Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 55 (1929)
Heft: 24

Artikel: Redresseurs à vapeur de mercure au service de la ville de Vienne
Autor: Kotschubey, N. von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-42694

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: 17.07.2025

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

Quand a_n varie de da_n, λ varie de

$$\frac{\partial \lambda}{\partial a_n} da_n = \frac{\pi^2}{2l} n^2 a_n da_n$$

et l'on a, en écrivant que la variation de l'énergie potentielle est égale au travail des forces extérieures,

$$\frac{EI\pi^4}{2l^3} n^4 a_n da_n = P da_n \sin \frac{n\pi c}{l} + \frac{S\pi^2}{2l} n^2 a_n da_n ,$$

d'où
$$a_n = \frac{2Pl^3}{EI\pi^4} \frac{\sin \frac{n\pi c}{l}}{n^4 - n^2 \frac{Sl^2}{EI\pi^2}} .$$

Désignons par $S_{crit.}$ la valeur de la charge critique de flambage d'une poutre à deux articulations. On a

$$S_{crit.} = \frac{EI\pi^2}{l^2} .$$

Posons
$$\alpha^2 = \frac{S}{S_{crit.}} .$$

On peut écrire

$$a_n = \frac{2Pl^3}{EI\pi^4} \frac{\sin \frac{n\pi c}{l}}{n^4 - \alpha^2 n^2}$$

et l'on a finalement

$$(8) \quad y = \frac{2Pl^3}{EI\pi^4} \left[\frac{\sin \frac{\pi c}{l} \sin \frac{\pi x}{l}}{1 - \alpha^2} + \frac{\sin \frac{2\pi c}{l} \sin \frac{2\pi x}{l}}{2^4 - 2^2 . \alpha^2} + \dots \right]$$

En comparant cette expression avec l'expression (7) on voit que l'adjonction de la force P ne modifie pas la valeur de la charge critique. Par contre, les forces S ont pour effet d'augmenter les flèches dues à P.

Comme l'on peut, avec une bonne approximation, ne conserver que le premier terme de la série précédente, on pourra conclure que, par l'effet des forces S, les flèches sont augmentées dans le rapport de 1 à $1 - \alpha^2$.

La conclusion reste la même si l'on a une charge transversale uniformément répartie.

Les flèches calculées, on trouve sans peine le moment fléchissant maximum dû aux forces longitudinales et l'on peut déterminer ainsi les contraintes produites dans la poutre.

Si les forces S, au lieu de comprimer la poutre, la tendaient, un calcul semblable au précédent conduirait à remplacer dans la série (8), α^2 par $-\alpha^2$.

Le cas des poutres encastrées aux deux bouts ou encastrées à un bout et libres à l'autre se traiterait aussi sans difficulté. Nous en laissons le soin au lecteur.

D) Les exemples qui précèdent montrent bien l'intérêt des méthodes de M. *Timoshenko*. Disons encore, pour terminer, que dans le calcul des plaques, on est amené à se servir aussi de séries trigonométriques. Ce ne sont plus des séries simples, mais des séries doubles. Ces séries conviennent très bien pour représenter les flèches, mais celles qui permettent le calcul des tensions et que l'on obtient par des dérivations terme à terme, sont beaucoup moins convergentes et c'est là un grave inconvénient. Bornons-nous a indiquer, à ce sujet, les recherches de M. Courant (Göttinger Nachrichten, 1923), qui montre comment on peut obvier à ce défaut et à signaler la thèse de Si Luan Vei, sur la plaque rectangulaire encastrée. (Göttingen 1925.) *(A suivre.)*

Redresseurs à vapeur de mercure au service de la Ville de Vienne,

par N. von KOTSCHUBEY, ingénieur.

