

A. LATOUR

**Essai en puissance des interrupteurs par tension
de rétablissement amplifiée**

Annales de l'université de Grenoble, tome 22 (1946), p. 47-64

http://www.numdam.org/item?id=AUG_1946__22__47_0

© Annales de l'université de Grenoble, 1946, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales de l'université de Grenoble » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

ESSAI EN PUISSANCE DES INTERRUPTEURS PAR TENSION DE RÉTABLISSEMENT AMPLIFIÉE

Conférence de M. A. LATOUR.

Ce n'est un secret pour personne que, depuis quelques années, les constructeurs de gros matériel électrique, les constructeurs de disjoncteurs en particulier, sont capables de réaliser des appareils dont le pouvoir de coupure dépasse considérablement les moyens d'essais. Pour ne prendre qu'un exemple qui me touche de très près, dans le cadre de notre établissement, 3 000 000 de K. V. A., c'est-à-dire 100 000 ampères à 17,5 kilovolts, ce n'est plus un projet, c'est devenu une réalité et pour des tensions plus élevées de l'ordre de 100, 200 kv, il est assez normal maintenant, sinon fréquent, d'entendre parler d'appareils de 4 000 000, de 5 000 000 de K. V. A.

Or, ceci pose évidemment un problème épineux étant donné que les plus puissantes stations d'essai pour interrupteurs ne dépassent guère, en Europe, 15 000 M. V. A. pour des tensions moyennes, c'est-à-dire des tensions de l'ordre de 11 à 15 kvolts, et je crois qu'aux États-Unis il y a des stations qui permettent, pour ces mêmes tensions, des puissances de l'ordre de 2 000 000 de K. V. A. Nous sommes encore loin des 4 ou 5 millions que peuvent revendiquer les appareils à très haute tension. Encore, quand je dis 2 000 000 de K. V. A. pour ces stations d'essai, cela s'entend pour un essai direct en branchant les interrupteurs à essayer directement sur les alternateurs, mais lorsqu'il s'agit de passer par des transformateurs élévateurs pour utiliser des tensions de l'ordre de 100 ou 200 kvolts, il faut compter avec les chutes de tension dans les transformateurs eux-mêmes et, à ce moment-là, les puissances d'essai sont considérablement réduites.

On est donc amené à envisager d'autres moyens que l'essai direct. Tout d'abord, il y a évidemment le calcul. Ces derniers temps,

dans la presse technique, nous avons vu pas mal d'exemples de calcul de disjoncteurs et, notamment de disjoncteurs à air comprimé.

Je ne dis pas de mal de cette méthode ; il m'arrive parfois de l'employer. Mais enfin, j'en demande pardon aux mathématiciens, on ne peut accorder une confiance complète au calcul et les plus beaux calculs ne tirent généralement d'affaire qu'à coups de coefficients expérimentaux. Et nous voici ramenés à l'expérience.

Il est vrai que l'on pourrait encore envisager de faire des essais directs, grâce à la collaboration des exploitants et des constructeurs : les constructeurs pourraient dire aux exploitants : « Eh bien, Messieurs, puisque vous n'avez pas confiance dans nos calculs, veuillez avoir l'obligeance de mettre à notre disposition, pour faire nos essais, un de vos super-réseaux ou une de vos super-centrales » et puis pour monter tous les alternateurs en parallèle on ferait, là-dessus, des courts-circuits formidables.

Je ne sais pas si cette proposition aurait du succès auprès des exploitants, car ceux-ci ont autre chose à faire que de faire des essais. Ce n'est pas non plus de gaieté de cœur que l'on envisage les risques qu'entraîne un tel essai. Les Américains l'ont fait quelquefois. Il faut le reconnaître nous-mêmes, dans des cas particuliers, il peut nous arriver de bénéficier d'une pareille aubaine ; mais cela n'est pas quelque chose de courant et, surtout, il faut bien se dire que le constructeur a besoin de faire, à tout moment, des essais qui peuvent être nécessaires pour mettre au point un appareil et ce n'est pas en exploitation que ces choses-là pourront se rencontrer.

On en vient donc à étudier d'autres moyens. Il y en a un, le premier, qui donne de bons résultats et qui a été employé par la plupart des constructeurs français et étrangers : il consiste à construire l'interrupteur par la mise en série de plusieurs interrupteurs élémentaires, ceci surtout pour les très hautes tensions. Et, il est évident, qu'à la condition de prendre des dispositions particulières pour assurer une répartition du potentiel exact sur chacun des éléments de l'appareil de coupure, chacun des éléments travaille dans des conditions de tension normale et la puissance de l'interrupteur ainsi constitué est effectivement la somme des puissances élémentaires des interrupteurs qui les constituent.

Cette méthode, moyen de construction, semble avoir donné auprès des exploitants de bons résultats ; il ne semble pas que l'on s'en plaigne. Mais cependant, on peut lui faire quelques critiques : elle n'est pas à l'abri de tout reproche. En particulier, on peut se

demander si en charge cette répartition de potentiel va bien se conserver. On arrive à faire une répartition de potentiel correcte à vide, au moyen de condensateurs branchés ou de résistances branchées en parallèle avec les éléments de l'interrupteur.

Mais, en charge, je veux dire au moment où l'arc de rupture s'éteint, est-ce que chacun des arcs élémentaires a exactement la même caractéristique ?

