Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 19 (1928)

Heft: 11

Artikel: De la nécessité d'une résistance de choc dans les interrupteurs à huile

Autor: Marchand, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060558

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dieser Tarif wurde in Arbon, neben den bisherigen, fakultativ eingeführt. Als Strombegrenzer haben sich auf Grund von längeren Versuchen zwei Modelle als brauchbar erwiesen, darunter ein ausländisches. Für die Verwendung schied jedoch das letztere wegen allzuhoher Anschaffungskosten aus.

De la nécessité d'une résistance de choc dans les interrupteurs à huile.

Par *R. Marchand,* ingénieur, *Belfort.*

621.319.8:621.317.35

L'amélioration des phénomènes transitoires par l'introduction d'une résistance de mise sous tension au moment du branchement d'un transformateur à vide et avec secondaire ouvert est incontestable. Cependant, vu les inconvénients de l'introduction d'une telle résistance dans les interrupteurs à huile: risque d'explosion accrû, augmentation d'encombrement et de prix, et étant donné le fait (voir l'expérience américaine) que les phénomènes transitoires dûs au branchement d'un transformateur sont tels qu'ils peuvent être supportés par des appareils modernes, l'auteur est d'avis qu'il est possible de supprimer les résistances de choc dans la plupart des cas, sans entraver la sécurité de l'installation. En effet il n'envisage pas l'emploi de telles résistances pour tout transformateur n'étant pas manœuvré journellement. Pour les transformateurs qui sont très souvent branchés et débranchés du réseau (au moins une fois par jour), il pourrait être prudent, dans des cas spéciaux, de munir le disjoncteur d'une résistance de mise sous tension.

Die Verbesserungen der Einschaltvorgänge, die bei einem unbelasteten Transformator durch das Unterspannungsetzen über einen Widerstand erzielt werden können, sind unbestreitbar. Doch bringt der Einbau solcher Widerstände in Oelschalter auch Uebelstände mit sich: grössere Explosionsgefahr, Vergrösserung der Schalter und damit Verteuerung. Von der Forderung ausgehend (siehe die amerikanische Erfahrung), dass die heutigen Apparate die durch das Einschalten eines Transformators hervorgerufenen Vorgänge ohne Schaden ertragen sollen, glaubt der Verfasser, dass in den meisten Fällen die Widerstände weggelassen werden können, ohne dass dadurch die Anlage gefährdet wird. Bei Transformatoren, die nicht täglich geschaltet werden, ist die Anwendung von solchen Widerständen nicht nötig. Bei andern, die sehr oft einem Netze zugeschaltet oder von diesem abgeschaltet werden (mindestens einmal im Tag), kann es in gewissen Fällen angezeigt sein, die Schalter mit einem Widerstand auszurüsten.

Une des questions les plus controversées est certainement celle de la nécessité de l'emploi des interrupteurs à huile combinés avec une résistance auxiliaire, dite de choc. Bien qu'on admette généralement qu'une telle résistance soit efficace pour atténuer les phénomènes de surintensité et de surtension qu'occasionnent les opérations, même normales, on n'est pas d'accord quant à *son degré de valeur* et quant aux *dimensions à donner aux résistances.*

D'abord son degré de valeur: la pratique américaine ne préconise pas du tout l'emploi des interrupteurs à huile ayant une résistance de choc et nous pouvons prétendre qu'elle ne s'en trouve pas plus mal. D'autre part, ces résistances étaient encore tout récemment la cause indirecte de très graves explosions d'interrupteurs, au point d'impressionner même les plus fervents promoteurs.[1]) Cependant l'emploi des résistances auxiliaires (de choc ou de mise sous tension) dans les interrupteurs à huile s'est généralisé ces dernières années, dans beaucoup d'installations, dans tous les pays d'Europe.

Au sujet du dimensionnement de telles résistances, plusieurs formules ont été proposées par différents auteurs; heureusement l'efficacité est conservée pour une grande variation de la résistance. Toutefois il est important au point de vue du dimensionnement de l'interrupteur, c'est-à-dire de sa cuve, de choisir une résistance donnant le minimum d'énergie calorifique, donc pour un minimum de courant.

Nous ne nous occuperons pas, dans ce qui va suivre, des résistances ayant pour but de faciliter la coupure des courants intenses de court-circuit: d'ailleurs ce n'est qu'une solution très exceptionnelle pour éviter le remplacement d'un appareil trop faible par un autre appareil ayant un pouvoir de coupure plus grand.

[1]) Voir E.T.Z. 1925, p. 1529 et 1562.

La présente étude a pour but:

1⁰ de démontrer l'influence de la chute ohmique sur l'à-coup de courant à l'enclenchement d'un transformateur,

2⁰ de voir l'utilité d'une résistance de choc comme moyen préventif contre les surtensions,

3⁰ de limiter l'emploi des résistances de choc.

