



(11) **EP 4 123 676 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**25.01.2023 Bulletin 2023/04**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01H 1/00 (2006.01) H01H 11/00 (2006.01)**  
**H01H 33/59 (2006.01) H01H 33/66 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **22182272.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01H 1/0015; H01H 11/0062; H01H 33/59;**  
**H01H 33/66**

(22) Date de dépôt: **30.06.2022**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO**  
**PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:  
• **ALBERTO, Diego**  
**38700 Corenc (FR)**  
• **BRUN, Philippe**  
**38190 Bernin (FR)**

(30) Priorité: **23.07.2021 FR 2108042**

(74) Mandataire: **Schneider Electric**  
**Service Propriété Industrielle**  
**35, rue Joseph Monier**  
**CS 30323**  
**92506 Rueil-Malmaison Cedex (FR)**

(71) Demandeur: **Schneider Electric Industries SAS**  
**92500 Rueil-Malmaison (FR)**

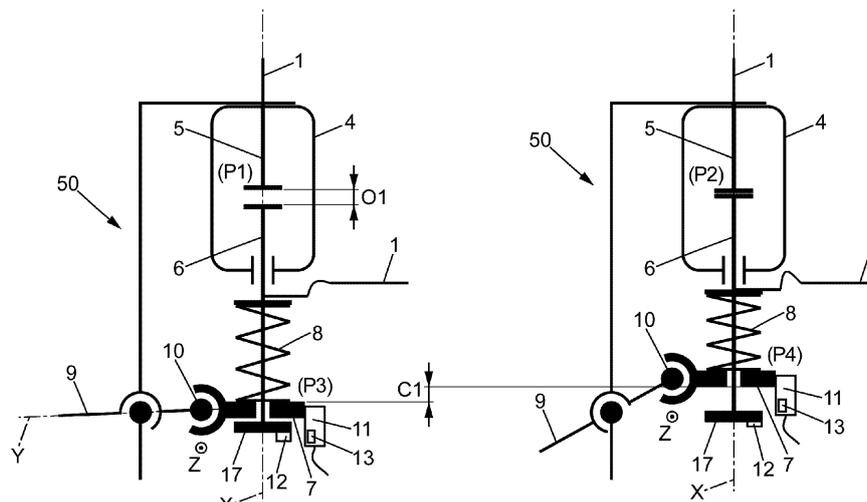
(54) **DISPOSITIF DE COUPURE D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE DE MOYENNE TENSION**

(57) Il est proposé un procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure (50) d'un appareil électrique (40) comportant un premier circuit (1) et un deuxième circuit (2), chaque circuit (1,2) comportant respectivement:

- une ampoule à vide (4,4') comportant une électrode fixe (5,5') et une électrode mobile (6,6'),
  - un organe de commande (7, 7') lié à l'électrode mobile (6, 6') par l'intermédiaire d'un organe élastique,
- le procédé comprenant les étapes :
- pour chacun des premier (1) et deuxième (2) circuits,

- déterminer un instant de transition auquel l'électrode mobile (6, 6') entre en contact avec l'électrode fixe (5,5'),
- déterminer une différence entre l'instant de transition de la première ampoule à vide (4) et l'instant de transition de la deuxième ampoule à vide (4'),
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence est inférieure à un seuil,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au seuil.

[Fig. 2]



**FIG. 2**

**EP 4 123 676 A1**

## Description

### Domaine technique

**[0001]** La présente description se rapporte au domaine des dispositifs de coupure des circuits électriques moyenne tension. Dans le présent document, le terme « moyenne tension » est utilisé dans son acception habituelle, à savoir une tension qui est supérieure à 1 000 volts en courant alternatif et à 1 500 volts en courant continu mais qui ne dépasse pas 52 000 volts en courant alternatif et 75 000 volts en courant continu. L'appareil électrique comporte trois circuits, chacun connecté à une phase d'un réseau électrique d'alimentation. Le passage du courant peut être interrompu dans chacun des trois circuits par l'intermédiaire du dispositif de coupure. La divulgation concerne en particulier des dispositifs de coupure dans lesquels la coupure du courant est réalisée par l'ouverture d'une ampoule à vide disposée en série dans chaque circuit à interrompre.

### Technique antérieure

**[0002]** L'ampoule à vide comprend une électrode mobile liée à une bielle de commande. La bielle de commande est liée à un levier de commande. Le levier de commande est mobile entre deux positions extrêmes définissant une course d'actionnement constante. En actionnant le levier de commande, la bielle est déplacée et sépare l'électrode mobile de l'électrode fixe ; ce qui ouvre le circuit.

**[0003]** Lorsque le circuit est fermé, une pression de contact suffisante doit être garantie entre les deux électrodes de l'ampoule à vide, afin de résister aux forces de répulsion existant entre elles en raison du passage du courant. Pour assurer cette pression de contact, un ressort est présent dans la liaison cinématique entre le levier de commande et la bielle, et la course du levier de commande est supérieure à la course minimale permettant d'assurer une mise en contact des électrodes de l'ampoule à vide. La surcourse permet donc de comprimer le ressort et ainsi d'appliquer une précharge assurant la pression de contact minimale souhaitée. Un capteur de position permet de déterminer la position relative de la bielle par rapport au levier de commande. L'amplitude de la surcourse permettant de comprimer le ressort peut ainsi être déterminée. Le capteur de position permet ainsi de vérifier que la surcourse reste suffisante au cours de l'utilisation du dispositif de coupure, malgré l'usure des contacts des électrodes de l'ampoule à vide.

**[0004]** L'action des leviers de commande des différents circuits est synchronisée de façon à ce que la coupure du courant dans chaque phase du circuit soit la plus simultanée possible. Ainsi, le dispositif de coupure est réglé, lors de sa fabrication, pour que les instants d'ouverture des différents circuits, ainsi que les instants de fermeture des différents circuits soient synchrones.

**[0005]** Cependant, la course nécessaire à obtenir la

mise en contact des électrodes de l'ampoule à vide évolue au cours du temps, en raison de l'érosion des contacts au fur et à mesure de l'utilisation du dispositif de coupure. De plus, le jeu mécanique entre les différentes pièces mobiles peut évoluer de manière différente entre les différents circuits. Par conséquent, la coupure du courant dans le circuit d'une phase peut se produire avec un décalage temporel par rapport à la coupure du courant dans le circuit d'une autre phase. Un léger décalage ne pose pas de problème particulier, mais un décalage trop important est susceptible d'endommager les équipements reliés aux circuits. Il est connu de réaliser une vérification du synchronisme entre les différents circuits lors de phases de mise hors-service du dispositif de coupure, comme par exemple lors d'arrêts prévus pour maintenance. Ces arrêts permettent l'intervention temporaire d'instruments de mesures sophistiqués et ainsi de réaliser un diagnostic de l'équipement.

**[0006]** Le but est de fournir une solution permettant de détecter lors de l'utilisation normale un défaut de synchronisme entre les fermetures, ainsi que les ouvertures, du circuit des différentes phases. On entend par utilisation normale qu'aucun arrêt particulier n'est nécessaire. De plus, l'ajout temporaire d'instruments de mesure spécifiques peut être évité, la solution proposée utilisant seulement des capteurs de mesure déjà présents pour assurer au moins une autre fonction.

### Résumé

**[0007]** A cette fin, la présente description propose un procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure d'un appareil électrique comportant un premier circuit connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit comportant respectivement:

- une ampoule à vide disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide comportant une électrode fixe et une électrode mobile entre une position d'ouverture maximale et une position de fermeture,
- un organe de commande cinématiquement lié à l'électrode mobile par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique,

dans lequel chaque circuit comporte un dispositif de mesure de position configuré pour mesurer une distance relative entre l'organe de commande et l'électrode mobile,

le procédé comprenant les étapes :

- pour chacun des premier et deuxième circuits, lorsque l'organe de commande fait passer l'électrode mobile de la position d'ouverture maximale à la position de fermeture, déterminer à partir de mesures de la distance relative entre l'organe de commande et l'électrode mobile un premier instant de transition

auquel l'électrode mobile entre en contact avec l'électrode fixe,

- déterminer une différence entre le premier instant de transition de la première ampoule à vide et le premier instant de transition de la deuxième ampoule à vide,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence est inférieure ou égale à un premier seuil prédéterminé,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au premier seuil prédéterminé.

**[0008]** Tant que le décalage temporel entre le premier instant de transition de la première ampoule à vide et le premier instant de transition de la deuxième ampoule à vide est suffisamment faible, il est considéré que l'état opérationnel du dispositif de coupure est nominal, c'est-à-dire que le synchronisme du dispositif de coupure est nominal. Autrement dit, le dispositif de coupure ne présente pas de défaut. Lorsque le décalage temporel entre le premier instant de transition de la première ampoule à vide et le premier instant de transition de la deuxième ampoule à vide est supérieur à un seuil, c'est-à-dire trop élevé, il est considéré que le synchronisme du dispositif est anormal. Ainsi, le dispositif de coupure présente alors un fonctionnement dégradé. A partir de cette détermination de l'état opérationnel du dispositif de coupure, une action correctrice peut être réalisée afin de retrouver un fonctionnement nominal.

**[0009]** Les caractéristiques listées dans les paragraphes suivant peuvent être mises en œuvre indépendamment les unes des autres ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

**[0010]** L'organe de rappel élastique est un ressort. L'organe de rappel élastique peut être un ressort hélicoïdal.

**[0011]** Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre les étapes :

- pour chacun des premier et deuxième circuits, lorsque l'organe de commande fait passer l'électrode mobile de la position de fermeture à la position d'ouverture, déterminer un deuxième instant de transition auquel l'électrode mobile cesse d'être en contact avec l'électrode fixe,
- déterminer une différence entre le deuxième instant de transition de la première ampoule à vide et le deuxième instant de transition de la deuxième ampoule à vide ,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence est inférieure ou égale à un deuxième seuil prédéterminé ,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au deuxième seuil prédéterminé .

**[0012]** Selon un exemple de mise en œuvre du procé-

dé, le premier seuil prédéterminé est compris entre 22,5% et 25% d'une période de variation de la tension du réseau électrique.

**[0013]** Le deuxième seuil prédéterminé est compris entre 15,0% et 16,5% d'une période de variation de la tension du réseau électrique.

**[0014]** L'organe de commande est mobile entre :

- une première position extrême dans laquelle l'électrode mobile est en position d'ouverture maximale, l'électrode mobile et l'électrode fixe étant alors distantes d'une distance d'ouverture, et
- une deuxième position extrême dans laquelle l'électrode mobile et l'électrode fixe sont en contact,

un déplacement de la première position extrême à la deuxième position extrême définissant une course de déplacement de l'organe de commande , et la course de déplacement de l'organe de commande est supérieure à la distance d'ouverture de telle sorte que l'organe de rappel élastique est comprimé lorsque l'organe de commande est dans la deuxième position extrême.

