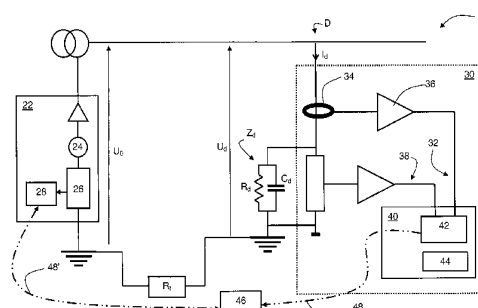


(51) Int Cl⁸: **G 01 R 31/02** (2006.01), H 02 B 1/24

A1

74 Mandataire(s) : SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS.

Le dispositif (30) de contrôle et de mesure localisés de l'isolement selon l'invention se base sur des caractéristiques (I_d , U_d) du courant circulant dans la dérivation (D) et indépendantes de l'injection du CPI (22) pour déterminer la nature ou les caractéristiques de l'impédance de défaut locale (Z_d). La localisation peut donc se faire sans connexions avec le CPI (22) injectant le courant de contrôle de sorte que le système est plus souple et moins complexe à mettre en oeuvre.



FR 2 917 838 - A1



DISPOSITIF DE CONTROLE ET DE MESURE LOCALISES D'ISOLEMENT POUR RESEAU ELECTRIQUE A NEUTRE ISOLE

5 DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un dispositif de contrôle et de mesure d'isolement, plus couramment dénommé « contrôleur permanent d'isolement » et connu sous l'acronyme CPI, pour un réseau de distribution électrique à neutre isolé comprenant des dérivations. L'invention se rapporte plus particulièrement à la localisation des défauts de fuite et à la détermination de leur impédance.

ETAT DE LA TECHNIQUE

En se référant à la figure 1, un transformateur triphasé 1 alimente en énergie électrique alternative les trois barres de distribution d'un réseau 2 ; le réseau principal 2 fournit de l'énergie électrique à une impédance de charge Z , ainsi qu'à plusieurs impédances d'utilisation Z_j branchées chacune sur une dérivation triphasée D_j ($j = 1 \rightarrow p$) du réseau principal 2. Le réseau 2 est dit « à neutre isolé », c'est-à-dire que les impédances de charge Z et d'utilisation Z_j sont connectées entre une phase et le neutre N ou entres phases, et non par rapport à la terre.

Il peut survenir qu'une des impédances de charge ou d'utilisation, ici au niveau d'une dérivation D_p , présente un défaut d'isolement 4 par rapport à la terre, qui se traduit par la présence dommageable d'une impédance de défaut Z_d entre au moins un des trois fils de phase et la terre ; une impédance de défaut Z_d est usuellement schématisée par un circuit additionnel comprenant une résistance R_d en parallèle avec une capacité C_d .

Pour détecter et mesurer la présence de ce type de fuite, un contrôleur permanent d'isolement, ou CPI, 6 est branché en série avec une résistance de mesure R_m , par exemple entre le neutre isolé N et la terre ; il injecte sur le réseau d'alimentation 2 une tension alternative U_0 de fréquence différente et usuellement inférieure à la fréquence propre F_0 du

courant d'alimentation. En présence du défaut d'isolement 4, l'injection sur le réseau 2 de la tension U_0 entraîne la circulation d'un courant de fuite I_f , à la fréquence de la tension injectée U_0 , dans l'impédance de défaut Z_d qui se boucle vers le CPI 6 à travers la terre et la résistance de mesure R_m . De fait, le(s) défaut(s) peu(ven)t être schématisé(s) par la

5 présence d'une impédance de fuite Z_f au niveau du CPI 6 sur le neutre N.

Le CPI 6 comprend classiquement des moyens adaptés, par exemple par démodulation synchrone et par détermination des parties réelle et imaginaire des vecteurs représentatifs de la tension injectée U_0 et du courant de fuite I_f , pour déterminer les valeurs de la

10 résistance R_f et de la capacité C_f de fuite. Un exemple est donné dans le document FR 2 647 220.

Il peut en outre être important de localiser et déterminer le défaut 4 détecté au niveau central par le CPI 6 : la parfaite connaissance du défaut 4 et de ses caractéristiques R_d , C_d

15 permet d'adapter sa correction. Il a ainsi été proposé dans le document FR 2 676 821, de mettre en place sur chacune des dérivation D_j des moyens de mesure 8_j du courant de défaut local I_d parcourant la dérivation D_j et causé par le signal alternatif injecté dans le réseau 2 par le CPI 6 ; par exemple, un transformateur de mesure d'intensité à tore 8_j est placé autour de chacune des dérivation D_j et son signal de mesure est communiqué à des

20 moyens de traitement et calcul 10, aussi appelés localisateur, via une ligne 12_j. Un traitement par démodulation ou détection synchrone de l'intensité mesurée I_d en fonction du signal injecté U_0 permet de déterminer la valeur Z_d de l'impédance locale de fuite ; à cette fin, un signal de synchronisation est envoyé par le CPI 6 au localisateur 10, par l'intermédiaire d'une liaison synchrone adaptée, généralement un bus de communication

25 14.

Ce système donne de bons résultats. Cependant, sa mise en œuvre est lourde, en particulier du fait de l'indispensable synchronisation entre la mesure locale du courant de fuite I_d et l'injection centrale de la tension U_0 : les liaisons 14, obligatoirement synchrones,

30 permettant la communication au localisateur 10 des données démodulées de la tension d'injection U_0 compliquent la mise en place des CPI 6 et localisateur 10, en particulier lors de la multiplication des dérivation D_j et de leur éloignement relatif.

EXPOSE DE L'INVENTION

Parmi autres avantages, l'invention vise à pallier des inconvénients des systèmes de localisation de défauts de fuite existants, et en particulier à alléger la mise en œuvre d'un dispositif de mesure locale d'une impédance de fuite par suppression des bus de communication.

Sous un aspect, l'invention concerne un dispositif de contrôle et de mesure de l'isolement d'une dérivation d'un réseau électrique à neutre isolé comprenant des moyens pour injecter un signal de courant alterné d'une première fréquence dans le réseau. Avantageusement, les moyens d'injection font partie d'un contrôleur permanent d'isolement qui comprend également des moyens pour mesurer l'intensité de fuite y circulant et déterminer l'impédance de fuite au niveau du contrôleur. Selon un mode de réalisation préféré, les moyens d'injection sont aptes à également injecter, notamment simultanément, au moins un signal de courant alterné d'une deuxième fréquence dans le réseau ; avantageusement, les différentes fréquences d'injection sont des multiples l'une de l'autre ; de préférence, il s'agit de sous-multiples de la fréquence propre du réseau lorsque celui-ci est alimenté par un courant alternatif, monophasé ou triphasé.

