

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 32 (1941)
Heft: 24

Artikel: Amélioration des conditions de démarrage de moteurs triphasés par la mise en service simultanée de condensateurs
Autor: Cart, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060052>

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: 16.05.2025

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

zulässig, 3-Phasen-Netze bei Unterbrechung einer Phase im Betrieb zu lassen. Dieser Zustand birgt wegen der Wirkung der Kapazität der unterbrochenen Phase, welche mit der Streu- oder in gewissen Fällen Leerlauf-Induktivität des angeschlossenen Transformators zusammen einen Schwingungskreis bildet, die grosse Gefahr von Ueberspannungen mit Betriebsfrequenz oder mit deren Oberwellen in sich.

Aus diesem Grunde ist es ohne genaue Untersuchung nicht zulässig, Freileitungen, deren Länge einige 10 Meter überschreitet, mit angeschlossenen Transformatoren durch einpolige Trenner abzutrennen oder mit einpoligen Sicherungen abzusichern. (Vergleiche auch «Wegleitung für den Schutz von Wechselstromanlagen gegen Ueberspannungen», § 19, Bulletin SEV 1923, S. 314.) Die Möglichkeit solcher Störungen wächst mit abnehmender Transformatorenleistung, da die Induktivität der Leistung angenähert umgekehrt proportional ist; bei kleinen Transformatoren ist die Wahrscheinlichkeit der Gefährdung also grösser als bei grossen.

Herr A. Kleiner, Generalsekretär des SEV und VSE, Zürich: Es hat mich sehr interessiert, dass Herr Jean-Richard dieses Problem, das für den Praktiker etwas theoretisch aussieht, behandelt und so viele Beispiele gebracht hat, in denen dieses «Umschnappen» des Spannungsdreiecks wirklich eintritt. Er hat erwähnt, dass damit eine Aenderung der Phasenfolge und damit der Drehrichtung der sämtlichen angeschlossenen Motoren verbunden ist. Dies ist nun schon etwas bedenklicher. Es würde ausserordentlich interessieren, ob dieses Phänomen auch andernorts beobachtet worden ist.

Ich erinnere mich, dass uns die Niesen-Bahn einmal aus diesem Grunde rückwärts gelaufen ist. Sie ist allerdings dann nicht in die Erde gerutscht, aber es war immerhin so, dass der grosse Motor infolge dieses Umschnappens des Dreiecks eben die umgekehrte Drehrichtung angenommen hatte. Ich habe mich damals bemüht, diese unliebsame Erscheinung abzuklären und glücklicherweise in der ETZ eine entsprechende Abhandlung gefunden, die mich beruhigt und darüber belehrt hat, dass so etwas technisch möglich ist und warum.

Und nun ist es wirklich interessant, dass durch die Versuche der BKW recht viele derartige Fälle festgestellt worden sind, und ich glaube, es dürfte nun manchem Betriebsleiter Kopfzerbrechen ersparen, wenn einmal ein solcher Fall mit dem verkehrten Lauf der Motoren eintreten sollte.

Es wäre interessant, aus dem Schoss der Versammlung mehr zu hören über Beobachtungen und Erfahrungen beim Auftreten der erwähnten Erscheinung.

Herr Prof. W. Frick, Technikum Winterthur: Ein Fall aus der Praxis: Nach einem kurzen Unterbruch in der Energielieferung für eine Fabrik hatten die Drehstrommotoren verkehrte Drehrichtung, ohne dass weder in der Fabrik noch im Verteilnetz und Werk schaltungstechnisch etwas geändert worden war. Es stellte sich dann heraus, dass in der Hochspannungs-Zuleitung zum Fabriktransformator, die teilweise aus Kabel, teilweise aus Freileitung bestand, bei Kurzschluss ein Polleiter durchgeschmolzen und einerseits mit Erdschluss, anderseits isoliert verblieben war. Der Fabrikbetrieb konnte erst wieder voll aufgenommen werden, nachdem das Kabelstück provisorisch durch eine Freileitung ersetzt worden war. Ausser durch Betriebsunterbruch verursacht, entstand noch grösserer Schaden, weil der verkehrte Drehsinn beim Wiedereinschalten z. T. nicht rechtzeitig erkannt worden war.

M. L. Piller, Ingénieur principal d'exploitation des Entreprises électriques fribourgeoises, Fribourg: Je me permets de rappeler qu'en 1934, au congrès de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique à Lausanne, un ingénieur roumain, M. Dîmo, avait signalé un cas dans lequel l'interruption d'une phase avait provoqué l'inversion du sens de rotation de tous les moteurs d'un réseau et occasionné de grandes avaries d'ordre mécanique. Ceci confirme les possibilités d'inversion de champ tournant que nous a exposées M. Jean-Richard.

Der Vorsitzende: Ich danke den Herren Diskussionsrednern für ihre Beiträge. Es scheint, dass in der Werkspraxis tatsächlich mehr solche Störungen auftreten, als ich dachte.

Amélioration des conditions de démarrage de moteurs triphasés par la mise en service simultanée de condensateurs.

Conférence donnée lors de la journée de brèves conférences de l'ASE, le 21 juin 1941, à Zurich.

Par P. Cart, Le Locle.

