

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 17 (1926)
Heft: 3

Artikel: Das cos-Problem beim Zusammenschluss mehrerer Kraftwerke
Autor: Kloninger, H.C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059798>

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: 07.01.2026

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

où C est la capacité de service calculée précédemment. Les valeurs mesurées sont d'environ 1,0 A supérieures; l'écart est de 3,6 %.

La perditance g est très fortement influencée par les conditions atmosphériques, et c'est à cette raison que l'on peut attribuer l'écart des valeurs relevées pour chacune des deux lignes. Au cours d'essais spéciaux, nous avons vu la perditance doubler dans l'espace de moins d'une heure à la suite d'une chute de pluie et de neige sur le Jura, et atteindre plus de $20 \cdot 10^{-8}$ Mhos/km pour une tension de 120 000 volts.

g) Relevés oscillographiques.

Une série d'oscillogrammes de courant et tension ont été relevés à Chancy-Pougny par les soins de la Station d'Etalonnage de l'Association Suisse des Electriciens à l'aide d'un oscillographe Siemens, et à Jeanne-Rose, par les soins du Laboratoire Central d'Electricité à Paris, à l'aide d'un oscillographe Blondel. Ces oscillogrammes comprennent ceux de tension et de courant des alternateurs à vide et en charge, des transformateurs à vide, de la ligne sous tension normale à vide, avec neutre simultanément ou séparément à la terre à Chancy-Pougny et à Jeanne-Rose, ou encore avec neutre isolé. On a également relevé les courants de terre à Jeanne-Rose.

Ces oscillogrammes ont fait l'objet d'une étude très approfondie de MM. Barrère et Josse, ingénieurs des Etablissements Schneider, parue dans la Revue Générale de l'Electricité du 16 janvier 1926, page 105. Les lecteurs que la question intéresserait pourront s'y rapporter avec profit. La décomposition de ces oscillogrammes en leurs harmoniques d'ordre supérieur a permis de constater qu'en régime normal il n'existe pas sur le réseau, d'harmoniques ayant une amplitude dangereuse.

Nous tenons à mentionner en terminant, la part active prise à ces essais et mesures par M. Bernard Jobin, ingénieur de la Banque Suisse des Chemins de fer.

Das $\cos \varphi$ -Problem beim Zusammenschluss mehrerer Kraftwerke.

Von Ing. H. C. Kloninger, Wettingen.

Der Autor knüpft an die Ausführungen des Herrn J. Kristen im Bulletin S.E.V. 1925, No. 10, an, und empfiehlt für Verbindungsleitungen zwischen zwei Kraftwerken an Stelle der Regulierung auf konstanten $\cos \varphi$ die Regulierung auf konstante Spannung gegebenenfalls unter Anwendung von Synchronmotoren.

L'auteur se réfère à l'exposé de M. J. Kristen, dans le Bulletin A.S.E. 1925, No. 10, et préconise pour les lignes de jonction entre deux centrales, au lieu de la régulation pour un $\cos \varphi$ constant, le réglage à tension constante, éventuellement au moyen de moteurs synchrones.

Unter diesem Titel hat Herr Ingenieur J. Kristen im Bulletin No. 10 des letzten Jahres einen ausserordentlich interessanten Artikel veröffentlicht, der die leider immer noch sehr verworrene $\cos \varphi$ -Angelegenheit um einen guten Schritt weiter bringt. Die veröffentlichten Diagramme werden gewiss vielen, die sich mit dieser Frage befassen, eine wertvolle Hilfe sein.

Wenn wir uns dennoch erlauben, Kritik zu üben, so soll damit der innere Wert der Veröffentlichung in keiner Weise berührt werden. Wir wollen einzig die Frage stellen: Ist das $\cos \varphi$ -Problem beim Zusammenschluss mehrerer Kraftwerke richtig gelöst, wenn auf konstanten $\cos \varphi$ geregelt wird? Wir glauben nicht.

Diese Antwort wird nur diejenigen überraschen, welche sich ausschliesslich mit der Energieverteilung in Sekundärnetzen und nicht mit dem Energieausgleich zwischen Kraftwerken befasst haben. Die Forderung nach Hochhaltung des Leistungsfaktors im Sekundärnetz ist derart allgemein, dass diese Forderung oft ohne eigentliche Notwendigkeit auf das Primärnetz übertragen wird.

