

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 38 (1947)
Heft: 10

Artikel: Les conditions de branchement des moteurs asynchrones triphasés
Autor: Werdenberg, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056738>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

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

wirklich gut ging, und zwar nicht nur gelegentlich als Experiment».

So empfing der Mensch ein neues Geschenk der Natur. So wirkte die Schweiz bei seiner Nutzbarmachung für unser tägliches Leben mit. So entstand und entfaltete sich die schweizerische Elektrotechnik und Energiewirtschaft, und so wuchsen auch die schweizerischen Kraftanlagen und Elektrizitätswerke heran, denen das hier angezeigte Werk gewidmet ist, überall ihren Rahmen sprengend und sich damit stellenweise beinahe zu einer allgemeinen Geschichte der schweizerischen Elektroindustrie erweiternd. Doch es ist unmöglich, die unerhörte Fülle des Stoffes, der hier gesammelt, geordnet und verarbeitet ist, auch nur anzudeuten. Denn wie sollte man dem Leser einen Begriff beispielsweise von der gewaltigen Zahl der Abbildungen und von ihrer historischen Bedeutung geben, wie ihm die unerschöpflichen Reihen von Zahlenangaben deutlich machen, von denen jede wieder ihren eigenen Wert besitzt und eines Tages — wenn auch vielleicht nur für einen einzigen Leser — jemandem zum eigentlichen Erlebnis werden kann?

«Ich versuchte Gedanken zu Anfängen einer Entwicklung, die langsam zu Fortschritten führte, mit Absicht so darzustellen, wie man sie eben damals hatte, d. h. ‚einfältig‘ im guten alten Sinne des Wortes» — so umschreibt Wyssling den Zweck seines Buches. Wir aber können nur feststellen, dass er diesen Zweck aufs schönste erreicht hat, und zwar ebenso hinsichtlich der menschlichen Seite der Geschichte der Technik, wie hinsichtlich des sachlichen Gehaltes dieser selbst. Das Buch wird jeden Interessierten fes-

seln, der sich durch seine Dicke und Schwere nicht zum vornherein abschrecken lässt. Wir aber möchten zum Schlusse nur noch einen Wunsch des Verfassers unterstreichen und unterstützen: dass nämlich jeder, der in Zeichen akuter *Probleme der schweizerischen Wasser- und Energiewirtschaft das Wort ergreift, zur Feder langt, sich zuerst das Wissen über diese Dinge aneignen möge, das allein ihn berechtigt, sich zu diesen sehr verwickelten Fragen zu äussern*. Wysslings Buch kann ihm manches erhellen, worüber er sich bisher kein Bild zu machen vermochte oder sich vielleicht sogar ein falsches Bild gemacht hat.

Wysslings Alterswerk ist ein Torso geblieben; denn der Tod nahm ihm die Feder aus der Hand, ehe die Darstellung bis zu den letzten Abschnitten des halben Jahrhunderts vorgedrungen war, die sie umfassen sollte. Ingenieur A. Kleiner, Delegierter der Verwaltungskommission des SEV und VSE, der nach dem Tode des Verfassers die letzte Ueberarbeitung und die Drucklegung des Buches besorgte, hat es jedoch verstanden, dieses so zum Ganzen zu runden, dass der jähe Schnitt des Sensenmannes nicht allzu spürbar wird. Für einzelne Sachgebiete konnte die Darstellung denn auch, gestützt auf die Vorarbeiten Wysslings, noch bis an die Schwelle des zweiten Weltkrieges fortgeführt werden. Wo sie aber in des Verfassers eigenem Text mit dem Jahre 1915 endet, umfasst sie immerhin die entscheidenden ersten Jahrzehnte der Geschichte der schweizerischen Elektrizitätswerke, für die einzig Wysslings ungeheure Arbeitskraft und sein unerhörtes Wissen in der Lage waren, das Werk erstehen zu lassen.

Les conditions de branchement des moteurs asynchrones triphasés

Par W. Werdenberg, Winterthour

389.6: 621.313.333(494)

L'auteur essaye d'établir une règle simple qui permette aux distributeurs d'électricité d'adapter leurs conditions de raccordement aux charges effectivement admissibles dans leurs réseaux, en tenant compte des différents genres de moteurs, de démarrage et d'exploitation.

Es wird versucht, eine einfache Regel anzugeben, welche den Elektrizitätswerken gestattet, ihre Anschlussbedingungen den wirklich zulässigen Beanspruchungen ihrer Verteilnetze anzupassen. Dabei werden die verschiedenen Motorarten, Anlassarten und Betriebsweisen berücksichtigt.

(Traduction)

1° Préambule

Dans les réseaux des entreprises électriques livrant de l'énergie à des tiers, le branchement de moteurs asynchrones triphasés à induit en court-circuit n'est autorisé que jusqu'à une certaine puissance. Cette puissance n'est pas seulement déterminée par les pertes admissibles dans les amenées de courant et par la chute de tension admise en permanence, mais aussi par les variations de tension passagèrement admissibles, qui sont dues à des variations de la charge de ces moteurs. Les limites que déterminent les pertes de puissance et les chutes de tension admissibles sont, en général, clairement établies. Par contre, les avis diffèrent beaucoup au sujet des limites à fixer pour les variations de tension. Le but du présent rapport est précisément de tenter d'établir des directives valables d'une manière générale, qui doivent permettre de se rendre compte si les va-

riations de tension provoquées par un moteur asynchrone triphasé à induit en court-circuit autorisent ou non le branchement de ce moteur.