Vous savez qu'au moment de l'extinction de l'arc, la résistance de celui-ci croît et tend vers l'infini, pour laisser apparaître la tension de rétablissement; est-il bien certain que cette loi de variation de résistance est identiquement la même pour tous les arcs élémentaires de l'interrupteur ? Ceci devrait être démontré, ce n'est pas évident.

On peut également se demander si chacun des éléments de l'interrupteur est, au point de vue de l'agent déionisant qui l'alimente, alimenté de la même façon que tous les autres, en particulier dans le disjoncteur pneumatique. La source déionisante, c'est-à-dire le conduit d'amenée d'air comprimé ne peut pas être disposée symétriquement par rapport à tous les éléments. Il se trouve évidemment des éléments de coupure qui sont plus loin de la source que d'autres.

Et rien ne dit que l'alimentation en agent déionisant est la même pour tous. Il peut donc en résulter une certaine différence pour chaque élément et, dans ces conditions, il n'est pas certain que la puissance de l'interrupteur soit bien la somme des puissances élémentaires. D'autre part, il faut bien se dire que l'ensemble de tous ces éléments va être plus ou moins environné de gaz d'échappement ionisés.

Qu'est-ce qui nous dit que l'ensemble tiendra effectivement à la tension d'exploitation ?

Enfin, le plus grand reproche que l'on peut faire à cette méthode c'est qu'elle n'est pas applicable aux disjoncteurs de moyenne tension. Quand les difficultés de coupure proviennent de la tension élevée, il est très logique de diviser ces difficultés en divisant la tension et en les répartissant sur les éléments de l'interrupteur; mais lorsque les difficultés proviennent de l'intensité, lorsqu'il s'agit d'appareils à très grosse intensité de coupure, cette méthode ne servirait à rien. Il serait extrêmement dispendieux de vouloir construire un interrupteur à 15 kvolts par exemple, au moyen d'une mise en série d'interrupteurs élémentaires. Là, on est bien obligé de construire

l'interrupteur avec un seul élément. A ce moment, le problème de son essai se pose en entier.

On a donc cherché des moyens d'essai qui permettent d'augmenter la puissance des stations de recherches. Un premier moyen qui a été proposé et que nous avons nous-même utilisé (fig. 1) consiste à se servir des trois phases de l'alternateur. Prenons, par exemple, un disjoncteur D qui est alimenté par un alternateur G . Des inductances \mathcal{L} limitent le courant. L'interrupteur est normalement monophasé.

On voit bien, dans ces conditions, que les deux arcs de rupture

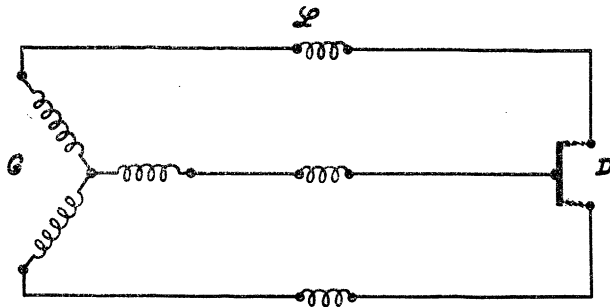


Fig. 1.

de l'interrupteur, lors de leur extinction, ne seraient soumis qu'à la tension composée donnée par l'alternateur.

En ajoutant la phase médiane de la figure 1, chaque arc travaille pour son propre compte et chaque arc va être soumis à la pleine tension composée. A priori, on peut dire ainsi, que l'on a doublé la puissance d'essai disponible.

Ce n'est pas tout à fait vrai. Car, dans la phase médiane, circule un courant qui est la composition de deux vecteurs à 120° . Par conséquent, le courant dans la phase médiane est plus intense que dans les deux phases extrêmes.

Il en résulte une chute de tension plus importante et, par conséquent, on ne peut pas compter avoir le double de tension, mais on aura quelque chose d'un peu inférieur causé par les chutes supplémentaires dans l'alternateur.

Cette méthode ne va pas très loin, elle ne permet même pas de doubler la puissance et n'est pas applicable à tous les interrupteurs. Elle ne convient que dans le cas où l'interrupteur possède une prise médiane ou tout au moins deux arcs en série dans le même réci-

piant. C'est le cas, par exemple, des interrupteurs à cuves séparées dans lesquelles il y a deux arcs en série. Mais alors on peut faire encore le reproche que chaque arc ne travaille pas exactement dans les conditions normales de l'essai monophasé, de l'essai normal auquel serait soumis l'interrupteur en exploitation. En effet, le courant dans chaque arc est décalé par rapport à l'autre et les contraintes mécaniques qui résultent de la décomposition de l'huile ne sont pas synchrones. Il en résulte que l'essai est quelque peu différent du fonctionnement en exploitation.

Une autre solution (fig. 2) consiste à faire l'essai de l'interrupteur sous tension réduite; on applique à l'interrupteur le courant qu'il est appelé à subir en exploitation, mais ce courant n'est engendré qu'avec une tension plus faible que la tension normale, par exemple le tiers de la tension normale. Cette méthode a été proposée notamment pour les disjoncteurs pneumatiques, à coupure shuntée par une résistance, mais j'avoue que je ne peux pas lui accorder beaucoup de crédit.

