

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33468 B1** (51) Cl. internationale : **G01R 19/25**
(43) Date de publication : **03.07.2012**

(21) N° Dépôt : **34583**

(22) Date de Dépôt : **27.01.2012**

(30) Données de Priorité : **29.06.2009 DE 10 2009 031 017.7**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2010/058930 23.06.2010**

(71) Demandeur(s) : **WOBEN, Aloys, ARGESTRASSE 19, 26607 AURICH (DE)**

(72) Inventeur(s) : **BEEKMANN, Alfred ; DIEDRICHS, Volker**

(74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**

(54) Titre : **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'OBSERVATION DE L'ÉTAT D'UN RÉSEAU ELECTRIQUE**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de saisie de grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé comportant une première, une deuxième et une troisième phase. Ce procédé comporte plusieurs étapes consistant à mesurer, à un premier instant, une valeur de tension de la première, de la deuxième et de la troisième phase par rapport à un conducteur neutre, à transformer ensuite les trois valeurs de tension du premier instant en coordonnées polaires correspondant à une amplitude de tension et à un angle de phase, à répéter alors les étapes de mesure et de transformation pour au moins un autre instant, et enfin, à utiliser les valeurs de tensions transformées en coordonnées polaires pour déterminer la fréquence effective, l'amplitude de tension effective, et/ou l'angle de phase effectif de l'une des phases.

Résumé

La présente invention concerne un procédé permettant de saisir les grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé, avec une première, une seconde et une troisième phase, comprenant les étapes de mesure, dans chaque cas, de la valeur de la tension de la première, seconde et troisième phase par rapport à un conducteur neutre, à un premier instant, la transformation des trois valeurs de tension obtenues au premier instant en coordonnées polaires avec une amplitude de tension et un angle de phase, la répétition de la mesure et de la transformation à au moins un autre instant, et la détermination des valeurs actuelles de la fréquence, de l'amplitude de tension et/ou de l'angle de phase d'au moins l'une des phases à partir des valeurs de tensions transformées en coordonnées polaires.

(Fig. 4)

03 JUIL 2012

Procédé et dispositif d'observation de l'état d'un réseau électrique

La présente invention concerne un procédé permettant de saisir les grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé, présentant une première, une seconde et une troisième phase. De plus, la présente invention concerne un procédé d'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif. L'invention concerne également un dispositif permettant de saisir les grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé ainsi qu'un dispositif d'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif triphasé. La présente invention concerne également une station électrique éolienne préparée pour saisir les grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif et/ou pour alimenter un tel réseau de courant alternatif en énergie électrique.

En particulier l'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif existant nécessite-t-elle une connaissance aussi complète que possible dudit réseau. La connaissance de la fréquence de la tension alternative du réseau ainsi que les valeurs absolues et les phases des tensions sont également significatives. Une saisie aussi exacte et aussi proche dans le temps que possible de grandeurs, et en particulier des tensions électriques dans le réseau, est également désirable à d'autres fins qu'à l'alimentation.

Afin de saisir la fréquence et l'angle de phase de la tension alternative d'un réseau de courant alternatif, on saisit habituellement les passages à zéro de la tension. Le temps séparant deux passages à zéro de la tension voisins l'un de l'autre correspond à une demi-période, ce qui permet de calculer la fréquence. Ainsi, la position de phase peut-elle être déterminée à partir du passage à zéro et de la fréquence, ou encore à partir des deux passages à zéro.

Ce procédé présente en particulier le désavantage qu'il faut en conséquence au moins un intervalle de temps d'une demi-période pour saisir la fréquence, et donc des changements de fréquence. En même temps, la qualité peut être insuffisante lors de

l'application de tels procédés de mesure. En particulier dans le cas de réseaux de courant alternatif, qui sont de plus en plus alimentés et supportés à partir de systèmes décentralisés, des mesures aussi rapides que possible et de qualité aussi élevée que possible sont souhaitables. La saisie fiable et rapide de dérangements du réseau, tels que l'occurrence de courts-circuits, revêt également une importance croissante.

Le but de la présente invention est donc de proposer un procédé amélioré ou encore un dispositif correspondant, du moins en ce qui concerne l'un de désavantages mentionnés ci-dessus. Un but visé est en particulier de proposer un procédé de mesure amélioré, du moins en ce qui concerne la rapidité et la qualité. Du moins était-il prévu de proposer un procédé de mesure et un procédé d'alimentation alternatifs, ainsi qu'un dispositif correspondant.

Il sera ici fait référence aux documents DE 101 13 786 A1, EP 004 984 A1 et DE 199 44 680 A1 comme représentant l'état de la technique.

Selon l'invention, il est proposé un procédé de saisie des grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé selon la revendication 1.

On part d'un réseau de courant alternatif triphasé présentant une première, une seconde et une troisième phase. L'indication d'un angle de phase se réfère en ce qui suit fondamentalement à la première phase, dans la mesure où rien d'autre n'est indiqué. Les index de 1 à 3, concernant en particulier les tensions ou les angles de phases, se réfèrent fondamentalement à la première, à la seconde ou encore à la troisième phase.

Une étape du procédé consistera à saisir ou encore à mesurer, à un premier instant, une valeur de tension, à savoir une tension pour chaque conducteur de phase, c.-à-d. la tension par rapport au conducteur neutre ou à un autre potentiel neutre, de la première, de la seconde et de la troisième phase.

L'étape suivante consistera en une transformation des valeurs de tension mesurées au premier instant en coordonnées polaires complexes, ce qui permettra d'obtenir une valeur absolue et un angle de phase, l'angle de phase se référant à la première tension. La transformation peut avoir lieu comme suit:

$$\bar{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3} \sqrt{(\text{real}(\bar{u}))^2 + (\text{imag}(\bar{u}))^2}}$$

$$\varphi_M = \arctan(\text{imag}(\bar{u}) / \text{real}(\bar{u}))$$

Une étape suivante consistera à répéter la mesure et la transformation pour un autre instant au moins. On aura ainsi une mesure de tension transformée en coordonnées polaires à au moins deux instants. Ces valeurs en coordonnées polaires permettront alors de déterminer la fréquence, l'amplitude de tension et/ou l'angle de phase d'au moins l'une des phases.

En général, l'application du procédé sera du type numérique. Dans ce cas, les étapes décrites du procédé se dérouleront du moins en partie successivement dans le temps. En particulier, en un premier temps, on effectuera une mesure de la tension des trois phases, ensuite une transformation aura lieu et ensuite, à un second instant ultérieur, on procédera à nouveau à mesurer les tensions des trois phases. En principe, on pourra également envisager une application analogue du procédé; dans ce cas, la mesure pourrait avoir lieu de manière continue.