1⁰ Les à-coups de courant à l'enclenchement.

Lorsqu'on branche un transformateur sur un réseau déjà sous tension, il peut se produire un à-coup de courant qui surpasse de beaucoup le courant magnétisant. Les phénomènes transitoires qui se produisent au moment de l'enclenchement sont différents, suivant qu'il s'agit d'une fermeture du primaire avec secondaire ouvert, fermé ou en court-circuit. Les études de ces phénomènes sont déjà devenues classiques et nous n'insisterons pas. Nous nous bornerons à en déduire l'influence de la résistance ohmique sur les à-coups d'enclenchement d'un transformateur ayant son secondaire ouvert. On sait qu'au moment de la fermeture du circuit, le flux ne s'établit pas instantanément: il prend des valeurs transitoires dues aux phénomènes de saturation et d'hystérésis. Si l'on ferme le circuit au moment précis où la différence de potentiel est nulle, à cet instant le courant est nul, et en admettant qu'il n'y ait pas de flux rémanent, $\Phi = 0$ également. Mais, comme il faut toujours que la variation de flux contre-balance la différence de potentiel appliquée, le flux devra suivre une loi telle qu'après une demi-période il ait varié de $2\,\Phi_{max}$, donc pris la valeur $2\,\Phi_{max}$, puisqu'il est parti de zéro. Dans la deuxième demi-période, on doit avoir une variation de flux $-2\,\Phi_{max}$, ce qui ramène le flux et le courant absorbé à zéro après une période complète. Et ainsi de suite, le flux restant toujours de même sens, et le courant magnétisant étant du courant redressé de même sens.

On a à chaque instant:

$$-n\frac{d\Phi}{dt} = E\sin(\omega t)$$

et par intégration:

$$\Phi = \Phi_1 \cos \omega t + C.$$

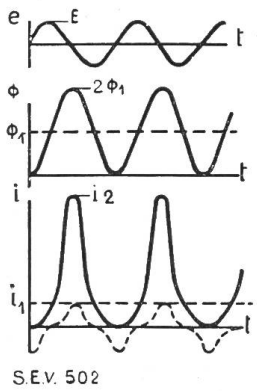


Fig. 1.

Pour notre cas où nous faisons abstraction du flux rémanent, donc $\Phi o = 0$, la constante d'intégration C devient Φ_1 et on aura

$$\Phi = \Phi_1 (1 - \cos \omega t)$$

la fig. 1 représente la variation de la tension et du flux suivant la loi exprimée par ces formules.

Mais ceci n'a lieu que si la résistance est nulle, ce qui n'est jamais le cas. Alors la force électromotrice n'est pas juste égale à la différence de potentiel appliquée, elle en diffère de RI.

On aura donc

$$RI + 10^{-8}\, n\, q \frac{dB}{dt} = E\sin(\omega t + C)$$

La solution de cette équation différentielle est difficile du fait que le cœfficient de self-induction n'est pas constant, car la perméabilité du fer varie avec l'induction; de plus, à cause de l'hystérésis, la valeur du flux n'est même pas constante pour un même nombre d'ampères-tours magnétisants, donc le courant I et l'induction B ne sont liés par aucune relation linéaire. Pour arriver néanmoins à une solution donnant des résultats pratiquement justes, Rogowski[2]) remplace la courbe

[2]) Voir A. f. E. I. p. 344.

de magnétisation par trois droites et calcule ensuite l'influence de la chute ohmique dont la valeur est ramenée à la première partie de ces droites (voir fig. 2).

