



MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 888.875

Classif. Internat. :

G01R/H01F/H02K

Mis en lecture le :

20 -11- 1981

Le Ministre des Affaires Économiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention ;

Vu le procès-verbal dressé le 20 mai 19 81 à 10 h. 00

au Service de la Propriété industrielle;

ARRÊTE :

Article 1. — *Il est délivré à la Société Anonyme dite : ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI (ACEC) 54, Chaussée de Charleroi, Bruxelles*

un brevet d'invention pour : Méthode de détection d'une tenue diélectrique insuffisante de l'isolation de bobinages

Article 2. — *Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.*

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 20 novembre 19 81

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE :

Le Directeur

L. SALPETEUR

22.10/1850

BREVET D'INVENTION

METHODE DE DETECTION D'UNE TENUE DIELECTRIQUE
INSUFFISANTE DE L'ISOLATION DE ROBINAGES

(Inventeur: Raoul GOFFAUX)

Société Anonyme dite
ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES
DE CHARLEROI (ACEC)

METHODE DE DETECTION D'UNE TENUE DIELECTRIQUE INSUFFISANTE DE L'ISOLATION DE BOBINAGES.

Le problème d'apprécier la qualité de l'isolation de bobinages de machines électriques à haute tension est posé depuis longtemps. Cependant, comme les raisons d'une détérioration de l'isolation de bobinages ne sont pas tributaires d'une seule cause, on s'est longtemps borné à un empirisme dont les défaillances coûtaient cher d'une part au constructeur parce qu'il devait rebobiner une machine en parfait état et d'autre part à l'exploitant parce que la méthode utilisée ne permettait pas de prévoir un percement imminent de l'isolation de la machine.

Grâce à l'affinement des connaissances, on a récemment reconnu que la tenue diélectrique insuffisante de l'isolation de bobinages apparemment saines était due à l'établissement de décharges partielles localisées à l'intérieur de l'isolation qui apparaissent au delà d'un certain seuil de tension. Toutefois, cette connaissance ne faisait que déplacer le problème, car les décharges partielles localisées à l'intérieur de l'isolation échappent à une mesure directe.

Selon un point de vue classique, généralement admis, des décharges partielles localisées à l'intérieur de l'isolation ont lieu à l'endroit d'occlusions gazeuses disséminées un peu partout dans l'isolation à haute tension. Lorsqu'à partir d'une certaine tension des décharges partielles s'établissent à l'intérieur d'un nombre de plus en plus important de vacuoles, au fur et à mesure que la tension augmente, la capacité des bobinages varie en fonction de la tension appliquée, car l'intérieur des vacuoles qui sont le siège de décharges devient conducteur. Fort de cette constatation, par exemple TERASE (Electr. Eng. Jap. février 1973) a proposé un critère de qualité fondé sur l'allure de la courbe de la capacité du bobinage en fonction de la tension appliquée. Cette caractéristique peut être relevée à l'aide d'un pont de mesure de capacités, par exemple d'un pont de Schering. La méthode de TERASE permet dans certains cas de tirer des conclusions valables. Dans beaucoup d'autres cependant la précision avec laquelle les caractéristiques essentielles d'interprétation peuvent être déterminées est insuffisante. Dans encore d'autres cas, les effets recherchés sont masqués totalement par d'autres phénomènes.

L'invention a pour but une méthode de détection extrêmement sensible, réalisable à l'aide d'appareils de mesure existants et qui fournit
22.19/ 1850.

des critères d'appréciation significatifs au plan physique se fondant sur des décharges partielles nocives et/ou sur la mobilité ionique.

Suivant l'invention, la méthode de détection d'une tenue diélectrique insuffisante de l'isolation de bobinages d'une machines électrique dans laquelle on raccorde dans la branche de mesure d'un pont de mesure de capacité d'une part les conducteurs des bobinages et d'autre part les parties de la masse de la machine disposées autour de ces bobinages et dans laquelle on équilibre le pont de mesure pour chaque tension alternative de mesure prise dans une série de tensions données, la fréquence de la tension alternative étant choisie, parmi les fréquences apparaissant aux bobinages dans les conditions d'utilisation de la machine, cette méthode est caractérisée en ce qu'après chaque équilibrage, on dispose dans la diagonale d'équilibrage du pont de mesure, en lieu et place de l'appareil indicateur d'équilibrage, un dispositif de mesure à haute sélectivité d'impulsions ou ondes de courant, laissant passer une fréquence déterminée, ou l'un après l'autre de plusieurs dispositifs de mesure à haute sélectivité d'impulsions ou ondes de courant, chacun laissant passer une fréquence déterminée différente et en ce qu'on balaye les valeurs de la tension de mesure entre une valeur plus basse que la tension de service et une valeur égale ou plus haute que la tension maximum admissible de la machine. De préférence, on enregistre en fonction de la tension appliquée, les valeurs d'amplitude et/ou de fréquence d'apparition des impulsions ou ondes de courant mesurées par le dispositif de mesure à haute sélectivité et on apprécie, à partir de la forme des courbes de ces valeurs s'il y a danger d'une tenue insuffisante de l'isolation des bobines de la machine.

L'invention est décrite ci-dessous par rapport à un exemple d'exécution représenté dans les figures du dessin annexé.

Les figures 1, 2 et 5 de ce dessin représentent des schémas électriques de ponts de mesure. La figure 3 montre le diagramme d'une impulsion; les figures 4 et 6 sont des diagrammes de tension.