Dass die Elektrizitätswerke ihre Kundschaft dazu anhalten, den Leistungsfaktor ihrer Verbrauchseinrichtungen zu verbessern, ist nicht nur begreiflich, sondern bis zu einer gewissen Grenze aus Wirtschaftlichkeitsgründen unerlässlich; es liegt nicht zuletzt im Interesse der Verbraucher selbst. Wie weit diese Forderung verallgemeinert werden soll, hängt von der relativen Grösse der Verbrauchseinrichtungen ab. Sind die Verbraucher Grossabnehmer, dann ist der Verbesserung des Leistungsfaktors im allgemeinen keine wirtschaftliche Grenze gesetzt, d. h. es steht nichts im Wege, besonders während den Zeiten der Spitzenbelastung im Netz nach der Verbesserung bis auf $\cos \varphi = 1$ zu trachten.

Hat man dagegen mit einer Menge von kleinen Konsumenten zu tun, so wird es meistens wirtschaftlicher sein, die Erzeugung des wattlosen Stromes (richtiger gesagt: Magnetisierungsstromes) in einzelne Hauptverbrauchscentren zu vereinigen. Dies ganz besonders dann, wenn die Anlagen der Kleinkonsumenten dicht beieinander liegen¹⁾. Das Abwälzen der Erzeugung des Magnetisierungsstromes auf den Kleinkonsument wäre dann in einem solchen Fall aus allgemeinen wirtschaftlichen Gründen zu verwerfen. Diese Gründe sind zunächst darin zu suchen, dass es wirtschaftlicher ist, die Erzeugung des Magnetisierungsstromes in verhältnismässig grossen Maschinen vorzunehmen, als in eine grosse Anzahl von kleinen Einrichtungen zu verzetteln. Ausserdem darf man die Anlagen des Kleinkonsumenten nicht zu sehr komplizieren und verfeuern, wenn man der allgemeinen Verwendung der elektrischen Energie nicht erschwerend entgegentreten will.

Es darf nicht vergessen werden, dass es keinen Grund für den Stromlieferanten gibt, die Lieferung des Magnetisierungsstromes abzulehnen, wenn er hierfür entsprechend den Erzeugungs- und Uebertragungskosten entschädigt wird. Es gibt heute schon eine Anzahl Netze, in denen der Stromlieferant sich die Erzeugung des Magnetisierungsstromes vorbehalten muss, um die Stabilität des Betriebes und die Konstanz der Spannung zu sichern.

Ein Beispiel wird diese Betriebsverhältnisse am besten beleuchten. Nehmen wir an, die Zentrale A (im vorliegenden Fall eine hydraulische Zentrale) liefere über

Transformatoren und eine lange Freileitung ihren Strom über die Unterstation B an ein Netz C. Es wird bei hoher Belastung des Netzes C der Magnetisierungsstrom in B durch einen Synchronmotor erzeugt, derart, dass die Spannungsverluste in der Uebertragung zwischen A und B nur durch den Wattstrom verursacht werden und z. B.

nur 8 % betragen. Betrachten wir die Betriebsverhältnisse bei geringer Netzbelastung. Würde der Leistungsfaktor gleich gehalten werden, so hätte man hierbei statt 8 % nur 1 bis 2 % Spannungsabfall. Man wäre daher gezwungen, die Spannung in der Zentrale A entsprechend abzusenken, was vielleicht mit Rücksicht auf dort befindliche Verbraucher nicht zulässig ist, oder dann die Spannung in B gerade dann steigen zu lassen, wenn die Verluste im Sekundärnetz an und für sich klein sind und die Spannung eher zu hoch ist. Wird dagegen der Synchronmotor untererregt, so ist es möglich, durch Senden von wattlosem Strom von A bis B den Spannungsabfall wieder auf 8 % zu bringen, derart, dass die Spannungen in A und B trotz Belastungsänderung konstant gehalten werden. Die Menge von Magnetisierungsstrom, welche zu diesem Zweck von A nach B geschickt werden muss, ist um so kleiner, je grösser die induktiven Verluste in der Uebertragung sind im Verhältnis zu den ohmschen Verlusten. Da heute mehr und mehr Freileitungen mit hoher Uebertragungsspannung und Transformatoren mit hoher Kurzschlussimpedanz verwendet werden, so ist ein günstiges Verhältnis leicht zu erreichen. Würde die stromliefernde Gesellschaft die Erzeugung des wattlosen Stromes ihren Klienten überbürden, statt selbst an die Hand zu nehmen, so wäre ihr die

1) Diese Konzentration der Magnetisierungsstromerzeugung in einzelne Verbrauchscentren führt dann auch die oft notwendige Entlastung des Sekundärnetzes herbei.