Les variations de tension dépendant du genre de moteur, des conditions d'exploitation, de la disposition du réseau de distribution et de l'emplacement du moteur, il est nécessaire d'admettre certaines simplifications pour pouvoir établir une règle unique et simple, malgré la diversité des facteurs qui entrent en ligne de compte. Une règle aussi simple que possible est en effet indispensable, afin que l'installateur puisse, sans avoir à demander des renseignements à l'entreprise électrique, ni à procéder à des calculs compliqués, décider immédiatement dans la majorité des cas si le branchement d'un moteur est possible ou non. Il ne devrait être qu'exceptionnellement nécessaire de tenir compte des conditions particulières.

2^o Causes de variations de tension

a) Les variations de tension sont provoquées par une modification de l'intensité du courant absorbé par le moteur lors du démarrage, du freinage et de la modification de la charge. Dans tous ces cas, il se produit en outre un déphasage entre le courant et la tension.

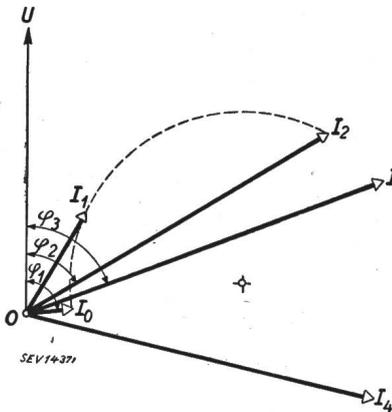


Fig. 1
Courants de moteurs asynchrones
U Tension, I_0 Courant à vide, I_1 Courant nominal (à pleine charge), I_2 Courant de démarrage, I_3 Courant de freinage à contre-courant, I_4 Courant de freinage par commutation des pôles

La figure 1 donne un aperçu des courants qui s'établissent dans ces trois cas lorsqu'il s'agit d'un moteur ordinaire à induit en court-circuit. Les courants qui se présentent lors d'un freinage en courant continu et d'un freinage par auto-excitation ne sont pas indiqués sur cette figure, car dans ces deux cas les moteurs sont déconnectés du réseau, de sorte que cela n'intéresse pas le fournisseur d'énergie. Si le moteur est enclenché, l'intensité du courant passe brusquement de la valeur zéro à la valeur I_2 , puis diminue progressivement à la valeur I_1 , à condition que le moteur travaille sous charge nominale. Si la puissance mécanique débitée varie, l'intensité du courant oscille entre les valeurs I_1 et I_0 . Si le moteur est freiné par permutation de deux conducteurs (freinage à contre-courant), l'intensité du courant passe de la valeur I_1 à la valeur zéro, puis brusquement à la valeur I_3 . En cas de freinage du moteur par commutation des pôles (augmentation du nombre de pôles), l'intensité du courant passe également tout d'abord de la valeur I_1 à la valeur zéro, mais passe ensuite brusquement à la valeur I_4 . Avec les moteurs à rotor bobiné, les moteurs spéciaux et lors de l'emploi de couplages de démarrage particuliers, les à-coups de courant sont en principe analogues. M. Dünner a étudié en détail ces conditions spéciales [1]¹⁾.

Nous nous proposons de calculer la variation de tension provoquée par un à-coup de courant quelconque.

Nous utiliserons les désignations suivantes:

- I Valeur absolue de l'à-coup de courant, en A (courant qui passe dans l'induit au repos)
- φ Déphasage de l'à-coup de courant par rapport à la tension appliquée au moteur
- U Tension de phase du moteur, en V
- ΔU Variation de tension, en V, provoquée par l'à-coup de courant
- $\varepsilon_M = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$ Variation de tension, en pour cent de la tension U , provoquée par l'à-coup de courant
- R Résistance ohmique par conducteur actif de l'amenée de courant, en ohms

¹⁾ Voir la bibliographie à la fin de cet article.

ωL Résistance inductive par conducteur actif de l'amenée de courant, en ohms

$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ Impédance par conducteur actif de l'amenée de courant, en ohms

$I_c \approx \frac{U}{Z}$ Courant de court-circuit de l'amenée de courant, en A

ξ Déphasage du courant de court-circuit de la ligne d'amenée

La variation de tension provoquée par l'à-coup de courant peut s'exprimer, d'une manière suffisamment exacte, par la relation

$$\Delta U = I (R \cos \varphi + \omega L \sin \varphi), \text{ ou}$$

$$\varepsilon_M = \frac{I}{U} (R \cos \varphi + \omega L \sin \varphi) 100$$

Selon la figure 2, on a

$$R \cos \varphi + \omega L \sin \varphi = Z \cos (\xi - \varphi)$$

et, par définition: $Z = \frac{U}{I_c}$

En introduisant ces deux expressions dans l'équation pour ε_M , on obtient

$$\varepsilon_M = \frac{I}{I_c} \cos (\xi - \varphi) 100 \quad (1)$$

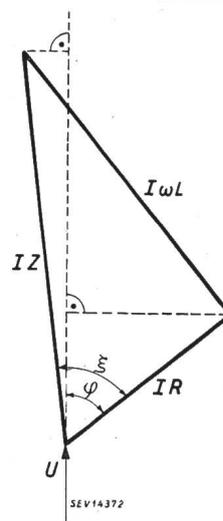


Fig. 2

Cette équation permettrait de calculer très simplement la variation de tension provoquée par chaque moteur. La valeur de l'à-coup de courant I et le déphasage φ qui en résulte doivent être indiqués par le fabricant du moteur, tandis que le courant de court-circuit I_c et son déphasage ξ sont à calculer ou à mesurer par l'entreprise électrique²⁾.

b) L'équation 1 peut encore être simplifiée lorsqu'il est possible d'introduire une valeur numérique valable d'une manière générale en lieu et place de $\cos (\xi - \varphi)$.