A la figure 1, un pont de mesure est composé de quatre branches et d'une diagonale d'équilibrage. Les quatre branches comprennent une capacité à mesurer 1, constituée en l'occurrence de la capacité d'un enroulement statorique d'un moteur par rapport à la masse de celui-ci, un condensateur de référence 2, une résistance d'équilibrage 3 et un condensateur d'équilibrage 4, mis en parallèle avec une résistance

variable 5. Dans la diagonale de mesure est disposé un commutateur 6, relié soit à un appareil indicateur d'équilibre 7, soit à un transformateur à haute fréquence 8, saturable, à noyau en ferrite, dont l'enroulement secondaire alimente un voltmètre de crête 9. En lieu et place du
5 commutateur 6, il est possible aussi de relier en permanence le transformateur 8 dans la diagonale de mesure et de placer un filtre passe-bas en série avec l'appareil d'équilibre 7. L'ensemble transformateur 8 et voltmètre 9 peut être remplacé par tout autre dispositif de mesure à haute sélectivité de l'amplitude la plus grande d'impulsions de courant
10 dues aux décharges partielles. Les impulsions de courant dont l'amplitude est la plus grande sont évidemment les impulsions nocives.

La mesure est effectuée comme suit: on équilibre le pont à l'aide de l'appareil 7 à la fréquence de 50 Hz d'abord pour chaque tension de mesure d'une gamme autour de la tension nominale du moteur. On mesure de
15 ce fait la capacité de l'enroulement statorique par rapport à la masse du moteur. Dans les conditions d'alimentation du pont représentées à la figure 1, la masse statorique du moteur doit être isolée du sol. S'il s'agit de mesurer la capacité de l'enroulement statorique d'une machine mise à la terre il faudrait soit alimenter le pont par les branches de
20 mesure, soit utiliser un autre schéma de pont p.ex. selon la figure 2.

Lorsque l'équilibre du pont est établi, la position du contact mobile du commutateur 6 est changé pour mettre hors circuit l'appareil 7 et pour brancher dans la diagonale de mesure le transformateur 8. Le transformateur 8 est un transformateur à haute sélectivité pour une fréquence f correspondant approximativement à l'inverse de la durée D de la queue d'une impulsion moyenne I des décharges partielles locales. A
25 la figure 3, l'impulsion I est décomposée en deux composantes I_p responsable de la pointe et I_q responsable de la queue. Comme on le voit, la composante I_q bien que d'une amplitude faible est de durée très longue et contribue donc davantage à des effets destructifs de l'isolation que
30 la composante I_p de durée extrêmement courte. La durée D de la queue est la durée de l'impulsion I_q à mi-hauteur de l'intensité de crête de cette composante I_q . La bande passante de l'ensemble du transformateur 8 et voltmètre de crête 9 est de préférence très étroite autour de la
35 fréquence $f = \frac{1}{2D}$. Elle est affectée pour qu'il soit possible d'éliminer la composante I_p ainsi que des impulsions parasites de toute sorte.



Lorsque, par le choix d'un transformateur 8, on a opté pour une fréquence f déterminée, l'appareillage de mesure est sensible à des impulsions moyennes dont la durée D correspond à l'inverse de la fréquence f . Or, la forme de l'impulsion moyenne des décharges partielles locales peut, varier en fonction de la tension appliquée et peut varier en outre d'une isolation à l'autre, la variation en fonction de la tension étant la plus importante parmi celles rencontrées. Pour mesurer à l'aise ces décharges partielles, le produit de la capacité du condensateur de référence fois la valeur de résistance de la résistance d'équilibrage doit être égal à un temps plus court que la durée D de l'impulsion moyenne. Il est possible ainsi d'éliminer des mesures l'influence des fronts raides des impulsions. Ces fronts raides ou ces composantes I_p représentent l'énergie nécessaire à la production des charges à l'intérieur de l'isolation, ce qui n'est pas, en soi nocif. Ce qui est nocif, c'est la dynamique d'évacuation ou d'élimination de ces charges représentée par la composante I_q . La haute sélectivité du transformateur 8 permet de déterminer la valeur de la tension de mesure pour laquelle l'impulsion de décharge moyenne présente une durée D , car à cette valeur de tension, la courbe qui représente les valeurs mesurées par le volt-mètre de crête 9 en fonction des tensions de mesure présente un maximum relatif. Si, au contraire, la courbe mesurée ne présente pas de maximum accusé, il faut en conclure que d'autres phénomènes liés aux décharges partielles locales à l'endroit de vacuoles se manifestent qui n'entraînent pas de dégradation de l'isolation. Cette dernière peut donc être considérée comme saine.

Le transformateur 8 est un transformateur saturable, la saturation entrant en jeu dès que la quantité de charges traversant le primaire du transformateur dépasse un seuil situé au dessus d'une valeur compatible avec le phénomène des décharges partielles locales. Si ce seuil est dépassé, le phénomène enregistré n'a donc plus rien de commun avec des décharges partielles locales (exemple: décharges superficielles).

Il est possible aussi de remplacer le volt-mètre de crête 9 par un compteur d'impulsions nocives. La nocivité d'une impulsion peut être appréciée d'une part par son intensité et d'autre part par sa fréquence d'apparition. Si une telle impulsion se manifeste à chaque alternance de la fréquence de la tension alternative de mesure, il s'agit d'un phénomène permanent qui à plus ou moins brève échéance doit détruire l'

isolation. Par contre, si par exemple la fréquence d'apparition d'impulsions nocives est en dessous d'un taux de 0,5 par alternance de la fréquence de la tension alternative de mesure, l'apparition de telles impulsions peut être considérée comme erratique, ne conduisant pas à une destruction de l'isolation à brève échéance.