Voici en quoi elle consiste :

L'interrupteur est alimenté par un alternateur; le courant est limité à la valeur convenable par une inductance de réglage et, aux bornes de l'interrupteur se trouve montée une résistance convenable. On dit ceci :

Puisque c'est surtout la vitesse de rétablissement de tension qui conditionne le pouvoir de coupure de l'interrupteur, faisons en sorte que l'alternateur à basse tension qui va alimenter l'interrupteur ait dans son circuit la même vitesse de rétablissement de tension que celle que l'on trouverait dans l'essai direct de l'interrupteur.

Dans ces conditions, nous voudrions être certains que l'essai est probant : ce n'est pas si certain que cela.

Sur le graphique nous avons représenté par la courbe u_a la tension d'arc aux bornes de l'interrupteur.

Au moment où l'arc s'éteint, cette tension disparaît et elle fait place à la courbe u_r qui se confond au bout d'un certain temps avec la tension réduite donnée par l'alternateur.

Cette tension réduite est, par exemple, le tiers de la tension réelle qui existerait en exploitation. Toutes précautions ont été prises dans le circuit d'essai pour que la vitesse de rétablissement de la tension u_r à son origine, c'est-à-dire la tangente à l'origine de cette courbe, ait un coefficient angulaire $\frac{du}{dt}$ égal à celui qu'on trouverait au même

endroit sur la courbe U_r correspondant à la tension d'exploitation.

Nous faisons l'essai et nous constatons que l'interrupteur coupe. On pourrait alors penser que l'interrupteur est capable de couper la puissance désirée. En réalité il n'en est rien car le fait d'avoir une tension dont la vitesse de rétablissement est identique à celle que l'on trouverait en exploitation ne prouve pas que l'interrupteur sera capable de fournir le résultat attendu.

En effet, si nous considérons la courbe de régénération diélectrique

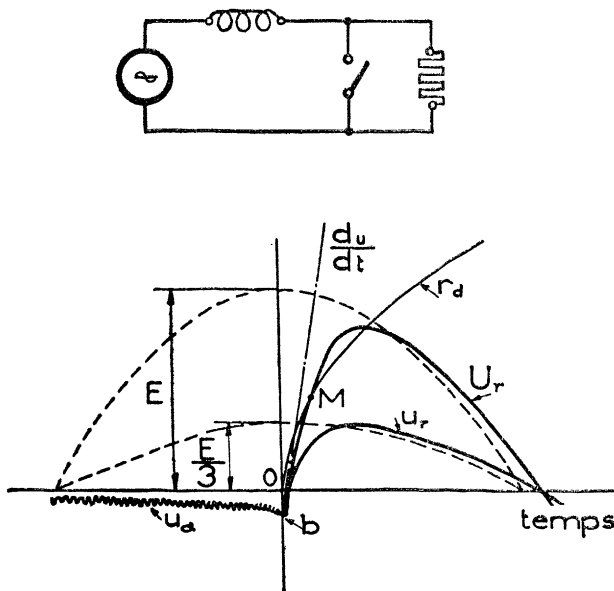


Fig. 2.

r_d de cet interrupteur, c'est-à-dire la rigidité diélectrique qui existe à chaque instant entre ses contacts après l'extinction de l'arc, nous voyons que cette courbe ne rencontre pas la courbe de rétablissement u_r tracée à la tension réduite $\frac{E}{3}$. Mais si on applique la pleine tension à l'interrupteur, la courbe u_r se transforme en une autre courbe semblable U_r qui a, bien entendu, le même coefficient angulaire à l'origine, la même tangente à l'origine que la courbe à basse tension. Mais nous voyons très bien que cette courbe peut couper au point M la courbe de régénération diélectrique de l'interrupteur. Cela veut dire que la tension qui est appliquée aux bornes

de l'interrupteur est plus élevée que ne peut le supporter la rigidité diélectrique du milieu compris entre les contacts. A ce moment-là, l'interrupteur est défailant.

Ceci montre que bien que nous ayons une vitesse de rétablissement de tension identique, il peut très bien se faire que l'essai à tension réduite indique que l'interrupteur est convenable et fonctionne bien. Mais, en réalité, il peut être défailant sous la pleine tension ; on ne peut pas, du moins pour le disjoncteur pneumatique, accorder un plein crédit à cette méthode d'essai.

Je sais fort bien qu'elle a été utilisée pour les disjoncteurs à volume d'huile réduit, et là, je suis bien d'avis qu'elle peut donner au constructeur des enseignements précieux parce que dans ce cas particulier, la courbe r_d est une fonction de l'intensité qui se développe dans l'interrupteur. Autrement dit, cette courbe est d'autant plus inclinée, d'autant plus proche de la verticale, que le courant est plus élevé.

Évidemment, dans ces conditions, on peut arriver à certaines conclusions de l'essai à tension réduite, mais cela n'empêche pas, cependant, que cet essai est critiquable en ce sens que l'on ne peut dire que l'on impose à l'interrupteur des contraintes diélectriques identiques à celles qu'il serait appelé à subir en exploitation.

On a donc imaginé d'autres solutions tendant à imposer à l'interrupteur des contraintes diélectriques semblables à celles de l'essai direct.