L'angle ξ de la ligne d'amenée dépend de la longueur de cette ligne, de la section et de la disposition des conducteurs, ainsi que des transformateurs d'alimentation. Les valeurs les plus fréquentes de l'angle ξ sont reproduites sur la figure 3, où l'on constate qu'en pratique cet angle est compris entre 20 et 60°.

L'angle φ qui se présente au démarrage dépend du genre de moteur, de la grandeur de celui-ci et du genre de démarreur. Pour les moteurs à induit en court-circuit ordinaire, il est compris entre 70 et 55°, les valeurs les plus élevées se rapportant aux moteurs les plus puissants. Pour ceux à induits à double cage ou à encoches multiples et profondes, les fabricants indiquent un angle φ compris entre 60 et 45°. Quant aux rotors bobinés avec résistances de démarrage, l'angle φ est d'autant plus petit que la résistance est plus grande. En cas de variation de la charge,

²⁾ Un dispositif permettant de mesurer facilement le courant de court-circuit dans le réseau lui-même fera l'objet d'une description dans un prochain numéro du Bulletin de l'ASE.

l'angle φ peut varier d'environ 10° . Nous ne tiendrons pas compte des freinages de moteurs, car ils ne constituent que des cas très exceptionnels.

La différence des angles $\xi - \varphi$ se tient donc dans les limites de ± 10 à $\pm 50^\circ$ et la valeur numérique de $\cos(\xi - \varphi)$ peut varier entre 0,98 et 0,64, selon le réseau et le service du moteur. Si l'on admet, d'une

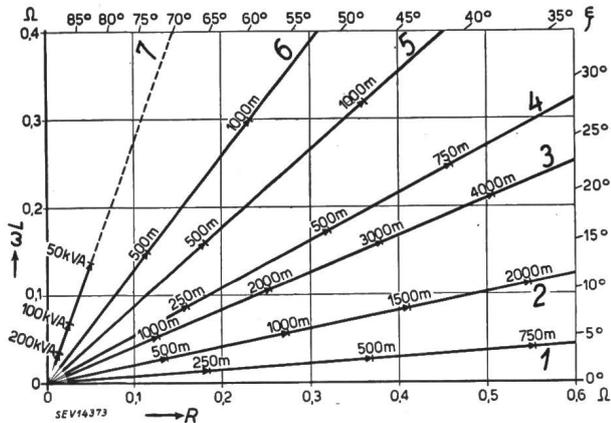


Fig. 3

Impédance et angle ξ des amenées de courant
 ωL Réactance effective, R Résistance effective

- 1 Câble à trois conducteurs, 25 mm² Cu, 2 Câble à trois conducteurs, 70 mm² Cu, 3 Câble à trois conducteurs, 150 mm² Cu,
- 4 Ligne aérienne, écartement des pôles 50 cm, 6 mm \varnothing Cu, 5 Ligne aérienne, écartement des pôles 50 cm, 8 mm \varnothing Cu,
- 6 Ligne aérienne, écartement des pôles 50 cm, 10 mm \varnothing Cu, 7 Transformateurs.

manière générale, que $\cos(\xi - \varphi) = 1$, la chute de tension calculée d'après la formule 1 sera plus grande qu'en réalité, c'est-à-dire que si l'on se base sur ce calcul pour déterminer la grandeur admissible du moteur, celle-ci sera dans bien des cas trop faible.

La variation admissible de tension ne pouvant être déterminée que d'une façon très approximative, comme nous le verrons par la suite, on peut donc fort bien poser $\cos(\xi - \varphi) = 1$, car l'erreur commise constitue en quelque sorte une marge de sécurité, qui permettra de maintenir la tension exempte de perturbations.

Nous pouvons donc remplacer la formule générale 1 par la formule simplifiée

$$\varepsilon_M \sim \frac{I}{I_c} \cdot 100 \quad (2)$$

ce qui revient à dire que, dans un réseau donné, la variation de tension provoquée par des moteurs asynchrones ne dépend pratiquement que de la valeur absolue du courant d'enclenchement.

Les entreprises électriques commettent donc une erreur, lorsqu'elles prescrivent un rapport admissible déterminé entre le courant de démarrage et le courant à pleine charge. M. Dünner a déjà insisté à ce sujet [1]. Il n'est pas non plus correct d'indiquer un rapport admissible entre la puissance apparente à l'enclenchement (en kVA) et la puissance nominale (en kW) [2]. Il est en effet parfaitement égal, pour l'entreprise électrique, qu'un tout petit moteur ait un courant d'enclenchement sensiblement plus grand que son courant nominal. L'acheteur n'est pas non plus renseigné sur la qualité du moteur lorsqu'on lui indique simplement le rapport entre la puissance à l'enclenchement et la

puissance nominale. Il serait par contre fort utile que les fabricants indiquent sur la plaque signalétique l'intensité du courant qui s'établit lorsque le rotor est bloqué, et que le moteur est sous pleine tension nominale.