Le dispositif de contrôle et mesure selon l'invention comprend en outre, placés sur la dérivation à contrôler, des moyens de mesure du courant de défaut et des moyens de mesure de la tension de défaut à la première fréquence ; avantageusement, les mesures sont simultanées et les moyens de mesure sont étalonnés par détermination de leur gain et leur phase, par exemple régulièrement, afin de s'affranchir de leurs paramètres. De préférence, les moyens de mesure du courant et de la tension de défaut sont adaptés pour mesurer simultanément le courant et la tension à plusieurs fréquences, correspondant aux différentes fréquences de courant injecté.

Les mesures du courant et de la tension réalisées sur la dérivation sont transmises à un système de traitement du dispositif selon l'invention. Le système de traitement permet la détermination de l'impédance de défaut en fonction de la tension et du courant de première

fréquence, et éventuellement des autres fréquences injectées. Les moyens de détermination dépendent de l'information souhaitée : selon un premier mode de réalisation préféré, le système de traitement comprend des moyens pour déterminer la partie réelle et la partie imaginaire du rapport entre la tension et le courant de défaut mesurés de façon à obtenir les caractéristiques résistives et capacitives de l'impédance.

Selon un autre mode de réalisation, le système de détermination comprend des moyens d'évaluation de la nature de l'impédance de défaut en fonction du rapport entre les amplitudes de la tension et du courant de défaut à la première fréquence et à une deuxième fréquence. Il est alors avantageux que le dispositif selon l'invention comprenne en outre des moyens d'asservissement de la tension injectée de façon à avoir une amplitude de la tension de défaut sur la dérivation constante quelle que soit la fréquence d'injection ; il n'est alors plus nécessaire de la mesurer.

Lorsque le réseau comprend plusieurs dérivations, le dispositif selon l'invention peut comprendre, sur chaque dérivation à contrôler, des moyens de mesure du courant et de la tension, avantageusement identiques mais qui peuvent également consister en différentes alternatives. Le système de traitement peut alors être démultiplié et comprendre des moyens de détermination d'une impédance locale pour chaque dérivation, ou centralisé et comprendre des moyens de détermination de chaque impédance.

Selon un mode de réalisation, des moyens de liaison entre le contrôleur permanent d'isolement et le(s) système(s) de détermination de l'impédance de défaut locale permettent un transfert des informations et/ou résultats.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un réseau électrique muni de dérivations comprenant un dispositif pour contrôler et mesurer l'isolement local des dérivations tel que présenté plus haut. L'invention est également relative à une installation comprenant une pluralité de réseaux couplés par des dispositifs de coupure, plusieurs des sous-réseaux comprenant des contrôleurs permanents d'isolement et un d'entre eux au moins étant muni d'un dispositif de mesure et contrôle tel que défini plus haut.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre illustratif et nullement
5 limitatifs, représentés dans les figures annexées.

La figure 1, déjà décrite, illustre le fonctionnement d'un contrôleur d'isolement dans un réseau existant.

10 La figure 2 montre un dispositif de contrôle et mesure selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

La figure 3 représente schématiquement un étalonnage préconisé dans un mode de réalisation préféré de l'invention.

15

Les figures 4A et 4B montrent des modèles pour les impédances de fuite.

La figure 5 illustre un réseau selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention.

20 DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION PREFERE

Le dispositif selon l'invention peut reprendre les mêmes éléments quant au CPI 6 que le dispositif présenté précédemment en relation avec la figure 1 ; l'homme du métier peut également remplacer ce CPI par d'autres équivalents connus et commercialisés.

25

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, un réseau 20 est associé à un CPI 22 qui comprend des moyens 24 pour générer et injecter un signal de courant alternatif d'une première fréquence f_1 dans le réseau 20, de préférence au niveau du neutre. Usuellement, et bien que ces éléments ne soient pas indispensables à l'invention, le CPI 22 comprend des
30 moyens connus 26 pour détecter et/ou mesurer l'intensité I_f du courant généré à la première fréquence f_1 à son niveau ; le CPI 22 comprend également des moyens de détermination,

voire de visualisation, 28 de l'impédance de fuite générale Z_f du réseau 20 grâce à la connaissance de la tension injectée U_0 .

Pour un réseau d'alimentation triphasée de fréquence propre F_0 , avantageusement, la
5 première fréquence f_1 est un sous-multiple de la fréquence propre F_0 afin de simplifier la
détection de la réponse et la démodulation synchrone ; notamment, pour un réseau
fonctionnant à $F_0 = 50$ Hz, la première fréquence f_1 peut être de 1,25 Hz, 2,5 Hz, 5 Hz ou
10 Hz. Le choix dépend de compromis entre puissance et détection connus de l'homme du
métier. En particulier, certains réseaux 20 comportent des perturbations importantes de très
10 basse fréquence avec un spectre très large, dont il est préférable de s'écarter pour f_1 afin
d'obtenir des mesures fiables : par exemple, un four commandé par un train d'impulsions
de 100 ms toutes les secondes génère des raies tous les Hertz.

Selon une option, une analyse spectrale réalisée par l'intermédiaire d'une transformée de
15 Fourier rapide (FFT) discrète sans signal d'injection permet de déterminer les perturbations
présentes sur le réseau 20 et ainsi d'éviter de choisir une fréquence d'injection f_1 qui en
serait proche ; avantageusement, pour garantir un bon fonctionnement, la FFT est
reconduite périodiquement. Par ailleurs, les moyens de détermination et/ou mesure 26, 28
implémentent, sur l'acquisition de chaque échantillon, de préférence un filtrage numérique
20 passe bande centré sur la fréquence d'injection f_1 afin de ne pas être sensibles à un spectre
de plusieurs raies proches les unes des autres.

Le réseau 20 auquel s'applique le dispositif de contrôle et de mesure 30 selon l'invention
comprend au moins une dérivation D. Afin de localiser une impédance de défaut Z_d
25 éventuelle de cette dérivation D, selon l'invention, l'intensité I_d et la tension U_d du courant
y circulant, et résultant de l'injection par les moyens 24 du CPI 22, sont mesurées
localement. A cette fin, sur la dérivation D se trouvent des moyens 32 pour mesurer le
courant de défaut I_d à la première fréquence f_1 , notamment un tore de détection 34 associé à
un circuit de mesure 36 de type classique ; de plus, des moyens 38 pour mesurer la tension
30 à la première fréquence f_1 sont placés sur la dérivation D. Les résultats I_d , U_d sont envoyés
à un système de traitement 40.

Certes, une mesure au même endroit de la tension et du courant, telle que choisie dans la solution selon l'invention, semble une démarche évidente. Cependant, ce type de détermination n'a pas été appliqué pour des dispositifs 30 permettant la localisation des impédances de fuite, ni sur des dérivation. De fait, la double mesure et ses inconvénients inhérents étaient évités et l'homme du métier utilisait, pour le transfert des paramètres de synchronisation, le câblage implicite de la localisation, qui entraîne usuellement le transfert des résultats vers une unité centrale.

Dans un mode de réalisation particulièrement préféré permettant en outre d'accélérer la mesure, illustré en figure 2, les mesures du courant et de la tension sont simultanées et réalisées en parallèle par deux chaînes distinctes, comprenant usuellement un filtrage et une amplification ; de préférence, cette solution est également choisie au niveau des moyens de mesure 26 du CPI 22 injecteur.

