

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

**Artikel:** Quelques remarques sur le réglage fréquence puissance ; réalisation d'un réglage entièrement électrique  
**Autor:** Esclangon, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059168>

### **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:** 21.02.2026

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

«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 Klemmenspannungen des Reguliertrans-

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

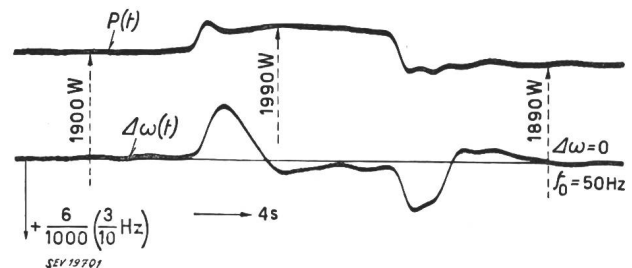


Fig. 1

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.

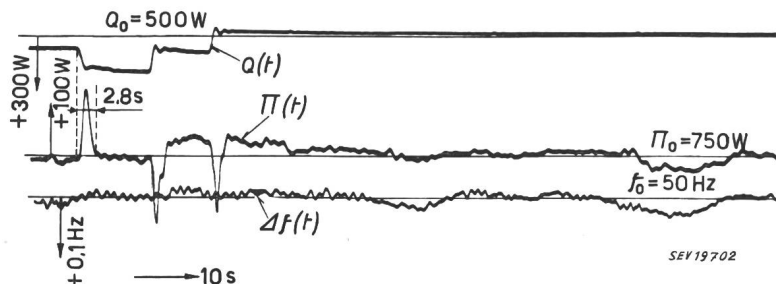
<sup>2)</sup> voir la littérature à la fin de la conférence.

C'est d'ailleurs, cette facilité d'action sur les courants faibles qui a fait reporter sur le réglage secondaire tous les dispositifs complémentaires de régulation. Le réglage secondaire se réalise par l'action d'un moteur électrique de très faible puissance; il a été infiniment plus commode d'appliquer corrections et asservissements sur ce réglage secondaire, que sur le réglage primaire mécanique, qui exige des efforts relativement considérables; mais cela n'a été obtenu

qu'en par un déplacement de la fréquence d'équilibre du pont à résonance (un spot indicateur marque le début et la fin de l'essai).

Les retards de réglage de l'ordre de 2,7 à 2,8 s peuvent être diminués par l'emploi d'un servo-moteur à pression d'huile classique. Cependant avec un statisme virtuel de 1,19 % qui, nous le rappelons, fait correspondre à des variations de puissance de valeur relative importante des écarts

Fig. 2  
Réactions du régulateur en réglage fréquence-puissance à statisme virtuel du groupe couplé sur le réseau général  
On remarque le retour à l'équilibre de la puissance d'échange  $\Pi(t)$  après une variation brusque de la consommation locale  $Q(t)$   
Enregistrement 17



qu'au prix d'une complication du fonctionnement des régulateurs. En outre, dans les réseaux interconnectés, la plupart des régulateurs ne servent plus qu'à la détermination de la puissance et à la limitation de la vitesse en cas de déclenchement; c'est payer bien cher un emploi aussi simple.

Sur ces principes, nous avons réalisé un régulateur entièrement électrique dont on trouvera la description détaillée dans les Annales de l'Institut Polytechnique de Grenoble [3]. Nous donnons ici quelques résultats obtenus.

détectés de fréquence d'équilibre très faibles, nous obtenons dans l'ensemble un bon fonctionnement du réglage fréquence-puissance.

Les quelques résultats obtenus permettent de conclure à la grande souplesse des dispositifs électriques; on leur a quelquefois reproché leur manque de sécurité, leur fonctionnement ne tenant qu'à un cheveu (un filament de lampe électronique); mais il est facile d'imaginer des dispositifs simples de sécurité. Nous pensons qu'avec l'avènement des