621.316.722 : 621.319.4

L'auteur décrit brièvement le procédé utilisé pour l'amélioration du facteur de puissance dans le réseau du Locle. Les gros moteurs sont munis de condensateurs. Ces condensateurs, correctement dimensionnés, réduisent notablement les chutes de tension du réseau.

Die Verbesserung des Leistungsfaktors im Netz Le Locle wird kurz beschrieben. Die grossen Motoren werden mit Kondensatoren versehen. Es wird gezeigt, dass diese Kondensatoren, zweckmässig dimensioniert und geschaltet, die Spannungsabfälle des Netzes ganz wesentlich reduzieren.

Généralités.

Les récentes études et conférences de MM. Heinkelmann et Riggenbach au sujet du raccordement des moteurs électriques¹⁾ nous ont fait penser qu'il pourrait être intéressant de signaler une solution pratique du problème du raccordement de moteurs électriques. Cette solution n'a certes pas la prétention d'être inédite, mais il nous paraît qu'on l'oublie trop souvent alors qu'elle pourrait rendre bien des services à l'exploitant:

La plupart des moteurs d'un réseau travaillent normalement à charge réduite malgré tous les soins qu'un distributeur peut apporter à ne pas laisser surdimensionner les appareils raccordés. L'on peut donc estimer que le facteur de puissance moyen d'un réseau de force motrice ne dépasserait pas 0,5 s'il n'était amélioré d'une manière ou d'une autre.

Lorsque cette question de l'amélioration du facteur de puissance s'est présentée dans notre réseau comme une nécessité, nous avons commencé, comme chacun, par installer des batteries de condensateurs dans nos stations de transformation. Mais bien avant d'avoir atteint la valeur de 0,8 pendant la journée, le facteur de puissance du réseau était devenu capacitif pendant la nuit avec la tension trop grande qui en résulte. Nous avons donc été amenés à chercher à produire une compensation de la puissance inductive limitée aux heures d'enclenchement des moteurs.

Comme le problème du raccordement de gros moteurs sur un réseau servant également à la distribution de lumière se posait à la même époque, nous avons décidé que la compensation du facteur de puissance se ferait principalement par branchement direct de condensateurs aux bornes des gros moteurs. Leur inductance devrait être hypercom-

¹⁾ Bulletin ASE 1941, n° 4, p. 57.

pensée de façon à obtenir aux bornes un facteur de puissance capacitif. Les principaux avantages de cette manière de faire sont les suivants:

1° La compensation individuelle de tous les moteurs d'un réseau reviendrait trop cher et serait pratiquement irréalisable.

2° En moyenne, les périodes de marche des gros moteurs coïncident avec celles de l'ensemble des moteurs du réseau.

3° La compensation par branchement de condensateurs aux bornes de gros moteurs est moins chère que la compensation dans les stations de transformation puisqu'elle supprime les interrupteurs et coupe-circuit et qu'elle permet de réduire les sections des conduites d'amenée.

4° Enfin, et c'est le point sur lequel nous nous proposons d'insister, la batterie de condensateurs branchée aux bornes du moteur, améliore sensiblement les conditions de démarrage de ce moteur et peut en rendre les effets insensibles aux autres usagers si toute l'installation est correctement dimensionnée.

Exposé de la méthode préconisée.

L'on sait que l'application d'une capacité au bout d'une ligne purement inductive provoque une élévation de la tension en ce point. Si donc, l'on applique simultanément une charge résistante et inductive représentée par un moteur, et une capacité variable, l'on peut faire varier à volonté la chute de tension totale. L'on peut ainsi arriver dans certaines conditions, par un dimensionnement convenable des condensateurs, à supprimer complètement les à-coups de courant au démarrage. Il en est de même lorsque la ligne n'est pas purement inductive, mais comporte également une certaine résistance. Il n'est toutefois évidemment pas possible d'éviter toute variation de tension au cours du démarrage, le courant absorbé par le moteur variant constamment en grandeur et en phase. L'expérience montre toutefois que ces variations-là ne sont pas gênantes.

Un exemple illustrera ce que nous venons de dire et nous permettra d'indiquer la manière de procéder suivant les cas. Faisons cependant d'emblée une remarque importante, à savoir que dans ce domaine, il est non seulement difficile, mais en général inutile de rechercher une grande précision. En effet, tant de conditions varient, non seulement d'un cas à l'autre, mais d'un démarrage à l'autre, suivant l'opérateur, le coffret de manœuvre, la charge du réseau, le graissage du moteur ou de la machine entraînée, la température, etc. que l'on doit se borner à rechercher une indication et un ordre de grandeur. Nous nous permettrons donc de grandes libertés dans l'établissement du diagramme, chacun pouvant à son gré serrer la vérité de plus près s'il l'estime utile. C'est ainsi par exemple que nous ne tiendrons compte ni de la réduction du courant par la chute de tension en ligne, ni du fait que le diagramme du moteur pourrait avoir une forme différente du cercle. Enfin, nous simplifierons ce diagramme à l'extrême.

