

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 50 (1924)
Heft: 10

Artikel: Le déphasage et les moyens d'améliorer le facteur de puissance
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39066>

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: 10.07.2025

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

En établissant son projet de 1922, la Ville de Genève paraît avoir été inspirée par le souci de respecter la configuration de l'île et d'augmenter même sa surface aux dépens de celle du quartier de la rive droite. Une pareille sollicitude ne nous paraît guère motivée. Cette partie de la ville ne présente, sous sa forme actuelle, aucun intérêt artistique. Contrairement aux allégations de certains magistrats municipaux, nous estimons qu'on peut en faire le sacrifice, total ou partiel, sans détruire aucun élément de la beauté urbaine de Genève.

Pour comparer entre elles les diverses solutions proposées par le Syndicat, on doit donc se laisser guider en premier lieu par des considérations d'ordre financier. Dès l'instant où le dogme de l'intangibilité de l'île n'est plus respecté, on doit reconnaître que la solution II, comportant le maintien des alignements actuels du quai des Bergues, est de beaucoup la plus avantageuse. Si, prenant comme point fixe les façades des bâtiments de ce quai, on élargit la chaussée même du quai et les trottoirs qui l'accompagnent, si l'on aménage un canal de 14 m. entre deux murs, et si l'on porte la largeur du Rhône à 45 m., on arrive à diminuer la largeur de l'île environ de moitié (fig. 3). L'exécution de ce projet entraînerait la démolition de quelques immeubles seulement. On pourrait toutefois envisager la possibilité de débarrasser complètement l'île dans l'avenir de toute espèce de constructions à l'exception de la tour qui est un monument historique. On créerait ainsi au centre de la ville un jardin d'agrément qui ne serait pas sans utilité.

Nous sommes donc arrivés à la conviction que le passage d'un canal navigable à travers Genève ne nuirait en aucune façon à la beauté de la ville et même que cette opération permettrait — le cas échéant — de donner plus d'ampleur au cours du Rhône. Actuellement le fleuve est resserré entre des maisons, son tracé manque de souplesse. En réduisant le terre-plein de l'île, en le dégagant éventuellement, en rectifiant le bras droit du Rhône, on donnerait à cette partie de la ville un caractère plus ouvert et un aspect plus grandiose.

Il est bien évident que l'établissement du canal navigable, et l'exécution de tous les travaux qui en seraient la conséquence, ne produiraient un heureux effet que dans la mesure où l'idée présentée par le Syndicat d'études serait réalisée sous une forme architecturale. Désireux de contribuer à l'examen objectif d'un projet qui nous paraît intéressant à beaucoup d'égards, nous avons essayé de le présenter d'une façon qui le rendit aisément intelligible, en cherchant en même temps à interpréter les éléments fournis par la science technique. Le projet du Syndicat prévoit un canal parallèle au Rhône séparé du fleuve par un simple mur intercalé entre les ponts. Cette sorte de cloison nous a paru être insuffisamment liée à l'ensemble urbain dans lequel elle est introduite. Nous avons donc cherché à incorporer davantage le canal au quai en l'encadrant, pour ainsi dire, de trottoirs en encorbellement reliés par des passerelles. Ainsi les passants pourraient longer le bord du fleuve, comme ils le font encore aujourd'hui,

et suivre en même temps le trafic des chalands dans le canal. Le profil du quai transformé comporterait un trottoir le long des immeubles, une chaussée élargie, et un large trottoir le long du Rhône, dans lequel seraient percées de grandes ouvertures servant à éclairer le canal. La solution que nous proposons constituerait une sorte de compromis entre le principe du canal couvert et celui du canal entièrement à air libre.

La vue à vol d'oiseau et le croquis perspectif qui accompagnent cette notice¹ montrent mieux que toute description comment nous concevons l'aménagement architectural du canal le long du quai (fig. 4 et 5). La vue générale montre également le peu d'importance que prendrait l'écluse amont et la façon dont on pourrait aménager le quai du Mont-Blanc en liaison avec cet ouvrage.

En considérant ces plans, tout esprit non prévenu reconnaîtra, nous l'espérons, que l'idée de faire passer un canal navigable à travers Genève mérite d'être examinée avec le plus grand soin et qu'elle est susceptible d'être présentée sous une forme architecturale satisfaisante.