**[0015]** L'organe de commande est lié à un levier d'actionnement mobile en rotation autour d'un axe.

**[0016]** La direction de l'axe de rotation du levier d'actionnement est perpendiculaire à la direction de l'axe longitudinal de l'ampoule à vide.

**[0017]** Le levier d'actionnement est lié à l'organe de commande par un pivot. Le pivot est solidaire de l'organe de commande.

**[0018]** Le pivot s'étend selon un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal et perpendiculaire à la direction de l'axe de rotation du levier d'actionnement.

**[0019]** Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre les étapes :

- pour chaque circuit, acquérir successivement un ensemble d'échantillons de la distance relative entre l'organe de commande et l'électrode mobile,
- déterminer la moyenne et l'écart type de l'ensemble des échantillons acquis,
- déterminer une valeur absolue de la différence entre le dernier échantillon acquis et la moyenne déterminée,
- déterminer le quotient de la différence déterminée et de l'écart type déterminé,
- déterminer un instant, dit instant seuil, où le quotient déterminé devient supérieur à un troisième seuil prédéterminé.

**[0020]** Le troisième seuil prédéterminé est supérieur à 7. Le troisième seuil prédéterminé est par exemple égal à 8.

**[0021]** Le procédé peut comporter l'étape :

- attribuer la valeur de l'instant seuil au premier instant de transition.

**[0022]** Le procédé peut comprendre en outre les étapes :

- déterminer une équation d'une première courbe de régression dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil moins une première durée prédéterminée, et un instant correspondant à l'instant seuil.

**[0023]** Par exemple, la première durée prédéterminée est comprise entre 8 ms et 12 ms, de préférence égale à 10 ms.

**[0024]** Selon un exemple de mise en œuvre du procédé, la première courbe de régression est une première droite de régression.

**[0025]** Le procédé peut comprendre en outre les étapes :

- déterminer une équation d'une deuxième courbe de régression dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil et un instant correspondant à l'instant seuil plus une deuxième durée prédéterminée.

**[0026]** Par exemple, la deuxième durée prédéterminée est comprise entre 0,8 ms et 1,2 ms, de préférence égale à 1 ms.

**[0027]** La deuxième courbe de régression peut être une deuxième droite de régression.

**[0028]** La divulgation concerne également un procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure d'un appareil électrique comportant un premier circuit connecté à une première phase d'un réseau électrique, un deuxième circuit connecté à une deuxième phase du réseau électrique, et un troisième circuit connecté à une troisième phase du réseau électrique, chaque circuit comportant :

- une ampoule à vide disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide comportant une électrode fixe et une électrode mobile entre une position d'ouverture maximale et une position de fermeture,
- un organe de commande cinématiquement lié à l'électrode mobile par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique,

le procédé comprenant les étapes :

- pour chacun des premier, deuxième et troisième circuits, lorsque l'organe de commande fait passer l'électrode mobile de la position d'ouverture maximale à la position de fermeture, déterminer un premier instant de transition auquel l'électrode mobile entre en contact avec l'électrode fixe,
- déterminer une première différence entre le premier instant de transition de l'ampoule à vide du premier circuit et le premier instant de transition de l'ampoule à vide du deuxième circuit,

- déterminer une deuxième différence entre le premier instant de transition de l'ampoule à vide du deuxième circuit et le premier instant de transition de l'ampoule à vide du troisième circuit,
- déterminer une troisième différence entre le premier instant de transition de l'ampoule à vide du troisième circuit et le premier instant de transition de l'ampoule à vide du premier circuit,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la première différence, la deuxième différence et la troisième différence sont toutes inférieures ou égales à un premier seuil prédéterminé ,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si au moins l'une des première différence, deuxième différence et troisième différence est supérieure au premier seuil prédéterminé.

**[0029]** La divulgation se rapporte aussi à un procédé comprenant en outre les étapes :

- pour chacun des premier, deuxième et troisième circuits, lorsque l'organe de commande fait passer l'électrode mobile de la position de fermeture à la position d'ouverture, déterminer un deuxième instant de transition auquel l'électrode mobile cesse d'être en contact avec l'électrode fixe ,
- déterminer une quatrième différence entre le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du premier circuit et le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du deuxième circuit,
- déterminer une cinquième différence entre le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du deuxième circuit et le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du troisième circuit,
- déterminer une sixième différence entre le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du troisième circuit et le deuxième instant de transition de l'ampoule à vide du premier circuit,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la quatrième différence, la cinquième différence et la sixième différence sont toutes inférieures ou égales à un premier seuil prédéterminé ,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si au moins l'une des quatrième différence, cinquième différence et sixième différence est supérieure au premier seuil prédéterminé.

**[0030]** Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comprend en outre les étapes :

- si l'état opérationnel déterminé est le deuxième état dit « synchronisme anormal », émettre un signal d'alerte.

**[0031]** Le signal d'alerte émis peut être un affichage d'un message sur un écran de contrôle, ou un allumage d'un voyant lumineux, ou l'émission d'un signal sonore.

**[0032]** La divulgation concerne également un ensemble comportant :

- un dispositif de coupure d'un appareil électrique comportant un premier circuit connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit comportant respectivement:
- une ampoule à vide disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide comportant une électrode fixe et une électrode mobile entre une position d'ouverture maximale et une position de fermeture ,
- un organe de commande cinématiquement lié à l'électrode mobile par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique ,
- une unité électronique de contrôle configurée pour mettre en œuvre un procédé comportant les étapes :
- pour chacun des premier et deuxième circuits, lorsque l'organe de commande fait passer l'électrode mobile de la position d'ouverture maximale à la position de fermeture, déterminer un premier instant de transition auquel l'électrode mobile entre en contact avec l'électrode fixe,
- déterminer une différence entre le premier instant de transition de la première ampoule à vide et le premier instant de transition de la deuxième ampoule à vide ,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence est inférieure ou égale à un premier seuil prédéterminé ,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au premier seuil prédéterminé.

### Brève description des dessins

**[0033]** D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

[Fig. 1] est une vue schématique d'un dispositif de coupure d'un appareil électrique tripolaire,

[Fig. 2] est une vue détaillée d'un pôle d'un dispositif de coupure, en position d'ouverture ainsi qu'en position de fermeture,

[Fig. 3] est une représentation de l'évolution temporelle de paramètres du procédé selon l'invention, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 4] est une représentation de l'évolution temporelle de paramètres lors d'une phase d'ouverture du dispositif de coupure,

[Fig. 5] est une représentation schématique de l'évolution temporelle de paramètres d'un premier mode de réalisation du procédé selon l'invention, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 6] est une représentation schématique de l'évolution temporelle de paramètres d'un deuxième mode de réalisation du procédé selon l'invention, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 7] est une représentation schématique comparant le premier et le deuxième mode de réalisation, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 8] est une autre vue illustrant le deuxième mode de réalisation du procédé, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 9] est encore une autre vue illustrant le deuxième mode de réalisation du procédé, lors d'une phase de fermeture du dispositif de coupure,

[Fig. 10] est une autre vue illustrant le deuxième mode de réalisation du procédé, lors d'une phase d'ouverture du dispositif de coupure,

[Fig. 11] est un schéma-bloc illustrant différentes étapes du procédé selon l'invention.

### Description des modes de réalisation

**[0034]** Afin de faciliter la lecture des figures, les différents éléments ne sont pas nécessairement représentés à l'échelle. Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes références. Certains éléments ou paramètres peuvent être indexés, c'est-à-dire désignés par exemple par premier élément ou deuxième élément, ou encore premier paramètre et second paramètre, etc. Cette indexation a pour but de différencier des éléments ou paramètres similaires, mais non identiques. Cette indexation n'implique pas une priorité d'un élément, ou paramètre par rapport à un autre et on peut interchanger les dénominations. Quand il est précisé qu'un sous-système comporte un élément donné, cela n'exclut pas la présence d'autres éléments dans ce sous-système. De même, quand il est précisé qu'un sous-système comprend un élément donné, il est entendu que le sous-système comprend au moins cet élément.

**[0035]** On a représenté sur la figure 1 un ensemble comportant :

- un dispositif de coupure 50 d'un appareil électrique 40 comportant un premier circuit 1 connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit 2 connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit 1,2 comportant respectivement:

- une ampoule à vide 4,4' disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide 4,4' comportant une électrode fixe 5,5' et une électrode mobile 6,6' entre une position d'ouverture maximale P1, P1' et une position de fermeture P2, P2',
- un organe de commande 7, 7' cinématiquement lié à l'électrode mobile 6, 6' par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique 8, 8',
- une unité électronique de contrôle 15 configurée pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

**[0036]** Le procédé selon l'invention est un procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure 50 d'un appareil électrique 40 comportant un premier circuit 1 connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit 2 connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit 1,2 comportant respectivement:

- une ampoule à vide 4,4' disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide 4,4' comportant une électrode fixe 5,5' et une électrode mobile 6,6' entre une position d'ouverture maximale P1, P1' et une position de fermeture P2, P2',
- un organe de commande 7, 7' cinématiquement lié à l'électrode mobile 6, 6' par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique 8, 8',

dans lequel chaque circuit 1,2 comporte un dispositif de mesure de position 11,11' configuré pour mesurer une distance relative D-r entre l'organe de commande 7,7' et l'électrode mobile 6,6',

le procédé comprenant les étapes :

- pour chacun des premier 1 et deuxième 2 circuits, lorsque l'organe de commande 7,7' fait passer l'électrode mobile 6,6' de la position d'ouverture maximale P1,P1' à la position de fermeture P2,P2', déterminer à partir de mesures de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7,7' et l'électrode mobile 6,6' un premier instant de transition t1, t1' auquel l'électrode mobile 6, 6' entre en contact avec l'électrode fixe 5,5',
- déterminer une différence Delta1 entre le premier instant de transition t1 de la première ampoule à vide 4 et le premier instant de transition t1' de la deuxième ampoule à vide 4',
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence Delta1 est inférieure ou égale à un premier seuil prédéterminé s1,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au premier seuil prédéterminé s1. (étape 50)

**[0037]** Le premier instant de transition t1 correspond à l'instant où l'électrode mobile 6 de l'ampoule à vide 4

du premier circuit 1 entre en contact avec l'électrode fixe 5 de l'ampoule à vide 4 du premier circuit 1, lors d'une phase de fermeture de l'ampoule à vide 4. Le premier instant de transition t1' correspond à l'instant où l'électrode mobile 6' de l'ampoule à vide 4' du deuxième circuit 2 entre en contact avec l'électrode fixe 5' de l'ampoule à vide 4' du premier circuit 1, lors d'une phase de fermeture de l'ampoule à vide 4'.

