiquant les différentes phases du procédé selon l'invention ;

- la figure 4 représente le réseau de la figure 1 équipé d'un dispositif de maintien de la fourniture selon un autre mode de réalisation ; et

- la figure 5 représente le réseau de la figure 1 équipé d'un troisième mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

Sur la figure 1 on a représenté le circuit équivalent d'un réseau de distribution d'énergie électrique triphasée.

Le poste d'alimentation du réseau est constitué par une source de tension triphasée alimentant par une ligne d'alimentation un jeu de barres, 10,12 et 14, auxquelles sont reliées les lignes de départ du réseau.

Sur cette figure, $\underline{V1}$,$\underline{V2}$ et $\underline{V3}$ désignent respectivement les tensions délivrées par le poste d'alimentation, I1,I2 et I3 désignent les courants délivrés par ce poste d'alimentation, I_{rest} désigne le courant résiduel total en sortie du poste d'alimentation, correspondant au courant résiduel global du réseau, D_i désigne la ligne de départ n°i et I_{resi} désigne le courant résiduel la ligne de départ n°i.

Par ailleurs, $\underline{Y}$1Gi, $\underline{Y}$2Gi et $\underline{Y}$3Gi désignent les admittances globales phase-terre de chacune des trois phases du départ n°i.

Le neutre N du réseau est relié à la terre par une bobine de compensation réactive d'admittance $\underline{Y}_{NG}$ ou par une impédance d'une faible valeur.

Il est à noter que les deux commutateurs 28 et 30 fonctionnent de façon alternative de sorte que lorsque l'un de ces commutateurs est ouvert, l'autre est fermé.

Il est à noter que la résistance 27 a une valeur adaptée pour l'utilisation envisagée, comme cela sera décrit en détail par la suite, par exemple une valeur voisine de 100 ohms pour un réseau compensé et voisine de 8 ohms dans le cas d'une mise à la terre par une faible impédance.

Le courant de court-circuit circulant dans la ligne 18 de raccordement à la terre engendre une tension entre la phase défectueuse et la terre au niveau du poste d'alimentation qui compense une partie de la chute de tension due au courant de charge en ligne.

La montée en potentiel à l'emplacement du défaut, étant dépendante de la chute de tension dans la phase défectueuse, le raccordement à la terre par la ligne 18 de mise à la terre permet de réduire les contraintes à l'endroit du défaut. Dans la plupart des cas, le courant de défaut est alors annulé. Dans ces cas il n'y a pas d'élévation de potentiel. Il est ainsi possible d'envisager le maintien de la fourniture en énergie électrique en présence de ce défaut.

Par ailleurs, l'unité centrale de traitement 20 vérifie l'annulation du courant de défaut.

Le procédé de maintien de la fourniture en énergie électrique dans le réseau de la figure 2 va maintenant être décrit en référence à la figure 3.

Au cours de ce procédé, on surveille de façon continue, au cours d'une première étape 32, le réseau de distribution, en vue de la détection d'un défaut sur une phase d'une ligne de départ du réseau.

La détection d'un défaut peut être effectuée par différentes techniques connues, par exemple en utilisant des protections wattmétriques sur chaque ligne de départ

Le commutateur 16 est piloté par une unité centrale de traitement 20 reliée à un organe de mesure 22 de la tension $\underline{V}_{NG}$ présente entre le neutre N et la terre du réseau et à un ensemble d'organes de mesure 24 1...24i du courant résiduel circulant dans chaque ligne de départ D1,...Di.

L'unité centrale de traitement 20 est de type connu et ne sera donc pas décrite en détail par la suite.

Lorsqu'apparaît un défaut monophasé résistif sur une phase d'une ligne de départ, par exemple sur la ligne de départ D1, ce défaut est détecté par l'unité centrale de traitement 20 qui commande le commutateur 16 pour relier cette phase défectueuse à la ligne 18 de raccordement à la terre.

Sur cette figure 2, la phase correspondant à la barre 14 est défectueuse et mise à la terre.

Avantageusement, la commutation du commutateur 16 est réalisée après un délai suffisant pour attendre l'auto-extinction éventuelle du défaut, dans le cas où ce défaut est du type "fugitif". Ainsi, le raccordement à la terre de la phase défectueuse ne s'effectue que dans le cas de défauts permanents.

On voit sur la figure 2 que la ligne 18 de raccordement à la terre de la phase défectueuse comporte deux branches parallèles, à savoir une première branche 25 de raccordement direct à la terre de la phase défectueuse et une branche 26 de raccordement à la terre par l'intermédiaire d'une résistance 27.

Chacune des branches 25 et 26 est équipée d'un commutateur, respectivement 28 et 30, piloté par l'unité centrale de traitement 20 afin de provoquer le raccordement à la terre de la phase défectueuse soit directement, par l'intermédiaire de la première branche 25, soit par l'intermédiaire de la résistance 27.

Dès lors, l'unité centrale de traitement dispose des premières valeurs I_{resa} et $\underline{V}_{NGa}$ du courant résiduel et de la tension neutre terre préalablement à la commutation des commutateurs 28 et 30 et de secondes valeurs I_{resb} et $\underline{V}_{NGb}$ du courant résiduel et de la tension neutre terre du réseau postérieurement à la commutation des commutateurs 28 et 30.