Choisissons le cas d'un moteur de 14,7 kW (= 20 ch), dont le rendement à pleine charge est de 87 % avec un facteur de puissance de 0,85. Ce moteur sera raccordé en étoile-triangle sur un réseau à 3×380 V. L'intensité nominale est ainsi

de 30,3 A. Comme il s'agit d'un moteur à double cage ou à encoches profondes, nous admettrons que l'intensité de démarrage direct est de 150 A, tandis que l'intensité de démarrage en étoile est de 50 A.

Le réseau est alimenté par un transformateur de 60 kVA d'une tension de court-circuit de 4,7 % et dont les pertes cuivre sont de 2 %. Il fournit à vide une tension simple de 230 V.

La ligne reliant le transformateur au moteur a une longueur de 400 m et est constituée par trois

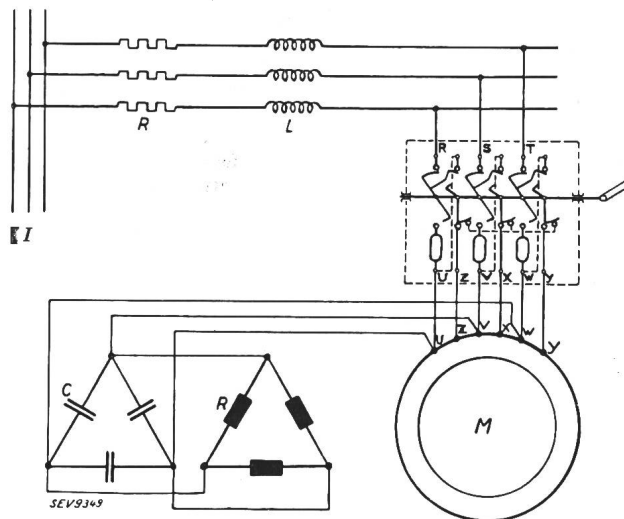


Fig. 1.

I Réseau à tension constante.
C Condensateurs. M Moteur.

fils de 8 mm de diamètre et dont la distance entre eux est de 60 cm.

La ligne à haute tension n'est pas influencée par le démarrage du moteur.

Si l'on remplace le transformateur par son circuit équivalent en T dont on néglige la branche transversale et que l'on additionne les résistances et réactances du transformateur et de la ligne, l'on obtient le schéma fig. 1. L'on trouve, tous calculs faits, $R = 0,185 \Omega$, $\omega L = 0,240 \Omega$ et $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = 0,303 \Omega$.

Commençons (fig. 2) par établir le diagramme du cercle habituel (diagramme des intensités) du moteur en question avec une précision aussi grande qu'on le veut ou qu'on le peut d'après les renseignements souvent congrus que l'on possède²⁾. Après quoi, l'on considère le vecteur $I_d = 157$ A partant de l'origine pour aboutir à l'intersection du cercle la plus éloignée de l'origine en suivant l'axe des ordonnées, vecteur sans signification physique, purement inductif, dont la valeur sera de peu supérieure à celle du courant de démarrage et avec laquelle elle pourra en général être confondue.

Pour établir le diagramme des tensions du réseau, l'on calcule les valeurs — $RI_d = 29$ V et —

²⁾ Ce diagramme est représenté, comme cela devrait toujours être le cas, en portant en abscisses les courants actifs et en ordonnées les courants réactifs. Ce diagramme devrait faire partie de celui de la fig. 3. Il en est séparé du fait que l'origine du diagramme des tensions est en dehors des limites de l'épure.

$\omega L I_d = 37,5$ V que l'on porte à la suite l'une de l'autre à partir de l'extrémité d'un vecteur U_0 représentant la tension simple du réseau (fig. 3). Le vecteur résultant sera $U_0 - Z I_d$ soit pratiquement la tension aux bornes du moteur au premier instant du démarrage. L'on construira maintenant, par homothétie de celui de la fig. 2 le diagramme du cercle en prenant comme base le vecteur $-Z I_d$. Le cercle obtenu sera le lieu de l'extrémité de vecteur représentant la tension du réseau aux bornes du moteur pendant le fonctionnement en triangle.

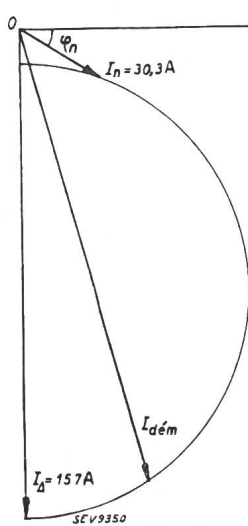


Fig. 2.
Diagramme des courants.

Par une réduction au tiers l'on construira le diagramme du moteur connecté en étoile, puis l'on cherchera à représenter le lieu de l'extrémité du vecteur, «tension aux bornes» pendant le démarrage étoile-triangle, ce qui, évidemment, dépend essentiellement de la machine entraînée. C'est ainsi que nous avons représenté à peu près ce qui se passe lors du démarrage d'une pompe centrifuge dont la puissance absorbée en régime normal ne correspond pas à la pleine charge du moteur, et dans des conditions où le passage de l'étoile au triangle ne se fait pas très rapidement.

Les chutes de tension relevées sur le diagramme sont les suivantes, en confondant les arcs du cercle ayant l'origine pour centre avec les ordonnées menées du point considéré sur le vecteur U_0 .

