Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 27 (1936)

Heft: 18

Artikel: Considérations sur les enroulements amortisseurs des alternateurs synchrones

Autor: Werthmann, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061507

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: 03.10.2025

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

Considérations sur les enroulements amortisseurs des alternateurs synchrones.

Par *F. Werthmann*, Baden.

621.313.332.045.7

Les alternateurs synchrones équipés avec des amortisseurs de différents types, amortisseurs à faible ou à forte résistance, combinés ou partiels, sont confrontés et comparés aux machines sans amortisseurs. Leurs qualités sont examinées au point de vue des conditions de stabilité statique et dynamique des réseaux.

Der Autor vergleicht Synchrongeneratoren, die mit Dämpferwicklungen verschiedenen Typs (Dämpferwicklungen mit kleinem und grossem Widerstand, solche mit kombiniertem Widerstand und solche, die nur partiell ausgebildet sind) mit Maschinen ohne Dämpferwicklung. Er untersucht ihre Eigenschaften im Hinblick auf die Bedingungen der statischen und dynamischen Stabilität.

Introduction.

L'exploitation actuelle des grands réseaux de distribution d'électricité a posé, de par les interconnexions qu'elle entraîne, de nouveaux et nombreux problèmes, parmi lesquels ceux de stabilité et de réglage occupent une place prépondérante. Ces problèmes ont conduit, si ce n'est toujours à modifier sensiblement les principes de construction des machines et de l'appareillage, tout au moins à attirer l'attention des techniciens sur certains éléments plus ou moins importants.

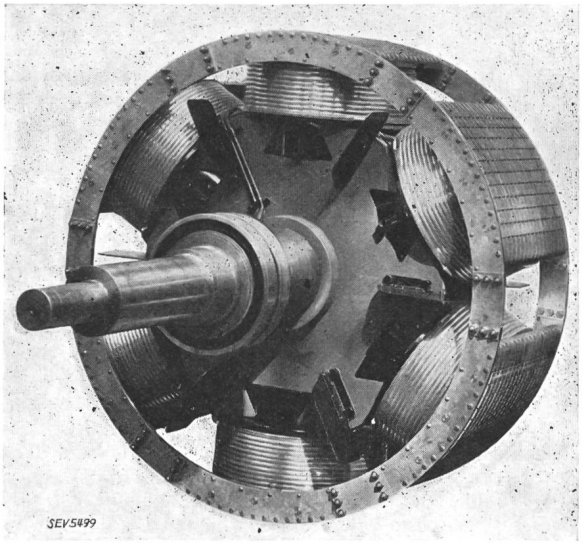

Fig. 1.
Roue polaire équipée avec un amortisseur.

L'un de ces éléments sont les enroulements amortisseurs des machines synchrones, en particulier des alternateurs. On sait que les enroulements amortisseurs (fig. 1) sont constitués par des barres, le plus souvent en cuivre, mais parfois en bronze, noyées dans les épanouissements polaires et reliées entre elles à leurs deux extrémités par deux anneaux coaxiaux au rotor, le tout formant une cage d'écureuil. Ces amortisseurs ont de multiples buts parfaitement définis pour les alternateurs monophasés, mais plus complexes, et parfois s'excluant mutuellement, pour les machines triphasées.

Alternateurs monophasés.

Dans la construction des alternateurs monophasés, l'amortisseur est une nécessité. On sait, en effet, que la théorie de ces machines montre que leur champ de réaction d'induit, fixe dans l'espace, peut être décomposé en deux champs égaux tournant en sens inverse l'un de l'autre, soit un champ direct de réaction et un champ inverse. Ce dernier, tournant en sens inverse du rotor, serait capable d'y induire des courants de fréquence double, lesquels à leur tour entraîneraient l'apparition de courants de fréquence supérieure. Il en résulterait des pertes élevées et un échauffement exagéré, auxquels la présence d'un amortisseur coupe court en créant un champ s'opposant au champ inverse.

Alternateurs triphasés.

Amortisseurs à faible résistance.