**[0038]** Autrement dit, ces étapes du procédé visent à vérifier le synchronisme de la fermeture du premier circuit 1 et du deuxième circuit 2. Un synchronisme idéal est obtenu lorsque les instants de fermeture entre les deux circuits sont exactement identiques. Un faible écart entre le premier instant de transition t1 et le premier instant de transition t1' signifie qu'un synchronisme satisfaisant est assuré entre les deux circuits. En d'autres termes, le premier circuit 1 et le deuxième circuit 2 se ferment à des instants suffisamment proches pour que l'écart temporel entre ces instants de fermeture permette un fonctionnement nominal de l'appareil électrique 40. Le décalage temporel entre le premier instant de transition t1 et le premier instant de transition t1' est ainsi inférieur à la valeur maximale acceptable définie par une norme applicable. A l'inverse, un écart trop élevé entre le premier instant de transition t1 et le premier instant de transition t1' signifie que le premier circuit 1 et le deuxième circuit 2 présentent un synchronisme anormal. Autrement dit, l'écart entre le premier instant de transition t1 et le premier instant de transition t1' est dans ce cas trop important pour permettre un fonctionnement nominal de l'appareil électrique 40. Le fonctionnement de l'appareil n'est alors pas conforme à la norme applicable. Un tel écart indique un fonctionnement dégradé de l'appareil électrique 40, au moins lors des phases de fermeture des circuits.

**[0039]** Pour chacun des circuits 1, 2, l'électrode mobile 6, 6' comprend une extrémité supérieure qui est l'extrémité tournée vers l'électrode fixe 5, 5'. L'électrode mobile 6, 6' comprend une extrémité inférieure qui est l'extrémité opposée à l'extrémité supérieure. Pour chaque circuit 1, 2 le dispositif de mesure de position 11,11' est configuré pour mesurer une distance relative D-r entre l'organe de commande 7,7' et l'extrémité inférieure de l'électrode mobile 6,6'.

**[0040]** Le premier seuil prédéterminé s1 est compris entre 22,5% et 25% d'une période de variation de la tension du réseau électrique. Le premier seuil prédéterminé s1 est compris entre 4,5 millisecondes et 5,0 millisecondes lorsque la fréquence du réseau électrique vaut 50 Hertz. La période de la tension de réseau vaut alors 20 millisecondes. Le premier seuil prédéterminé s1 est compris entre 3,75 millisecondes et 4,17 millisecondes lorsque la fréquence du réseau électrique vaut 60 Hertz. La période vaut alors environ 16,66 millisecondes.

**[0041]** Le dispositif de coupure 50 est détaillé sur la figure 2.

**[0042]** L'électrode fixe 5,5' et l'électrode mobile 6,6' sont distantes d'une distance O1, O1' lorsque l'électrode

mobile 6,6' est en position d'ouverture maximale P1, P1'. Cette distance O1 d'écartement maximal de l'électrode fixe 5 par rapport à l'électrode mobile 6 est comprise entre 8 et 20 millimètres. De même, la distance O1' d'écartement maximal de l'électrode fixe 5' par rapport à l'électrode mobile 6' est comprise entre 8 et 20 millimètres. L'électrode fixe 5 et l'électrode mobile 6 sont en contact lorsque l'électrode mobile 6 est en position de fermeture P2. De la même manière, l'électrode fixe 5' et l'électrode mobile 6' sont en contact lorsque l'électrode mobile 6' est en position de fermeture P2'. Autrement dit, la distance entre l'électrode mobile 6,6' et l'électrode fixe 5,5' est nulle lorsque l'électrode mobile 6,6' et l'électrode fixe 5,5' sont en contact. L'électrode mobile 6 de l'ampoule à vide 4 est mobile en translation selon un axe longitudinal X. L'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 sont coaxiales d'axe X. On désigne par axe de l'ampoule à vide 4 l'axe longitudinal X commun de l'électrode mobile 6 et de l'électrode fixe 5. De même, l'électrode mobile 6' et l'électrode fixe 5' sont coaxiales d'axe X'. La distance relative D-r entre l'organe de commande 7,7' et l'électrode mobile 6,6' est mesurée le long de l'axe longitudinal X, X' de l'électrode mobile 6, 6'.

**[0043]** L'organe de commande 7, 7' est configuré pour faire sélectivement passer l'électrode mobile 6, 6' de la position d'ouverture maximale P1, P1' à la position de fermeture P2, P2' et de la position de fermeture P2, P2' à la position d'ouverture maximale P1, P1'. L'organe de commande 7, 7' est ici rigidement lié à l'électrode mobile 6, 6'.

**[0044]** L'organe de rappel élastique 8, 8' est intercalé dans la liaison mécanique entre l'organe de commande 7,7' et l'électrode mobile 6,6'. L'organe de rappel élastique 8,8' est rigidement lié d'une part à l'organe de commande 7,7' et est rigidement lié d'autre part à l'électrode mobile 6,6'. Des éléments intermédiaires rigides peuvent faire partie de la liaison mécanique entre l'organe de commande 7,7' et l'électrode mobile 6,6'. L'organe de rappel élastique 8,8' est libre de se déformer en fonction des forces appliquées sur l'organe de commande 7,7' et sur l'électrode mobile 6,6'. L'organe de rappel élastique 8 est ici un ressort. Plus précisément, l'organe de rappel élastique 8 est ici un ressort hélicoïdal. Le ressort hélicoïdal 8 travaille ici en compression. Ainsi, la longueur du ressort 8 pendant l'utilisation du dispositif de coupure 50 est toujours inférieure à la longueur du ressort 8 lorsque celui-ci est libre. On entend par libre qu'aucune extrémité du ressort 8 ne reçoit ou n'applique de force. La compression du ressort 8,8' permet notamment d'assurer une vitesse d'ouverture suffisamment élevée de l'ampoule à vide, nécessaire à l'extinction de l'arc lors de la séparation des électrodes fixe et mobile à l'ouverture.

**[0045]** L'organe de commande 7, 7' est mobile entre :

- une première position extrême P3 dans laquelle l'électrode mobile 6 est en position d'ouverture maximale P1, l'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 étant alors distantes d'une distance d'ouverture O1,

et

- une deuxième position extrême P4 dans laquelle l'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 sont en contact,

un déplacement de la première position extrême P3 à la deuxième position extrême P4 définissant une course de déplacement C1 de l'organe de commande 7, et la course de déplacement C1 de l'organe de commande 7,7' est supérieure à la distance d'ouverture O1,O1' de telle sorte que l'organe de rappel élastique 8,8' est comprimé lorsque l'organe de commande 7 est dans la deuxième position extrême P4.

**[0046]** Lors d'une course de fermeture de l'ampoule à vide 4, une fois que l'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 sont en contact, l'organe de commande 7 continue de se déplacer et déforme l'organe de rappel élastique 8 jusqu'à atteindre sa deuxième position extrême P4. L'énergie potentielle emmagasinée par l'organe de rappel élastique 8 lors de la phase de fermeture est ensuite restituée lors de la phase d'ouverture de l'ampoule à vide 4, ce qui augmente l'énergie cinétique de l'organe de commande 7 lors d'une course d'ouverture de l'ampoule à vide 4. La séparation de l'électrode mobile 6 et de l'électrode fixe 5 est ainsi favorisée par l'impulsion apportée par l'organe de rappel élastique 8. La performance du dispositif de coupure 50 est ainsi améliorée.

**[0047]** L'organe de rappel élastique 8 peut être dans un état précontraint lorsque l'organe de commande 7 se trouve dans la première position extrême P3. Ainsi, la surcourse de l'organe de commande 7 permet, pour une amplitude de surcourse donnée, d'emmagasiner davantage d'énergie potentielle. De plus, cet état précontraint fait que les forces d'inertie à vaincre pour mettre en mouvement l'ensemble des éléments liés à l'électrode mobile 6 ne provoquent pas de déformation de l'organe de rappel élastique 8 avant que l'électrode mobile 6 soit en contact avec l'électrode fixe 5.

**[0048]** L'organe de commande 7,7' est lié à un levier d'actionnement 9,9' mobile en rotation autour d'un axe Y. La direction de l'axe de rotation Y du levier d'actionnement 9,9' est perpendiculaire à la direction de l'axe longitudinal X, X' de l'ampoule à vide 4,4'. Le levier d'actionnement 9,9' est lié à l'organe de commande 7,7' par un pivot 10,10'. Le pivot 10, 10' est solidaire de l'organe de commande 7,7'. Le pivot 10,10' s'étend selon un axe Z perpendiculaire à l'axe longitudinal X et perpendiculaire à la direction de l'axe de rotation Y du levier d'actionnement 9.

**[0049]** Comme schématisé sur la figure 1, chaque levier d'actionnement 9,9',9" est relié à une barre de commande 14. Un déplacement de la barre de commande 14 permet ainsi d'assurer un déplacement conjoint de tous les leviers d'actionnement. L'appareil électrique 40 comporte trois circuits 1, 2, 3 construits de la même manière. Chaque circuit correspond à une phase distincte.

**[0050]** Le dispositif de mesure de position 11, 11' comporte une cible magnétique 12 mécaniquement liée à

l'électrode mobile 6 et un capteur de position 13 de la cible magnétique 12. Le capteur de position 13 est lié à l'organe de commande 7. La cible magnétique 12 est, sur l'exemple représenté, rigidement liée à l'électrode mobile 6. De même, le capteur de position 13 est rigidement lié à l'organe de commande 7. La cible magnétique 12 est par exemple un aimant permanent. Le capteur de position 13 est par exemple un capteur à effet Hall, ou un capteur à effet magnéto-résistif. Sur l'exemple de la figure 2, l'organe de commande 7 est compris, selon l'axe longitudinal X, entre l'organe de rappel élastique 8 et une butée 17 qui est rigidement liée à l'électrode mobile 6. Sur l'exemple représenté, la butée 17 coïncide avec l'extrémité inférieure de l'électrode mobile 6. Selon des variantes de réalisation non représentées, des pièces intermédiaires peuvent être présentes dans la liaison mécanique entre la butée 17 et l'électrode mobile 6. Le dispositif de mesure de position 11, 11' délivre un signal de sortie qui peut être analogique ou numérique. La fréquence de rafraichissement du signal de sortie du dispositif de mesure de position 11, 11' peut être constante. De préférence, la fréquence de rafraichissement est supérieure à 10 kHz. L'unité électronique de contrôle 15 assure l'acquisition et le traitement des signaux de mesure. La durée d'une phase d'ouverture ou de fermeture d'un circuit étant comprise entre 5 et 50 millisecondes, une telle fréquence d'échantillonnage procure un nombre suffisant d'échantillons.

**[0051]** Selon un autre mode de réalisation, le dispositif de mesure de position 11 peut comporter une tige indicatrice liée à l'électrode mobile 6. La tige indicatrice est électriquement isolante. La tige indicatrice est par exemple en résine époxy, ou en polyester. La cible magnétique 12 peut être disposée à une extrémité axiale de la tige indicatrice. Sur les figures, la tige indicatrice n'a pas été représentée. D'autres types de liaisons cinématiques peuvent être réalisés, du moment qu'ils permettent de mesurer une distance relative D-r entre l'organe de commande 7, 7' et l'électrode mobile 6, 6'.