Le développement de l'emploi du courant alternatif et surtout du courant triphasé dans tous les domaines d'application de l'énergie électrique n'ont pas enlevé au courant continu toute son importance. En effet, un très grand nombre de consommateurs d'énergie électrique ne se servent de celle-ci que sous la forme de courant continu. Parmi ces derniers, on peut citer les Chemins de fer (France, Espagne, Hollande, Angleterre, Australie, Indes anglaises, Afrique du Sud, en partie l'Italie, les Etats-Unis d'Amérique du Nord, etc.), les fabriques de produits chimiques (production électrolytique du zinc, de l'aluminium, d'hydrogène, ce dernier étant une des matières premières les plus importantes de la fabrication d'engrais artificiels, etc.) et enfin les réseaux de lumière à courant continu. C'est surtout ces derniers qui nous intéressent en ce moment car nous allons passer en revue les installations de redresseurs à vapeur de mercure alimentant les réseaux de lumière de la Ville de Vienne.

Ce n'est pas seulement à Vienne qu'on emploie le courant continu pour les services de lumière mais aussi dans un très grand nombre de villes, soit européennes (Paris, Londres, Bruxelles, Stockholm, Munich, etc., notamment en Suisse, à Saint-Gall), soit des Etats-Unis d'Amérique du Nord (New York, Chicago, etc.), ce système est encore utilisé du moins pour une certaine partie de leurs réseaux et surtout dans les anciens quartiers.

Les raisons qui obligent les Services d'électricité de ces villes à maintenir le système à courant continu sont les suivantes :

1° Le coût de nouvelles installations de distribution de courant triphasé est élevé et obligerait les Services d'électricité à immobiliser des capitaux considérables.

2° Le changement des câbles présente souvent des difficultés insurmontables et est aussi très coûteux.

3° En effectuant le changement de système, les Services d'électricité d'une ville seraient obligés de changer à leur propre compte toutes les installations des consommateurs.

4° Les sous-stations à courant continu n'étant souvent pas encore amorties, il s'ensuivrait une perte des capitaux engagés.

Les raisons que nous avons mentionnées ci-dessus ont amené la direction des Services d'électricité de la Ville

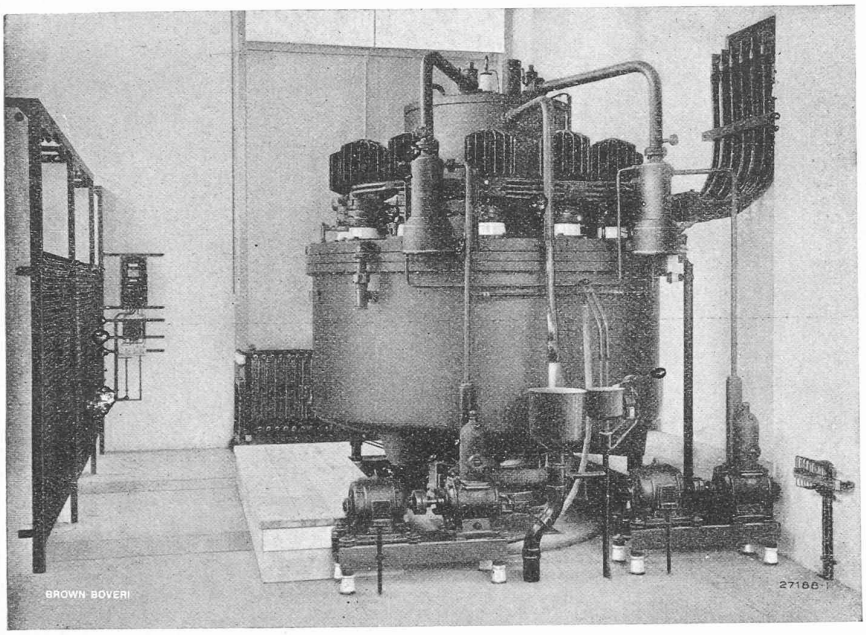

Fig. 1. — Installation de redresseurs de la ville de Vienne.
Sous-station *Schmelz*, 4000 *A*, 400-700 *V*.
Service de lumière, 400 à 560 *V*. — Service de traction, 600 *V*.
Charge de batterie, 600 à 700 *V*.

de Vienne à la décision de maintenir pour tous les anciens quartiers le système d'éclairage à courant continu.