De manière préférentielle, on calculera les valeurs actuelles de la fréquence, d'une amplitude de tension et des phases des trois tensions. De manière également préférentielle, les instants des mesures seront distants entre eux dans le temps de moins d'une demi-période, partant de la fréquence attendue.

De manière préférentielle, pour déterminer l'unique fréquence effective des trois tensions alternative, on appliquera un réglage de fréquence expressément non basée sur la conception du « phase-locked loop (PLL) » et qui réglerait en conséquence une première fréquence auxiliaire de manière à obtenir la puissance maximum. Un circuit de réglage sera utilisé à cette fin. En fait, la première fréquence auxiliaire est une grandeur d'état et un résultat obtenu à partir de ce circuit de réglage, pouvant continuer d'être uti-

lisée en tant que grandeur intermédiaire. En principe, la première fréquence auxiliaire pourra également être utilisée en tant que fréquence actuelle obtenue.

La fréquence auxiliaire permettra de déterminer un angle auxiliaire. Une comparaison de l'angle de phase obtenu lors de la transformation de coordonnées et de l'angle de phase auxiliaire permettra de générer une grandeur permettant à son tour de générer la première fréquence auxiliaire.

De manière préférentielle, on établira un premier angle de différence pour régler la fréquence. Ce premier angle de différence sera obtenu comme différence entre l'angle de phase obtenu lors de la transformation de coordonnées et un premier angle de phase auxiliaire, antérieur d'un temps d'échantillonnage. Ce premier angle de différence pourrait donc également être interprété comme fréquence ou comme fréquence de différence, vu que la différence entre un angle de phase et un angle de phase antérieur d'un temps d'échantillonnage correspond à une fréquence.

Selon cette réalisation, ledit premier angle de différence est multiplié par un premier facteur d'amplification et/ou additionné à une valeur de fréquence initiale, afin d'obtenir la première fréquence auxiliaire. Le premier angle de phase auxiliaire est déterminé à partir de la première fréquence auxiliaire. On pourra utiliser une fréquence attendue, et en particulier la fréquence nominale ou encore la fréquence angulaire nominale du réseau comme valeur initiale de la fréquence.

De manière préférentielle, on proposera la détermination d'un second angle de phase auxiliaire au moyen d'une seconde fréquence auxiliaire, afin d'améliorer la détermination de la fréquence. Une telle seconde fréquence auxiliaire pourra – au besoin après filtrage – être déclarée comme étant la fréquence actuelle saisie. De manière préférentielle, une telle seconde fréquence auxiliaire et un tel angle de phase auxiliaire seront basés sur la première fréquence auxiliaire et le premier angle de phase auxiliaire, selon l'une des réalisations précédentes. De manière préférentielle, la seconde fréquence auxiliaire et le second angle de phase auxiliaire seront déterminés, et en particulier réglés, sur la base d'un comportement dynamique donné à l'avance, en fonction de la première fréquence auxiliaire et du premier angle de phase auxiliaire.

Selon une réalisation, il sera proposé de déterminer un second angle de différence, partant du premier angle de phase auxiliaire et du second angle de phase auxiliaire. Ce second angle de différence sera obtenu en faisant la différence entre le premier angle de phase auxiliaire et le second angle de phase auxiliaire, antérieur d'un temps d'échantillonnage. La première et la seconde fréquence auxiliaire continueront d'être prises comme base pour déterminer une fréquence de différence auxiliaire. Cette fréquence de différence auxiliaire sera obtenue en faisant la différence entre la seconde fréquence auxiliaire, antérieure d'un temps d'échantillonnage, et la première fréquence auxiliaire.

De plus, une accélération angulaire auxiliaire est obtenue à partir du second angle de différence et de la fréquence de différence auxiliaire. Cette accélération angulaire auxiliaire est représentative d'une seconde dérivée par rapport au temps du second angle de phase auxiliaire, le second angle de phase auxiliaire ainsi que la seconde fréquence auxiliaire étant calculés à partir de cette accélération angulaire auxiliaire.

De manière préférentielle, l'accélération angulaire auxiliaire sera obtenue en faisant la différence entre le second angle de différence et la fréquence de différence auxiliaire, le second angle de différence et/ou la fréquence auxiliaire pouvant chacun être considérés comme étant multipliés par un facteur d'amplification.

Selon le choix des facteurs d'amplification, en particulier la soustraction d'avec la fréquence de différence auxiliaire, pouvant être désignée comme intercalation de la fréquence de différence auxiliaire avec un facteur d'amplification – qui pourrait en principe aussi être égal à 1 – aura un effet atténuant sur la dynamique de la première fréquence auxiliaire, dans la mesure où il sera possible d'interpréter les effets des étapes ou des caractéristiques du procédé.

Selon une réalisation préférentielle, l'amplitude de tension obtenue lors de la transformation sera mise à disposition comme tension de sortie saisie. De plus ou alternativement, l'angle de phase obtenu selon cette réalisation sera dérivé selon le temps – ce qui peut avoir lieu de manière discrète ou continue – et mis à disposition comme fréquence saisie. Alternativement, cet angle de phase dérivé peut également être mis à

disposition comme fréquence de référence saisie, en particulier si une autre grandeur est mise à disposition en tant que fréquence saisie.

De plus, ou alternativement, la seconde fréquence auxiliaire sera mise à disposition comme fréquence saisie et, de plus ou alternativement, le second angle de phase auxiliaire sera mis à disposition comme angle de phase saisi d'une phase, et en particulier de la première phase. Une, plusieurs ou encore toutes les grandeurs mentionnées pourront au besoin être filtrées de manière adéquate avant d'être mises à disposition.

Les grandeurs devant être mises disposition, et en particulier la seconde fréquence auxiliaire mise à disposition comme fréquence saisie et l'angle de phase auxiliaire mis à disposition comme angle de phase saisi, constituent ainsi un produit du procédé. Une telle seconde fréquence saisie mise à disposition et un tel angle de phase saisi mis à disposition se distinguent en particulier par une saisie rapide. Cela signifie en particulier que la mise à disposition d'une fréquence saisie, présentant un changement de fréquence du réseau de courant alternatif mesuré au cours d'un intervalle de temps plus court qu'une demi-période, se distinguera déjà d'une saisie de fréquence habituelle par la mesure des passages à zéro de la tension. Si besoin est, le procédé selon l'invention pourra évidemment être établi ou encore réalisé de manière à être plus lent.

De plus, et selon une autre réalisation, un contrôle du réseau de courant alternatif aura lieu pour établir la présence d'au moins un dérangement du réseau. Lesdits dérangements de réseau incluent:

- la perte de stabilité angulaire,
- l'occurrence d'îlotage,
- l'occurrence d'un court-circuit triphasé et
- l'occurrence d'un court-circuit bipolaire.