Au cours de l'étape 42 suivante, le courant d'asymétrie I_{kDD} est calculé par l'unité centrale de traitement 20, au moyen d'un algorithme de calcul approprié, à partir de ces valeurs I_{resa}, $\underline{V}_{NGa}$ et I_{resb}, et $\underline{V}_{NGb}$ à partir d'un algorithme de calcul approprié stocké dans l'unité 20, à partir de la relation suivante :

$$I_{kDD} = I_{resb} - \frac{\Delta I_{res}}{\Delta \underline{V}_{NG}} \times \underline{V}_{NGb} \qquad (1)$$

dans laquelle :

$\Delta I_{res} = I_{resb} - I_{resa}$ et
$\Delta \underline{V}_{NG} = \underline{V}_{NGb} - \underline{V}_{NGa}$

Par ailleurs, si le défaut est présent lors des deux mesures effectuées lors des étapes 36 et 40 précédentes, ce qui est le cas en présence d'un défaut permanent, le courant d'asymétrie I_{kDD} satisfait à la relation suivante :

$$I_{kDD} = I_{knDD} + \frac{V_{nom}}{R_f} \qquad (2)$$

dans laquelle V_{nom} est la tension nominale simple du réseau,

R_f est la résistance du défaut, et

du réseau, ou en utilisant des procédés connus de détection de défauts résistifs.

Si un défaut dont la résistance est inférieure à une valeur prédéterminée (1 Kohm) a été détecté sur le réseau, on détermine, au cours de l'étape 34 suivante, la ligne de départ et la phase défectueuses, afin de provoquer la commutation du commutateur 16 pour raccorder à la terre la phase concernée, de préférence avec un retard suffisant pour attendre l'auto-extinction de défaut.

Au cours de l'étape 36 suivante, l'unité centrale de traitement 20 acquiert une première valeur vectorielle de mesure I_{resa} du courant résiduel circulant dans la ligne de départ défectueuse ainsi qu'une première valeur vectorielle de mesure $\underline{V}_{NGa}$ de la tension présente entre le neutre et la terre du réseau, à l'aide des organes de mesure 22 et 24 i correspondants.

Il est à noter qu'au cours de cette étape de mesure 36, le commutateur 28 est fermé et le commutateur 30 est ouvert de sorte que la phase défectueuse est raccordée directement à la terre par l'intermédiaire de la branche 25 de la ligne 18 de raccordement à la terre et que la branche 26 est ouverte.

Au cours de l'étape 38 suivante, l'unité de traitement 20 provoque la commutation à l'ouverture du commutateur 28 et la commutation à la fermeture du commutateur 30 de sorte que la phase défectueuse est raccordée à la terre par l'intermédiaire de la résistance 27.

L'unité centrale de traitement 20 mesure ensuite, dans l'étape 40 suivante, la valeur I_{resb} du courant résiduel circulant dans la ligne de départ à laquelle appartient la phase défectueuse ainsi que la valeur $\underline{V}_{NGb}$ de la tension présente entre le neutre N et la terre du réseau.

46 suivante d'interrompre la distribution en énergie électrique en déconnectant la ligne de départ en défaut.

Par ailleurs, si au cours de cette étape 44 il a été constaté que la valeur du courant d'asymétrie I_{kDD} est inférieure à la valeur maximale de seuil I_{kDDmax} on décide de maintenir la distribution d'énergie électrique au cours d'une phase ultérieure classique de détection de l'emplacement du défaut et de l'intervention des équipes de maintenance.

Ainsi, la distribution d'énergie électrique dans le réseau est maintenue si le courant de défaut, est annulé.

La fourniture en énergie électrique peut ainsi être maintenue sans risque.

Si tel n'est pas le cas, la mise à la terre de la phase défectueuse ne suffit pas pour annuler le courant de défaut et pour limiter ainsi l'élévation de potentiel au voisinage du défaut et la fourniture doit être interrompue pour supprimer tous les risques d'incidents pour les personnes ou l'environnement.

Dans l'exemple de réalisation qui vient d'être décrit, la vérification de l'annulation du courant de défaut est effectuée à partir de la surveillance du courant résiduel I_{res} de la ligne de départ défectueuse.

Selon un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention représenté sur la figure 4, on surveille la valeur du courant de défaut à partir du courant résiduel global I_{rest} du réseau.

Comme dans l'exemple de réalisation décrit précédemment en référence à la figure 2, ce dispositif comporte une unité centrale de traitement 50 pilotant un commutateur à trois états 52 en vue du raccordement à la terre la phase défectueuse par l'intermédiaire d'une ligne 53 de raccordement à la terre.

I_{knDD} est le courant d'asymétrie naturel de la ligne de départ en l'absence du défaut.

On conçoit que ce courant d'asymétrie ou de déséquilibre comporte une première composante, I_{knDD} , représentative du courant d'asymétrie en l'absence de défaut et une dernière composante $\frac{V_{nom}}{R_f}$ représentative du courant de défaut.

Il est à noter que le courant d'asymétrie naturel de la ligne de départ I_{knDD} présente de façon connue une valeur relativement faible inférieure à une valeur comprise approximativement entre 0,2 et 0,4 A.