Dans le but d'effectuer ce comptage, le compteur d'impulsions nocives comprend un étage d'entrée à seuil, de préférence réglable, à travers lequel passent uniquement les impulsions d'une intensité au dessus du seuil réglé. D'autre part, la période d'échantillonnage de ce compteur est choisie de préférence entre 50 à 1000 alternances de la fréquence de la tension de mesure. Il est recommandé de rester en dessous de 1000 alternances pour ne pas allonger inutilement le temps de mesure. Le minimum de 50 alternances devrait être respecté dans le but de réduire l'influence du bruit qui provient d'impulsions parasites engendrés dans le réseau, par exemple lors de l'enclenchement et du déclenchement de disjoncteurs.

Le procédé de mesure peut consister dans le choix d'une intensité de seuil unique pour toute la gamme de mesure ou d'une série de plusieurs réglages de seuil différents pour chaque tension de mesure ou encore d'une intensité de seuil unique pour chaque tension de mesure, choisie en fonction de la tension de mesure, par exemple proportionnelle à la tension de mesure.

Une méthode de mesure particulièrement avantageuse résulte d'une combinaison des mesures faites d'une part par le voltmètre de crête et d'autre part du compteur d'impulsions. Dans ce cas, un compteur d'impulsions à étage d'entrée à seuil est branché en parallèle sur le voltmètre de crête. Le seuil du compteur d'impulsions est réglé, soit à la main, soit automatiquement égale à une tension légèrement inférieure à l'amplitude de l'impulsion la plus grande appliquée au voltmètre de crête, par exemple à une valeur mesurant entre 90% et 80% de cette amplitude. La comparaison des mesures enregistrées par le voltmètre de crête d'une part et par le compteur d'impulsions d'autre part permet d'apprécier avec une acuité plus grande les phénomènes susceptibles de causer une destruction de l'isolation des bobinages des machines testées.

Les avantages du procédé de mesure décrit ci-dessus ne s'opèrent pas par la détection des décharges internes. Mais cette détection des décharges internes est facilitée même en présence de décharges d'autres

natures comme les décharges superficielles ou décharges d'encoches à cause de la sélectivité du procédé de mesure selon l'invention pour les décharges internes. A partir d'un certain niveau de la tension de mesure cependant, les décharges superficielles et/ou d'encoches masquent la
5 détection des décharges internes. Ceci n'est pas gênant dans les cas pratiques où il importe seulement de déterminer si une isolation est bonne ou non. En effet une isolation en bon état ne peut pas présenter des décharges superficielles ou des décharges d'encoches en dessous de la tension de service et même immédiatement au dessus de celle-ci.

10 Il est d'ailleurs possible de distinguer si un accroissement des valeurs mesurées par le voltmètre de crête 9 résulte de décharges internes ou de décharges superficielles ou d'encoches. En effet l'accroissement des valeurs mesurées par le voltmètre de crête 9 en fonction de la tension de mesure devient subitement beaucoup plus grand. S'il s'
15 agit de décharges superficielles, l'opérateur sent en même temps l'odeur caractéristique d'ozone et il entend le bruit engendré par ces décharges superficielles. Si l'opérateur s'attarde un peu à chaque mesure, les fréquences d'apparition des décharges superficielles notamment à tension élevée tombe en moins d'une minute de par exemple 1 décharge par alter-
20 nance à 1 décharge par 50 alternances.

Dans le cas de l'apparition de décharges d'encoches, on n'entend pas de bruit et on ne sent pas l'odeur d'ozone. Grâce à ces manifestations
accessoiries, il est donc possible d'éclaircir tout un éventail de phénomènes caractéristiques qui peuvent contribuer à l'appréciation de la
25 bonne ou moins bonne tenue diélectrique d'une isolation d'une machine électrique.

Le Figure 4 montre plusieurs diagrammes superposés de mesures faites par l'installation selon l'invention. Pour toutes les courbes la tension de mesure est portée en abscisse, tandis qu'en ordonnée sont portées
30 les valeurs des différentes grandeurs. Les grandeurs représentées par les différentes courbes sont les suivantes: courbe 10: accroissement relatif de la capacité du bobinage par rapport à la masse de la machine; courbe 11: la t ϵ g \acute{e} de l'isolation; courbe 12: la valeur mesurée par le voltmètre de crête 9; courbe 13: le nombre de décharges par alternance
35 compté par le compteur d'impulsions nulvier. Alors que les courbes 10 et 11 ne présentent aucun accident de l'isolation, il n'en est pas de même des courbes 12 et 13. A des tensions sensiblement en dessous de la