- a) au moment du démarrage . . . 14,5 V soit 6,3 %
- b) à la fin de la position étoile . . . 8 V „ 3,5 %
- c) au passage en triangle . . . 18 V „ 7,8 %
- d) en marche normale . . . 5,5 V „ 2,4 %

Si maintenant nous branchons aux bornes du moteur une batterie de 15 kvar par exemple, en nous arrangeant pour que cette batterie agisse aussi bien dans la position étoile que dans la position triangle — c'est-à-dire aux bornes UVW (fig. 1) et pas aux bornes XYZ — l'on accroîtra la chute de tension d'un vecteur $-Z I_c$. Ce vecteur sera porté en sens inverse de la chute de tension due au courant inductif du moteur. L'on voit qu'il revient au même de décaler le vecteur U_0 d'une quantité égale à $+Z I_c$ en U_0' (fig 3). Toutes les chutes de tension données ci-dessus se réduisent d'une quantité fixe, soit dans notre cas, de 5,5 V. L'on obtient donc les chutes de tension suivantes:

- a) au moment du démarrage . . . 9 V soit 3,9 %
- b) à la fin de la position étoile . . . 2,5 V „ 1,1 %
- c) au passage en triangle . . . 12,5 V „ 5,5 %
- d) en marche normale . . . 0 V „ 0 %

L'amélioration sur le plus fort à-coup est ainsi de 30 % et sur l'à-coup de démarrage de 38 %, l'à-coup de passage en triangle étant de très courte

durée et souvent imperceptible, c'est la seconde amélioration qui est la plus importante.

En faisant varier la capacité de la batterie de compensation, l'on peut réaliser les conditions de marche les plus diverses que l'on pourra se représenter aisément en déplaçant le vecteur U_0 . L'on peut même graduer les abscisses en fonction de la puissance de la batterie. Ainsi qu'il ressort du diagramme, l'élévation de tension due à l'insertion d'une batterie de condensateurs de courant I_c est donnée par la formule: $\Delta U = \omega L I_c$ ceci évidemment dans les hypothèses simplificatrices énoncées.

Remarques diverses.

Il serait possible de faire la compensation en deux échelons en connectant une seconde batterie aux bornes XYZ du moteur. La batterie branchée aux bornes UVW serait alors chargée de la compensation de l'à-coup de démarrage en étoile, tandis que la somme des deux agirait au moment du passage en triangle.

Remarquons aussi que la compensation des à-coups de démarrage d'un moteur à bagues ou à démarrage centrifuge ne peut se réaliser aussi commodément, puisque seul le premier à-coup peut être compensé, tous les suivants agissant en plein. Lorsque les autres conditions de démarrage l'autorisent, le démarrage étoile-triangle, ainsi amélioré, présente donc des avantages considérables par rapport aux autres systèmes, puisque l'on peut obtenir des à-coups de courant plus faibles et moins nombreux que ceux des moteurs à rotor bobiné, dans les conditions pratiques habituelles.

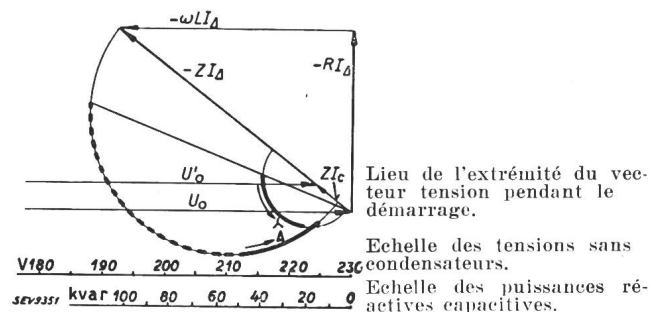


Fig. 3.
Diagramme des tensions pendant le démarrage d'un moteur de 14,7 kW (20 ch) à l'extrémité d'une ligne aérienne de 400 m de longueur et de 8 mm de diamètre Cu.

Le diagramme de la fig. 3 montre immédiatement qu'il est possible de compenser l'à-coup de courant au démarrage direct d'un moteur, mais que la capacité de la batterie doit être très importante vis-à-vis de la puissance du moteur et qu'elle provoquerait, après le démarrage, une surtension inadmissible. L'on pourrait cependant imaginer un artifice analogue au démarrage centrifuge consistant à supprimer peu à peu la presque totalité de la batterie de condensateurs qui a servi au démarrage, de façon à ce qu'il ne reste que ce qui est nécessaire à la compensation de la chute de tension en marche normale. Comme cette grosse capa-

cité ne doit être fournie que pendant un instant très court, il suffirait de survolter la batterie de compensation finale et de réduire progressivement la tension à ses bornes. On peut ainsi imaginer de nombreuses combinaisons qui seront probablement plus chères que de simples moteurs à bagues ou à démarrage centrifuge, mais qui présenteront l'énorme avantage de réduire au minimum les chutes de tension et qui pourront par conséquent permettre souvent le branchement de moteurs beaucoup plus gros que les dispositions habituelles. En outre, la robustesse et le rendement meilleur des moteurs à induit en court-circuit, le maintien à une valeur élevée de la tension après démarrage et l'amélioration du facteur de puissance de tout le réseau feront souvent donner la préférence à cette solution.