**[0052]** Comme l'organe de rappel élastique 8 est interposé dans la chaîne cinématique entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6, la variation de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 est égale à la variation de longueur de l'organe de rappel élastique 8.

**[0053]** Tant que l'électrode mobile 6 est distante de l'électrode fixe 5, le degré de compression de l'organe de rappel élastique 8 reste constant. En effet, l'organe de rappel élastique 8 plaque l'organe de commande 7 contre la butée 17, comme schématisé sur la partie A de la figure 2. Le degré de compression de l'organe de rappel élastique 8 ne peut varier, lors de la commande de fermeture de l'ampoule à vide 4, que lorsque l'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 sont en contact. Lorsque la compression de l'organe de rappel élastique 8 varie, l'organe de commande 7 est écarté de la butée 17, comme schématisé sur la partie B de la figure 2. Ainsi, la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode

mobile 6 ne peut varier que lorsque l'électrode mobile 6 et l'électrode fixe 5 sont en contact. L'analyse de l'évolution temporelle du signal délivré par le dispositif de mesure de position 11 déterminant la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 permet de déterminer l'instant où l'électrode mobile 6 entre en contact avec l'électrode fixe 5. La comparaison de l'évolution du signal de chaque circuit 1, 2 permet ainsi de quantifier le décalage temporel entre l'instant de fermeture du premier circuit 1 et l'instant de fermeture du deuxième circuit 2. Autrement dit, la qualité du synchronisme de la fermeture ainsi que de l'ouverture des circuits 1, 2 peut être vérifiée pendant l'utilisation normale de l'appareil électrique 40. Il n'est pas nécessaire d'interrompre l'utilisation normale afin d'effectuer un diagnostic de l'appareil électrique 40. Il n'est pas non plus nécessaire d'ajouter des équipements spécifiques au diagnostic. Le procédé proposé utilise des capteurs de position déjà présents pour mesurer la surcourse, et rajoute une nouvelle fonctionnalité. Le surcout de cette nouvelle fonctionnalité est faible, puisqu'un ajout de capteur est évité. Un tel dispositif de mesure de position permet ainsi de surveiller également la qualité du synchronisme d'ouverture et de fermeture entre les différents circuits, dont l'origine peut prévenir notamment de l'usure des contacts des électrodes de l'ampoule à vide au cours de l'utilisation du dispositif de coupure.

**[0054]** La figure 3 illustre l'évolution temporelle du signal délivré par le dispositif de mesure de position 11, pour chacun des trois circuits 1, 2, 3, lors d'une course de fermeture des circuits. La courbe A1 correspond au premier circuit 1, la courbe A2 correspond au deuxième circuit 2, et la courbe A3 correspond au troisième circuit 3. En régime permanent, chacune des courbes présente des oscillations autour d'une valeur moyenne. Ces oscillations sont dues aux divers bruits de mesure et fluctuations d'échantillonnage. Suivant la configuration du signal de sortie du dispositif de mesure de position 11, le signal délivré peut être une fonction croissante de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6, ou bien une fonction décroissante. Sur les exemples illustrés, l'amplitude du signal délivré diminue lorsque la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 diminue. Les oscillations visibles sur la figure 3 correspondent aux réactions de l'organe de rappel élastique de chacun des circuits suite au choc entre les électrodes de l'ampoule à vide.

**[0055]** La figure 4 illustre l'évolution temporelle du signal délivré par le dispositif de mesure de position 11, pour chacun des trois circuits 1, 2, 3, lors d'une course d'ouverture des circuits. La courbe B1 correspond au premier circuit 1, la courbe B2 correspond au deuxième circuit 2, et la courbe B3 correspond au troisième circuit 3.

**[0056]** Le procédé comprend en outre les étapes :

- pour chacun des premier 1 et deuxième 2 circuits, lorsque l'organe de commande 7, 7' fait passer l'électrode mobile 6, 6' de la position de fermeture P2, P2'

- à la position d'ouverture P1, P1', déterminer un deuxième instant de transition t2, t2' auquel l'électrode mobile 6,6' cesse d'être en contact avec l'électrode fixe 5,5',
- déterminer une différence Delta2 entre le deuxième instant de transition t2 de la première ampoule à vide 4 et le deuxième instant de transition t2' de la deuxième ampoule à vide 4',
  - déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence Delta2 est inférieure ou égale à un deuxième seuil prédéterminé s2,
  - déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence delta2 est supérieure au deuxième seuil prédéterminé s2. (étape 51)

**[0057]** Le deuxième instant de transition t2 correspond à l'instant où l'électrode mobile 6 cesse d'être en contact avec l'électrode fixe 5. De même, le deuxième instant de transition t2' correspond à l'instant où l'électrode mobile 6' cesse d'être en contact avec l'électrode fixe 5'. Le deuxième instant de transition t2, t2', peut également être défini par l'instant auquel l'électrode mobile 6,6' quitte la position de fermeture P2, P2'. Autrement dit, le deuxième instant de transition correspond à l'instant de début d'ouverture de chaque circuit. Ces étapes du procédé visent à vérifier le synchronisme de l'ouverture du premier circuit 1 et du deuxième circuit 2. Comme précédemment, un faible écart entre le deuxième instant de transition t2 et le deuxième instant de transition t2' signifie qu'un synchronisme satisfaisant est assuré entre le premier circuit 1 et le deuxième circuit 2. Dans ce cas, le premier circuit 1 et le deuxième circuit 2 s'ouvrent à des instants suffisamment proches pour que l'écart temporel entre ces instants d'ouverture permette un fonctionnement nominal de l'appareil électrique 40. A l'inverse, un écart trop élevé entre le deuxième instant de transition t2 et le deuxième instant de transition t2' signifie que le premier circuit 1 et le deuxième circuit 2 présentent un synchronisme anormal à l'ouverture.

**[0058]** Le deuxième seuil prédéterminé s2 est compris entre 15,0% et 16,5% d'une période de variation de la tension du réseau électrique. Le deuxième seuil prédéterminé s2 est compris entre 3,0 millisecondes et 3,33 millisecondes lorsque la fréquence du réseau électrique vaut 50 Hertz. Le deuxième seuil prédéterminé s2 est compris entre 2,5 millisecondes et 2,78 millisecondes lorsque la fréquence du réseau électrique vaut 60 Hertz.

**[0059]** On détaillera maintenant une première manière de déterminer, pour chaque circuit, le premier instant de transition ainsi que le deuxième instant de transition.

**[0060]** Pour cela, le procédé comprend en outre les étapes :

- pour chaque circuit 1,2, acquérir successivement un ensemble d'échantillons x1, ..., xn de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7,7' et l'élec-

trode mobile 6,6'

- déterminer la moyenne M,M' et l'écart type Ect, Ect' de l'ensemble des échantillons acquis,
- déterminer une valeur absolue Dev, Dev' de la différence entre le dernier échantillon acquis xn,xn' et la moyenne déterminée M,M'
- déterminer le quotient Q,Q' de la différence déterminée Dev,Dev' et de l'écart type Ect,Ect' déterminé,
- déterminer un instant, dit instant seuil ts, ts', où le quotient déterminé Q,Q' devient supérieur à un troisième seuil prédéterminé s3. (étape 52)

**[0061]** Ces étapes sont détaillées sur la figure 5. La courbe A1 de la figure 5 illustre l'évolution temporelle de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 lors d'une course de fermeture du circuit 1. La courbe A2 illustre la même grandeur, tracée pour le deuxième circuit 2, et la courbe A3 correspond à la même grandeur pour le troisième circuit 3. L'échelle des temps de la figure 5 est dilatée par rapport aux figures 3 et 4, de façon à détailler plus précisément l'évolution temporelle des différents signaux.

**[0062]** Lors de l'ouverture de chaque circuit, la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 évolue. Cette phase correspond à la diminution de l'amplitude du signal délivré. La surveillance de l'écart du signal délivré par rapport à sa valeur moyenne permet de différencier une fluctuation de mesure d'une dérive du signal en raison du déclenchement d'une phase de fermeture des circuits.

**[0063]** Le signe de la différence déterminée change suivant que l'organe de commande 7 fait passer l'électrode mobile 6 de la position d'ouverture P1 à la position de fermeture P2 ou bien que l'organe de commande 7 fait passer l'électrode mobile 6 de la position de fermeture P2 à la position d'ouverture P1. L'utilisation de la valeur absolue Dev, Dev' de la différence entre le dernier échantillon acquis xn, xn' et la moyenne déterminée M, M' permet d'utiliser la même méthode aussi bien pour les phases d'ouverture que pour les phases de fermeture.

**[0064]** Le troisième seuil prédéterminé s3 est supérieur à 7. Le troisième seuil prédéterminé s3 est par exemple égal à 8. Ces valeurs du troisième seuil prédéterminé s3 permettent de garantir que les fluctuations normales du signal de sortie du dispositif de mesure de position 11 ne franchissent pas le seuil s3. En effet, en régime permanent les échantillons de mesure sont distribués de manière sensiblement normale, et une différence de plus de 7 écart-types entre un échantillon et la moyenne des échantillons ne peut être attribué aux fluctuations normales des signaux de mesure. Le franchissement de la valeur seuil indique donc bien un changement réel dans la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6, indiquant le début d'une phase de transition d'état. On entend par régime permanent un état correspondant soit à une fermeture continue du circuit, soit une ouverture continue du circuit.

**[0065]** Selon un premier mode de réalisation, le pro-

cedé comporte l'étape :

- attribuer la valeur de l'instant seuil  $t_s$ ,  $t_s'$  au premier instant de transition  $t_1$ ,  $t_1'$ . (étape 53)

**[0066]** Autrement dit, pour chaque circuit 1,2, l'instant  $t_s$  auquel le signal instantané de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 devient suffisamment éloigné d'un nombre suffisant d'écart-types est pris comme premier instant de transition  $t_1$ , c'est-à-dire comme instant marquant le début de la phase de transition entre une ouverture et une fermeture du dispositif de coupure 50. Le décalage temporel entre les instants de transition  $t_1$ ,  $t_1'$  ainsi déterminés sont ensuite utilisés afin de déterminer l'état opérationnel du dispositif de coupure 50, comme décrit précédemment.

**[0067]** Selon un deuxième mode de réalisation, l'instant de transition est calculé d'une manière différente. Pour cela, le procédé comprend en outre l'étape :

- déterminer une équation d'une première courbe de régression R1 dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil  $t_s$  moins une première durée prédéterminée  $dp_1$ , et un instant correspondant à l'instant seuil  $t_s$ . (étape 54)

**[0068]** Le procédé comprend en outre l'étape :

- déterminer une équation d'une deuxième courbe de régression R2 dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil  $t_s$  et un instant correspondant à l'instant seuil  $t_s$  plus une deuxième durée prédéterminée  $dp_2$ . (étape 55)

**[0069]** La première durée prédéterminée  $dp_1$  est comprise entre 8 millisecondes et 12 millisecondes, de préférence égale à 10 millisecondes. Sur l'exemple de la figure 6, la première courbe de régression R1 est une première droite de régression D1. La première droite de régression D1 est une équation de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 en fonction du temps, valide sur la plage temporelle comprise entre l'instant seuil  $t_s$  moins la première durée prédéterminée  $dp_1$  et l'instant seuil  $t_s$ .