L'occurrence d'un court-circuit triphasé peut être identifié en particulier par l'effondrement des trois tensions pour chacun des conducteurs de phase, et donc à l'effondrement de l'amplitude de tension transformée. En cas de court-circuit bipolaire,

en principe une seule tension s'effondrera lorsque la mesure aura été effectuée du côté d'un transformateur DY (transformateur triangle-étoile), le court-circuit bipolaire ayant eu lieu du côté D. Ceci pourra être identifié par exemple par la présence d'une amplitude de tension oscillante de la tension transformée.

En cas de perte de la stabilité angulaire, désignée en anglais par «loss of stability» (LOS) (perte de stabilité), la différentiation de l'angle de phase ($\frac{d\varphi}{dt}$) s'écartera de la fréquence du réseau ou de la fréquence angulaire du réseau. Une saisie rapide de l'angle et de la fréquence est souhaitable afin d'assurer la saisie d'une telle perte de stabilité angulaire.

En cas d'îlotage, désigné en anglais par «loss of mains» (LOM) (perte du réseau), la fréquence actuelle se déplace graduellement hors de la zone de la fréquence nominale, sortant en particulier d'une zone de tolérance donnée. Il faut donc assumer que le segment de réseau dans lequel est effectuée la mesure a perdu le contact avec un réseau principal plus grand présentant une fréquence plus stable.

Afin d'indiquer la présence d'un dérangement du réseau, on pourra mettre à disposition un signal correspondant. Un tel signal peut être mis à disposition dans une unité centrale de traitement, ou encore comme signal à la sortie. Un tel signal devra en tout cas être considéré comme produit du procédé. En particulier l'identification rapide et sélective d'au moins un des dérangements de réseau mentionnés sera-t-elle un objectif recherché et caractérisera-t-elle un tel signal.

Selon l'invention, il a été reconnu en particulier, en ce qui concerne la perte de stabilité angulaire et l'îlotage, que ces phénomènes sont à prévoir de plus en plus fréquemment pour les réseaux à systèmes d'alimentation décentralisée. Une identification rapide et fiable est très importante dans ce cas, afin de permettre le cas échéant une intervention rapide et sélective.

De manière préférentielle, la mesure ou la saisie des grandeurs électriques seront-elles observées en vue de détecter un dérangement du réseau, afin d'identifier un tel dérangement. En cas d'occurrence d'un dérangement du réseau, la saisie sera continuée dans le sens d'une estimation, sur la base de grandeurs dernièrement utilisées. On ne

pourra parler d'une saisie réelle que dans la mesure où l'on partira d'une permanence en fait stationnaire des grandeurs électriques du réseau de courant alternatif. Il sera de ce fait proposé de continuer la saisie, entière ou partielle, sans tenir compte des grandeurs d'entrée, sur la base de grandeurs, en particulier internes, du procédé. En ce sens, il y aura au moins une estimation des grandeurs voulues, une adaptation des grandeurs estimées en fonction des grandeurs mesurées n'ayant pas lieu, ou n'ayant lieu que partiellement.

Selon l'invention ou encore selon une réalisation, il sera de plus proposé de mesurer des grandeurs électriques du réseau de courant alternatif, en particulier en utilisant un procédé décrit plus haut, et d'alimenter le réseau en courant alternatif, de préférence triphasé, sur la base des données ainsi obtenues, le réseau de courant alternatif étant contrôlé pour saisir la présence du dérangement du réseau constitué de la perte de stabilité angulaire et/ou du dérangement consistant en îlotage du réseau. Des mesures d'appui du réseau de courant alternatif seront initiées en fonction du contrôle, c.-à-d. en cas d'occurrence d'au moins l'un des dérangements de réseau mentionnés. Bien sûr on pourra en principe envisager d'interrompre l'alimentation en fonction du dérangement du réseau, et de séparer le dispositif générateur concerné du réseau.

De manière préférentielle, en plus du contrôle de détection de la perte de stabilité angulaire et/ou de l'occurrence d'îlotage, on contrôlera afin de détecter l'occurrence d'un court-circuit triphasé et/ou d'un court-circuit bipolaire, et l'on mettra en route des mesures d'appui du réseau de courant alternatif en cas d'occurrence d'au moins l'un des dérangements de réseau mentionnés.

Selon une autre réalisation, il sera proposé que le procédé d'alimentation d'énergie électrique utilise un procédé selon l'invention, en particulier afin de déterminer la fréquence et la phase du réseau comme base de l'alimentation ainsi que pour identifier des possibles dérangements du réseau, permettant la mise en route rapide et sélective de mesures correspondantes.

L'alimentation du réseau de courant alternatif pourra alors avoir lieu de manière connue, par exemple en utilisant un onduleur triphasé générant les trois phases au travers d'un modèle d'impulsions à l'aide de commutateurs statiques, partant d'un réseau intermé-

diaire de courant continu. Le procédé selon l'invention pourra dans ce cas fournir l'information de fréquence et de phase nécessaire par l'intermédiaire du procédé selon l'invention.

Lors du contrôle permettant de saisir les dérangements du réseau, on saisira ces dernières de préférence au cours d'un temps de saisie de moins d'une période du réseau, et en particulier au cours d'un temps de saisie de moins d'une demi-période du réseau. Il sera de même proposé d'initier des mesures d'appui du réseau à partir du moment où se produira un dérangement du réseau, au cours d'un temps de réaction de moins d'une période du réseau, et en particulier dans un temps de réaction de moins d'une demi-période du réseau. Afin de saisir les dérangements du réseau avec une rapidité permettant aussi bien la saisie du dérangement dans le court intervalle de temps mentionné que la mise en route de mesures d'appui dans le même intervalle de temps, on proposera un procédé selon l'invention du type décrit plus haut, ledit procédé ne se limitant pas à la mesure de passages à zéro de la tension pour assurer la saisie, mais qui sera plutôt en mesure d'effectuer des mesures indépendamment des passages à zéro de la tension et des mesures multiples entre lesdits passages à zéro de la tension, fournissant des résultats avec la rapidité correspondante.

De plus, on proposera un dispositif de mesure permettant de saisir les grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé, appliquant principalement un procédé de mesure selon l'invention. On utilisera à cette fin au moins un moyen de mesure permettant de mesurer la tension électrique instantanée de chacune des trois phases par rapport à un conducteur neutre, et de ce fait de mesurer les tensions individuelles de chaque conducteur de phase. Il sera de plus prévu une unité de calcul permettant de déterminer la fréquence et la phase du réseau électrique. Les moyens de mesure fourniront les tensions mesurées à chaque instant d'échantillonnage à l'unité de calcul, en particulier en mode numérique. Les étapes de calcul correspondant à chaque forme de réalisation du procédé de mesure selon l'invention seront réalisées sur l'unité de calcul. En particulier, les étapes de calcul seront réalisées sur un processeur de signaux numérique, bien que l'on puisse également envisager théoriquement la réalisation en mettant en œuvre une unité de calcul analogique ou un circuit analogique.