Dans les machines triphasées, l'amortisseur ne s'impose pas en général à priori. Le but que l'on poursuit en équipant un alternateur avec un pareil enroulement est, à l'ordinaire, de renforcer et régulariser son couple asynchrone, en vue d'amortir rapidement les oscillations du rotor. Il s'agit effectivement de renforcement et de régularisation, car l'enroulement d'excitation et les épanouissements polaires, s'ils sont pleins, jouent déjà le rôle d'amortisseur, mais dans l'axe direct, autrement dit dans l'axe des pôles principalement. Un amortisseur augmentera donc le couple asynchrone d'amortissement dans l'axe direct et le régularisera en lui apportant une composante dans l'axe transversal.

Les oscillations des rotors peuvent prendre naissance, on le sait, à la suite d'un changement de régime ou s'amorcer lorsque le couple des machines primaires n'est pas constant, comme c'est le cas pour les moteurs Diesel. Ce dernier cas n'est généralement pas envisagé, les oscillations étant étudiées ici en rapport avec la valeur du moment d'inertie logé dans les roues polaires et les couples synchronisants. Les oscillations les plus redoutables sont celles qui peuvent apparaître pendant un court-circuit ou qui suivent son élimination par les disjoncteurs, alors que les machines cherchent leur position d'équilibre dans un système dont l'impédance vient d'augmenter. De ce fait, la limite de stabilité se trouve abaissée et les oscillations seront d'autant plus capables d'amener le décrochage des machines que ces dernières débitaient avant le court-circuit une puissance active plus grande, avec comme corollaire une puissance synchronisante plus faible. On se rappellera ici que les puissances

active et synchronisante d'une machine travaillant sur un réseau infini sont toutes deux fonction de l'angle Θ que font entre eux les vecteurs représentatifs de la force électro-motrice interne E et de la tension U aux bornes, angle déterminé lui-même par la réaction transversale. En n'envisageant que la réactance pour une machine à rotor lisse, on peut écrire les puissances active et synchronisante sous la forme suivante:

$$\text{Puissance active} = P = \frac{E\,U}{Z} \sin \Theta$$

$$\text{Puissance synchronisante} = P_s = \frac{E\,U}{Z} \cos \Theta$$

(Pour une machine à pôles saillants, la formule est la même, mais s'additionne d'un second terme, fonction de 2 Θ). La puissance active, en augmentant avec Θ, se rapproche de P_{max} théorique $= \frac{E\,U}{Z}$, la marge de stabilité diminue donc en même temps que P_s est réduit avec cos Θ.

Un autre cas où les oscillations sont particulièrement à craindre est celui où les alternateurs travaillent sur une longue ligne représentant une forte charge capacitive, car alors seul le couple transversal asynchrone, que ne peut fournir l'enroulement d'excitation, peut jouer un rôle effectif. En marche capacitive, l'excitation doit être fortement réduite; la force électro-motrice diminue et avec elle la puissance synchronisante.