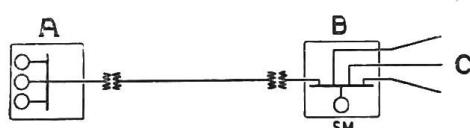


Fig. 1.

Möglichkeit weggenommen, die Erzeugung den Betriebsverhältnissen derart anzupassen, dass auf einfache Weise eine gute Spannungskonstanz im Netz erzielt wird.

Dieser Vorteil der Verschiebung des Erzeugungsortes für den Magnetisierungsstrom je nach Richtung und Grösse der übertragenen Energie kommt noch viel mehr zum Vorschein beim Zusammenschluss mehrerer Kraftwerke. Nehmen wir z. B. einen Parallelbetrieb der Werke *D* und *E* an, wobei jedes dieser Werke sein eigenes Netz hat und mit Rücksicht auf dieses Netz die Spannung im Kraftwerk entweder konstant halten oder nach einer bestimmten Regel ändern muss. Will man nun Energie in der Richtung von *D* nach *E* übertragen und wird vorgeschrieben, dass diese Energieübertragung bei einem bestimmten Leistungsfaktor stattzufinden hat, so ist es unerlässlich, dass *D* eine höhere Spannung einstellt als *E*. Entweder muss nun *D* die Spannungskonstanz seines Netzes preisgeben oder es muss eine künstliche Spannungserhöhung durch Zwischenschalten von Transformatoren mit in Betrieb regelbaren Anzapfungen oder von Induktionsreglern geschaffen werden. Diese Komplikation, welche nebenbei mit einer Erhöhung der Anlagekosten und der Betriebsverluste verbunden ist, kann vermieden werden, wenn die Bedingung des konstanten Leistungsfaktors in der Uebertragungsleitung preisgegeben wird. Es ist dann ein leichtes, die Spannungen in *D* und *E* unabhängig voneinander konstant zu halten und trotzdem die Energieübertragung sowohl nach Grösse wie nach Richtung beliebig zu verändern, wenn man nur gleichzeitig gestattet, dass der Spannungsabfall, welcher durch die Uebertragung des Wattstromes (Wirkstrom) verursacht würde, durch eine Uebertragung von Magnetisierungsstrom in der Gegenrichtung kompensiert wird. Wie oben gesagt, wird diese Kompensation mit um so kleinerem Magnetisierungsstrom möglich sein, je grösser das Verhältnis Reaktanz/Widerstand in den Uebertragungsorganen (Leitung und Transformatoren) ist.

Man könnte einwenden, dass es nicht immer zweckmässig erscheint, Magnetisierungsströme allein zur Spannungsregulierung zu erzeugen. Wird das Problem jedoch näher angesehen, so kann man feststellen, dass, um die besten Verhältnisse in bezug auf Spannungskonstanz und Verminderung der Verluste zu erreichen, der Magnetisierungsstrom gerade dort erzeugt werden muss, wo dies meistens auch am bequemsten zu machen ist.

Kehren wir wieder zu unserem Beispiel der Kraftwerke *D* und *E* zurück. Wir wollen annehmen, dass *D* ein Hochdruckkraftwerk mit Akkumulierungsmöglichkeit und *E* ein Niederdruckkraftwerk ohne Akkumulierungsmöglichkeit sei. Die Erfahrung wird zeigen, dass man gerade dann Energie von *D* nach *E* schicken wird, wenn die Maschinen in *E* wegen Wassermangel nicht voll belastet werden können, und dass man anderseits Energie von *E* nach *D* schicken wird, wenn *E* Wasserüberfluss hat und *D* seinen Wasserverbrauch vermindert, um akkumulieren zu können. In beiden Fällen sind in dem energieempfangenden Kraftwerk Generatoren nicht ausgenutzt, welche sehr leicht zur Lieferung des Magnetisierungsstromes herangezogen werden können und gerade diese Maschinen sind zu benutzen, wenn man die Verteilung des Magnetisierungsstromes nach der Regel der konstanten Spannung und der geringsten Verluste vornehmen will.

Diese Beispiele könnten beliebig vermehrt werden und werden leicht zeigen, dass die Verbesserung des $\cos \varphi$ niemals Endzweck, sondern nur Mittel zum Zweck sein darf, und dass gerade beim Zusammenschluss von Kraftwerken eine Regelung nach veränderlichem $\cos \varphi$ aber konstanter Spannung für beide Teile weit mehr Vorteile bringt als ein starres Festhalten an einer $\cos \varphi$ -Klausel.