Afin de répondre à la demande de courant toujours croissante, les Services d'électricité, en prenant cette décision, se virent obligés d'augmenter la puissance des installations existantes. En tenant compte des résultats très concluants obtenus en employant des redresseurs à vapeur de mercure dans les sous-stations de Tramways et de Chemin de fer métropolitain, deux groupes de redresseurs à vapeur de mercure d'une puissance unitaire de 800 à 1160 kW, à des tensions variant entre 400 et 560 volts furent commandés. Ces groupes, en service depuis la fin de l'année 1927, prouvèrent que ce genre de convertisseurs correspond complètement à tous les besoins des services de lumière. En se basant sur ces derniers résultats, les Services d'électricité commandèrent ensuite 13 groupes redresseurs à 4000 ampères par cylindre et pour des tensions variant de 400 à 700 volts. Ces groupes sont en service depuis la fin de l'année écoulée et donnent pleine satisfaction. Chaque groupe est composé d'un transformateur connecté du côté primaire en étoile et du côté secondaire en double fourche, d'un redresseur à vapeur de mercure à 4000 ampères avec appareillage nécessaire pour le maintien du vide ainsi que de l'excitation et pour l'allumage automatique, de l'appareillage haute tension et de celui à courant continu.

Afin de pouvoir obtenir le réglage voulu, c'est-à-dire entre 400—560—700 volts, les transformateurs sont munis du côté primaire de prises connectées à des commutateurs à gradins. Ces derniers comprennent des plots de contact, les balais principaux, des résistances de shuntage, contacts auxiliaires, ainsi que des contacts de commutation pour connexion en série et en opposition (voir fig. 2). Les plots étant montés sur des circonférences, les balais effectuent une rotation ; lorsque l'on passe de la connexion en série à la connexion en opposition à l'aide du contact de commutation, les balais principaux passent directement du plot de droite au dernier plot de gauche de l'enroulement de réglage.

Ce dispositif permet donc de dédoubler le nombre de gradins en se servant tout simplement du contact de commutation pour connexion en série ou en opposition. Dans les installations de redresseurs à vapeur de mercure, grâce à l'insensibilité du redresseur à la dissymétrie de la tension alimentant le groupe, on peut augmenter le nombre de gradins par rapport au nombre de prises de six fois. En effet, en effectuant la rotation non des trois phases en même temps, mais d'une phase seulement, on peut augmenter le nombre de gradins, déjà doublé grâce au dispositif de commutation série et en opposition, de trois fois. On obtient donc dans les cas d'un transformateur avec 10 prises un nombre total de 60 gradins (c'est-à-dire 3 fois $\pm$ 10). Dans les cas de groupes à 4000 ampères livrés à la Ville de Vienne, ayant un domaine de réglage de 400 à 560 volts, on a mis en service des interrupteurs à gradins avec un nombre total de 24 gradins, et dans le cas du domaine de réglage entre 400 et 700 volts, des interrupteurs à gradins avec 48 gradins (voir fig. 3 et 4). Il est intéressant de savoir qu'à présent, dans le but de pouvoir diminuer l'espace nécessaire pour le

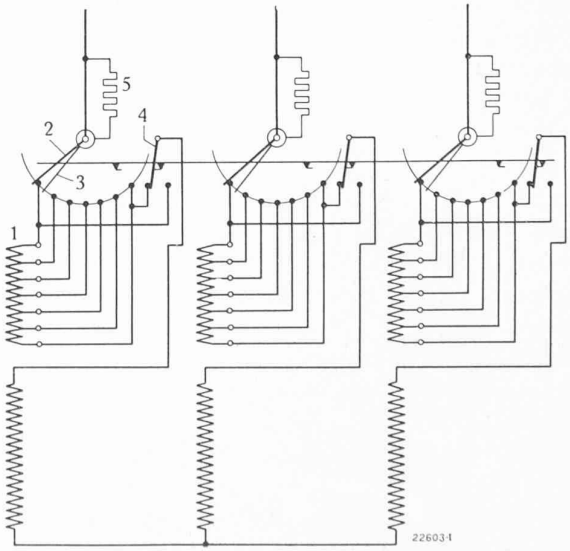

Fig. 2. — Schéma des connexions d'un commutateur à gradins pour installation de redresseurs.

