

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 43 (1952)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Blindleistungs-Spannungs-Regulierung  
**Autor:** Courvoisier, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059167>

### **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:** 04.04.2026

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

## Les idées françaises actuelles en matière de réglage de la fréquence

Apport à la discussion présenté à l'Assemblée de discussion consacrée à la régulation des grands réseaux, organisée par l'ASE le 3 avril 1952, à Lausanne

par *F. Cahen*, Paris

621.316.726

Du fait de la nationalisation de l'Electricité, le réseau de l'Electricité de France n'a pas de frontières intérieures sur lesquelles doivent être respectés des programmes d'échange. Le seul problème est celui du réglage de la fréquence d'un réseau unique couvrant tout le territoire français. La tendance actuelle est d'affecter à ce réglage la plus grande puissance possible d'usines régulatrices, de manière à réduire dans toute la mesure du possible la tâche incombant à chacune d'elles, de manière aussi à diminuer les fluctuations, dues au réglage, de la puissance dans les lignes à très haute tension.

Deux groupes d'usines peuvent actuellement être utilisés pour le réglage, d'une part les principales centrales thermiques de la région parisienne, d'autre part quelques grandes centrales hydro-électriques du Massif Central. Les installations de réglage existant dans chacun de ces groupes sont en voie de modernisation et l'on y étend le réglage à de nouvelles usines. Un troisième groupe d'usines sera équipé en vue du réglage; il comprendra d'importantes usines hydro-électriques dans les Alpes. En principe, chaque groupe d'usines est contrôlé par un régulateur central; un dispositif répartiteur très simple permet la distribution des ordres de réglage à chaque usine, puis, dans chacune d'elles, à chaque groupe, en assurant entre les groupes et les usines la répartition des charges désirée. Une telle disposition nécessite d'une part des télémesures de puissance allant des machines au régulateur central, d'autre part une transmission d'ordres en sens inverse du régulateur aux machines.

Jusqu'à présent, le réglage est assuré pour toute la France par l'un ou l'autre des groupes d'usines; des dispositions sont à l'étude pour faire participer simultanément au réglage plusieurs groupes d'usines. La fréquence est maintenue, sauf en cas d'incident d'exploitation important, ou, exceptionnellement, à certaines heures critiques de forte variation de la charge, dans une bande de  $\pm 0,1$  Hz.

Un nouveau problème se pose maintenant à l'occasion de la réalisation des nouvelles interconnexions internationales. Le réseau français fonctionne en parallèle avec le réseau belge à la tension de 150 kV et il sera bientôt couplé avec l'ensemble du réseau de l'Allemagne Occidentale par une liaison directe, à 225 kV, la ligne Saint-Avold-Coblence.

Le Groupe de travail du Comité d'Etudes des Interconnexions Internationales de l'UNIPEDÉ a adopté le principe de l'emploi du réglage mixte puissance-fréquence pour l'exploitation interconnectée de plusieurs réseaux nationaux. C'est ce principe que l'on appliquera à l'interconnexion France-Allemagne; à cet effet, une télémesure a été installée en France amenant la valeur de la puissance mesurée à St-Avold, à Paris, au régulateur contrôlant le groupe d'usines thermiques, ainsi qu'à Brive, au régulateur contrôlant le groupe d'usines du Massif Central. Des dispositions similaires sont prévues en Allemagne. D'autres télémesures à 150 kV permettront de transmettre en France la puissance échangée avec la Belgique et d'appliquer, lorsqu'on le jugera nécessaire, les mêmes principes au réglage de cette interconnexion.

Dans le domaine de l'interconnexion internationale se pose un autre problème, celui du réglage de l'heure synchrone moyenne; le principe adopté par le Groupe de travail est le suivant: Lorsque plusieurs réseaux nationaux fonctionneront en parallèle, on assurera un contrôle de l'heure synchrone moyenne, pour permettre à ceux qui le désirent d'en effectuer la distribution; mais ceci n'impose aucune obligation aux autres participants; en particulier, après une période de marche séparée, ils resteront libres d'effectuer ou non le rattrapage de l'heure avant de se recoupler sur le réseau général.