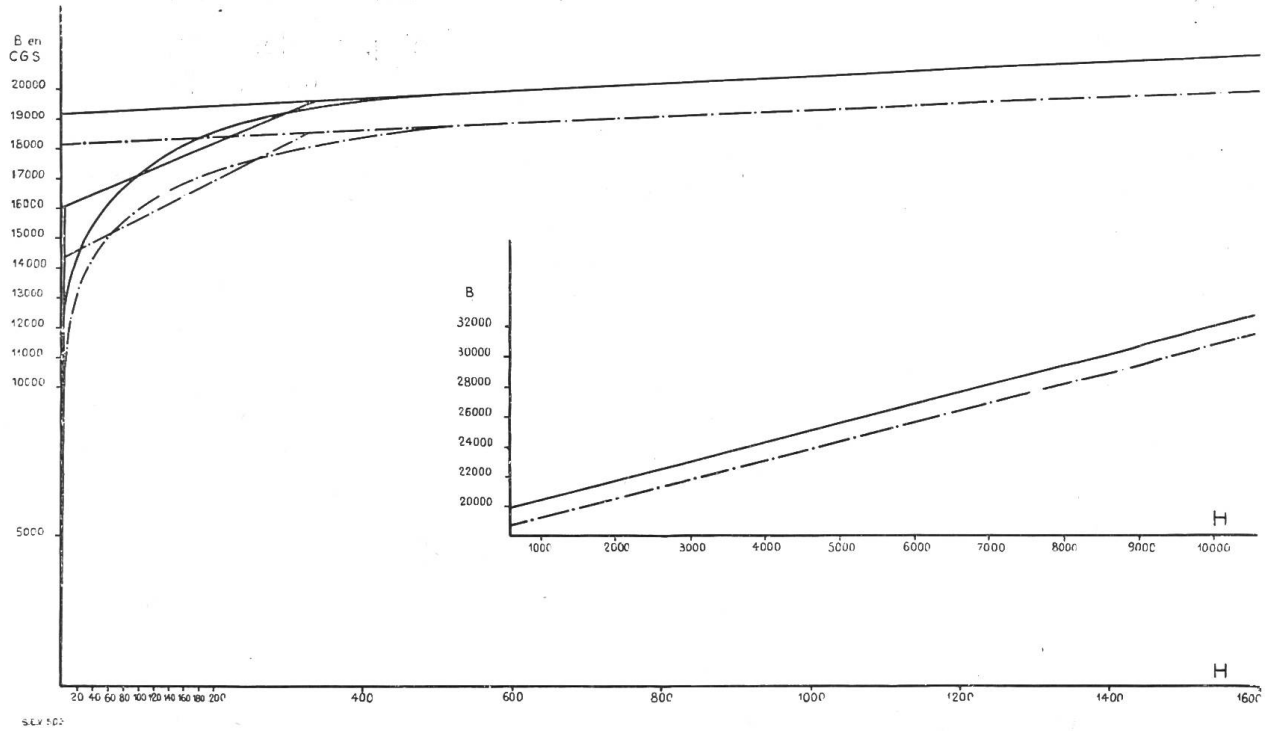


Fig. 2.

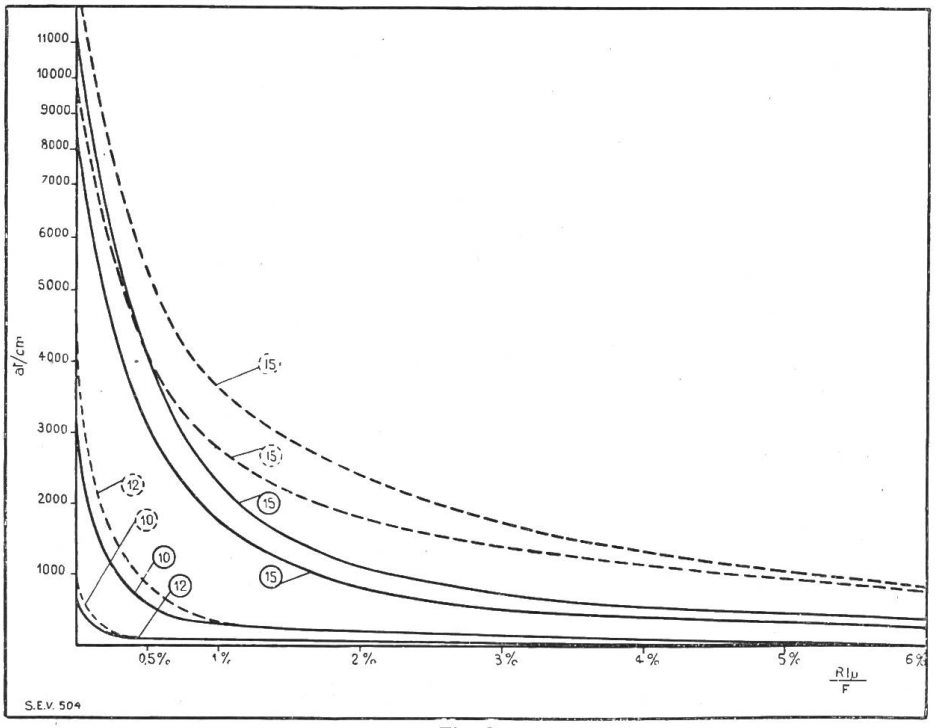


Fig. 3.
Variation des at/cm en fonction de la résistance ohmique.
Pour B = 10000 CGS sans magnétisation rémanente —at/cm normaux = 4
12000 CGS sans magnétisation rémanente —at/cm normaux = 8—12
15000 CGS sans magnétisation rémanente —at/cm normaux = 34—64
et 15000 CGS avec induction rémanente —at/cm normaux = 34—64
de 5000 CGS.

Remarque: Les valeurs $\frac{R I \mu}{E}$ sont rapportées à la courbe de magnétisation.