De plus, il sera proposé un dispositif d'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif. A cette fin, le dispositif d'alimentation présentera au moins un dispositif de mesure et une unité d'alimentation. Le dispositif de mesure, construit et réalisé en particulier selon l'une des réalisations décrites plus haut, saisira en particulier la fréquence et la phase du réseau de courant alternatif. Ces grandeurs constitueront la base de l'alimentation et seront prévues en particulier pour la synchronisation, mais aussi pour l'identification de dérangements. Une unité d'alimentation sera utilisée pour assurer l'alimentation, l'unité d'alimentation étant pilotée selon l'un des procédés décrits plus haut. En particulier, une unité d'alimentation pourra inclure un onduleur de fréquence, afin de transformer l'énergie électrique d'un réseau de courant continu intermédiaire en courant sinusoïdal pour chaque phase, au moyen d'un procédé à impulsions, en utilisant des commutateurs statiques correspondants.

De plus, il sera proposé une station électrique éolienne qui puisera en particulier de l'énergie cinétique du vent, la convertissant en énergie électrique au moyen d'un générateur. Cette énergie électrique servira à alimenter un réseau de courant alternatif triphasé. On utilisera un dispositif d'alimentation du type décrit ci-dessus. Afin de saisir les grandeurs électriques, et en particulier les fréquences et les phases du réseau de courant alternatif triphasé, on proposera un dispositif de mesure du type décrit ci-dessus. Ces dernières, ainsi que d'autres grandeurs électriques du réseau de courant alternatif, pourront servir de base au dispositif d'alimentation.

On tiendra en principe compte du fait que le dispositif de mesure peut être une partie du dispositif d'alimentation.

On expliquera maintenant l'invention plus en détail sur la base de réalisations, et en faisant référence aux figures accompagnant ce document.

La fig. 1 est une vue schématique d'un point de raccord d'un réseau triphasé avec un conducteur neutre.

La fig. 2 illustre trois valeurs de mesure d'un système triphasé par rapport à une section des évolutions de la tension du système triphasé durant une période.

La fig. 3 montre la structure fondamentale d'un réseau de courant alternatif triphasé, avec dispositif de mesure raccordé.

La fig. 4 illustre la structure du procédé selon l'invention selon l'une des réalisations présentées.

L'invention part d'un point de raccord à trois phases 2, présentant trois conducteurs L1, L2 et L3 conduisant chacun une phase, et un conducteur neutre N, comme montré à la figure 1. Le point de raccord 2 est symbolisé comme bout de câble à des fins illustratives. De la même manière, les trois phases L1, L2 et L3, ainsi que le conducteur neutre N, pourront être mis à disposition, par exemple dans un boîtier de raccordement.

La figure 2 illustre le type de mesure servant fondamentalement de base de l'invention. Selon cette figure, on mesurera à un instant t_1 une tension par rapport au conducteur neutre N sur chacun des conducteurs L1, L2 et L3. Ces valeurs de mesure u_1 , u_2 et u_3 peuvent en principe être attribuées à une position dans un segment de 360° , c.-à-d. durant une période. A cette fin, un tel segment de la durée d'une période est représenté à la figure 2, pour les trois phases P1, P2 et P3. La position correspondante de la mesure à l'instant t_1 est attribuée à la position M1 dans le segment d'une période de durée, représenté sur un angle φ . Les angles de phase φ_1 , φ_2 et φ_3 concernent de ce fait les angles du maximum de tension – la valeur de pointe – de la phase correspondante au point de mesure M1. Les phases correspondantes sont désignées par P1, P2 et P3. L'angle de phase φ_3 appartient à la phase P3. La valeur de pointe de la phase P3 est située derrière le point M1, étant donc représentée par un flèche, commençant en fait au sommet de P3, devant être mesuré jusqu'à la fin de la période représentée, en ajoutant la valeur au début de la période, jusqu'au point de mesure M1. Dans le cas d'un réseau symétrique, les angles de phase φ_1 , φ_2 et φ_3 seraient décalés dans chaque cas de 120° ou de 240° l'un par rapport à l'autre.

L'amplitude absolue des Phases P1, P2 et P3 ne présente pas d'importance pour l'illustration selon la fig. 2. Pour cette représentation, l'amplitude pourrait par exemple être normalisée. Selon l'illustration donnée à la fig. 2, la période est de 360° ou de 2π .

La fig. 3 montre la structure totale d'un réseau triphasé, avec conducteur neutre et dispositif de mesure 1 raccordé, selon une réalisation de l'invention. Le dispositif de mesure 1 utilise un filtre de mesure 4, raccordé à cet effet entre les conducteurs L1, L2 et L3 et le conducteur neutre. Les conducteurs L1, L2 et L3 conduisent chacun de manière correspondante la première, seconde et troisième phase. Pour effectuer la mesure, un circuit RC est raccordé entre le conducteur correspondant L1, L2 ou L3 et le conducteur neutre N. La tension envers le conducteur Neutre N entre la résistance R et le condensateur C ainsi mesurée dans chaque cas, est introduite dans le dispositif de mesure 1, où elle est traitée et évaluée.

Le dispositif de mesure 1 présente en sortie les grandeurs suivantes comme grandeurs de départ, ou grandeurs à être traitées en particulier dans une unité d'alimentation:

- une estimation de la valeur effective U des tensions alternatives,
- des estimations de la fréquence des tensions alternatives (fréquences angulaires) $\omega_A, \omega_B,$
- les angles φ_1, φ_2 et φ_3 au moment de la mesure de tension comme tensions u_1, u_2 et u_3 mesurées entre les conducteurs L1, L2 et L3 et le conducteur neutre N,
- des informations d'état ou des indicateurs d'état concernant des possibles dérangements du réseau dus à la perte de stabilité angulaire (désignés par Loss Of Stability), à l'occurrence d'un îlotage LOM (désigné par Loss Of Mains), à l'occurrence d'un court-circuit triphasé PPPØ (désigné par Phase-Phase-Ground) et à l'occurrence d'un court-circuit bipolaire PPØ (désigné par Phase-Phase-Ground).

La fig. 4 montre clairement la structure intérieure du dispositif de mesure 1, qui peut aussi être désigné comme unité de mesure et de calcul 1. La structure représentée est fondamentalement réalisée comme structure à valeurs discrètes dans le temps. Néanmoins, et par souci de clarté, on se référera en partie à des représentations continues dans le temps pour les explications, surtout à des dérivées par rapport au temps. Fondamentalement, une représentation à valeurs discrètes dans le temps est aussi possible qu'une représentation à valeurs continues dans le temps.