Ce mode de branchement des condensateurs aux bornes des moteurs peut nécessiter certaines précautions qu'il sera bon de rappeler succinctement:

1° En cas de compensation de moteurs d'ascenseurs ou analogues, éviter la marche en génératrice asynchrone, qui peut présenter de graves dangers, en séparant à l'arrêt le moteur et la batterie au moyen d'un disjoncteur à six pôles.

2° Lors du branchement de condensateurs aux bornes d'un moteur que l'on fait démarrer en étoile-triangle, il n'y a pas lieu de craindre de surtensions au moment de la séparation du réseau, car les circuits sont ouverts. Par contre, lorsque le démarrage est direct, il est bon, pour peu que la capacité soit importante par rapport à la puissance du moteur, de séparer le moteur de sa batterie en même temps qu'on le sépare du réseau.

3° Lorsque le moteur est prévu pour démarrage direct, la batterie de condensateurs se décharge dans le moteur après coupure du courant. Il n'en est pas de même lors du démarrage étoile-triangle ou lors des cas 1° et 2° ci-dessus et des résistances de décharge seront donc nécessaires.

4° La puissance capacitive P_c nécessaire pour ramener le facteur de puissance d'un moteur à l'unité est donnée par la formule suivante:

$$P_c = \frac{P}{\eta} \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}$$

dans laquelle P est la puissance considérée du moteur en kW, η et $\cos \varphi$ son rendement et son facteur de puissance à la charge P .

La puissance capacitive maximum que l'on pourra brancher aux bornes du moteur travaillant sous sa pleine charge P_n en maintenant le même courant de ligne sera de

$$P_{c \max} = 2 \cdot \frac{P_n}{\eta_n} \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n}}{\cos \varphi_n}$$

l'indice n indiquant les valeurs relatives à la charge nominale. Il n'y a pas lieu de craindre que le courant nominal soit dépassé lorsque la puissance absorbée se réduit. Cependant l'on remarque que le courant augmentera moins vite que la charge en cas de surcharge du moteur ce qui

doit rendre plus prudent dans le réglage des relais de protection. D'autre part, si l'on désire dépasser la puissance capacitive maximum, il sera nécessaire de séparer le coffret de protection du moteur qui se branchera directement aux bornes de celui-ci et la commande du groupe-moteur-condensateur qui se fera en amont de la batterie de condensateurs. Dans le cas du démarrage étoile-triangle, la protection du moteur sera alors dimensionnée pour le courant de phase, comme c'est le cas dans certains coffrets Brown, Boveri par exemple.

Si nous reprenons l'exemple donné plus haut, nous trouvons que la puissance maximum de la batterie que l'on peut placer aux bornes du moteur de 14,7 kW, sans changer la protection du moteur dont on admettra qu'elle est réalisée sur le courant de ligne est de 21 kvar. Elle permettrait de réduire l'à-coup de démarrage étoile à moins de la moitié, soit à une valeur bien inférieure à la limite perceptible pour des abonnés à la lumière.

Conclusion.

Une trop rapide estimation montrerait que la solution envisagée est plus chère qu'un moteur à bagues ou à démarrage centrifuge. C'est pourquoi nous insistons sur le fait que cette solution doit être envisagée à un point de vue plus large.

Lorsque l'exploitant aura calculé ce que lui coûterait le renforcement de son réseau, ou son bouclage, ou l'établissement d'une nouvelle station de transformation, qu'il aura fait entrer dans son calcul ce que lui coûterait par ailleurs la compensation du facteur de puissance du réseau, qu'il aura réalisé une expérience avec un simple volt-mètre avant et après compensation, et qu'enfin l'abonné se sera rendu compte de la meilleure utilisation qu'il peut faire de son installation intérieure, ils seront tous deux persuadés que le branchement de condensateurs aux bornes des moteurs est extrêmement économique.

L'expérience nous a prouvé que l'on obtient ainsi dans des quartiers industriels, alimentés par des lignes aériennes une constance remarquable de la tension. A telle enseigne que nous avons pu brancher au bout d'une ligne de caractéristiques presque identiques à celles de l'exemple choisi, non pas 15 kW mais plusieurs moteurs représentant un total de plus de 70 kW sans enregistrer de plaintes de nos abonnés à l'éclairage.

Diskussion.

Der Vorsitzende, Herr Dr. h. c. M. Schiesser, Präsident des SEV: Ich danke Herrn Cart für seinen Kurzvortrag über die Verbesserung der Netzverhältnisse durch statische Kondensatoren. Die Anregung des Herrn Cart ist ausserordentlich interessant. Im ersten Augenblick hat man den Eindruck, die Einrichtung sei viel zu teuer; aber es scheint, dass es Fälle gibt, wo sie grosse Vorteile bietet, indem sie nicht nur das Sekundärnetz von reaktiver Leistung entlastet, sondern gleichzeitig die Anlaufverhältnisse der Motoren verbessert.

Dr. A. Liechti, Micafil A.-G., Altstetten: La compensation individuelle totale ou la surcompensation des moteurs à dé-

marrage étoile-triangle peut être la cause de surtensions dangereuses au démarrage, lors du changement de couplage. Deux cas méritent d'être relevés; le premier ne se rapporte toutefois pas à l'exposé de M. Cart.