En appliquant cette méthode et en introduisant le cœfficient de correction nécessaire pour tenir compte des amp. tours/cm d'après la courbe de magnétisation,

nous avons calculé et tracé dans la fig. 3 les courbes des à-coups de courant en amp. tours/cm en fonction de $\frac{RI}{E}$ en pour cent, pour différentes valeurs d'induction normale, sans et avec une induction rémanente, et pour deux qualités différentes de tôle. On voit que cette dernière intervient dans une proportion plus grande que le flux rémanent.

Il va de soi qu'une très bonne perméabilité de la tôle employée a pour conséquence une diminution appréciable de l'à-coup de courant. La fig. 4 montre le rapport $\frac{\text{à-coup de courant } I_{max}}{\text{courant magnétisant } I\mu}$ en fonction de la chute ohmique. Il est intéressant de constater que ce rapport de courants peut être beaucoup plus grand pour des inductions moyennes, par exemple 12000 gauss, que pour les inductions très fortes, par exemple 15000 gauss. Ceci est dû à la grande augmentation de courant magnétisant pour des valeurs d'induction se trouvant déjà dans la partie du coude, ou même au-dessus, de la courbe de magnétisation, tandis que la variation de l'induction est presque la même pour les différentes valeurs de l'induction efficace, comme il ressort d'ailleurs de la fig. 3. La plus grand variation de B est obtenue pour une faible induction efficace. Mais les courbes des surintensités données dans cette même figure mettent un autre résultat en évidence, confirmant pleinement les conclusions de Linke [3]), de Rogowski [4]) et de Rüdenberg [5]), c'est-à-dire *qu'il suffit d'une faible résistance ohmique totale pour maintenir l'à-coup de courant à une valeur de 10 à 15 fois environ le courant magnétisant.* En effet, il suffit de réaliser une chute ohmique de 3 % seulement, et cela pour toutes les inductions, même jusqu'à 15000 gauss inclusivement. C'est dans cette constatation que réside l'intérêt pratique et important des recherches et études signalées. S'il est donc possible de limiter par une résistance ohmique totale l'à-coup de courant au moment de l'enclenchement du primaire d'un transformateur ayant son secondaire ouvert, il n'y a pas lieu de recourir à des résistances de choc absorbant un courant plus grand que le courant magnétisant. T. D. Yensen [6]), par exemple, préconise une résistance calculée d'après la formule:

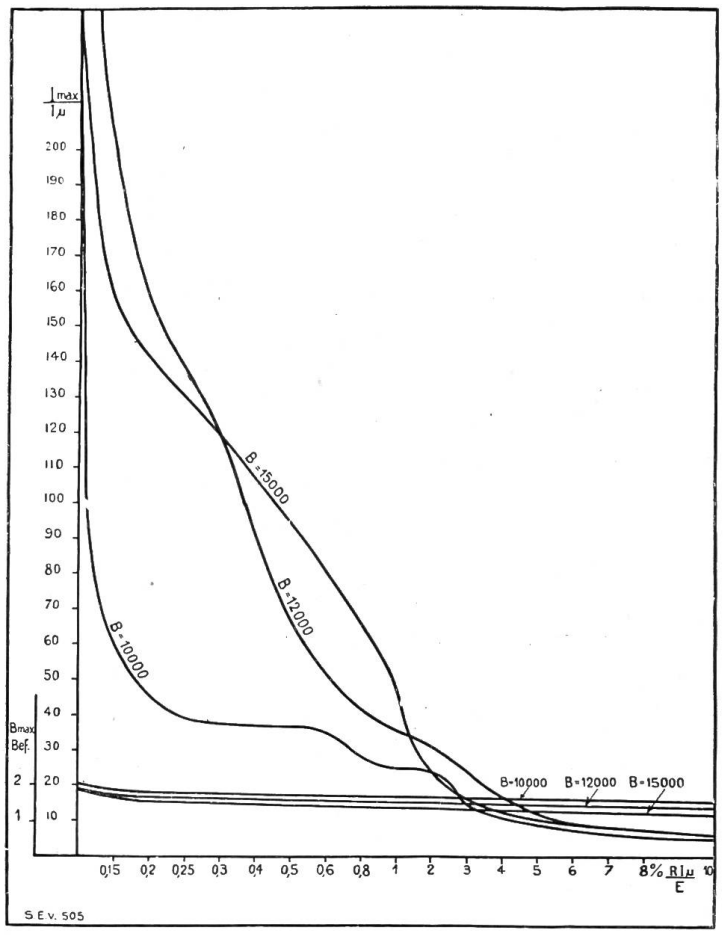


Fig. 4.
Variation de l'à-coup de courant en fonction de la chute ohmique.
Pour B = 10000 CGS sans magnétisation rémanente – at/cm normaux = 4
12000 CGS sans magnétisation rémanente – at/cm normaux = 8
15000 CGS sans magnétisation rémanente – at/cm normaux = 34