Nous ne prétendons certes pas qu'on doive adopter cette solution de préférence à toute autre. Nous demandons simplement que, dans l'étude qui devra être entreprise de ce problème, on n'accorde pas une importance exagérée à des objections inspirées par les dogmes d'une esthétique surannée. Nous ne sommes certes pas de ceux qui défendent le vandalisme et qui mesurent la valeur d'une entreprise au seul profit que l'on peut en tirer. Mais nous estimons qu'à notre époque l'effort principal de l'urbaniste doit consister, non à condamner a priori telle ou telle création de l'esprit humain ; non à conserver aveuglément telle ou telle forme héritée du passé, mais à tirer parti des conditions imposées par la technique moderne, à utiliser, en les adaptant au cadre qui leur est destiné, les éléments nouveaux que la science de l'ingénieur met à sa disposition.

Il est heureux que l'on se préoccupe de sauvegarder la beauté d'une ville. Mais il serait regrettable que, sous prétexte de défendre un site qui n'est pas réellement menacé, on repousse sans examen un projet qui peut contribuer à améliorer dans l'avenir la situation économique de Genève.

Le déphasage et les moyens d'améliorer le facteur de puissance

I. Déphasage.

La différence de phase entre le courant et la tension, ou le « déphasage » que présente tout réseau à courant alternatif, a pour conséquence d'augmenter la valeur de ce courant par rapport à celle strictement exigée par une puissance utile donnée. Cet excédent est d'autant plus

¹ Les croquis qui accompagnent cette notice ont été dessinés, sur nos indications, par M. A. Hœchel, architecte.

considérable que l'angle de ce déphasage φ est plus grand. La mesure du rapport de la puissance utile à la puissance totale est donnée par le cosinus de cet angle, le $\cos \varphi$ ou « facteur de puissance »).

Dans la plupart des réseaux à courant alternatif, c'est un retard de phase que l'on constate, dont la cause principale est due au courant magnétisant demandé par les transformateurs et les moteurs asynchrones branchés au réseau.

La somme des puissances absorbées par les transformateurs et les moteurs asynchrones surpasse de plusieurs fois, en moyenne, la puissance installée dans l'usine électrique. On voit par là que l'énergie magnétisante a une influence défavorable et très grande sur la capacité productrice d'une usine.

Puisque, dans le système alternatif, le déphasage du courant sur la tension ne peut pas être entièrement supprimé, on prévoit d'habitude les installations pour un $\cos \varphi$ égal à 0,8. Cela signifie que les alternateurs et transformateurs de la centrale, de même que les lignes de transport, se calculent pour une puissance apparente dépassant de 25 % celle qui est réellement demandée. Bien souvent, le $\cos \varphi$ en service n'atteint même pas cette valeur de 0,8. Il en résulte une mauvaise utilisation des alternateurs, des moteurs qui les entraînent et des installations de distribution et cela, presque en raison directe du rapport du $\cos \varphi$ réel au $\cos \varphi$ prévu. En outre la chute de tension est plus accentuée et son réglage est rendu plus difficile.

Il est donc de toute importance pour les propriétaires d'usines électriques que leurs installations livrent l'énergie à un $\cos \varphi$ aussi voisin que possible de la valeur prévue lors de la construction de chaque usine. Dans leur propre intérêt, ils doivent s'efforcer d'améliorer le facteur de puissance, lorsque celui-ci se montre en service inférieur à la valeur prévue.

II. Moyens d'améliorer le facteur de puissance.

1° Transformateurs.

Le courant magnétisant demandé par les transformateurs ne varie pas sensiblement avec la charge et, en particulier, n'est guère moindre à vide ou à faible charge qu'en charge normale. Pour cette raison, il faut éviter de dimensionner les transformateurs trop largement, même si, dans ce cas, on devait les changer plus souvent que par le passé, en cas d'augmentations de charge. En outre, il sera bon de déconnecter les transformateurs à vide, chaque fois que les conditions de service le permettront. Il est également plus avantageux de remplacer plusieurs petites unités par une seule de plus grande puissance, car, de ce fait, l'énergie magnétisante est diminuée.

Quand il s'agit d'unités de faible puissance, comme celles que l'on rencontre notamment dans les installations rurales, il est particulièrement recommandable de remplacer le type de transformateur à noyau à tôles aboutées par celui de transformateur à noyau à tôles imbriquées; c'est un des moyens les plus simples d'améliorer le $\cos \varphi$. Soit

donné, par exemple, un transformateur à noyau à tôles aboutées ayant une puissance apparente de 20 kVA et un facteur de puissance = 0,8 au secondaire. Dans de telles conditions, on trouve à demi-charge au primaire, un $\cos \varphi$ d'environ 0,66 seulement, tandis qu'un transformateur analogue, mais à noyau à tôles imbriquées, donnerait dans les mêmes conditions un $\cos \varphi = 0,72$.