Ce choix préconisé par l'invention implique des modifications, *a priori* rédhibitoires pour l'homme du métier, dans les protocoles de calcul afin de compenser le fait que deux chaînes de mesure sont utilisées, en particulier pour s'affranchir des paramètres de leurs composants et du déphasage inhérent entre les valeurs de I_d et U_d . A cette fin, un étalonnage est préalablement réalisé : une impédance d'étalonnage Z_{et} , résistance pure R_{et} ou en parallèle avec une capacité C_{et} , dont les caractéristiques sont déterminées précisément et stables dans le temps, est mise en place sur le circuit concerné tel qu'illustré en figure 3.

Dans un premier temps d'étalonnage, le CPI 22 injecte la tension U_0 dans l'impédance d'étalonnage Z_{et} et non dans le réseau 20 (respectivement la dérivation D), par exemple par l'intermédiaire d'un interrupteur ou d'un relai ; de préférence, si un tore 34 de mesure est utilisé, ses caractéristiques sont également prises en compte lors de l'étalonnage grâce à un dispositif 41 de simulation des capteurs de courant (tore 34 et interface associée 34') ; le dispositif de simulation 41 peut naturellement prendre d'autres formes que l'association de résistances illustrée. Il est ainsi possible de mesurer le gain G et la phase P à la première fréquence f_1 (de pulsation ω_1) pour les chaînes de mesure 32, 38 :

$$(G + j \cdot P) \cdot (I_r + j \cdot I_i) = (1/R_{et} + j \cdot \omega_1 \cdot C_{et}) \cdot (U_r + j \cdot U_i),$$

avec $j^2 = -1$, I_i et I_r (respectivement U_i et U_r) parties réelle et imaginaire de I (respectivement U). Une fois l'étalonnage terminé, c'est-à-dire que G et P sont quasi-constants et égaux, le déphasage P_m et le gain G_m ainsi déterminés des chaînes de mesure 32, 38 sont utilisés comme paramètres dans les déterminations de Z_d avec U_d et I_d (ou de Z_f avec U_0 et I_f), grâce à deux mesures simultanées de la tension et du courant de défaut au niveau de la dérivation :

$$1/R_d + j \cdot \omega_l \cdot C_d = (G_m + j \cdot P_m) \cdot (I_{dr} + j \cdot I_{di}) / (U_{dr} + j \cdot U_{di}) \quad (1)$$

Grâce à cet étalonnage, une précision de $\pm 20\%$ sur les chaînes de mesure 32, 38 est suffisante. Il est à noter que le bon fonctionnement du produit peut en outre être vérifié par ce contrôle du gain et de la phase. Il peut être prévu de réaliser des étalonnages automatisés de façon cyclique pour prendre en compte les modifications des chaînes de mesure en fonction de la température.

Tel que présenté dans l'équation (1), la détermination de l'impédance Z_d de fuite locale est réalisée par l'intermédiaire des deux mesures, respectivement de I_d et U_d , communiquées au système de traitement 40. Le système de traitement 40b' peut être local et associé à chaque dérivation ; selon une autre option 40a, le système de détermination 40 peut être centralisé de sorte que les moyens de détermination reçoivent les mesures de plusieurs dérivations en parallèle (voir schématisations en figure 5).

Si une simple indication quant à la valeur (présence) de l'impédance Z_d est souhaitée, il est possible de déterminer son module par le rapport entre les amplitudes de U_d et I_d à la première fréquence f_1 . Cependant, pour ne pas détecter de faux défaut, notamment par exemple dans le cas d'un départ de ligne avec une forte capacité, il est préférable de connaître au moins le caractère, capacitif ou résistif, de l'impédance de défaut Z_d . En effet, le réglage du seuil d'alarme d'un CPI 22 dépend de la capacité du réseau 20. Pour cette détermination de l'impédance de défaut locale Z_d quant à sa nature résistive ou capacitive, une première option selon l'invention consiste à procéder à deux mesures locales de U_d et I_d à deux fréquences distinctes f_1, f_2 : en effet, la résistance ne dépend pas de la fréquence contrairement à la capacité, qui lui est directement corrélée.

Selon un mode de réalisation, les moyens d'injection 24 du CPI 22 selon l'invention sont de fait capables d'injecter des signaux de courant à une première fréquence f_1 et à une deuxième fréquence f_2 , avantageusement simultanément ; de préférence, la deuxième fréquence f_2 est un multiple de la première fréquence f_1 , et notamment un multiple entier
5 afin de pouvoir utiliser la période la plus longue comme base des mesures (si le multiple entre les fréquences d'injection est non entier, la période d'acquisition sera allongée pour avoir un nombre entier de périodes à f_1 et f_2). Les moyens de mesure locaux 32, 38 du dispositif 30 selon l'invention sont eux aussi capables de mesurer l'intensité I_d et la tension U_d de défaut à chacune des deux fréquences f_1 , f_2 . Suivant l'évolution du rapport entre les
10 amplitudes de U_d et I_d mesurées à chacune des fréquences f_1 et f_2 , une indication quant à la nature résistive ou capacitive du défaut Z_d peut être obtenue. Notamment, si le rapport double pour $f_2 = 5$ Hz par rapport à $f_1 = 2,5$ Hz, alors le défaut Z_d est purement capacitif (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de fuite) ; par contre, si le rapport reste identique quelle que soit la fréquence, le défaut est purement résistif.

15

Pour simplifier le traitement au niveau du localisateur 40, il est préférable que le générateur 24 du CPI s'adapte à la capacité du réseau en fonction de la fréquence injectée. De fait, les composantes de fréquence élevée sont plus atténuées que les composantes de plus basse fréquence : pour conserver une même valeur efficace $\|U_d\|$ à chaque composante de
20 fréquence f_1 , f_2 , il est avantageux d'asservir les tensions d'injection U_0 sur chaque fréquence f_1 , f_2 du signal d'injection pour avoir une amplitude d'injection $\|U_0\|$ constante pour chaque harmonique indépendamment de la capacité du réseau 20. La détermination de la nature de l'impédance en est ainsi encore facilitée : sans même mesurer la tension U_d locale, simplement par l'analyse du courant I_d circulant dans la dérivation, la comparaison
25 entre le rapport de deux fréquences f_1/f_2 d'injection et le rapport entre les intensités de I_d en résultant, permet de vérifier la nature résistive (si le rapport des intensités est égal au rapport des fréquences) ou capacitive (si le rapport des intensités est égal à 1). Le dispositif de mesure 30 est alors très bon marché.

30 Il est possible d'affiner ce résultat par l'intermédiaire d'une troisième fréquence f_3 , en particulier pour des défauts comprenant les deux composantes résistive et capacitive. Plus généralement, le CPI 22 génère un signal de tension homopolaire composite formé de la

somme de n signaux sinusoïdaux (de préférence $n = 3$). Avantageusement, les injections simultanées sont réalisées avec une différence de phases sélectionnée pour maximiser les signaux.