[3]) Voir A. f. E. I. p. 16 et 163.
[4]) Voir loc. cit.
[5]) Voir „Elektrische Schaltvorgänge" 1923.
[6]) Voir E. T. Z. 1912, p. 1001.

$$R = \frac{{}^1/_2 E}{I\mu}.$$

Cependant, comme la résistance ne reste que quelques périodes dans le circuit et que son volume n'est déterminé que par sa capacité calorifique ou plus simplement par les RI^2, on a tout intérêt à limiter le courant à une valeur minimum. La formule qui découle du fait qu'une chute ohmique de 3 % réduit suffisamment les à-coups de courant est la suivante:

$$R = k \frac{E}{I\mu}$$

où k est un facteur variant de 0,9 à 0,2 environ, suivant l'importance de la valeur de $I\mu$ en pour cent du courant normal, et en considérant que cette valeur se maintient pratiquement entre 3,5 % et 15 %.

L'à-coup de courant, dans ces conditions, ne dépassera jamais 1,5 fois le courant normal pour des transformateurs de moyenne ou de forte puissance et ne dépassera pas, non plus, 3 fois le courant normal pour les petits et tout petits transformateurs. La formule ci-dessus donnera donc encore un résultat satisfaisant en prenant pour k une valeur moyenne; nous pouvons donc écrire:

$$R = 0{,}6 \frac{E}{I\mu}.$$

2^0 Les surtensions dues aux enclenchements ou aux déclenchements.

C'est un fait connu que les surtensions les plus importantes ne se manifestent pas au moment de l'enclenchement mais bien au déclenchement d'un transformateur, d'une ligne, etc. Lorsqu'on ferme un circuit, il y a une période transitoire qui n'a d'ailleurs guère d'importance au point de vue des surtensions, si les circuits ne contiennent que de la résistance et de l'inductance: si par contre il y a de la capacité, l'énergie peut alors passer successivement de la forme accumulée dans un condensateur à celle accumulée dans une self-induction, déterminant la formation de surtensions qui ne peuvent atteindre cependant qu'une valeur de l'ordre du double de la tension du réseau (sauf résonance d'un harmonique de la tension appliquée). Les surtensions à l'ouverture peuvent atteindre des valeurs allant jusqu'à 4 fois la tension du réseau; elle sont dues surtout aux rallumages de l'arc dans les interrupteurs à huile, au moment de la rupture du courant à une valeur voisine de sa valeur maximum.

Ces surtensions dans le transformateur ont leur plus grande amplitude à l'entrée de l'enroulement; la répartition le long de celui-ci se fait pratiquement assez bien suivant les indications données par MM. Blume & Boyajian.[7])

Le temps d'enclenchement est normalement plus petit que celui qu'il faut pour la coupure, car l'arc se produit avant la fermeture des contacts, tout au moins pour les hautes tensions. Par contre des arcs grêles se coupant brusquement ou se rallumant se produiront toujours au déclenchement de longues lignes ouvertes et il y a production d'ondes à front raide. Les réseaux de câbles à haute tension sont plus particulièrement soumis à des surtensions qui se produisent fréquemment dans la rupture des courants de capacité du réseau à vide, surtout quand il s'agit du dernier câble. On sait qu'une résistance ohmique appropriée amortit très efficacement ces ondes.

Supposons[8]) qu'on ait à brancher un transformateur Tr sur un câble déjà sous tension (fig. 5a). Le transformateur ayant une résistance caractéristique $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ beaucoup plus grande que le câble, il n'y aura qu'une très faible réflexion d'onde, qui peut se déterminer par:

[7]) Voir Proceedings of the A. I. E. E. XXXVII, 1919, p. 211.
[8]) Voir Rüdenberg loc. cit.

$$e_{r1} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} E.$$

Admettons $Z_1 = 50$ et $Z_2 = 500$

$$\frac{e_{r1}}{E} = \frac{50}{50 + 500} = 9{,}1\,\%.$$

La chute de tension à l'extrémité du câble est petite.

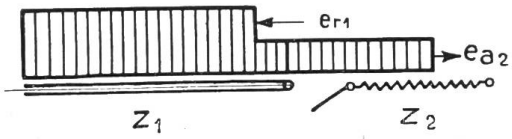
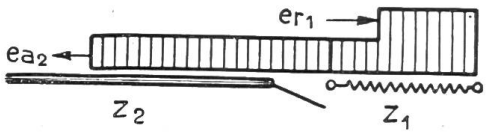


Fig. 5 a.



S.E.V. 506

Fig. 5 b.

Considérons maintenant le cas où un câble est branché sur un transformateur sous tension, fig. 5b.

