RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE
de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 39.282 — N° 1.464.761

Classification internationale : G 01 r

Appareil destiné à l'étude des conditions de production de micro-claquages dans un isolant quelconque.

(Invention : Robert ALLEMAND, Roland CALVAS et Victor DELCROIX.)

COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 22 novembre 1965, à 15h 9m, à Paris.

Délivré par arrêté du 28 novembre 1966.

(*Bulletin officiel de la Propriété industrielle*, n° 1 du 6 janvier 1967.)

(*Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.*)

La présente invention concerne un appareil consistant en un montage électronique, permettant l'étude des conditions de production de micro-claquages dans un isolant quelconque.

On sait que la conductivité d'un matériau est déterminée par l'énergie nécessaire pour y faire circuler un courant électrique.

Du point de vue physique, ce courant correspond au passage d'électrons de la bande de valence à la bande conduction, ces deux bandes étant séparées par une bande interdite, et, si cette bande interdite est large, le matériau est un bon isolant tandis que, si elle est étroite, le matériau est un mauvais isolant (ou bon conducteur). Meilleur est l'isolant, plus l'énergie nécessaire pour franchir la bande interdite est grande; dans le cas limite, cette énergie devrait être tellement importante que le matériau est détruit avant d'être rendu conducteur; on dit alors qu'il y a claquage.

En plus du transport de particules de la bande de valence à la bande de conduction, les matériaux isolants sont soumis, dans les conditions réelles, à un phénomène de conduction qui dépend de l'état mécanique de leurs surfaces, de leur état de propreté et surtout de l'état hygrométrique du milieu ambiant : beaucoup d'isolants sont utilisés dans des locaux climatisés où règne un taux d'humidité de plus de 90 % et il suffit même, dans une atmosphère de faible degré hygrométrique, de souffler sur un isolant qui, pourtant, n'est soumis qu'à une faible tension électrique bien inférieure à la tension de claquage, pour observer des micro-claquages dus à l'humidité du souffle et qui subsistent tant que la surface de l'isolant n'a pas recouvré son état hygrométrique initial. On constate, de plus, dans les matériaux isolants soumis à une tension électrique, la production de micro-claquages dus à l'état granulaire de ces matériaux. Ces micro-claquages, qui sont en parfait accord avec la théorie, sont d'autant plus importants que l'homogénéité du matériau isolant est moins bonne. On observe d'importantes impulsions de courant sans qu'il y ait toutefois destruction de l'isolant.

La présente invention concerne un appareil permettant l'étude des conditions de production de tels micro-claquages dans un matériau isolant quelconque et convient, en particulier, aux prises THT utilisées en électronique nucléaire.

De façon plus précise, la présente invention concerne un appareil consistant en un montage électronique permettant de fixer, pour un matériau isolant quelconque soumis à une tension électrique, la tension qui correspond aux micro-claquages, ce montage comprenant essentiellement, disposés en série, un préamplificateur de charge branché sur le matériau isolant et qui fournit une tension de sortie fonction du courant résultant d'un micro-claquage survenu dans ce matériau isolant, un amplificateur de tension, un diviseur potentiométrique branché sur la sortie de cet amplificateur et jouant le rôle de discriminateur, et un monostable de mise en forme relié, à son entrée, à ce diviseur potentiométrique et auquel sont associés deux étages de sortie, l'un pour l'attaque d'un compteur et l'autre qui joue le rôle d'intégrateur.

L'amplificateur de tension est, par exemple, constitué par un doublet suivi d'un étage émetteur-follower.

Le monstable de mise en forme est avantageusement constitué par deux transistors, la base du transistor d'entrée étant légèrement polarisée en inverse de manière que le monostable ne soit pas déclenché par le bruit de fond de l'amplificateur. Au transistor de sortie sont associés deux étages de sortie émetteur-follower, l'un pour l'attaque d'un compteur, l'autre qui joue le rôle d'intégrateur, un micro-

ampèremètre shunté par une capacité de forte valeur étant inséré dans le circuit de l'émetteur de ce transistor.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description qui va suivre faite en regard des dessins annexés et donnant, à titre explicatif mais nullement limitatif, une forme de réalisation de l'appareil selon l'invention.

Sur ces desins :

La figure 1 est un schéma de principe de l'appareil selon l'invention; et

La figure 2 est un schéma plus détaillé du préamplificateur seul.