Dans tous les cas d'oscillations, de même que dans l'éventualité extrême où il y a décrochage, les machines retrouvent d'autant mieux leur état d'équilibre que le couple asynchrone développé par l'amortisseur est plus grand, ou en d'autres termes, que la résistance de ce dernier est plus faible. Mais une résistance faible de l'amortisseur ne laisse pas d'être défavorable pour la stabilité pendant la période limitée par l'instant de l'apparition d'un court-circuit et celui de son élimination, du fait qu'elle diminue la réactance de fuite et, par voie de conséquence, la réactance inverse des machines. Cette réactance inverse entre en considération pour tous les cas de courts-circuits dissymétriques qui, étant les plus nombreux, retiennent plus particulièrement l'attention. Ces courts-circuits dissymétriques donnent naissance à des états de fonctionnement déséquilibrés que la théorie des composantes symétriques permet, on le sait, de ramener à des systèmes équilibrés. La réduction pour un système dissymétrique triphasé se fait en remplaçant le groupe de ses 3 vecteurs quelconques représentatifs par 3 nouveaux groupes des 3 vecteurs symétriques, soit les groupes direct, inverse et homopolaire. Par rapport aux alternateurs, le groupe direct tourne synchroniquement avec la roue polaire, tandis que le groupe inverse tourne en sens opposé. Les courants correspondant à ce dernier groupe sont donc susceptibles d'induire dans le rotor des courants de fréquence double, propriété qui est utilisée comme on le verra plus loin. A chacun des groupes symétriques correspondent les impédances déterminées Z_d, Z_i, Z_o, qui composent l'impédance résultante symétrique Z_{cc} à introduire dans les calculs. Cette impédance Z_{cc}, qui est égale à $(Z_o + Z_i)$ pour les mises à la terre simples ou à (Z_i) pour les courts-circuits entre phases, se combine avec les impédances d'un réseau suivant la figure 2. On envisage dans cette figure deux centres, A et B, reliés par deux lignes en parallèle. La puissance active transportable de A vers B peut être mise sous la forme donnée plus haut, qui fait alors apparaître au dénominateur l'impédance totale du réseau. Cette puissance diminue donc quand l'impédance augmente et inversément, et avec elle la puissance maximum théoriquement transportable (P_{max}) qui peut être regardée comme un étalon de stabilité. Plus P_{max} est grand par rapport à la puissance effectivement transmise, mieux les conditions d'équilibre du système seront remplies et ceci particulièrement pendant la durée d'un court-circuit. On démontre que pendant un court-circuit tout se passe par rapport au transport d'énergie de A vers B (fig. 2), comme si l'impédance du réseau avant les courts-circuits $(Z_1 + Z_5)$ s'augmentait d'une impédance fictive $\frac{Z_1 Z_5}{Z_{cc}}$. Cette impédance fictive est d'autant plus grande que Z_{cc} diminue. Donc, la réduction par un amortisseur de l'impédance inverse entraîne celle de Z_{cc} et de la puissance P_{max} de court-circuit, d'où moins grande stabilité. Cette stabilité pendant les courts-circuits, on essaie de la maintenir par l'excitation rapide des machines, mais là encore un amortisseur à faible résistance rend l'effet de cette excitation rapide problématique en s'opposant à toute variation de flux. On se rappellera qu'au moment du court-circuit, l'enroulement d'excitation se comporte comme l'amortisseur et sans sa pré-

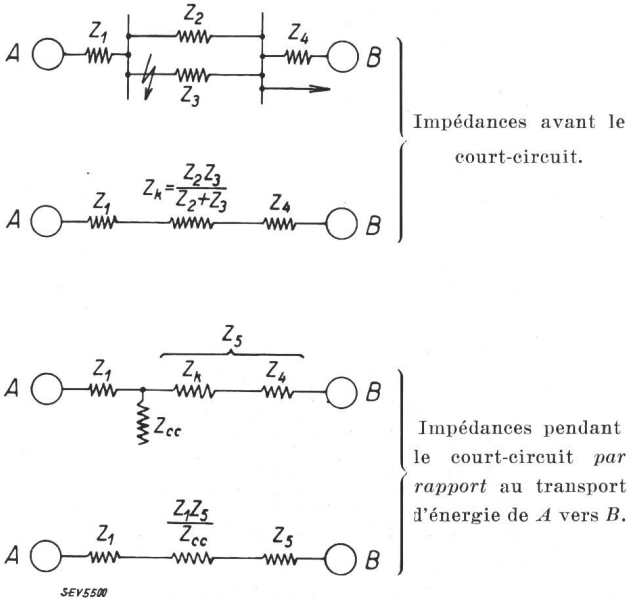

Fig. 2.
Combinaison des impédances de réseau pendant un court-circuit par rapport au transport d'énergie de *A* vers *B*.

sence crée automatiquement tous les ampères-tours nécessaires au maintien du flux. Ce sont ces ampères-tours qu'il s'agit de maintenir avec l'excitation rapide. Mais l'amortisseur étant présent, il créera aussi une partie des ampères-tours qui, eux, ne seront pas soutenus. L'excitatrice devra reprendre à son compte cette partie des ampères-tours en forçant l'excitation, à laquelle s'oposera à nouveau l'amortisseur. Si l'on veut donc que l'excitation rapide soit effective, il ne faut pas que l'alternateur ait d'amortisseur et que la constante de temps de son circuit inducteur soit grande, en même temps que celle du circuit de réglage de l'excitatrice soit petite. Ainsi, l'excitation rapide demande un concours de moyens onéreux, qui ne sauraient entrer en considération que pour les grands alternateurs. Mais on a vu qu'à charge inductive ou capacitive, un alternateur sans amortisseur manque de stabilité et ceci d'autant plus que ses pôles sont complètement feuilletés. Si le besoin s'en faisait sentir toutefois, on pourrait envisager un équipement avec amortisseur partiel, disposé entre les axes des pôles, dont il serait éventuellement isolé, capable de créer un champ transversal. Dans la plupart des cas, on construira donc les machines normalement, c'est-à-dire avec des pôles pleins, si les conditions d'échauffement peuvent être remplies, soit en les équipant avec des amortisseurs à faible résistance, c'est-à-dire avec beaucoup de cuivre, qui auront tendance à maintenir les flux constants, ce que l'on recherche pendant les courts-circuits.