Je prends ici un exemple (fig. 3) qui a été proposé par le professeur BIERMANN et qui consiste à imposer à l'interrupteur, au moment de l'extinction de l'arc, une tension de choc. Voici en quoi consiste ce dispositif :

L'interrupteur à essayer D est alimenté par un alternateur G à travers les bobines d'inductances habituelles. Par conséquent, nous avons ici un circuit à courant fort qui comprend le générateur G, les inductances \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 et l'interrupteur D. La tension réduite donnée par le générateur G sert ainsi à alimenter l'arc de rupture aux bornes de l'interrupteur. Nous disposons, en plus, d'un circuit à haute tension. Celui-ci est alimenté par la phase laissée libre sur le générateur. La tension de celle-ci est élevée à la valeur convenable par un transformateur élévateur T. Au moyen de résistances et d'inductances, on parvient à alimenter le condensateur C sous une tension alternative en phase avec la tension appliquée à l'interrupteur. Par conséquent, aux bornes du condensateur nous allons

trouver une tension, élevée par le transformateur T , tension qui sera prévue de valeur convenable, qui correspondra à celle que l'appareil supporterait dans un essai en exploitation.

Vous voyez également la présence, entre les bornes du condensateur C et les bornes du disjoncteur D d'un dispositif ingénieux, une sorte d'éclateur inversé.

Au moment où l'arc s'éteint dans l'interrupteur D , la tension se rétablit entre ses bornes et cette tension est celle du générateur G .

Nous avons dit qu'elle est en phase avec la haute tension qui

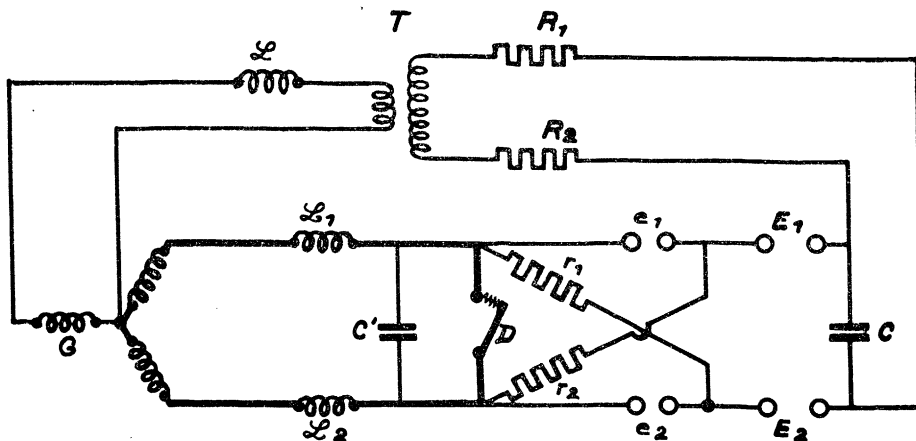


Fig. 3.

existe aux bornes du condensateur C ; mais, par ce dispositif ingénieux d'inversion, il se trouve que l'éclateur E_1 et E_2 est soumis à la différence de potentiel qui résulte de l'opposition de ces deux tensions. Par conséquent, dès que l'arc s'éteint et que la tension de rétablissement apparaît, l'éclateur E_1 et E_2 s'amorce par l'intermédiaire des résistances r_1 et r_2 .

Dans ces conditions, il va se produire dans les résistances r_1 et r_2 une chute de tension ohmique qui sera suffisante pour déclencher l'amorçage de l'éclateur e_1 et e_2 . A ce moment-là, les deux éclateurs sont en court-circuit et la tension du condensateur est pratiquement appliquée au disjoncteur D .

Dans le cas où le disjoncteur tient la tension qui lui est appliquée par le condensateur C , cette tension de choc ne risque pas de faire retour dans le générateur grâce à la capacité C' placée en dérivation devant les inductances L_1 et L_2 .

Ce montage est ingénieux. Il a comme avantage de renouveler à chaque extinction de l'arc, l'application à l'interrupteur de la haute tension du condensateur C ; mais cette haute tension n'est appliquée d'abord qu'avec un certain retard du fait de la présence des éclateurs, et en second lieu, elle n'est pas comparable à une onde sinusoïdale telle qu'elle se présenterait dans le cas d'un essai direct.

C'est pourquoi d'autres montages ont été proposés. Le montage

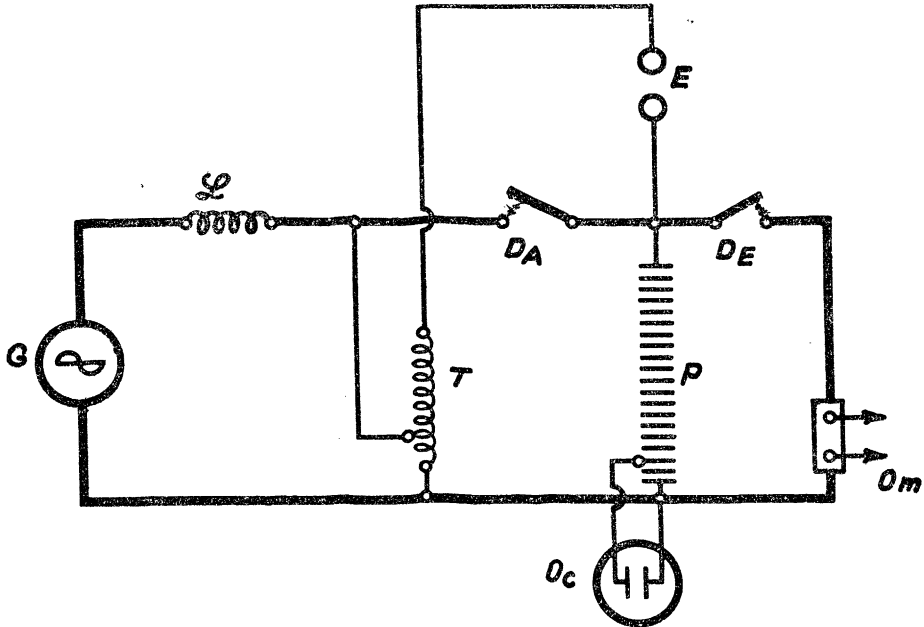


Fig. 4.