On suppose par ailleurs que pour une valeur de résistance de défaut R_f supérieure ou égale à une valeur voisine de 1 kohm, la distribution en énergie électrique ne doit pas être maintenue.

Dès lors, pour une valeur nominale V_{nom} de la tension du réseau égale à 11,5 kV, on décide que la distribution d'énergie électrique dans le réseau ne doit pas être maintenue pour une valeur du courant d'asymétrie I_{kDD} supérieure à une valeur comprise entre approximativement 2 A et 20 A.

Ainsi, au cours de l'étape 44 suivante, l'unité centrale de traitement compare à l'aide d'un algorithme de calcul approprié le courant d'asymétrie I_{kDD} calculé au cours de l'étape 42 précédente avec une valeur de seuil I_{kDDmax} supérieure à une valeur comprise entre approximativement 2 A et 20 A et représentative de la valeur maximale du courant d'asymétrie autorisée à circuler dans le réseau.

Par conséquent, si au cours de l'étape 44 il a été constaté que le courant d'asymétrie I_{kDD} est supérieur à la valeur de seuil I_{kDDmax} on décide, au cours de l'étape

circulant dans la ligne 68 de raccordement à la terre de la phase défectueuse.

Comme précédemment, on calcule le courant de d'asymétrie I_{kR} circulant dans le réseau à partir de deux valeurs successives du courant de fuite I_f circulant dans la ligne de mise à la terre de la phase défectueuse et de la tension $\underline{V}_{NO}$ de la tension présente entre le neutre N et la terre du réseau, pour deux valeurs différentes de la résistance de la ligne 68 de mise à la terre et, comme précédemment, on compare cette valeur calculée I_{kR} avec une valeur de seuil, similaire à la valeur de seuil I_{kRmax} mentionnée précédemment, en vue de maintenir la distribution en énergie électrique ou de déconnecter le poste source pour supprimer tous les risques d'incidents.

On conçoit que l'invention qui vient d'être décrite permet d'une part de minimiser l'influence d'un défaut monophasé apparaissant dans un réseau de distribution d'énergie électrique, de maintenir la distribution en énergie électrique si le courant de défaut est annulé par la mise à la terre de la phase et que celui-ci ne présente aucun danger et, d'autre, de couper la distribution en cas de danger.

Elle permet en outre la surveillance et le contrôle du courant de défaut à partir de grandeurs caractéristiques disponibles directement dans le réseau et est donc relativement simple à mettre en oeuvre.

Le dispositif comporte en outre, comme précédemment, un organe 54 de mesure de la tension $\underline{V}_{NG}$ présente entre le neutre et la terre du réseau.

Par ailleurs, l'unité centrale de traitement 50 est reliée à un organe 56 de mesure du courant résiduelle globale du réseau I_{rest} branché sur la ligne d'arrivée du jeu de barres 58,60 et 62 d'alimentation des lignes de départ $D_1,...D_i$.

Le procédé de maintien de la fourniture mis en oeuvre dans ce dispositif est identique à celui décrit à la figure 2 et ne sera donc pas repris par la suite.

Toutefois, la valeur de courant d'asymétrie du réseau I_{kR} est calculée, au cours de l'étape 42 à l'aide de la relation suivante :

$$I_{kR} = I_{resta} - \frac{\Delta I_{rest}}{\Delta \underline{V}_{NG}} \times \underline{V}_{NGa} \qquad (3)$$

dans laquelle :

$\Delta I_{rest} = I_{restb} - I_{resta}$

I_{resta} désignant la valeur du courant résiduel global du réseau lorsque la résistance 64 de raccordement à la terre est déconnectée et I_{restb} désignant la valeur de ce courant résiduel global lorsque cette résistance 64 est connectée.

Selon un autre mode de réalisation représenté sur la figure 5, le courant de défaut est surveillé, postérieurement au raccordement à la terre de la phase défectueuse, à partir de la valeur de courant de fuite ou courant "shunt" circulant dans la ligne de raccordement à la terre de la phase défectueuse.

On voit sur cette figure 5 que ce dispositif est équipé d'un organe de mesure 66 du courant de fuite I_f

courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) à partir de valeur résultant desdites premières et secondes mesures.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit courant résiduel mesuré est le courant résiduel (I_{resi}) se propageant dans la ligne de départ (D_i) comportant ladite phase défectueuse.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit courant résiduel mesuré est le courant résiduel (I_{rest}) global du réseau.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que postérieurement à ladite étape de mise à la terre de la phase défectueuse, on réalise successivement des premières et secondes mesures d'une part, d'un courant de fuite (I_f) se propageant dans une ligne de mise (68) à la terre de la phase défectueuse et, d'autre part, de la tension ($\underline{V}_{NG}$) présente entre le neutre (N) du réseau et la terre, lesdites premières et secondes mesures étant réalisées chacune pour une valeur de la résistance d'un élément résistif connecté en série dans ladite ligne (68) de mise à la terre, et en ce que l'on calcule ledit courant d'asymétrie (I_{kR}) à partir de valeurs résultant desdites premières et secondes mesures.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que lesdites premières mesures sont réalisées pour une valeur nulle de la résistance dudit élément résistif.