Légende : 1 = enroulement de réglage. — 2 = contact principal. 3 = contact auxiliaire. — 4 = contact de commutation pour connexion en série ou en opposition. — 5 = résistance de shuntage.

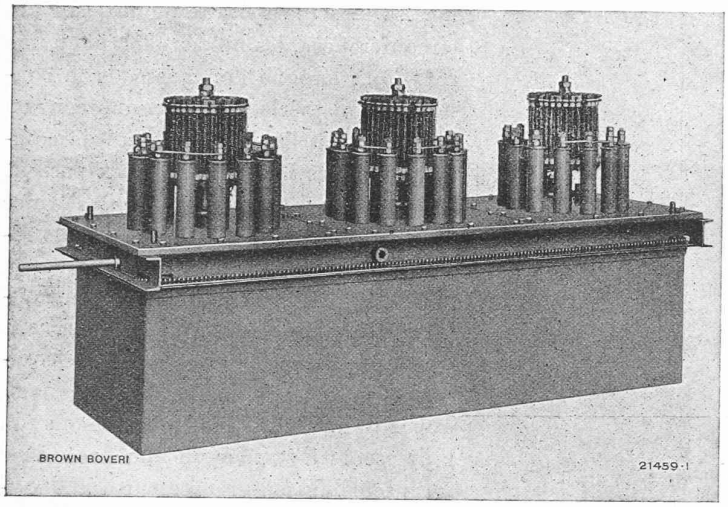

Fig. 3. — Commutateur à gradins, type *D 12*, ± 12 gradins.
Tension de service, 5000 *V*. — Courant nominal, 400 *A*.

montage des groupes de réglage, les interrupteurs à gradins sont montés à l'intérieur des cuves des transformateurs (voir fig. 5).

Les pertes dans le commutateur à gradins étant négligeables, il ne reste à considérer que les pertes du transformateur même, dont la grandeur-type a été augmentée par l'adjonction de bobines de réglage. Ces pertes ne sont pas aussi grandes avec ce mode de réglage qu'avec celui employant un régulateur d'induction, et permettent d'améliorer les rendements totaux de l'installation de 2 à 3 %.

Les groupes pourvus d'un domaine de réglage de 400 à 560 volts sont employés uniquement pour les services de lumière. Par contre, les groupes avec leur domaine de réglage entre 400 et 700 volts peuvent être employés pour trois services complètement différents. En effet, entre 400 et 560 volts, ils alimentent les réseaux de lumière ; entre 560 et 600 volts, ils desservent les réseaux de tramways, tandis qu'entre 600 et 700 volts ils sont employés pour charger des batteries d'accumulateurs.

Le grand domaine de réglage prévu pour les services de lumière s'explique par le fait qu'en cas de perturbations du réseau à courant triphasé alimentant les sous-stations transformatrices du courant triphasé en courant continu, les groupes moteurs-générateurs synchrones ainsi que les groupes redresseurs sont mis régulièrement hors service. La tension primaire manquant, toute la charge du réseau de lumière est supportée par les batteries, lesquelles se déchargent au bout d'un certain temps jusqu'à une tension de 400 volts. C'est aussi à cette tension que les groupes redresseurs doivent être remis en service. Après leur mise en service, la tension est augmentée petit à petit et ramenée jusqu'à la tension normale de 520 à 560 volts.