3° Variations admissibles de tension

a) La variation de tension admissible est dictée par le consommateur qui est le plus sensible à de telles variations, c'est-à-dire par le consommateur d'énergie d'éclairage. Ces variations gênent celui-ci dès que la fréquence, l'importance et l'allure des oscillations de l'intensité lumineuse dépassent une certaine limite. Divers travaux ont été publiés au sujet des expériences faites dans ce domaine [3, 4, 5, 6]. Ils fournissent de bons renseignements sur les limites des fluctuations perceptibles de la lumière et du trouble qu'elles occasionnent, à des fréquences comprises entre 1 et 2000 par minute. Nous

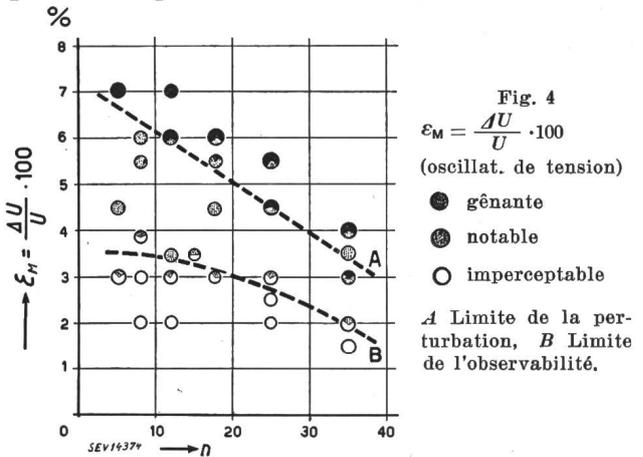


Fig. 4

$$\varepsilon_M = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

(oscillat. de tension)

● gênante

● notable

○ imperceptible

A Limite de la perturbation, B Limite de l'observabilité.

n'avons toutefois pas trouvé de renseignements sur les oscillations qui atteignent une fréquence comprise entre 5 à 60 oscillations par heure et qui se produisent lorsque des moteurs démarrent souvent. Nous avons donc fait procéder à des recherches complémentaires pour ces fréquences³⁾. Les résultats en sont reproduits sur la figure 4 et reportés avec ceux d'autres essais sur la figure 5.

Au cours de ces essais, on a constaté que la baisse de tension ΔU dure toujours 0,5 s et est toujours brusque. On a ainsi déterminé des oscillations lumineuses telles qu'elles se présentent généralement en pratique. Des essais n'ont toutefois pas porté sur l'influence exercée par le mode d'éclairage (puissance des lampes, genre de lampes, répartition de la lumière), le travail exécuté par l'observateur, ni la luminosité et la couleur de l'emplacement de travail. Ces essais ont eu lieu avec 20 employés de bureau, à leur emplacement habituel de travail et avec l'éclairage existant.

Bien qu'elles n'aient pas donné des résultats complets, ces quelques mesures sont néanmoins suffisantes pour le but que nous nous proposons. La variation admissible de tension doit donc se trouver quelque part dans le domaine de la perceptibilité, tel qu'il est indiqué sur la figure 5. Supposons que les variations admissibles se trouvent sur la courbe

³⁾ Par les soins de M. H. Blass, ingénieur du Service de l'électricité de Winterthur.

dessinée. Pour 5000 à 10 000 oscillations par heure, nous aurons alors la relation

$$\epsilon_{adm} = 8 n_0^{-\frac{1}{4}} \quad (3)$$

où n_0 est le nombre d'oscillations par heure et ϵ_{adm} la variation admissible de tension, en pour cent.

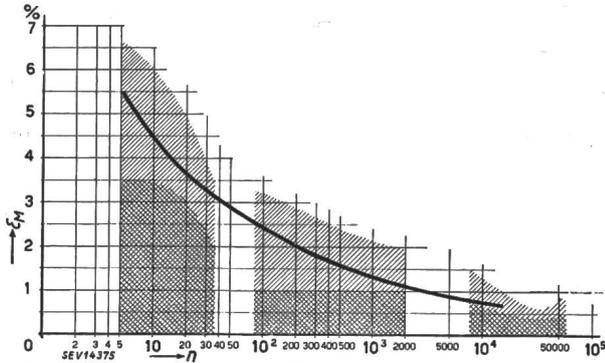


Fig. 5

Oscillations de tension notables et gênantes

ϵ_M Oscillation de tension en %
 n Oscillations par heure

- imperceptible
- notable
- gênante
- oscillation de tension admise

b) S'il ne s'agissait que d'un seul moteur branché sur un réseau, il suffirait de veiller à ce que la chute de tension calculée d'après la formule 2 ne dépasse pas la chute admissible déterminée d'après la formule 3. En pratique, on a toutefois affaire à de nombreux moteurs différents et à de multiples autres consommateurs, qui provoquent tous des variations différentes de tension et à des fréquences différentes. Il est donc nécessaire de se rendre tout d'abord compte de la répercussion que ce mélange de fréquences existantes peut avoir sur la variation admissible de tension d'autres consommateurs à raccorder au réseau. Nous n'avons malheureusement pas pu répondre entièrement à cette question, car les essais nécessaires auraient pris beaucoup trop de temps. Les essais et les considérations que nous indiquons ci-après nous donnent néanmoins des renseignements intéressants:

Il a été procédé tout d'abord à des mesures avec 2 oscillations de même fréquence et de même grandeur, mais avec un décalage variable. On a constaté que les limites de perceptibilité et de perturbation sont pratiquement indépendantes d'un décalage et correspondent, comme nous nous y attendions, au double de la fréquence de ces oscillations. Des mesures furent ensuite effectuées avec 2 oscillations à des fréquences très différentes (12 et 120 par heure). Dans ce cas, les limites de perceptibilité et de perturbation ne sont pas influencées par la fréquence de l'oscillation de tension qui n'atteint pas la limite valable pour cette seule fréquence. On a également pu démontrer que la probabilité d'une coïncidence des oscillations de tension de différents consommateurs est très faible. Il s'ensuit que, lors de l'examen des possibilités de branchement, on peut négliger tous les consommateurs dont les variations de ten-

sion sont inférieures aux maxima admissibles, mais que, lorsqu'il s'agit de plusieurs moteurs analogues et fonctionnant dans de mêmes conditions, il faut compter sur une fréquence d'oscillations égale à la somme des fréquences propres de cette majorité de moteurs. Vu l'absence d'indications numériques, il faudra se borner à estimer le nombre maximum de moteurs qui produisent, dans un réseau, des variations de tension analogues, proches de la limite admissible. D'autre part, il y a lieu d'observer que les moteurs rapprochés des transformateurs d'alimentation du réseau provoquent des variations de tension plus faibles que les moteurs plus éloignés. Il faut aussi tenir compte du fait que les variations de tension provenant de moteurs branchés en aval de l'endroit où le nouveau moteur doit être installé n'affectent qu'en partie cet endroit. Enfin, il ne faut considérer que les branchements analogues sur la même ligne d'amenée. Nous désignerons provisoirement par k le nombre de tels branchements de moteurs.

4° Conditions de branchement

a) L'admissibilité d'un branchement de moteur peut être déterminée, d'une manière approchée, par l'équation suivante, qui est tirée des formules 2 et 3:

$$0,08 I_c \geq I (k n)^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

où I_c est le courant de court-circuit dans la ligne d'amenée, à l'emplacement du moteur, I l'à-coup de courant provoqué par le moteur, n le nombre des variations de tension par heure, provoquées par ce moteur, k le nombre de moteurs analogues branchés sur cette ligne d'amenée et provoquant des variations de tension du même ordre de grandeur.

La formule 4 permettrait de déterminer assez facilement si le branchement d'un moteur est admissible ou non. Les praticiens exigent toutefois une formule encore plus simple, où n'interviennent que la puissance nominale du moteur, le genre de moteur et le mode de démarrage. Une telle simplification n'est possible que si les conditions simplifiées ne se rapportent qu'aux services les plus fréquents et à un certain type de réseau.

b) Les services les plus fréquents sont ceux où les moteurs fonctionnent longtemps, sans forte variation de la charge, après avoir été enclenchés. Il s'agit donc de services où seul l'à-coup de courant au démarrage joue un rôle. Dans ces conditions, il existe entre l'à-coup de courant à l'enclenchement et la puissance nominale du moteur des relations qui sont plus ou moins valables d'une manière générale. Selon M. Michaelis [3], le rapport q entre la puissance d'enclenchement en kVA et la puissance nominale en kW a en effet les valeurs suivantes pour les moteurs à 4 pôles:

Genre de moteur	Rapport q kVA/kW
Induit à cage ordinaire	8
Induit à encoches multiples et à encoches profondes	7
Induit à double cage	6
Rotor bobiné, avec démarreur centrifuge	3,7
Rotor bobiné à bagues	1,3

L'intensité de l'à-coup de courant à l'enclenchement n'est pas influencée par le fait que le moteur démarre à vide ou en charge. Dans le second cas, l'intensité ne fait que diminuer plus lentement que lorsque le moteur démarre à vide. Le rapport q varie par contre avec le nombre de pôles des moteurs et les chiffres indiqués ci-dessus pour q doivent être multipliés par les facteurs de correction p :

Nombre de pôles	Facteur de correction p
2	1,25
4	1
6	0,85
8	0,75

Si nous désignons par P_n la puissance nominale en kW du moteur et par U la tension étoilée en V, l'à-coup de courant I sera d'une manière générale donné par la formule

$$I = p q \frac{10^3}{3 U} P_n \quad (5)$$

Si les moteurs à induit à cage démarrent en étoile-triangle, le rapport q peut se réduire au tiers des valeurs indiquées, du moins lorsque le passage du couplage en étoile au couplage en triangle s'opère au moment voulu. Avec les commutateurs étoile-triangle ordinaires, cette exigence n'est guère remplie, étant donné qu'un léger écart par rapport au moment le plus favorable suffit pratiquement pour ne plus donner lieu à une réduction de l'à-coup de courant. Une diminution certaine de l'à-coup de courant n'est possible qu'avec un dispositif automatique de couplage, qui devrait donc toujours être exigé lorsque l'on désire une réelle diminution de l'à-coup de courant.

On ne commettra certainement pas une bien grande erreur en admettant que la plupart des moteurs sont enclenchés une fois par heure et en posant par conséquent $n = 1$. D'autre part, le nombre des services analogues, dont il a été question au chapitre 3 b, ne dépasse d'habitude guère 10, de sorte que nous pouvons poser, d'une manière générale, $k = 10$. Les erreurs introduites par ces estimations n'ont d'ailleurs pas une grande importance, puisque n et k ne figurent dans l'équation (4) qu'à la puissance $1/4$.