L'observation des micro-claquages ne peut consister qu'en une observation de décharge électronique, étant donné que le courant inverse, beaucoup plus lent du fait de l'inertie des ions et de leur vitesse de déplacement assez faible, est assimilable à un courant continu dès que le nombre de micro-claquages est assez important.

La figure 1 qui représente schématiquement l'ensemble de l'appareil selon l'invention, montre, disposés en série à partir de l'isolant étudié (référence 1), un condensateur d'entrée C_1, un préamplificateur de charge 2, un amplificateur de tension constitué par un doublet 3 suivi d'un étage émetteur-follower 4 un monostable 5 de mise en forme auquel sont associés deux étages de sortie, l'un pour l'attaque d'un compteur (flèche F), et l'autre (6) qui joue le rôle d'intégrateur.

L'élément essentiel du montage électronique est le préamplificateur de charge 2 représenté de façon plus détaillée sur la figure 2.

L'isolant 1, dont on étudie les micro-claquages, est relié au préamplificateur 2 par l'intermédiaire d'un condensateur C_1. Un condensateur C_2 et une résistance R assez élevée, destinée à augmenter la largeur des impulsions, sont connectés en parallèle entre l'entrée et la sortie du préamplificateur 2 qui délivre une tension de sortie V_s.

Un micro-claquage produit, dans l'isolant 1 étudié, une variation ΔQ de la charge de cet isolant.

Il est à noter que la mesure effectuée est indépendante de la capacité proprement dite de l'isolant 1 (et, par suite, indépendante de la forme de ce dernier) et que ce qui intéresse le préamplificateur de charge, c'est uniquement la variation de charge ΔQ.

L'isolant 1 étudié se comporte ainsi comme un générateur de charge, et la charge ΔQ résultant d'un micro-claquage arrive à l'entrée du préamplificateur puis traverse son condensateur C_2.

La tension V_s délivrée à la sortie a donc pour valeur :

$$V_s = \frac{\Delta Q}{C_2}$$

et l'on voit ainsi qu'il y a intérêt à choisir un condensateur C_2 de capacité le plus faible possible, afin de donner à V_s la plus forte valeur possible. Par exemple, C_2 est choisi avec une capacité de 6,8 pF.

Le préamplificateur 2 est suivi d'un amplificateur de tension 3 constitué par un doublet suivi d'un étage émetteur-follower 4.

Le gain du préamplificateur de charge ne peut être défini par une valeur numérique, car ce préamplificateur est un convertisseur charge-tension.

Le bruit de sortie de l'amplificateur est, par exemple, de 500 mV crête à crête, ce qui correspond à une variation de charge parasite de $0{,}5.0^{-14}$ coulomb et la tension maximum de sortie de l'amplificateur est par exemple de 15 volts. Une impulsion de 1 volt est ainsi nettement au-dessus du bruit de sortie.

Le demandeur a vérifié par des essais d'attaque en tension après le préamplificateur de charge 2 que la tension de sortie varie linéairement en fonction de la charge d'entrée (1 volt pour 10^{-14} coulomb, 2 volts pour 2.10^{-4} coulomb, etc.

L'entrée du monostable de mise en forme 5 est reliée au point médian d'un diviseur potentiométrique 7 branché sur la sortie de l'amplificateur 3,4. La sensibilité du monostable 5 étant constante, ce diviseur joue le rôle d'un discriminateur d'amplitude. Le monostable 5 utilisé est avantageusement à transistors, et, comme signalé plus haut, la base du transistor d'entrée est légèrement polarisée en inverse pour que le bruit de fond de l'amplificateur ne déclenche pas le monostable. Ce bruit de fond étant, dans le cas présent, de 500 mV, le monostable est calculé pour ne se déclencher qu'à partir d'impulsions de 700 mV. A ce monostable sont associés deux étages de sortie émetteur-follower l'un pour l'attaque d'une compteur F (constitué par exemple par une cascade de bistables ou échelle de 2^n), l'autre (6) qui joue le rôle d'intégrateur, un microampèremètre (non représenté) shunté par une capacité de valeur élevée étant placé dans le circuit de l'émetteur du transistor de sortie du monostable.

Pour que ce microampèremètre ait une déviation raisonnable (ni trop forte, ni trop faible) quel que soit le nombre d'impulsions, le monostable 5 est doté de trois capacités différentes qui lui permettent de délivrer des signaux rectangulaires (créneaux) ayant respectivement 500 μs, 50 μs et 5μs de largeur et 6 volts d'amplitude.