Amortisseurs résistants.

Les courts-circuits représentent généralement pour les alternateurs une diminution de leur puissance active qui, au moment du court-circuit, tombe subitement, alors que celle des machines primaires d'entraînement ne varie pas, les régulateurs n'ayant pas le temps d'agir. Il s'ensuivra une accélération des rotors qu'il s'agit de réduire au minimum, soit en coupant rapidement le court-circuit avec des disjoncteurs appropriés, ce qui est le moyen le plus radical et le plus simple, soit en créant une charge artificielle de l'alternateur. Cette charge pour les courts-circuits asymétriques est fournie par la composante inverse des courants qui, tournant comme il a été exposé plus haut en sens inverse du rotor, y induit des courants de fréquence double qui se dissipent en pertes. Afin d'utiliser au mieux la composante inverse, l'idée est venue d'équiper les machines avec des amortisseurs résistants, susceptibles d'engendrer un maximum de pertes. Il existe bien entendu une valeur optimum de la résistance de l'amortisseur, pour laquelle les pertes sont maxima. Ce maximum, la limite imposée par les échauffements admissibles de l'enroulement ne permet pas de l'atteindre.

Si l'amortisseur résistant peut être utile pendant le court-circuit, son action est infime lors des oscillations succédant au court-circuit, puisque là il devrait, comme on l'a vu, posséder une faible résistance. Il ne saurait enfin s'appliquer ni aux compensateurs synchrones, ni aux alternateurs devant travailler en réactif ou capacitif, machines qui, au moment du court-circuit, ne doivent pas être freinées, au contraire.

Amortisseurs doubles.

On a eu recours parfois, en Amérique particulièrement, à un compromis consistant à pourvoir les alternateurs de deux amortisseurs, l'un à forte, l'autre à faible résistance, ce dernier toutefois ayant une plus forte réactance que le premier. Pendant le court-circuit, l'amortisseur à forte réactance se comporte comme un écran, vu la double fréquence, et la presque totalité du courant induit circule dans l'amortisseur résistant, où il exerce son action de freinage. Lors des oscillations par contre, suivant le court-circuit le jeu s'inverse, la chute inductive dans les enroulements étant faible, vu la petite fréquence de glissement, les courants induits se répartiront en fonction des résistances. L'enroulement à faible résistance, mais à réactance prépondérante, absorbera la majeure partie du courant induit, jouant son rôle d'amortisseur. On remarquera que les amortisseurs résistants ne sont effectifs qu'en cas de courts-circuits dissymétriques, la composante inverse des courants étant nulle pour les courts-circuits triphasés. Ils ne présentent pas moins un grand intérêt théorique, car pratiquement les difficultés de la construction les font abandonner. A plus forte raison, les amortisseurs doubles sont délaissés, bien qu'ils aient des avantages. Ces avantages cependant, on les retrouve en partie dans les turbo-alternateurs et les alternateurs à pôles saillants et massifs, équipés ou non avec des amortisseurs à faible résistance et relativement forte réactance. La masse des pôles est en effet le siège, sous l'action de la composante inverse, de courants de Foucault intenses, qui créeront une charge active de freinage. Les pôles massifs joueront donc un rôle d'amortisseur résistant, tandis qu'à l'enroulement d'excitation et à l'amortisseur sera dévolu le rôle ordinaire. On remarquera que les pôles massifs sont capables de travailler, dans une certaine mesure, à la fois comme amortisseur à faible et à forte résistance.

Amortisseurs partiels.