Cet exemple fait bien ressortir à quel point les transformateurs peuvent abaisser le facteur de puissance et l'utilité de l'emploi pour les petites unités, d'un transformateur à noyau à tôles imbriquées qui le relève de 40 % environ. On doit cependant regretter l'aversion, due à la routine, que manifeste le personnel de service vis-à-vis de ce dernier type de transformateur, par suite du travail un peu plus grand nécessaire en cas de réparations. Cette répugnance continue à faire obstacle à l'introduction de ce moyen très simple et particulièrement efficace dans l'amélioration du facteur de puissance, bien que le surcroît de travail considéré ne se manifeste que de rares fois et soit excessivement minime, comparé au gain de puissance réalisé d'une manière constante, en cours d'exploitation.

2° Moteurs asynchrones.

Les moteurs asynchrones qui sont redevables à leur grande simplicité de la faveur dont ils ont bénéficié jusqu'à aujourd'hui et qu'ils continueront dans l'avenir à conserver, ont des propriétés analogues aux transformateurs. Ils consomment à peu près autant de courant dévatté à vide qu'en pleine charge. Il faut donc éviter de choisir des

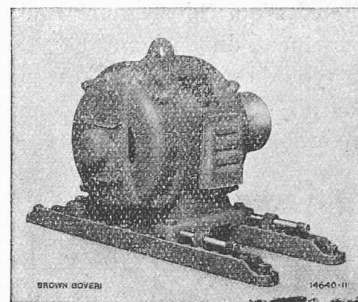


Fig. 1. — Moteur asynchrone à rotor en cage d'écureuil, 3 kW, 500 volts, 1500 t/min., 50 p/ser.

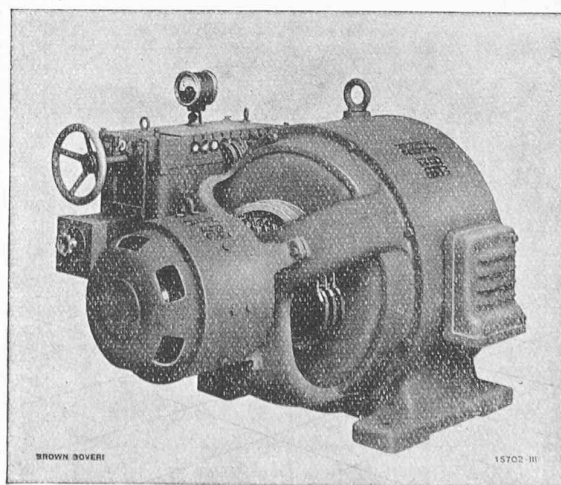


Fig. 2. — Moteur asynchrone synchronisé, 118 kW, 220 volts, 1000 t/min., 50 p/ser.

moteurs qui soient, comme cela arrive en général, trop largement dimensionnés. On prendra, dans chaque cas, le type de moteur qui correspond le mieux au travail à fournir, de telle sorte que le facteur de puissance soit aussi favorable que possible. On se rappellera, d'autre part, que

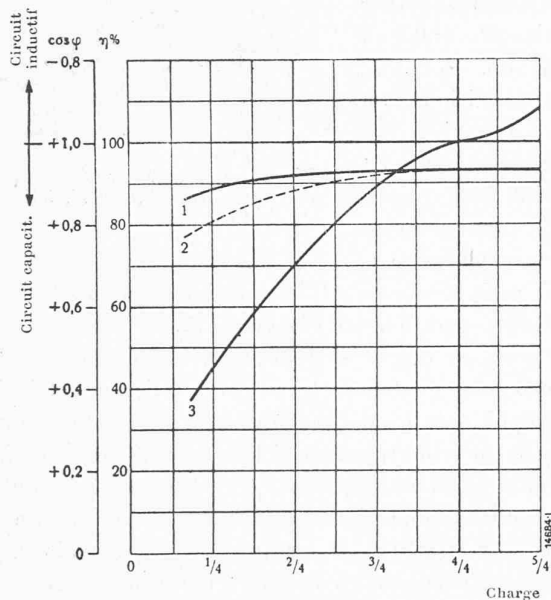


Fig. 3. — Courbe de rendement du moteur représenté sur la figure 2.