Pour les moteurs les plus fréquents, on peut donc appliquer la formule suivante:

$$0,08 I_c \geq 1,78 p q \frac{10^3}{3 U} P_n \quad (6)$$

c) Il n'est pas possible de décider d'une manière générale pour quelle partie du réseau de distribution ces conditions simplifiées sont valables. Chaque entreprise électrique devra le déterminer elle-même. On peut commencer par déterminer les courants de court-circuit I_c pour l'ensemble du réseau aménagé et fixer ensuite dans quels secteurs le branchement de moteurs peut se faire d'après la règle simplifiée. Il est également possible de choisir un courant de court-circuit minimum, puis d'aménager le réseau en conséquence. En pratique, on adoptera généralement un compromis, en déterminant les courants de court-circuit du réseau aménagé, puis en choisissant une valeur minimum, de manière à pouvoir englober, avec quelques extensions de réseau, une zone aussi étendue que possible, dans laquelle les con-

ditions simplifiées de branchement pourront être appliquées.

La figure 6 indique, pour différents courants de court-circuit, les puissances maxima admissibles pour des moteurs à 4 pôles, dans un réseau à 380/220 V.

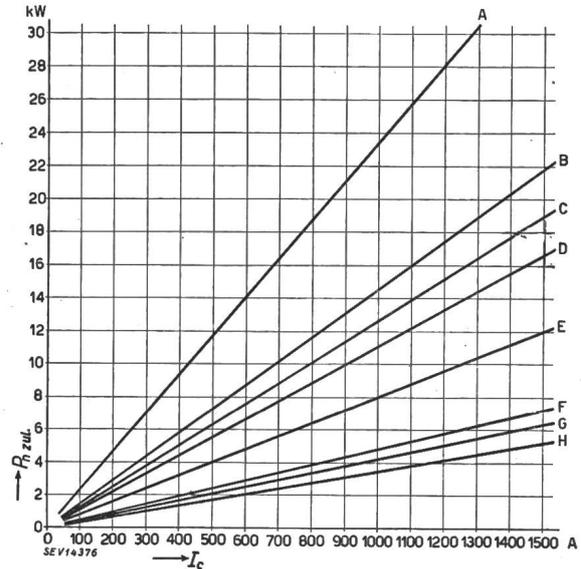


Fig. 6
 Puissance nominale maximum admissible ($P_{n adm.}$) de moteurs à 4 pôles en fonction du courant de court-circuit (I_c) de la ligne d'amenée (réseau à 380/220 V)

- A Rotor bobiné
- B Induit à double cage d'écurieil, démarreur automatique étoile-triangle
- C Induit à encoches multiples et à encoches profondes, démarreur automatique étoile-triangle
- D Induit en court-circuit, démarreur automat. étoile-triangle
- E Rotor bobiné, avec démarreur centrifuge
- F Induit à double cage d'écurieil, enclenchement direct
- G Induit à encoches multiples et à encoches profondes, enclenchement direct
- H Induit en court-circuit, enclenchement direct

5° Conditions de branchement comparées de quelques entreprises électriques

Les puissances motoriques admises dans la règle par quelques moyennes et grandes entreprises électriques sont relevées dans le tableau I. Les valeurs indiquées entre parenthèses sont celles des puissances motoriques qui devraient être admises lorsque la puissance admissible de moteurs à induit à simple cage, à 4 pôles, a été correctement choisie par les entreprises électriques en question.

On constate toutefois qu'il existe de grandes différences quant à la puissance admise pour les moteurs à induit à simple cage. Ces différences ne sont certainement pas motivées par l'état du réseau de distribution, puisque une entreprise cantonale admet, par exemple, une puissance de 6 kW, tandis qu'une entreprise municipale possédant un excellent réseau souterrain n'admet que 1,5 kW. Ce tableau montre en outre que certaines entreprises ne font pas de distinction entre les moteurs à induit à simple cage et les autres, ce qui n'est techniquement pas justifié. D'autres entreprises traitent de la même façon les moteurs à induit à encoches profondes ou multiples et ceux à double cage, ce qui est à la rigueur compréhensible, car il n'y a que de faibles différences entre leurs puissances nominales admissibles. Enfin, il y a des entreprises (par exemple l'entreprise r) qui admettent des puissances nominales

Puissance des moteurs en kW, admise par différentes entreprises électriques
(Les valeurs entre parenthèses correspondent aux propositions faites ici)