Les amortisseurs normaux constituent ordinairement une cage complète. C'est ce fait qui entraîne en grande partie la réduction de l'impédance inverse dont l'effet, comme il a été expliqué, est défavorable à la stabilité. Cette impédance inverse peut être envisagée comme étant constituée par deux composantes correspondant aux deux positions extrêmes que peut prendre le rotor par rapport au stator, dans les axes directs et transversaux. Sans amortisseur, la composante directe de la réactance est faible, car, par rapport au stator, l'enroulement d'excitation joue le rôle d'enroulement court-circuité. La composante transversale

par contre est grande. La présence d'un amortisseur complet affecte peu la valeur de la composante directe, mais réduit fortement la composante transversale, car il constitue, vis-à-vis du stator, un enroulement en court-circuit. L'idée vient donc d'envisager un amortisseur subdivisé, c'est-à-dire ne comportant pas de secteurs de liaison entre les pôles. On obtient ainsi une augmentation de l'impédance inverse, tout en affectant fort peu l'effet amortisseur de l'enroulement en charge active. La construction se trouve de la sorte quelque peu simplifiée et en même temps les courants de court-circuit mono- ou biphasés, que la diminution de l'impédance inverse avait augmentés, sont réduits. Il faut remarquer toutefois que l'effet amortisseur d'un enroulement partiel n'est parfait qu'en charge et ne saurait l'être à vide ou en marche capacitive, car là, la réactance transversale de l'amortisseur joue un rôle prépondérant. Mais, en charge, le couple amortisseur est fourni, comme on l'a vu plus haut, principalement par l'enroulement d'excitation. On ne gagne donc que peu avec un enroulement partiel.

Alternateurs sans amortisseur.

Dans les alternateurs sans amortisseur, l'enroulement d'excitation joue, comme il a été dit plus haut, le rôle d'amortisseur à faible résistance et donne à la machine un couple asynchrone dans l'axe direct seulement. En d'autres termes, ce couple est dépendant de la charge active de la machine. Il est environ maximum lorsque la machine travaille à $\cos \psi = 1$, car alors la variation du flux coupé par l'enroulement d'excitation lors d'oscillations est maximum. Cette variation diminue avec le déphasage. On remarquera que le couple synchronisant suit une loi inverse. D'autre part, si l'épanouissement polaire est plein, on obtiendra un certain couple dans l'axe transversal, susceptible d'être augmenté par des liaisons latérales entre les pôles. Toutefois, un épanouissement plein offre des difficultés au point de vue échauffement dès que la charge débitée par la machine atteint un certain degré d'asymétrie. On aura recours alors soit à un feuilletage de la surface des épanouissements, soit à un enroulement amortisseur à faible résistance, s'il s'agit d'un puissant alternateur qui en justifie le coût.

Les divers enroulements amortisseurs, qu'ils soient à faible ou à forte résistance, combinés ou partiels, offrent tous au constructeur la même difficulté. Ils doivent résister aux échauffements résultant de la composante inverse des courants ou aux harmoniques du courant en marche normale et être déterminés et construits en conséquence.

De la détermination des amortisseurs.

Les enroulements amortisseurs sont déterminés de telle sorte qu'ils remplissent les conditions d'échauffement admissibles. Un calcul exact, visant le but d'amortissement qu'ils ont à remplir, est en effet fort difficile, vu la complexité du calcul des inductivités. D'ailleurs, pareil calcul n'a pas d'utilité, du fait que pratiquement, si la condition d'échauffement est satisfaite, le but de l'amortisseur s'ensuit nécessairement.

La détermination du courant induit dans le rotor par la composante inverse est issue de l'équation vectorielle qui régit les chutes de tension rotoriques des moteurs asynchrones.

On sait que cette équation s'écrit:

$$0 = I_2 \cdot \frac{r_2}{s} + j\omega_1 \cdot L_{2c} \cdot I_2 + j\omega_1 \cdot L_{12\Delta} \cdot I_1 \qquad (1)$$

où l'index 1 se rapporte au stator,
» 2 » » » rotor,
L_{2c} inductivité combinée du rotor
$L_{12\Delta}$ inductivité triphasée mutuelle du stator au rotor.

$$s = \text{glissement} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}$$

Par rapport à la composante inverse, le glissement $s = 2$ et l'on peut négliger la résistance $\frac{r_2}{s}$

