

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 39 (1948)

Heft: 6

Artikel: Studie über den Parallelbetrieb der Kraftwerke der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Autor: Jean-Richard, Ch.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059263>

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: 13.01.2026

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

Beleuchtung: 14,6 kWh/Hauptraum
 Kleinapparate: 16,8 kWh/Hauptraum
 Zusatzheizung: 14,3 kWh/Hauptraum

Mit diesen Zahlen fällt es nicht schwer, für jede Wohnungsgröße die entsprechenden Werte zu berechnen.

f) Schlussbemerkung

Eine solche mathematisch-statistische Untersuchung des Haushaltenergieverbrauches ist unseres Wissens noch nie durchgeführt worden. Es dürfte sicher von Interesse sein, ob die so ermittelten Zahlen mit den praktischen Erfahrungen übereinstimmen. Sollte dies zutreffen, so wäre mit der geschilderten Methode ein wirkungsvolles Instrument geschaffen, um die Struktur des Energieverbrauches ohne umfangreiche und langwierige statistische Erhebungen (im landläufigen Sinne des Wortes) zu untersuchen.

Literatur

- [1] *Linder, Arthur*: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. 150 S. — Basel, 1945.
 [2] *Fueter, Rudolf*: Das Mathematische Werkzeug des Chemikers, Biologen, Statistikers und Soziologen; Vorlesungen über die höheren mathematischen Begriffe in Ver-

- bindung mit ihren Anwendungen. 303 S. — Zürich u. Leipzig, 2.*ed. 1930.
 [3] *Klezl, Felix*: Allgemeine Methodenlehre der Statistik, ein Lehrbuch für alle wissenschaftlichen Hochschulen. 295 S. — Wien, 2. ed. 1946.
 [4] *Hack, Franz*: Wahrscheinlichkeitsrechnung. 123 S. — Sammlung Göschen, Nr. 508. Berlin u. Leipzig, 1914.
 [5] *Daeves, Karl, u. August Beckel*: Auswertung von Betriebszahlen und Betriebsversuchen durch Grosszahl-Forschung; eine Methodik zur Vermeidung von Auschussware und zur Verbesserung der Qualität. 43 S. — Berlin, 2. ed. 1943. [Auch in: Chem. Fabrik Bd. 14 (1941), S. 131 ff.]
 [6] *Daeves, Karl*: Praktische Grosszahl-Forschung, Methoden zur Betriebs-Überwachung und Fehlerbeseitigung. VI + 132 S. — Berlin, 1933.
 [7] *Meyer de Stadelhofen, Jean*: Statische Erhebungen über die Radiohörer und den für den Radiobetrieb konsumierten elektrischen Strom. Techn. Mitt. schweiz. Telegr.- u. Teleph.-Verw. Bd. 24 (1946), Nr. 6, S. 258...265.
 [8] *Beckel, August, u. Karl Daeves*: Ein neues Hilfsmittel der Grosszahlforschung. Stahl u. Eisen Bd. 54 (1934), Nr. , S. 1305...
 [9] *Beckel, August*: Anwendung der Grosszahl-Forschung in der Lebensmittelchemie. Z. Unters. Lebensm. Bd. 66 (1933), Nr. 1/2, S. 158...177.
 [10] *Beckel, August*: Grosszahlforschung in der Lebensmittelchemie: Buttersäurezahl. Z. Unters. Lebensm. Bd. 79 (1940), Nr. 1/2, S. 128...137.

Adresse des Autors:

Ch. Morel, dipl. Ingenieur, Deyenstrasse, Feldmeilen (ZH).

Studie über den Parallelbetrieb der Kraftwerke der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Von *Ch. Jean-Richard, Muri (BE)*

621.3.016.32:621.311.21(494.24)

Der Parallelbetrieb der einzelnen Kraftwerke der BKW (Bernischen Kraftwerke A.-G.) erfolgt über ein 45-kV-Netz, das aus mehreren parallel geschalteten Maschen besteht. An drei Stellen dieses Netzes ist es angezeigt, die Spannung bei einem mittleren Leistungsfaktor konstant zu halten. An den übrigen Stellen sollte die Blindleistung in Abhängigkeit der Wirkleistung so reguliert werden, dass die Blindleistung in Richtung der Verbraucher fliesst.

Die systematische Verwendung automatischer Regler, seien es Spannungs- oder Blindleistungsregler, und von «Deltavar»-Relais für die automatische Wahl der Regulierart weist den Vorteil auf, den Betrieb der Netze gleichzeitig einfacher, wirtschaftlicher und ausgänglicher zu gestalten.