tension nominale U_n de la machine électrique mesurée, des décharges internes nombreuses de faible amplitude sont mesurées par le voltmètre de crête et apparaissent presque à chaque alternance, mais au fur et à mesure que la tension de mesure augmente des décharges de plus grande amplitude sont produites et mesurées par le voltmètre de crête et enregistrées par le compteur. Ceci explique l'allure décroissante de la courbe 13. Cependant, l'amplitude maximum des décharges mesurée par le voltmètre de crête 9 passe par un maximum relatif à l'endroit de la tension nominale. Un peu au dessus de la tension nominale, la courbe 12 présente un coude à partir duquel part une branche croissante due à des décharges superficielles. A partir de la tension de mesure correspondant à ce coude, l'opérateur sent l'odeur caractéristique de l'ozone; il s'agit donc bien de décharges superficielles. La fréquence d'apparition de ces décharges mesurées par le compteur d'impulsions nocives présente deux maxima qui sont l'indice du fait qu'à partir de certaines tensions élevées certains points faibles donnant lieu à des décharges superficielles sont brûlés et éliminés. Une isolation présentant des courbes selon la figure 4 doit donc être considérée comme relativement bonne puisque les décharges internes les plus nocives n'ont encore qu'un caractère erratique et que des décharges superficielles apparaissent seulement à des tensions de mesure sensiblement plus élevées que la tension nominale de la machine. Cependant, le fait que le maximum de la courbe 12 se situe à l'endroit de la tension nominale indique que cette isolation devra être contrôlée à nouveau à relativement brève échéance.

La figure 5 représente un pont de mesure semblable à celui de la figure 1, mais dont la branche d'équilibrage comprend plusieurs dispositifs de mesure à haute sélectivité d'impulsions ou ondes de courant, chacun laissant passer une fréquence déterminée différente. Ces dispositifs de mesure peuvent être soit les dispositifs déjà décrits par rapport aux figures 1 et 2, soit d'autres par exemple un transformateur 14 relié à un filtre 15 pour la fréquence du réseau de la tension de mesure de par exemple 50 Hz, suivi d'un indicateur oscillographique 16 servant d'indicateur d'équilibre.

Un transformateur 8 à haute sélectivité relié à un voltmètre de crête 9 et, simultanément et en parallèle à un dispositif compteur 10 à étage d'entrée à seuil réglable, comme déjà décrit, sont sensibles à une fréquence prise dans une gamme de par exemple 100 à 500 kHz

correspondant à la durée de la queue des décharges partielles nocives.

Un autre dispositif composé d'un transformateur 18 suivi d'un potentiomètre 19 de réglage de gain, d'un filtre 20 très sélectif pour une fréquence déterminée égale à un multiple entier de la fréquence de réseau prise dans une gamme de par exemple 200 à 800 Hz et d'un amplificateur 21 à étage capacitif d'entrée est relié à un voltmètre de crête 22. Il sert à la détection de phénomènes liés à la densité et mobilité ioniques. Le voltmètre de crête 22 peut être identique au voltmètre de crête 9, si ce dernier comprend un sélecteur de gamme de mesure approprié, de préférence automatique. La mise en circuit, l'un après l'autre de ces circuits de détection peut se faire comme décrit par rapport à la figure 1 au moyen d'un commutateur 6, relié comme montré à la figure 1 ou équipé de deux contacts mobiles 6 et 6' reliés comme montrés à la figure 5. Dans certains cas il est possible aussi d'envisager de relier de manière permanente et en série dans la branche d'équilibrage les primaires des transformateurs 8, 14 et 18 et de faire la sélection des mesures au moyen du contact mobile 6' seulement.

Dans ce qui suit, le dispositif de mesure comprenant les éléments 18 à 21 est décrit plus en détail. Le transformateur 18 peut être branché de manière permanente dans la branche d'équilibrage, sans que cela ne nuise à la sélectivité du dispositif pour la fréquence choisie. En effet à la fréquence du réseau, la résistance R entre la prise médiane du potentiomètre 19 et son extrémité est petite par rapport à l'impédance du condensateur (dans l'étage d'entrée de l'amplificateur 21). Par contre à la fréquence choisie, cette résistance R est petite par rapport à l'impédance du condensateur C dans l'étage d'entrée de l'amplificateur 21. Il s'ensuit que dans le cas d'un filtre 20 pour une fréquence sensiblement plus grande que la fréquence du réseau, la réponse de l'amplificateur n'est pas proportionnelle à la tension aux bornes de la branche d'équilibrage, mais au courant qui y circule. Le courant est engendré par les ions qui se déplacent dans l'isolation

de la machine à la suite de la tension de mesure alternative y appliquée et donne lieu à une tension de mesure relevée par le voltmètre de crête 22.

Un exemple d'une courbe 23 de la tension V relevée par le voltmètre de crête 22 en fonction de la tension de mesure U à la fréquence du réseau est représentée à la figure 6. Un représente la tension nominale

de la machine.

La forme de la courbe est déterminée, côté basse tension, principalement par l'influence de la densité d'ions mobiles entre deux barrières voisines d'une part et du temps de transit d'une barrière à l'autre de ces ions mobiles. Le produit de ces deux grandeurs détermine la forme de la courbe 22 qui commence par une branche croissante passant par un maximum pour atteindre asymptotiquement un premier palier. Par la suite, un deuxième palier s'explique par une augmentation de la densité ionique due à la dissociation de certains complexes sous l'effet de la tension élevée et l'établissement de champs locaux créés par les charges. À partir d'une tension de seuil U_0 , les champs locaux sont responsables de la naissance de courants filamenteux précédant la destruction de l'isolation ce qui se manifeste par l'amorce d'une croissance exponentielle de la tension mesurée par le voltmètre de crête 22. Dès l'apparition de cette amorce, les essais doivent être interrompus.