Il reste:

$$I_2 = -I_1 \frac{L_{12\Delta}}{L_{2c}} \qquad (2)$$

Mais les deux inductivités $L_{12\Delta}$ et L_{2c} liées toutes deux au facteur d'enroulement près à un flux commun, ont pour relation:

$$L_{12\Delta} = \frac{1}{K} \cdot L_{2c} \cdot \frac{N_1}{N_2} \qquad (3)$$

où K est le facteur d'enroulement et N le nombre de conducteurs du stator, respectivement du rotor. L'équation 2 devient:

$$I_2 = -I_1 \cdot \frac{L_{2c} \cdot \frac{N_1}{N_2}}{K \cdot L_{2c}} = -I_1 \cdot \frac{N_1}{K \cdot N_2}$$

$$I_2 \cdot N_2 = \frac{1}{K} \cdot I_1 \cdot N_1$$

Cette simple équation, évidente à priori, dit l'égalité des ampères-tours.

Une fois le facteur K calculé selon les méthodes données par les ouvrages spécialisés, le courant rotorique I_2 est obtenu en affectant à I_1 la valeur des harmoniques de courant ou de la composante inverse des courants, qui est égale à $\frac{I_{normal}}{2}$ pour les alternateurs monophasés et se calcule à l'aide des impédances symétriques Z_d, Z_c et Z_i pour un alternateur triphasé. La résistance de chaque barre étant r, les pertes totales égales à $I_2^2 \; r \cdot N_2$ détermineront les échauffements.

De la construction des amortisseurs.

La construction des amortisseurs se ressent essentiellement de la préoccupation de satisfaire aux

conditions imposées par l'échauffement et les dilatations qui s'ensuivent.

Amortisseurs à faible résistance.

Ces amortisseurs sont en cuivre. Leur construction pour les alternateurs à pôles saillants est de deux types. Le premier type, utilisé le plus couramment, est caractérisé par des barres noyées complètement ou partiellement dans les encoches semi-ouvertes ou ouvertes, taillées dans les épanouissements polaires. Les barres sont reliées rigidement entre elles par deux anneaux latéraux auxquels elles sont brasées.

Cette construction suppose une dilatation à peu près égale de toutes les barres. Si pareille hypothèse ne peut être faite, il faut recourir au deuxième type de construction, qui se différencie du précédent en ce que le raccordement de chacune des barres ou groupe de barres aux anneaux est réalisé par des connexions flexibles donnant la souplesse voulue à l'enroulement.

Pour les turbo-alternateurs, la construction des amortisseurs est plus délicate. Il semble à première vue que les frettes de bronze ou les coins de cuivre des frettes d'acier des encoches du rotor devraient pouvoir jouer sans autre comme amortisseur, les capes jouant le rôle des anneaux en venant presser les frettes à leur sortie des encoches. Les types anciens de construction ont utilisé ce procédé, mais les expériences faites n'ont pas été heureuses, vu que des brûlures aux surfaces de jonction entre frettes et capes se sont fait jour.

Actuellement, les barres d'amortisseur proprement dit sont constituées par des lattes de cuivre, épanouies à leurs deux extrémités et disposées dans les encoches libres du rotor. Les épanouissements débordent les encoches et se trouvent en contact libre mais étroit avec la surface intérieure des capes. Lorsque l'alternateur tourne, ce contact est tout à fait intime sous l'action de la force centrifuge. Du fait que seules les encoches libres reçoivent une barre d'amortisseur, ce dernier ne pourra créer qu'un champ transversal de réaction; quant au champ longitudinal, il est issu de l'enroulement d'excitation lui-même. Il faut cependant remarquer que ces barres dites d'amortisseur agissent plutôt comme pont pour le passage du courant induit dans le fer entre le corps du rotor et les capes, leur rôle d'amortissement étant minime, vu leur faible volume de cuivre.

Amortisseurs résistants et doubles.

La valeur désirée de la résistance de l'amortisseur est obtenue par un choix judicieux de sa matière constitutive. Quant à la prépondérance de son rôle vis-à-vis de la composante inverse, elle est donnée en jouant sur sa situation par rapport à l'entre-fer.

Les amortisseurs résistants sont généralement en bronze ou en laiton. Comme on l'a vu, ce genre d'amortisseur n'a trouvé parfois son application que dans la construction des alternateurs à double cage.

