

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de l'Association suisse des électriciens
<b>Herausgeber:</b>	Association suisse des électriciens
<b>Band:</b>	19 (1928)
<b>Heft:</b>	19
<b>Artikel:</b>	Aperçu rétrospectif des progrès accomplis dans la construction des machines électriques pendant l'année 1927
<b>Autor:</b>	Dünner, E.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1057044">https://doi.org/10.5169/seals-1057044</a>

### **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:** 18.01.2026

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

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des  
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des  
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke | REDAKTION | Secrétariat général de  
l'Association Suisse des Electriciens et de  
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration | Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. | Zürich 4, Stauffacherquai 36/38 | Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der  
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et  
sans indication des sources

XIX. Jahrgang  
XIX<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 19

Oktober I 1928  
Octobre I 1928

## Aperçu rétrospectif des progrès accomplis dans la construction des machines électriques pendant l'année 1927.

Par M. le prof. E. Dünner, Zurich.

*L'auteur présente un aperçu des tendances qui se manifestent dans l'évolution récente de la construction de machines et d'appareils électriques. Il parle aussi des méthodes de refroidissement, de la protection contre l'incendie, des embrayages automatiques, des groupes destinés au couplage de réseaux à périodicité différente, des progrès réalisés dans la construction des interrupteurs à huile et des relais d'impédance.*

<sup>621.313 (09)</sup>  
*Der Autor gibt einen Ueberblick über die jüngste Entwicklung und die sich geltend machen- den Tendenzen im Elektromaschinenbau. Er be- rührt auch die Kühlmethoden, den Brandschutz, die Anlaufkupplungen, die Maschinen zur Kupp- lung von Netzen verschiedener Frequenz, die Fortschritte im Oelschalterbau und das Impedanz- relais.*

Dans le domaine de la construction des machines électriques, l'année 1927 marque également une période de développement constant. Encore que le nombre des innovations de principe soit modeste, des progrès n'en ont pas moins été accomplis dans plus d'une direction. En effet, on a dépassé de façon inattendue les valeurs-limite admises autrefois en ce qui regarde les puissances transformables par unité de machine. Aussi bien les possibilités de construction des machines électriques ne tiennent-elles plus aujourd'hui à des facteurs d'ordre technique, mais exclusivement à des considérations d'ordre économique. Or, la grandeur ainsi que l'utilisation intégrale des machines électriques amènent le constructeur chaque jour davantage à faire des recherches strictement scientifiques, afin de se créer la base irréprochable dont il a besoin pour exécuter et ses calculs et ses constructions. L'ère est passée du travail purement empirique. Celui-ci est relégué de plus en plus à l'arrière-plan. Le laboratoire de recherches et le bureau d'études figurent désormais parmi les départements indispensables les plus importants de toute fabrique de machines. Nous pouvons affirmer avec une satisfaction bien légitime que l'industrie électrotechnique suisse a contribué, en 1927 aussi, dans une large mesure aux progrès de l'électrotechnique. Malgré de nombreux obstacles, elle a conservé intactes les forces qui lui permettent de soutenir victorieusement la lutte contre l'industrie étrangère.

L'exposé qui suit se propose de donner une image du développement des diverses branches se rattachant à la construction de machines électriques. L'auteur n'a nullement la prétention d'être complet, car l'exiguité de la place disponible l'a obligé de passer sous silence telle innovation intéressante ou encore telle conquête technique qui, dans d'autres circonstances, eussent mérité une mention. Mais le fait que l'intérêt principal des lecteurs se concentre sur les travaux de notre industrie suisse, explique que nous ayons prêté à cette dernière une attention toute particulière.

### Alternateurs.

C'est dans cette branche que le développement de machines de plus en plus grandes et de plus en plus puissantes s'accuse le plus nettement. Il s'ensuit que la construction de machines électriques devient chaque jour davantage un problème de mécanique, de sorte que les progrès ultérieurs dans ce domaine dépendent

en premier lieu du perfectionnement des matériaux de construction. D'autre part, si l'augmentation de la puissance des machines n'est pas aussi manifeste dans notre pays que dans les grands centres industriels de l'étranger, de l'Amérique en particulier, il faut en chercher la cause dans la nature même de nos installations hydrauliques, dont l'énergie disponible est modeste, dans la règle. Au surplus leur utilisation, en liaison étroite avec la consommation, nécessite fréquemment une forte répartition entre des unités relativement faibles. Toutefois, chez nous également l'évolution tend visiblement vers l'utilisation de machines toujours plus grandes. La centrale de la Handeck des Forces motrices de l'Oberhasli S. A., actuellement en construction, installera quatre alternateurs dont on pourra dire certainement qu'ils constituent les unités actuellement les plus puissantes en Suisse. Leur puissance est de 28 000 à 32 000 kVA, 11 000 volts et 50 pér./sec.  $\cos \varphi = 0,75$ ; pourvues de 12 pôles, les machines fonctionnent à une allure de 500 t/min. La fig. 1 représente une coupe verticale à travers l'un de ces alternateurs. Ainsi que le dessin permet de le constater, la machine est installée à l'étage

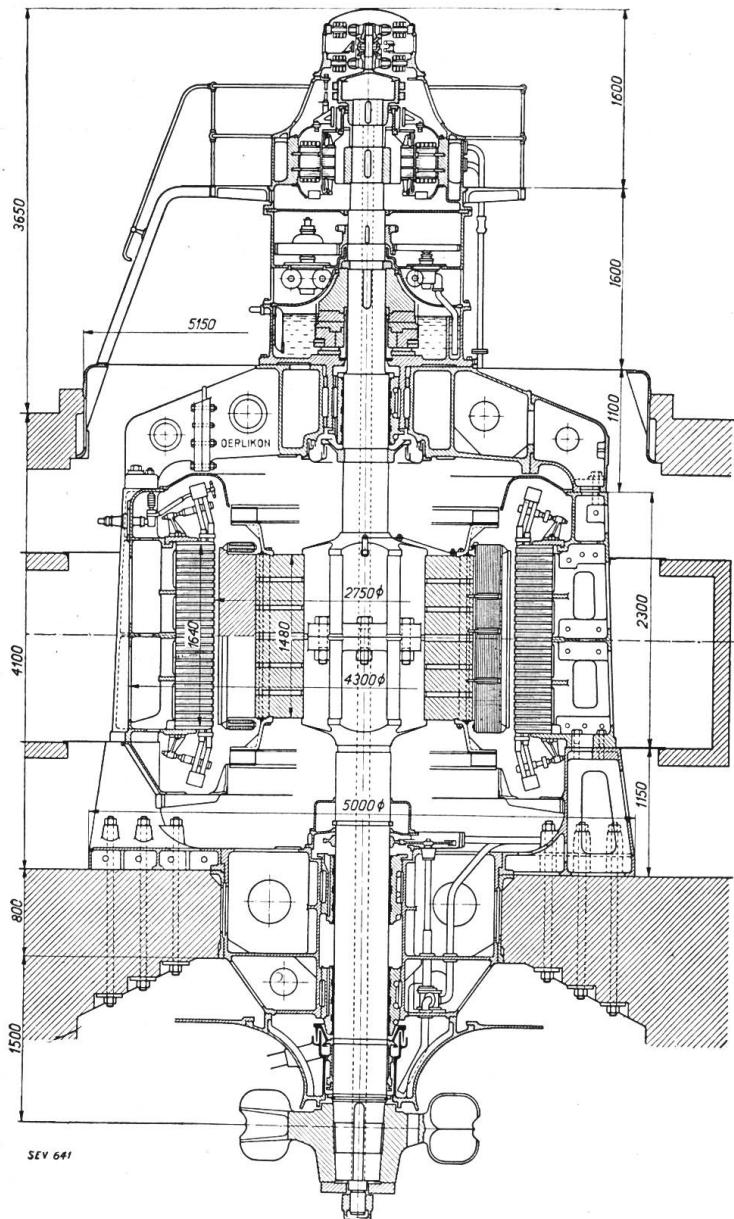


Fig. 1.  
Alternateur triphasé pour la centrale de la Handeck.

intermédiaire de la centrale; le support inférieur permet d'établir une cloison étanche entre l'alternateur et la turbine. La division de l'arbre médian du corps de l'induit est dictée par la charge de transport admissible. Pour obtenir un réglage impeccable en cas de charge capacitive et éviter l'auto-excitation, les machines présentent un très grand entrefer (environ 40 mm); outre l'excitatrice principale, ces machines sont également pourvues de deux excitatrices auxiliaires. Ce sont les Ateliers de Construction Oerlikon (A. C. O.) qui construisent ces alternateurs.

Parmi les alternateurs les plus puissants pour commande par turbines hydrauliques figurent ceux que le groupe Brown, Boveri & Cie. (B. B. C.) a construits pour

la centrale de Kardaun am Eisack. Il s'agit d'unités de 36000 kVA ( $\cos\varphi = 0,8$ ), 250/300 t/min.

La disposition avec arbre vertical s'est révélée la plus favorable pour toute cette catégorie de grandes machines; l'excitatrice montée en bout d'arbre, et les paliers à segments autolubrificateurs sont de construction usuelle. A côté de la fixation, généralement répandue, des pôles à l'aide d'arondes, on a également adopté la fixation avec griffes, qui s'est révélée excellente. Les A.C.O. ont construit selon cette disposition un alternateur de 7500 kVA et 750 t/min. qui enregistra, au moment de l'emballage, une vitesse périphérique de 154 m/sec. Jusqu'ici pareille valeur ne semblait admissible que pour les seules turbo-génératrices.

C'est lorsque la mise en service a lieu à l'aide de turbines à vapeur que les puissances les plus grandes entrent en jeu. Or, en ce qui concerne la grandeur des machines, des progrès énormes ont été accomplis en 1927 dans ce domaine. Il faut citer en tout premier lieu le groupe de turbo-alternateurs que la maison B.B.C. a construit pour la Hell Gate Power Station de New-York, groupe dont la puis-

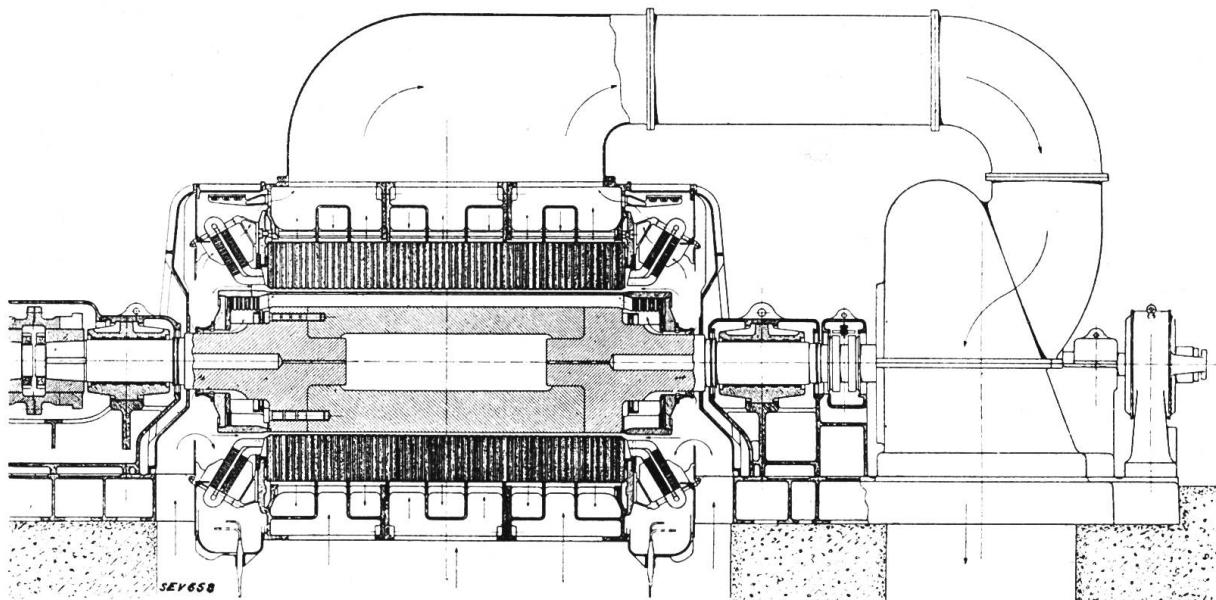


Fig. 2.  
Turbo-alternateur triphasé pour la Hell Gate Power-Station.

sance totale est de 160 000 kW et qui se compose des machines les plus grandes qui aient jamais été construites jusqu'à ce jour en électrotechnique. La turbine à haute pression actionne à 1800 t/min. un turbo-alternateur tétrapolaire de 88 200 kVA et 60 pér./sec.; la turbine à basse pression est à 1200 t/min., avec un alternateur hexapolaire de 100 000 kVA,  $\cos\varphi = 0,85$ . La fig. 2 donne des détails relatifs à la construction de la machine à 4 pôles. Quant à la ventilation, chaque alternateur constitue un cycle fermé avec son ventilateur et son réfrigérant; grâce à une exécution appropriée de la carcasse et des paquets de tôle, l'air frais est refoulé vers l'intérieur, à travers le fer du stator, dans de nombreux canaux placés radialement, en sorte que l'air, entraîné dans l'entrefer par le rotor, balaie également la surface de celui-ci. La vitesse périphérique de la machine en marche est de 140 m/s, son poids de 200 tonnes, ce qui fait 2,26 kg/kVA, en chiffre rond.

