

Title	Les Caractères de l'Isolation résiduelle
Sub Title	
Author	森, 元吉(Mori, Motokichi) 天野, 弘(Amano, Hiroshi)
Publisher	慶應義塾大学藤原記念工学部
Publication year	1961
Jtitle	Proceedings of the Fujihara Memorial Faculty of Engineering Keio University Vol.14, No.55 (1961.) ,p.129(9)- 145(25)
JaLC DOI	
Abstract	<p>This treatise is to find the answer, what is the final life of the insulation which constitutes of the electric machines.</p> <p>As the result of this study, authors were possible to explain with many illustrations the fact that the final life of insulation does not be restricted by the so-called breakdown which occurred on the samples in the laboratory.</p> <p>We have such proposition that the life of insulations are defined by their residual insulations. When the insulations are punctured in the shape of pin hole by the attack of impulse voltage, they remain their lives in the practise, but they wil be finally short circuited by the arcing of dynamic current from the source. This is the final state of life.</p>
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001004-00140055-0009

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

Les Caractères de l'Isolation résiduelle

(Received September 20, 1962)

Motokichi MORI*
et Hiroshi AMANO**

Abstract

This treatise is to find the answer, what is the final life of the insulation which constitutes of the electric machines.

As the result of this study, authors were possible to explain with many illustrations the fact that the final life of insulation does not be restricted by the so-called breakdown which occurred on the samples in the laboratory.

We have such proposition that the life of insulations are defined by their residual insulations. When the insulations are punctured in the shape of pin hole by the attack of impulse voltage, they remain their lives in the practise, but they will be finally short circuited by the arcing of dynamic current from the source. This is the final state of life.

Précis

Il se passe souvent la destruction de l'isolation dans le champ d'industrie de la puissance électrique. Nous pouvons rompre divers échantillons de l'isolation dans notre laboratoire. Auteurs veulent présenter à le monde leurs idée dont les destructions des isolations ont des significations différents aux deux cas montrés dessus et la durabilité de l'isolation doit être décidé de l'autre consideration dans le réel.

I. L'introduction

Il est bien connu qu'il apparaît souvent sur une ligne de la transmission de puissance les tensions anormales par la foudre ou par les résultats de manoeuvre d'un disjoncteur. Quand elles assaillent des machines ou des instruments qui sont en service à la puissance électrique, il se passera les plus ou moins dommages sur l'isolation de la machine ou l'instrument. Mais en quelques cas elles donneront sur l'isolation de machine tels dommages qu'il produit les perforations si très délicat comme on l'a percé avec l'épingle.

D'ordinaire nous pouvons dire que sa isolation a perdu sa vie, si nous trouvons

* 森 元吉 Le professeur, docteur à la Faculté de la science d'ingénieurs de l'Université Keio.

** 天野 弘 Le professeur adjoint à la Faculté de la d'ingénieurs de l'Université Keio.

sur l'isolation une seule perforation.

C'est la conception étant bien connue dans le monde, mais les auteurs ont l'autre idée dans le réel. Cette isolation n'est jamais perdue sa vie, pourquoi elle pourra être assez durable pour la tension normale qui est toujours moins petite qu'à faire conduire le courant à cette perforation. Au cas où l'isolation est imprégnée de diverses huiles, la perforation s'est récupérée considérablement de sa isolation autant qu'elle n'empêche pas de son fonctionnement. Par-dessus tout, les isolations entre bobines ou entre enroulements de bobine ont toujours assez de durabilité, car la tension entre eux est toujours petite.

On trouvera dans l'isolation plusieurs de réalités de perforation par l'inspection de l'intérieur de vieux transformateur et de nouveau transformateur après qu'on l'a donné plusieurs de coups d'impulsion.

Nous allons supposer le cas où un transformateur en service ayant quelques perforations sur son isolation est attaqué par un certain coup d'impulsion. Si la perforation se fait conductible à ce moment, il y apparaîtra un courant qui vient de la source alternative. Nous l'appelons un courant dynamique. Selon que le dommage à l'isolation est grave ou non et que la tension appliquée à celui-ci est haute ou basse, le courant dynamique suivra ou disparaîtra. Après avoir répété ces phénomènes quelques fois, l'isolation se dégradera graduellement par l'arc et à la fin, elle perdra toute sa fonction d'isolation. Nous appelons celle mentionnée ci-dessus "l'isolation résiduelle".

II. Divers caractères à la santé et au dommage

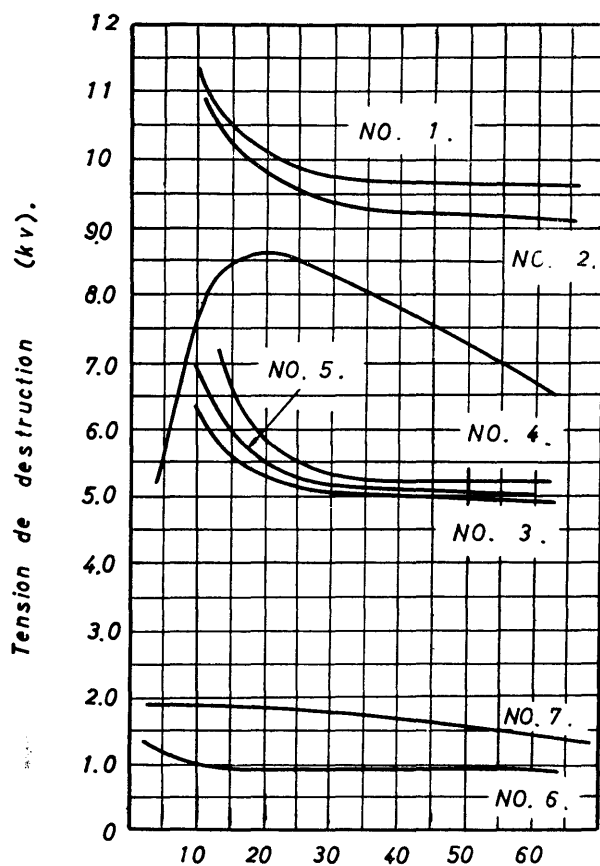
II.1. Caractères d'isolation à l'état de santé.