**[0070]** La deuxième durée prédéterminée  $dp_2$  est comprise entre 0,8 millisecondes et 1,2 millisecondes, de préférence égale à 1 milliseconde. Sur l'exemple de la figure 6, la deuxième courbe de régression R2 est une deuxième droite de régression D2. La deuxième droite de régression D2 est une équation de la distance relative D-r entre l'organe de commande 7 et l'électrode mobile 6 en fonction du temps. Cette équation est valide sur la plage temporelle comprise entre l'instant seuil  $t_s$  et l'instant seuil  $t_s$  plus la deuxième durée prédéterminée  $dp_2$ . D'autres types de courbes de régression qu'une droite peuvent être utilisées, sans changer le principe de cette étape du procédé.

**[0071]** Le procédé comprend en outre les étapes :

- Déterminer un instant  $t_c$  dit instant de croisement, correspondant à l'instant auquel la première courbe de régression C1 coupe la deuxième courbe de régression C2,
- attribuer la valeur de l'instant de croisement  $t_c$  au premier instant de transition  $t_1$ . (étape 56)

**[0072]** Dans le deuxième mode de réalisation, la valeur de l'instant de transition préalablement calculée à partir de l'écart entre signal instantané et signal moyenné est utilisée pour modéliser deux droites de régression D1, D2. Chaque droite de régression D1, D2 est applicable à un intervalle de temps donné, les deux intervalles de temps se recouvrant en partie. L'instant  $t_c$  auquel les deux droites modélisées D1, D2 se coupent est pris dans ce mode de réalisation comme début  $t_1$  de la phase de transition entre une ouverture et une fermeture du dispositif de coupure. Comme pour le premier mode de réalisation, le décalage temporel entre les instants de transition  $t_1$ ,  $t_1'$  ainsi déterminés est ensuite utilisé afin de déterminer l'état opérationnel du dispositif de coupure 50. Afin de simplifier la figure 6, les deux droites de régression D1, D2 ont été tracées seulement pour la courbe A1. Le même traitement est également réalisé pour la courbe A2 mais n'a pas été tracé. La figure 7 montre la différence entre les résultats obtenus par chacune des deux méthodes exposées. La figure 7 est un agrandissement de la zone encadrée en pointillés sur la figure 6. L'écart entre la valeur  $t_s$ , trouvée par la première méthode, et la valeur  $t_c$ , trouvée par la deuxième méthode, est visible sur la figure 7. La deuxième méthode assure des résultats plus précis mais réclame davantage de calculs. Les calculs mis en œuvre par le procédé peuvent être réalisés en temps réel, ou en temps différé.

**[0073]** Les étapes du procédé analysant le décalage temporel entre deux phases distinctes ont été décrites. Le procédé peut être généralisé à trois phases distinctes. Les instants de transition de chacune des trois phases sont pour cela comparés deux à deux.

**[0074]** On a ainsi un procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure 50 d'un appareil électrique 40 comportant un premier circuit 1 connecté à une première phase d'un réseau électrique, un deuxième circuit 2 connecté à une deuxième phase du réseau électrique, et un troisième circuit 3 connecté à une troisième phase du réseau électrique, chaque circuit 1,2,3 comportant :

- une ampoule à vide 4,4',4" disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide comportant une électrode fixe 5,5',5" et une électrode mobile 6,6',6" entre une position d'ouverture maximale P1, P1', P1" et une position de fermeture P2, P2', P2",
- un organe de commande 7, 7', 7" cinématiquement lié à l'électrode mobile 6, 6', 6" par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique 8, 8', 8",

le procédé comprenant les étapes :

- pour chacun des premier 1, deuxième 2 et troisième 3 circuits, lorsque l'organe de commande 7, 7', 7" fait passer l'électrode mobile 6, 6', 6" de la position d'ouverture maximale P1, P1', P1" à la position de fermeture, déterminer un premier instant de transition t1, t1', t1" auquel l'électrode mobile 6, 6', 6" entre en contact avec l'électrode fixe 5, 5', 5",
- déterminer une première différence Delta1 entre le premier instant de transition t1 de l'ampoule à vide 4 du premier circuit 1 et le premier instant de transition t1' de l'ampoule à vide 4' du deuxième circuit 2,
- déterminer une deuxième différence Delta1' entre le premier instant de transition t1' de l'ampoule à vide 4' du deuxième circuit 2 et le premier instant de transition t1" de l'ampoule à vide 4" du troisième circuit 3,
- déterminer une troisième différence Delta1" entre le premier instant de transition t1" de l'ampoule à vide 4" du troisième circuit 3 et le premier instant de transition t1 de l'ampoule à vide 4 du premier circuit 1,
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la première différence Delta1, la deuxième différence Delta2 et la troisième différence Delta3 sont toutes inférieures ou égales à un premier seuil prédéterminé s1,
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si au moins l'une des première différence Delta1, deuxième différence Delta2 et troisième différence Delta3 est supérieure au premier seuil prédéterminé s1.

**[0075]** En position d'ouverture maximale P1, P1', P1", l'électrode fixe 5, 5', 5" et l'électrode mobile 6, 6', 6" sont distantes. En position de fermeture P2, P2', P2", l'électrode fixe 5, 5', 5" et l'électrode mobile 6, 6', 6" sont en contact. L'organe de commande 7, 7', 7" est configuré pour faire sélectivement passer l'électrode mobile 6, 6', 6" de la position d'ouverture maximale P1, P1', P1" à la position de fermeture P2, P2', P2" et de la position de fermeture P2, P2', P2" à la position d'ouverture maximale P1, P1', P1".

**[0076]** Les figures 8 et 9 illustrent les différents paramètres. Ces étapes permettent de réaliser la détermination de l'état opérationnel d'un dispositif de coupure de trois phases distinctes d'un réseau électrique, lors de la fermeture de trois circuits 1,2,3 correspondants à ces trois phases. L'état opérationnel est nominal si les trois décalages temporels déterminés sont tous inférieurs à un seuil prédéterminé. L'état opérationnel est anormal dès qu'au moins un des trois décalages temporels est supérieur au seuil d'acceptation.

**[0077]** La figure 9 illustre les instants de transition déterminés pour chacun des trois circuits, ainsi que les différences entre ces instants de transition. Sur l'exemple de la figure 9, les instants t1' et t1" sont très proches. Le décalage Delta1' est ainsi inférieur au seuil s1. L'instant t1 est décalé par rapport aux instants t1' et t1". Les dé-

calages Delta1 et Delta1" sont supérieurs au seuil s1.

**[0078]** En complément, la détermination de l'état opérationnel peut être réalisée également lors de l'ouverture des trois circuits.

5 **[0079]** Pour cela, le procédé comprend en outre les étapes :

- pour chacun des premier 1, deuxième 2 et troisième 3 circuits, lorsque l'organe de commande 7, 7', 7" fait passer l'électrode mobile de la position de fermeture P2, P2', P2" à la position d'ouverture P1, P1', P1", déterminer un deuxième instant de transition t2, t2', t2" auquel l'électrode mobile 6, 6', 6" cesse d'être en contact avec l'électrode fixe 5, 5', 5",
- 10 - déterminer une quatrième différence Delta2 entre le deuxième instant de transition t2 de l'ampoule à vide 4 du premier circuit 1 et le deuxième instant de transition t2' de l'ampoule à vide 4' du deuxième circuit 2,
- déterminer une cinquième différence Delta2' entre le deuxième instant de transition t2' de l'ampoule à vide 4' du deuxième circuit 2 et le deuxième instant de transition t2" de l'ampoule à vide 4" du troisième circuit 3,
- 15 - déterminer une sixième différence Delta2" entre le deuxième instant de transition t2" de l'ampoule à vide 4" du troisième circuit 3 et le deuxième instant de transition t2 de l'ampoule à vide 4 du premier circuit 1,
- 20 - déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la quatrième différence Delta2, la cinquième différence Delta2' et la sixième différence Delta2" sont toutes inférieures ou égales à un premier seuil prédéterminé s1,
- 25 - déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si au moins l'une des quatrième différence Delta2, cinquième différence Delta2' et sixième différence Delta2" est supérieure au premier seuil prédéterminé s1.

40 **[0080]** La figure 10 représente, pour chacun des trois circuits, la première droite de régression et la deuxième droite de régression. Le deuxième temps de transition t2, t2', t2" correspondant respectivement à chacun des trois circuits est également représenté, ainsi que les différences Delta2, Delta2', Delta2" entre les temps de transition. L'état opérationnel peut ainsi être déterminé.

**[0081]** Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre l'étape :

- 50 - si l'état opérationnel déterminé est le deuxième état dit « synchronisme anormal », émettre un signal d'alerte. (étape 57)

**[0082]** Le signal d'alerte émis peut être un affichage d'un message sur un écran de contrôle, ou un allumage d'un voyant lumineux, ou l'émission d'un signal sonore. Cette étape s'applique aussi bien à la détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure 50 compor-

tant deux circuits qu'à un dispositif de coupure comportant trois circuits.

**[0083]** L'alerte reçue permet à un opérateur de déclencher une intervention correctrice sur le dispositif de coupure 50, et évite de laisser fonctionner l'appareil électrique 40 dans des conditions anormales pouvant mener à des défaillances.