Avec $Z_1 = 500$ et $Z_2 = 50$ on obtiendra:

$$\frac{e_{v2}}{E} = \frac{50}{500 + 50} = 9{,}1\,\%$$

et

$$\frac{e_{v1}}{E} = \frac{500}{500 + 50} = 91\,\%$$

c'est-à-dire qu'on aura l'inverse du cas précédent. Le branchement du câble revient presque à une mise en court-circuit du transformateur. Admettons maintenant qu'on fasse la même manœuvre avec un interrupteur possédant une résistance supplémentaire. On voit tout de suite que, pour être efficace, sa résistance doit être au moins égale à la somme des résistances caractéristiques du câble et du transformateur. Nous calculions précédemment qu'une surtension de 91 % de la tension normale se produisait en supposant la résistance ohmique égale à zéro. Or, avec une résistance auxiliaire de 2000 Ω par exemple, on réduira la surtension à $\frac{500}{500 + 50 + 2000} = 20\,\%$ de la tension normale.

La valeur ou le choix de la résistance ohmique est déterminée par la nécessité d'éviter de créer des surtensions dangereuses au moment de court-circuiter la résistance. Si l'on veut avoir le même à-coup de tension pour les deux positions de l'interrupteur, on aura

$$\frac{E}{Z_1 + Z_2 + R} = \frac{RI\mu}{Z_1 + Z_2}$$

ou

$$R^2 + R(Z_1 + Z_2) = \frac{E}{I\mu}(Z_1 + Z_2)$$

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

d'où on tire:

$$R = -\frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1 + Z_2}{2}\right)^2 + \frac{E}{I\mu}(Z_1 + Z_2)}.$$

Pour des installations à très haute tension le terme $\left(\frac{Z_1 + Z_2}{2}\right)^2$ est très petit par rapport à $\frac{E}{I\mu}$, on le négligera et on obtiendra la formule simple:

$$R = \sqrt{\frac{E}{I\mu}(Z_1 + Z_2)}.$$

Exemple: Un transformateur triphasé de 6000 kVA, 5500/16500 V, dont $Z_2 = 1000$, $I\mu = 22{,}5$ A, branché sur un câble dont $Z_1 = 50$, devrait donc être muni d'une résistance auxiliaire de

$$R = \sqrt{\frac{5500}{22{,}5}(1000 + 50)} = 500\ \Omega.$$

Un transformateur triphasé de 20000 kVA, 40000/120000 V, 50 per./sec dont: $I\mu = 38$ A $Z_2 = 1200$, branché sur une ligne aérienne dont $Z_1 = 500$, devrait donc être muni d'une résistance auxiliaire de:

$$R = \sqrt{\frac{120000}{38}(1200 + 500)} = 2300\ \Omega,$$

ou plus approximativement:

$$R = 0{,}6\frac{E}{I\mu} = 0{,}6\frac{120000}{38} = 1900\ \Omega.$$

Comme la valeur de la résistance peut d'ailleurs varier dans d'assez larges limites[9]), sans qu'il en résulte de graves inconvénients, nous voyons qu'on peut très bien appliquer la même formule que pour la résistance destinée à adoucir l'à-coup d'intensité, soit:

$$R = k\frac{E}{I\mu}$$

où k sera de nouveau égal à 0,6.

3^0 Conditions d'emploi d'une résistance de choc.

Nous avons vu dans ce qui précède qu'une résistance ohmique calculée d'après la même formule améliorait les à-coups de courant au moment de l'enclenchement d'un transformateur, comme elle diminuait aussi les surtensions au moment de l'enclenchement ou du déclenchement du même appareil.

Les constructeurs allemands et suisses ont surtout généralisé l'emploi de telles résistances. Ainsi, elle est recommandée par le *V D E,* par exemple, pour tous les transformateurs pour lesquels le produit: kV $\times$ kVA = 10000 et pour tous les transformateurs d'une puissance de 100 kVA et d'une tension de 70000 V si la mise sous tension a lieu avec secondaire ouvert au moins une fois par jour.

Nous allons voir brièvement si l'application de cette règle est une nécessité.

Qu'elle ne peut pas constituer une nécessité absolue, ceci ressort déjà du fait que les Américains n'emploient pas de résistances de choc. Il va sans dire que les manœuvres effectuées sans cette résistance sont plutôt grossières, mais sont-elles nuisibles au bon fonctionnement du transformateur ou à la bonne conservation de ses isolants?

a) Les à-coups de courant.