Nous avons pris d'abord 5 sortes d'étoffes vernies en règle de JES et nous avons fait un examen de rompre l'isolation par une tension alternative avec la fréquence de 50 \sim . Les échantillons indiquent

- | | |
|-------|--------------------------------------------|
| No. 1 | étouffe vernie, noire (0.25mm d'épaisseur) |
| No. 2 | étouffe vernie, jaune (0.25mm d'épaisseur) |
| No. 3 | étouffe vernie, jaune (0.18mm d'épaisseur) |
| No. 4 | soierie vernie, jaune (0.18mm d'épaisseur) |
| No. 5 | papier vernie, jaune (0.10mm d'épaisseur) |

No. 1 est asphaltique et peint par 4 fois. No. 2 est résineux et peint par 4 fois. No. 3 est peint par 2 fois. Nous utilisons une paire d'électrodes de disques, chaque dimension était 25mm ϕ \times 8mm et elles se posaient sous la pression de 500g pendant l'examen de rompre. Fig. 1 est un résultat de l'expérience où nous avons pris les 0 \sim 60 sec comme le temps nécessaire pour rompre. La tension durable au temps court est plus haute qu'au long. Les étoffes de No. 1 et 2 ont été peintes par 4 fois et elles étaient plus hautes de tension que No. 3, 4, et 5.

Les durabilités de tensions impulsives sont indiquées dans Table I.



Les temps de second aux-queles l'éprouvettes ont arrivés à la destruction.

Fig.1. L'intensités de divres étoffes vernies pour la destruction d'isolation.

Table 1. Les tensions rompus de divers l'étoffes vernies reratifs à l'impulsion.

Sorte d'échantillon	l'étoffe vernie, noir.	l'étoffe vernie jaune, peint 4-fois	l'étoffe vernie jaune, peint 2-fois	Soierie vernie.	papier vernie.
Tension rompu. moyens	23.5 kV	18.4 kV	13.0 kV	16.0 kV	12.4 kV
50c/s 15 sec Tension rompu.	10.5	10.2	6.5	6.4	5.8
50c/s 15 sec Tension rompu.	9.6	9.07	4.9	5.2	4.9
D. C. Tension rompu	12.0	11.8	—	4.3	—
raison d'impulsion	2.24~2.45	1.8 ~2.03	2.36~2.65	2.5~3.08	2.14~2.52

Il s'est généralement passé le rompage de l'isolation dans les $3\mu\text{S}$ secondes. Les valeurs de rompre sont plus bas en ordre de No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 et No. 5, ainsi que le cas de la tension alternative.

II.2. Caractère d'isolation à l'état de dommage.

(i) L'état de l'isolation qui a subi un dommage.

Il faut précédemment tirer au clair l'état et la mesure de détérioration et spécialement connaître le premier état de détérioration. C'est ce qui concerne la force ultime sur l'isolation détériorée. Cependant il est difficile de définir maintenant chaque étage de la détérioration, aussi nous prenons le premier état de détérioration comme une perforation sur l'isolation. Pour que l'on fasse l'état de détérioration constant, nous devons perforer un trou sur l'isolation par l'aiguille spéciale et l'estimer comme le premier dommage donné par un coup d'impulsion.

Utilisant l'aiguille à coudre longue de 50mm, nous percions l'isolation jusqu'à 5mm de profondeur.

(ii) La croissance d'un dommage par la conduite d'un courant dans le trou.

Il va de soi que la pression de la tension normale ne peut tirer aucun courant dans l'isolation, cependant si l'on fait conduire un courant donné dans le point de perforation, après que l'on y a pressé par la tension extrêmement grande, le trou s'agrandira à cause du courant et avec la temps suivant. Fig. 2 indique les cas

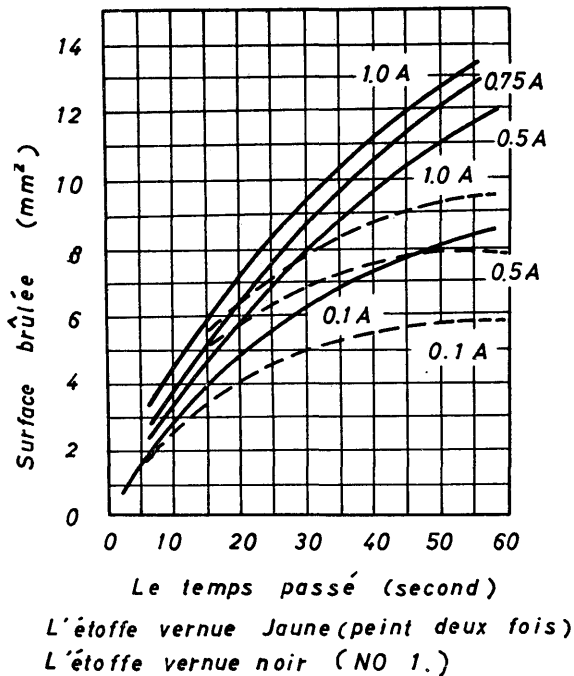


Fig. 2. L'augmentation de dommage (dans l'air) par passer le temps et le courant.

où nous avons conduit du courant sur l'isolation dans l'air. A peine un courant conduit, l'isolation brûle avec quelque fumée, et après cela sa surface brûlée augmente davantage avec temps suivant, et elle se tend à se saturer généralement. L'étoffe noire vernie se sature plus tôt que la jaune vernie, et par suite de cela, celle-là a moins de vitesse à brûler que cell-ci. Fig. 3 indique le cas où nous les avons baignées dans l'huile isolante et elles se sont aussi saturées qu'à Fig. 2. Par comparer Fig. 3 à Fig. 2, nous savons que le dommage par brûlement dans l'huile est généralement plus grand que dans l'air. On peut trouver que l'huile qui existe dans le trou aide à brûler.