7. Dispositif de maintien de la fourniture en énergie électrique dans un réseau de distribution d'énergie électrique polyphasée en présence d'un défaut sur une phase défectueuse d'une ligne de départ (D_i) du réseau, comprenant des moyens de détection du défaut et de la phase défectueuse et des moyens sélectifs de raccordement à la terre (18;53;68) de la phase défectueuse de manière à annuler le courant de défaut se propageant dans le réseau sous l'effet dudit défaut, caractérisé en ce qu'il

REVENDICATIONS

1. Procédé de maintien de la fourniture en énergie électrique dans un réseau de distribution d'énergie électrique polyphasée en présence d'un défaut sur une phase défectueuse d'une ligne (D_i) de départ du réseau, comprenant les étapes de détection du défaut et de mise à la terre de la phase défectueuse de manière à annuler le courant de défaut se propageant dans le réseau sous l'effet dudit défaut, caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes de calcul d'un courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) résultant d'un déséquilibre entre les phases de ladite ligne et comportant une première composante représentative du déséquilibre en l'absence de défaut et une deuxième composante représentative dudit courant de défaut et de calcul de la différence entre la valeur dudit courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) et une valeur de seuil (I_{kDDmax};I_{kRmax}) déterminée à partir de la valeur du courant d'asymétrie de ladite ligne de départ ou du réseau en l'absence de défaut, de manière à vérifier l'annulation du courant de défaut et de maintien de la fourniture en énergie électrique si la valeur calculée du courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) est inférieure à ladite valeur de seuil (I_{kDDmax};I_{kRmax}).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que postérieurement à ladite étape de mise à la terre de la phase défectueuse on réalise successivement des premières et secondes mesures d'une part d'un courant résiduel (I_{reel};I_{reet}) se propageant dans le réseau et, d'autre part, de la tension ($\underline{V}_{NG}$) présente entre le neutre du réseau (N) et la terre, lesdites premières et secondes mesures étant réalisées chacune pour une valeur de la résistance d'un élément résistif (27;64) connectée en série dans une ligne (18;53;68) de mise à la terre de la phase défectueuse, et en ce que l'on calcule ledit

10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit premier organe de mesure (56) est disposé dans une ligne d'alimentation d'un jeu de barres (58,60,62) d'alimentation d'un ensemble de lignes (D_i) de départ du réseau en vue de la mesure du courant résiduel global (I_{rest}) dudit réseau.

11. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premiers moyens de calcul comportent un premier organe de mesure (66) d'un courant de fuite (I_f) se propageant dans les moyens de raccordement à la terre (68) de la phase défectueuse et un deuxième organe de mesure de la tension ($\underline{V}_{NG}$) présente entre le neutre (N) du réseau et la terre reliés à une unité centrale de traitement pilotant un commutateur de raccordement d'un élément résistif en série sur les moyens de raccordement à la terre (68) de la phase défectueuse et dans laquelle est stocké un algorithme de calcul du courant d'asymétrie (I_{kR}) à partir de premières et secondes valeurs de mesure délivrées par lesdits premiers et deuxièmes organes de mesure, lesdites secondes valeurs de mesure correspondant à des mesures réalisées postérieurement au raccordement dudit élément résistif.

comporte en outre des premiers moyens de calcul (20;50) d'un courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) résultant d'un déséquilibre entre les phases de ladite ligne (D_i) et comportant une première composante représentative dudit déséquilibre en l'absence de défaut et une deuxième composante représentative dudit courant de défaut, et des deuxièmes moyens de calcul (20;50) de la différence entre la valeur dudit courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) délivrée par lesdits premiers moyens de calcul et une valeur de seuil (I_{kDDmax}; I_{kRmax}) déterminée à partir de la valeur du courant d'asymétrie de ladite ligne (D_i) ou du réseau en l'absence de défaut de manière à vérifier l'annulation du courant de défaut, en vue d'autoriser le maintien de la fourniture en énergie électrique si la valeur calculée du courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) est inférieure à ladite valeur de seuil (I_{kDDmax};I_{kRmax}).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits premiers moyens de calcul comportent un premier organe de mesure (24i;56) d'un courant résiduel (I_{resi};I_{rest}) se propageant dans le réseau et un deuxième organe de mesure (22;54) de la tension ($\underline{V}_{NG}$) présente entre le neutre (N) du réseau et la terre, reliés à une unité centrale de traitement (20;50) pilotant un commutateur (30) de raccordement d'un élément résistif (27;64) en série dans une ligne de mise à la terre (18;53) de la phase défectueuse et dans laquelle est stocké un algorithme de calcul dudit courant d'asymétrie (I_{kDD};I_{kR}) à partir de premières et secondes valeurs délivrées par lesdits premiers (24i;56) et deuxièmes organes de mesure (22;54), lesdites secondes valeurs correspondant à des mesures réalisées postérieurement au raccordement dudit élément résistif.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit premier organe de mesure (24i) est disposé dans ladite ligne de départ.