L'exploitation moderne exige que tout gros transformateur puisse résister aux efforts dus à un court-circuit franc sur le secondaire, sous une tension d'alimentation normale. Cette condition est généralement acceptée par le constructeur. Or, ceci constitue un argument de tout premier ordre pour dire que la résistance de choc n'est pas nécessaire pour l'enclenchement des transformateurs qui ne sont destinés à être manœuvrés que très rarement: car l'à-coup de courant qui se produit au moment de l'enclenchement ne peut jamais dépasser une valeur égale à celle du court-circuit franc, côté secondaire. En effet, à cause de la saturation,

[9]) Voir R. G. E. 1926, t. XIX, p. 937: A propos d'essais effectués sur des interrupteurs à résistance de choc, par M. Mauduit.

le double flux ne peut être obtenu que moyennant un courant magnétisant fort intense, représentant un grand nombre de fois le courant magnétisant normal, comme nous l'avons déjà vu. Il en résulte des chutes *RI* très importantes: en même temps le flux hors du fer, qui n'est pas soumis à la saturation, devient lui-même assez considérable. On n'a donc pas double flux dans le fer d'une part, et d'autre part le flux de dispersion évite que l'à-coup dépasse la valeur de la surintensité en cas de court-circuit (le champ de dispersion dû à l'enroulement mis sous tension est plus grand que celui pour un transformateur dont le secondaire est fermé, car la réaction du courant secondaire n'existe pas: ce champ primaire produit un flux qui est proportionnel au courant). Mais toute autre inductance ou résistance ohmique provenant des lignes, des transformateurs ou des machines en amont du transformateur à brancher intervient aussi pour réduire l'à-coup de courant. Comme une chute ohmique de 1 % seulement (voir les courbes fig. 4) réduit déjà très notablement cet à-coup, on peut dire, sans courir un trop grand risque pour le transformateur, *qu'il n'est pas nécessaire que le branchement d'un transformateur à secondaire ouvert se fasse à deux temps au moyen d'une résistance de choc, si ce branchement ne se fait que rarement.*

Dans le cas d'une mise sous tension avec secondaire ouvert au moins 1 fois par jour, il est toutefois utile d'avoir recours au constructeur du transformateur en question. En effet, quoique les surintensités d'enclenchement soient moins dangereuses qu'un court-circuit franc, d'une part parce qu'elles sont généralement plus faibles et, d'autre part, parce qu'elles sont de durée très courte, des efforts répétés, non suivis de déplacement des enroulements, peuvent à la longue éventuellement briser les isolants, compromettre les calages et amener petit à petit des points faibles, puis la destruction de l'appareil. Ces efforts répétés deviennent incontestablement dangereux s'il y a un tassement non compensé des enroulements. Ce tassement peut être évité pratiquement soit par un traitement spécial des bobines, un montage et sèchage très soigné, soit par un calage spécial formant cadre autour des bobines et évitant toute pression sur celles-ci. Il est évident que, *dans ce dernier cas, on peut se passer d'une résistance de choc même si les manœuvres sont fréquentes et pour n'importe quelle puissance ou tension.*

Pour les transformateurs dépourvus d'un tel calage spécial, il est prudent de se réserver la décision pour chaque cas, à partir d'une puissance du transformateur de 1000 kVA environ et, bien entendu, seulement si le transformateur est destiné à être branché au moins 1 fois par jour par exemple. Pour tous les transformateurs d'une puissance plus petite et d'une haute tension inférieure à 40000 V par exemple, devant même être branchés très fréquemment, *on pourra se dispenser d'une résistance de choc* pour adoucir les à-coups de courant à l'enclenchement, à moins qu'un tel transformateur soit branché sur un réseau de très forte puissance et sans que le total des $\frac{RI}{E}$ soit plus grand que 0,5 %. Dans ce cas, il sera nécessaire de munir l'interrupteur à huile d'une résistance de choc appropriée, calculée à l'aide de la formule indiquée.

b) Les à-coups de tension.

Quoique la théorie le démontre, et que quelques cas rares de l'exploitation confirment que les surtensions au moment du déclenchement à vide d'un transformateur puissent atteindre des valeurs respectables, il est néanmoins un fait d'expérience que, le plus généralement, ces valeurs ne sont pas atteintes mais qu'elles restent, pour les inductions adoptées normalement, dans le voisinage de la valeur de la tension de régime. D'ailleurs les accidents qui peuvent être incontestablement attribués au déclenchement sont exceptionnels. Il est évident que cette question ne pourra être utilement résolue que par une analyse systématique des expériences et des observations des exploitants. Cependant, vu le bon résultat de l'expérience américaine avec les interrupteurs sans résistance de choc et étant

donné que ces surtensions par rapport à la terre et entre spires, en forme d'ondes à front raide, ne dépassent que très accidentellement une valeur qui est approximativement celle de la tension étoilée du réseau, tension à laquelle les transformateurs modernes devront pouvoir résister, nous n'hésitons pas à conclure que la résistance de choc *n'est pas nécessaire dans une installation moderne ayant des transformateurs bien conçus et soigneusement exécutés.* Pour des réseaux souterrains à haute tension, plus grande que 30000 V par exemple, il serait cependant prudent de conserver cette résistance.