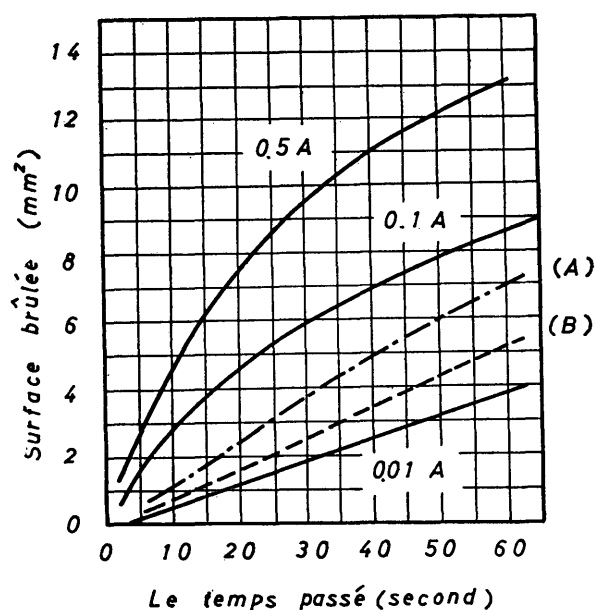


Fig. 3. L'augmentation de dommage (dans l'huile) par passer le temps et le courant.

L'éprouvette: l'étoffe vernie jaune (peint deux fois)

A:—l'un après avoir baigné une journée.

B:—l'un dans l'air.

(iii) La force ultime de l'isolation en état de dommage par rapport à la tension alternative (50 c/s).

Fig. 4 indique les forces ultimes de les isolations dans l'air pour les deux des étoffes qui ont le dommage d'une perforation, et elle montre la variation de temps jusqu'à 60 secondes. Nous avons comparé une étoffe jaune vernie à l'autre, mais elle est en deux épaisseurs. Celle-ci tient la force ultime deux fois plus grande au rang de temps court que celle-là, mais considérablement réduite au rang de temps long. Fig. 5 indique la même expérience dans l'huile isolante. Ces forces ultimes dans l'huile isolante tiennent plus grandes que celles dans l'air, bien qu'elles réduisent à

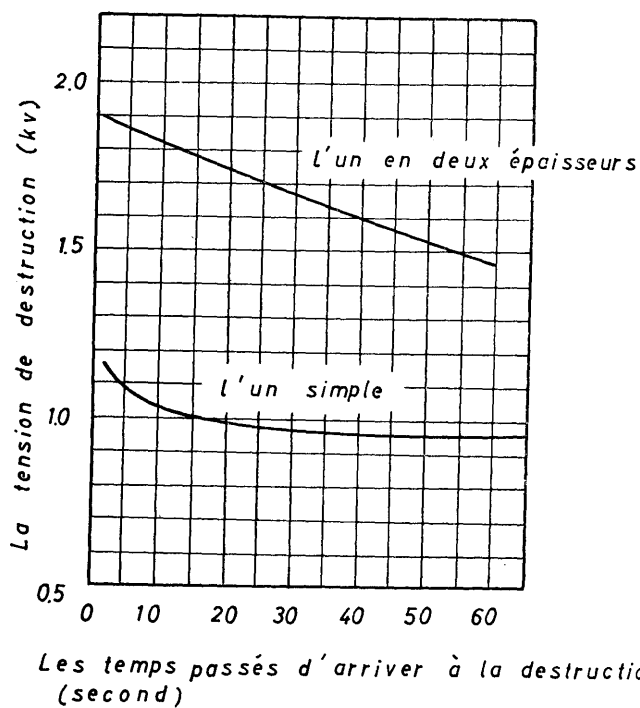


Fig. 4. La relation entre la tension de destruction et le temps d'arriver à la destruction pour l'éprouvettes qui ont été la première dommage comme l'épingle. (dans l'air)
L'éprouvette: - l'étoffe vernue jaune. (peint deux fois)

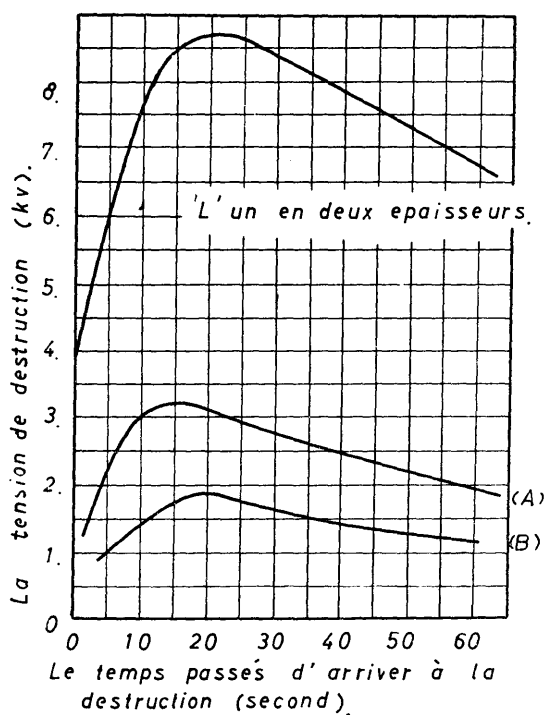


Fig. 5. La relation entre la tension de destruction et le temps d'arriver à la destruction, pour l'éprouvettes qui ont été la première dommage comme l'épingle (dans l'huile).
L'éprouvette: - l'étoffe vernue jaune (peint deux fois)
A: - l'un qui a baigné suffisamment dans l'huile.
B: - l'un qui a baigné insuffisamment dans l'huile.

demi moins que celle sans défaut. S'il reste quelque bulle d'air dans un espace de trou, la force ultime se diminuera assez considérablement.

La différence est montrée par deux lignes courbes *A* et *B* dans Fig. 5.

On trouvera dans Fig. 5 que les forces ultimes se diminuent d'autant plus que le temps se fait court jusqu'à un certain degré. C'est parce qu'il y a des bulles d'air dans l'espace du trou. Cependant les bulles d'air sont graduellement enlevées à cause de la pression de la tension d'électricité. Fig. 1 indique ensemble les étoffes sans défauts et celles avec défauts. C'est raison que celles-ci réduisent leurs forces ultimes, mais on trouve que celles en deux épaisseurs ont plus grandes forces ultimes dans l'huile que celle qui est une pièce sans défaut. Nous obtenions une diminution de forces ultimes par la destruction qui se passe une fois, deux fois..... Les forces ultimes dans l'air se réduisent jusqu'à 20% à une fois.