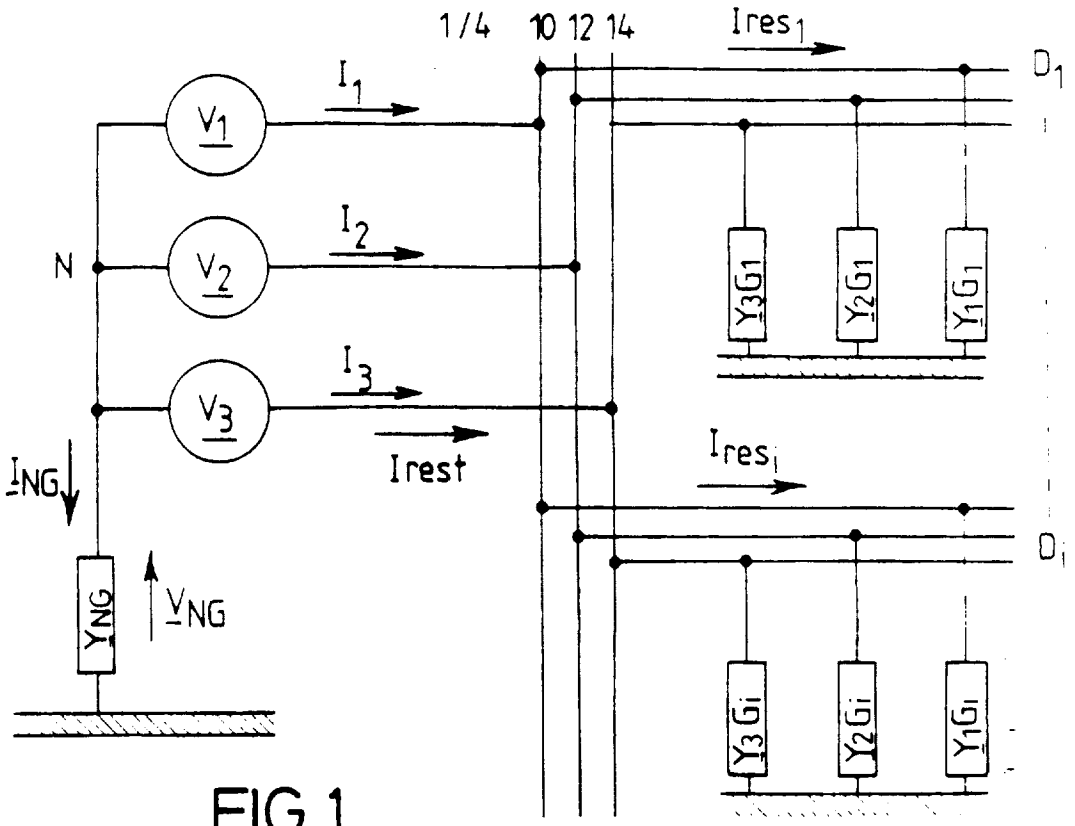

1/4
10 12 14
Ires1
D1
I1
V1
I2
V2
N
I3
V3
Irest
ING
Iresi
Di
YNG
VNG
Y3G1
Y2G1
Y1G1
Y3Gi
Y2Gi
Y1Gi