Le montage selon l'invention est réalisé sur deux plaquettes simples : la première pour le préamplificateur de charge et l'amplificateur de tension, le deuxième pour le circuit de mise en forme et ses dépendances.

Derrière ces deux plaquettes est placé le bloc d'alimentation continue (— 24 V).

La face avant de l'appareil comporte les deux

fiches de mesure, l'entrée THT, l'indicateur de courant, le potentiomètre de réglage du seuil, le commutateur de réglage de la largeur des créneaux délivrés par le monostable, et enfin un interrupteur marche-arrêt secteur et un voyant lumineux 24 V.

Il est à noter que la disposition des éléments sur les plaquettes (plus particulièrement pour la plaquette préamplificateur de charge-amplificateur) détermine partiellement les possibilités du montage. C'est ainsi que les transistors ayant leurs collecteurs au boîtier, il convient de ne pas trop les rapprocher pour éviter les couplages parasites. En outre, le blindage de l'entrée doit être particulièrement soigné, car le conducteur d'entrée forme une antenne très sensible aux parasites industriels et au signal de sortie du montage, ce qui risque de provoquer des oscillations.

Le principe général de l'utilisation de l'appareil selon l'invention est le suivant :

1° La tension de sortie de l'amplificateur 3,4 est fonction de la charge qui traverse l'isolant 1 étudié au cours de micro-claquages, charge qui est envoyée dans le préamplificateur de charge (par exemple, une impulsion d'amplitude 1 volt à la sortie de 4 correspondra à 10^{-14} coulomb fourni par l'isolant 1) ;

2° A cette impulsion dont l'amplitude est variable, le monostable 5 fait correspondre une impulsion calibrée en amplitude et en largeur (la correspondance dépend du réglage de ce potentiomètre) ;

3° Enfin, le microampèremètre indique un nombre de microampères qui est fonction du nombre moyen d'impulsions par unité de temps (la correspondance dépend du type de signaux) émis par le monostable : 500 μs, 50 μs ou 5 μs.

Donc, en définitive, la lecture faite sur le microampèremètre fait connaître, par un calcul simple, la charge traversant par seconde l'isolant au cours de micro-claquages, c'est-à-dire le courant.

Le potentiomètre-discriminateur 7 peut être réglé à 1 volt, alors le monostable fournira une impulsion calibrée en amplitude et en durée chaque fois qu'une impulsion d'amplitude supérieure à 1 volt sera délivrée par l'amplificateur; s'il est réglé à 10 V, le monostable fournira une impulsion calibrée en amplitude et en durée chaque fois qu'une impulsion d'amplitude supérieure à 10 V sera délivrée par l'amplificateur; donc, si l'amplificateur utilisé fait corespondre 1 volt à 10^{-14} coulomb, on aura à la sortie du discriminateur 7 les corespondances suivantes :

a. Pour un discriminateur réglé à 1 volt : 1 impulsion pour 10^{-14} coulomb;

b. Pour un discriminateur réglé à 10 volts : 1 impulsion pour 10.10^{-14} coulomb.

Quant au microampèremètre, il assure par exemple la correspondance suivante dans le cas de créneaux de 500 μs :

10 μA pour 0,1 impulsion calibrée arrivant en moyenne par seconde;

17,5 μA pour 0,2 impulsion calibrée arrivant en moyenne par seconde;

30 μA pour 0,5 impulsion calibrée arrivant en moyenne par seconde;

40 μA pour 1 impulsion calibrée arrivant en moyenne par seconde;

50 μA pour 5 impulsions calibrées arrivant en moyenne par seconde.

Pour des créneaux de 50 ou de 5 μs, c'est-à-dire de largeur 10 ou 100 fois plus faible, les mêmes indications du microampèremètre correspondent à des fréquences 10 ou 100 fois plus fortes.

Par exemple, pour des crénaux de 5 μs, à un courant de 50 μA corespondent 500 impulsions arrivant en moyenne par seconde; pour des créneaux de 500 μs, à un courant de 30 μA correspondent 5 impulsions arrivant en moyenne par seconde, etc.