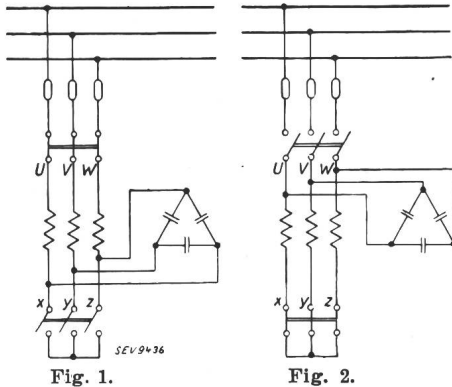


Fig. 1. Fig. 2.
Moments dangereux pendant le démarrage de moteurs à couplage étoile-triangle compensés individuellement.

I. Le condensateur est branché aux bornes X Y Z du moteur; la fig. 1 représente le moment dangereux pendant le changement de couplage. Le couplage en parallèle du condensateur avec le moteur produit, pour la compensation à l'unité, une résonnance de courant; le couplage selon la fig. 1 produira une résonnance de tension. Dès lors, le courant, limité uniquement par la résistance ohmique du circuit, pourra atteindre une valeur dangereuse. Meyer-Oldenburg¹⁾ cite le cas où la tension du condensateur a atteint 4 fois la tension nominale.

II. Le condensateur est branché aux bornes UVW du moteur, voir fig. 2). Contrairement au premier cas, l'ouverture du circuit se fait d'abord en UVW. Avec le couplage en étoile, le moteur n'absorbe que le $\frac{1}{3}$ de sa puissance réactive nominale, et de ce fait, sera surcompensé. Une autoexcitation du moteur s'ensuivra; celui-ci travaillera, dès lors, comme générateur. A la suite de la surcompensation, la tension pourra dépasser considérablement la tension nominale. Meyer-Oldenburg cite un cas où pour un condensateur de 380 V, la tension a atteint 850 V.

Conclusion: Pour réaliser sans danger la compensation individuelle de moteurs à couplage étoile-triangle, il y aura lieu:

de choisir les organes de couplage tels que pour le passage étoile-triangle, l'ouverture du circuit se fasse d'abord du côté opposé au condensateur, par rapport au moteur, ou de se contenter d'une compensation bien inférieure à l'unité (et de prévoir pour l'ensemble d'un réseau une compensation supplémentaire avec installation centralisée).

Der Vorsitzende: Ich danke für diese interessanten Bemerkungen. Es scheint so zu sein, dass unter gewissen Bedingungen solche Resonanzverhältnisse entstehen können. Ich glaube aber, dass man über diese Schwierigkeiten hinwegkommt, wenn man die Frage eingehend studiert.

M. P. Cart, Le Locle (Conférencier): Je voudrais rappeler que dans le passage de l'étoile en triangle, le circuit est complètement coupé et que toutes les phases sont ouvertes; il ne peut donc pas se produire la résonance. L'autre cas est évidemment exact.

Herr M. Riggensbach, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: Ich möchte Herrn Cart zu seiner Initiative beglückwünschen; meines Wissens ist die von ihm angewandte Lösung die erste, die in dieser Art in der Schweiz zur Ausführung gelangt ist. Jeder, der weiss, wie schwierig es ist, unter bestimmten Verhältnissen Kurzschlussankermotoren an öffentliche Netze anschliessen zu können, wenn bestimmte Anlaufverhältnisse verlangt werden, also nur direktes Einschalten möglich ist, kommt zum Schluss, die wattlose Komponente des Kurzschlussstromes mit Kondensatoren zu kompensieren. Wenn man jedoch ein solches Projekt ausarbeitet und den Kunden

anbietet, so treten sie meistens der hohen Kosten wegen zurück. Wir haben schon wiederholt bei grösseren Anlagen diese Anlassmethode offeriert, jedoch mit sehr geringem Erfolg.

Um so erfreulicher ist es, dass Herr Cart es gewagt hat, einmal diese Schaltung in der Praxis einzuführen, und es ist zu wünschen, dass seinem Beispiel weiterhin gefolgt wird.

Herr W. L. Froelich, Landis & Gyr A.-G., Zug: Wie aus den Ausführungen des Herrn Cart hervorging, sind Kondensatoren zur Leistungsfaktor-Verbesserung zweckmässig dort aufzustellen, wo die induktive Blindlast entsteht, also

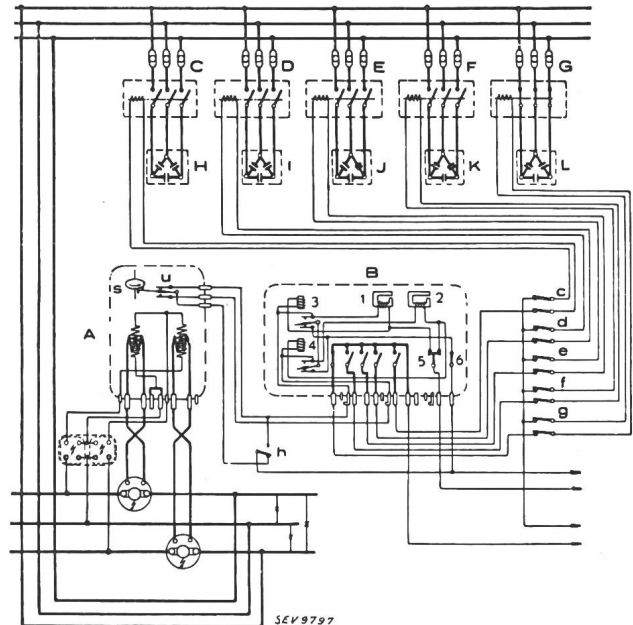


Fig. 1.
Schaltbild einer Blindlast-Regelanlage mit 5 Kondensatoreinheiten.
A Blindleistungsrelais, B Stufenschalter H, I, J, K, L Kondensatoren, C, D, E, F, G Schützen.