La fréquence choisie pour la mesure par le voltmètre de crête 22 doit être différente de la fréquence du réseau, pour éviter une influence directe de la tension appliquée sur les mesures. D'autre part, comme les ions mobiles sont déplacés par la tension alternative de mesure, chacun à une vitesse correspondant à sa mobilité dans les espaces entre les barrières, le courant induit dans la branche d'équilibrage du pont est composé par une superposition de courants alternatifs de fréquences égales à des multiples entiers de la fréquence du réseau dont on tire la tension de mesure. Cependant pour une fréquence égale à $\omega = \frac{\pi}{T}$, où T est le temps de transit moyen des ions mobiles entre deux barrières voisines, l'amplitude du courant est nulle.

On choisit donc un filtre sélectif 20 laissant passer une fréquence égale à un multiple entier de la fréquence du réseau suffisamment plus élevée que cette fréquence du réseau mais sensiblement plus petite que cette fréquence $\frac{\pi}{T}$, par exemple, dans un cas pratique entre 200 et 800 Hz.

La courbe 23 permet de fournir une appréciation supplémentaire sur la santé d'une isolation d'une machine électrique par le fait qu'elle permet de découvrir les deux paliers dus à la densité d'ions et l'amorce des courants filamenteux qui permet de déterminer la tension limite admissible de fonctionnement de la machine.

REVENDEICATIONS

1. Méthode de détection d'une tenue diélectrique insuffisante de l'isolation de bobinages d'une machine électrique dans laquelle on raccorde dans la branche de mesure d'un pont de mesure de capacité d'une part
 5 les conducteurs des bobines et d'autre part les parties de la masse de la machine disposées autour de ces bobinages et dans laquelle on équilibre le pont de mesure pour chaque tension alternative de mesure prise dans une gamme de tensions données, la fréquence de la tension alternative étant choisie parmi les fréquences apparaissant aux bobinages dans
 10 les conditions d'utilisation de la machine,
 caractérisée en ce qu'après chaque équilibrage, on dispose dans la diagonale d'équilibrage du pont de mesure, en lieu et place d'un appareil indicateur d'équilibre (7) un dispositif de mesure à haute sélectivité (8,9) d'impulsions ou d'ondes de courant laissant passer une fréquence
 15 déterminée ou l'un après l'autre de plusieurs dispositifs de mesure à haute sélectivité (14,15,16;8,9;17,18,20,21,22) d'impulsions ou ondes de courant, chacun laissant passer une fréquence déterminée différente et en ce qu'on balaye les valeurs de la tension de mesure entre une valeur plus basse que la tension de service et une valeur égale ou
 20 plus haute que la tension maximum admissible de la machine.
2. Méthode de détection d'une tenue diélectrique insuffisante, suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'un des dispositifs de mesure à haute sélectivité laisse passer des amplitudes correspondantes à celles dues à des décharges partielles dans l'isolation des bobinages,
 25 et une fréquence choisie correspondant à la durée de la queue de l'onde de courant moyenne I_q de décharges partielles locales à l'intérieur de l'isolation du bobinage.
3. Méthode de détection d'une tenue diélectrique insuffisante suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'un des dispositifs de mesure
 30 à haute sélectivité laisse passer une fréquence choisie égale à un multiple entier de la fréquence de la tension de mesure, sensiblement plus élevée que cette fréquence de la tension de mesure et sensiblement plus petite que la fréquence $\frac{\pi}{T}$ ou T est le temps de transit moyen d'ions entre deux barrières.
- 35 4. Appareil de mesure convenant à l'exécution de la méthode suivant une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste en un pont

- de mesure de capacité à résistances et condensateurs dans lequel l'appareil indicateur d'équilibre (7) relié dans la diagonale de mesure est disposé en série avec un dispositif sélecteur (6) et en parallèle avec un ou plusieurs dispositifs de mesure hautement sélectifs pour certaines fréquences d'impulsions ou ondes de courant.
- 5
5. Appareil suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif hautement sélectif pour certaines fréquences d'impulsions ou ondes de courant est sensible aux amplitudes et fréquences correspondant aux impulsions engendrées par des décharges partielles locales à l'intérieur de l'isolation des bobinages.
- 10
6. Appareil suivant la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de mesure d'amplitudes prédéterminées d'impulsions de courant comprend un transformateur (8) hautement sélectif pour certaines fréquences.
- 15
7. Appareil suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le transformateur (8) hautement sélectif est un transformateur saturable.
8. Appareil suivant une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le dispositif de mesure d'amplitudes prédéterminées d'impulsions ou ondes de courant est un voltmètre de crête mesurant l'amplitude de la crête de la plus grande des impulsions ou de l'onde de courant y appliquées.
- 20
9. Appareil suivant une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le dispositif de mesure d'amplitudes prédéterminées d'impulsions de courant est un compteur précédé d'un étage d'entrée laissant passer les impulsions au dessus d'une amplitude de seuil, comprenant une période d'échantillonnage prédéterminée.
- 25
10. Appareil suivant la revendication 8, caractérisé en ce que la période d'échantillonnage est choisie entre 50 et 1000 alternances de la fréquence de la tension de mesure.
- 30
11. Appareil suivant la revendication 8 et une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que le dispositif de mesure d'amplitude prédéterminées est constitué par une mise en parallèle du voltmètre de crête et du compteur précédé d'un étage d'entrée laissant passer les impulsions au dessus d'une amplitude de seuil.
- 35
12. Appareil suivant la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de réglage du seuil à l'entrée du compteur actionné en fonction de la valeur mesurée dans le voltmètre de crête.