que vous voyez sur la figure 4 a été utilisé aux États-Unis d'Amérique par SKEATS. Il consiste en ceci :

Comme toujours nous avons un circuit à courant fort qui est alimenté par un générateur G (alternateur ou secondaire de transformateur) et qui comporte une inductance de réglage L et l'interrupteur à essayer D_E . Le circuit fait ensuite retour au générateur.

En outre, on dispose en série avec le disjoncteur à essayer, un disjoncteur d'arrêt ou disjoncteur de blocage D_A dont nous allons voir le rôle tout à l'heure.

Comme ces deux appareils sont montés en série, il existe un point commun.

Aux bornes du circuit à courant fort, on monte le primaire d'un auto-transformateur T; le secondaire de l'auto-transformateur sert à élever la tension, et cette tension peut être appliquée au point commun des deux appareils de coupure par l'intermédiaire d'un éclateur E. Aux bornes de l'interrupteur à essayer, un dispositif potentiométrique nous permettra de relever à l'oscillographe cathodique la tension qui se sera appliquée aux bornes de l'interrupteur.

On s'arrange, bien entendu, pour que les deux interrupteurs fonctionnent synchroniquement et pour que le disjoncteur d'arrêt ait au moins un pouvoir de coupure égal à celui du disjoncteur à essayer.

Dans ces conditions le fonctionnement est le suivant :

Lorsque les deux appareils déclenchent, le courant à basse tension fourni par le générateur est évidemment interrompu : au moment où les deux arcs qui sont synchrones, puisqu'ils sont parcourus par le même courant, s'éteignent, il n'existe plus de conductibilité, et le circuit à basse tension se trouve ouvert. Donc la tension aux bornes de ce circuit monte suivant une certaine loi qui est celle de rétablissement de tension du circuit à courant fort et, par conséquent, le primaire du transformateur se trouve soumis à ce rétablissement de tension. Il en résulte que le secondaire traduit en l'amplifiant cette tension de rétablissement qui, par l'intermédiaire de l'éclateur E, est appliquée au point commun des deux interrupteurs, c'est-à-dire, en définitive, au disjoncteur à essayer D_E .

Cette méthode est très intéressante parce qu'elle permet, avec une installation à tension moyenne capable de produire un courant important, de faire l'essai de l'interrupteur sous une tension très élevée : par exemple 4 ou 5 fois celle du générateur.

Elle n'est, cependant, pas à l'abri de toute critique ; on peut lui reprocher de n'appliquer la tension élevée qu'avec un certain retard du fait de la présence de l'éclateur. Et, dans ces conditions, on peut prétendre que l'essai n'est pas absolument identique à celui qui se présenterait en exploitation.

En fait, si l'on veut accorder un entier crédit à l'essai indirect d'un interrupteur, il faut que celui-ci soit soumis aux mêmes contraintes que celles qu'il sera appelé à subir en exploitation. Or, ces contraintes, ce sont d'abord celles qui sont déclenchées par le courant, c'est-à-dire par l'intensité, et ensuite la tension qui se développe aux bornes de l'interrupteur avec une vitesse de rétablissement bien définie.

Ce n'est pas tout à fait le cas du dispositif de la figure 4, puisqu'il

y a un retard provoqué par l'éclateur et on peut prétendre que le petit temps mort qui existe entre l'extinction de l'arc et l'amorçage de l'éclateur peut être mis à profit par l'interrupteur pour réaliser la coupure. C'est pourquoi nous avons préféré utiliser la disposition que représente la figure 5 :

En somme, ce montage est semblable à celui de la figure précédente, mais l'éclateur est remplacé par une résistance R de forte valeur ohmique. Il en résulte qu'à l'extinction de l'arc de rupture, la tension produite par le transformateur-élévateur se trouve appliquée sans retard aux bornes de l'interrupteur D_E .

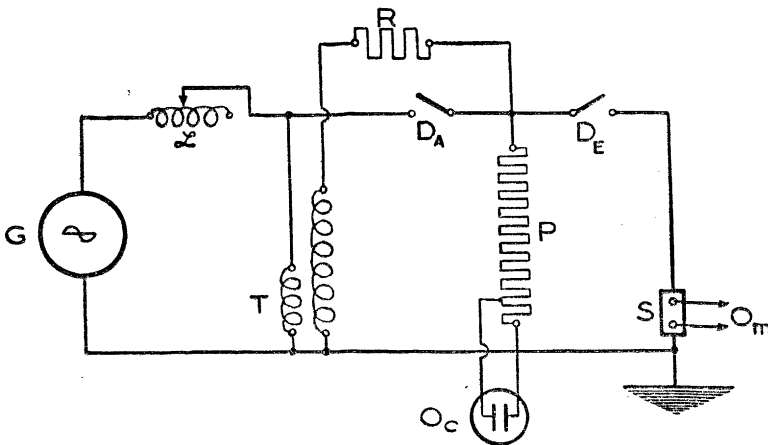


Fig. 5.