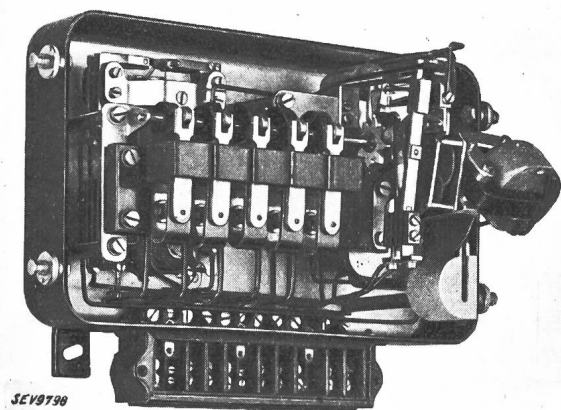


Fig. 2.
Blindlast-Regelanlage: Stufenschalter.

beim Abonnenten. Um Anlagekosten zu sparen oder der Betriebsbedingungen wegen, ist in vielen Fällen der zentralen Anordnung der Kondensatoren beim Konsumenten gegenüber der rein individuellen Kompensation der Vorzug zu geben. Hierbei drängt sich die automatische Zu- und Abschaltung der Kondensatoren auf, namentlich, um bei teilweiser oder völliger Abschaltung der Motoren einen vorilegenden $\cos \varphi$ zu vermeiden. Besteht die Kondensatorenanlage aus mehreren Einheiten, so lässt sich durch die automatische stufenweise Zu- und Abschaltung der Kondensator-Einheiten der Leistungsfaktor regulieren, d. h. die Blindlast in bestimmten

¹⁾ ETZ 1941, No. 8.

Grenzen halten. Die Wahl der Blindleistung als Kriterium hat den Vorteil, nach der Grösse zu regulieren, die man,

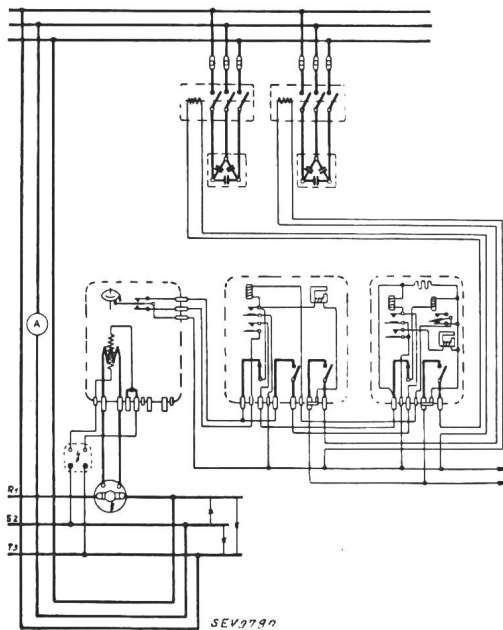


Fig. 3.

Schaltbild einer vereinfachten Blindlast-Regelanlage mit zwei Kondensatoreinheiten.

in Form der verfügbaren Kondensator-Einheiten, auch tatsächlich in der Hand hat.

Die Blindlast-Regelanlage Landis & Gyr nach Fig. 1 dient zur Regelung einer Kondensatorenbatterie von fünf Elementen. Sie besteht in der Hauptsache aus einem Blindleistungsrelais und einem Stufenschalter besonderer Konstruktion (Fig. 2). Das Blindleistungsrelais besitzt zwei Kontakte, die nach den einzuhaltenden Grenzen der Blindlast induktiv und kapazitiv eingestellt sind. Bei Berührung des Einschaltkontaktes des Blindleistungsrelais schaltet sich der Vorwärtsmotor des Stufenschalters ein, und die Einschaltung der ersten Kondensatorstufe wird vollzogen. Vor der Einschaltung einer weiteren Kondensatorstufe erfolgt ein kurzzeitiges Öffnen des Steuerstromkreises, um die Stellung des Blindleistungsrelais-Kontaktes erneut zu prüfen. Ist dieser noch in Einschaltstellung, so wird eine weitere Kondensatoreinheit zugeschaltet, wenn nicht, ist die Schalteroperation einstweilen beendet. Bei Abnahme der induktiven Blindlast erfolgt entsprechend die stufenweise Abschaltung der Kondensatoren, wobei durch Schliessung des Ausschaltkontaktes am Blindleistungsrelais der Rückwärtsmotor des Stufenschalters betätigt wird.