Des unités à peu près égales, voire supérieures, ont été commandées depuis à l'American General Electric Company (G.E.C.). Outre un turbo-alternateur triphasé de 100 000 kVA, 1500 t/min., figure comme machine la plus grande un turbo bipolaire à 160 000 kW  $\cos\varphi = 1$  et 1500 t/min.; ce dernier est certes à même de satisfaire tous les vœux quant à la grandeur des puissances unitaires. Toutes ces machines travaillent avec un arbre élastique, autrement dit le nombre de tours critique est inférieur au nombre de tours de service.

La puissance de 40 000 kVA, que l'on considérait autrefois comme la dernière limite des turbo-alternateurs de 3000 t/min., a été réalisée en 1927 dans des constructions multiples. Les établissements Siemens & Schuckert (S.S.W.) à Berlin, construisent actuellement une machine semblable de 43 000 kVA; à n'en pas douter, elle sera suivie bientôt d'unités encore plus puissantes.

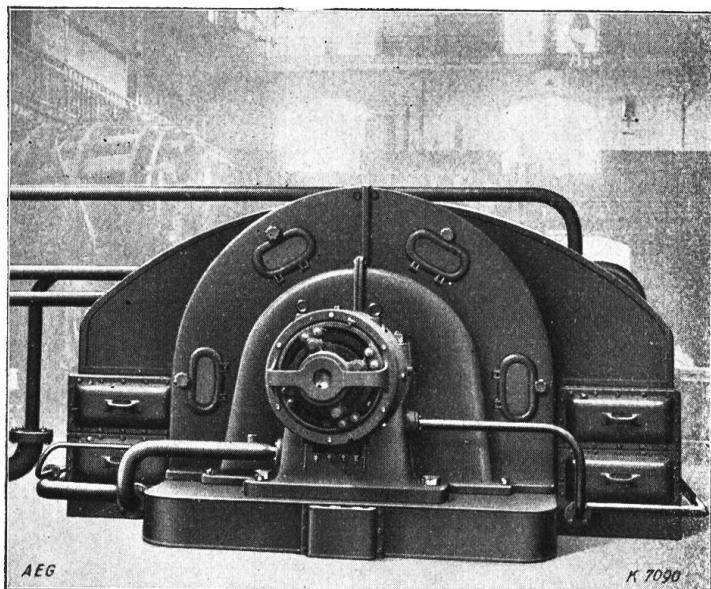


Fig. 3.  
Alternateur avec réfrigérant fixé latéralement.

et la durée de mise en service du groupe, depuis le premier commandement jusqu'à l'émission du courant, est de 5 minutes.

Une attention toute particulière est vouée aux dispositifs de protection de ces alternateurs de fortes dimensions. On y rencontre tout d'abord des extincteurs appropriés comme protection contre les incendies. Pour les alternateurs de 65 000 kVA installés au Niagara on a adopté la solution intéressante que voici: L'air frais est refoulé radialement vers l'extérieur, ce qui empêche le feu de se propager dans le sens de la circonférence; autour de l'enroulement du stator se trouve en outre un système de douches, dans lequel la fusion d'une soudure ouvre une tuyère correspondante pour laisser passer le jet d'eau extincteur.

Au point de vue de la construction, il faut signaler l'innovation suivante: On a également adopté en Europe le procédé, usité depuis quelque temps en Amérique, qui consiste à substituer des constructions en fers profilés soudés, à l'acier coulé ainsi qu'à la fonte grise; les conquêtes de la technique de la soudure, la réduction des poids ainsi que du nombre des modèles ont favorisé cette nouvelle orientation.

Pour obtenir le maximum de débit des usines électriques ou encore pour constituer des réserves, on installe avec avantage des alternateurs Diesel; quoique leur puissance soit modeste, il s'agit de machines aux dimensions très grandes, à cause du nombre de tours réduit, qui est de 100 environ. L'alternateur de 13 000 kVA,  $\cos \varphi = 0,8$  que les S.S.W. ont fourni à une centrale de Hambourg mérite d'être mentionné ici; la puissance du moteur correspondant est de 15 000 chevaux et les dimensions de la machine sont les suivantes: diamètre de l'alésage 8200 mm, largeur du fer 2500 mm; le nombre de tours est de 94, le nombre de pôles de 64; le rendement en pleine charge s'élève à 95,8 %,

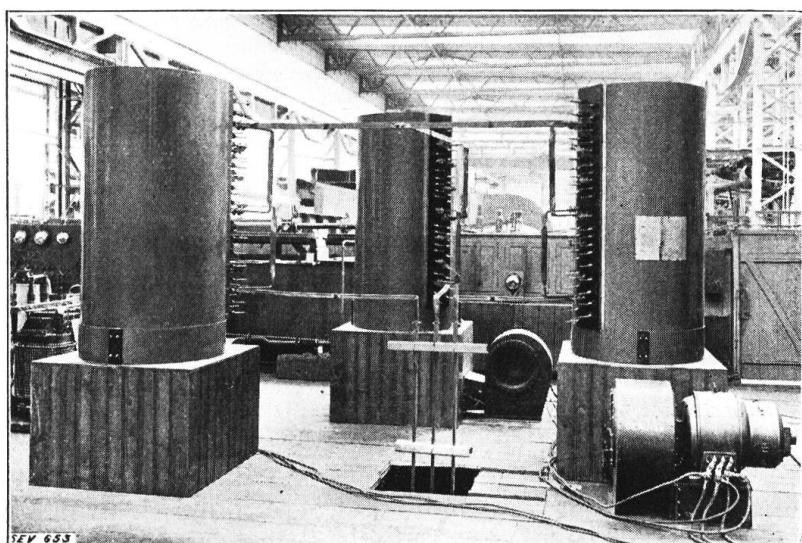


Fig. 4.  
Sels de charge pour une puissance apparente de 45 000 kVA.

une tuyère correspondante pour laisser passer le jet d'eau extincteur.

On affirme que la diminution des poids est en moyenne de 15 %, ce qui justifie en outre la fabrication de plaques de fondation en fers profilés et soudées.

La réfrigération circulaire est adoptée sur une échelle chaque jour plus grande; les propositions les plus récentes visent même à accoupler le ventilateur directement à l'alternateur. La fig. 3 montre une disposition semblable, qui a été exécutée par la Compagnie Générale d'Electricité (A. E. G.) à Berlin. L'emploi récent de l'hydrogène est la conséquence du procédé qui consiste à substituer à l'air un agent de réfrigération ayant une chaleur spécifique supérieure et un poids spécifique moindre. Malheureusement, le gain de matière active réalisable à la suite de l'amélio-

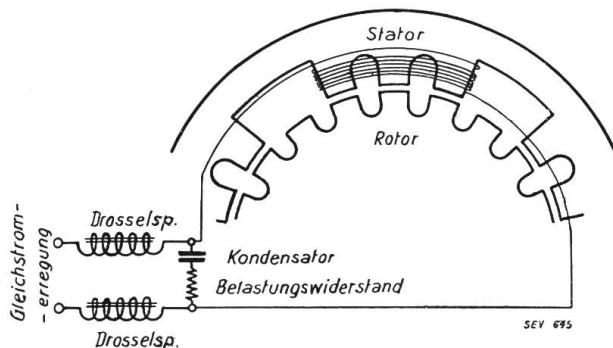


Fig. 5.

Schéma d'un alternateur à haute fréquence, de 10 kW, 20000 pér./sec.  
Gleichstromerregung = excitation à courant continu.

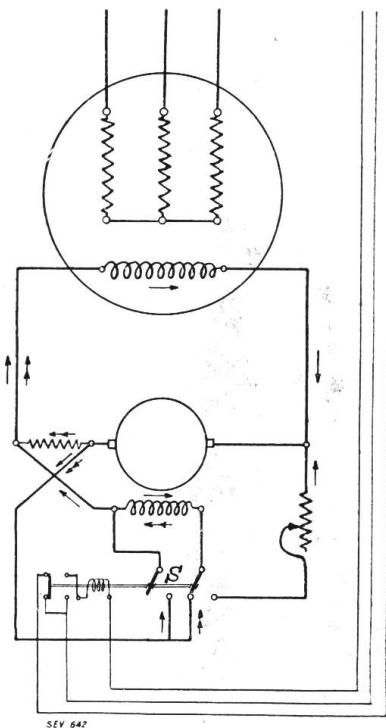


Fig. 6.

Schéma de connexions pour désexcitation rapide.

ration des conditions de réfrigération est annulé en majeure partie par les complications de la construction, qui sont justifiées, étant donné qu'il s'agit d'établir une cloison étanche contre l'infiltration de l'air. Le condensateur synchrone que la G. E. C. a construit pour la New England Power Company constitue un des essais les plus intéressants dans ce domaine. Sa puissance est de 10000 kVA pour la réfrigération au moyen de l'air, et de 12500 kVA pour la réfrigération au moyen d'hydrogène; la machine est d'ailleurs construite en vue de l'utilisation en plein air.

Pour augmenter le rendement des machines électriques sans qu'il y ait dépense non économique de matériaux, il est indispensable de vouer une attention particulière aux pertes accessoires ainsi qu'aux pertes par ventilation. De nos jours, il n'est malheureusement pas encore possible d'évaluer exactement les pertes accessoires dont le siège est dans les connexions frontales et leurs environs; par contre, il est manifeste que leur forte dépendance de la charge fait que l'on obtient des évaluations du rendement quelque peu inférieures à la réalité, lorsqu'on les calcule en se basant sur la marche à vide et en court-circuit. Pour être à même d'exécuter en pleine excitation les essais indispensables en vue de la détermination du rendement, les A. C. O. chargent depuis quelque temps leurs alternateurs à l'aide de grosses bobines de self, à refroidissement naturel; les bobines de réactance que reproduit la fig. 4 peuvent supporter une charge d'une puissance apparente de 45000 kVA. On cherche à diminuer les pertes provenant de la ventilation, qui peuvent constituer la majeure partie des pertes totales dès qu'il s'agit de grandes unités marchant à toute vitesse, en utilisant, au lieu d'ailettes fixées au rotor, un ventilateur en règle, dont le rendement peut atteindre le double de celui de l'ancien dispositif. Pour réduire l'échauffement propre de la machine, toujours si désagréable, le ventilateur est disposé séparément et de préférence dans le canal de l'air chaud, entre l'alternateur et le réfrigérant.

Les alternateurs à haute fréquence trouvent leur application dans la radiotechnique comme aussi pour l'alimentation de fours électriques à haute fréquence. La

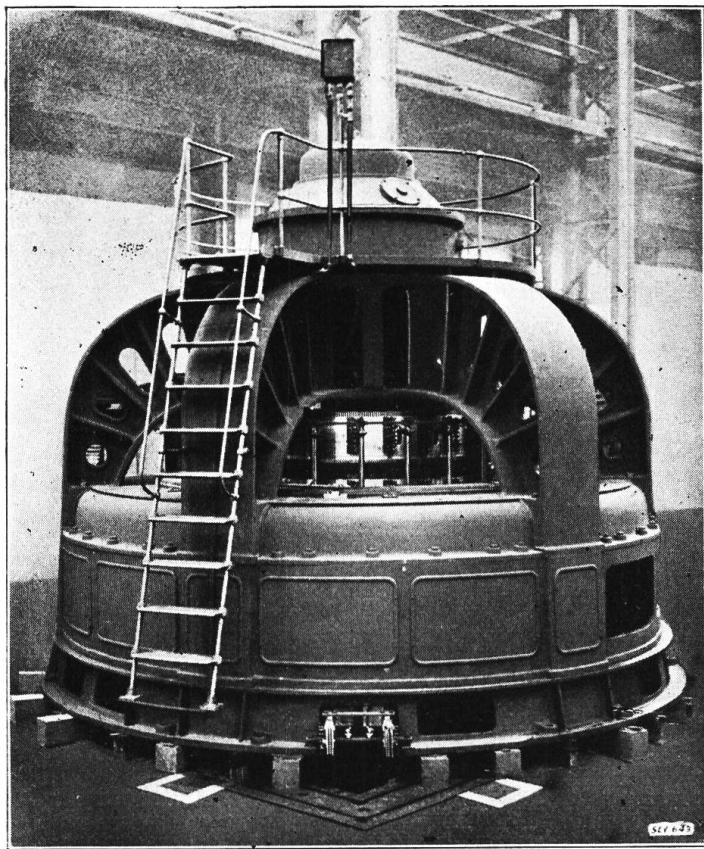


Fig. 7.  
Dynamo à courant continu, de 4300 kW.