- 1 = Courbe de rendement avec régulateur automatique de phase ($\cos \varphi = \text{constant} = 1$).
- 2 = Courbe de rendement sans régulateur automatique de phase (excitation non réglable, donc $\cos \varphi$ variable).
- 3 = $\cos \varphi$ sans régulateur automatique de phase (excitation non variable).

le moteur asynchrone à rotor à cage d'écureuil donne un meilleur $\cos \varphi$ aux puissances faibles que n'en possède le moteur à rotor à bagues. C'est pourquoi il est recommandable de l'employer plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, même pour des puissances élevées, cela pour autant que les conditions du réseau le permettraient.

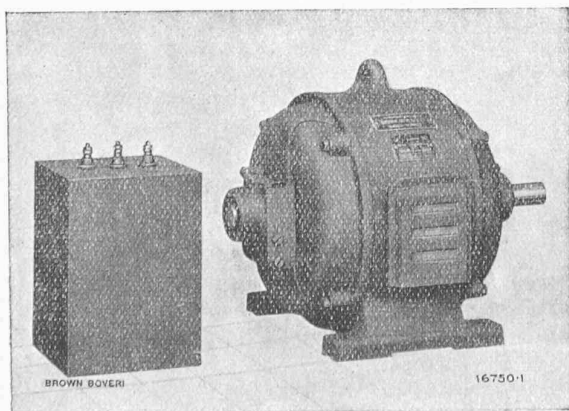


Fig. 4. — Moteur asynchrone à rotor en cage d'écureuil, avec condensateur statique, 2,2 kW, 220 volts, 1500 t/min, 50 pér/sec. Capacité de la batterie de condensateurs = 23 μ F environ.

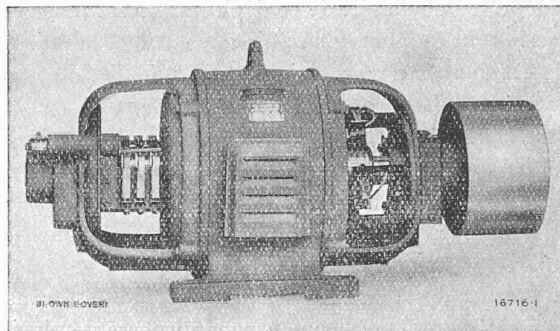


Fig. 5. — Moteur asynchrone compensé du type d, 9 kW, 220 volts, 1500 t/min, 50 pér/sec.

3^o Moteurs asynchrones synchronisés et compensés.

Pour des puissances élevées de l'ordre de grandeur de 100 kW et au-dessus, on emploiera les moteurs asynchrones synchronisés, chaque fois que les conditions de service le permettront et que l'on disposera d'un personnel expérimenté. Ces moteurs démarrent comme des moteurs asynchrones et sont synchronisés, une fois le démarrage effectué, par du courant continu que l'on fait débiter à

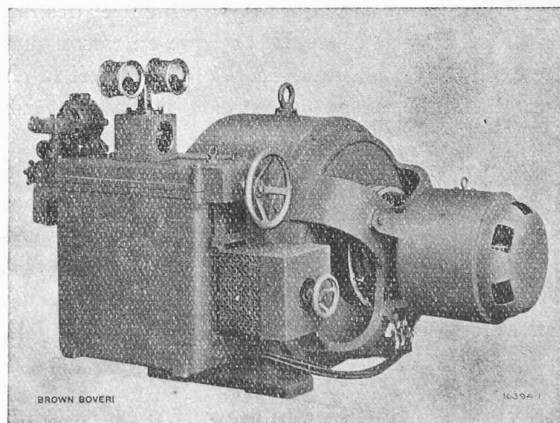


Fig. 6. — Condensateur synchrone pour une exploitation entièrement automatique, 175 kVA, 1000 volts, 1000 t/min, 50 pér/sec.

l'excitatrice montée en bout d'arbre. Ils travaillent, en pleine charge, à $\cos \varphi = 1$ et, en charge réduite, avec courant décalé en avant. Des moteurs asynchrones de grande puissance, déjà en service, peuvent être transformés en moteurs synchrones par le montage d'une excitatrice, ou compensés par l'adjonction d'une machine spéciale, dite « compensateur de phase », ce qui leur permet de travailler avec un meilleur facteur de puissance. Suivant la dimension de ce compensateur, on peut, à partir de 25 % de la charge normale, arriver à un fonctionnement jusqu'à $\cos \varphi = 1$ du moteur asynchrone.