13. Appareil suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif de mesure hautement sélectif est sensible à un multiple entier de la fréquence de mesure sensiblement plus élevée que cette fréquence de mesure et sensiblement plus petite qu'une fréquence $\omega = \frac{\pi}{T}$ où T est le temps de transit moyen des ions mobiles entre deux barrières voisines.

ATELIERS DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUES
DE CHARLEVOIX

19 MAI 1961 Société Anonyme



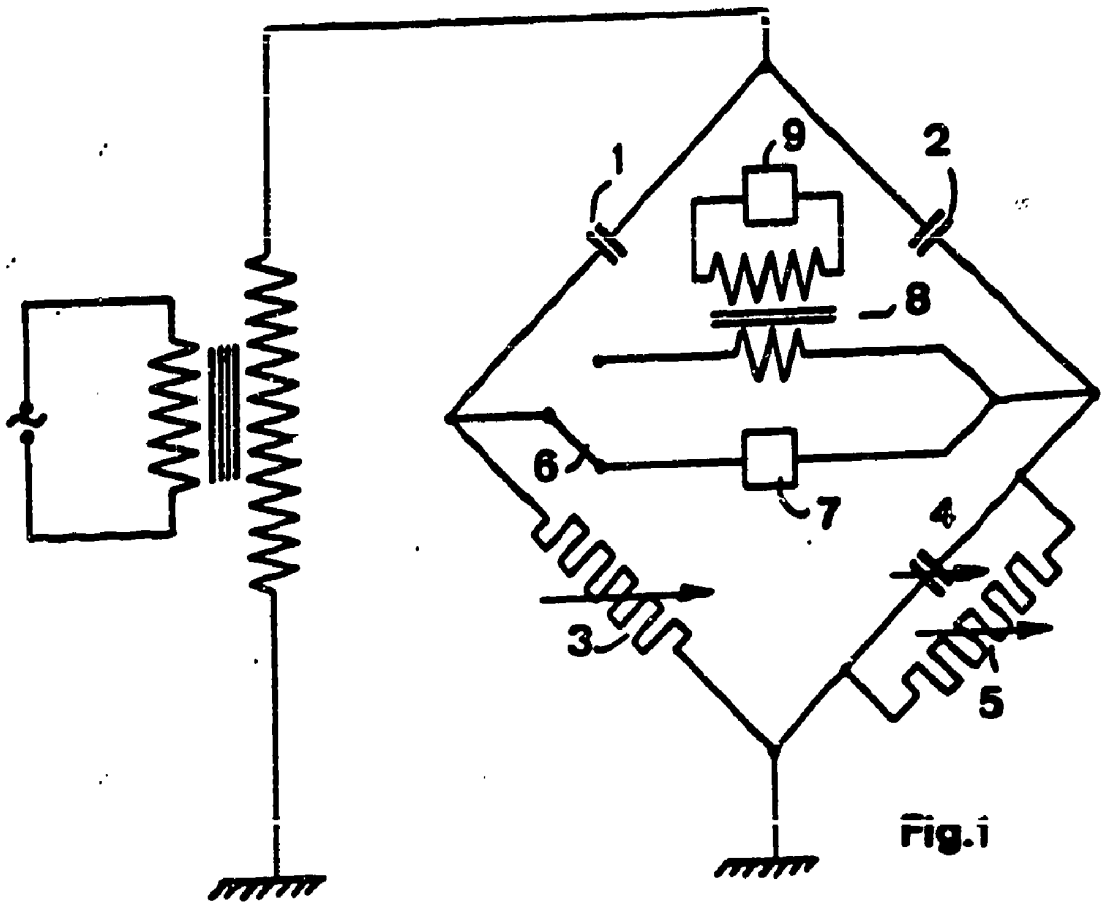


Fig. 1

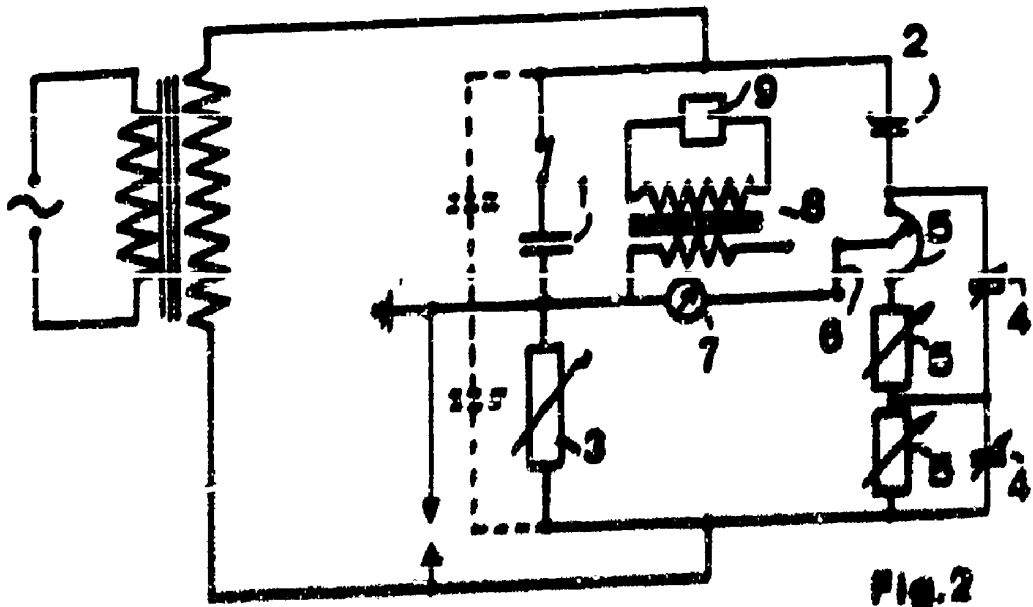


Fig. 2

APPROVED BY OFFICE OF THE ATTORNEY GENERAL
 14 MAY 1951 DE
 Bureau of Aeronautics