Du côté primaire, les groupes redresseurs sont protégés au moyen d'interrupteurs haute tension à bain d'huile. Dans plusieurs sous-stations, en tenant compte de la grande puissance du réseau primaire, on se sert d'interrupteurs à contacts solénoïdes. Ces derniers permettent d'obtenir une très grande sécurité de service, soit dans des conditions normales, soit sur courts-circuits.

Du côté courant continu, les groupes sont protégés par des interrupteurs ultra-rapides pourvus d'un dispositif de protection sélective, qui consiste en relais à retour de courant (fig. 6). Ces derniers empêchent le déclenchement des interrupteurs des groupes en service marchant en parallèle avec un groupe qui a dû être mis hors service par suite d'une perturbation. Les disjoncteurs à action rapide prévus pour les groupes redresseurs de 4000 ampères sont à déclenchement instantané à retour de courant et pourvus également de relais

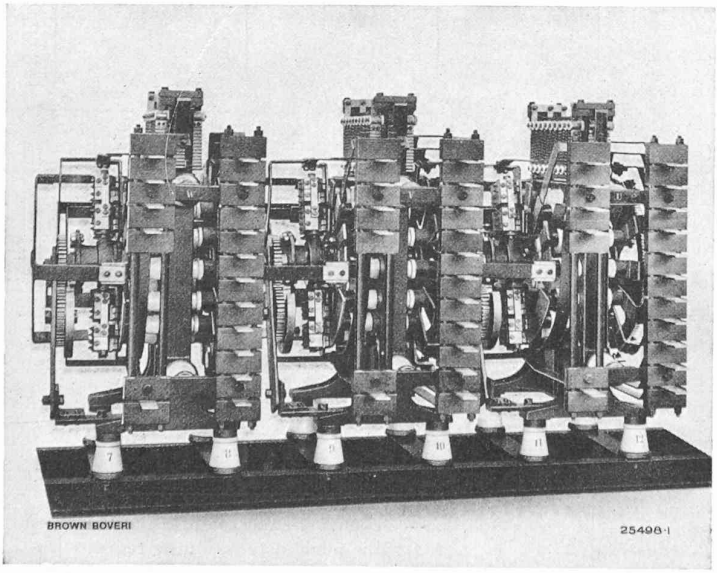

Fig. 4. — Commutateur à gradins pour deux fois ± 12 gradins.
Tension de service, 5000 *V*. — Courant nominal, 600 *A*.

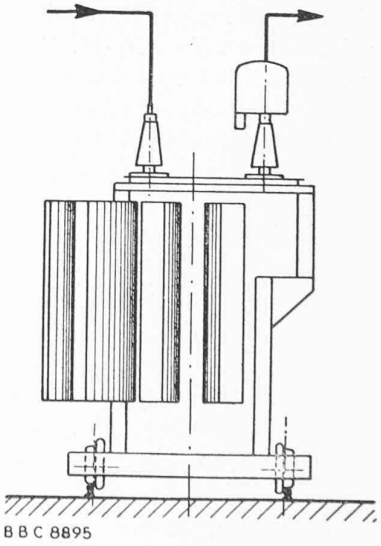

Fig. 5. — Transformateur triphasé avec commutateur à gradins monté dans la même cuve.