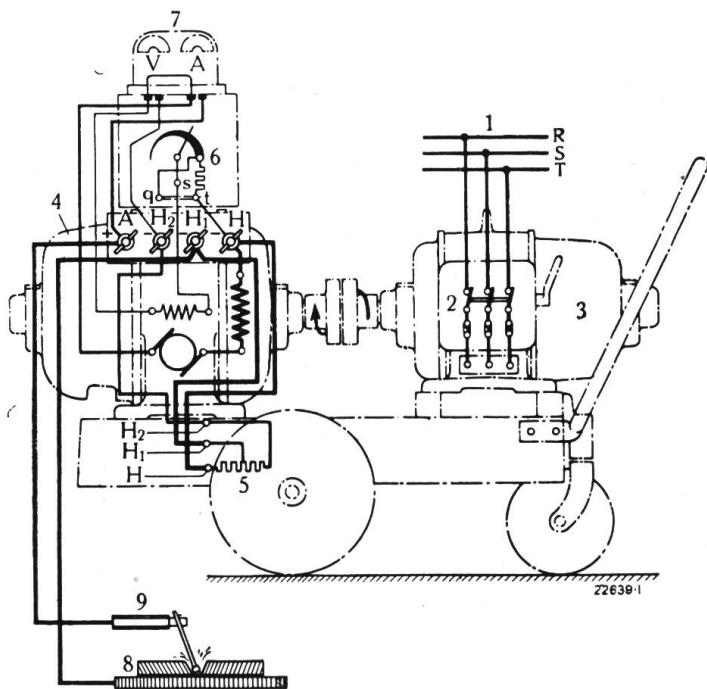


Fig. 8.  
Schéma de fonctionnement d'une dynamo à souder.

fig. 5 représente le couplage d'un alternateur monophasé de ce genre, de 10 kW, 20000 pér./s et 6670 t/min. L'enroulement commun de l'exciteur et de l'induit embrasse ici plusieurs rainures; le courant continu de l'exciteur et le courant à haute fréquence de l'induit sont séparés l'un de l'autre par des bobines réactives et le condensateur. Le rendement est évalué à 64 %; le J. Am. Inst. El. Eng. t. 46, p. 681 a publié une description détaillée de cette machine.

Les machines synchrones sont utilisées sur une large échelle comme machines à puissance purement réactive destinées à améliorer le  $\cos \varphi$ . Les plus grandes machines construites dans ce but, en Europe, ont été exécutées en 1927 par la maison B.B.C. à destination du Japon. Leur puissance apparente est de 30 000 kVA, à 660 t/min. et 60 pér./s. Même pour des unités très grandes, la mise en marche a lieu du côté alternatif. Enfin par le choix approprié du degré de démarrage et par la constitution convenable des enroulements amortisseurs, il est possible de maintenir l'intensité du courant, lors de la fermeture du circuit, à une fraction inférieure aux 50 % du courant de pleine charge.

On attribue une grande importance à la désexcitation rapide des alternateurs, afin d'éliminer aussi rapidement que possible la tension induite en cas de court-circuit. La fig. 6 représente un schéma des A.C.O. destiné à cet effet. La direction du courant dans le système exciteur y est indiquée par une flèche; elle correspond à la marche normale. En cas de désexcitation rapide, indiquée par la position de l'interrupteur "S" et par la double flèche, l'enroulement exciteur est connecté en série avec l'induit et traversé en sens inverse par le courant de l'induit.

### Machines à courant continu.

Dans cette branche, l'évolution en vue de la construction de machines de dimensions et à vitesses plus grandes est considérablement plus lente, parce que les demandes sont peu nombreuses, d'autant plus que c'est surtout par transformation du courant alternatif que l'on obtient le courant continu. Parmi les unités

les plus grandes fournies en 1927 figure la génératrice verticale à courant continu de 4300 kW, 350 volts et 12300 amp., 150 t/min., que nous reproduisons fig. 7.

En relation avec l'usage fort répandu de la soudure à l'arc électrique, la plupart des maisons construisent des groupes convertisseurs correspondants ou des machines spéciales. Le plus souvent, il s'agit de dynamos à courant continu à excitation anti-compound. La tension à vide de 60 à 65 volts se réduit à 35 à 40 volts en charge normale. La fig. 8 représente le schéma de connexion des groupes à souder transportables que fournit la maison B.B.C.; grâce à l'utilisation de plusieurs prises de la résistance d'amortissement 5, la caractéristique courant-tension peut être adaptée à la pièce à souder.

Le Dr Rosenberg, directeur de l'A.-G. für Elektrische Industrie (Elin) à Weiz (Styrie), a réalisé une solution fort intéressante. Comme le montre la fig. 9, il s'agit d'une dynamo à champ transversal; le courant de court-circuit qui passe par les balais  $b - b$  produit le champ transversal, qui permet à la tension utile de s'établir aux balais  $B - B$ . Comme le champ du courant utile est en opposition avec le champ d'excitation, il s'ensuit une limitation du courant extérieur de court-circuit et l'on obtient sans autre réglage une caractéristique courant-tension adaptée à l'arc électrique. Les différentes courbes de courant-tension que reproduit la fig. 10 sont obtenues par réglage des culasses polaires en manœuvrant le volant à main.

Nous avons déjà dit que l'on obtient fréquemment des puissances continues plus grandes par la transformation du courant alternatif à l'aide de commutatrices; de nos jours, ces dernières peuvent être construites avec toute la sécurité de service indispensable, aussi bien pour de forts courants que pour des tensions élevées. La fig. 11 montre une des commutatrices les plus puissantes qui existent. Elle a été construite par la maison B.B.C. pour la New-York Edison Company. La puissance de cette commutatrice est de 4200 kW, 240 à 300 volts, 167 t/min. et 25 pér./s. Malgré ses dimensions, la commutatrice est mise en marche du côté alternatif, mais les balais du collecteur sont relevés pendant la période de démarrage.

Tout récemment, les possibilités de réglage de la tension ont été considérablement élargies; ainsi, par l'utilisation de plusieurs prises disposées sur le transformateur

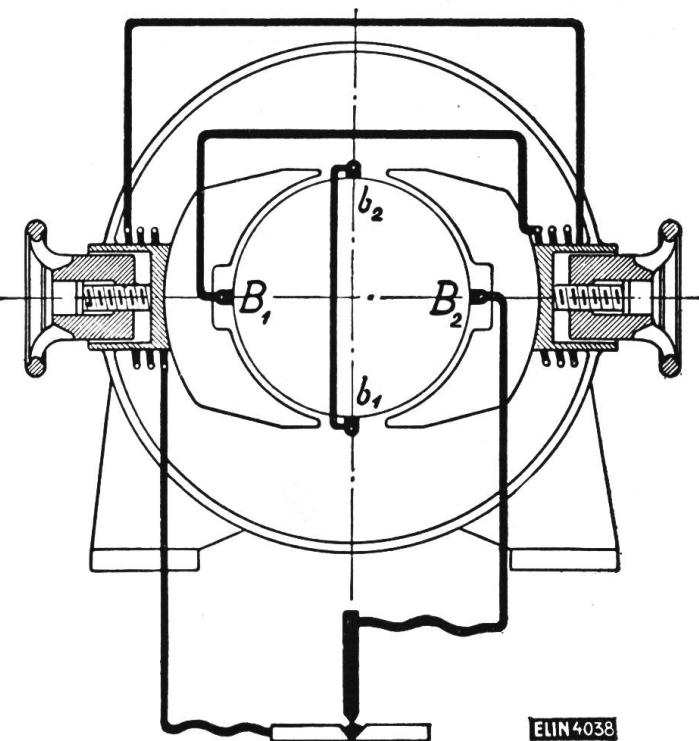


Fig. 9.  
Dynamo à souder, système Rosenberg.

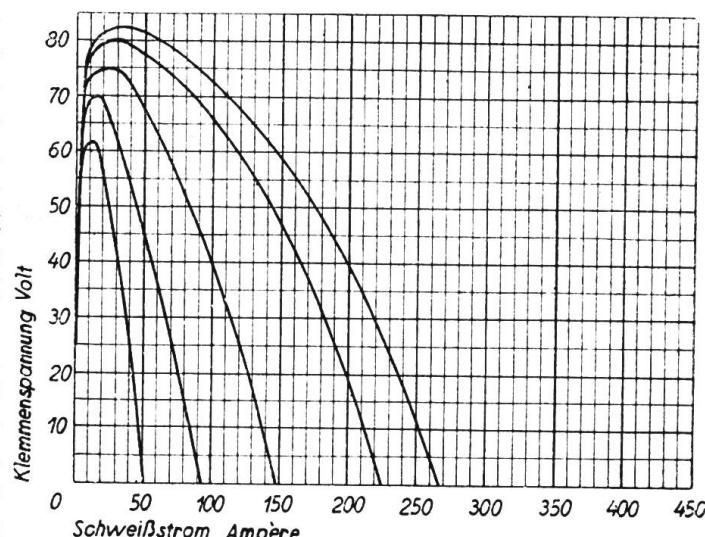


Fig. 10.  
Caractéristiques d'une dynamo à souder, d'après la fig. 9.  
Klemmspannung=tension aux bornes; Schweißstrom=courant.

La puissance de cette commutatrice est de 4200 kW, 240 à 300 volts, 167 t/min. et 25 pér./s. Malgré ses dimensions, la commutatrice est mise en marche du côté alternatif, mais les balais du collecteur sont relevés pendant la période de démarrage.

d'alimentation et par la variation de l'excitation, la G.E.C. règle dans les limites de 400 à 580 volts la tension d'une commutatrice à 10 000 amp. qu'elle a fournie dernièrement.

*Moteurs à courant alternatif.*

L'évolution des moteurs à courant triphasé, qui sont construits en quantités énormes, tend à assurer leur plein rendement tout en abaissant leur poids afin de réaliser ainsi des économies sur les frais de transport et les droits d'entrée. La ventilation en cycle fermé, fortement axiale, constitue aujourd'hui la norme. Pour maintenir le rendement on cherche à augmenter autant que possible le remplissage des rainures par l'isolation des fils. Grâce aux progrès de la fabrication du fil isolé à la laque-émail, il est permis d'espérer que dans un avenir prochain il sera possible d'exécuter les enroulements du stator à l'aide de fil émaillé présentant toute la sécurité de service désirable, et que l'on pourra abandonner désormais l'enveloppe de protection usuelle en coton. L'augmentation de la limite d'échauffement admissible des enroulements pour courant alter-

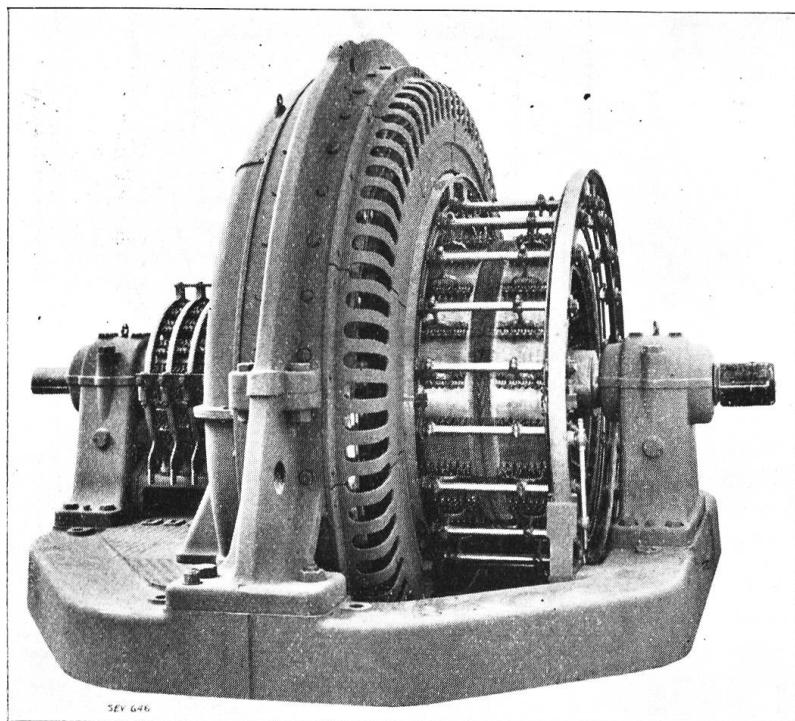


Fig. 11.  
Commutatrice de 4200 kW.

natif agit également dans le sens d'une augmentation de l'utilisation des moteurs ; la conférence de la C.E.I. à Bellagio, en septembre 1927, a porté à 55° C la limite admissible, qui s'élevait jusqu'alors à 50° C. La diminution du poids des moteurs modernes à courant triphasé est illustrée par la série de petits moteurs que la Compagnie Générale d'Electricité (A.E.G.) vient de construire. Ces machines ont un poids à peu près moitié moindre de celui des moteurs de même puissance construits immédiatement avant la guerre. La recherche d'un bon rendement et d'une surveillance simplifiée des paliers a amené certaines maisons à adopter des paliers à billes ou encore des paliers à rouleaux, à titre de construction normale. Suivant les publications faites, la série de moteurs de faible puissance construits par les usines Siemens Schuckert (S.S.W.), par exemple, est exclusivement munie de paliers de ce genre.