Dans ces conditions, il devient possible de réaliser des contraintes électriques absolument identiques à celles que l'on trouve dans un essai direct à tel point que l'oscillogramme cathodique direct n'est pas discernable de l'oscillogramme cathodique que l'on obtiendrait en essai indirect.

Cependant, il faut bien remarquer que ce schéma n'est pas universel. En particulier, vous voyez que le courant à basse tension est automatiquement coupé dès le premier passage à zéro. Ceci n'a pas beaucoup d'importance dans le cas des disjoncteurs capables de couper le courant en une demi-période. Mais il existe des disjoncteurs qui exigent plus d'une demi-période pour obtenir leur pouvoir de coupure maximum. A ce moment-là, le dispositif représenté donnerait toujours un résultat négatif puisque l'interrupteur ne

pourrait pas soutenir la haute tension qui lui est appliquée. Il est vrai que l'on peut se tirer de cette difficulté, en particulier lorsqu'il s'agit de certains disjoncteurs pneumatiques qui, pour de très hautes tensions, mettent plus d'une demi-période à acquérir leur plein pouvoir de coupure : on peut utiliser l'artifice suivant : on bloque les contacts de l'interrupteur dans la position qui correspond au maximum de pouvoir de coupure et on amorce l'arc artificiellement au moyen d'un fil fusible. Ceci est admissible pour les dis-

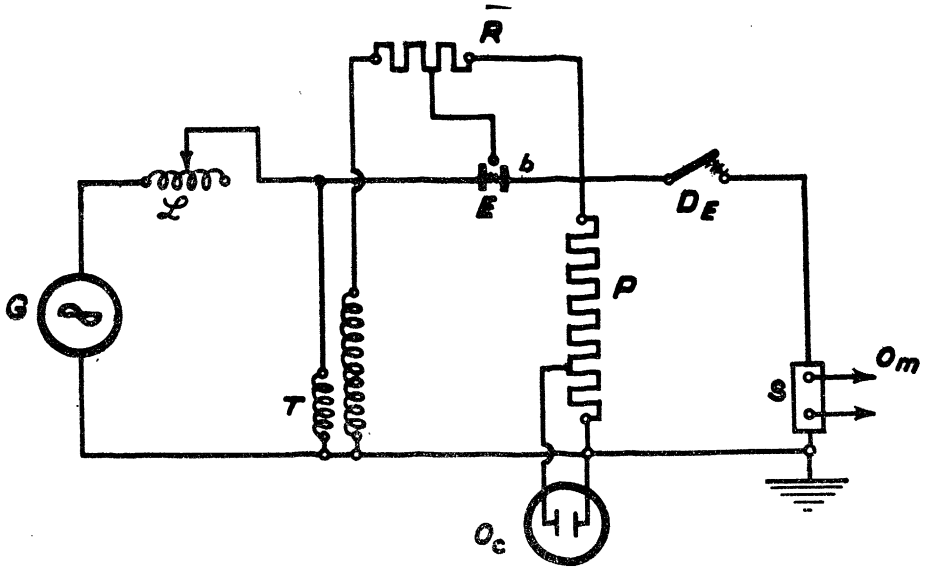


Fig. 6.

joncteurs à air comprimé parce que, en raison de la très grande vitesse avec laquelle les gaz ionisants sont évacués, on peut admettre que les conditions extraordinaires données par le fusible ont complètement disparu au moment où la tension de rétablissement apparaît. Tout se passe comme si la vapeur dégagée par le fusible était évacuée depuis longtemps au moment où l'arc va faire son extinction. Ceci n'est peut-être pas vrai pour d'autres interrupteurs, comme pour les disjoncteurs à eau ou à volume d'huile réduit ; pour des cas de ce genre où l'allumage par fusible n'est pas praticable on voit effectivement que la méthode présente un point faible, puisqu'il faudrait pour bien faire, que l'arc à courant fort soit rallumé chaque fois que le disjoncteur à essayer est défailant.

Je dois vous dire qu'un tel essai, contrairement à l'essai direct, exige absolument la présence de l'oscillographe cathodique pour contrôler la valeur de l'interrupteur. Dans un essai direct, on s'aperçoit tout de suite que l'interrupteur est défaillant, car généralement, il y a des manifestations extérieures importantes et souvent même l'appareil est détruit. Mais dans le montage représenté sur la figure 5, l'appareil coupe toujours puisque le courant principal n'est entretenu que par une basse tension et qu'un second interrupteur en série apporte son effet.

Ici, ce qui fait distinguer que l'interrupteur est bon ou mauvais, c'est l'apparition de la haute tension à ses bornes.

Après le premier passage du courant par zéro, la haute tension se développe aux bornes de l'interrupteur; et s'il est capable de tenir cette tension, ce qui sera contrôlé par l'oscillographe cathodique, on peut dire qu'il est bon. S'il n'est pas capable de la tenir, l'arc va se rallumer mais seulement par l'intermédiaire du transformateur-élévateur et de la résistance R. Autrement dit, ce sera un arc de très faible intensité, automatiquement coupé à la demi-période suivante.