(iv) Les forces ultimes par rapport à l'ondulation impulsive.

Table 2 indique les forces ultimes par rapport à l'ondulation impulsive et elles

Table 2. Les dépréciations de durabilités aus étoffes vernies relatifs à l'impulsion.

Les fois de destructions		Circonstance					
		1	2	3	4	5	6~10
Dans l'air	max.	1860 V (14.3%)	1490 V (11.45%)	1490 V (11.45%)	1490 V (11.45%)	1120 V (7.62%)	1120 V (8.62%)
	min.	1490 V (11.45%)	1126 V (8.6%)	1125 V (8.6%)	1126 V (8.6%)	650 V (5.75%)	750 V (5.75%)
Dans huile	max.	5900 V (45.4%)	2000 V (15.4%)	1350 V (710.4%)	1350 V (10.4%)	1350 V (10.4%)	1350 V (10.4%)
	min.	3000 V (23.0%)	1350 V (10.4%)	1010 V (7.77%)	1010 V (7.77%)	1010 V (7.77%)	700 V (5.37%)

sont montrées par dix fois de rompement. Elles se réduisent à chaque fois. Ces allocations sont mentionnées :— 10~14% dans l'air à une fois, et 23~45% dans l'huile à une fois. L'aspect de dommage était du même qu'à la tension alternative, mais il a l'air d'une étoffe tirée. Table 3 indique les raisons impulsives des étoffe isolatrices qui se sont rompues par une fois. La raison impulsive se réduit assez beaucoup à celles avec défaut qu'à celles sans défaut. Nous pouvons conclure de nos expériences :—

(a) Les dommages des isolations se rapportant aux valeurs du courant et au temps de conduction : La surface de dommage augmente d'autant plus que le courant et temps augmentent davantage.

(b) Les forces ultimes tiennent plus grandes dans l'huile que dans l'air, mais cela

Table 3. La comparaison de tensions rompus pour les étoffes vernies qui ont une certaine dommage initiale.

sorte		Tension 50c/s max.	impulsion	raison d'impulsion.
dans l'air	max.	1140 V	1860 V	1.73
	min.	840 V	1320 V	1.57
dans huile	max.	3120 V	5900 V	1.89
	min.	1050 V	3000 V	2.85

dépend de la condition de l'infiltration de l'huile dans l'espace de perforation.

(c) Au cas que l'isolation brûle par du même courant, son dommage sera plus grand dans l'huile que dans l'air.

(d) La raison impulsive se réduira, si l'isolation a quelque dommage.

III. Caractères de courants dynamiques, par lesquels les arcs se passent au trou

Nous avons examiné les phénomènes passés au cas où la tension anormale entrait dans la machine mise en jeu, et qui a quelques dommages sur son isolation. A la première fois nous préparions les isolations—les étoffe vernies et les papirs de câble—qui ont un trou artificiel, précédement, et nous avons estimé le cas où une foudre a attaqué aux isolations par un coup de son impulsion qui a une certaine ondulation de tension électrique, mais l'isolation a été pressée d'avance sous la tension alternative (50).

(i) L'isolation à éprouver et l'appareil d'examen.

Les isolations étaient l'étoffe vernie, le papier de câble en service de la puissance, le mica flexibe et la mica naturel. Les expériences avaient lieu dans l'air, l'huile isolante et l'huile de câble. Nous utilisons diverses sortes d'étoffes vernies, jaunes et noires de 0.18mm et 0.25mm d'épaisseur. Nous les avons mises à l'épreuve dans l'huile isolante, après les avoir séchées par chauffage progressive. Les papiers à câble étaient "Kraft" ayant la dimension de 0.25mm (l'épaisseur), 33mm (le largeur). Nous les avons utilisées après leur traitement tel qu'à la première fois : Nous les avons séchés à 100°C dans l'air pendant 6.6 heures et après cela, nous les avons chauffés à 150°C dans l'huile pendant 4 heures. Nous avons précédement perforé toutes les isolations par l'aiguille à coudre dont nous avons rompu d'ailleurs la pointe seulement à 1 mm de long. C'est parce que l'isolation perforée par telle aiguille a une haute recouvrance dans l'huile et les forces ultimes ont de moins petits erreurs d'irrégularité. On peut le savoir par la comparaison entre les deux cas. Les électrodes utilisées ont une dimension de 25mm ϕ ×8mm, mentionnée avant.

Nous avons utilisé le circuit d'examen indiqué à Fig. 6, pour que nous superposions

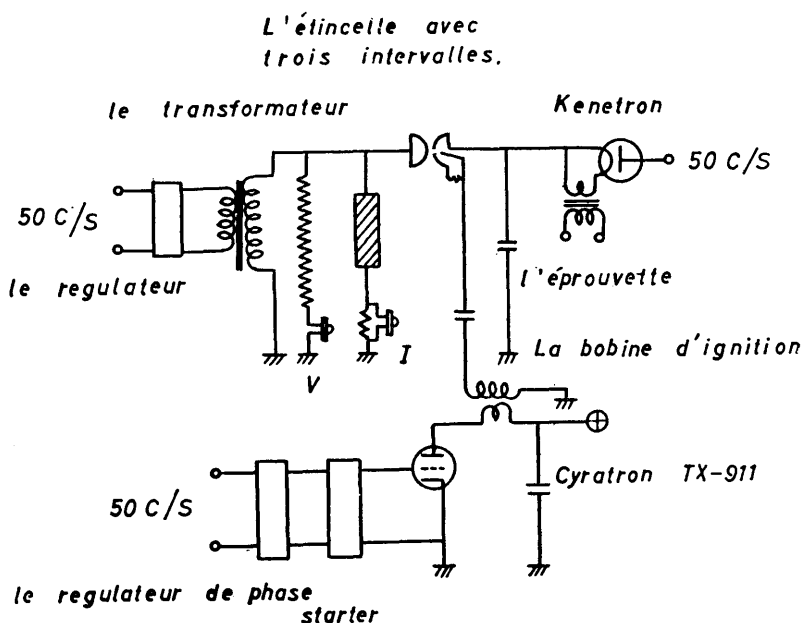


Fig. 6. Le circuit qu'on a superposé au éprouvetteles deux tensions :— l'une impulsive et l'autre alternative.

un coup d'impulsion à la tension alternative (50c/s).