Tandis que, jusqu'à ces derniers temps, l'intérêt allait aux petits moteurs à phases compensées, il semble qu'une certaine accalmie soit intervenue avec raison dans cette branche. C'est que les efforts actuels se concentrent surtout sur la diffusion des moteurs à induit en court-circuit, dont le faible couple et le fort courant, au démarrage, contrecarrent par ailleurs l'application générale. Parmi les constructions destinées à lever ces difficultés figurent en premier lieu les induits dits à courants parasites. Dans ce domaine on s'efforce, par la constitution appropriée des rainures, d'augmenter autant que possible les pertes supplémentaires dans le cuivre du bobinage du rotor et, par suite, le couple de démarrage ; comme la fréquence du rotor est très faible pendant la marche, le rendement en service n'en est pas affecté. La provocation de fortes pertes addition-

nelles dans le cuivre demande des rainures étroites et profondes. Cependant, il en résulte une augmentation de la dispersion du rotor qui fixe des limites assez étroites à l'amélioration du démarrage et diminue en outre le  $\cos\varphi$  pendant la marche; ce dernier est toutefois supérieur à celui des moteurs à induit bobiné, à bagues, de même grandeur.

L'A. E. G. s'efforce de parer aux inconvénients signalés plus haut par la construction de moteurs à rainure double. Il s'agit de rainures de forme particulière et de l'emploi de matériel de bobinage de conductibilité variée; le moins bon conducteur est disposé dans la partie extérieure de la rainure et le bon conducteur au fond de celle-ci. On a publié les courbes des facteurs de puissance pour un moteur de ce genre de 5,5 kW (voir fig. 12); ajoutons que le rendement est, en chiffre rond, de 1 % inférieur à celui des moteurs à induit en court-circuit, de construction normale et de même puissance.

Pour la mise en marche d'un turbo-compresseur, les S. S. W. ont fourni un moteur de grandes dimensions avec induit à courants parasites pour 1200 kW, 2970 t/min.; en le connectant sous le 50 % de la tension normale, on a trouvé, pour un courant de démarrage égal à 1,55 fois le cou-

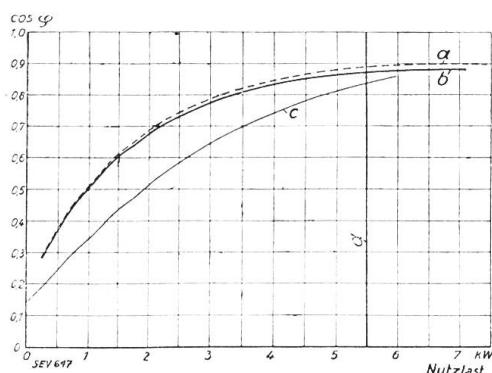


Fig. 12.

Facteur de puissance du moteur ordinaire à induit en court-circuit, du moteur à double rainure et du moteur à bagues.  
a=moteur à induit en court-circuit, b=moteur à rainure double,  
c=moteur à bagues, d=charge nom. Nutzlast=charge utile.

rant normal, un couple de démarrage égal à 0,37 fois le couple normal.

Pour modérer le courant aussi au moment des forts démaragements, on recommande l'emploi d'embrayages centrifuges en liaison avec des commutateurs étoile-triangle. Lors du couplage en étoile, le courant et malheureusement aussi le couple moteur, s'élèvent au tiers environ de la valeur normale lors du couplage en triangle; dans des cas nombreux le couple de charge rend nécessaire la commutation de  $\gamma$  à  $\Delta$  pour des vitesses encore sensiblement inférieures à celle correspondant au nombre de tours synchrone. Ainsi que la fig. 13 permet de le reconnaître, il en résulte un choc de l'hyper-courant de commutation qui dépasse souvent les valeurs admissibles. Les embrayages centrifuges ne peuvent donc atteindre parfaitement le but qu'on leur assigne qu'en cas de démarrage à vide; dans la plupart des cas, ils ne diminuent pas suffisamment le courant de démarrage et aucune réclame, si habile soit-elle, n'y changera rien. Des essais approfondis que l'Association suisse des Electriciens à Zurich et l'Ecole polytechnique de Berlin ont exécutés parallèlement semblent avoir apporté sur ce point toute la clarté possible. Les résultats de ces essais ont été publiés dans le Bulletin de l'A. S. E. 1928, No. 7.

Par contre, l'embrayage Albo, développé par M. le directeur Obermoser de Baden-Baden, constitue une solution irréprochable du problème du démarrage des

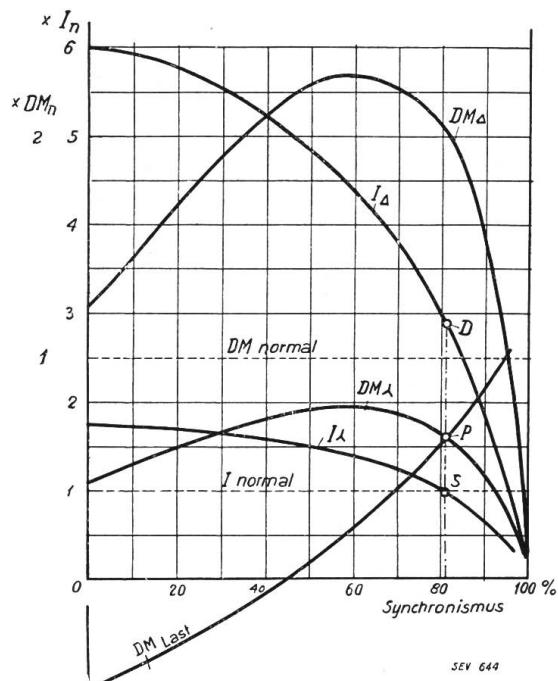


Fig. 13.

Allure du courant et du couple d'un moteur à courant triphasé à induit en court-circuit, pour schémas en étoile et en triangle.  
I = courant. DM = couple.

moteurs à induit en court-circuit. L'analyse de ce dispositif a été publiée dans l'étude que nous venons de mentionner. Son principe consiste en ceci: La force centrifuge et le moment de charge ne peuvent déployer leurs effets avant que  $\gamma$  ait été commuté en  $\Delta$ . Le moteur démarre en couplage-étoile et accélère sans charge aucune

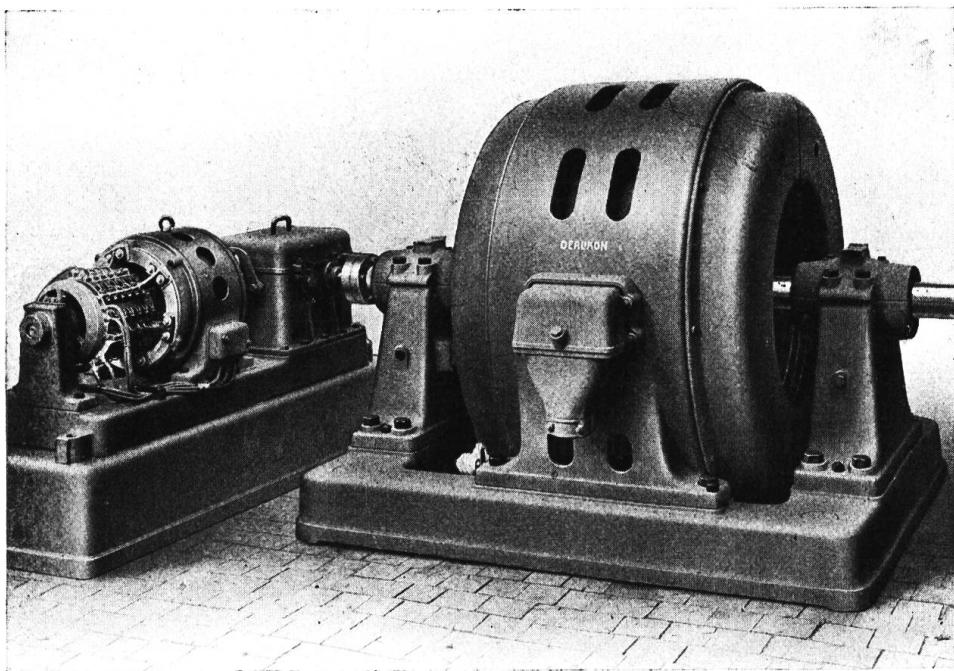


Fig. 14.  
Moteur assynchrone de 350 chevaux, avec excitatrice à courant triphasé.

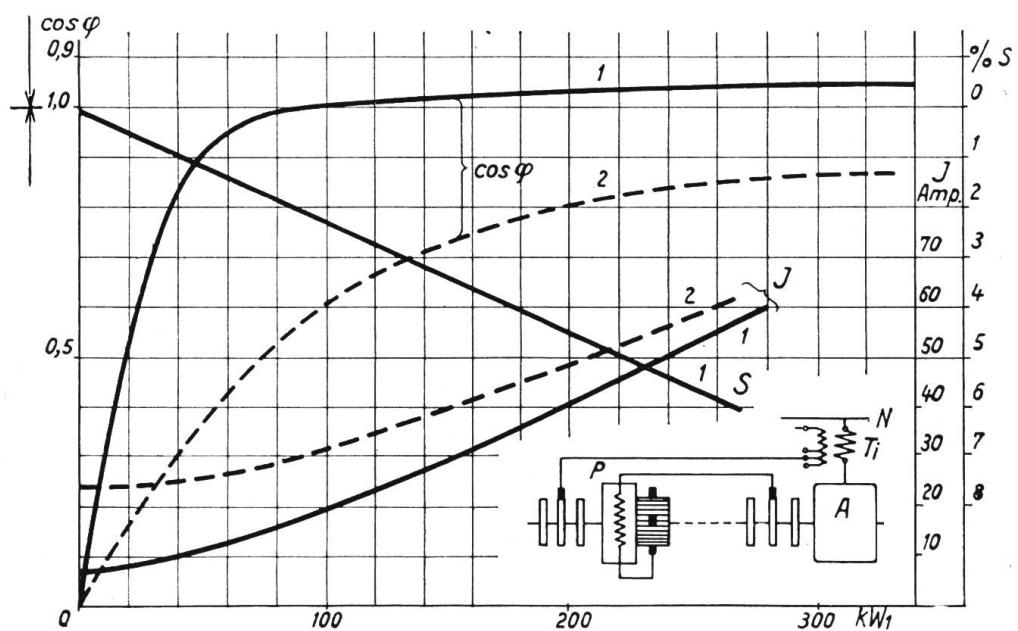


Fig. 15.  
Caractéristiques du moteur asynchrone de 350 chevaux.

le nombre de ses tours jusqu'à ce qu'il ait atteint pour ainsi dire au synchronisme; le petit choc qui se produit lors du couplage en triangle déclenche un arrêt, en sorte que le couplage transmet le moment de torsion sous l'influence de la force centrifuge et le moteur reçoit le courant qui correspond au moment de charge, accru du moment d'accélération. Etant donnée la durée particulièrement courte qu'il faut à un moteur à vide pour atteindre un nombre de tours presque synchrone

(il s'agit généralement d'une durée inférieure à 1 seconde), le passage au couplage en triangle s'effectue toujours à un nombre de tours où le choc de l'hypercourant de commutation est faible. Si cet embrayage fait ses preuves au point de vue mécanique, l'utilisation de moteurs à induit en court-circuit pour des puissances moyennes en recevra certainement une forte impulsion; d'autant plus que les puissances-limite inférieures de cette catégorie de moteurs si simples et si sûrs sont très basses.