FIG.1

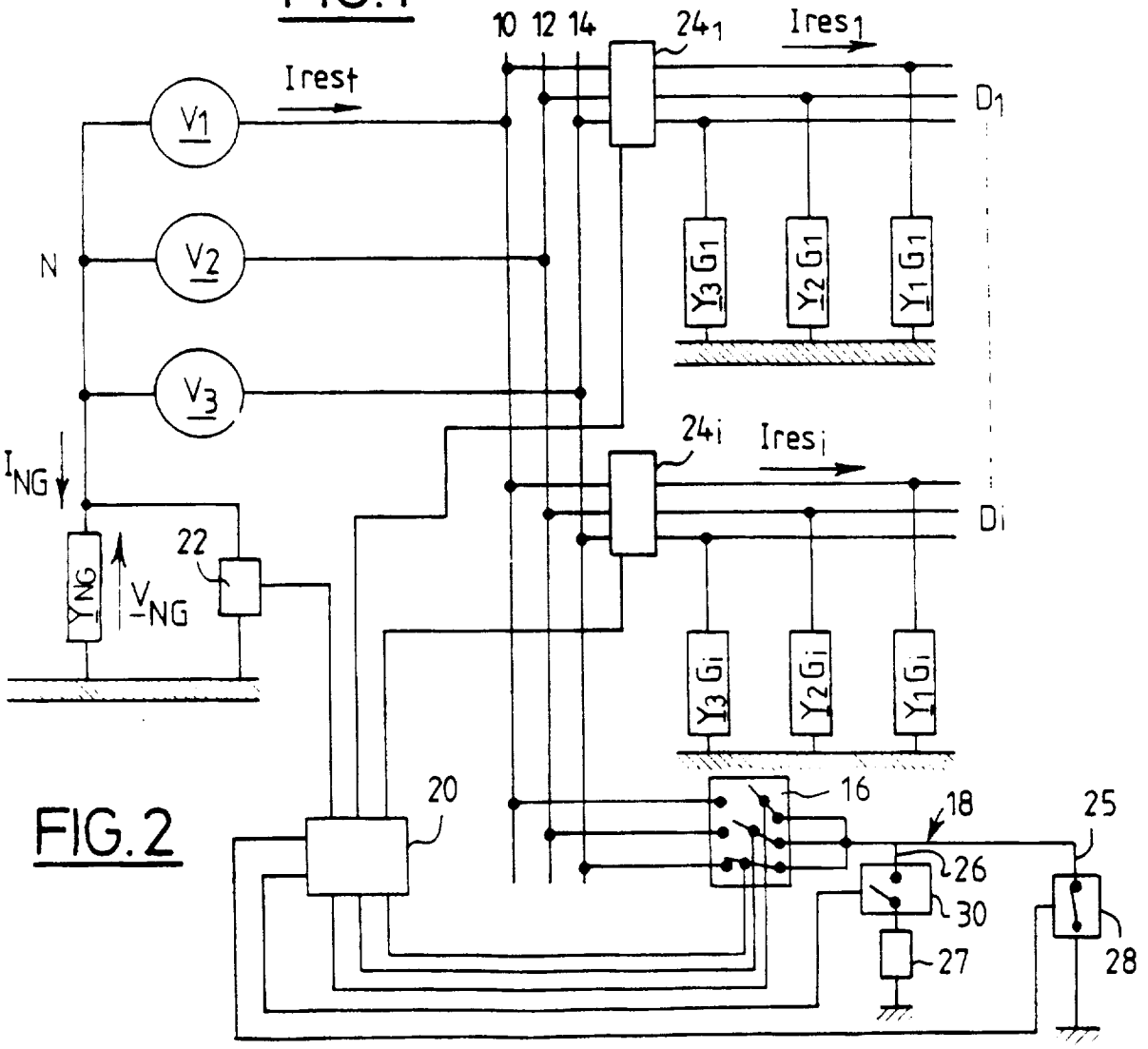

10 12 14
241
Ires1
D1
Irest
V1
V2
N
V3
24i
Iresi
Di
ING
22
YNG
VNG
Y3G1
Y2G1
Y1G1
Y3Gi
Y2Gi
Y1Gi
20
16
18
25
26
30
27
28