Adresse de l'auteur:

*F. Cahen*, Directeur-adjoint, Electricité de France, 12, Place des Etats-Unis, Paris 16<sup>e</sup>.

## Blindleistungs-Spannungs-Regulierung

Diskussionsbeitrag anlässlich der Diskussionsversammlung über Regulierung grosser Netzverbände des SEV vom 3. April 1952 in Lausanne,

von *G. Courvoisier*, Baden <sup>1)</sup>

621.316.722 : 621.316.727

Trotzdem der Wirkleistungs-Frequenz-Regulierung bei der Regulierung grosser Netzverbände wohl die Hauptbedeutung zukommt, dürfte es am Platze sein, kurz auf die Frage der Blindleistungs-Spannungs-Regulierung zurückzukommen. Im nachfolgenden soll summarisch auf kombinierte Verfahren für die Blindleistungs-Spannungs-Regulierung auf Kuppelleitungen hingewiesen werden.

Es liegt nahe, dass im betrachteten Aufgabenbereich die Regulierung von Spannung und Blindleistung analog zur Situation im Bereich von Frequenz-Wirkleistung, zunächst getrennt behandelt wurde. Das Ergebnis sind die von *A. Ganzenbein* beschriebenen Spannungs- und Blindleistungsschaltungen mit und ohne Wirkstromabhängigkeit. Dass die Aufgabestellung gelegentlich auch andere Lösungen verlangt, mag folgendes Beispiel zeigen:

Ein grosser ausländischer Energiekonzern hat im Laufe der Zeit zwei Kraftwerke nahe beieinander errichtet. Eines davon speist ein 66-kV-, das andere ein 132-kV-Netz. Die installierte Leistung jedes Netzes beträgt ca. 1000 MVA. Zwischen beiden wurde eine Kupplung über zwei Reguliertransformatoren von je 60 MVA Nennleistung erstellt. Der Besteller hat eine Regulierung dieser Transformatoren verlangt, welche bewirkt, dass das Übersetzungsverhältnis der Reguliertransformatoren automatisch dem Verhältnis der Sammelschienenspannungen beider Kraftwerke folgt, wobei jedoch ein einstellbares, festes Spannungsgefälle über die Kupplung eingehalten werden soll. Mit der Transformator-Streu-Reak-

tanz als Begrenzungsgrösse stellt sich somit zwischen den beiden Netzen ein praktisch konstanter Blindleistungs-Austausch ein, welcher von den Schwankungen der Netzspannung unabhängig ist. Die Aufgabe konnte auf einfachste Weise mit Hilfe eines polarisierten Nullspannungsreglers in Differenzschaltung gelöst werden.

Ein einfaches Regulierverfahren für Netzkuppelleitungen, welches sich besonders zur Steuerung von Reguliertransformatoren eignet, die in unmittelbarer Nähe eines Kraftwerkes aufgestellt oder generell an eine Netzstelle angeschlossen sind, an der die Spannung von Blindlaständerungen auf der Kuppelleitung wenig beeinflusst wird, ist die sog. statische Spannungsregulierung. Dabei wird die Spannung an der Verbindungsstelle Reguliertransformator-Kuppelleitung von einem Spannungsregler reguliert; dieser wird vom Strom in der Kuppelleitung so beeinflusst, dass man die Wirkung seiner Wirk- und seiner Blindkomponente auf die regulierte Spannung separat dosieren kann. Es lässt sich damit erreichen, dass ein praktisch fester oder ein wirkstromabhängiger Blindstrom auf der Kuppelleitung eingehalten wird, solange die Spannung an ihrem entfernten Ende durch die Spannungsregulierung von Kraftwerken konstant gehalten wird. Sinkt jene Spannung, so steigt die übertragene Blindleistung; bei steigender Spannung sinkt diese. Wird die Kuppelleitung einmal an ihrem entfernten Ende unterbrochen, oder fällt dort sonst die Verbindung mit spannungshaltenden Maschinen aus, so stellt sich die regulierte Spannung entsprechend dem Blindleistungsbedarf eventuell verbleibender Verbraucher ein. Um zu verhindern, dass beim Eintritt gleichartiger Zustände am «nahen» Ende der Kuppelleitung die Spannung des Reguliertransformators auf der

<sup>1)</sup> Dieser Diskussionsbeitrag konnte in der Diskussionsversammlung der vorgerückten Zeit wegen nicht mehr vorgetragen werden.