[Handwritten signature]

000075

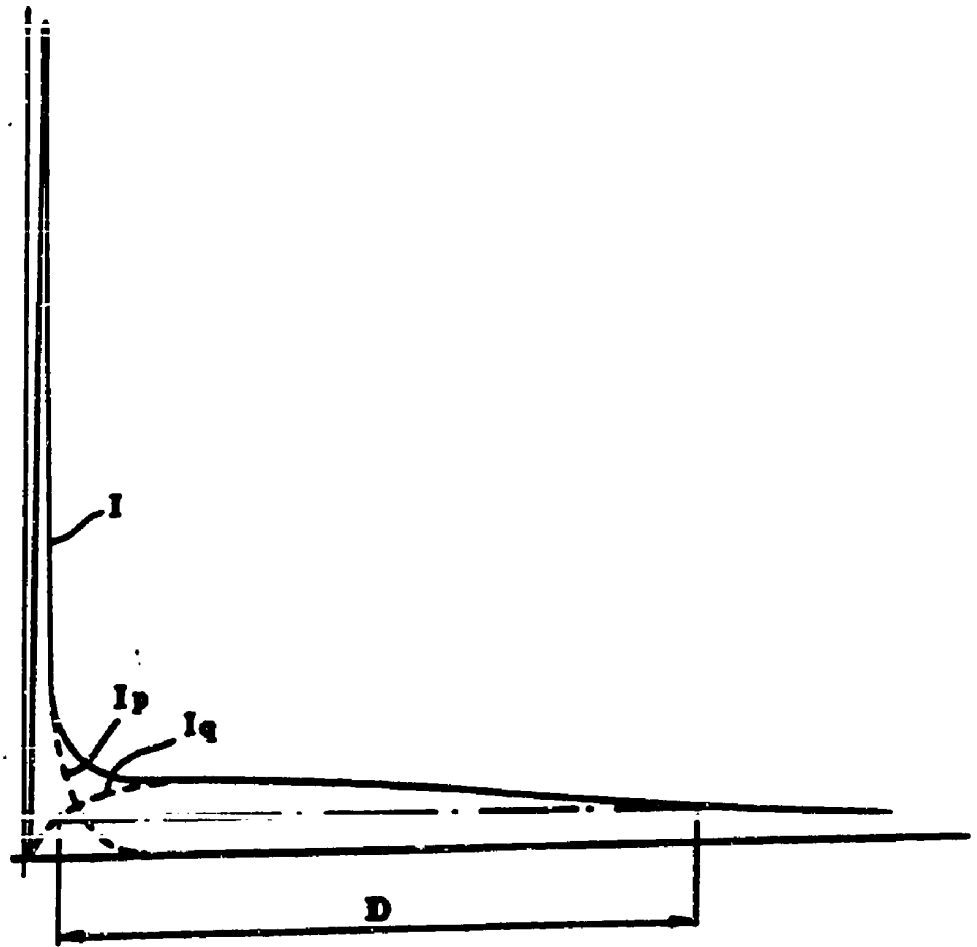


Fig. 3

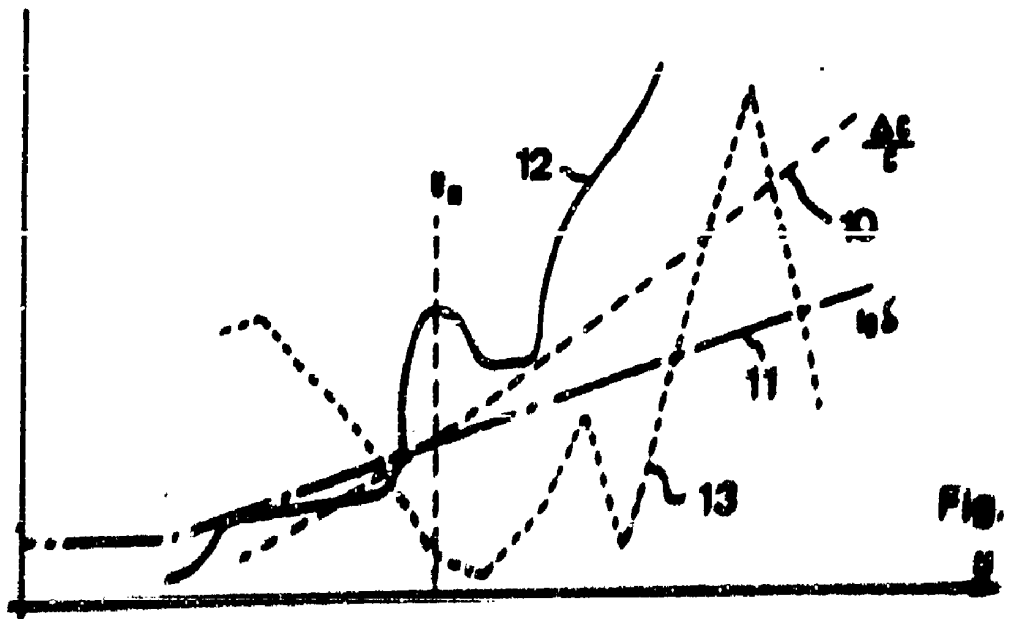


Fig. 4

ATLASUL DE DATE
19 MAI 1981 DE CANTIER
CANTIERA

ESTRUCI
[Handwritten signature]