Die Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW) betreiben 8 Kraftwerke. Zwei davon befinden sich am einen Eckpunkt eines dreieckförmigen 150-kV-Netzes. Ihre verfügbare Leistung beträgt 260 MW und die jährlich mögliche Energieerzeugung 800 000 MWh. Die Ausdehnung des Netzes umfasst 628 km (einfache Leitungslänge). In der Regel sind auf den Masten zwei Stränge montiert. Die relative Nachleistung beträgt 41 MVar bei 150 kV.

Die sechs anderen Kraftwerke befinden sich längs der grossen Wasserläufe, die den Kanton Bern durchziehen. Ihre Leistung beträgt 79 MW mit einer jährlich möglichen Energieerzeugung von 460 000 MWh.

Die grösste Belastungsspitze der Netze der BKW betrug im August 1947 329 MW.

Die sechs Kraftwerke sind miteinander durch ein mehrfach vermaschtes 45-kV-Netz verbunden. Ausserdem speist jedes Kraftwerk, wie auch ver-

La marche en parallèle des centrales des Forces Motrices Bernoises s'effectue au moyen d'un réseau à 45 kV, formé de plusieurs mailles, mises en parallèle. A trois endroits de ce réseau il est opportun de maintenir la tension constante pour une valeur moyenne du facteur de puissance. Aux autres endroits il y a lieu de régler la puissance réactive en fonction de la puissance active dans le but d'orienter le flux de la puissance réactive vers les consommateurs.

L'emploi systématique de régulateurs automatiques, soit de tension soit de puissance réactive et de relais «Deltavar» pour le choix automatique du mode de réglage, présentera l'avantage de rendre l'exploitation des réseaux à la fois plus simple, plus économique et plus stable.

schiedene 45/16-kV-Unterstationen, je einen Teil eines 16-kV-Netzes.

An den 16-kV-Sammelschienen dieser Kraftwerke ist die Spannung nach einem Wochenprogramm vorgeschrieben, welches von Hand eingestellt und durch automatische Spannungsregler einreguliert wird. Dieses Verfahren kann mit Recht als das klassische bezeichnet werden. Es wurde schon im Anfang des elektrischen Netzbetriebes angewendet, als die Bedürfnisse noch durch Abnehmer bestimmt wurden, deren Energiekonsum sich nach einem festen Tagesprogramm abwickelte.

Es ist klar, dass die Verwendung von automatischen Spannungsreglern an den 16-kV-Sammelschienen der Unterstationen gute Resultate liefert.

Die beiden Kraftwerke, welche an das 150-kV-Netz angeschlossen sind, weisen eine genügende Leistung auf, um dem ganzen Netz die Spannung in der Weise aufzudrücken, dass sie an einem bestimmten Punkt desselben konstant bleibt.

Das 45-kV-Netz ist weniger leicht zu betreiben. Es hat den Parallelbetrieb der Kraftwerke unter sich sicherzustellen und ist gleichzeitig zwischen den 150- und 16-kV-Netzen gelegen. Der Leistungsaustausch auf den Verbindungsleitungen unterliegt keinem bestimmten Diagramm, weder täglich noch wöchentlich. Die verfügbaren Wassermengen bestimmen hier den Betrieb, zusammen mit den Bedürfnissen sowohl der Industrie als auch der Haushaltungen. Die Regulierung der Spannung an den 45-kV-Sammelschienen nach einem Wochenprogramm würde den Betrieb nur umständlicher gestalten, ohne dass in anderer Hinsicht deren Wirkung besonders befriedigen würde.

An fünf Stellen ist das 45-kV-Netz mit dem 150-kV-Netz verbunden mit Hilfe von unter Last schaltbaren Stufentransformatoren mit einer totalen Nennleistung von 170 MVA. Es ist vernünftig,