Das Schema Fig. 1 bezieht sich auf eine Blindlast-Regelanlage in einem Stahlwerk mit Kondensatoren von insgesamt ca. 4500 kVar. Der Aufbau von vergleichsweise kleinen Anlagen mit 20...50 kVar Kondensatorenleistung ist im Prinzip der gleiche. Sind aber nur 1 oder 2 Kondensatoreinheiten vorhanden, so kann die Blindlast-Regelanlage vereinfacht werden, indem ein Blindleistungsrelais mit nur einem Triebssystem, und, statt des Spezial-Stufenschalters, zwei einfache Schaltautomaten Verwendung finden (Fig. 3). Die Wirkungsweise dieser Apparatur ist aber von der oben beschriebenen nicht wesentlich verschieden.

Der Vorsitzende: Ich danke den Herren Votanten für ihre interessanten Beiträge.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Hochfrequenzfluoreszenzlampen.

(Nach Transactions of the Illuminating Engineering Society, New York, May 1941.)

621.327.4 : 535.37

Die Ausstattung der amerikanischen Flugzeuge mit Hochfrequenzanlagen und der Wunsch, Flugzeuge mit Fluoreszenzlampen auszustatten, haben dazu geführt, dass Versuche mit Hochfrequenzfluoreszenzlampen durchgeführt wurden. Die Verwendung eines 400-Hz-Stromes gestattete eine wesentliche Verringerung von Grösse und Gewicht der Hilfsapparate.

Um das Gas einer Fluoreszenzlampe zu ionisieren, ist eine bestimmte Zeit nötig. Je stärker die Ionisation in einer

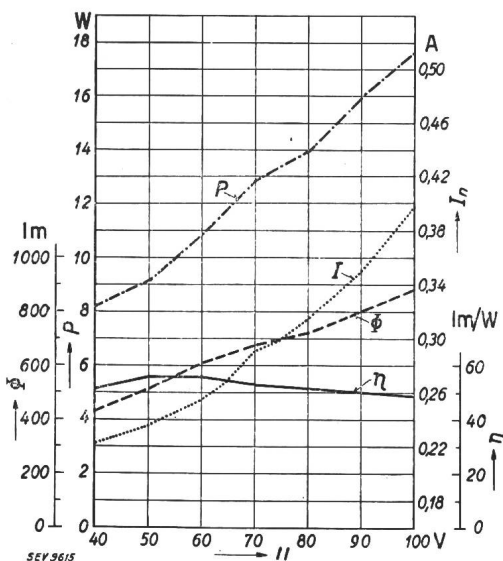


Fig. 1.

Charakteristische Daten einer Hochfrequenz-Fluoreszenzlampe von 400 Hz. Aufgenommene Leistung P , Strom I , Lichtstrom Φ , Lichtausbeute η .

Dampflampe, desto geringer ist die nötige Elektrodenspannung. Bei einer Dampflampe, welche an ein 60-Hz-Netz angeschlossen ist, ist das Gas bereits vor dem Ende einer Halbwelle wieder entionisiert, so dass eine verhältnismässig hohe Spannung zur Neuzündung nötig ist. Bei Frequenzen von 400...500 Hz ist die Ionisation jedoch nicht mehr in der Lage, den Änderungen des Stromes zu folgen und ihr Wert schwankt so wenig, dass eine wesentlich niedrigere Zündspannung als bei 60 Hz nötig ist.

Die Versuche, welche man mit einer Spannung von 69 V ausgeführt hat, zeigen, dass Hochfrequenz-Fluoreszenzlampen ungemein wirtschaftlich sind und sowohl aus diesem Grunde als auch wegen der eingangs erwähnten Gewichtsverminderung der Hilfsapparate zur Flugzeugbeleuchtung ausgezeichnet verwendet werden können.

H. H.

Speicherung von Sommerwärme für Winterzentralheizung.

621.364.3 : 620.91(489)

Wir entnehmen folgendes der «Elektrizitätswirtschaft», Berlin, 1941, Heft 27, S. 426:

Ein Gegenstück zu der vor einiger Zeit veröffentlichten Abhandlung des Schweizers P. Seehaus, nach dessen Vorschlag aus elektrischer Ueberschussenergie gewonnene Wärme in riesigen, gut abgedämmten Wasserbehältern aufgespeichert werden soll¹⁾, bildet der in einer dänischen Fachzeitschrift wiedergegebene Plan des Zivilingenieurs Per V. Brüel, eines Mitarbeiters von Professor P. O. Pedersen. Sein Vorschlag geht dahin, zum Zweck der Wohnungszheizung Windmotoren als Stromerzeuger einzusetzen. Im Gegensatz zu den Verhältnissen in der Schweiz, wo nur im Sommer Ueberschussenergie zur Verfügung stehe, könne der über Dänemark wehende Wind das ganze Jahr hindurch mehr oder weniger ausgenutzt werden. Die in den vier oder fünf Sommermonaten gesammelte elektrische Energie ist daher nur als Reserve für die kälteste Winterzeit erforderlich, so dass die Warmwasserbehälter, die in Dänemark benutzt werden sollen, nur verhältnismässig klein sind, verglichen mit den

¹⁾ Bulletin SEV 1940, Nr. 15, S. 317.