En vue de l'amélioration du facteur de puissance, il a été également lancé, ces derniers temps, sur le marché, des moteurs asynchrones synchronisés et compensés pour

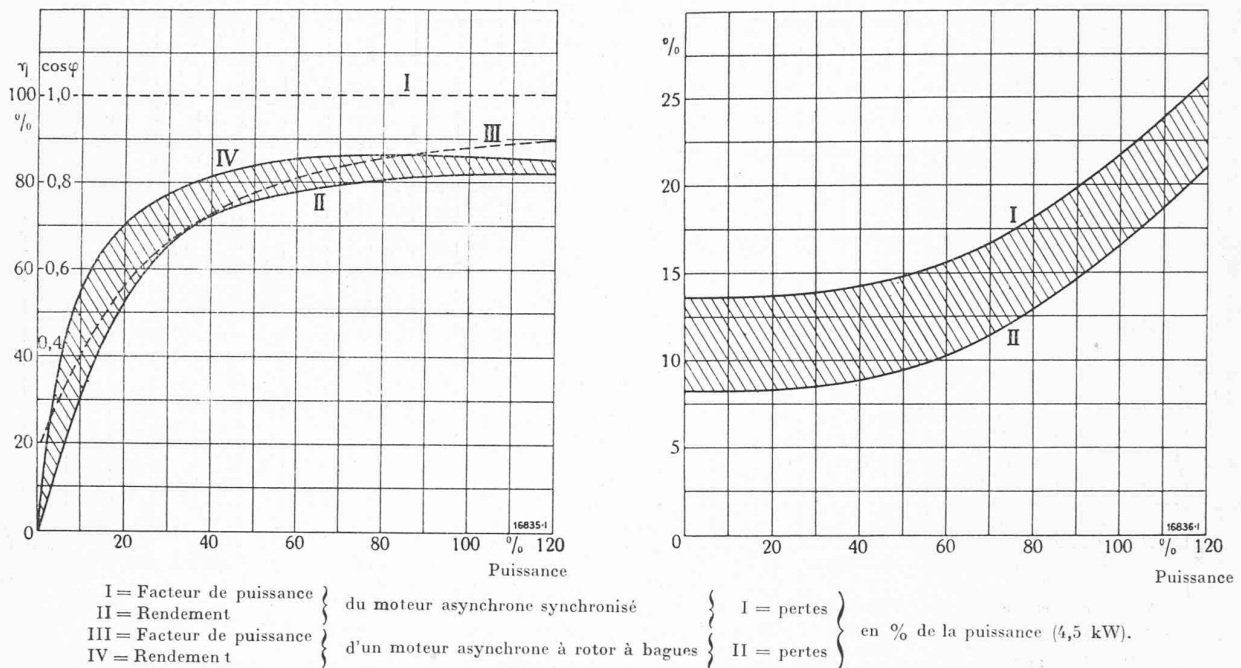


Fig. 7 et 8. — Courbes caractéristiques d'un moteur asynchrone synchronisé avec excitatrice spéciale du type a. Puissance 4,5 kW, 220 volts, 1500 t/min, 50 pér/sec.