Parmi les moteurs à enroulement d'induit, la construction avec démarreur centrifuge monté à poste fixe s'est imposée absolument, en sorte que les démarreurs à main ne sont plus utilisés que dans des conditions de démarrage exceptionnelles.

Pour les moteurs de grande puissance, on prescrit généralement la compensation du décalage, autrement dit, le moteur à pleine charge doit marcher avec  $\cos\varphi$  approximativement égal à 1. Si l'on fait abstraction du réglage simultané du nombre de tours, mais qu'on tienne à un réglage d'autant plus commode du facteur de puissance, on utilise souvent le moteur asynchrone synchronisé, connu aussi sous le nom de moteur synchrone d'induction. Le démarrage a lieu comme moteur asynchrone à l'aide d'un démarreur approprié; pendant la marche, l'accouplement d'une petite génératrice-shunt à courant continu fournit le courant exciteur nécessaire à la marche synchrone.

Quant aux démarrages dans lesquels il faut tenir compte non seulement de la compensation de phase, mais encore du réglage du glissement, on choisit de préférence la solution avec une excitatrice à courant alternatif. C'est selon cette disposition que fonctionne, par exemple, le groupe de moteurs de 350 chevaux, 370 t/min. et 300 volts que reproduit la fig. 14; la fig. 15 donne les caractéristiques pendant la marche, avec ou sans compensation du déphasage. Au couplage direct, on substitue depuis quelque temps le démarrage séparé du convertisseur de fréquence, qui fonctionne comme excitatrice; de même, il est possible d'utiliser l'excitation indépendante au lieu de l'auto-excitation; en pareil cas, l'excitation est fournie par une commutatrice auxiliaire accouplée mécaniquement au moteur principal. Lorsque le déplacement des balais est

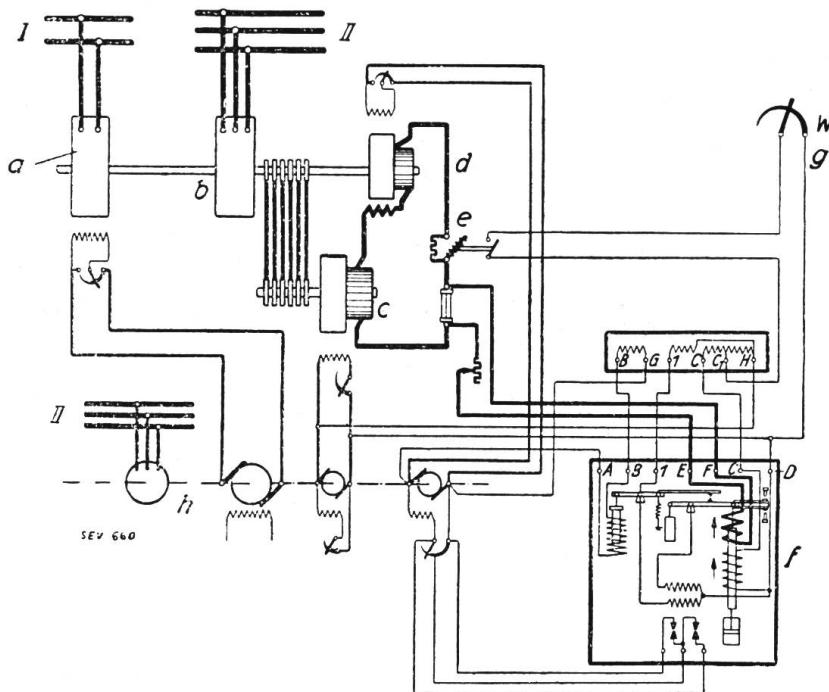


Fig. 16.  
Dispositif de transformation de fréquence, avec réglage de la puissance par régulateur Tirril.

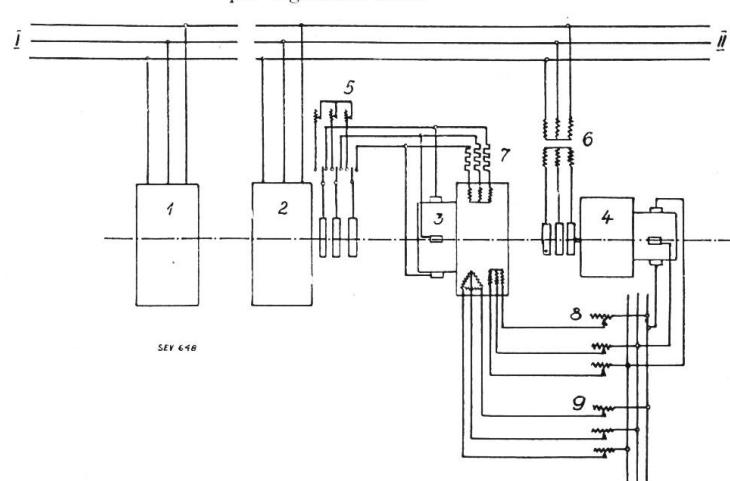


Fig. 17.  
Dispositif de transformation de fréquence, avec excitatrice à courant triphasé et convertisseur de fréquence.

C'est selon cette disposition que fonctionne, par exemple, le groupe de moteurs de 350 chevaux, 370 t/min. et 300 volts que reproduit la fig. 14; la fig. 15 donne les caractéristiques pendant la marche, avec ou sans compensation du déphasage. Au couplage direct, on substitue depuis quelque temps le démarrage séparé du convertisseur de fréquence, qui fonctionne comme excitatrice; de même, il est possible d'utiliser l'excitation indépendante au lieu de l'auto-excitation; en pareil cas, l'excitation est fournie par une commutatrice auxiliaire accouplée mécaniquement au moteur principal. Lorsque le déplacement des balais est

effectué par cette commutatrice auxiliaire de fréquence, la puissance réactive du moteur synchrone peut être arrêtée automatiquement par un régulateur de tension ou du  $\cos\varphi$ .

Dans les machines monophasées à 4 pôles que les S.S.W. ont fournies au Chemin de fer du Wiesental (Etat de Bade), il faut voir une extension du champ d'application des machines asynchrones à puissance réactive. Il s'agit d'une machine à courant alternatif monophasé à 15 périodes, 1000 kVA, dont la fonction est de décharger du courant réactif les 2 alternateurs et transformateurs du réseau ferroviaire. La machine à puissance réactive reçoit son courant d'aimantation d'une excitatrice à courant alternatif accouplée directement et excitée indépendamment.

Un problème important, mais aussi difficile, c'est celui du couplage de réseaux à fréquences différentes. Semblable installation de commutation existe depuis quelque temps déjà à Francfort s. M. Elle consiste en une machine synchrone (a) monophasée pour 8850 kVA et 45,3 périodes, accouplée à un moteur asynchrone à courant alternatif (b) de 6000 kW, 50 périodes. Cette installation se compose en outre d'une commutatrice (c) et d'une machine à courant continu, excitation compound, branchée en série (d). Le courant continu de l'excitatrice est fourni par un groupe commutateur d'excitation (h); la puissance est réglée par un régulateur Tirril dans le circuit du condensateur de la machine (d). La fig. 16 représente le schéma de l'installation; le rendement en pleine charge et pour  $\cos\varphi = 1$  côté triphasé,  $\cos\varphi = 0,6$  côté monophasé, est indiqué à 87 %, et à 72 % pour le tiers de la charge.

Le schéma B. B. C. que l'on voit fig. 17 est destiné au couplage d'un réseau à courant triphasé, 42 périodes, avec un réseau ferroviaire à  $16\frac{2}{3}$  périodes, même courant. Cette disposition s'inspire des considérations suivantes: Le couplage d'une machine synchrone avec une machine asynchrone ne résout pas sans autre le problème, puisque le nombre de tours du groupe est déterminé par la première, tandis que la puissance transmise l'est par la tension rotorique, autrement dit par le glissement lorsqu'il s'agit de machines normales. Ainsi que la fig. 17 permet de le voir, un groupe de 4 machines est nécessaire pour le couplage du réseau: une machine synchrone (1), une machine asynchrone (2), une excitatrice à courant triphasé ou machine Scherbius (3) et finalement un convertisseur de fréquence (4). Le stator de l'excitatrice (3) est muni de 3 enroulements qui sont tous connectés à des résistances suffisamment grandes destinées à diminuer fortement, par rapport à la résistance ohmique, la résistance inductive qui varie selon la fréquence. Dans le circuit de l'enroulement d'excitation (7), il se produit aux balais de (3) une tension proportionnelle au glissement, laquelle annule la tension rotorique de (2). L'enroulement d'excitation (8) est connecté par le convertisseur de fréquence (4) à la tension constante du réseau II; le circuit qu'elle produit devient ainsi indépendant du glissement du groupe et permet d'introduire une tension constante sur les balais de (3) et les bagues de (2) dans le rotor de la machine asynchrone. Cette tension détermine la puissance transmise, en grandeur et en signe. Le 3<sup>e</sup> enroulement d'excitation connecté sur la résistance (9) est destiné à compenser le courant réactif de la machine (2). En faisant varier la résistance dans le circuit d'excitation (8), on est toujours à même de faire fonctionner le groupe commutateur avec une puissance quelconque variant entre zéro et la pleine charge. La tension de glissement résultant des champs des enroulements d'excitation (7) et (8) est-elle positive, la machine synchrone fonctionnera comme moteur, est-elle négative, la machine fonctionnera comme alternateur.

#### *Régulateurs d'induction.*

Il convient de mentionner ici un régulateur d'induction que les A.C.O. ont fourni en 1927 pour une station installée en plein air; la puissance permanente étant de 6000 kVA, les enroulements primaire et secondaire sont connectés, sans l'intermédiaire de transformateurs, à un réseau de 16 000 volts.

### Moteurs à collecteur.

Le moteur à collecteur monophasé, série, avec pôles auxiliaires, tel qu'il a été développé pour la première fois par les Ateliers de Construction Oerlikon, semble devoir être considéré aujourd'hui comme moteur normal pour la traction à courant alternatif monophasé,  $16\frac{2}{3}$  périodes; dès maintenant, les difficultés de commutation sont levées, grâce surtout à la limitation du moteur à des puissances modestes et à des tensions d'induit suffisamment faibles.

Malgré leur peu de succès, l'on voit continuellement surgir des solutions qui cherchent à faire abstraction du commutateur. Ainsi la maison Krupp développe depuis 1926 un moteur monophasé sans collecteur, qui répondrait aux exigences de la traction ferroviaire. On trouve à la page 842, année 1926 de l'Elektrotechnische Zeitschrift, la description détaillée de ce moteur imaginé par MM. Punga et Schön. Des essais de traction étendus faits en 1927 avec une locomotive auraient confirmé l'utilité de ce système de moteurs monophasés.

L'A.E.G. a développé une série de moteurs-shunt à collecteur, à courant triphasé, pour un champ de réglage étendu; pour une machine de 15 kW, 1000 t/min., normale, elle indique pour le couple moteur constant une régulation utile des tours dans les limites 1 : 4, rendement maximum 83% pour  $\cos \varphi = 1$ .

### Transformateurs.

Bien que, quant à la puissance en jeu, les transformateurs de 75 000 kVA construits pour les Forces motrices rhénanes-westphaliennes semblent devoir être considérés encore toujours comme les plus grands, on a construit pourtant, en 1927, des unités qui leur sont pour le moins égales quant aux matériaux mis en œuvre. On travaille sérieusement dans la branche des transformateurs.

Des progrès y ont été accomplis tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, de sorte que les limites imposées à la grandeur de ces machines ne sont plus déterminées que par les besoins et les possibilités de transport.