Tableau I

Entreprise	Induit à cage ordinaire		Induit à encoches multiples et à encoches profondes		Induit à double cage		Induit bobiné avec démarreur centrifuge	Induit bobiné à bagues	Observations
	démarrage direct	démarrage étoile-triangle	démarrage direct	démarrage étoile-triangle	démarrage direct	démarrage étoile-triangle			
a	1,5	3* (4,5)	1,5 (1,7)	3* (5,1)	1,5 (2)	3* (6)	? (3,2)	? (9,3)	*) Pour démarrage automatique étoile-triangle: 4,5 kW.
b	1,5	2,2 (4,5)	1,5 (1,7)	2,2 (5,1)	1,5 (2)	2,2 (6)	3,8* (3,2)	3,8* (9,3)	*) Si le courant à l'enclenchement est inférieur à 2,5 fois le courant nominal, on admet aussi des moteurs plus forts.
c	1,5	3 (4,5)	1,5 (1,7)	3 (5,1)	1,5 (2)	3 (6)	40 (3,2)	40 (19,3)	
d	2	4 (6)	2 (2,3)	4 (6,9)	2 (2,7)	4 (8,1)	? (4,3)	? (12,2)	
e	2	4 (6)	2 (2,3)	4 (6,9)	2 (2,7)	4 (8,1)	15 (4,3)	15 (12,2)	Le courant à l'enclenchement ne doit pas dépasser le double du courant nominal.
f	2	5 (6)	2 (2,3)	5 (6,9)	2 (2,7)	5 (8,1)	? (4,3)	? (12,2)	
g	2,2	4 (6,6)	3,3 (2,5)	5 (7,5)	3,3 (2,9)	5 (8,7)	? (4,8)	? (13,5)	Le courant à l'enclenchement doit être inférieur à 2,5 fois le courant nominal.
h	2,2	3 (6,6)	2,2 (2,5)	3 (7,5)	2,2 (2,9)	3 (8,7)	? (4,8)	? (13,5)	
i	2,2	4 (6,6)	2,2 (2,5)	4 (7,5)	2,2 (2,9)	4 (8,7)	? (4,8)	? (13,5)	
k	2,2	4 (6,6)	2,2 (2,5)	4 (7,5)	2,2 (2,9)	4 (8,7)	? (4,8)	? (13,5)	
l	3	7,5* (9)	4,5 (3,4)	10* (10,2)	4,5 (4)	10* (12)	†) (6,5)	†) (18,5)	*) Pour démarrage automatique étoile-triangle, admis jusqu'à 30 kW. †) q doit être inférieur à 3,8 kVA/kW.
m	3*	6 (9)	3* (3,4)	6 (10,2)	3* (4)	6 (12)	? (6,5)	? (18,5)	*) Pour démarrage en charge, admis jusqu'à 1,5 kW seulement.
n	3	4,5 (9)	3 (3,4)	4,5 (10,2)	3 (4)	4,5 (12)	? (6,5)	? (18,5)	
o	3	3,8 (9)	3 (3,4)	3,8 (10,2)	3 (4)	3,8 (12)	? (6,5)	? (18,5)	
p	3	8 (9)	3 (3,4)	8 (10,2)	3 (4)	8 (12)	? (6,5)	? (18,5)	La puissance apparente à l'enclenchement ne doit pas dépasser 16 kVA.
q	3	3,8 (9)	3 (3,4)	3,8 (10,2)	3 (4)	3,8 (12)	? (6,5)	? (18,5)	
r	3,8	* (11,4)	15 (4,3)	* (12,9)	15 (5)	* (15)	(8,2)	(23,5)	*) Aucune disposition spéciale.
s	3,8	3,8 (11,4)	3,8 (4,3)	3,8 (12,9)	3,8 (5)	3,8 (15)	? (8,2)	? (23,5)	
t	6	6 (18)	8 (6,9)	8 (20,7)	8 (8)	8 (24)	? (13)	? (37)	Pour des moteurs plus forts, la puissance apparente à l'enclenchement doit être inférieure à 3,8 fois la puissance nominale.
u	*			*	*				*) Le courant à l'enclenchement doit être inférieur à 30 A.
Proposition	x	3x	$\frac{8}{7}x$	$\frac{24}{7}x$	$\frac{8}{6}x$	$\frac{24}{6}x$	$\frac{8}{3,7}x$	$\frac{8}{1,3}x$	Le démarrage étoile-triangle doit être automatique. Les moteurs plus forts, les moteurs à charge fortement intermittente, ou les moteurs sortant des limites indiquées ne sont raccordées que si $0,08 I_c \geq I(kn)^{1/4}$

beaucoup trop grandes pour les moteurs à induits à encoches profondes et autres, par rapport aux puissances admises pour les moteurs à simple cage. Les entreprises n'admettent pour ainsi dire jamais,

pour le couplage en étoile-triangle, le triple de la valeur de l'enclenchement direct, car elles savent évidemment que le couplage manuel en étoile-triangle ne justifie pas une telle augmentation de la

puissance autorisée. Il n'y a toutefois que quelques rares entreprises qui mettent sur le même pied d'égalité, comme cela serait logique, le couplage manuel en étoile-triangle et l'enclenchement direct. Quant aux moteurs à rotor bobiné, avec démarreur centrifuge ou à bagues, il n'existe presque aucune entreprise qui indique des puissances maxima valables dans la règle.

Nous avons l'impression que de nombreuses valeurs ont été fixées plutôt au jugé que sur la base de considérations techniques et que les conditions en vigueur dans une entreprise sont adoptées plus ou moins directement par une autre.

Nous estimons en conséquence qu'il serait indiqué de procéder à un examen approfondi des données techniques qui déterminent les puissances maxima admissibles. D'après l'exposé qui précède et qui montre la voie à suivre, les conditions de branchement devraient être en somme les suivantes:

1° Les moteurs asynchrones triphasés ne sont admis que s'ils satisfont aux exigences formulées par l'équation:

$$0,08 I_c \geq I (kn)^{\frac{1}{4}}$$

2° Dans les zones, des moteurs asynchrones triphasés à 4 pôles et plus, dont la charge ne varie pas fréquemment, ne peuvent être branchés que si leur courant d'enclenchement ne dépasse

pas x A, c'est-à-dire dans la règle jusqu'aux puissances nominales, en kW, suivantes:

A induit à simple cage	x
A induit à encoches multiples et profondes	$1,2 x$
A induit bobiné, avec démarreur centrifuge	$2 x$
A induit bobiné, à bagues	$6 x$

Si les moteurs démarrent à l'aide d'un dispositif automatique de couplage en étoile-triangle, les puissances nominales admissibles pour les moteurs à induit à simple cage et à encoches profondes ou multiples sont triplées.