L'amortisseur à faible résistance est constitué par des barres de cuivre noyées dans des encoches fermées. Quant à l'amortisseur résistant en bronze ou laiton, il est disposé dans des encoches ouvertes. Vu les différences de dilatation, les barres des deux enroulements ne peuvent être reliées à des anneaux communs. Les barres de cuivre sont connectées entre elles selon un des modes cités ci-dessus, tandis que les barres à forte résistance sont rattachées par des connexions appropriées à la masse même des pôles. Les connexions interpolaires sont négligées pour simplifier la construction.

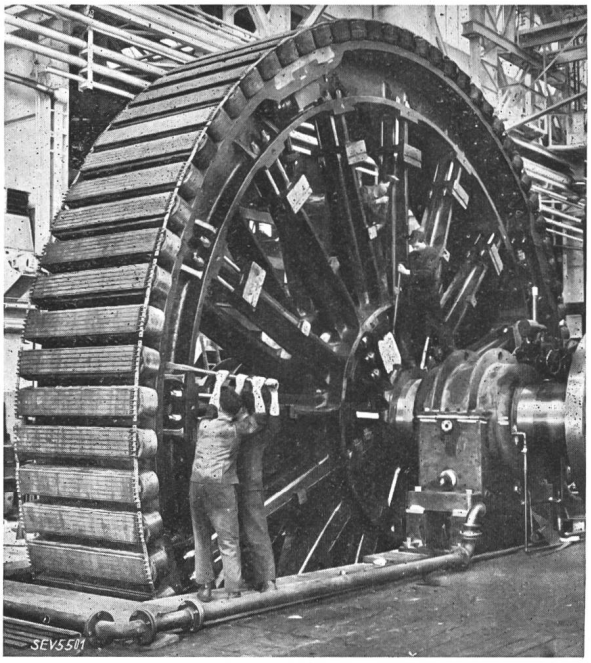

Fig. 3.
Rotor d'alternateur triphasé en cours de montage.

La figure 3 représente une roue polaire d'alternateur avec amortisseur à faible résistance, en cours de montage.

Conclusion.

Deux types principaux d'amortisseurs à faible ou à forte résistance et un type intermédiaire, réunissant approximativement les qualités des deux premiers, sont en présence. Ce dernier peut paraître le plus intéressant, mais les difficultés et le coût de construction qu'il entraîne le font écarter, d'autant plus qu'il ne peut remplir que partiellement les rôles respectifs des deux types fondamentaux.

L'amortisseur résistant peut être désirable pendant la durée du court-circuit par son action de freinage sur les alternateurs, mais sa construction est délicate vu les échauffements qui, en outre, ne permettent pas de donner aux amortisseurs des caractéristiques correspondant à une action maximum. Cette action de freinage est d'ailleurs ob-

tenue jusqu'à un certain point avec les alternateurs à pôles complètement ou partiellement massifs. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que ce freinage n'est qu'un palliatif pour la stabilité, dont les conditions ne sauraient être bien remplies que par des disjoncteurs ultra-rapides.

Le seul amortisseur qui ait une réelle valeur pratique est celui du type à faible résistance. Il augmente et régularise le couple asynchrone des alternateurs, qui est ainsi capable de s'opposer aussi bien aux oscillations qui peuvent prendre naissance lors des changements de régime qu'à celles susceptibles de s'amorcer en charge inductive ou lors de la marche manquant de stabilité que représente un fonctionnement capacitif. D'autre part, en cas de charge dissymétrique, il prévient des échauffements dangereux des pôles. En outre, en s'opposant à toute variation des flux, il contribue à maintenir pendant les courts-circuits, à défaut d'une excitation ultra-rapide pratiquement effective, cette constance des tensions si désirable pour la stabilité. On n'oubliera toutefois pas qu'en soi ce type d'amortisseur apporte un élément défavorable à la stabilité, en réduisant la réactance inverse. Son application ne saurait donc sans autre être généralisée; elle doit être étudiée dans chaque cas particulier avec toute la circonspection que peut donner la connaissance parfaite des conditions de fonctionnement des alternateurs.