Parmi les transformateurs les plus grands construits récemment figurent les transformateurs à triple tension que la maison B.B.C. a fournis pour la centrale de Vernayaz des C.F.F. et que l'on voit fig. 18. Leur puissance par noyau bobiné s'élève en permanence à 11 000 kVA, si l'on tient compte de la surcharge. Une colonne porte les enroulements pour 15 kV et 66 kV, l'autre pour 15 kV et 132 kV; deux des tensions mentionnées peuvent travailler ensemble, au choix. L'armature en fer présente comme particularité une troisième colonne destinée à la compen-

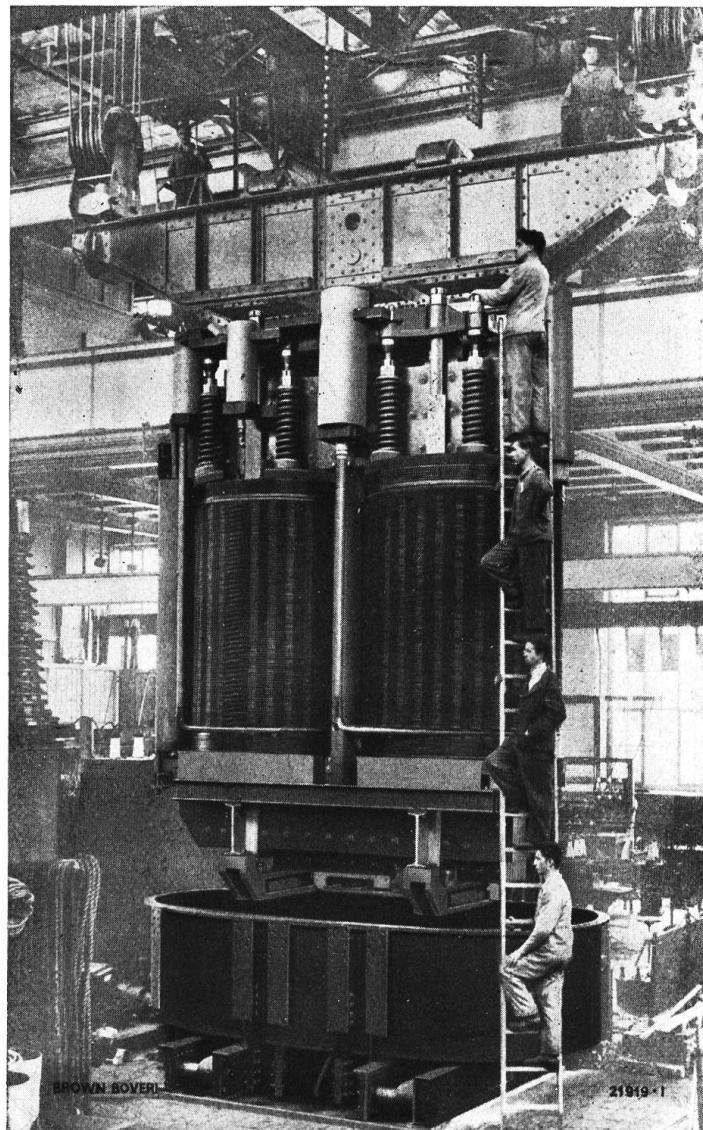


Fig. 18.  
Transformateur à triple tension, pour 15/66/132 kV.

sation du flux de dispersion et éventuellement du flux principal. Voyez la description détaillée qui a paru dans la Revue B.B.C., année 1927, page 282 et suivantes. Sont également remarquables les transformateurs triphasés que la même maison a fournis pour la centrale de Kardaun am Eisack, et dont la puissance est de 36 000 kVA, 252 kV haute tension, tension d'essai 450 kV pendant une minute et 650 kV momentanément. Les dimensions des transformateurs monophasés pour

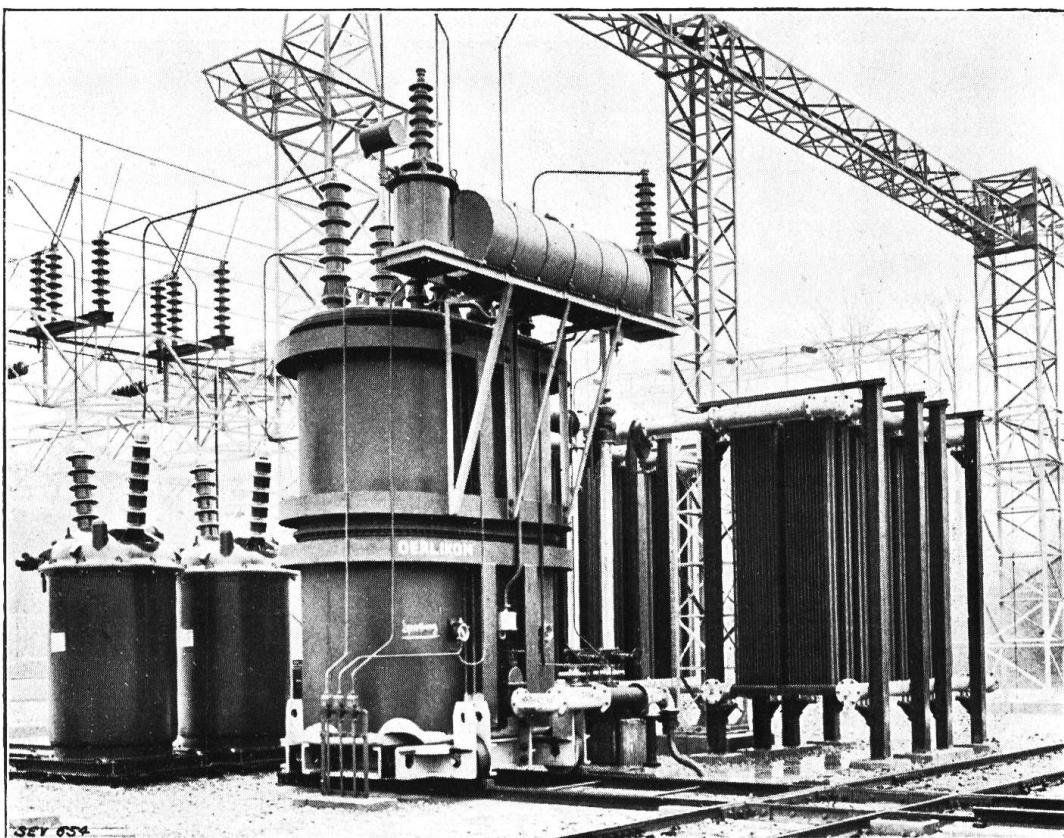


Fig. 19.  
Transformateur en plein air, avec réfrigérant.

22 000 kVA, 100 kV,  $16\frac{2}{3}$  périodes que l'A.E.G. a fournis pour la centrale ferroviaire de l'Isar moyenne S.A. sont aussi énormes. La fig. 19 reproduit la disposition des réfrigérants d'un transformateur installé en plein air pour les C.F.F. Les batteries de réfrigération fonctionnent avec refroidissement naturel, l'huile étant maintenue en circulation par une petite pompe. La force ascensionnelle naturelle de l'huile suffit pour maintenir l'échauffement dans les limites admissibles en cas de charge partielle ou de température extérieure très basse. La même construction a également été exécutée par les Ateliers de Sécheron à Genève pour les transformateurs de 9000 kVA qu'elle a fournis à la sous-station de Chiètres des C.F.F. et dont la description détaillée a été publiée dans le Bulletin de l'A.S.E., année 1928, No. 8.

Les transformateurs pour voitures motrices nécessitent une construction fort trapue. A cet effet, les A.C.O. ont développé un type de transformateur monophasé cuirassé dont le volume est égal à  $1450 \times 1450 \times 930$  mm et qui transforme une puissance de 1100 kVA,  $16\frac{2}{3}$  périodes, de la haute tension (15 kV) à 100, jusqu'à 500 volts. Le poids total du transformateur est de 6000 kg, donc 5,5 kg/kVA. La fig. 20 représente une construction analogue des Ateliers de Sécheron, avec réfrigération à huile montée à poste fixe; l'air de réfrigération est chassé dans un système de tuyaux.

En raison de son indépendance d'autres moyens auxiliaires, la construction avec réfrigération naturelle à l'huile au moyen de récipients en tôle ou de radia-

teurs est de plus en plus adoptée, de préférence à toute autre; cette exécution a permis de construire des transformateurs jusqu'à 25 000 kVA pour 50 périodes. La construction, fréquente autrefois, consistant en un système de tuyaux avec circulation d'eau montés à l'intérieur de la cuve, est désormais abandonnée pour ainsi dire complètement.

Au premier plan de l'intérêt du technicien figurent encore toujours les ondes à front raide, leur pénétration dans l'enroulement et la fatigue qui en résulte pour celui-ci. Comme l'oscillographe à rayons cathodiques permet à l'électricien de vérifier par des expériences les considérations théoriques d'autrefois, le problème sera résolu entièrement tôt ou tard. L'usage s'est généralisé, qui consiste à renoncer aux dispositifs de protection particuliers placés avant les transformateurs, pour leur substituer des bobinages à isolation suffisamment épaisse, notamment celle des spires d'entrée, pour les protéger contre les ondes à front raide. A cause de l'absence de toute sollicitation thermique, il semble que l'intensité de champ provoquant un percement soit sensiblement supérieure quand il s'agit d'ondes à front raide, que lors de l'épreuve usuelle d'une minute. Voyez l'étude publiée à ce sujet dans le Bulletin de l'A. S. E., 1927, No. 4.

Pour le réglage de la tension des réseaux, on préfère parfois l'emploi de transformateurs réglables, afin d'éviter les régulateurs d'induction, dont le courant déwatté est toujours un peu fort. Pour effectuer la commutation en service, degré par degré, sans interruption du courant, on partage le bobinage en deux moitiés parallèles, suivant le procédé américain; tandis que l'une des moitiés passe d'un degré au suivant, l'autre demeure inchangée. D'autres solutions consistent dans l'utilisation de bobines de réactance pour la commutation ou encore d'interrupteurs à prises, qu'on trouve aujourd'hui sur le marché et qui sont destinés à assurer le passage degré par degré pendant le service. Le réglage continu de la tension, tel que le régulateur d'induction le réalise, mais sans l'inconvénient dû au moment de torsion, est obtenu par les transformateurs à coulisse de la maison Koch & Sterzel à Dresde. Le

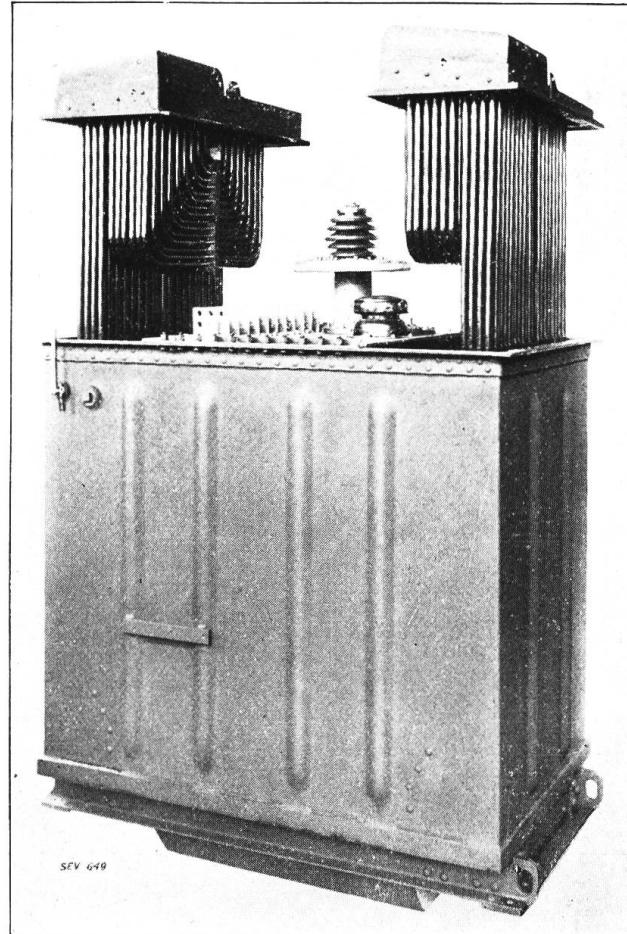


Fig. 20.  
Transformateur monophasé pour automotrices.

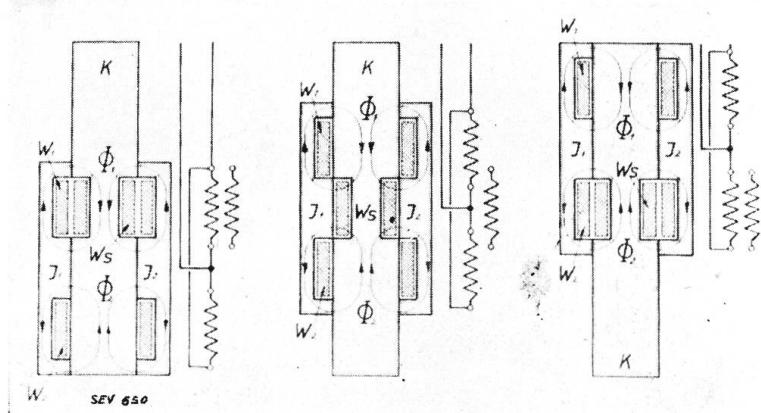


Fig. 21 a  
Principe du transformateur à coulisse.