Damit soll nicht gesagt werden, dass die Erzeugung des Magnetisierungsstromes nicht kontrolliert werden soll und dass man in die alten Zustände der Nichtbeachtung des Leistungsfaktors zurückkehren soll. Im Gegenteil, die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, wie wichtig die richtige, jedoch nicht starre Verteilung

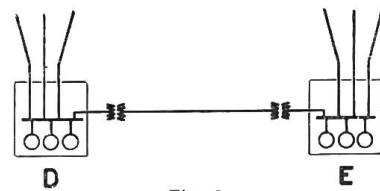


Fig. 2.

des wattlosen Stromes ist für die Wirtschaftlichkeit und die Spannungskonstanz (welche wiederum Vorbedingung für eine wirtschaftliche Ausnützung der Uebertragungs- und Verbrauchseinrichtungen ist). Es ist auch klar, dass für die Erzeugung des Magnetisierungsstromes eine genügende Entschädigung bezahlt werden muss. Eine weise Anwendung von Sinuszählern dort wo der Magnetisierungsstromverbrauch wirklich bedeutend ist und eine Erhöhung des kWh-Preises für Kleinkonsumenten bei gleichzeitigem Fallenlassen der $\cos \varphi$ -Klausel können eine gerechte Entschädigung herbeiführen. Wird ausserdem beim Zusammenschluss mehrerer Kraftwerke die Verteilung des Magnetisierungsstromes genau so vereinbart wie die Verteilung des Wirkstromes, und zwar nach der Regel der Konstanthaltung der Spannung und nicht des $\cos \varphi$, so dürften wir Betriebsverhältnissen entgegengehen, welche gegenüber den heutigen nennenswerte Vorteile haben würden.

Coloration des isolateurs en porcelaine.

Par Ch. A. Burnier, ingénieur, Lausanne.

Der Autor durchgeht die verschiedenen Faktoren, welche für die Wahl der Farbe der Freileitungsisolatoren massgebend sein können und kommt zum Schluss, dass die Farbe solcher Isolatoren kaum einen Einfluss auf die Güte derselben ausübt.

L'auteur passe en revue les différents facteurs pouvant déterminer le choix de la couleur des isolateurs pour lignes aériennes, et il arrive à la conclusion que la couleur de tels isolateurs n'a pas d'influence appréciable sur leur qualité.

Il convient de rappeler tout d'abord que l'émail dont sont presque toujours recouvertes les pièces en porcelaine n'a qu'un but:

celui de créer à la surface de ces pièces un revêtement parfaitement lisse qui facilitera la décoration et le nettoyage, et qui donnera à la porcelaine une apparence de netteté qu'elle n'aurait pas autrement.

En effet, la porcelaine non émaillée, quelle que soit sa cuisson, n'est jamais parfaitement lisse, et les poussières sont facilement retenues à sa surface. De plus, elle n'a pas l'apparence brillante et cossue qu'elle donne lorsqu'elle est recouverte d'un émail.

Pour ces raisons, et dès les débuts de sa fabrication, la porcelaine a toujours été recouverte d'un émail. La porcelaine a servi pendant de nombreux siècles uniquement comme matière destinée à la création d'objets d'arts (vases, plaques, etc.) et à la fabrication de la vaisselle. Il était donc tout naturel de l'émailler en blanc pour pouvoir profiter de sa translucidité et des facilités que donne un fonds blanc lorsque l'on veut décorer une surface.

De là provient le fait que lorsque l'on commença à utiliser la porcelaine pour en faire des isolateurs, ceux-ci furent au début tout naturellement émaillés en blanc. Plus tard, lors du grand développement des lignes de transmission d'énergie électrique, les ingénieurs des compagnies de distribution demandèrent pour différentes raisons aux fabricants de porcelaine, de recouvrir d'un émail coloré les isolateurs qui leur étaient destinés.

Les différentes couleurs utilisées furent le brun-acajou, le brun-chocolat, le vert, le bleu, le gris-perle; la couleur blanche gardant d'ailleurs des partisans convaincus. Toutes ces couleurs ont une raison d'être, mais il faut dire qu'il est bien difficile de donner la préférence à l'une d'entre elles.

La porcelaine étant une matière vitrifiable, l'émail est un verre appliqué à sa surface. L'émail est posé par immersion de la pièce en porcelaine non cuite, donc poreuse, dans un bain d'émail à une densité convenable. Les pièces émaillées sont ensuite cuites de façon identique quelle que soit la coloration de l'émail qu'elles portent. Dans un même four sont placées des pièces émaillées différemment, sans qu'il en puisse résulter un inconvenient quelconque.