## Revendications

1. Procédé de détermination d'un état opérationnel d'un dispositif de coupure (50) d'un appareil électrique (40) comportant un premier circuit (1) connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit (2) connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit (1,2) comportant respectivement:

- une ampoule à vide (4,4') disposée en série dans le circuit, l'ampoule à vide (4,4') comportant une électrode fixe (5,5') et une électrode mobile (6,6') entre une position d'ouverture maximale (P1, P1') et une position de fermeture (P2, P2'),
- un organe de commande (7, 7') cinématiquement lié à l'électrode mobile (6, 6') par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique (8, 8'),

dans lequel chaque circuit (1,2) comporte un dispositif de mesure de position (11,11') configuré pour mesurer une distance relative (D-r) entre l'organe de commande (7,7') et l'électrode mobile (6,6'),

le procédé comprenant les étapes :

- pour chacun des premier (1) et deuxième (2) circuits, lorsque l'organe de commande (7,7') fait passer l'électrode mobile (6,6') de la position d'ouverture maximale (P1,P1') à la position de fermeture (P2,P2'), déterminer à partir de mesures de la distance relative (D-r) entre l'organe de commande (7,7') et l'électrode mobile (6,6') un premier instant de transition (t1, t1') auquel l'électrode mobile (6, 6') entre en contact avec l'électrode fixe (5,5'),
- déterminer une différence (Delta1) entre le premier instant de transition (t1) de la première ampoule à vide (4) et le premier instant de transition (t1') de la deuxième ampoule à vide (4'),
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence (Delta1) est inférieure ou égale à un premier seuil prédéterminé (s1),
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence est supérieure au premier seuil prédéterminé (s1). (étape 50)

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes :

- pour chacun des premier (1) et deuxième (2) circuits, lorsque l'organe de commande (7,7') fait passer l'électrode mobile (6,6') de la position de fermeture (P2, P2') à la position d'ouverture (P1, P1'), déterminer un deuxième instant de transition (t2, t2') auquel l'électrode mobile (6,6') cesse d'être en contact avec l'électrode fixe (5,5'),
- déterminer une différence (Delta2) entre le deuxième instant de transition (t2) de la première ampoule à vide (4) et le deuxième instant de transition (t2') de la deuxième ampoule à vide (4'),
- déterminer que l'état opérationnel est un premier état dit « synchronisme nominal » si la différence (Delta2) est inférieure ou égale à un deuxième seuil prédéterminé (s2),
- déterminer que l'état opérationnel est un deuxième état dit « synchronisme anormal » si la différence (delta2) est supérieure au deuxième seuil prédéterminé (s2). (étape 51)

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier seuil prédéterminé (s1) est compris entre 22,5% et 25% d'une période de variation de la tension du réseau électrique.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre les étapes :

- pour chaque circuit (1,2), acquérir successivement un ensemble d'échantillons (x1, ..., xn) de la distance relative (Dr) entre l'organe de commande (7) et l'électrode mobile (6),
- déterminer la moyenne (M) et l'écart type (Ect) de l'ensemble des échantillons (x1, ..., xn) acquis,
- déterminer une valeur absolue (Dev) de la différence entre le dernier échantillon acquis (xn) et la moyenne déterminée (M),
- déterminer le quotient (Q) de la différence déterminée (Dev) et de l'écart type (Ect) déterminé,
- déterminer un instant, dit instant seuil (ts, ts'), où le quotient déterminé (Q) devient supérieur à un troisième seuil prédéterminé (s3). (étape 52)

5. Procédé selon la revendication 4, comportant l'étape :

- attribuer la valeur de l'instant seuil (ts, ts') au premier instant de transition (t1, t1'). (étape 53)

6. Procédé selon la revendication 4, comprenant en outre les étapes :

- déterminer une équation d'une première courbe de régression (R1) dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil (ts) moins une première durée prédéterminée (dp1), et un instant correspondant à l'instant seuil (ts). (étape 54) 5
7. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la première durée prédéterminée (dp1) est comprise entre 8 ms et 12 ms, de préférence égale à 10 ms, et dans lequel la première courbe de régression (R1) est une première droite de régression (D1). 10
8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, comprenant en outre les étapes : 15
- déterminer une équation d'une deuxième courbe de régression (R2) dans l'ensemble des échantillons acquis entre un instant correspondant à l'instant seuil (ts) et un instant correspondant à l'instant seuil (ts) plus une deuxième durée prédéterminée (dp2). (étape 55) 20
9. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la deuxième durée prédéterminée (dp2) est comprise entre 0,8 ms et 1,2 ms, de préférence égale à 1 ms et dans lequel la deuxième courbe de régression (R2) est une deuxième droite de régression (D2). 25 30
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, comprenant en outre les étapes :
- Déterminer un instant (tc) dit instant de croisement, correspondant à l'instant auquel la première courbe de régression (C1) coupe la deuxième courbe de régression (C2), 35
- attribuer la valeur de l'instant de croisement (tc) au premier instant de transition (t1). (étape 56) 40
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre les étapes : 45
- si l'état opérationnel déterminé est le deuxième état dit « synchronisme anormal », émettre un signal d'alerte. (étape 57)
12. Ensemble comportant : 50
- un dispositif de coupure (50) d'un appareil électrique (40) comportant un premier circuit (1) connecté à une première phase d'un réseau électrique et un deuxième circuit (2) connecté à une deuxième phase du réseau électrique, chaque circuit (1,2) comportant respectivement: 55
- une ampoule à vide (4,4') disposée en série

dans le circuit, l'ampoule à vide (4,4') comportant une électrode fixe (5,5') et une électrode mobile (6,6') entre une position d'ouverture maximale (P1, P1') et une position de fermeture (P2, P2'),

- un organe de commande (7, 7') cinématiquement lié à l'électrode mobile (6, 6') par l'intermédiaire d'un organe de rappel élastique (8, 8'),

- une unité électronique de contrôle (15) configurée pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.

[Fig. 1]

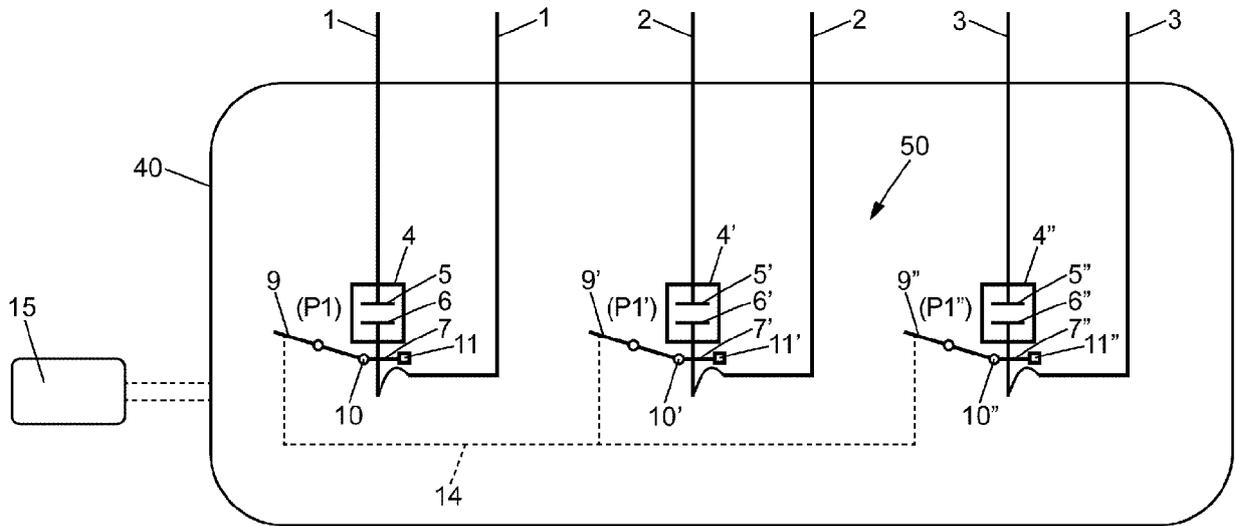


FIG. 1

[Fig. 2]

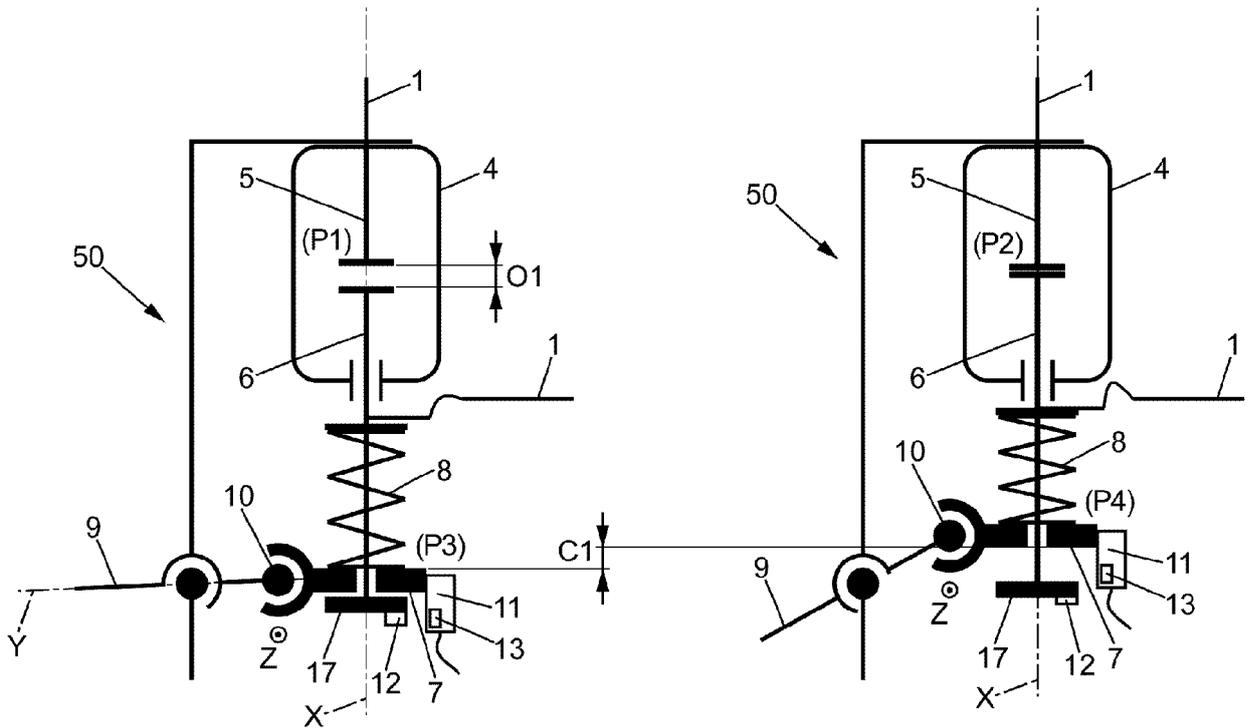


FIG. 2

[Fig. 3]