FIG.2

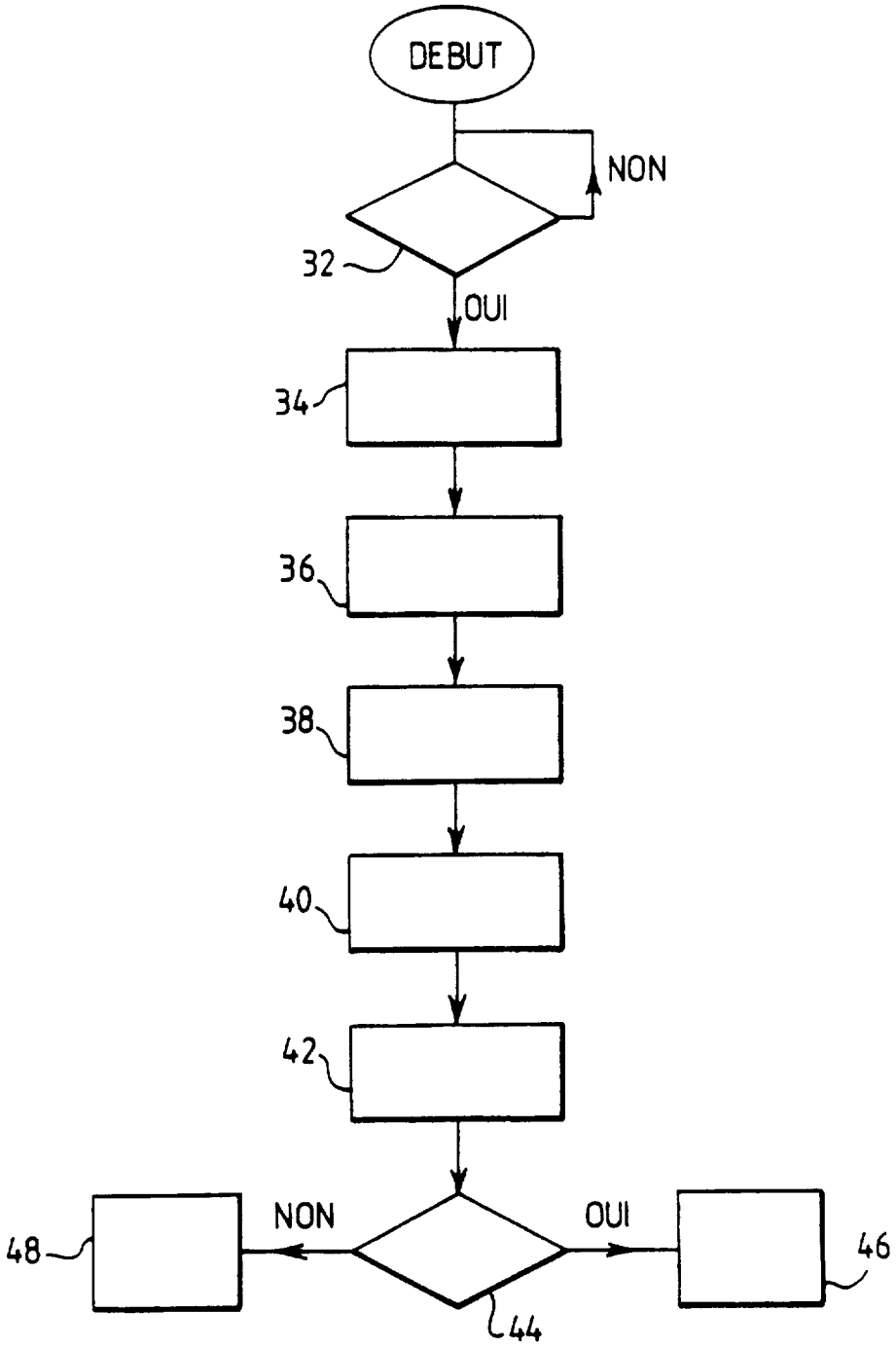


FIG. 3

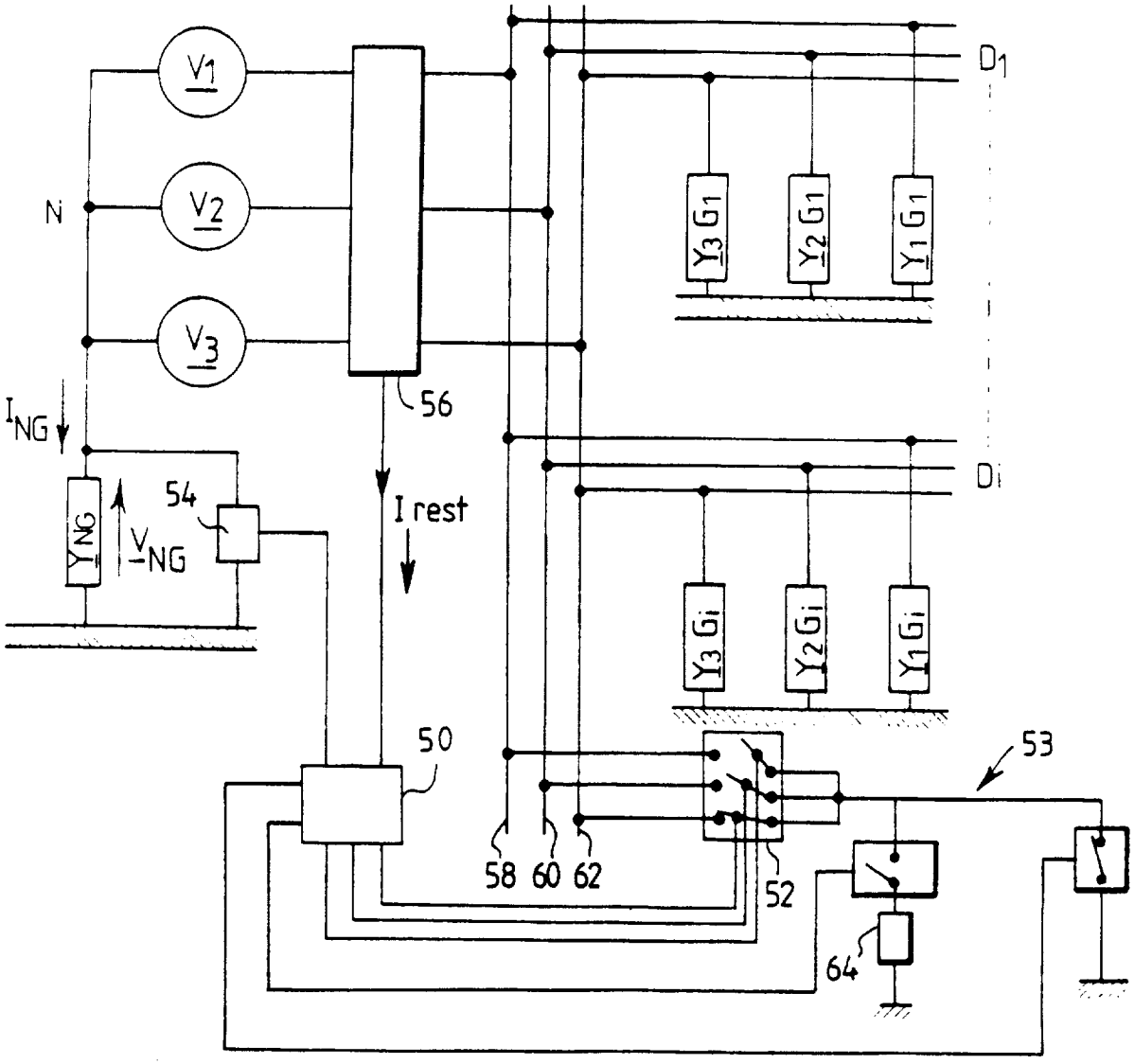

V1
V2
V3
N
ING
YNG
VNG
54
56
I rest
50
53
52
64
58 60 62
D1
Di
Y3 G1
Y2 G1
Y1 G1
Y3 Gi
Y2 Gi
Y1 Gi