La tension alternative a conduit un courant par un coup d'impulsion à un certain instant où la tension alternative prend justement la valeur maximum à la polarité negative. Nous pensons que cette impulsion d'électricité fait seulement une fonction d'interrupteur. Nous avons utilisé ampèremètre, voltmètre et oscillographe pour observer ou registrer divers phénomènes.

(ii) Examen du papier au câble.

Nous avons préparé beaucoup d'échantillons de papiers au câble que nous avons imprégnés d'huile au câble après les avoir perforés par l'aiguille.

Nous avons donné sur un échantillon pressé sous la tension alternative un coup d'impulsion des trois étages qui sont 18.2kV, 21.2kV et 24kV.

Nous avons inspecté si un courant apparaît. Les tension alternatives sont à cinq étages entre 300V~350V. A chaque étage de tension alternative, nous avons préparé dix échantillons et à chaque échantillon, nous avons appliqué dix fois de coups d'impulsions. On pourra trouver divers cas où le courant dynamique apparaît ou non. Si le courant dynamique apparaît et qu'il ne s'éteigne pas naturellement, il étabira un court-circuit, et nous avons jugé qu'il a perdu sa vie. A la fin, nous avons pu classifer divers phénomènes produits sur les échantillons en six sortes de formes de courant mentionnées dans Fig. 7.

(a) Le cas où il y n'a pas une seule fois de courant dynamique. Nous l'appelons

le type de non-conduction. Mais l'impulsion passait seulement dans le trou.

(b) Le cas où il y apparaît le courant dynamique pendant seulement 1/4 cycle par l'impulsion.

(c) Le cas où quelques courants dynamiques apparaissent intermittemment, mais s'éteignent naturellement, et l'échantillon n'atteint pas l'état que sa vie perdra, par l'application de dix fois de coups d'impulsions.

(d) Le cas où il y a le courant dynamique qui apparaît en un clin d'œil, mais à la fin, il établit le courant permanent jusqu'à dix fois. Il va de soi qu'il a perdu sa vie.

(e) Le cas où il y a apparaît un courant instable qui se suit quelques secondes, mais à la fin, il a perdu sa vie après s'être changé en courant permanent.

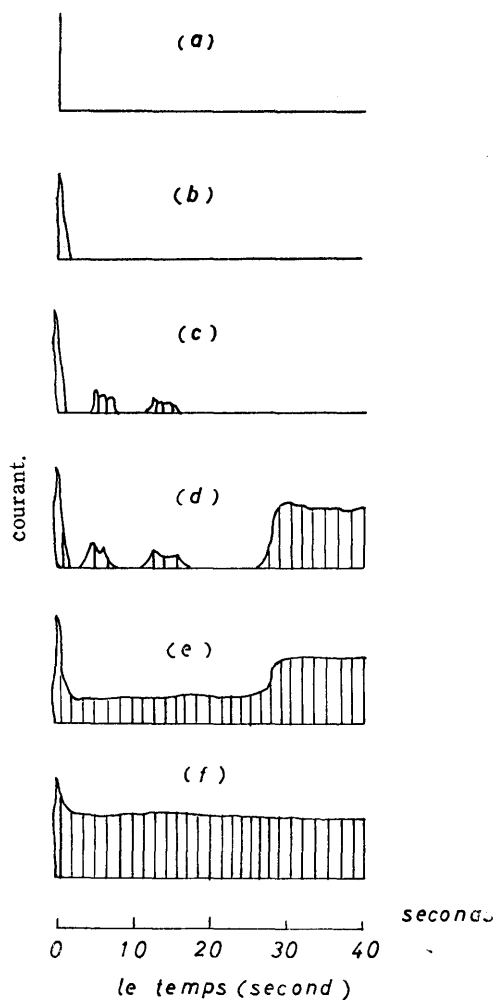


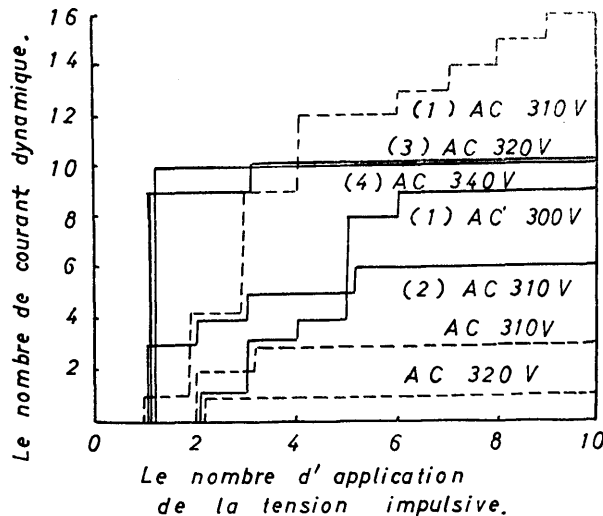
Fig. 7. L'apparence de courant dynamique suivant quelque temps.

(f) Le cas où il y apparaît le courant permanent dès la première fois.