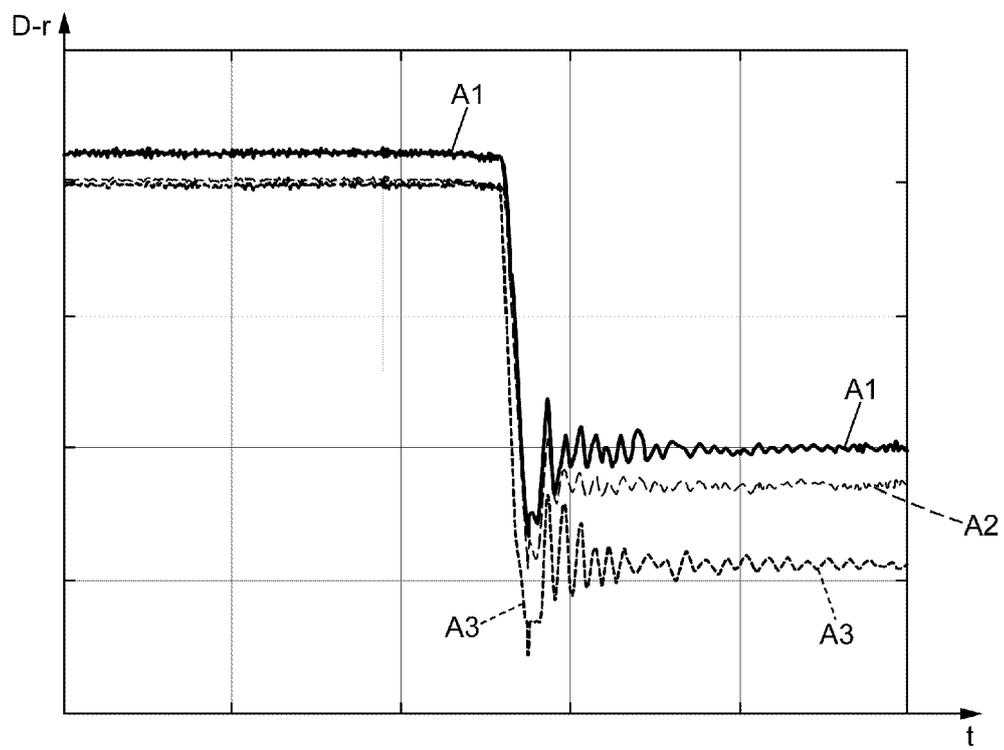


FIG. 3

[Fig. 4]

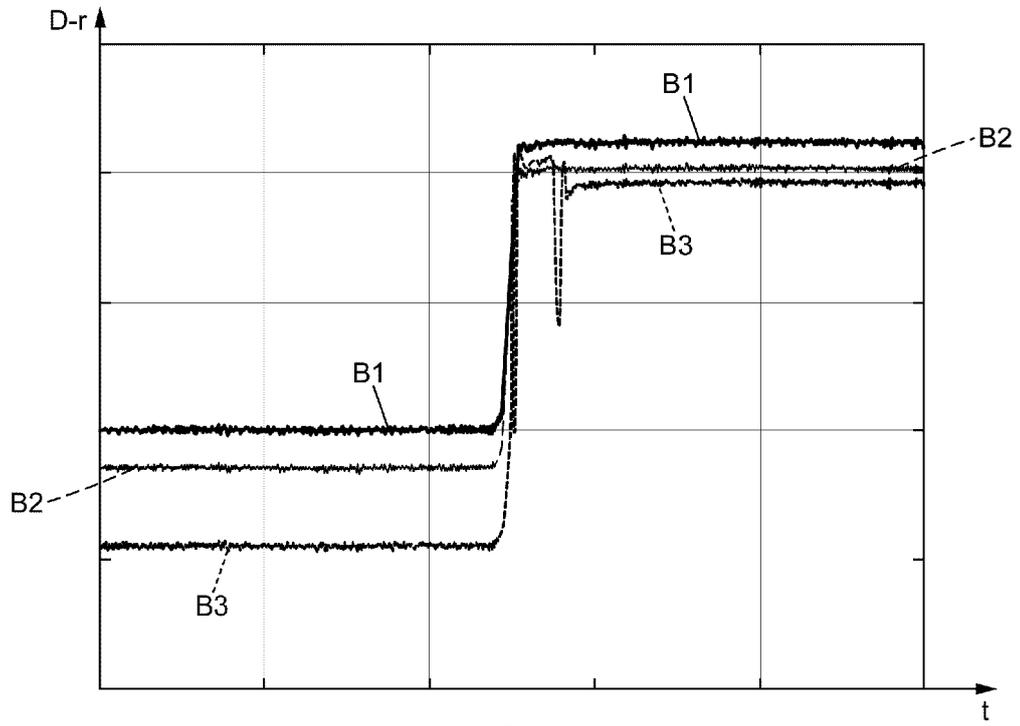


FIG. 4

[Fig. 5]

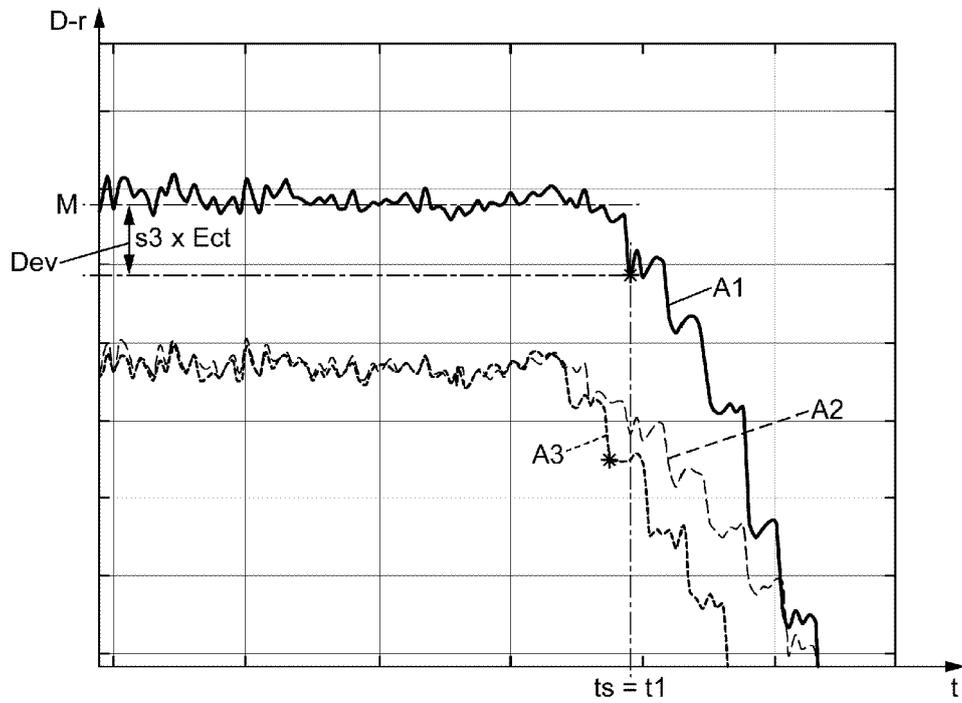


FIG. 5

[Fig. 6]

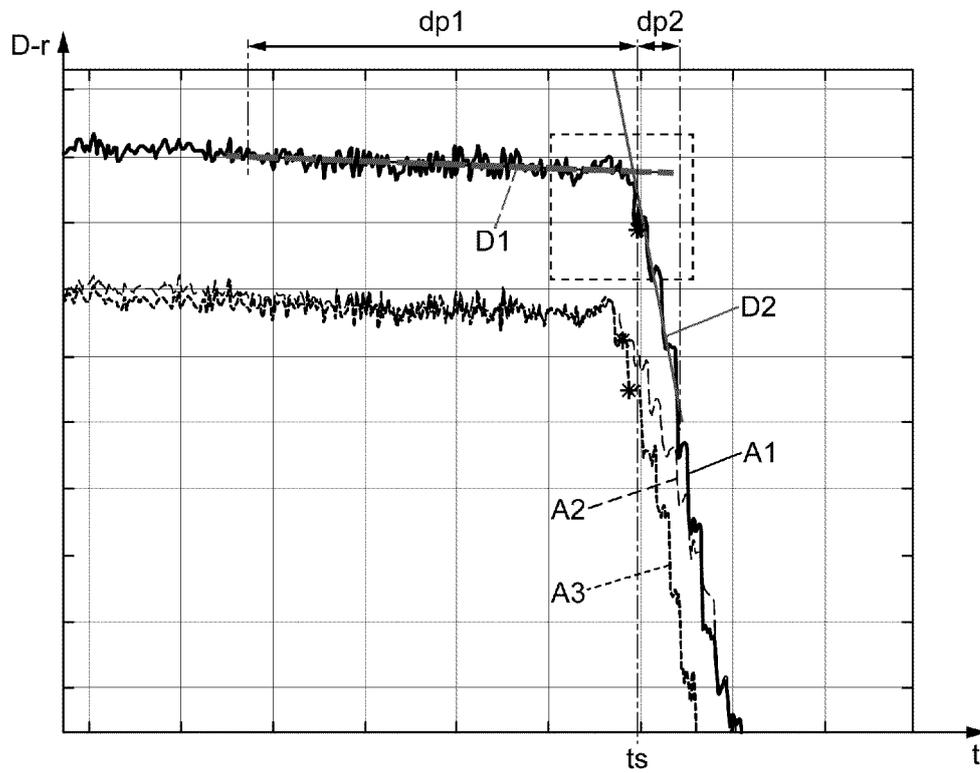


FIG. 6

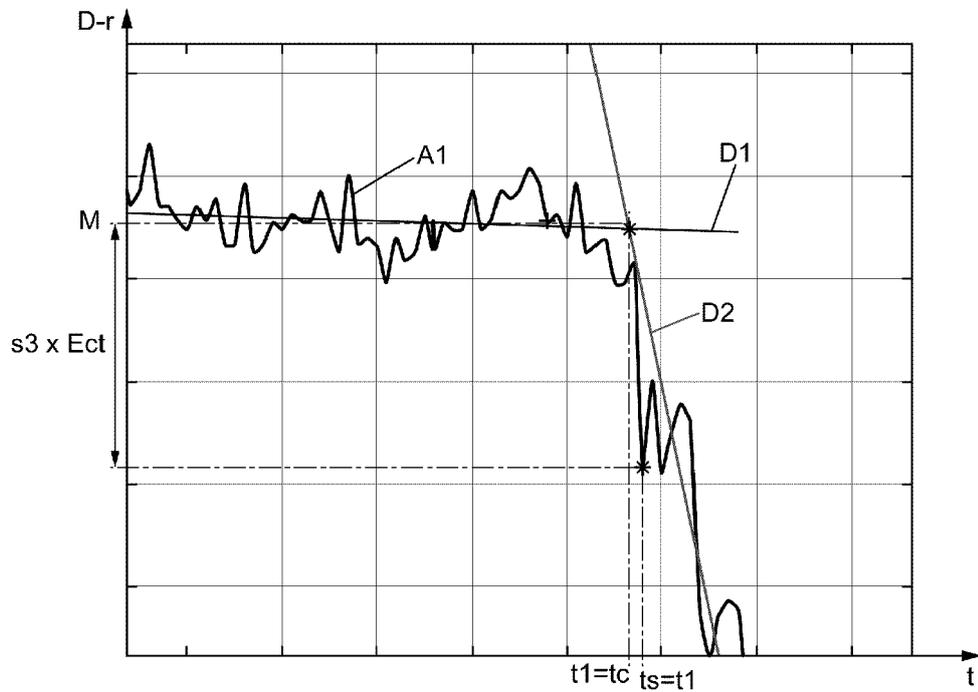


FIG. 7

[Fig. 7]

[Fig. 8]