- 5 Dans la majorité des cas, il est préféré de connaître les caractéristiques de l'impédance Z_d , et notamment la valeur de la résistance R_d et de la capacité C_d en parallèle. A cette fin, pour résoudre l'équation (1), le système de traitement 40 du dispositif 30 selon l'invention comprend avantageusement des moyens 42 pour déterminer la partie réelle et la partie imaginaire du rapport entre tension U_d et intensité I_d ; de préférence, ces moyens 42 sont
- 10 adaptés pour faire une démodulation synchrone : à la fin d'une acquisition de mesures, c'est-à-dire après au moins une période $1/f_l$ du signal d'injection, chaque échantillon est multiplié par les fonctions sinus et cosinus pour avoir les parties réelle et imaginaire du signal. Comme les deux mesures de tension et d'intensité concernent la même dérivation D , le référentiel de démodulation synchrone entre U_d et I_d est local, et il n'est pas
- 15 nécessaire de se rapporter au référentiel utilisé pour le CPI 22 ; pour cette raison également, il est préféré d'opérer par deux mesures simultanées. La mesure locale conjointe selon l'invention permet ainsi de déterminer l'impédance d'isolement Z_d d'un départ D sans aucune connexion filaire avec le CPI 22, uniquement par le système de traitement 40 et l'équation (1) : en particulier dans le cas d'un réseau 20 étendu, cette absence de bus de
- 20 communication est intéressante.

- Les résultats obtenus par le système 40 quant à la nature de l'impédance Z_d et/ou ses caractéristiques C_d , R_d peuvent être mis à disposition de l'utilisateur localement, par exemple par un écran 44, au niveau de chaque dispositif 30. En particulier dans le cas où
- 25 plusieurs dérivations sont contrôlées en même temps, il est possible également de centraliser les informations au niveau d'un dispositif 30 de localisation particulier, et/ou d'un système central de type écran d'ordinateur 46 et/ou au niveau approprié 28 du CPI injecteur 22. Il est possible également, tel que schématisé en figure 5, de réaliser le traitement par un système de détermination 40a, 40b pour plusieurs dérivations. Les
- 30 éléments concernés 22, 40 sont reliés par des moyens de communication adaptés 48, 48', qui servent alors uniquement à la remontée des informations et ne sont pas nécessaires à la

mesure : leur réalisation est plus simple que dans l'art antérieur et toutes les options connues sont possibles (bus, réseau filaire, voire communication sans fil).

- Grâce au dispositif 30 selon l'invention, l'impédance de défaut Z_d peut donc être déterminée localement et de façon précise en allégeant l'architecture et la mise en place des composants de surveillance d'un réseau 20. Par ailleurs, grâce au choix selon l'invention, les résultats sur Z_d sont fiables même quand la mise à la terre de la dérivation D n'est pas uniforme avec la terre principale du CPI 22. En effet, tel que schématisé en figure 2, il est fréquent que les différents points de prises de terre soient séparés par une résistance R_t .
- 10 Selon l'invention, comme les mesures de I_d et de U_d sont locales et comme le calcul de l'impédance Z_d est effectué sans référence aux caractéristiques du circuit principal, le résultat obtenu est conforme à l'impédance locale, et insensible à une éventuelle résistance en série.
- 15 Cet avantage concernant l'insensibilité à une résistance de terre R_t peut être transposé à la présence d'une résistance en série quelconque par rapport au défaut mesuré. En effet, le modèle classique d'une impédance Z à mesurer est une mise en série d'une résistance R et d'une capacité C tel qu'illustré en figure 4A ; cependant, dans certains cas, le modèle est incomplet et un circuit avec une résistance série R_s est plus représentatif : voir figure 4B
- 20 (en particulier, dans le schéma illustré en figure 2, l'impédance de fuite Z_f globale consisterait en un circuit parallèle de R_f et C_f mis en série avec la résistance R_t).

- Dans le modèle de la figure 4B, pour mesurer correctement R , C et R_s , tant au niveau local que global, il faut un paramètre de plus. Avec l'injection selon le mode de réalisation
- 25 précédent relatif à la détermination de l'aspect résistif ou capacitif, c'est-à-dire avec deux fréquences d'injection, ce nouveau paramètre peut ainsi être une nouvelle fréquence d'injection par le CPI 22 ; par contre, comme des valeurs de la résistance R et de la capacité C sont souhaitées, une démodulation synchrone sur chaque fréquence f_1 , f_2 sera réalisée afin de déterminer la partie réelle et la partie imaginaire du rapport entre la tension
- 30 et l'intensité du courant circulant dans l'impédance de fuite. La démodulation synchrone éliminant toutes les harmoniques d'un signal et ne prenant en compte que le fondamental, il est préconisé que les deux fréquences d'injection f_1 et f_2 soient multiples l'une de l'autre.

Ici encore, pour diminuer la durée d'acquisition des signaux, il est préféré que le rapport entre les deux fréquences soit entier.

Dans cette alternative de mesure et calcul, I et U sont mesurés à chacune des fréquences f_1 , f_2 , au niveau global par les moyens de mesure 26 ou sur une dérivation par les moyens de mesure 32, 38 du dispositif 30 selon l'invention. Selon l'équation (1), et en prenant le modèle usuel de la figure 4A, on obtient deux valeurs C et R à f_1 et f_2 . Par ailleurs, il est possible d'obtenir une troisième valeur de R et C, ainsi qu'une valeur de R_s , grâce à la valeur de l'impédance de fuite Z à chacune des fréquences f_1 , f_2 et au rapport f_1/f_2 entre les deux fréquences en prenant le schéma de la figure 4B. Les trois résultats peuvent alors être comparés pour éliminer les valeurs aberrantes et vérifier la validité du modèle de la figure 4A ou de la figure 4B.

Il peut être souhaitable de procéder à une troisième mesure avec une troisième fréquence f_3 , permettant ainsi d'obtenir trois valeurs de R et C avec le premier modèle de la figure 4A, et une quatrième de R et C avec le deuxième modèle de la figure 4B et les deux fréquences extrêmes. Cette option permet en particulier de vérifier l'absence de perturbations notables et d'éliminer les valeurs obtenues avec une éventuelle fréquence proche de la perturbation.

Un autre avantage du principe de mesures indépendantes de la tension injectée U_0 par le dispositif 30 selon l'invention réside dans le fait que la nature du CPI injecteur 22 est indifférente au résultat obtenu. En particulier, certaines installations d'alimentation électrique 50 schématisées en figure 5 sont réalisées en plusieurs parties 52a, 52b reliées entre elles par des dispositifs de coupure 54 et que l'on peut isoler ou coupler. On peut ainsi considérer chacune des parties 52 comme un réseau indépendant, dont les transformateurs 56 sont munis d'un CPI 58. Chaque CPI 58a, 58b est alors associé à des moyens d'exclusion 60a, 60b : en effet, afin d'obtenir des résultats corrects, aucune injection d'un CPI 58a dans un autre CPI 58b n'a lieu et les moyens d'exclusion 60 gèrent la configuration (voir aussi document FR 2 679 039). Ainsi, dans le cas où le couplage 54 est ouvert, les deux CPI 58 injectent et les deux « interrupteurs » 60 sont fermés ; si le couplage 54 est fermé, seul un CPI 58a est actif et l'autre moyen d'exclusion 60b est ouvert.