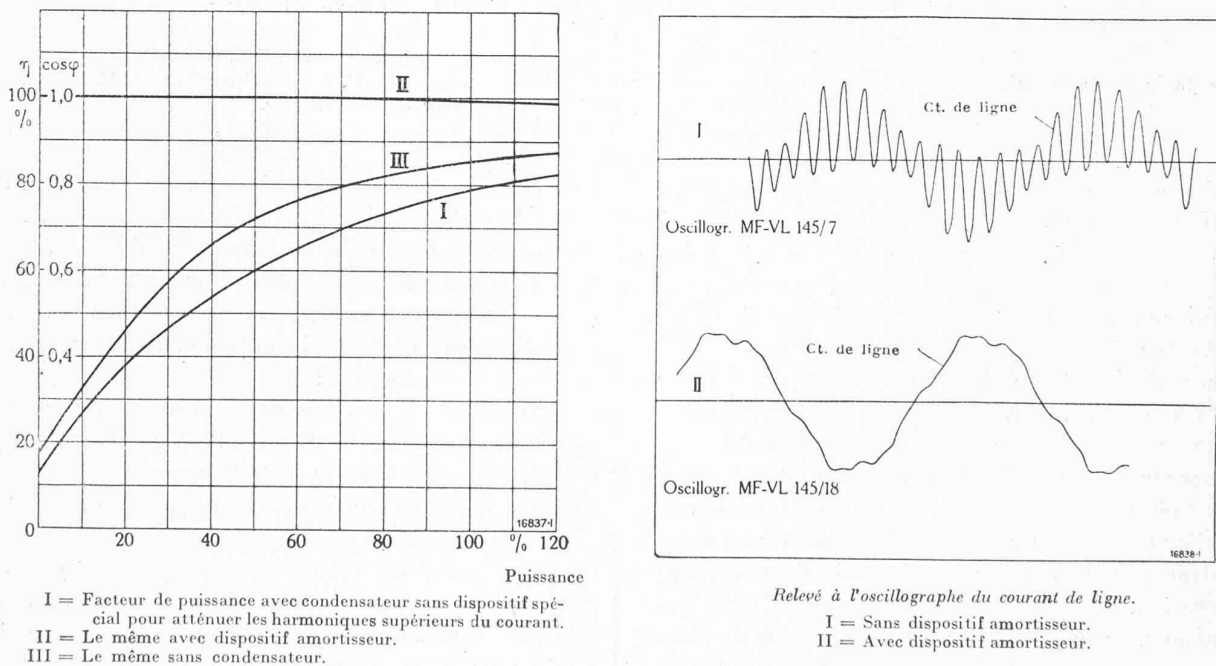


Fig. 9 et 10. — Courbes caractéristiques d'un moteur asynchrone avec ou sans couplage en parallèle d'un condensateur statique du type b. Puissance 2,2 kW, 220 volts, 1500 t/min, 50 pér/sec; capacité de la batterie = 23 μ F environ.

La surface hachurée dans les figures représente l'excès constant, en service, des pertes des moteurs asynchrones synchronisés et compensés de faible puissance sur celles des moteurs normaux et, par conséquent, le renchérissement de l'exploitation provoqué par l'accroissement de la consommation d'énergie.

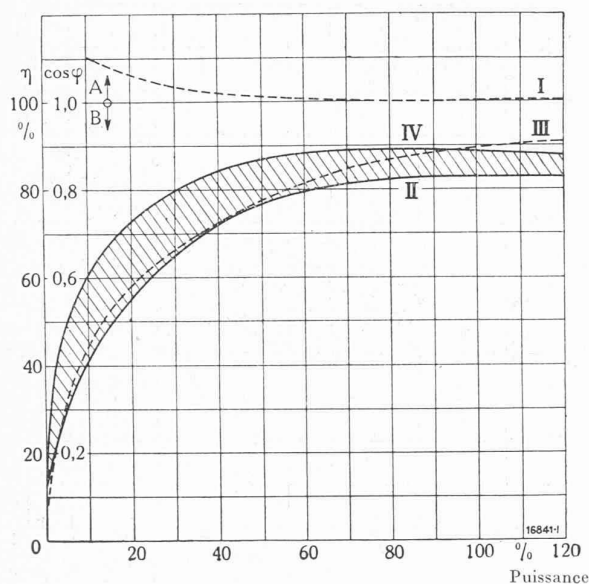
de faibles puissances descendant jusqu'à 2 kW. Leur construction peut être effectuée d'après un des quatre principes suivants, totalement distincts, au point de vue pratique :

a) Moteurs asynchrones synchronisés avec excitatrice logée dans le moteur.

b) Moteurs à compensation par condensateur statique monté en parallèle avec le moteur.

c) Moteurs à compensation par compensateur de phase logé dans le moteur.

d) Moteurs à compensation d'après le principe de Heyland, ou selon un dispositif analogue.



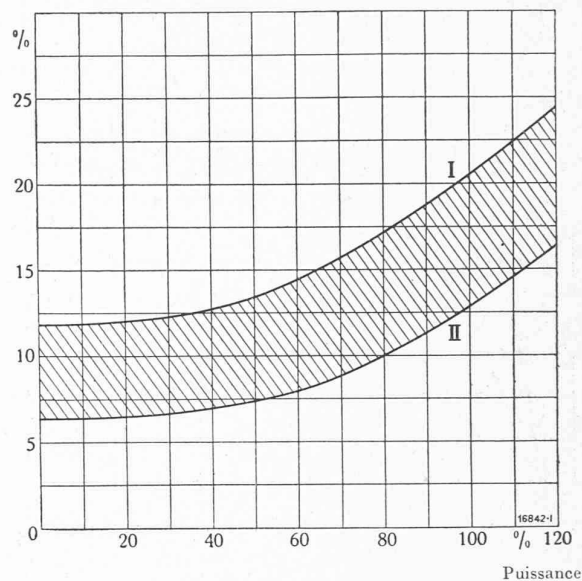
A = Circuit capacité.

B = Circuit inductif.