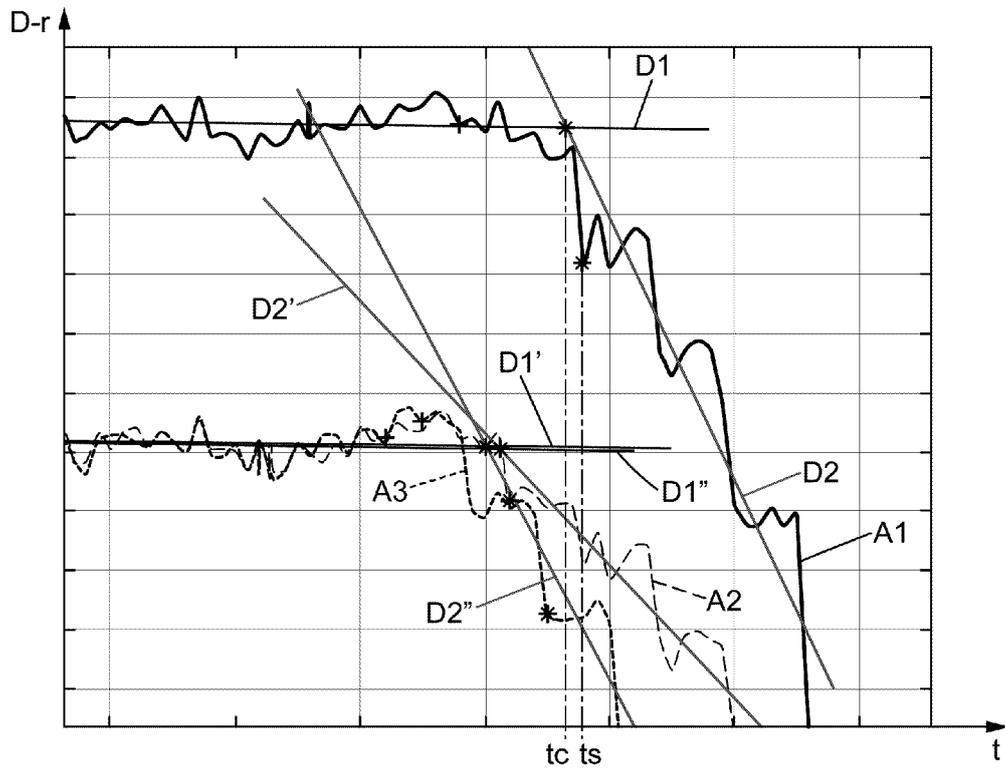


FIG. 8

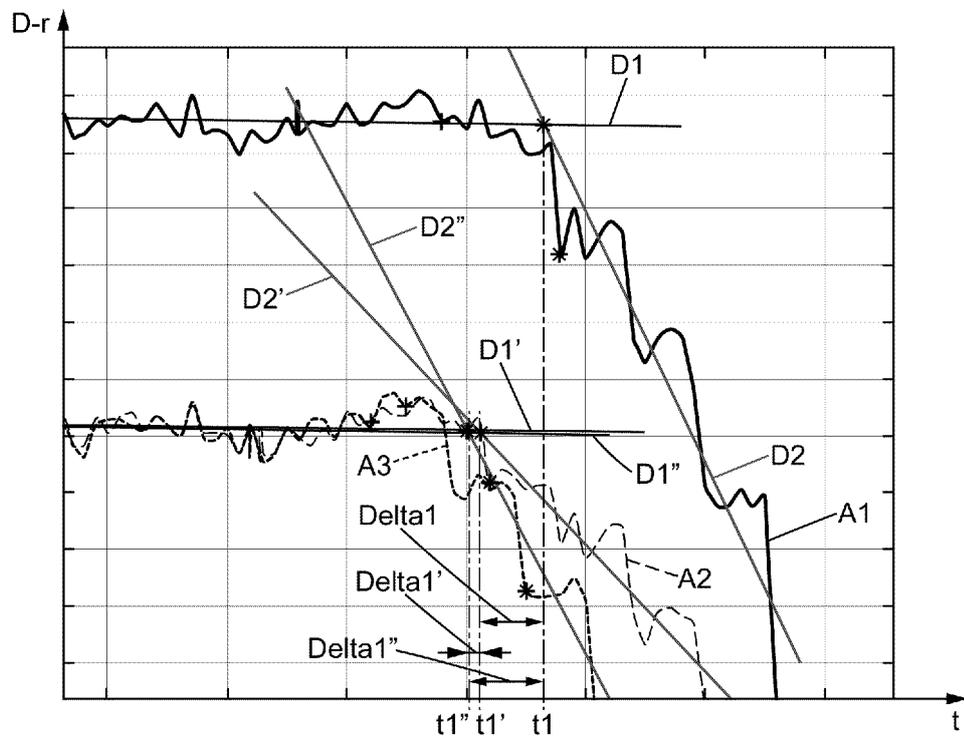


FIG. 9

[Fig. 9]

[Fig. 10]

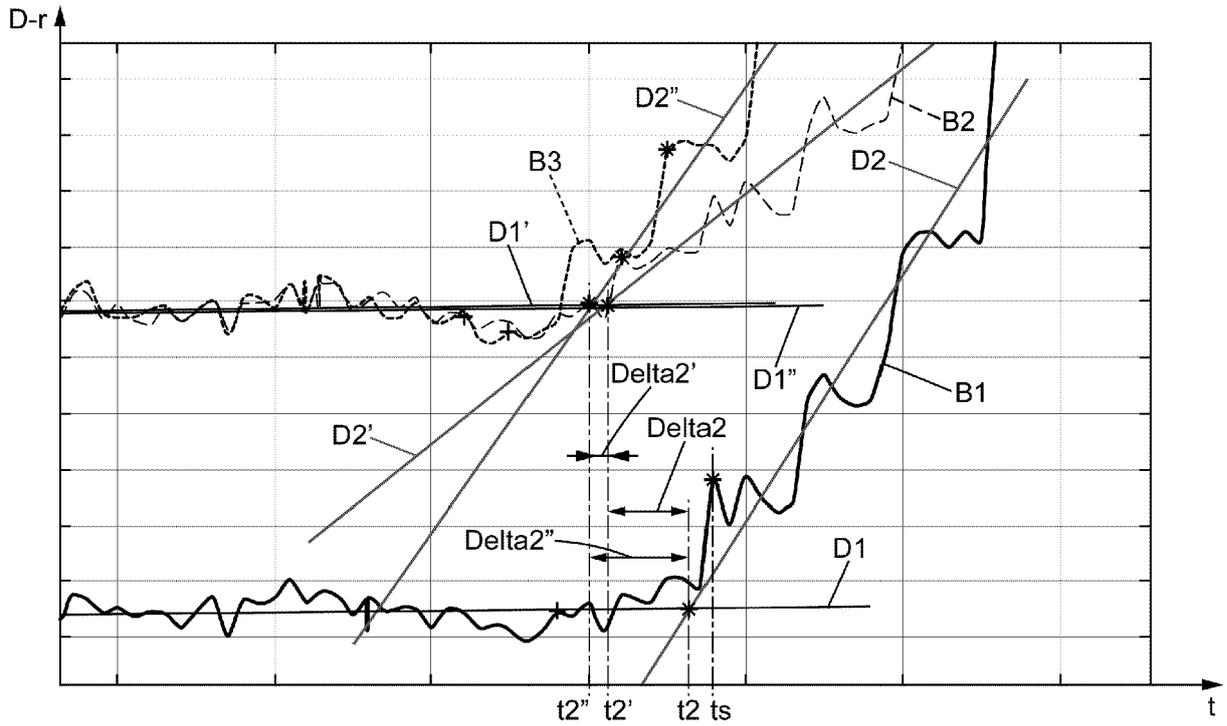


FIG. 10

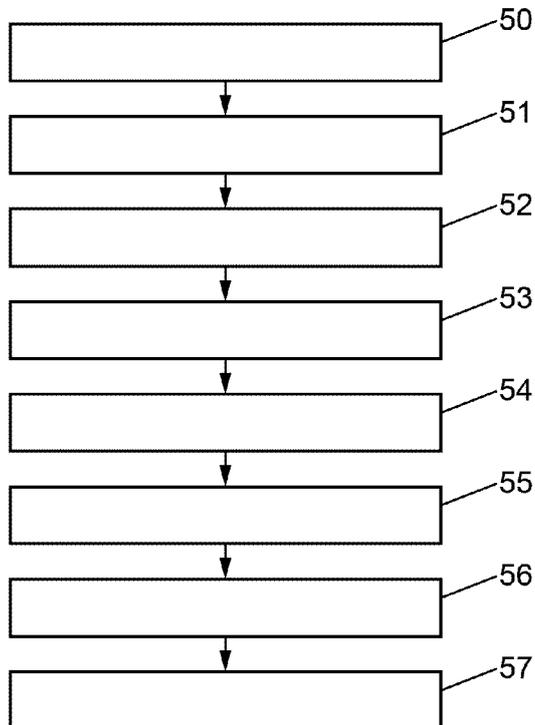


FIG. 11

[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 22 18 2272

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	DE 102 60 248 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 juillet 2004 (2004-07-22) * alinéas [0020] - [0076] * * figures 1-6 *	1-12	INV. H01H1/00 H01H11/00 H01H33/59 H01H33/666
A	DE 102 60 258 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 juillet 2004 (2004-07-22) * alinéas [0019] - [0046] * * figures 1-5 *	1-12	
A	US 2009/144019 A1 (ELSNER NORBERT [DE] ET AL) 4 juin 2009 (2009-06-04) * alinéas [0023] - [0041] * * figures 1-10 *	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>4 août 2022</b>	Examineur <b>Ledoux, Serge</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 22 18 2272

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

04-08-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>DE 10260248 A1</b>	<b>22-07-2004</b>	<b>CN 1748273 A</b>	<b>15-03-2006</b>
		<b>DE 10260248 A1</b>	<b>22-07-2004</b>
		<b>EP 1573760 A1</b>	<b>14-09-2005</b>
		<b>WO 2004057633 A1</b>	<b>08-07-2004</b>
-----			
<b>DE 10260258 A1</b>	<b>22-07-2004</b>	<b>CN 1745442 A</b>	<b>08-03-2006</b>
		<b>DE 10260258 A1</b>	<b>22-07-2004</b>
		<b>EP 1576631 A1</b>	<b>21-09-2005</b>
		<b>WO 2004057635 A1</b>	<b>08-07-2004</b>
-----			
<b>US 2009144019 A1</b>	<b>04-06-2009</b>	<b>CN 101305433 A</b>	<b>12-11-2008</b>
		<b>DE 102005045095 A1</b>	<b>05-04-2007</b>
		<b>EP 1927121 A1</b>	<b>04-06-2008</b>
		<b>KR 20080058365 A</b>	<b>25-06-2008</b>
		<b>US 2009144019 A1</b>	<b>04-06-2009</b>
		<b>WO 2007033913 A1</b>	<b>29-03-2007</b>
-----			

EPC FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82