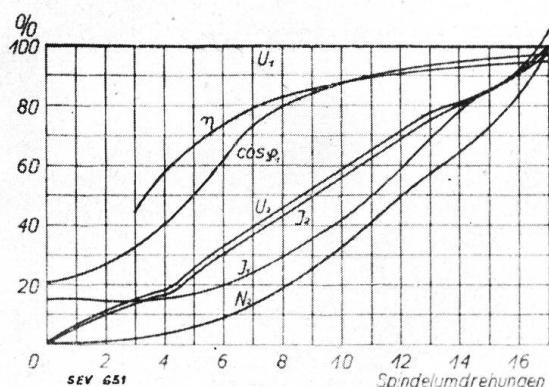


Fig. 21 b. Caractéristiques du transformateur à coulisse. Spindelumdrehungen = Tours de la tige filetée.

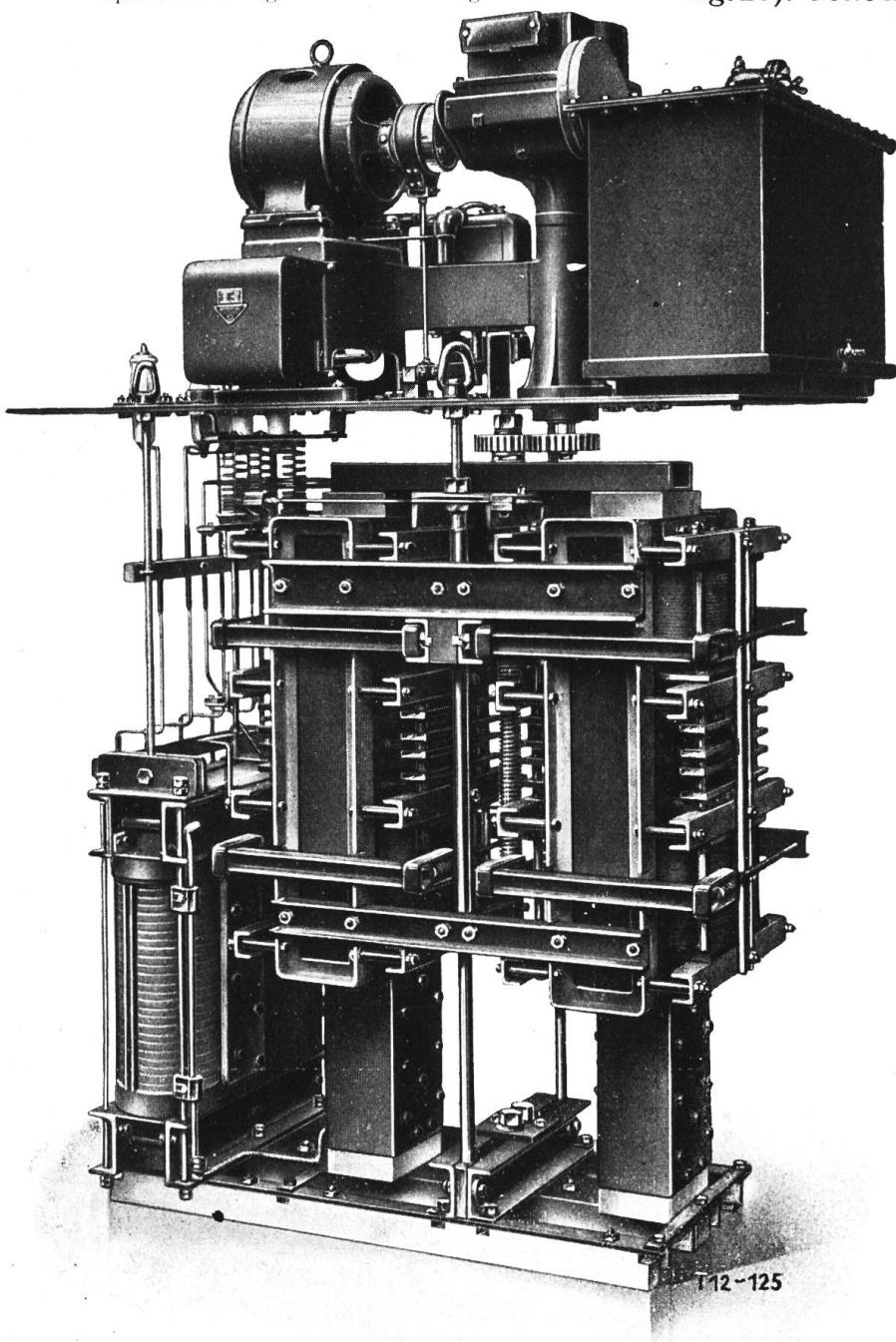


Fig. 22. Transformateur à coulisse.

schéma de principe est représenté fig. 21 a, le réglage de la tension fig. 21 b, tandis que la fig. 22 donne une vue de cet appareil.

L'augmentation incessante de la tension pour les transmissions d'énergie électrique, ainsi que les expériences faites avec des courants à haute tension, nécessitent des tensions d'essai et des transformateurs d'essai en conséquence. Dans ce domaine, la maison B. B. C. offre sur le marché une nouvelle construction qui promet (voir fig. 23). Cette figure permet de se rendre compte que seul l'enroulement baigne dans l'huile; la paroi cylindrique du récipient à huile est exécutée en matière isolante, par contre le fond supérieur et le fond inférieur sont en fer. Cette disposition permet une exécution extrêmement simple de la partie à haute tension, qui demeure toujours pour ce genre d'appareils la partie présentant le plus de difficultés. Les constructions pour 750 kV contre la terre ont obtenu un plein succès. Pour les essais avec un pôle à la terre, l'enroulement à basse tension est excité par un transformateur auxiliaire isolé et le fer du transformateur principal est porté chaque fois à la moitié du potentiel de la borne à haute tension. La tension d'essai la plus forte a été obtenue par un groupe de transformateurs d'essai fourni à la Stanford University U.S.A.; au moyen du schéma en cascade de Dessau, 2 fois 3 transformateurs à 2,5/350

kV, on a obtenu une tension de 1050 kV contre la terre. L'A.E.G. a également mis en service, dans le laboratoire de sa fabrique de transformateurs, un transformateur de 1000 kV contre la terre; la haute tension, sans schéma en cascade, est obtenue dans un cylindre. Pour gagner de la place en hauteur, la borne à haute tension est disposée latéralement.

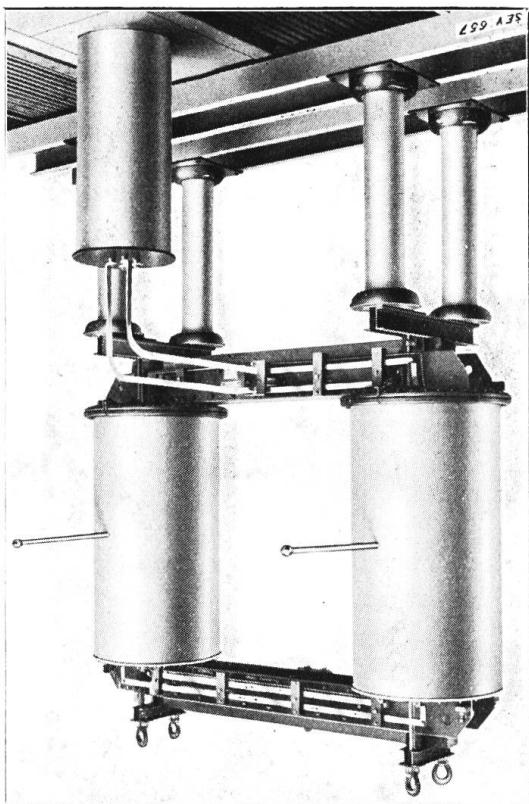


Fig. 23.  
Transformateur d'essai pour 750 kV contre la terre.

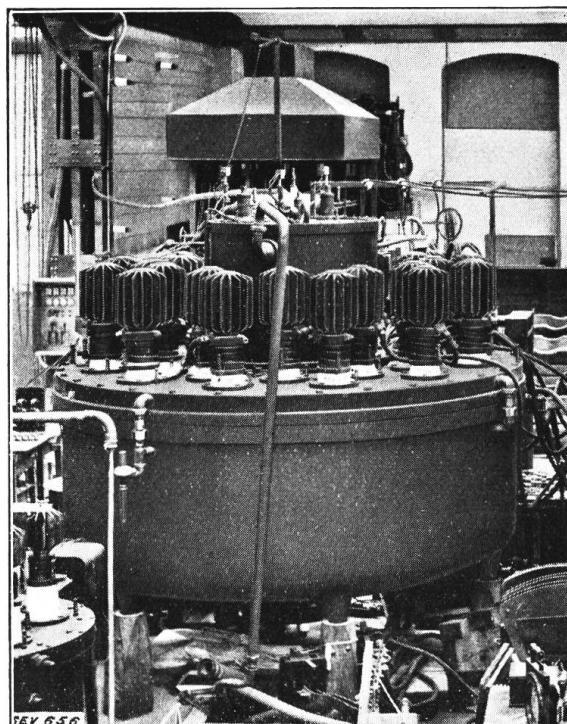


Fig. 24.  
Redresseur pour 16000 amp.

Les échauffements que les prescriptions usuelles chez nous déclarent admissibles sont 70° pour l'enroulement et 60° pour l'huile au point le plus chaud. Ils sont considérés comme fort élevés. Or, les nouvelles prescriptions dans ce domaine, telles qu'elles ont été arrêtées par la conférence de Bellagio déjà mentionnée, prévoient des valeurs qui sont de 5 à 10° inférieures pour les transformateurs à huile, savoir :

réfrigération à air	enroulement 60°	huile 50°
réfrigération à eau	enroulement 65°	huile 55°,

toutes les températures étant notées en degrés centigrades.

#### *Redresseurs.*

Dans ce domaine également, l'évolution tend à la création d'unités toujours plus grandes et les fabriques seront bientôt à même de répondre à tous les vœux en ce qui regarde la puissance. Quoique le redresseur ait été créé pour la première fois par Cooper-Hewit en Amérique, il n'en demeure pas moins vrai que les maisons européennes se sont placées à la tête de cette branche de la technique. Il est permis de signaler ici la grande part que la maison B.B.C. a prise jusqu'à ce jour à la solution du problème des redresseurs. Aussi bien ses succès ne se sont-ils pas fait attendre. Mentionnons la livraison qui lui a été adjugée en 1927, à savoir 95 redresseurs d'une puissance totale de 114000 kW pour les sous-stations des tramways urbains, de ceinture et de banlieue, de Berlin. La fig. 24 reproduit un redresseur de 16000 amp., le plus grand qui ait été construit jusqu'à ce jour.

Tout comme la limite du courant, la limite de la tension elle aussi a été relevée, et pour ces machines on garantit un service impeccable jusqu'à 16000 volts, pour 100 à 200 amp. Comme le danger de réamorçage a pu être diminué très sensiblement, par des mesures appropriées, il est permis d'affirmer aujourd'hui que ces redresseurs présentent une entière sécurité de service. Le degré de sécurité atteint ressort très nettement du fait qu'en 1927 des installations de redresseurs automatiques

ont fonctionné avec un plein succès. Il faut aussi voir une innovation dans le travail en commun d'une commutatrice et d'un redresseur, destinés tous deux au fonctionnement automatique, à la sous-station de Riehen de l'usine électrique de Bâle. Le succès de ce type de transformation a obligé la plupart des grandes maisons de l'industrie électrotechnique à en entreprendre la fabrication. D'autre part, il est certain que la concurrence toujours plus chaude donnera le jour à des perfectionnements ainsi qu'à des simplifications ultérieures.

La construction de redresseurs en verre a également réalisé des progrès notables. L'intensité du courant produit dans un tube en verre a pu être élevée jusqu'à 350 amp., avec un maximum de 650 volts; avec une forte réfrigération, on obtient une puissance allant jusqu'à 260 kW par tube, à basse tension. Sous 1500 volts, pourvu que la réfrigération soit suffisante, on peut produire jusqu'à 350 kW, une puissance pouvant suffire dans bien des cas à la traction de tramways ou de chemins de fer régionaux.