I = Facteur de puissance
 II = Rendement
 III = Facteur de puissance
 IV = Rendement

du moteur asynchrone compensé

du moteur asynchrone avec rotor à bagues



I = pertes
 II = pertes

en % de la puissance (9 kW).

Fig. 11 et 12. — Courbes caractéristiques d'un moteur asynchrone compensé (enroulement de compensation logé dans le moteur), du type d. Puissance 9 kW, 220 volts, 1500 t/min, 50 pér/sec.

La surface hachurée dans les figures représente l'excès constant en service, des pertes des moteurs asynchrones synchronisés et compensés de faible puissance sur celles des moteurs normaux et, par conséquent, le renchérissement de l'exploitation provoqué par l'accroissement de la consommation d'énergie.

L'exécution des moteurs suivant ces quatre principes est entièrement libre.

Les avantages et inconvénients offerts par les moteurs de faible puissance construits suivant chacun de ces quatre principes, sont les suivants :

a) Les moteurs asynchrones synchronisés de faible puissance n'ont qu'une faible capacité de surcharge et se décrochent facilement.

b) Les moteurs compensés par l'adjonction d'un condensateur statique donnent facilement lieu à des phénomènes de résonance. Pour les éviter, on doit prévoir des dispositifs amortisseurs spéciaux, sinon le courant risque de devenir supérieur à celui qui serait demandé sans compensation.

c) Les moteurs asynchrones à compensateur de phase logé dans le rotor, ont l'avantage sur les moteurs asynchrones synchronisés, de garder leur caractère asynchrone, de sorte que, en cas de surcharge, ils ne se décrochent pas plus facilement que les moteurs asynchrones normaux. Ils ont par contre l'inconvénient de ne pouvoir compenser complètement le déphasage qu'à partir d'une charge égale à environ 20 % de la valeur normale.

d) Les meilleurs moteurs compensés pour faible puissance seraient ceux qui sont basés sur le principe de Heyland ou sur un dispositif analogue, car ils conservent le caractère asynchrone et leur déphasage peut être compensé entièrement, même en marche à vide. La figure 5 montre un moteur asynchrone compensé suivant ce prin-

cipe et construit par la Société Anonyme Brown, Boveri et Cie.

Néanmoins, au point de vue économique, d'importants désavantages viennent contre-balancer l'amélioration du facteur de puissance présentée par tous les moteurs asynchrones de faible puissance, qu'ils soient synchronisés ou compensés. Ce sont :

Prix d'achat élevé. Les moteurs asynchrones synchronisés ou compensés sont, suivant leur exécution, de 20 à 40 % plus chers que les moteurs asynchrones normaux à rotor à bagues et plus coûteux encore que les moteurs à rotor en cage d'écureuil.

Usure plus forte. Les moteurs asynchrones synchronisés ou compensés suivant les principes énoncés sous a, c et d, ont des bagues en contact permanent avec les balais et il en est de même pour le collecteur ; ils nécessitent, en outre, un démarreur.

D'autre part, les condensateurs ne sont pas d'un fonctionnement sûr et demandent de fréquentes réparations.

Frais d'exploitation considérables. Les fortes dépenses sont occasionnées par un prix d'achat plus élevé, une usure plus grande et un rendement plus faible à toutes charges que ne le présentent les moteurs asynchrones ordinaires d'égale puissance.

Les figures 7 à 12 reproduisent des courbes relevées sur des moteurs exécutés suivant ces divers principes, et donnent une idée bien nette des conditions peu économiques

dans lesquelles travaillent les moteurs asynchrones de faible puissance synchronisés et compensés.

Il ressort de ce qui précède que les moteurs asynchrones synchronisés et compensés de faible puissance ne sont pas économiques, et cela, non seulement pour le consommateur mais encore pour le fournisseur de courant. En effet, les propriétés défavorables qui leur sont inhérentes en empêchent le raccordement au réseau et, par conséquent, la vente de l'énergie électrique ; et quand on veut en faciliter le placement par la concession d'un tarif spécial, on complique l'organisation et rend la comptabilité onéreuse. Les ennuis qu'ont à supporter les deux parties contractantes sont occasionnés par les perturbations de service plus fréquentes qui se produisent inmanquablement par suite de l'inexpérience du personnel en général, des dégâts et réparations plus nombreux auxquels on doit s'attendre pour les mêmes raisons, enfin de continuelles menaces de conflit au sujet du tarif.

4° Moteurs synchrones.

Les moteurs synchrones de puissances élevées constituent un excellent moyen d'améliorer le facteur de puissance, car non seulement ils n'empruntent aucun courant magnétisant au réseau, mais peuvent encore, par une exécution appropriée et une excitation convenable, livrer au réseau un courant décalé en avant.