En général, on peut dire que les alternateurs sans amortisseur, à pôles pleins, éventuellement avec la surface de l'épanouissement légèrement feuilletée, possèdent, grâce à l'enroulement d'excitation et à la masse des pôles, des caractéristiques d'amortissement suffisantes dans la plupart des cas.

Par contre, si l'amortissement doit être renforcé et régularisé, ou que la charge des alternateurs est fortement dissymétrique, ou encore que les courants de charge présentent des harmoniques importants, on recourra aux amortisseurs à faible résistance.

Enfin, en cas d'équipement d'alternateurs avec une excitation ultra-rapide, on adoptera des pôles feuilletés sans amortisseur; éventuellement pourra-t-on envisager un amortisseur partiel pour l'axe transversal, afin de donner la stabilité voulue à la machine.

Ces quelques considérations sur les amortisseurs des alternateurs, suscitées par les nombreuses propositions faites pour répondre aux problèmes que pose l'interconnexion, visent bien entendu particulièrement les machines de grande puissance, qui seules peuvent jouer un rôle effectif dans le maintien de l'équilibre des réseaux.

Branderscheinung in einem Kokskeller.

614.84 : 621.3

Am 26. Juli d. J. ereignete sich im Kokskeller des Hauses Niesenstrasse 3 in Thun ein Vorfall, der seiner Ursache wegen besondere Beachtung verdient.

Durch einen aus dem Kellerfenster entweichenden leichten Rauch mit scharfem Kohle- und Schwefelgeruch aufmerksam gemacht, alarmierten die Hausbewohner die Feuerwehr. Der Kellerraum war voll Rauch und der Koks sehr heiss. Die sofort herbeigerufene, mit Kreislauf-Gasschutzgeräten ausgerüstete Gasschutzmannschaft der Städtischen Werke wollte den Koks trocken aus dem Kellerraum befördern. Die Feuerwehr glaubte aber, es sei vorsichtiger, den Kokshaufen leicht zu bespritzen, um ihn abzukühlen. Beim Bespritzen züngelten plötzlich blaue Flämmchen aus dem Kokshaufen und die

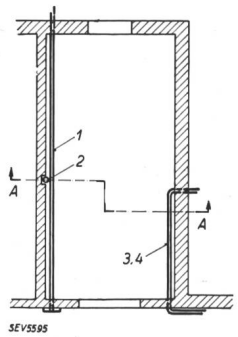

Fig. 1.
Grundriss des Kokskellers.

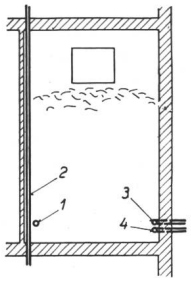

Fig. 2.
Aufriss des Kokskellers.
(Schnitt A-A, Fig. 1.)

1 Kabelschutzrohr. *2* Wasserablaufrohr. *3* Gasleitungsrohr. *4* Wasserleitungsrohr.

Räumungsmannschaft verspürte starke Elektrisierungen an den Füssen und auch an den Händen. Gleichzeitig wurde ein Knistern wahrgenommen; kleine elektrische Funken sprangen von einem feuchten Koksstück zum andern und auf beiden Seiten des Haufens traten heftige Feuererscheinungen auf, wie beim elektrischen Lichtbogenschweissen. Diese Erscheinungen hörten erst auf, als der betreffende Teil des elektrischen Versorgungsnetzes ausgeschaltet wurde.

Zur Ermittlung der Ursache dieses Vorfalles, der für die Räumungsmannschaft leicht hätte verhängnisvoll werden können, nahm das Generalsekretariat des SEV und VSE in Verbindung mit dem Starkstrominspektorat auf Ersuchen der Städt. Werke Thun eine eingehende Untersuchung vor. Diese Erhebung zeitigte folgendes Ergebnis:

Fig. 3.
Ansicht des Koksraumes.
Links: Kabelschutzrohr und Ablaufrohr.
Rechts: Gas- und Wasserleitungsrohre.

Die Disposition des Kokskellers geht aus Fig. 1 und 2 hervor. An der linken Kellerwand, etwa 25 cm über dem Betonboden, ist ein Eisenrohr befestigt, in welchem das elektrische Einführungskabel liegt. Ungefähr in der Mitte dieser Wand verläuft senkrecht ein gusseisernes Ablaufrohr, wel-