Généralement on peut dire qu'il s'y passe les types de (a), (b) et (c) en cas que la tension alternative soit basse, et d'autre types se passent en cas que la tension soit haute. A éprouver les papiers de câble dans l'huile, nous avons trouvé quelques faits qu'il y avait un courant instable et qu'il s'éteignait à la fin. A un autre cas, il y a un courant instable qui a atteint le courant permanent. Il y avait des phénomènes qu'il a fallu quelques secondes ou quelques dizaines de secondes pour atteindre au courant permanent. Ils sont d'autant plus compliqués qu'ils ne se passaient pas aux isolations ordinaires. On pourra estimer que ces phénomènes appartiennent spécialement à l'isolation perforée. Nous avons changé les valeurs d'impulsion en 18.2kV, 21.1kV et 24kV, mais nous n'avons pas aperçu le changement de phénomène dépendant de l'impulsion. Fig. 8 indique la relation entre le nombre de fois de l'application d'impulsion et celui de courant dynamiques qui sont apparus ici.

Il arrive que le courant permanent ne se passait pas par dix fois d'application, quand la tension alternative était basse. Le court-circuit se passait souvent par augmentation du nombre de fois d'application.

Le nombre de court-circuit a une assez grande différence à mesure que l'application soit une fois ou dix fois, car l'isolation se déprécie aussi graduellement que le nombre de fois de l'application. Le pointillé indique le nombre de fois du courant instantané qui est apparu et s'est éteint à la fin. Ce nombre augmente davantage avec celui de l'application d'impulsion, mais il se diminue au cas où la tension alternative serait haute. La courbe (3) dans Fig. 8 montre que les neuf échantillons étaient de truits par un coup d'impulsion, mais ils n'ont pas atteint la destruction



l'éprouvette:— du papier de câble 0.15mm.

la tension impulsive d'être appliqué:— 18.2kV.

—le cas où il y a paru le courant permanent à cause de court-circuit.

—le cas où il y a paru le courant instantané et il est bientôt disparu.

Fig. 8. Le nombre d'occurrence qu'il y a paru le courant dynamique.

perfectible, et à l'exception du courants instables qui ont seulement continués en quelques secondes. Ce sera un phénomène particulier que le papier du câble a assez bien des chances où le courant instantané se passe.

(iii) L'examen de l'étoffe vernie.

Fig. 9 indique le pourcentage du courant permanent au cas où un seul coup d'impulsion a conduit le courant permanent. Les échantillons étaient les étoffes vernies ayant 0.18mm d'épaisseur:— l'une était jaune, l'autre noire. La force

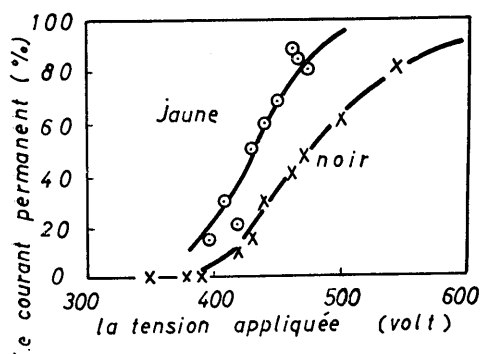


Fig. 9. Le pourcentage d'occurrence pour le courant permanent sur un seule coup d'impulsion.

La force ultime d'étoffe noire est plus haute que l'étoffe jaune. La force de ces échantillons a plus de durabilité que 1000V à la seule application de la tension alternative, mais elle se réduit plus que 1/2 par un coup d'impulsion. Nous avons comparé deux cas; l'un est le cas où l'échantillon s'est rompu par un premier coup d'impulsion l'autre par quelques coups. On peut trouver par cette expérience qu'il y a la différence grandissante entre les courbes de la première fois et de la dixième fois. La force ultime va se déprécier par quelques fois d'applications. Fig. 10 indique la même expérience de papiers du câble. Le courant instable est indiqué par un pointillé, et ici il est plus grand que dans l'autre cas.

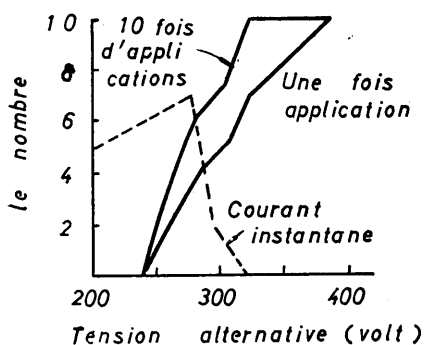


Fig. 10. Le nombre de destruction au cas de papier de câble.

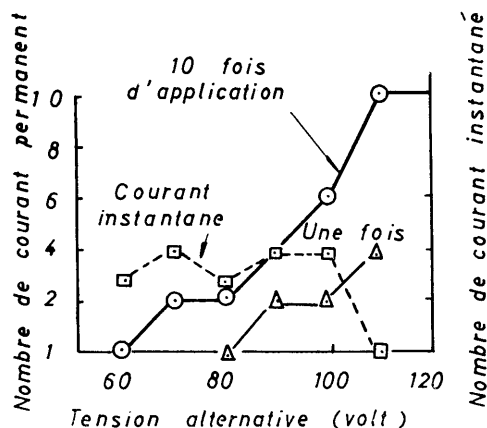


Fig. 11. Le nombre de destruction au cas de le mica flexible.

(iv) L'examen du mica flexible.

Nous éprouvons dans l'air les micas flexibles de 0.25mm d'épaisseur.

Fig. 11 a pour but de comparer deux cas:— l'un est le cas où il s'est passé la destruction par la premier coup, l'autre par quelques coups.

Dans les deux cas, l'impulsion appliquée était tous celle de 8.3kV.

Le resultat a la même tendance que dans le cas de papier du câble et de l'étoffe vernie, mais le mica utilisé dans l'air, sa force ultime se déprécie plus que celle de deux autres. Le courant instable qui est montré par le pointillé augmente aussi que dans le cas du papier du câble.

Fig. 12 montre le domaine du courant instable qui se produit entre le domaine du courant stable et celui dans lequel le courant n'apparaît jamais.

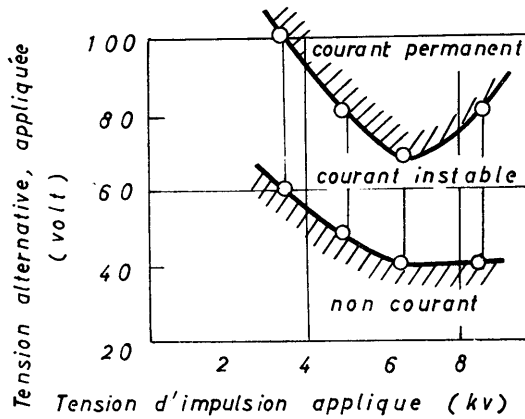


Fig. 12. La représentation de trois catégories :— un courant permanent, un courant instable et non courant.