Bibliographie

- [1] *Dünner, E.*: Anlauf und Betriebsverhältnisse der Induktionsmotoren bei Verwendung verschiedener Rotorarten. Bull. SEV Bd. 25(1934), Nr. 20, S. 525...531.
- [2] *Michaelis, P.*: Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau. Bull. SEV Bd. 32(1941), Nr. 4, S. 60...65.
- [3] *Anschütz, H.*: Ueber die Glättung der Lichtschwankungen von Wechselstrom-Glühlampen. Elektrotechn. Z. Bd. 55 (1934), Nr. 1, S. 10...12.
- [4] *Werdenberg, W.*: Zulässige Spannungsschwankungen in Licht-Netzen. Bull. SEV Bd. 26(1935), Nr. 22, S. 609...612.
- [5] *Keller, Robert*: Das Flimmern des elektrischen Lichtes. Ursachen und Abhilfsmöglichkeiten. Bull. SEV Bd. 32 (1941), Nr. 25, S. 717...721.
- [6] *Altherr, R.*: Der Anschluss von Widerstands-Schweissmaschinen. Bull. SEV Bd. 36(1945), Nr. 12, S. 361...371.

Adresse de l'auteur:

W. Werdenberg, directeur du Service de l'électricité de la Ville de Winterthour.

CIGRE

Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension

11. Session, Paris 1946

061.3:621.3

Die CIGRE blickte an der 11. Session, die vom 27. Juni bis 6. Juli 1946 nach alter Tradition in Paris stattfand, auf 25 Jahre ihres Bestehens zurück. Sie war unter den Auspizien der Commission Electrotechnique Internationale, die schon seit 1904 besteht, im März 1921 gegründet worden. Seither hält sie alle zwei Jahre ihre Kongresse ab; die Reihe wurde nur durch den Krieg unterbrochen.

Die CIGRE befasst sich mit folgenden Gegenständen:

1. Bau des Materials zur Erzeugung, Umformung und Unterbrechung elektrischer Energie.
2. Konstruktion, Isolation und Unterhalt der Freileitungen und Kabel.
3. Betrieb, Schutz und Zusammenarbeit der Netze.

Sie will

die Neuerungen bekannt geben und unter den Spezialisten der verschiedenen Länder zur Diskussion stellen, auswählen zwischen dem, was gut, mittelmässig oder schlecht ist,

die wirklichen Fortschritte festlegen.

In den Schriften der CIGRE heisst es: «Elle tend donc finalement vers ce but unique: „Comment faire mieux travailler l'argent" et, bien qu'on n'y parle pas de finances, elle sert ainsi directement les intérêts financiers de ses participants.»

Die Arbeitsmethoden und das Programm der CIGRE blieben sich seit 1921 immer gleich. Es darf erwähnt werden, dass der Unterhaltungsteil stets auf ein Minimum reduziert war: Von 10 Tagen jeder Session sind nur zwei nicht der Arbeit gewidmet: ein Sonntag und ein Werktag für technische Besichtigungen und die verwaltungstechnischen Versammlungen.

Wenige Wochen nach dem Waffenstillstand (8. Mai 1945) wurden die Vorarbeiten für die Session 1946 aufgenommen. Im November 1945 versammelte sich der Conseil in Paris mit einer Reihe von Experten, um die technischen Fragen, die

an der Session 1946 in den Vordergrund gerückt werden sollten, festzulegen.

Wie sehr die rasche Aufnahme der Arbeiten überall geschätzt wurde, zeigt der unerwartete Erfolg der Session 1946: 877 Delegierte aus allen Ländern hatten sich eingeschrieben, eine Zahl, die bisher noch nie erreicht worden war. Die Schweiz war an dieser Zahl mit 88 Einschreibungen beteiligt, nach Frankreich (397), Grossbritannien (117) und Belgien (108).

107 Berichte waren eingereicht worden; die Schweiz stand mit 18 an zweiter Stelle, nach Frankreich (20), gefolgt von Grossbritannien (17), Belgien (14), Schweden (13), Vereinigte Staaten (7).

81 % der Berichte wurden vor der Session (am 5. Juni) allen Teilnehmern zugestellt; die übrigen, deren Manuskripte zu spät eingereicht wurden, konnten in Paris in Empfang genommen werden. Bedenkt man, dass die meisten dieser Berichte erst im April eingereicht werden konnten, so muss die Uebersetzung ins Englische oder Französische und der zweisprachige Druck all dieser Berichte innerhalb nur gut eines Monats als besondere Leistung des Generalsekretariates der CIGRE und dessen Mitarbeiter anerkannt werden.

In der Revue Générale de l'Electricité erschien ein Auszug aus allen Berichten in französischer Sprache. Die Redaktion dieser Zeitschrift hat uns freundlich erlaubt, eine deutsche Uebersetzung ihrer Auszüge im Bulletin des SEV erscheinen zu lassen. Wir beginnen damit in dieser Nummer und möchten besonders betonen, dass wir hier nur einen allgemeinen Ueberblick geben können; vor allem sind diese von Dritten gemachten und übersetzten Auszüge für die Autoren nicht verbindlich. Für alle Einzelheiten und zu genauem Studium müssen wir auf die offizielle Veröffentlichung verweisen. Die ersten beiden Bände des Comptes-Rendu sind Ende April und anfangs Mai erschienen; der dritte Band folgt bald. Alle drei Bände sind beim Sekretariat der CIGRE, 112 Bd. Haussmann, Paris 8°, zu beziehen, zum Preise von franz. Fr. 3500.—