Chacun des réseaux 52 peut comprendre des dérivations sur lesquelles sont placés des dispositifs 30a, 30b selon l'invention associés aux CPI 58a, 58b ; en fonction des coupures 54, 60 entre CPI 58, les dérivations reçoivent donc le courant injecté par l'un ou l'autre.

- 5 Dans les procédés et dispositifs de mesure classiques, il était indispensable de connaître le CPI injecteur 58a, 58b pour donner une valeur de l'impédance de défaut locale, en raison du rapport de démodulation. Grâce au dispositif 30 selon l'invention, un affranchissement total des CPI 58 (hormis la connaissance de la fréquence injectée f_1) est obtenu.
- 10 En particulier, le dispositif selon l'invention peut être utilisé conjointement avec la gestion des exclusions de contrôleurs d'isolement d'une installation multi-réseaux décrite dans la demande de brevet intitulée « *Contrôle d'isolement d'un ensemble de réseaux électriques interconnectables à neutre isolé* » et déposée ce jour.
- 15 Grâce à la solution selon l'invention sont, entre autres, obtenus les avantages suivants :
- les dispositifs 30 selon l'invention et les CPI injecteurs 22 peuvent être indépendants ; ils sont éventuellement reliés par des moyens de communication 48, qui cependant n'ont aucun besoin de comprendre un bus de communication synchrone ;
 - 20 - la présence de la résistance terre en série R_t entre injection et dérivation n'est plus source d'erreurs de mesure ;
 - le dispositif de localisation 30 est indépendant de la tension injectée U_0 , qu'il peut ignorer ;
 - dans les cas d'installations multi-réseaux d'alimentation 50 avec couplage 54 (par exemple normal/secours, sources en parallèle, etc.), le dispositif de localisation 30
 - 25 est indépendant du CPI injecteur 58, et il n'est donc plus nécessaire de signaler tout changement à chaque reconfiguration de réseau électrique 50.

- Bien que l'invention ait été décrite en référence à un réseau triphasé 20 sur le neutre duquel
- 30 est branché le contrôleur permanent d'isolement 22, elle ne s'y limite pas : la solution proposée peut être appliquée à des alimentations différentes, par exemple de fréquence autre que 50 Hz ou monophasée, ou des groupes de secours de type groupe électrogène ou

onduleur ou des sources de tension continue, et/ou le contrôleur d'isolement peut injecter son signal sur une phase du réseau (figure 5) et/ou l'injection peut être continue pour des réseaux purement alternatifs. De la même façon, le CPI peut fonctionner sur un autre principe que la démodulation synchrone.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de mesure (30) de l'isolement d'une dérivation (D) d'un réseau électrique (20) à neutre isolé dans lequel des moyens (24) injectent un signal de courant alterné d'une première fréquence (f_1), ledit dispositif (30) comprenant :
 - des moyens (32) de mesure du courant de défaut (I_d) à la première fréquence (f_1) placés sur la dérivation (D) ;
 - des moyens (38) de mesure de la tension de défaut (U_d) à la première fréquence (f_1) placés sur la dérivation (D) ;
 - un système (40) de détermination de l'impédance de défaut (Z_d) de la dérivation (D) en fonction de la tension (U_d) et du courant (I_d) de première fréquence (f_1) mesurés sur ladite dérivation.
2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel les moyens de mesure (32, 38) placés sur la dérivation (D) sont adaptés pour mesurer simultanément le courant et la tension de défaut (I_d , U_d) à la première fréquence (f_1).
3. Dispositif selon la revendication 2 comprenant en outre des moyens d'étalonnage pour mesurer le gain et la phase des moyens de mesure (32, 38).
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel le système de détermination (40) comprend des moyens (42) pour déterminer la partie réelle et la partie imaginaire du rapport entre le courant et la tension de défaut (I_d , U_d) mesurés pour la dérivation (D).
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel le réseau (20) est muni de moyens pour générer et y injecter un signal alternatif de fréquence propre (F_0), et dans lequel la fréquence propre (F_0) du réseau (20) est un multiple de la première fréquence (f_1).
6. Dispositif électrotechnique de contrôle de l'isolement d'au moins une dérivation (D) d'un réseau électrique (20) à neutre isolé comprenant des moyens (24) pour injecter

un signal de courant alterné d'une première fréquence (f_1) dans le réseau (20) et un dispositif selon l'une des revendications 1 à 5 pour chaque dérivation (D) à contrôler.

- 5 7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, adapté à la mesure (30) de l'isolement d'une dérivation (D) d'un réseau électrique (20) à neutre isolé dans lequel des moyens (24) injectent un signal de courant alterné d'une première fréquence (f_1) et d'une deuxième fréquence (f_2), dans lequel les moyens (32) de mesure du courant de défaut (I_d) et les moyens (38) de mesure de la tension de défaut (U_d) sont en outre adaptés pour mesurer le courant et la tension à la deuxième fréquence (f_2).
- 10 8. Dispositif selon la revendication 7 pour un réseau (20) dans lequel les signaux de courant de première fréquence (f_1) et de deuxième fréquence (f_2) injectés sont simultanés, dans lequel les moyens (32, 38) de mesure du courant et de la tension de défaut (I_d , U_d) sont adaptés pour mesurer simultanément le courant et la tension à la
- 15 première et à la deuxième fréquence (f_1 , f_2).
9. Dispositif selon la revendication 8 comprenant en outre des moyens d'étalonnage pour mesurer le gain et la phase des moyens de mesure (32, 38).
- 20 10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9 dans lequel le système de détermination (40) comprend des moyens d'évaluation de la nature de l'impédance de défaut (Z_d) de la dérivation (D), en fonction du rapport entre les amplitudes de la tension et du courant de défaut ($\|U_d\| / \|I_d\|$) respectivement à la première et à la deuxième fréquence (f_1 , f_2).
- 25 11. Dispositif selon la revendication 10 comprenant en outre des moyens d'asservissement de la tension injectée (U_0) de façon à avoir une amplitude constante à la première et à la deuxième fréquence (f_1 , f_2).
- 30 12. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 dans lequel la première et la deuxième fréquence (f_1 , f_2) sont des multiples l'une de l'autre.

13. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 12 dans lequel le système de détermination (40) comprend des moyens (42) pour déterminer la partie réelle et la partie imaginaire du rapport entre la tension et le courant de défaut (U_d , I_d) mesurés à la première et à la deuxième fréquence (f_1 , f_2) pour chaque dérivation (D) à contrôler.
- 5
14. Dispositif électrotechnique de contrôle de l'isolement d'au moins une dérivation (D) d'un réseau électrique (20) à neutre isolé comprenant des moyens (24) pour injecter un signal de courant alterné d'une première fréquence (f_1) et d'une deuxième fréquence (f_2) dans le réseau (20) et un dispositif selon l'une des revendications 7 à
- 10 13 pour chaque dérivation (D) à contrôler.
15. Dispositif électrotechnique selon l'une des revendications 6 ou 14 comprenant en outre des moyens (26) de mesure du courant de fuite (I_f) à la première fréquence (f_1) au niveau de l'injection et des moyens (28) de détermination de l'impédance de fuite
- 15 (Z_f) globale en fonction de la tension injectée (U_0) et du courant (I_f) de première fréquence (f_1) mesuré.
16. Dispositif selon l'une des revendications 6, 14 ou 15 comprenant en outre des moyens de liaison (48) entre les moyens pour injecter un signal de courant alterné
- 20 (24) et le système de détermination (40) pour centraliser les résultats.
17. Réseau de distribution électrique (20) muni d'au moins une dérivation (D), comprenant des moyens pour générer et injecter un signal alternatif de fréquence propre (F_0) et dont le neutre est isolé, comprenant un dispositif selon l'une des
- 25 revendications 6, 14, 15 ou 16 pour contrôler l'isolement du réseau et d'au moins une dérivation.
18. Installation (50) de distribution électrique comprenant une pluralité de réseaux (52a, 52b) selon la revendication 17, les réseaux (52) étant séparés entre eux par des
- 30 dispositifs de coupure (54).