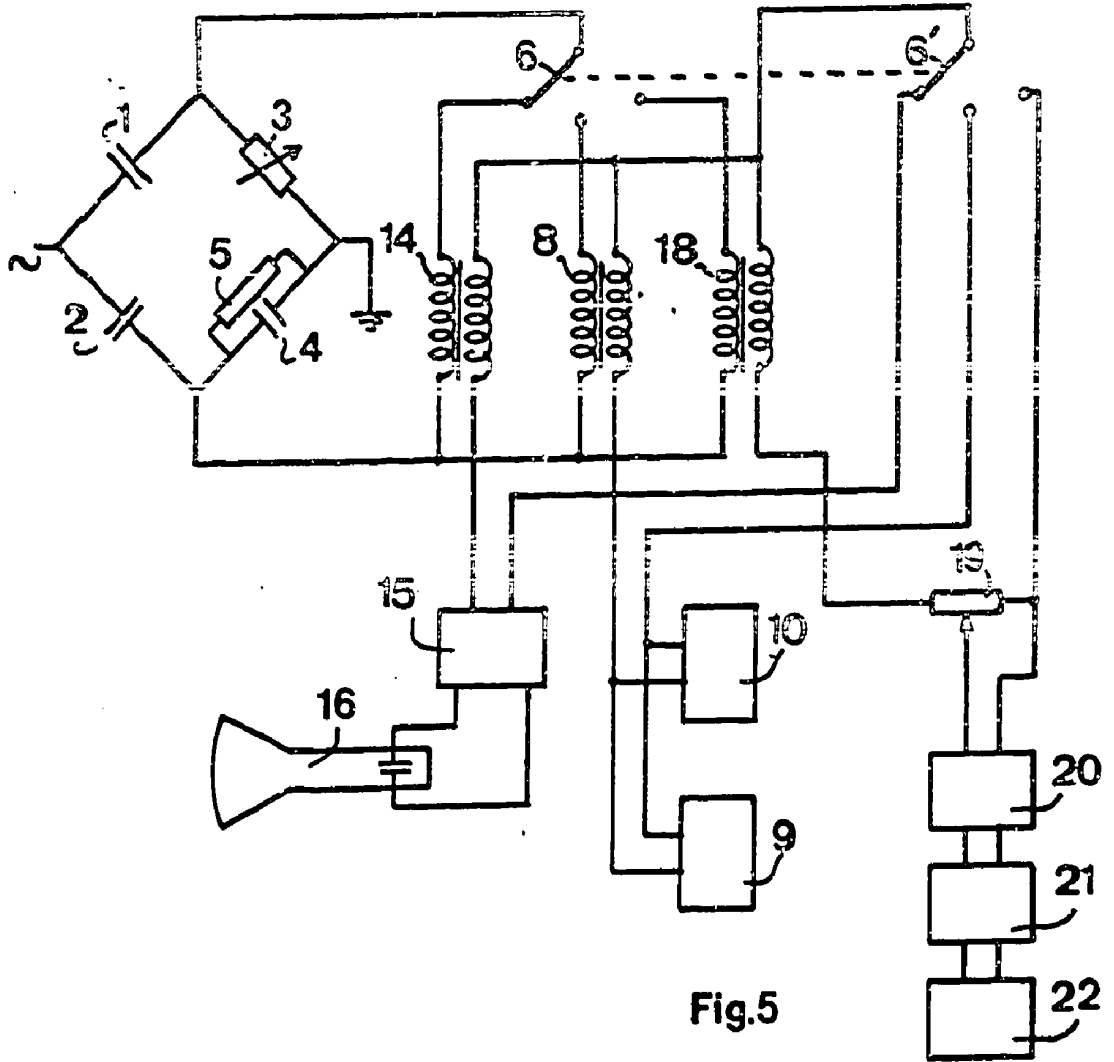


Fig.5

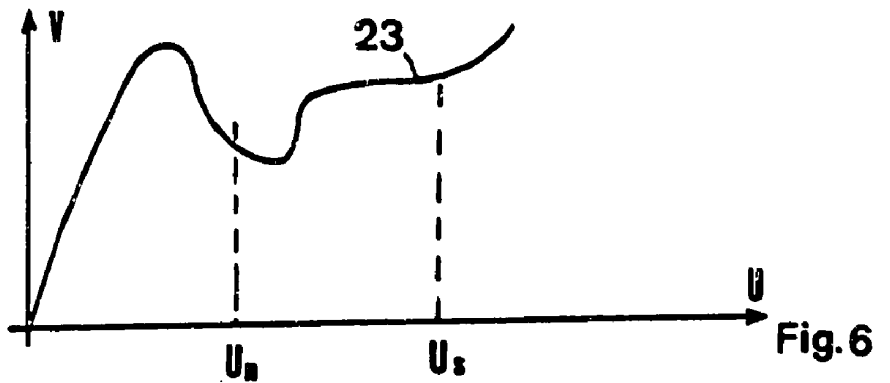


Fig.6

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES
19 MAI 1981 DE CHARLEROI (AGEC)
Société Anonyme