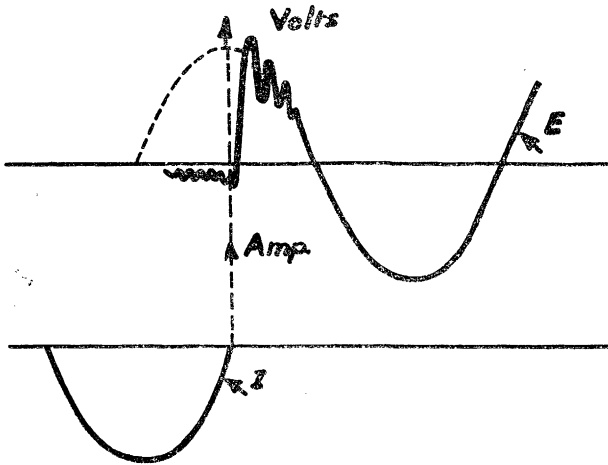


Fig. 7a.

Dans le cas où l'essai est satisfaisant (fig. 7a), on voit au moment de l'extinction du courant I, la tension d'arc monter légèrement puis faire place à la tension de rétablissement, au phénomène transitoire et à la pleine tension E du transformateur-élévateur.

Comme cette tension enregistrée par l'oscillographe cathodique est d'aspect normal, on peut dire que l'interrupteur est capable d'effectuer la coupure sur un circuit de l'exploitation.

Si, au contraire l'essai est négatif (fig. 7*b*), nous voyons toujours le même courant I qui s'éteint, la tension d'arc qui a la même forme et la tension de rétablissement qui cherche à monter, mais qui, à un certain moment se trouve plus ou moins tronquée quoique présentant tout de même une certaine valeur. On constate également

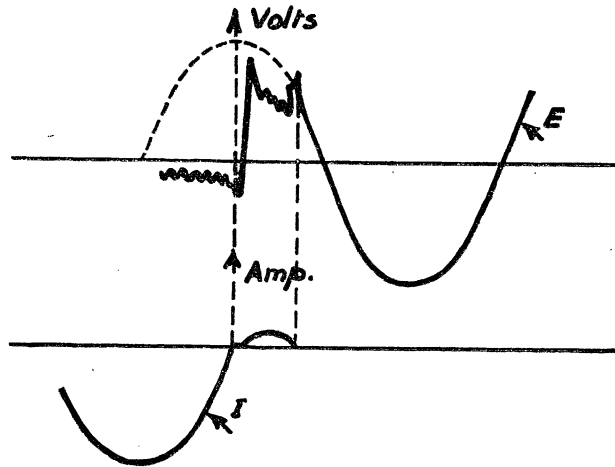


Fig. 7*b*.

la présence d'un petit courant en sens inverse, petit courant qui se trouve naturellement coupé parce qu'il est très faible par rapport à la puissance de l'interrupteur. Mais cela montre qu'à la suite du courant principal l'interrupteur n'était pas capable de tenir la tension imposée et que, par conséquent, en exploitation il aurait été défaillant.

Pour que cet essai soit applicable à tous les types d'interrupteurs nous l'avons quelque peu modifié comme le montre la figure 6.

Au lieu d'utiliser un interrupteur de blocage pour éviter que la haute tension ne fasse retour dans l'alternateur, nous avons prévu un appareil un peu particulier, une sorte d'éclateur capable d'être amorcé par une électrode auxiliaire et muni entre ses électrodes principales d'un dispositif énergétique de régénération diélectrique.

Dans ces conditions, que va-t-il se passer ?

Lorsque l'interrupteur est fermé, un courant alimenté

par le secondaire du transformateur T circule dans la résistance R et provoque le fonctionnement de l'électrode d'allumage *b*. Il en résulte l'amorçage de l'éclateur E et le courant de forte intensité engendré par le générateur G circule dans le circuit.

Au moment où l'interrupteur à essayer s'ouvre, l'arc prend naissance, et au premier passage du courant par zéro, la tension de rétablissement commence à apparaître aux bornes du transformateur T qui l'amplifie et l'applique aux bornes de l'interrupteur à essayer. A ce moment-là, si l'interrupteur est bon aucun courant ne circule dans la résistance R et tout se passe comme dans le dispositif précédent; mais si l'interrupteur est défaillant, il en résulte un certain courant provoqué par le secondaire du transformateur à haute tension à travers la résistance R. Ce courant produit une chute ohmique dans cette résistance et, par conséquent, excite l'électrode d'amorçage.

L'éclateur se rallume donc et, de nouveau le courant principal se trouve déclenché dans le circuit à fort courant. L'arc prend naissance dans l'interrupteur à essayer et dès lors, au prochain passage du courant par zéro, ou bien il tiendra la tension et il aura coupé définitivement le courant ou bien il ne la tiendra pas et le même phénomène recommencera indéfiniment.

Ce schéma est évidemment avantageux parce qu'il permet d'appliquer la méthode d'essai par rétablissement de tension amplifiée à tous les types d'interrupteurs, même à ceux qui exigent plusieurs demi-périodes pour atteindre leur plein pouvoir de coupure.

Ce schéma est intéressant parce qu'il permet, contrairement aux précédents, d'exécuter non seulement des essais d'ouverture, mais également des essais de fermeture. En effet, supposons que les contacts de l'interrupteur D_E soient ouverts; le circuit à basse tension est coupé et aucun courant ne peut circuler. Mais, cependant, il existe aux bornes du disjoncteur à essayer, la pleine tension développée par le transformateur-élévateur. Par conséquent, il existe entre ses contacts, la même tension que celle qu'il serait appelé à soutenir en exploitation. Si nous provoquons la fermeture de l'interrupteur, à un moment donné l'arc à haute tension, alimenté par le transformateur T va éclater. Cet arc, évidemment, ne donne lieu qu'à un courant très faible, puisque l'impédance du transformateur ne permet pas un gros débit; mais il provoque une chute de tension dans la résistance, donc l'allumage de l'électrode auxiliaire et le déclenchement du courant total.