Les tensions de conducteurs u_1 , u_2 et u_3 sont mesurées continuellement et entrées dans l'unité de mesure et de calcul, ou y sont déjà présentes. La fig. 4 montre le filtre de mesure 4 uniquement en ce qu'un circuit RC est réalisé pour une phase. En fait, la structure du filtre de mesure 4 correspond à celle montrée à la fig. 3.

Les valeurs de mesure de tensions correspondantes u_1 , u_2 et u_3 sont introduites dans le bloc de transformation 6. Dans le cas d'un processeur de signaux numérique, un échantillonnage et une retenue des valeurs de mesure correspondantes y aura lieu. Une transformation des trois valeurs de tension u_1 , u_2 et u_3 en coordonnées polaires a lieu dans le bloc de transformation 6. Cette transformation est effectuée selon les équations suivantes:

$$\bar{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\text{real}(\bar{u}))^2 + (\text{imag}(\bar{u}))^2}$$

$$\varphi_M = \arctan(\text{imag}(\bar{u}) / \text{real}(\bar{u}))$$

La tension U_N et l'angle φ_N du bloc de transformation 6 sont mis à disposition en tant que résultat intermédiaire à être traité ultérieurement.

La tension U_N est appliquée à un premier filtre numérique F1 présentant un élément de maintien T et un premier facteur d'amplification P_1 . De plus, le filtre numérique présente deux points de sommation, représentés chacun par un symbole circulaire. Lorsque le signe moins est représenté, la valeur du cheminement de signal concerné est déduite. Autrement, une addition a lieu, ce qui par ailleurs est valable également pour les autres points de sommation montrés à la fig. 4.

Le fonctionnement fondamental d'un tel filtre numérique F1 est en principe connu de l'homme de métier, de sorte qu'il ne fera pas l'objet d'une présentation plus approfondie ici. La tension U_N sera donc filtrée dans le premier filtre numérique F1, et la tension U sera indiquée comme valeur effective U des tensions alternatives.

L'angle de phase φ_N sera dérivé de manière discrète dans le temps dans un élément de différentiation, correspondant ainsi à une fréquence angulaire indiquée à la fig. 4 comme $d\varphi_N/dt$. Cette fréquence angulaire ou vitesse angulaire sera introduite dans un second filtre numérique F2, dont la structure correspond à celle du premier filtre numérique F1, et qui présente un second facteur d'amplification P2. On obtiendra pour résultat une estimation de la fréquence de la tension alternative ω_A , qui sera mise à disposition de manière correspondante en tant qu'estimation de la fréquence de la tension alternative ω_A .

De plus, l'angle de phase φ_N sera introduit dans un circuit de réglage de la fréquence 10. Une première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$ sera déterminée dans ledit circuit de réglage de fréquence 10, et qui sera asservie dans le sens d'un réglage de la fréquence du réseau ou de la fréquence angulaire du réseau, dans la mesure où il sera essentiellement possible d'interpréter le circuit de réglage de fréquence 10. Un premier intégrateur I1 à valeurs discrètes dans le temps est présent dans le circuit de réglage de fréquence 10 ; ce dernier déterminera un premier angle auxiliaire φ_A à partir de la première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$. Le premier angle auxiliaire φ_A , antérieure d'une période d'échantillonnage, sera déduit de l'actuel angle de phase φ_N au premier lieu de sommation A1. Ceci donnera une première grandeur de circuit d'entrée différentiel $e1$, qui est en principe une fréquence de différence. Dans un sens plus ample, cette première grandeur de circuit d'entrée différentiel $e1$ pourra être interprétée comme erreur de réglage, ou écart de réglage du circuit de réglage de fréquence 10, pour tant qu'une interprétation soit possible. En tout cas, cette première grandeur de circuit d'entrée différentiel $e1$ est multipliée par une amplification de réglage P11 et ajoutée à la fréquence nominale ω_0 , afin de déterminer la première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$.

On devra encore attirer l'attention sur le fait qu'un intégrateur numérique du même type que I1, qui permet d'intégrer une fréquence pour obtenir un angle en assumant une fréquence positive, mènera à un angle augmentant de manière continue, et qui dans le fond tend vers l'infini. Fondamentalement, il est évident que la valeur d'un angle entre 0° et 360° , ou entre 0 et 2π , présente de l'intérêt, et lors de la réalisation, une remise en arrière d'une valeur de 360° peut avoir lieu à chaque fois que la valeur de 360° est dépassée, ou bien que ladite valeur passe en dessous de 0. Ceci ne sera pas discuté de manière détaillée ici.

Bien que, dû à l'amplification de réglage P11, le circuit de réglage de fréquence puisse être considéré comme régulateur proportionnel, on pourra obtenir pour la première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$ une précision stationnaire sans écart de réglage, ce qui s'explique par le comportement intégral lors de la détermination du premier angle auxiliaire φ_A par le premier intégrateur I1.

La première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$ pourrait être utilisée comme estimation de la fréquence de la tension alternative, étant en conséquence mise à disposition par le dispositif de mesure 1. Selon la réalisation représentée à la fig. 4, il est prévu un traitement plus approfondi, et en particulier une amélioration.

Une seconde fréquence auxiliaire $d\varphi_B/dt$ est déterminée dans un second circuit de réglage 12. Le second angle auxiliaire φ_B est déterminé au moyen d'un second intégrateur I2. Le second angle auxiliaire φ_B , retardé d'un temps d'échantillonnage ou d'une période d'échantillonnage, sera déduit du premier angle auxiliaire φ_A , une seconde grandeur de circuit d'entrée différentiel e2 étant ainsi obtenue. Dans le fond, cette seconde grandeur de circuit d'entrée différentiel est une fréquence de différence. Elle peut être interprétée comme erreur de réglage dans un sens plus large, afin de régler la première fréquence auxiliaire $d\varphi_B/dt$ sur la première fréquence auxiliaire, ou encore pour l'asservir à cette dernière.

Il faut tenir compte du fait que les interprétations comme réglage serviront à mieux faire comprendre les explications. Un réglage classique dans le sens d'une comparaison des prévisions avec les résultats n'aura donc pas lieu. Il sera plutôt question d'améliorer les valeurs estimées quant à leurs valeurs ou encore à leur dynamisme.