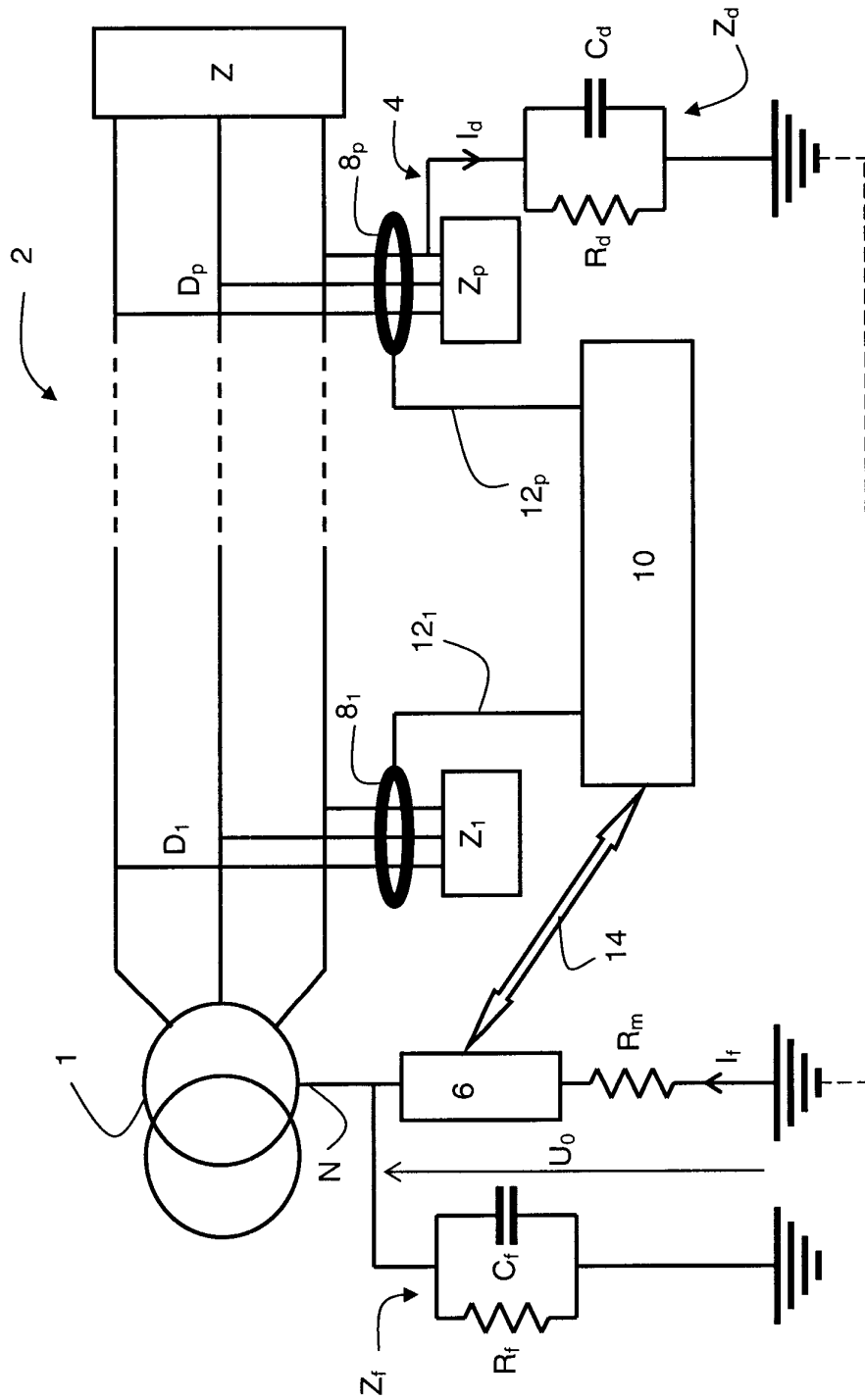


Fig.1

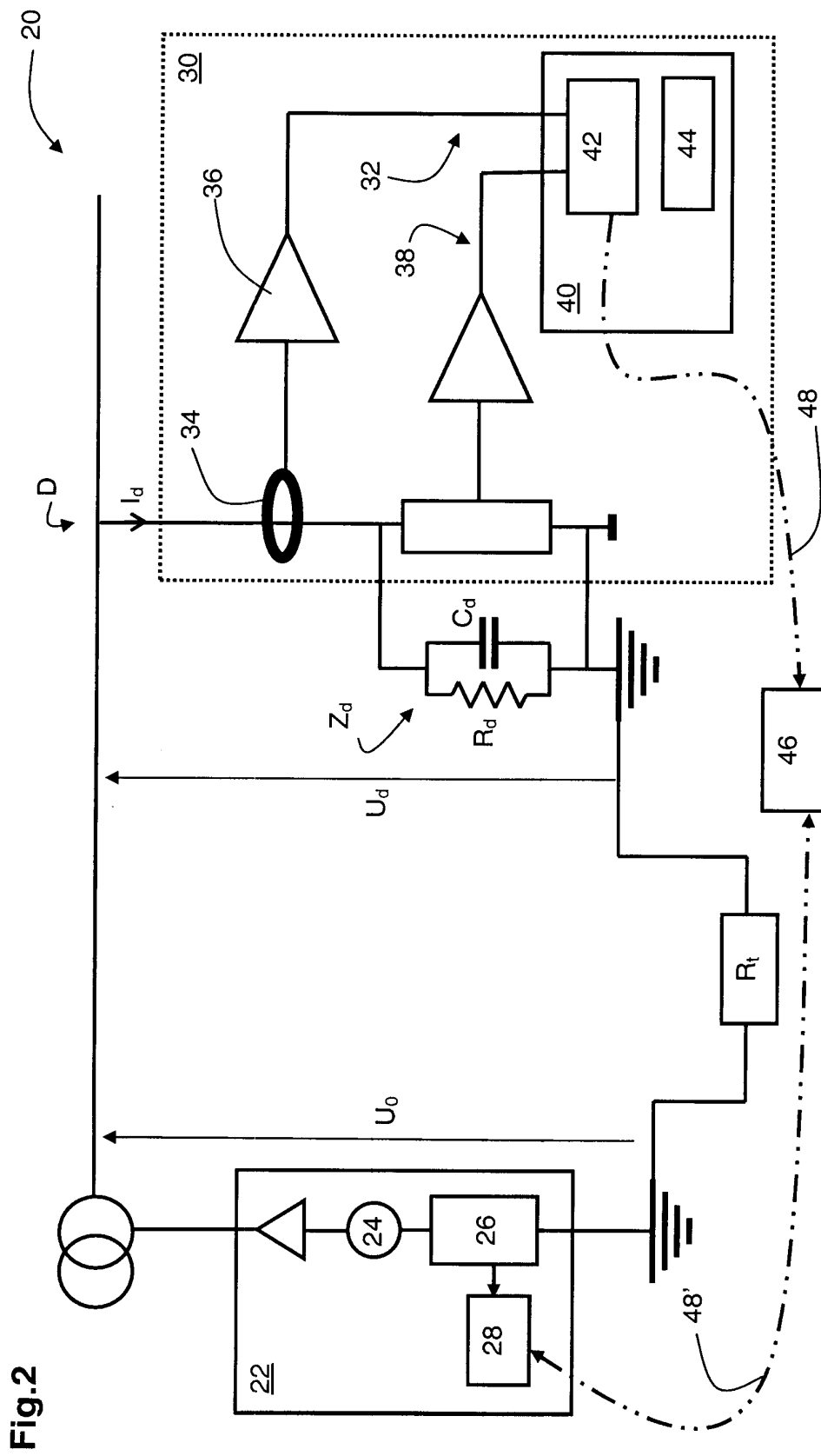


Fig. 2

3/4

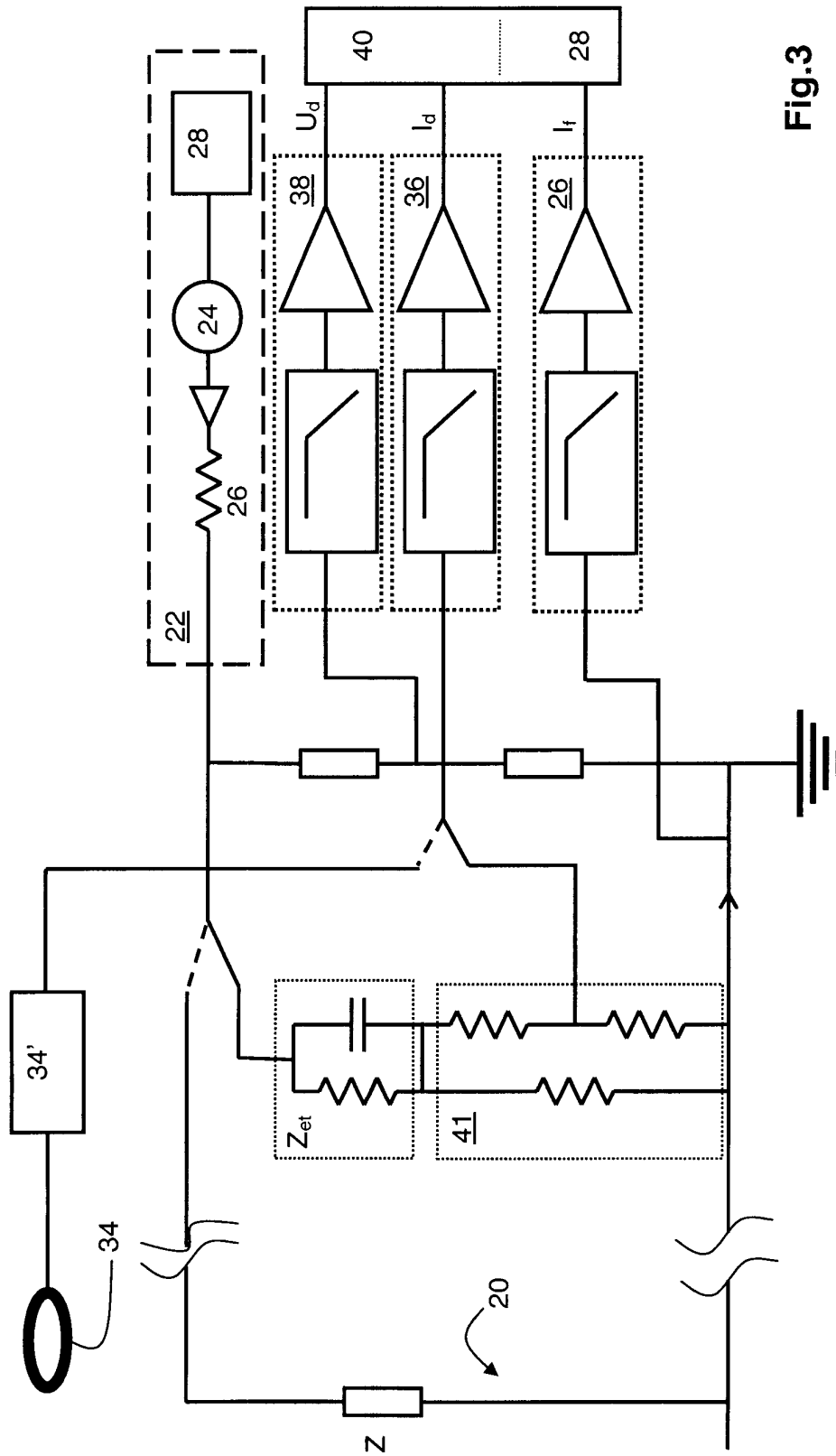
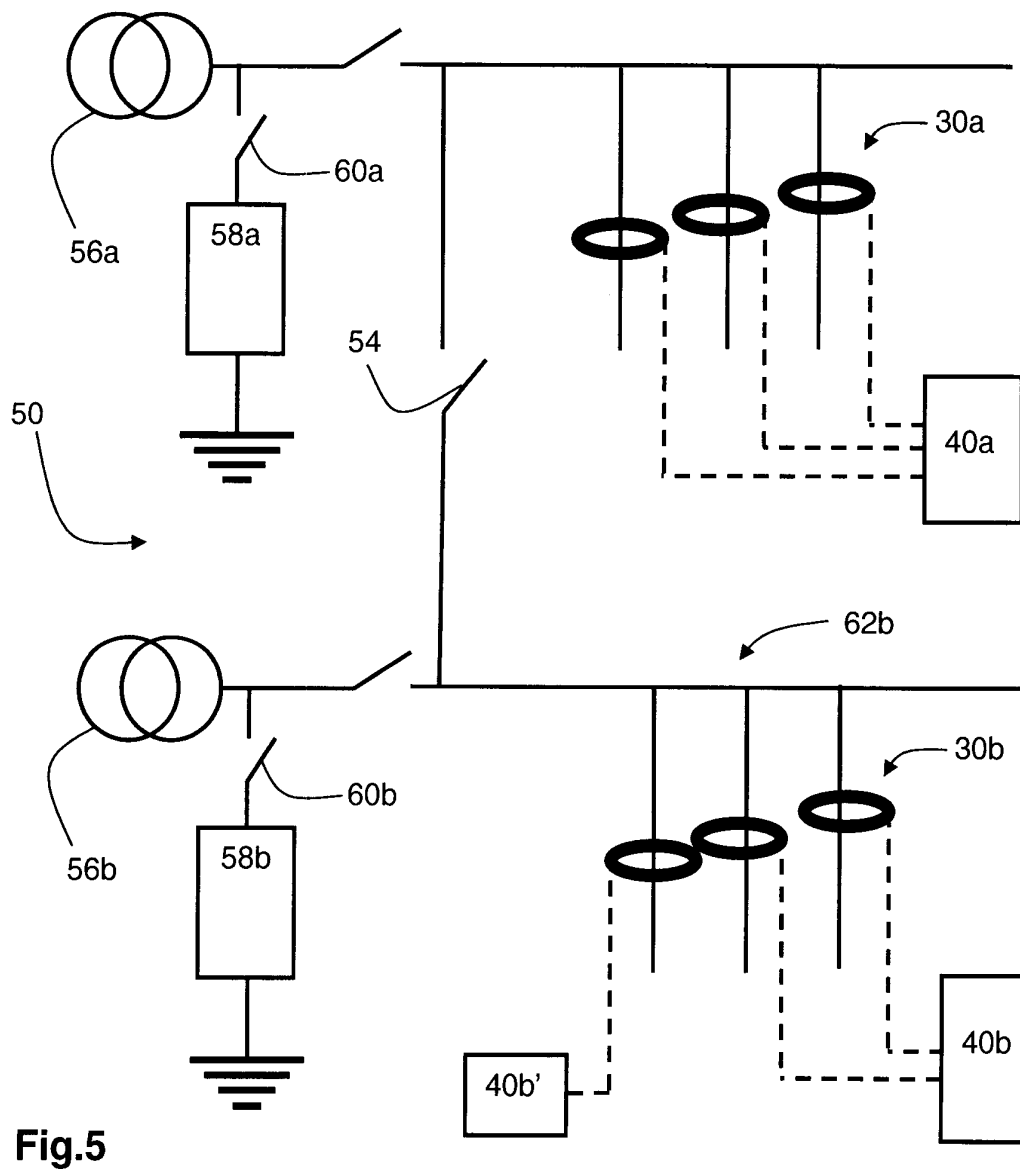
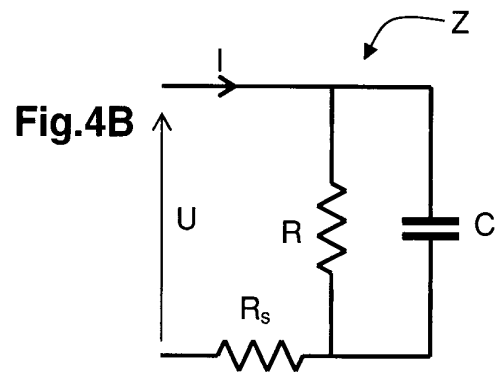
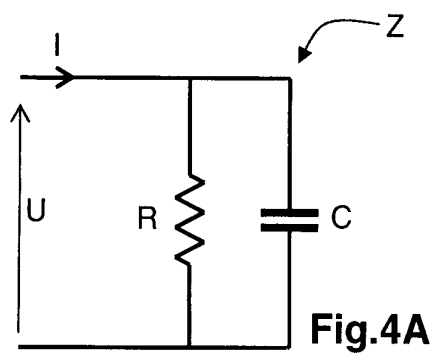