Ainsi, on peut dire que l'appareil ferme avec la pleine tension à ses bornes et le plein courant qui résulte de l'amorçage de l'arc.

Messieurs, je m'aperçois que l'heure avance et je sais que les organisateurs sont un peu pressés. Aussi bien, ai-je terminé.

Il me reste à vous remercier de l'attention que vous avez bien voulu me porter et pour finir, je me permettrai de vous faire une confidence.

C'est qu'en choisissant le sujet de cette conférence, j'ai non seulement voulu montrer qu'il existe une solution satisfaisante au problème si préoccupant de l'essai en puissance des interrupteurs à grand pouvoir de coupure mais encore, comme je ne prétends nullement que les méthodes que nous avons mises au point soient les seules possibles, j'ai pensé qu'en revanche, un jour prochain, d'autres constructeurs qui travaillent la même question voudront bien, à leur tour, nous faire part des résultats de leurs recherches.

J'espère ainsi avoir fait œuvre utile, car à défaut d'une collaboration véritable — que l'intérêt général souhaiterait, mais que d'autres raisons repoussent malheureusement trop souvent —, la simple compétition, voire même la loyale concurrence, sont à la base du progrès dont nous sommes tous, exploitants et constructeurs, appelés à devenir les bénéficiaires.

DISCUSSION

M. GIESBERS. — Comment la vitesse de rétablissement est-elle déterminée ?

M. LATOUR. — Vous me demandez comment on peut obtenir aux bornes de l'interrupteur une vitesse de rétablissement comparable à celle de l'essai direct. Eh bien, lorsque vous utilisez un transformateur monté comme il est représenté sur le schéma, si l'on prend un simple transformateur-élévateur de tension, on constate en général que cela ne marche pas, car ce transformateur a une fréquence propre d'oscillation trop basse. Si l'on veut réaliser une certaine fréquence propre, c'est-à-dire obtenir une vitesse de rétablissement de tension suffisante, il faut utiliser, non pas un transformateur-élévateur analogue à ceux que l'on prévoit pour les essais diélectriques, mais un véritable transformateur de puissance, c'est-à-dire un transformateur dont les fuites inductives sont très faibles et dont la capacité soit aussi réduite que possible de manière à obtenir une fréquence propre suffisamment élevée.

Maintenant, comment peut-on régler cette vitesse ?

Une fois réalisé le transformateur à fréquence propre aussi élevée que possible, il devient très facile de régler cette fréquence, par exemple en jouant sur les inductances du circuit primaire ou bien en ajoutant des capacités en parallèle.

Il peut se présenter un autre cas : c'est celui des disjoncteurs pneumatiques avec résistance en parallèle. Ici on ne peut parler de fréquence propre. Le régime devient apériodique et il est facile de reproduire identiquement aux bornes de l'interrupteur le régime apériodique qui se rencontrerait dans un essai direct effectué avec l'interrupteur pourvu de sa résistance de shuntage normale, soit en plaçant une résistance convenable sur le circuit basse tension, soit même en prévoyant des résistances plus élevées sur le circuit haute tension. La méthode est souple et on peut aisément reproduire les conditions normales du fonctionnement en exploitation.

M. SOREZ. — Serait-il possible d'employer un système analogue pour les essais d'isolateurs où, après amorçage de l'arc, on est généralement limité par les faibles valeurs de l'intensité ?

M. LATOUR. — C'est le même problème que dans l'essai de fermeture d'un interrupteur. Si vous possédez un circuit comme celui de ce schéma, au courant de claquage de l'isolateur va succéder le courant de forte intensité donné par le générateur, courant dont on pourra faire varier comme on le voudra la valeur au moyen de l'inductance de réglage.

Je dois signaler que l'on pourrait craindre que le retard d'amorçage donné par l'éclateur ne soit trop grand et modifie considérablement le courant ; en réalité, nous sommes arrivés à avoir des retards d'amorçage de l'ordre du dix-millième de seconde dont l'influence est tout à fait négligeable.

M. SARTRE. — Vous avez insisté sur l'importance que représente la vitesse de rétablissement après la coupure. Avez-vous essayé de faire l'essai en tension réduite, mais avec une fréquence qui serait d'une valeur quatre fois plus grande que la valeur normale ; on arriverait peut-être à une vitesse de rétablissement de tension splendide ?

M. LATOUR. — Non, cet essai n'a pas été fait. On a surtout essayé, en particulier pour les disjoncteurs pneumatiques, de conserver la même vitesse de rétablissement de tension, c'est-à-dire la même fréquence propre.

Mais ce n'est pas seulement la vitesse de rétablissement de la tension qui importe pour l'essai d'un interrupteur ; l'amplitude de la tension joue un rôle tout aussi important.

On peut fort bien trouver un interrupteur qui fonctionne correctement aux grandes vitesses de rétablissement, mais qui ne résiste pas aux grandes amplitudes et réciproquement.

Ce qu'il faut pour que l'essai puisse être réellement valable, c'est qu'il reproduise identiquement les conditions de l'exploitation.