On déduit donc aisément de la lecture faite sur le microampèremètre la charge traversant l'isolant 1. C'est ainsi, par exemple, que, d'après les correspondances indiquées ci-dessus, on obtient les résultats suivant :

a. Pour un potentiomètre discriminateur 7 réglé à 1 volt et des créneaux de 500 μs, la lecture 40 μA sur le microampèremètre indique que 1 fois par seconde en moyenne une charge supérieure à 10^{-14} coulomb est libérée dans l'isolant;

b. Pour un potentiomètre réglé à 10 volts et des créneaux de 50 μs, la lecture 30 μA indique que 5 fois par seconde en moyenne une charge supérieure à 10^{-13} coulomb est libérée dans l'isolant;

c. Pour un potentiomètre réglé à 15 volts, et des créneaux de 5 μs, la lecture 50 μA indique 500 fois par seconde en moyenne une charge supérieure à $1,5\ 10^{-13}$ coulomb est libérée dans l'isolant.

Il va de soi que la présente invention a été décrite ci-dessus de façon explicative mais nullement limitative et que l'on pourra y apporter toutes modifications de détail sans sortir de son cadre.

RÉSUMÉ

Appareil consistant en un montage électronique permettant de fixer, pour un matériau isolant quelconque soumis à une tension électrique, la tension qui correspond aux micro-claquages, ce montage étant caractérisé par les points suivants pris séparément ou en toutes combinaisons :

1° Il comprend, disposés en série, un préamplificateur de charge branché sur le matériau isolant et qui fournit une tension de sortie fonction du courant résultant d'un micro-claquage survenu dans ce matériau isolant, un amplificateur de tension, un diviseur potentiométrique branché sur la sortie de cet amplificateur et jouant le rôle de discriminateur,

et un monostable de mise en forme relié, à son entrée, à ce diviseur potentiométrique et auquel sont associés deux étages de sortie, l'un pour l'attaque d'un compteur et l'autre qui joue le rôle d'intégrateur;

2° L'amplificateur de tension est un doublet suivi d'un étage émetteur-follower;

3° Le monostable est constitué par deux transistors;

4° La base du transistor d'entrée de ce monostable est légèrement polarisée en inverse;

5° Au transistor de sortie de ce monostable sont associés deux étages de sortie émetteur-follower, l'un pour l'attaque d'un compteur, l'autre qui joue le rôle d'intégrateur;

6° Un microampèremètre shunté par une capacité de forte valeur est inséré dans le circuit de l'émetteur du transistor de sortie de ce monostable.

COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Par procuration :

BRÉVATOME

Pour la vente des fascicules, s'adresser à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention, Paris (15e).

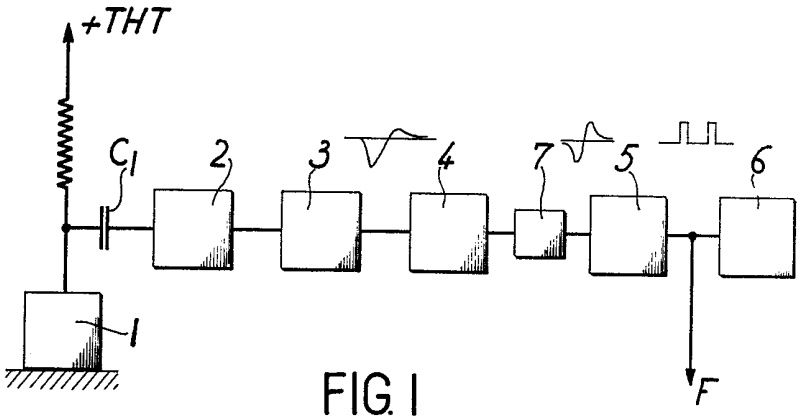


FIG. 1

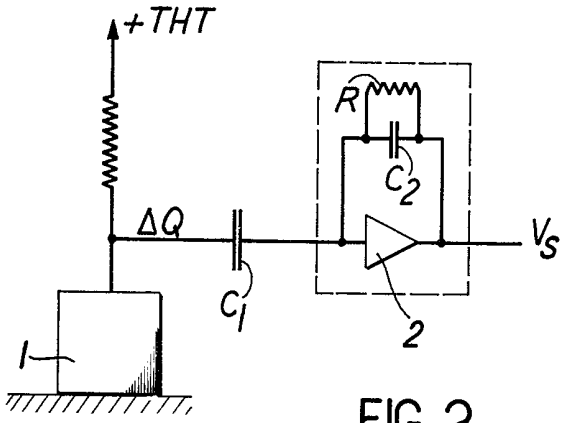


FIG. 2