FIG. 4

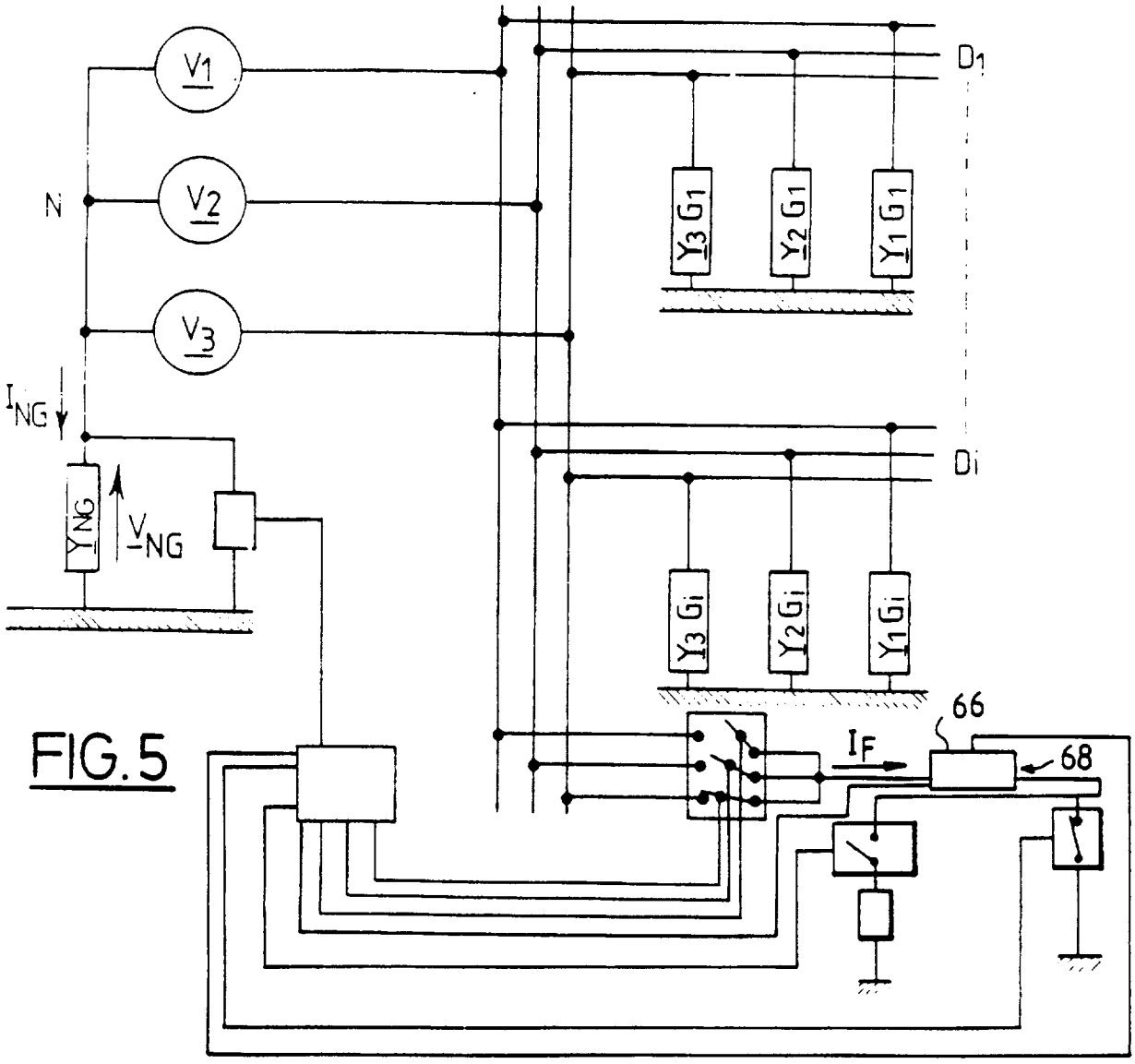

V1
V2
V3
N
ING
YNG
VNG
D1
Di
Y3 G1
Y2 G1
Y1 G1
Y3 Gi
Y2 Gi
Y1 Gi
66
68
IF

FIG.5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No
PCT/FR 97/01352

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H02J3/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 H02J G01R H01H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 004 191 A (KOROLJUK JURY FEDOROVICH ET AL) 18 janvier 1977 voir abrégé	1-11
A	EP 0 276 181 A (SCHLUMBERGER IND SA) 27 juillet 1988 voir revendication 1	1-11
A	EP 0 079 504 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 25 mai 1983 voir abrégé	1-11

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

1

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
6 novembre 1997	24/11/1997

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Moyle, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. .onal Application No
PCT/FR 97/01352

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H02J3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H02J G01R H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropnate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 004 191 A (KOROLJUK JURY FEDOROVICH ET AL) 18 January 1977 see abstract ---	1-11
A	EP 0 276 181 A (SCHLUMBERGER IND SA) 27 July 1988 see claim 1 ---	1-11
A	EP 0 079 504 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 25 May 1983 see abstract -----	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publicationdate of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of theinternational search	Date of mailing of the international search report
6 November 1997	24/11/1997

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Moyle, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. .onal Application No
PCT/FR 97/01352

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4004191 A	18-01-77	NONE	
EP 0276181 A	27-07-88	FR 2610115 A	29-07-88
		DE 3865684 A	28-11-91
EP 0079504 A	25-05-83	US 4398232 A	09-08-83
		AU 560005 B	26-03-87
		AU 8896882 A	19-05-83
		BR 8205988 A	13-09-83
		CA 1187555 A	21-05-85
		JP 58089028 A	27-05-83