En tout cas, on fera passer la seconde grandeur de circuit d'entrée différentiel e2 par une seconde amplification de réglage P21, ou bien elle sera multipliée par cette dernière. De plus, une soustraction entre la seconde fréquence auxiliaire $d\varphi_B/dt$, antérieure d'un temps d'échantillonnage, et la fréquence auxiliaire actuelle $d\varphi_A/dt$, est effectuée au troisième lieu de sommation A3. Il en résultera une troisième grandeur de circuit d'entrée différentiel e3, qui n'est dans le fond qu'une accélération angulaire différentielle. Multipliée par la troisième amplification de réglage P22, elle sera déduite de la seconde grandeur de circuit d'entrée différentiel e2, elle-même multipliée par la seconde

amplification de réglage P21, au quatrième lieu de sommation A4. Il s'en suit une accélération angulaire $\frac{d^2\varphi_b}{dt^2}$. Finalement, la seconde fréquence auxiliaire $d\varphi_b/dt$ peut être déterminée au moyen d'un troisième intégrateur I3. Il est à noter qu'un effet d'atténuation peut être obtenu au quatrième lieu de sommation A4, grâce à l'intervention de la troisième grandeur de circuit d'entrée différentiel e3, en tenant compte de la troisième amplification de réglage P22. Le second circuit de réglage 12 est donc essentiellement prévu pour exercer une influence sur le comportement dynamique de l'estimation de la fréquence.

Finalement, on fera passer la seconde fréquence auxiliaire $d\varphi_b/dt$ par un troisième filtre numérique F3, la valeur estimée de la fréquence de la tension alternative ω_B étant mise à disposition en sortie. De plus, le second angle auxiliaire φ_B peut être émis en sortie comme valeur estimée du premier angle de phase φ_1 , la valeur estimée du second angle de phase φ_2 et du troisième angle de phase φ_3 pouvant chacune être déterminées en ajoutant $2\pi/3$ ou respectivement $4\pi/3$ (120° ou 240°) et émises en sortie.

Le procédé illustré par la fig. 4 peut également être représenté par le système d'équations suivant :

$$\frac{dU}{dt} = P_1(U_N - U)$$

$$\frac{d\omega_A}{dt} = P_2\left(\frac{d\varphi_N}{dt} - \omega_A\right)$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_3\left(\frac{d\varphi_B}{dt} - \omega_B\right)$$

$$\frac{d\varphi_A}{dt} = P_{11}(\varphi_N - \varphi_A) + \omega_O$$

$$\frac{d\varphi_B}{dt} = \omega_B$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_{21}(\varphi_A - \varphi_B) + P_{22}\left(\frac{d\varphi_A}{dt} - \frac{d\varphi_B}{dt}\right)$$

$$\varphi_1 = \varphi_A, \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi, \varphi_3 = \varphi_2 + \frac{2}{3}\pi$$

La mise en œuvre des valeurs de mesure, du moins selon la réalisation illustrée à la fig. 4, permettra de manière avantageuse de continuer à fournir des grandeurs estimatives en cas de défaut, en tout cas durant une période de transition. Par exemple, en cas de rupture du raccord du dispositif de mesure 1 ou du filtre de mesure 4 avec le réseau de courant alternatif, on ne disposera d'aucune grandeur de mesure permettant d'améliorer la qualité de l'estimation. On devra bien plutôt assumer que d'éventuelles valeur de mesure, n'ayant dans le fond pas de sens, réduiront la valeur de l'estimation, ou même la rendront inutilisable. Un tel cas de défaut pourra être identifié par exemple lorsque l'angle de phase φ_N ne présente soudain plus de changements, ou bien si sa valeur se met à change par bonds. De même, un effondrement soudain de l'amplitude de tension U_N peut fournir une indication. Dans ce cas, du moins le raccord de signal doit-il être coupé immédiatement après l'amplification de réglage P11. Ceci peut bien sûr aussi être réalisé en réglant à zéro l'amplification de réglage P11. Vu que la saisie d'un défaut peut ne pas avoir lieu avant qu'on n'observe la première fréquence auxiliaire $d\varphi_A/dt$, il se peut que le premier angle de phase auxiliaire φ_A soit affecté d'une erreur grossière. Dans ce cas, il sera recommandé de corriger par exemple la valeur du premier angle de phase auxiliaire φ_A dans le premier élément de maintien H1, en se basant par exemple sur une valeur antérieure d'au moins un temps d'échantillonnage. En ce sens, on pourra procéder à poursuivre l'estimation, et en particulier la seconde estimation de la fréquence de la tension alternative ω_B , ainsi que l'estimation des angles de phase φ_1 , φ_2 et φ_3 , fournissant encore des valeurs utiles durant un bref intervalle de temps, de par exemple quelques périodes du réseau. Bien sûr, il ne sera dans ce cas plus possible d'identifier de manière fiable, en particulier des changements de fréquence et de phase du réseau de courant alternatif, sans effectuer de mesure. Une fois le défaut éliminé, on pourra reprendre les mesures normalement. En particulier, on pourra à nouveau brancher le raccord de signal situé après l'amplification de réglage P11.

Revendications

1. Procédé de saisie de grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé ayant une première, une seconde et une troisième phase, présentant les étapes suivantes:
 - mesure d'une valeur de tension de la première, de la seconde et de la troisième phase par rapport à un conducteur neutre, à un premier instant,
 - transformation des trois valeurs de tension au premier instant en coordonnées polaires, avec une amplitude de tension et un angle de phase,
 - répétition de la mesure et de la transformation à au moins un second instant et,
 - détermination de la valeur actuelle de la fréquence, de l'amplitude de tension et/ou de l'angle de phase pour au moins l'une des phases, à partir des valeurs de tension converties en coordonnées polaires.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise, pour saisir la fréquence, un réglage de fréquence assurant le réglage d'une première fréquence auxiliaire de manière à obtenir la puissance maximum.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que, pour assurer le réglage de la fréquence, on formera un premier angle de différence entre
 - l'angle de phase formé lors de la transformation, et
 - un premier angle de phase auxiliaire antérieur d'un temps d'échantillonnage,ledit premier angle de différence étant multiplié par un premier facteur d'amplification, et/ou additionné à une valeur de fréquence initiale, afin d'obtenir la première fréquence auxiliaire, le premier angle de phase auxiliaire étant déterminé à partir de la première fréquence auxiliaire.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un second angle de phase auxiliaire avec une seconde fréquence auxiliaire est déterminé, afin d'améliorer la détermination de la fréquence.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que
 - un second angle de différence est formé comme différence entre le premier angle de phase auxiliaire et le second angle de phase auxiliaire, antérieur d'un temps

d'échantillonnage,

- une fréquence de différence auxiliaire est formée comme différence entre la seconde et la première fréquence auxiliaire, et
- une accélération angulaire auxiliaire est formée à partir du second angle de différence et de la fréquence de différence auxiliaire, l'accélération angulaire auxiliaire étant représentative d'une seconde dérivée par rapport au temps du second angle de phase auxiliaire, le second angle de phase auxiliaire et la seconde fréquence auxiliaire étant calculés à partir de l'accélération angulaire auxiliaire.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'accélération angulaire auxiliaire est formée comme différence entre:

- le second angle de différence ou second angle de différence multiplié par un second facteur d'amplification, et
- la fréquence de différence auxiliaire, ou la fréquence de différence auxiliaire multipliée par un troisième facteur d'amplification.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que:

- l'amplitude de tension obtenue lors de la transformation est mise à disposition en sortie comme tension de sortie saisie,
- l'on procède à obtenir la dérivée par rapport au temps de l'angle de phase obtenu lors de la transformation, étant mis à disposition en sortie comme fréquence saisie ou comme fréquence de comparaison saisie,
- la seconde fréquence auxiliaire est mise à disposition en sortie comme fréquence saisie, et/ou
- le second angle de phase auxiliaire est mis à disposition en sortie comme angle de phase saisi d'une phase,

l'une ou plusieurs des grandeurs à être mises à disposition en sortie devant, de préférence, être filtrées avant d'être mises à disposition en sortie.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant en plus l'étape suivante:

contrôle du réseau de courant alternatif afin de détecter au moins un des dérangements de réseau de la liste suivante:

- perte de stabilité angulaire,
- occurrence d'ilotage,
- occurrence d'un court-circuit triphasé et
- occurrence d'un court-circuit bipolaire

et/ou la mise à disposition d'un signal permettant de mettre en évidence la présence d'un des dérangements de réseau.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la mesure où la saisie est réalisée sur un défaut de mesure, et qu'en cas d'occurrence d'un tel défaut de mesure, une saisie continue d'être effectuée en tant qu'estimation, basée sur les grandeurs utilisées en dernier lieu.

10. Procédé d'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif, présentant les étapes suivantes:

- saisie de grandeurs électrique du réseau de courant alternatif,
- alimentation du réseau de courant alternatif en courant alternatif,
- contrôle du réseau de courant alternatif afin de détecter au moins l'un des dérangements du réseau pris dans la liste suivante:
- perte de stabilité angulaire, et
- occurrence d'ilotage, et
- prise de mesures d'appui du réseau de courant alternatif, lorsqu'au moins l'un des dérangements du réseau mentionnés se produit.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le réseau de courant alternatif est en plus contrôlé quant à l'occurrence d'autres dérangements du réseau pris dans la liste suivante:

- occurrence d'un court-circuit triphasé, et
 - occurrence d'un court-circuit bipolaire,
- des mesures visant à appuyer le réseau de courant alternatif étant initiées en cas d'occurrence d'au moins l'un des dérangements du réseau mentionnés.

12. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que la saisie des grandeurs électriques a lieu au moyen d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, et/ou que, à partir de l'occurrence du dérangement du réseau

concerné, les dérangements du réseau sont détectés au cours d'un intervalle de temps de saisie plus court qu'une période du réseau, en particulier dans un intervalle de temps plus court qu'une période du réseau, et/ou, que des mesures d'appui du réseau sont initiées dans un intervalle de temps de réaction plus court qu'une période du réseau, à partir de l'occurrence du dérangement du réseau, et en particulier au cours d'un intervalle de temps de réaction plus court qu'une demi-période de réseau.

13. Dispositif de mesure permettant de saisir des grandeurs électriques d'un réseau de courant alternatif triphasé, en l'occurrence au moins la fréquence et une phase du réseau de courant alternatif, comprenant:

- des moyens de mesure de la tension pour mesurer la tension électrique instantanée de chacune des trois phases par rapport à un conducteur neutre,
- une unité de calcul permettant de déterminer au moins la fréquence et la phase du réseau électrique,

le dispositif de mesure utilisant l'un des procédés selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, ou bien étant préparé en vue d'utiliser un tel procédé de mesure.

14. Dispositif d'alimentation d'énergie électrique dans un réseau de courant alternatif, comprenant:

- un dispositif de mesure, en particulier selon la revendication 13, permettant de mesurer des grandeurs électriques du réseau de courant alternatif, et
- une unité d'alimentation d'énergie électrique dans le réseau de courant alternatif,

le dispositif d'alimentation utilisant un procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, ou étant préparé pour utiliser l'un de ces procédés.

15. Centrale électrique éolienne permettant de convertir de l'énergie éolienne en énergie électrique, et d'alimenter un réseau de courant alternatif avec cette énergie électrique, comprenant un dispositif de mesure selon la revendication 13, et/ou un dispositif d'alimentation selon la revendication 14.

FIG. 1

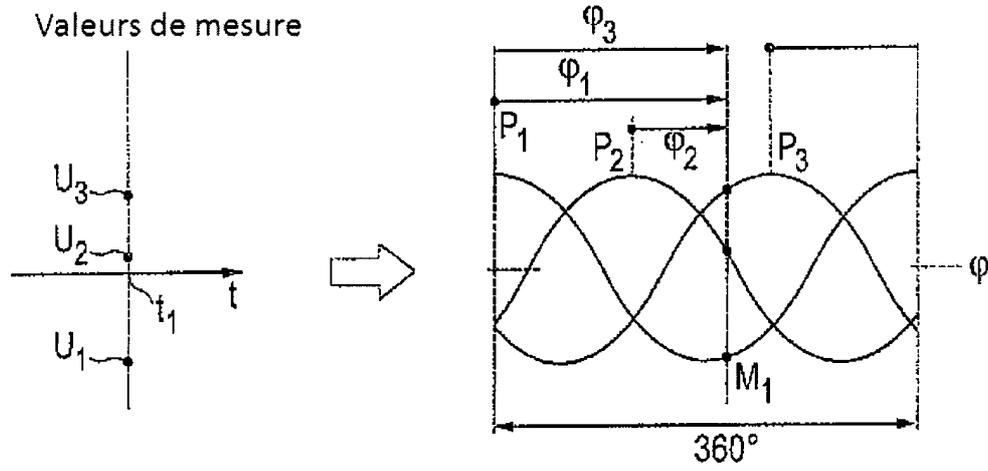
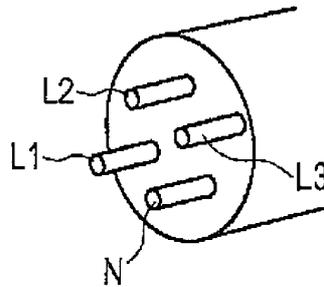