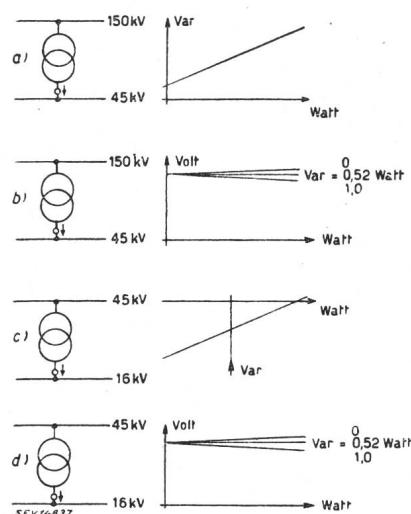


Fig. 1

Die vier Regulierfälle

- Grundlast der Blindleistung (150/45 kV)
- Anpassungsfähige Spannung 45 kV
- Zusätzliche Blindleistung (45/16 kV)
- Anpassungsfähige Spannung 16 kV

einen Teil der Blindleistung des 150-kV-Netzes durch das 45-kV-Netz kompensieren zu lassen. Zu diesem Zweck sollen die meisten der 150/45-kV-Transformatoren mit automatischen Blindleistungsreglern ausgerüstet sein, deren Charakteristik in Abhängigkeit von der Wirkleistung eine Gerade ist, welche zu sich selber parallel verschoben und deren Neigung beliebig gewählt werden kann. Die gewählten Werte betragen 15 % Blindleistung (bezogen auf die Nennleistung des betreffenden regulierten Transformators) und 52 % Blindleistung bei voller Wirkleistungsabgabe.

An 20 Stellen ist das 45-kV-Netz mit dem 16-kV-Netz durch Stufentransformatoren verbunden, deren Leistung total 200 MVA beträgt und die unter Last geschaltet werden können. Wo diese Transformatoren einen Teil des 16-kV-Netzes spei-

sen, ohne dass ein Kraftwerk parallel arbeitet, lassen sich automatische Spannungsregler in üblicher Weise anwenden; wo die Transformatoren ein Kraftwerk mit dem 45-kV-Netz verbinden, ist es angezeigt, die ausgetauschte Wirkleistung zu berücksichtigen. So wird das betreffende Kraftwerk veranlasst, seinen Leistungsbezug aus dem 45-kV-Netz ohne Blindleistung vorzunehmen, dagegen bei Leistungsabgabe an das 45-kV-Netz auch Blindleistung zu liefern.

Dieses Verfahren lässt sich automatisch in zwei der acht Kraftwerke durchführen, indem automatische Blindleistungsregler zur Steuerung des Verbindungstransformators verwendet werden. Die Charakteristik dieser Regler in Abhängigkeit von der Wirkleistung ist eine Gerade, deren Neigung und deren Höhenlage beliebig eingestellt werden können. Die zweckmässigen Einstellungen lauten auf 0 % Blindleistung bei Energiebezug aus dem 45-kV-Netz und bei voller Belastung des Transformators und auf 52 % Blindleistung bei Abgabe von Energie an das 45-kV-Netz und bei voller Belastung.

Die Blindleistungsregler sind durch «Deltavar»-Relais zu überwachen, um zu verhindern, dass der Regler unnötig reguliert, wenn die Blindleistung infolge eines Unterbruches des Parallelbetriebes nicht mehr reguliert werden kann.

Dort wo die Bedienung nicht 24stündig durchgeführt werden kann, ist es angezeigt, den Blindleistungsregler nicht nur durch ein «Deltavar»-Relais zu überwachen, sondern auch durch einen Spannungsregler zu ergänzen. In einem solchen Fall besteht die Aufgabe des «Deltavar»-Relais darin, je nachdem ob Parallelbetrieb vorliegt oder nicht, den Blindleistungsregler bzw. den Spannungsregler einzuschalten.

Ausser der Blindleistungsregulierung in Abhängigkeit von der Wirkleistung, welche mit dem 45-kV-Netz ausgetauscht wird, ist es selbstverständlich nötig, die Spannung des 45-kV-Netzes wenigstens an einer Stelle zu regulieren. Die besonderen Verhältnisse dieses Netzes bringen es mit sich, dass es angezeigt erscheint, die Spannung an drei Punkten zu regulieren, nämlich an den beiden Enden und ungefähr in der Mitte, in 50 bzw. 70 km Abstand von den Endpunkten.

Um dieser Regulierung die nötige Anpassungsfähigkeit zu geben, wird die Spannung für den mittleren Leistungsfaktor von 0,85 konstant gehalten, während für grössere Werte des Leistungsfaktors die Spannung etwas erhöht und für kleinere Werte erniedrigt wird. Die Kompondierung wird 2 % betragen, bei voller Wirkleistung des regulierten Transformators und bei der Blindleistung null.

Die vier Regulierfälle sind in Fig. 1 dargestellt.

Adresse des Autors:

Ch. Jean-Richard, Ing., Quartierweg 19, Muri (BE).