(v) L'examen du mica naturel.

Ces échantillons ne contiennent rien de matière organique. Nous prenons la matière inorganique pour la comparer à l'organique. Dans ces expériences, nous avons pu trouver qu'il n'y existe que trois type de courants :—(a), (b) et (f) dans Fig. 7, et qu'il n'y a pas de cas du courant instable tel que dans les types (c), (d) et (e). Fig. 13 indique deux cas ; l'un où il s'y passait le rompement par un seul coup d'impulsion, et l'autre par quelques coups. La tension alternative en cas que

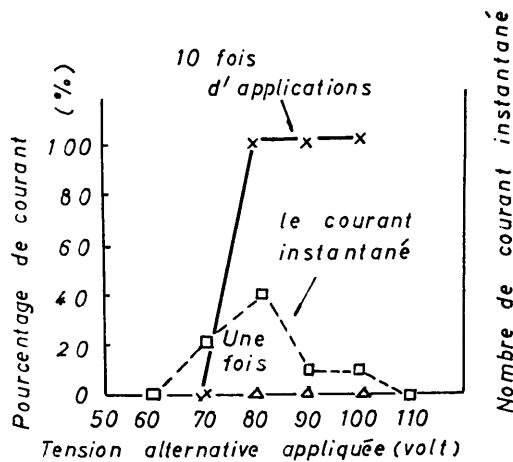


Fig. 13. Le nombre d'occurrence qu'il y apparu le courant permanent ou le courant instantané.
l'éprouvette :— le mica naturel.
l'impulsion applique :— 13kV dans l'air.

le courant dynamique apparaisse par un coup d'impulsion est plus grand que dans le cas par quelques coups. Le cas n'est pas de même que celui du mica flexible qui a de la matière organique à la part. Il sera difficile de produire le courant dynamique sans que le dommage sur le mica naturel s'agrandisse jusqu'à une certaine étendue.

(iv) L'expression du courant dynamique par l'oscillographe électromagnétique.

Fig. 14 expose par oscillogramme les aspects des courants dynamiques dans les

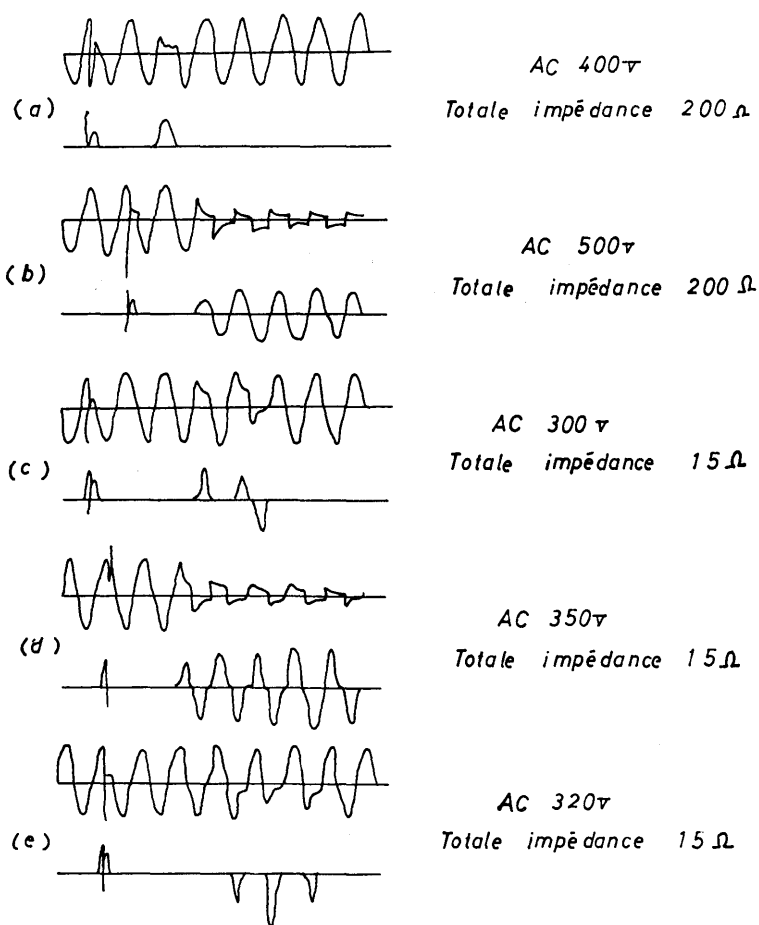


Fig. 14. L'apparence du courant dynamique après l'impulsion de 21.0kV est passée.

échantillons de papier du câble. (a) indique le cas où, après avoir été passé 2 cycles, il a apparu un courant instantané qui s'est suivi pendant 0.5 cycle et qui a perdu à la fin. (b) indique le cas :— dès que l'on leur a donné un coup d'impulsion, un courant dynamique est apparu pendant 0.5 cycle et il y est apparu encore un courant après s'être reposé pendant 1.5 cycles. (c) indique le cas où il y est apparu souvent

des courants instantanés avec quelques repos. (d) indique le cas où un courant permanent est apparu après s'être reposé pendant 2 cycles, mais il n'y avait rien de courant au moment d'appliquer une tension impulsive. (e) indique le cas où les courants instantanés ayant un temps de 0.5 cycle sont apparus souvent. Les courants ont généralement un aspect complexe, et il est clair qu'ils ont une signature d'arc. Il va sans dire qu'il y avait bien des cas où le courant permanent est apparu au début.

IV. Le courant instable

(i) Son domaine.

Par suite de divers faits que nous avons examinés jusqu'à présent, on pourra estimer qu'il y a un certain domaine entre deux lignes limitées:— l'une montre le cas où le courant permanent apparaît sans doute, l'autre le cas où il n'y a jamais de courant dynamique. Table 4 indique ce domaine mentionné à Fig. 7 (c) où il existe le courant intermittent qui est instable et s'éteint à la fin.