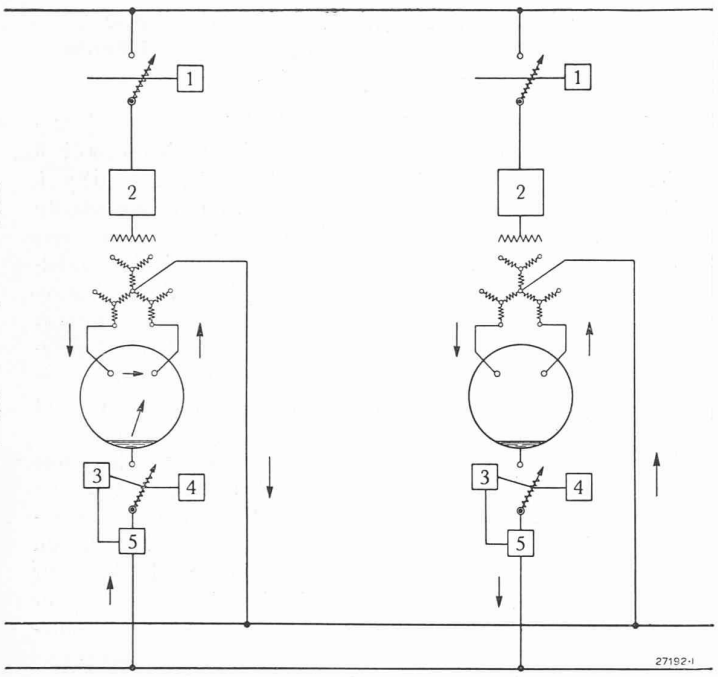

Fig. 6. — Schéma de la protection sélective des groupes redresseurs.

polarisés pour déclenchement à maximum de courant avec action différée. S'il se produit un allumage en retour dans l'un des cylindres, celui-ci sera mis immédiatement hors service par le disjoncteur correspondant qui agit sous l'influence du courant fourni par les autres groupes marchant en parallèle. En même temps que le disjoncteur à action rapide, l'interrupteur primaire du groupe défectueux s'ouvrira sous l'action d'un relais à maximum de courant à action rapide. Les relais polarisés des autres groupes marchant en parallèle fonctionnent mais n'agissent pas sur le disjoncteur puisqu'ils sont à action retardée. De même les interrupteurs dans l'huile des groupes sains restent fermés, car même si leurs relais à maximum de courant sont prévus à action directe leur action est plus lente que celle du déclenchement direct à retour de courant du disjoncteur à courant continu. On obtient ainsi une protection sélective irréprochable dans des sous-stations formées par plusieurs groupes marchant en parallèle. Le groupe atteint sera retiré du réseau, tandis que les groupes sains continuent leur service, quoique surchargés momentanément. Dans le cas de surcharge ou de court-circuit sur le réseau, les disjoncteurs à courant continu seront actionnés par leurs relais polarisés. Comme ils sont à action retardée, ils fonctionnent plus lentement que les relais à retour de courant, mais cependant assez vite pour protéger le redresseur contre l'effet d'une surcharge inadmissible ou d'un court-circuit. Dans les installations desservant le réseau de lumière, on a disposé des disjoncteurs aussi bien sur le pôle positif que sur le pôle négatif. Les deux disjoncteurs sont accouplés mécaniquement et ont une commande à moteur commune.

Lorsqu'un disjoncteur s'est déclenché sous l'action du relais à retour de courant ou à maximum de courant, il peut être immédiatement réenclenché et le groupe redresseur remis en service. Bien entendu, il faudra que la cause du court-circuit ou de la surcharge surélevée ait disparu. C'est là une des qualités primordiales du redresseur à grand débit de pouvoir résister à de forts courts-circuits et à des surcharges extraordinaires et qui le place bien avant les convertisseurs rotatifs ainsi que les redresseurs à ampoule de verre.

En choisissant les redresseurs à vapeur de mercure comme convertisseurs de courant triphasé en courant continu, il a été possible aux Services de l'électricité de la Ville de Vienne d'utiliser, pour leur logement, des locaux déjà existants qui ne se seraient pas prêtés au logement de commutatrices ou de groupes moteurs-générateurs et d'éviter ainsi les frais élevés que nécessite la construction de nouveaux bâtiments. D'autre part, le poids des groupes redresseurs étant relativement faible par rapport au poids de machines rotatives, l'absence de toute vibration et la facilité avec laquelle les redresseurs à vapeur de mercure peuvent être mis en service, ont rendu aux Services de l'électricité de la Ville de Vienne la tâche plus facile, en vue de l'augmentation de la puissance de leurs sous-stations. Dans toutes les sous-stations, les groupes sont montés de telle manière que la longueur de câble entre le côté secondaire des transformateurs et les redresseurs à vapeur de mercure, est des plus réduite. Les redresseurs étant montés très souvent à côté des groupes rotatifs déjà existants, c'est-à-dire dans la salle des machines, les transformateurs ont pu être mis dans le sous-sol du bâtiment. En tenant compte du fait que certains bâtiments n'ont pas pu être aménagés en temps voulu et que, par contre, la consommation d'énergie élec-