«Netzseite» zu weit von ihrem üblichen Betriebsspannungsbereich weg reguliert wird, ist der Einbau passend eingestellter Spannungsrelais auf der Netzseite des Transformators zur Sperrung der Regulierung angezeigt.

Ein neues Verfahren, bei welchem ähnlich wie bei den modernen Verfahren der Frequenz-Wirkleistungsregulierung nach einer definierten Beziehung zwischen Spannung und Blindleistung reguliert wird, ist die sog. Spannungsdifferenz-Blindleistungs-Regulierung. Sie eignet sich zur Steuerung von Reguliertransformatoren, welche an beliebiger Stelle in der Kupplung zweier Netze, also auch in einer von Kraftwerken entfernten Unterstation aufgestellt sind. Dem Regler wird dabei einerseits die Blindleistung und andererseits die Differenz zwischen den Spannungen an den Endpunkten der regulierten Netzkupplung zugeführt. Er kann so eingestellt werden, dass er bei einer bestimmten Spannungsdifferenz zwischen den Enden der Kupplung, z. B. bei Differenz 0, eine gewünschte Blindleistung einreguliert und diese bei Änderungen dieser Spannungsdifferenz so variiert, dass die übertragene Magnetisierungsleistung stets in der Richtung auf jene Spannung hin anwächst, welche relativ zur andern sinkt. Das Verhältnis zwischen den Änderungen der Spannungsdifferenz und der Blindleistung, d. h. die Statik der Regulierung, ist einstellbar. Zur Beschaffung der Spannungen an den beiden Enden der Übertragungsleitung geht man von den beidseitigen Klemmspannungen des Reguliertrans-

formators aus und fügt diesen — im Maßstab der Sekundärspannungen — mit Hilfe bekannter Compoundierungsschaltungen die Spannungsabfälle in den angeschlossenen Kuppelleistungsabschnitten hinzu.

Die Spannungsdifferenz-Blindleistungs-Regulierung benötigt keine Zusatzeinrichtungen, um einzugreifen, wenn auf einer Seite der Kupplung die Verbindung mit spannungshaltenden Maschinen unterbrochen wird. Da ihre Reguliercharakteristik durch eine bestimmte Beziehung zwischen Spannungsdifferenz und Blindleistung gegeben ist, reguliert sie Blindleistung, wenn die beidseitigen Spannungen gegeben sind, und Spannung, wenn eine gegebene Blindleistung übertragen wird.

Die beiden skizzierten Verfahren weisen die Tendenz auf, die festgelegte normale Blindleistungsübertragung zugunsten eines Partners zu korrigieren, wenn er Mühe hat, die Spannung zu halten.

Betriebstechnisch gesehen scheint diese Abhängigkeit durchaus sinnvoll. Es kann höchstens eingewendet werden, dass die Aufstellung von Energielieferungsverträgen dabei etwas schwieriger wird als bei der Anwendung der klassischen Blindleistungs- oder  $\cos\varphi$ -Regulierungen.

Adresse des Autors:

G. Courvoisier, Ingenieur, A.-G. Brown Boveri & Cie., Baden.

## Quelques remarques sur le réglage fréquence puissance; réalisation d'un réglage entièrement électrique

Apport à la discussion présenté à l'Assemblée de discussion consacrée à la régulation des grands réseaux, organisée par l'ASE le 3 avril 1952 à Lausanne  
par F. Esclangon, Grenoble <sup>1)</sup>

621.316.726

On analyse souvent le fonctionnement des régulateurs de fréquence en le divisant en deux réglages:

Un réglage *primaire*, qui fait intervenir le tachymètre, généralement mécanique, un accéléromètre ou un dispositif de statisme temporaire, un statisme permanent avec asservissement de la fréquence d'équilibre du régulateur à la puissance totale du groupe.