FIG. 2

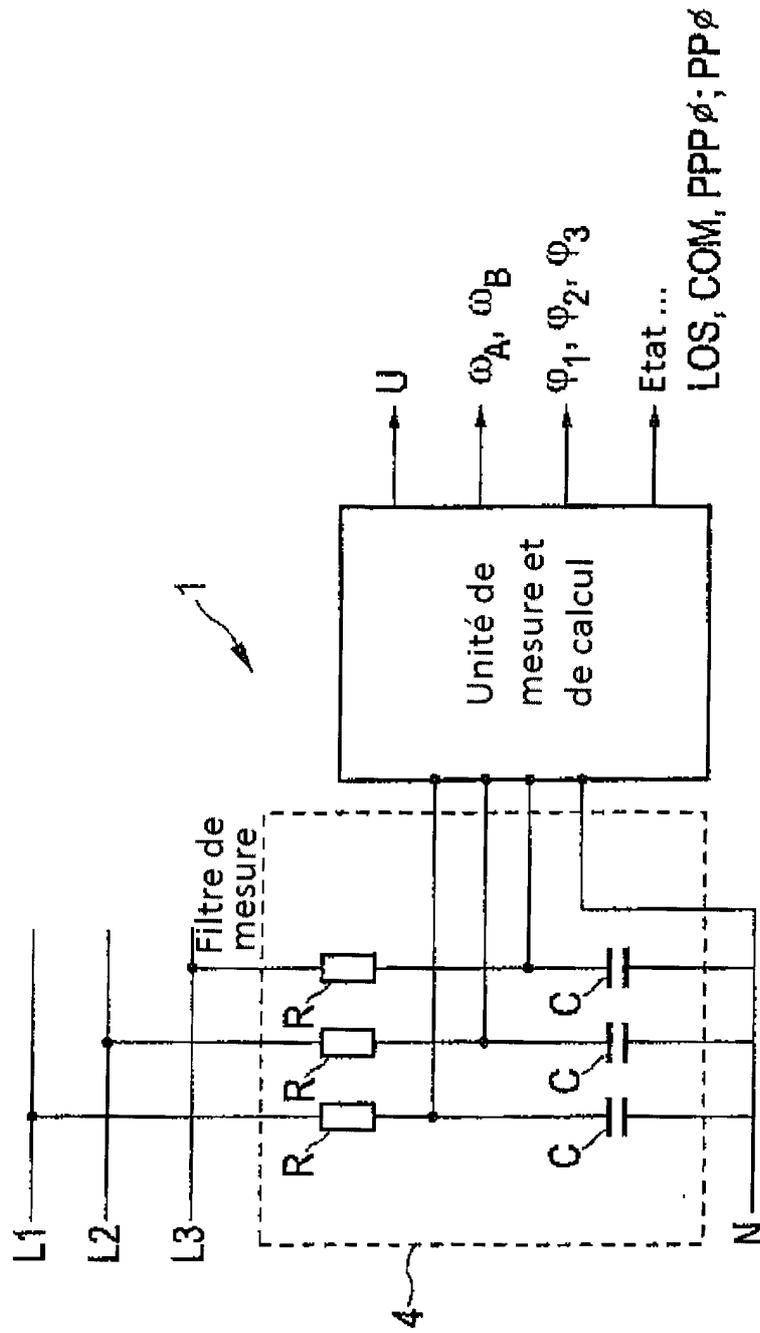


FIG. 3

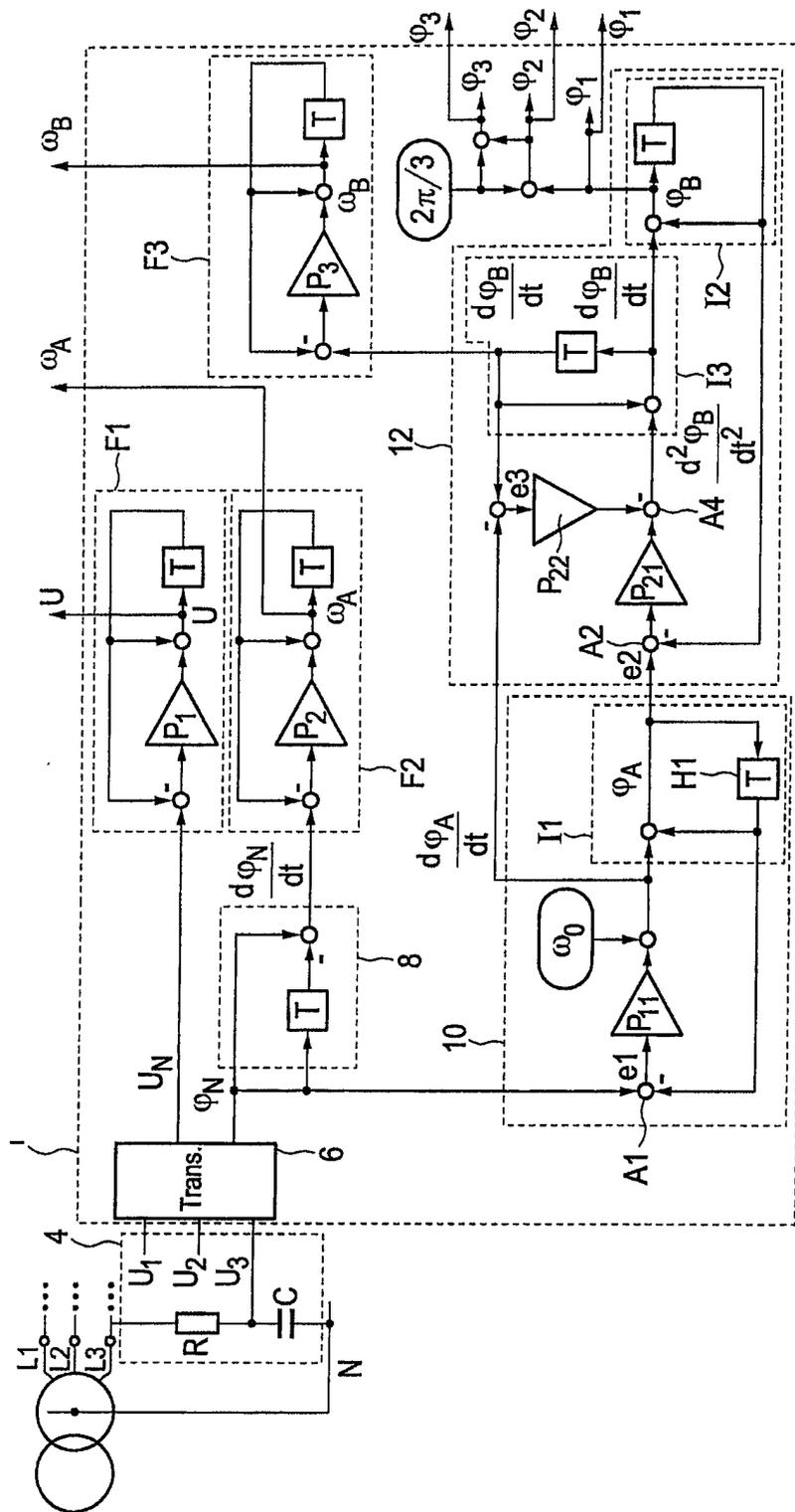


FIG. 4