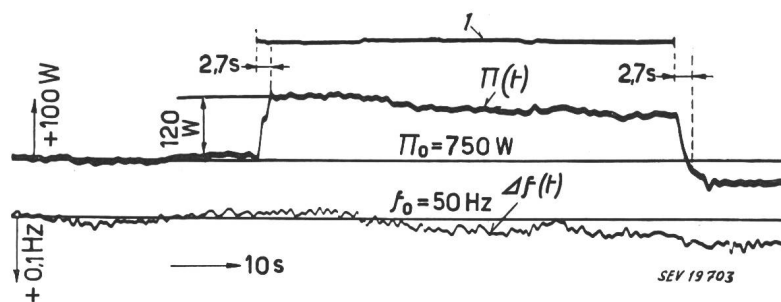


Fig. 3  
Réactions du régulateur en réglage fréquence-puissance à statisme virtuel du groupe couplé sur le réseau général

La consommation locale maintenue constante n'est pas représentée. Variation brusque artificielle de la fréquence obtenue par un déplacement de la fréquence d'équilibre du pont à résonance

1 Spot indicateur  
Enregistrement 19

L'enregistrement 10 (fig. 1) montre les réactions du régulateur en fréquence,  $\Delta\omega(t)$ , à des variations de puissance de la clientèle  $P(t)$ , en réglage «isodrome» du groupe isolé (puissance nominale 2 kW, fréquence d'équilibre 50 Hz).

Les enregistrements 17 et 19 (fig. 2 et 3) montrent les réactions du même régulateur en réglage fréquence-puissance à statisme virtuel du groupe couplé sur le réseau général (statisme de 1,19 %). Sur l'enregistrement 17 on remarque principalement le retour à l'équilibre de la puissance d'échange  $\Pi(t)$  après une variation brusque de la consommation locale  $Q(t)$ . Les variations lentes de la fréquence du réseau  $\Delta f(t)$  sont reproduites fidèlement, en sens inverse par la puissance d'échange. Sur l'enregistrement 19 la consommation locale maintenue constante n'est pas représentée. Nous obtenons une variation brusque artificielle de la fré-

servomécanismes électroniques, le réglage fréquence-puissance doit suivre la voie générale.

#### Littérature

- [1] Gaden, Daniel: Une réalisation de réglage fréquence-puissance direct dans un grand réseau électrique. CIGRE — (1946), t. III, rapp. 319.
- [2] Keller, R.: Un régulateur électrique réalisé et mis en service. Rev. Brown Boveri t. 26 (1939), juin, p. 141.
- [3] Saint-Joanis, A.: Etude d'un nouveau fréquencesmètre — Application au réglage fréquence-puissance. Ann. Inst. polytechn. Grenoble t. — (1952), n° 2, avril et n° 3, juillet (en publication).

Adresse de l'auteur:

F. Esclangon, Directeur de l'Institut Polytechnique de Grenoble, Grenoble.

## Anforderungen an die Übertragung von Fernmesswerten

Diskussionsbeitrag anlässlich der Diskussionsversammlung über Regulierung grosser Netzverbände des SEV  
vom 3. April 1952 in Lausanne,  
von A. de Quervain, Baden<sup>1)</sup>

621.317.083.7 : 621.311.161

Die Lösung der Regulierprobleme in Netzverbänden erfordert Übertragungskanäle zur Übermittlung der Steuergrössen, sowie von ablesbaren oder zu registrierenden Fernmesswerten. Sowohl Steuergrössen, wie Messwerte sind meist gleichzeitig und in beiden Richtungen zu übertragen, z. B. zur Überwachung und Steuerung der auf mehrere parallel arbeitende Kraftwerke nach einem bestimmten Fahrplan aufgeteilten Gesamtleistung. An diese Übertragungskanäle müssen eine Reihe von Forderungen gestellt werden:

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

1. Die Verbindung zwischen den an der Regulierung beteiligten Werken muss als Dauerverbindung geplant werden und eine sehr hohe Betriebssicherheit aufweisen. Da in der Regel die aus Kraftwerken herausführenden Schwachstromkabel oder Freileitungen durch Schutzübertrager abgeriegelt sind, kommt eine Übertragung mit Gleichstrom nicht in Frage. Auch andere Gründe sprechen in vielen Fällen gegen die Verwendung eines messwertproportionalen Gleichstromes, so die genügende Genauigkeit bei sehr langen Leitungen, ferner die Störungsanfälligkeit. Es werden daher meistens Verfahren verwendet, bei denen die Übermittlung der Steuer-