#### Interrupteurs.

La construction des petits interrupteurs s'adapte chaque jour davantage aux besoins et exigences si divers de l'usage quotidien, et, par suite des pres-

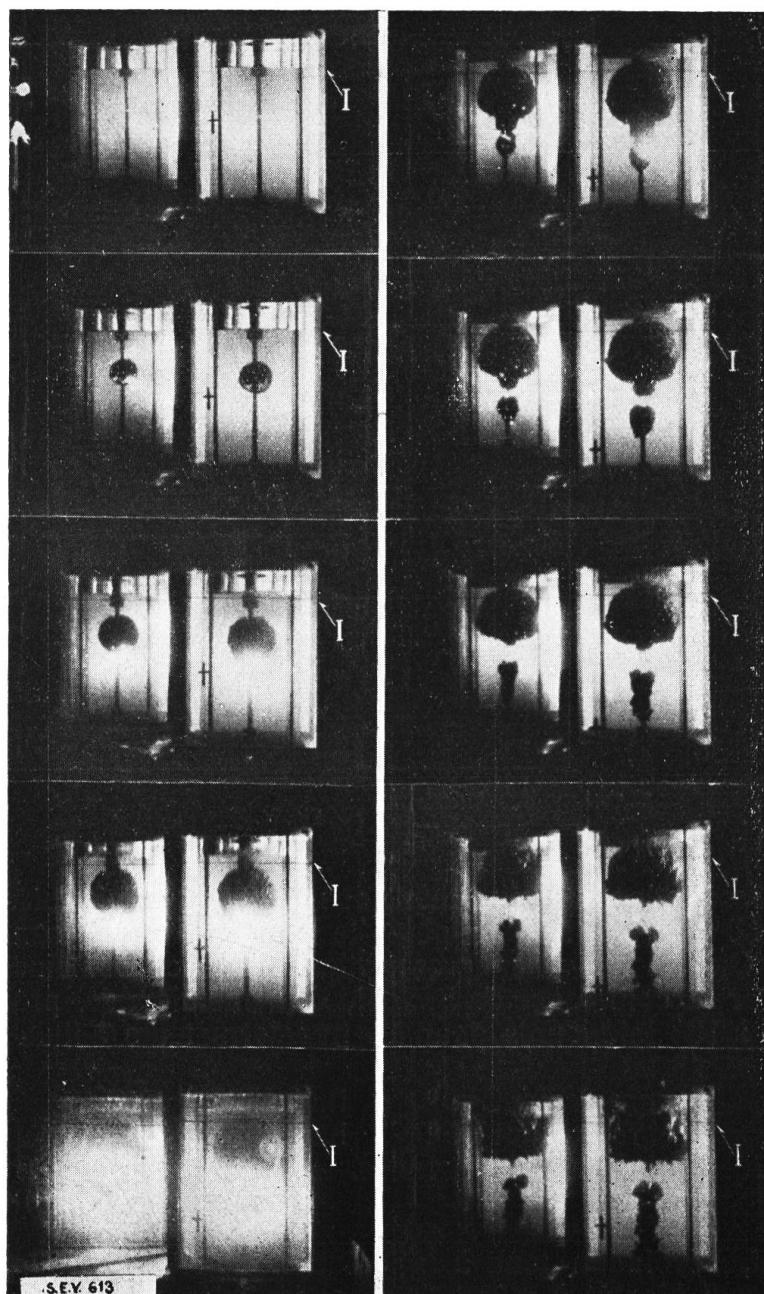


Fig. 25.  
Rupture dans l'huile cinématographiée au ralenti.

criptions et des normes, la concordance s'établit de plus en plus entre les modèles des différentes maisons. Par contre, les interrupteurs de grandes dimensions sont construits pour faire face à des tensions toujours plus élevées et à des puissances de rupture toujours plus grandes. Des essais de la maison B.B.C. dans le réseau à 110 kV, avec neutre isolé de l'Alabama Power Company ont permis d'enclencher sur court-circuit une puissance de 1 000 000 kVA et de couper une puissance de rupture de 630 000 kVA. Dans cet ordre d'idées, on nous permettra de signaler ici

les essais faits par l'American Gas & Electric Company avec des interrupteurs à huile, essais dont on trouvera la description dans le J. Am. Inst. El. Eng. tome 46, page 698. Ici également l'on a fait des essais en enclenchant des puissances allant jusqu'à un million de kVA; dans le réseau à 132 kV, on a soumis à des épreuves extrêmement rigoureuses un interrupteur de 150 kV de la maison B. B. C. à coupures multiples, ainsi qu'un interrupteur de 135 kV de la G. E. C. avec chambres d'extinction. Ces essais ont montré que l'une et l'autre des constructions sont possibles en vue de la création d'interrupteurs pour les puissances les plus grandes.

Dans une large mesure, la construction d'interrupteurs était basée jusqu'ici sur l'empirisme. Mais à l'instar des constructions mécaniques, et même à un degré supérieur, on s'efforce depuis quelque temps, par des recherches et par des expériences scientifiques, à assurer la construction des interrupteurs sur des bases de calcul aussi sérieuses que celles des autres branches de la construction de machines. En effet, ce n'est que dans cette direction que des progrès véritables seront possibles. Par des prises de vues cinématographiques à l'aide du ralentiisseur, on s'efforce de pénétrer plus avant dans les secrets du phénomène de l'interruption; de semblables travaux permettent de contrôler, partiellement du moins, les théories établies. Encore que les résultats obtenus jusqu'à ce jour ne soient pas de nature à satisfaire toutes les exigences, il y a toutefois lieu de croire que les efforts faits un peu partout pour éclaircir ce problème seront couronnés de succès tôt ou tard. La fig. 25 reproduit une prise de vue cinématographique à l'aide du ralentiisseur; on y aperçoit clairement la bulle des gaz de fumée qui se forme lors de l'ouverture du courant, ainsi que le dégagement ascensionnel de la bulle.

Ce qui a amené quelques grandes maisons à installer des centrales leur appartenant et destinées à fournir l'énergie nécessaire aux essais relatés ci-dessus, c'est la grande importance que l'on attache à ces essais de rupture, ainsi que la tendance à se rendre indépendant de l'utilisation des réseaux, pour effectuer ces essais en toute liberté. C'est ainsi que la maison B. B. C. est en train d'installer deux alternateurs d'une puissance apparente de 50 000 kVA chacun, appelés à fournir une puissance de rupture de 1 million de kVA. Des maisons allemandes et américaines parlent également de projets semblables.

Comme innovation au point de vue constructif, il faut signaler que, en ce qui concerne les interrupteurs, l'exécution des contacts est conçue souvent de façon que la pression de contact soit augmentée par l'influence électromagnétique du courant même. On empêche ainsi que, à partir du moment du premier contact jusqu'à la position de contact définitive, plusieurs fermetures et ouvertures consé-

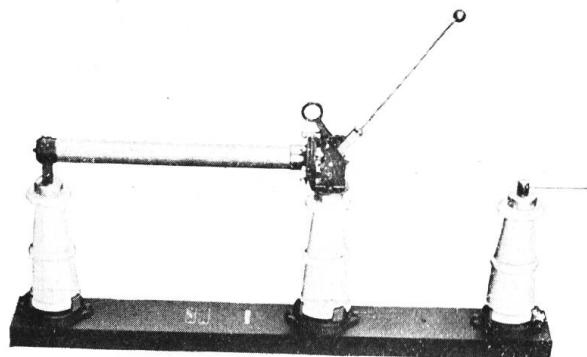


Fig. 26.  
Appareil de protection d'un transformateur de potentiel.

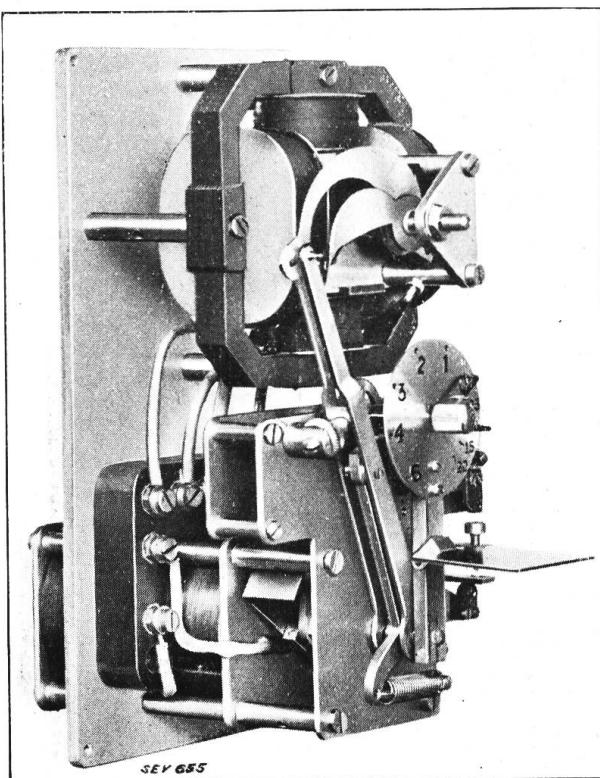


Fig. 27.  
Relais d'impédance.

cutives rapides du circuit n'aient lieu, notamment lors de la fermeture sur court-circuit. Car les gaz qui se développent alors peuvent déterminer facilement une explosion. Au demeurant, ou utilise des contacts sphériques comme des contacts de surface ou à frottement. D'autre part, les opinions sont encore fort contradictoires quant à l'utilité et à l'opportunité de l'emploi de résistances intercalées, de chambres d'explosion, etc.

Afin de diminuer le danger qui résulte pour l'installation dans son ensemble des défauts d'isolation aux transformateurs de tension ou autres appareils à consommation réduite, les A. C. O. ont développé un nouveau dispositif de protection. Le courant résultant d'un dérangement déclenche un disjoncteur, à la suite de l'allongement d'une résistance provoqué par l'échauffement, d'où séparation automatique de l'appareil défectueux du reste du réseau. La fig. 26 reproduit ce dispositif de protection à réaction rapide et sensibilité réglable à volonté, de sorte qu'il préserve le réseau de tout dommage et le transformateur lui-même de toute destruction. (Voir Bulletin A. S. E. 1928, no. 11).

La fig. 27 reproduit un autre dispositif de protection également fort intéressant. Il s'agit d'un relais d'impédance ou de distance, développé par la maison B. B. C. Sa fonction est de mettre hors-circuit, à titre de dispositif sélectif de protection, exclusivement la partie du réseau qui a subi directement une atteinte. Le relais se compose des trois parties suivantes, agissant ensemble :

a) *L'organe d'impédance* composé d'une bobine de courant fixe et d'une bobine de tension également fixe, dans l'intérieur desquelles est disposé un électro-aimant, lequel, par son renversement lors d'un dérangement dans le réseau, dégage le mécanisme de commande.

b) *Le mécanisme de commande* avec remontage à la main; il fournit le travail mécanique pour l'établissement du contact.

c) *L'ohmmètre*, qui dicte la durée de déclenchement et arrête le relais en cas d'afflux d'énergie. Ici également l'on ne rencontre que des bobines fixes; le noyau de fer, qui est mobile, porte les segments que la figure permet de discerner clairement. La commande de la courbe de ces segments engrène avec le levier de déclenchement. La position des segments est dictée par la distance du court-circuit et la direction de l'afflux d'énergie; elle détermine la durée du déclenchement par la position du levier.

La durée de déclenchement est par conséquent déterminée aussi bien par l'intensité du court-circuit que par la distance de l'endroit où il s'est produit; les relais les plus proches du lieu du dérangement réagissent tout d'abord et l'effet sélectif désiré est assuré. (Voir aussi Bulletin A. S. E. 1928, no. 16).

Outre les deux types d'interrupteurs dont nous venons de donner une description un peu détaillée, un grand nombre d'appareils appartenant au domaine des interrupteurs ou des relais ont paru sur le marché en 1927. Mais comme ces appareils n'offrent aucune innovation de principe ou encore parce que leur champ d'application est fort restreint, nous ne pouvons pas nous attarder à leur sujet dans le cadre limité de cet aperçu.

## Il problema idroelettrico nel Ticino.

Conferenza tenuta dall' Ing. C. Andreoni, Direttore della Officina Elettrica Comunale di Lugano alla giornata dei banchieri a Locarno, l' 8 settembre 1928.

*L'orateur mentionne d'abord la valeur, trop peu estimée, des forces hydrauliques dont dispose le canton du Tessin. Il donne ensuite un aperçu du développement des centrales hydroélectriques tessinoises les plus importantes et des forces hydrauliques encore non-utilisées. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, dans le canton du Tessin, on ne tire parti que du  $\frac{1}{4}$  ou du  $\frac{1}{3}$  de l'énergie hydraulique disponible. La situation favorable des forces hydrauliques encore non domestiquées laisse prévoir une exploitation rentable et des prix de revient intéressants.*

621.311(494)

*La situation économique du canton exclut toutefois pour le moment l'utilisation au pays même de l'énergie totale disponible. La mise en valeur des ressources hydrauliques est en relation étroite avec la question de l'exportation. L'orateur termine par un appel à l'Etat, aux communes, aux techniciens et aux financiers, pour qu'ils veuillent bien contribuer dans la mesure de leurs moyens à stimuler l'exploitation des forces hydrauliques tessinoises, pour le bien du pays.*