

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 39 (1948)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Étude dur la marche en parallèle des centrales des Forces Motrices Bernoises S.A.  
**Autor:** Jean-Richard, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057939>

### **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>**

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] *Klezi, 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 Ausschussware 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 Grosszahl-Forschung. 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*: Grosszahl-Forschung 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).

## Etude sur la marche en parallèle des centrales des Forces Motrices Bernoises S. A.

Par Ch. Jean-Richard, Muri (BE)

621.3.016.32:621.311.21(494.24)

*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.*

Huit centrales sont exploitées par les FMB (Forces Motrices Bernoises). Deux d'entre elles se trouvent à l'une des extrémités d'un réseau à 150 kV de forme triangulaire. Leur puissance disponible est de 260 MW et l'énergie de 800 000 MWh par an. L'étendue du réseau est de 628 km de lignes simples, montées sur pylones, principalement à deux ternes. La puissance réactive à vide est de 41 MVar à 150 kV.

Les six autres centrales sont échelonnées le long des cours d'eau qui sillonnent le canton de Berne. Leur puissance est de 79 MW et l'énergie de 460 000 MWh par an.

La pointe maximale de la charge des réseaux des FMB au mois d'août 1947 a été de 329 MW.

Les six centrales sont reliées par un réseau à 45 kV, formé de plusieurs mailles. En outre, elles alimentent chacune une partie d'un réseau à 16 kV, de même que des sous-stations 45/16 kV.

*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 ausgeglichener zu gestalten.*

Aux barres omnibus à 16 kV de ces centrales la tension est prescrite par un diagramme hebdomadaire ajusté à la main et maintenue par régulateurs automatiques de tension. Cette tactique peut être désignée à juste titre par classique. Elle remonte aux débuts du service électrique, les besoins étant déterminés par une clientèle dont les occupations se règlent d'après les heures du jour.

Logiquement, l'emploi de régulateurs automatiques de tension aux barres omnibus à 16 kV des sous-stations donne de bons résultats.

Les deux centrales branchées au réseau à 150 kV sont assez puissantes pour imposer la tension à tout le réseau de manière à ce qu'elle soit constante en un point donné de ce réseau.

Le réseau à 45 kV n'est pas aussi facile à exploiter. Il assure la marche en parallèle des centrales entre elles tout en étant placé entre le réseau à

150 kV et celui à 16 kV. L'échange d'énergie sur les lignes d'interconnexion n'est pas soumis à un diagramme fixe, ni journalier ni hebdomadaire. Les disponibilités d'eau commandent ici en maîtres secondés par les besoins à la fois de l'industrie et des ménages. Le réglage de la tension aux barres omnibus à 45 kV d'après un diagramme hebdomadaire ne ferait que compliquer le service sans procurer de satisfaction par ailleurs. On aurait seulement l'illusion d'un effort raisonnable, illusion alimentée par la tradition acquise dans le réseau à 16 kV.

A cinq endroits le réseau à 45 kV est relié au réseau à 150 kV, au moyen de transformateurs à gradins commutables sous charge d'une puissance nominale de 170 MVA au total. Il est raisonnable d'assurer la consommation d'une partie au moins de la puissance réactive à vide du réseau à 150 kV par celui à 45 kV. A cet effet la plupart des transformateurs 150/45 kV doivent être munis de régulateurs automatiques de puissance réactive, dont la caractéristique en fonction de la puissance active

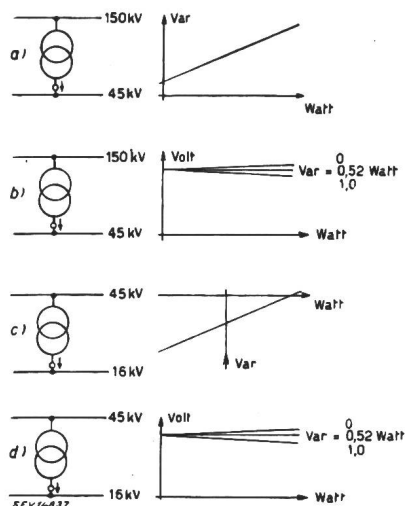


Fig. 1  
Les quatre cas de réglage

- a) puissance réactive de base (150/45 kV)
- b) tension souple 45 kV
- c) puissance réactive complémentaire (45/16 kV)
- d) tension souple 16 kV

est une droite qui peut être inclinée et déplacée parallèlement à elle-même à volonté. Les valeurs choisies sont de 15 % de puissance réactive de base par rapport à la puissance nominale du transformateur réglé et de 52 % de puissance réactive à pleine charge.

A vingt endroits le réseau à 45 kV est relié au réseau à 16 kV au moyen de transformateurs à gradins commutables sous charge d'une puissance nominale de 200 MVA au total.

Là, où ces transformateurs alimentent une partie du réseau à 16 kV sans qu'il y ait de centrales en parallèle, l'emploi de régulateurs automatiques de tension est tout indiqué.

Dans le cas, où ces transformateurs relient une centrale au réseau à 45 kV, il y a lieu de tenir compte de la puissance active échangée. Ainsi, la centrale sera sollicitée de consommer du réseau à 45 kV de la puissance active sans puissance réactive et de lui fournir de la puissance active avec de la puissance réactive.

Ce procédé peut s'effectuer automatiquement à deux des 8 centrales au moyen d'un régulateur automatique de puissance réactive, commandant le transformateur de liaison au réseau à 45 kV. La caractéristique de ces régulateurs en fonction de la puissance active est une droite qui peut être inclinée et déplacée parallèlement à elle-même à volonté. Les valeurs opportunes sont de 0 % de puissance réactive à pleine charge du transformateur en consommant du réseau à 45 kV et de 52 % en fournissant au réseau à 45 kV.

Les régulateurs de puissance réactive seront surveillés par des relais «Deltavar» afin d'éviter des coups de réglage inutiles, lorsque la puissance réactive ne peut plus être réglée, la marche en parallèle ayant été interrompue.

Là où il n'y a pas de surveillance permanente le régulateur de puissance réactive ne sera pas seulement surveillé par un relais «Deltavar», mais encore doublé d'un régulateur de tension. Dans ce cas le rôle du relais «Deltavar» consistera à mettre en service soit le régulateur de puissance réactive soit celui de tension suivant qu'il y a marche en parallèle ou pas.

A part du réglage de la puissance réactive en fonction de la puissance active échangée avec le réseau à 45 kV il faut, bien entendu, régler la tension du réseau à 45 kV au moins en un point de celui-ci. Les conditions particulières de ce réseau sont telles qu'il est opportun de la régler à trois points du réseau, à savoir aux deux extrémités et au milieu. Les points extrêmes sont éloignés du milieu de 50 et de 70 km respectivement.

Pour donner à ce réglage la souplesse nécessaire on maintiendra la tension constante pour le facteur moyen de puissance, soit 0,85, alors que pour des valeurs plus élevées on augmentera légèrement la tension et que pour des valeurs moindres on baissera légèrement la tension. Le compoundage sera de 2 % pour la pleine charge du transformateur réglé, la puissance réactive étant zéro.

Les quatre cas de réglage sont représentés par la fig. 1.

Adresse de l'auteur:

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