Ces moteurs sont employés de trois façons différentes :

Utilisés en vue d'améliorer le facteur de puissance (ils sont appelés « condensateurs synchrones ») ils se placent en des points du réseau judicieusement déterminés, notamment dans les sous-stations, où ils fonctionnent à vide. Dans ce cas, on réalise non seulement une meilleure utilisation des machines et des lignes de transport, mais encore un réglage plus parfait de la tension. La mise en marche et l'arrêt, de même que le réglage de ces moteurs, peuvent être assurés d'une façon automatique.

Employés comme machines motrices d'un groupe convertisseur appartenant à un service électrique, ces moteurs peuvent être construits de telle sorte que non seulement ils fournissent une certaine puissance mécanique, mais débitent sur le réseau un certain courant décalé en avant.

Enfin, installés par les consommateurs d'énergie électrique, également comme machines motrices, en lieu et place des moteurs asynchrones, cela particulièrement quand il s'agit de puissances élevées, ils améliorent dans une certaine mesure le $\cos \varphi$ de la partie du réseau sur laquelle ils sont connectés.

C'est le côté économique des problèmes posés qui indique, dans chaque cas, s'il vaut la peine d'installer des condensateurs synchrones, dans quelle mesure on doit chercher à améliorer le facteur de puissance, quelle est la réduction de tarif de consommation dont on peut faire bénéficier les clients, employant, pour autant que l'exploitation le permettrait, des moteurs synchrones comme machines motrices.

DIVERS

L'Aluminium-Fonds de Neuhausen.

Le Comité de l'Aluminium-Fonds de Neuhausen porte à la connaissance des savants et spécialistes dans le domaine des applications de l'électricité et, notamment, de l'électrochimie et de l'électrometallurgie, que cette année aussi, d'importantes sommes pourront être mises à leur disposition en vue d'encourager les recherches et découvertes relatives aux branches précitées et présentant un intérêt spécial pour l'économie nationale suisse.

L'Aluminium-Fonds appartient à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich ; le règlement d'exécution du Fonds prévoit cependant des contributions aussi à des études entreprises en dehors de cet établissement.

Toutes les demandes doivent être adressées au Comité de la Commission du Fonds ou à la Chancellerie du Conseil de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich où l'on peut également obtenir le règlement d'exécution.

« World Power Conference » 1924, à Londres.

Par suite d'une faute d'impression l'Union de Centrales Suisses d'Electricité a été omise dans la liste des autorités et associations représentées au comité national suisse¹.

Dès lors l'Union Suisse des consommateurs d'énergie électrique a été admise au Comité national suisse.

Le prix d'inscription à la conférence, qui est de 2 liv. sterl. par personne, a été réduit à 30 shilling pour les membres des associations représentées au Comité national suisse transmettant leur désir de participation au Secrétariat général de l'A. S. E. et de l'U. C. S. Zurich, Seefeldstrasse 301, tout en indiquant de quelle Société ils font partie.

Un programme provisoire de la conférence peut être fourni par le Secrétariat général de l'A. S. E. et de l'U. C. S. au prix de 1 fr. (port compris).

Dans la Presse.

Le dernier numéro de *Das Werk* contient entr'autres une remarquable étude de M. l'architecte H. Curjel sur la nouvelle gare principale de Stuttgart et une analyse, finement rendue, du caractère, du talent et des travaux d'Alexandre Camoletti², par M. Camille Martin, qui a eu l'heureuse idée d'accompagner sa notice de la reproduction des projets présentés par Camoletti au concours pour le Pont Butin et pour la Maison du Peuple, à La Chaux-de-Fonds.

BIBLIOGRAPHIE

Réception des signaux horaires, renseignements météorologiques, sismologiques, etc., transmis par les Postes de T. S. F. de la Tour Eiffel, Lyon, Bordeaux, publiés par le *Bureau des Longitudes*. Un volume in-8 raisin (25×16) de 226 pages, 1924, 27 fr. Paris, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs.

Les applications diverses de la radiotélégraphie prennent une importance et un développement considérables grâce à la puissance des postes d'émission nouvellement créés et à l'usage de plus en plus répandu des appareils de réception.

La technique spéciale des ondes hertziennes a fait d'immenses progrès pendant la guerre, et tous les progrès réalisés

¹ Voir *Bulletin technique* 1924, page 59.

² Voir *Bulletin technique*, t. 49 (1923), page 194.