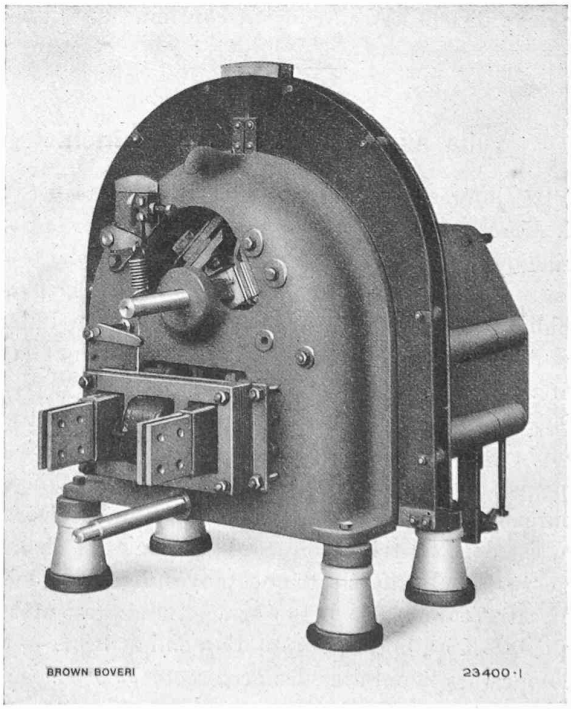

Fig. 7. — Interrupteur ultra-rapide à courant continu, 4000 *A*, 700 *V*, avec relais fonctionnant par retour de courant.

trique sous forme de courant continu allait toujours en augmentant, les Services d'électricité de la Ville de Vienne se sont vus obligés d'installer provisoirement les groupes redresseurs à 4000 *A* dans des baraquements de fortune. Le même genre de montage serait impossible avec des machines rotatives.

Comme déjà indiqué au début, les redresseurs à vapeur de mercure installés dans les différentes sous-stations de la Ville de Vienne sont en service depuis plusieurs années (le premier groupe fut mis en service au début de 1925) et donnent pleine satisfaction aux Services de l'électricité, ce qui a amené ces derniers à décider de n'employer que des redresseurs à vapeur de mercure pour leurs sous-stations de transformation du courant triphasé en courant continu.

Les groupes rotatifs seront donc remplacés petit à petit par des redresseurs à vapeur de mercure ; les premiers changements de ce genre auront lieu dans le courant de cette année, étant donné que des groupes rotatifs des sous-stations d'Alsergrund et de Neubad seront remplacés par des redresseurs à vapeur de mercure de 4000 *A* avec possibilité de réglage de la tension en courant continu, entre 400 et 700 *V* au moyen d'interrupteurs à gradins pourvus de commandes à moteur.

Il est bien entendu qu'il n'est pas possible de procéder à ce changement d'une façon trop brusque, cela en tenant compte des capitaux engagés dans les groupes rotatifs dont un nombre assez grand ont été installés jusqu'en 1925.

Le nombre total de redresseurs à vapeur de mercure à grand débit des services de la Ville de Vienne, atteint à présent 53, ce qui représente une puissance installée d'environ 63 000 kW en courant continu.

Villa au bord du lac de Zurich.

Cette intéressante construction a été exécutée par MM. *Moser* et *Kopp*, architectes à Zurich, pour loger une famille de quatre personnes et une bonne. Implanté dans un site admirable, sur la hauteur dominant la gare de Kilchberg, ce bâtiment offre des vues sur un immense horizon avec, au premier plan, le lac de Zurich et sa rive droite.