Fig.3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 694398
FR 0704426

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 101 43 595 C1 (EDC GMBH [DE]) 24 avril 2003 (2003-04-24) * alinéa [0009] - alinéa [0026]; figure 1 *	1	G01R31/02 H02B1/24
X	US 5 495 384 A (WALLIS LEE D [US] ET AL) 27 février 1996 (1996-02-27) * colonne 12, ligne 45 - colonne 14, ligne 34; figures 2,3,11 *	1,2,6	
A	DE 101 51 160 A1 (EDC GMBH [DE]) 8 mai 2003 (2003-05-08) * abrégé; figure 1 *	1	
D,A	FR 2 676 821 A (MERLIN GERIN [FR]) 27 novembre 1992 (1992-11-27) * abrégé; figure 2 *	1	
D,A	FR 2 647 220 A (MERLIN GERIN [FR]) 23 novembre 1990 (1990-11-23) * abrégé; figure 1 *	1	
D,A	FR 2 679 039 A (MERLIN GERIN [FR]) 15 janvier 1993 (1993-01-15) * abrégé; figure 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01R H02H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 avril 2008		Hijazi, Ali	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0704426 FA 694398**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-04-2008**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10143595 C1	24-04-2003	AT 413770 B AT 13312002 A	15-05-2006 15-09-2005
US 5495384 A	27-02-1996	AUCUN	
DE 10151160 A1	08-05-2003	AT 413771 B AT 15582002 A	15-05-2006 15-09-2005
FR 2676821 A	27-11-1992	CA 2068952 A1 DE 69212542 D1 DE 69212542 T2 EP 0518785 A1 ES 2092077 T3 JP 5157783 A NO 921986 A US 5272440 A ZA 9203657 A	22-11-1992 05-09-1996 30-01-1997 16-12-1992 16-11-1996 25-06-1993 23-11-1992 21-12-1993 27-01-1993
FR 2647220 A	23-11-1990	CA 2016979 A1 DE 69015435 D1 DE 69015435 T2 EP 0398824 A1 ES 2068366 T3 HK 1006877 A1 NO 902220 A US 5101160 A ZA 9003835 A	19-11-1990 09-02-1995 13-07-1995 22-11-1990 16-04-1995 19-03-1999 20-11-1990 31-03-1992 27-02-1991
FR 2679039 A	15-01-1993	CA 2073289 A1 DE 69213626 D1 DE 69213626 T2 EP 0531230 A1 ES 2094327 T3 JP 6296308 A NO 922695 A ZA 9205083 A	10-01-1993 17-10-1996 30-04-1997 10-03-1993 16-01-1997 21-10-1994 11-01-1993 31-03-1993