Technische Mitteilungen. – Communications de nature technique.

Windungsschlussprüfer. 621.374.9

In jeder Wicklerei und Reparaturwerkstätte für elektrische Apparate und Maschinen liegt das Bedürfnis vor, die fertigen Spulen vor deren Einbau auf Windungsschluss zu prüfen. Die bisher hiefür angewandten Methoden waren teilweise nicht nur sehr umständlich und zeitraubend, sondern auch ziemlich unzuverlässig.

Die Firma Trüb, Täuber & Cie., Zürich 6, bringt seit Jahren einen Apparat auf den Markt, welcher gestattet, Spulen beliebiger Grösse rasch und zuverlässig auf Windungsschluss zu prüfen.

Wie Fig. 1 zeigt, besteht die Einrichtung aus der eigentlichen, in Form eines runden Stabes gebauten Prüfdrosselspule und einem damit in Verbindung stehenden, als Anzeigeinstrument dienenden Galvanometer. Die Prüfvorrichtung beruht auf dem Prinzip der Wechselstrombrücke; das Schaltungsschema ist in Fig. 2 wiedergegeben. Die vier paarweise übereinander, auf zwei Eisenkernen angeordneten Wicklungen W^1, W^2, W^3 und W^4 (siehe Fig. 2 unten) bilden die eigentliche Prüfdrosselspule, mit welcher die auf Windungsschluss zu untersuchenden Spulen magnetisch gekoppelt werden, und ergeben zusammen mit der Drehspule D des Galvanometers die Wechselstrombrücke, welche gemäss Fig. 2 mit der Feldspule F und dem Vorschaltwiderstand Rv an irgend eine Betriebsstromquelle angeschlossen wird. Als solche kann jedes Dreh-, bezw. Wechselstromnetz mit 100—220 Volt Spannung und Frequenzen von 40—60 Perioden Verwendung finden. Das Galvanometer ist keinen mechanischen Richtkräften unterworfen; es nimmt daher der bewegliche Teil desselben in ausgeschaltetem Zustande keine bestimmte Ruhelage ein. Die jeweilige Gleichgewichtslage ist einzig durch das Zusammenwirken der angeschlossenen und der in der Drehspule selbst induzierten Spannung bedingt.

Zur Vornahme einer Prüfung steckt man die unter Spannung stehende Prüfdrosselspule in den Hohlraum der zu untersuchenden Spule oder umgekehrt und bewegt das eine oder andere zwischen den auf dem Prüfstab mit a und b markierten Stellungen hin und her. Ist die Spule gut, so bleibt der Zeiger unbewegt über einem der mittleren Skalen-Teilstriche stehen; bei Windungsschluss dagegen pendelt er um die Nullage, und zwar mit der gleichen Geschwindigkeit, wie die Spule oder der Prüfstab bewegt wird. Dieses Pendeln entsteht durch den in den

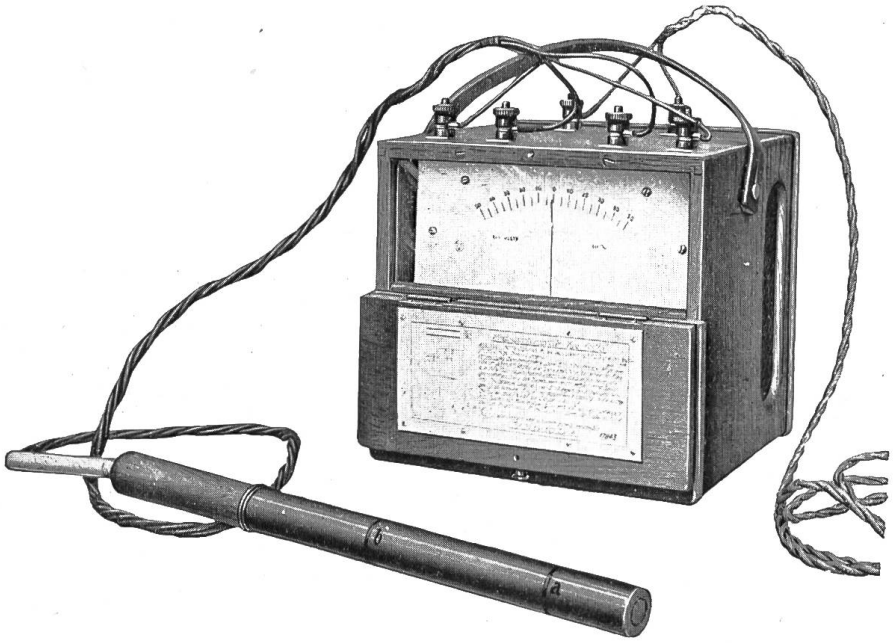


Fig. 1.