Quelques-unes des vues des pages suivantes attestent l'heureux aménagement de cet immeuble où l'énergie électrique est largement mise à contribution : c'est ainsi que le bureau du propriétaire, M. A. Burri, ingénieur-électricien, est doté du très confortable système de chauffage par corps de chauffe électriques noyés dans le plancher. L'infrastructure est en béton armé et les autres murs, en briques « BKS », le tout revêtu d'un enduit brut. — Coût (y compris les honoraires des architectes) 80 fr. par m³.

Institut pour l'organisation rationnelle des exploitations industrielles créé à l'Ecole Polytechnique Fédérale.

Sous le nom de « Société auxiliaire de l'Institut pour l'organisation rationnelle des exploitations industrielles créé à l'Ecole polytechnique fédérale » a été fondée, avec siège à Zurich, une association régie par les art. 60 et suivants du C. C. S., qui a pour but de soutenir moralement et financièrement ledit Institut. La Société peut aussi fournir des contributions à d'autres œuvres utiles au progrès de l'organisation rationnelle des exploitations. L'« Institut pour l'organisation rationnelle des exploitations industrielles de l'Ecole polytechnique fédérale » se consacre particulièrement aux activités suivantes : *a*) recueillir les publications parues en Suisse et à l'étranger sur l'organisation rationnelle des exploitations industrielles et, dans la mesure des besoins, sur l'économie privée et politique ; *b*) élaborer les résultats des échanges d'expériences, assumer aussi d'autres tâches dont la centralisation importe au progrès de l'organisation rationnelle du travail industriel ; *c*) exécuter des recherches particulières sur l'organisation rationnelle des exploitations industrielles pour le besoin de la vie économique suisse ; *d*) organiser des conférences et des cours d'économie industrielle et d'économie politique ; *e*) éditer des publications économiques qui sont utiles au but de la Société, particulièrement pour faire connaître les progrès réalisés à l'étranger dans le domaine de l'économie industrielle. Cette Société, dont l'assemblée constitutive a eu lieu le 29 juin dernier, comptait déjà, au 20 octobre, 150 membres (53 membres individuels et 97 personnes morales), représentant la belle contribution annuelle de 43 350 fr.

Diverses autorités et de grandes entreprises industrielles, commerciales et bancaires font partie de cette Société qui a donc suscité un très vif intérêt et des concours généreux.

L'Institut pour l'organisation rationnelle des exploitations industrielles créé à l'Ecole polytechnique fédérale, instrument de recherche et non établissement dispensant un enseignement scolaire, placé sous la direction de M. le professeur *Dr E. Böhler*, ne comprend, pour le moment, qu'une bibliothèque et une division de « l'organisation générale des exploitations industrielles » (Abteilung für allgemeine Betriebsforschung) dirigée par M. *A. Walther*, ingénieur, dont les travaux font autorité en cette matière. Le siège de l'Institut est à l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich, bâtiment principal, deuxième étage, salles 42d à 47d.

NÉCROLOGIE

Paul Piccard.

(Planche hors texte.)

Paul Piccard, né en 1844 et décédé le 17 octobre dernier, étudia de 1862 à 1866 à l'Ecole Polytechnique de Zurich.

En 1866-67 il est ingénieur chez Ott et Cie à Berne, puis, de 1867 à 1869, à Paris, au service de la maison Weibel, Briquet, de Genève, pour la vente et l'installation des calorifères à air chaud, système Staib.

De 1869 à 1881, il professe à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, où il se fait apprécier par la précision et la clarté de son enseignement. Pendant cette période, il mit au point un procédé d'évaporation des solutions salines, procédé qui porte son nom et qui est destiné à réduire considérablement, même à supprimer totalement l'utilisation de combustibles. Les brevets Piccard sur ce sujet sont exploités par la « Société pour l'exploitation des brevets Piccard ». Construits tout d'abord par