Un réglage *secondaire* dû essentiellement à l'intervention du «changement de vitesse», qui change la fréquence d'équilibre du régulateur à puissance constante.

Ces régulateurs sont techniquement satisfaisants: ils donnent un réglage suffisamment précis de la fréquence pour permettre la distribution de l'heure, et une répartition convenable de la puissance entre les centrales et les groupes. Leur fonctionnement reste toutefois très complexe, en ce sens qu'une variation de puissance dans un réseau interconnecté provoque des interventions nombreuses, et quelquefois contradictoires des régulateurs; des réglages primaires, d'abord, qui font face à la variation de puissance, mais provoquent une variation de fréquence; des réglages secondaires, ensuite, qui ramènent la fréquence à sa valeur de consigne; des réglages secondaires, encore, qui rétablissent une répartition convenable de la puissance; le tout avec des réactions des réglages primaires. Le système reste cependant stable, surtout parce que le réglage secondaire est lent, et se comporte comme un «saut-réglage» qui n'atteint que très lentement les valeurs de consigne.

Pour simplifier et stabiliser l'action des régulateurs, Fallou et Darrieus ont proposé dès 1937 un mode de réglage dit à «statisme virtuel» qui réduit en principe à une seule les interventions des réglages secondaires; ce «statisme virtuel» peut être réalisé également sur le réglage primaire, comme l'a montré D. Gaden [1] <sup>2)</sup>, en substituant à l'asservissement de la fréquence à la puissance totale du groupe un asservissement à la puissance d'échange.

Malgré la satisfaction technique que donnent les régulateurs mécaniques actuels, nous avons cherché à réaliser un régulateur électrique, tout au moins pour la partie mesure et commande. Nous avons pensé trouver plusieurs avantages à cette modification. Un régulateur électrique a déjà été réalisé et mis en service par Brown, Boveri & Cie [2]. Tout

d'abord, il nous a paru plus simple de réaliser un fréquencesmètre électrique qu'un tachymètre mécanique de même sensibilité. Les tachymètres mécaniques sont devenus des merveilles de mécanique de précision; un fréquencesmètre à pont, si on l'alimente avec une puissance suffisante donne une sensibilité indéfinie, limitée seulement par les variations inévitables des résistances, selfs et capacités qui le constituent. Les variations lentes sont de peu d'importance, car aucun appareil de mesure n'atteint la fidélité d'une horloge classique ou à quartz, et en définitive la comparaison doit se faire périodiquement entre le fréquencesmètre et une horloge; les variations rapides peuvent être assez faibles pour laisser une grande marge de sensibilité. Il ne faut pas oublier d'ailleurs qu'on n'a besoin d'une grande sensibilité en fréquence que pour les réseaux interconnectés où les écarts de puissance sont faibles en valeur relative; pour une centrale isolée, la lenteur de réglage des régulateurs imposée par les suppressions des conduites forcées, impose des variations de fréquence notables, qu'il est illusoire de vouloir corriger trop finement.

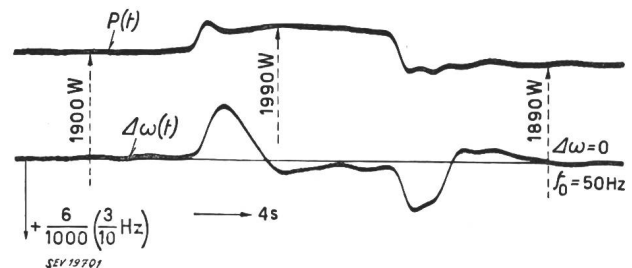


Fig. 1  
Réactions du régulateur en fréquence  $\Delta\omega(t)$  à des variations de puissance de la clientèle  $P(t)$  en réglage «isodrome» du groupe isolé  
Enregistrement 10

Mais le principal avantage nous a paru provenir de l'extrême facilité que présentent les courants électriques faibles, pour l'application de tous les asservissements nécessaires ou désirés afin d'adapter au mieux l'appareil aux fins qu'on lui assigne.

<sup>1)</sup> Par suite d'un manque de temps cette conférence n'a pu être tenue à l'assemblée de discussion.

<sup>2)</sup> voir la littérature à la fin de la conférence.