Table 4. La Domaine de courant instable.

sorte	Tension impulsive (kV)	Domaine (V)
Dans l'huile isolante;		
Etoffe vernie (jaune) 0.18mm	7	380 ~ 480
Etoffe vernie (jaune) 0.25mm	11.2	480 ~ 740
Etoffe vernie (jaune) 0.25mm	14.0	360 ~ 760
Dans l'huile du câble	18	300 ~ 350
Papier de câble 0.15mm	21.2	300 ~ 380
	24	300 ~ 380
Dans l'atmosphère	5	50 ~ 80
Mica flexible 0.25mm	8.3	40 ~ 80
Dans l'atmosphère	10	70 ~ 100
Mica naturel 0.19mm		

Si l'isolation de la machine est toujours pressée par la tension alternative quel valeur est situé au-dessous de ce domaine, il n'y apparaîtrait rien de courant, bien qu'il y ait l'occasion où une incertaine tension anormale a attaqué la machine. Alors la machine pourra maintenir sa sécurité, quoique son isolation ait du dommage. Au contraire de cela, si la tension alternative sur l'isolation de la machine se situe au-dessus de ce domaine, il serait nécessaire de faire apparaître le courant permanent. Il va sans dire qu'ici il se passe une faute de la machine.

Si la machine a la tension alternative située dans ce domaine, nous pourrions

expliquer que l'isolation est en train de déprécier sa force ultime, car il y apparaît souvent le courant instantané à l'occasion de l'attaquer par l'impulsion et ce courant dynamique détériore graduellement l'isolation.

(ii) Relation entre la force ultime dans l'air et l'épaisseur d'échantillons.

Fig. 15 indique la relation entre la force ultime de l'isolation ayant du dommage dans l'air et l'épaisseur des isolations. Les échantillons étaient les cartons isolants.

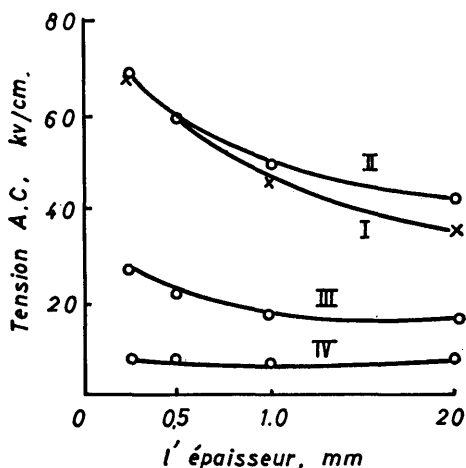


Fig. 15. Relation entre les tensions rompus et les épaisseurs d'échantillons.

La courbe I indique la tension rompre sur les échantillons détériorés par la seule application de la tension alternative. La courbe II indique les valeurs des tension rompues au vide de même longueur que la perforation sur l'échantillon. Elles sont obtenues dans le champ homogène établi par deux électrodes de plaques.

Cettes deux courbes s'unissent, mais il y a quelque différence dans un rang de plus grand épaisseur. Les courbes III et IV sont le cas où nous avons superposé le tension d'impulsion sur la tension alternative.

La courbe III montre la cas où il apparaît le courant permanent et la courbe IV le cas où il n'y apparaît pas de courant dynamique. Dans le domaine entre deux lignes, nous pourrions espérer l'appropriation du courant instable. Il faut faire attention au fait que la courbe IV a la caractère de la ligne droite et qu'elle est indépendante de l'épaisseur.

(iii) Relation entre la résistance isolante et le nombre de fois du courant conduit.

Il s'agit de trouver la raison par laquelle le courant instable apparaît aussi longtemps qu'il se suivit souvent jusqu'à dix secondes. Nous avons porté de prime abord notre attention sur quelques faits : — l'un en est l'existence des particules de charbon produites par brûlement de la matière organique, l'autre est la génération de la pression de gaz dans le lieu de perforation. Alors, nous avons examiné la

variation de la résistance isolante par le nombre de fois du courant conduit dans le lieu de perforation. Fig. 16 est ce résultat. L'étoffe vernie (jaune) déprécie un peu sa résistance isolante dans l'air, après 80 fois, mais elle la déprécie rapidement dans l'huile après 10 fois. La valeur se déprécie à 1/1000 de la première. Cependant le mica naturel et le mica flexible tiennent la même valeur dans toutes les expériences.

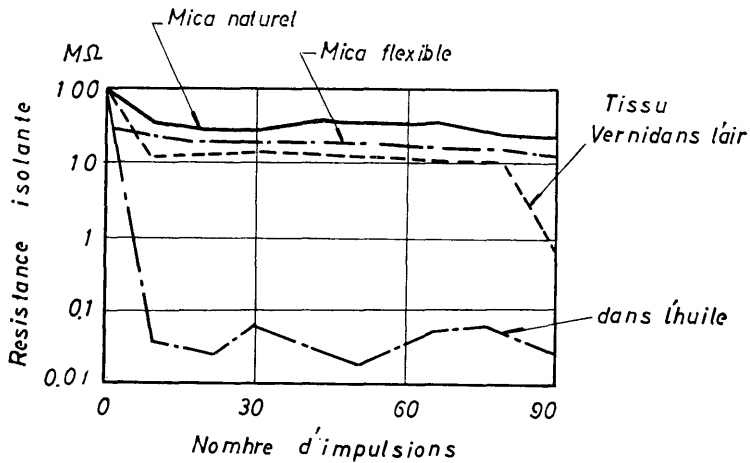


Fig. 16. Variations de la résistance isolante.

Bibliographies

1. M. Mori, H. Amano : Les caractères de l'isolation résiduelle, L'Electricien, Sep. 1962
2. H. Amano : Transaction of 1956 Annual joint Convention of three Electrical Institute of Japan No. 336.
3. H. Amano : Transaction of 1960 Annual joint Convention of four Electrical Institute of Japan No. 112.