

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 35 (1944)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Le dispositif de synchronisation rapide automatique de l'usine de Verbois  
**Autor:** Leroy, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061589>

### **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:** 17.02.2026

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

eines bestimmten Motors wurde sämtlichen Kurzschlussankermotoren zugrunde gelegt und das Gegendrehmoment der Arbeitsmaschine wurde als konstant und gleich dem Motornennndrehmoment angenommen.

Um doch ein allgemein gültiges Resultat zu erhalten, musste eine Annahme getroffen und dann

verallgemeinert werden. Die Annahmen wurden jedoch so vorsichtig getroffen, dass die Methode zuverlässige Werte ergibt. Vorausgesetzt muss allerdings werden, dass die Abschaltcharakteristik der verwendeten Sicherungen nicht tiefer liegt als die dieser Studie zugrunde gelegten Sicherungs-Abschaltcharakteristiken nach Fig. 1.

## Le dispositif de synchronisation rapide automatique de l'usine de Verbois

Par R. Leroy, Genève

621.316.729

*Le couplage de l'usine de Verbois avec les réseaux suisses et français a suggéré l'installation d'un dispositif de synchronisation rapide automatique. Vu les résultats d'exploitation dans de grandes centrales on a choisi l'appareillage de synchronisation automatique, système Brown Boveri. L'auteur mentionne les particularités de ce dispositif et des résultats d'exploitation.*

*Der Zusammenschluss des Kraftwerkes Verbois mit den schweizerischen und französischen Netzen führte zur Aufstellung einer automatischen Parallelschalteneinrichtung. Gestützt auf Betriebserfahrungen in grossen Kraftwerken wählte man für diese Apparate das System Brown Boveri. Der Autor erwähnt besondere Eigenschaften dieser Einrichtungen und Betriebserfahrungen.*

### Introduction

On s'est attaché, ces dernières années, à étudier et à développer méthodiquement toutes les possibilités techniques permettant d'assurer la stabilité de l'exploitation, notamment dans les conditions les plus difficiles. Les dispositifs d'automatisme se sont avérés rapidement les auxiliaires les plus précieux pour atteindre le but visé. Aussi, l'ingénieur qui élabore le programme de construction doit-il prévoir, dès le début, tous les moyens auxiliaires permettant, en cas de perturbation, de maintenir sans interruption la fourniture de l'énergie et de rétablir la distribution normale de l'énergie à tous les usagers après la suppression de la cause du défaut.

Ce problème a été étudié soigneusement lors de la construction de l'usine de Verbois, et l'on s'est efforcé de prévoir tous les organes auxiliaires pouvant faciliter la rapidité de mise en service des groupes hydro-électriques et de mise en parallèle sur les lignes d'interconnexion. L'organe spécial qui a été installé dans ce but à Verbois est le *dispositif de synchronisation rapide automatique* construit par Brown Boveri.

Ce dispositif a déjà fait ses preuves pendant plusieurs années dans de grandes centrales, entre autres dans celle du Lac Noir en Alsace, et dans celle du Schluchsee dans la Forêt Noire. Il sera également installé dans de grandes usines françaises actuellement en construction, soit dans celle de Génissiat (4.70 000 kVA + 2.92 500 kVA) sur le Rhône, et dans celle de l'Aigle (4.60 000 kVA) en Dordogne. L'installation d'un tel dispositif de synchronisation automatique était spécialement intéressante à Verbois vu le grand nombre de disjoncteurs qui doivent être synchronisés en cas de perturbation. Nous rappelons que les 3 alternateurs de 27 500 kVA de l'usine de Verbois travaillent sur des barres 18 kV desquelles partent les câbles alimentant la ville de Genève où se trouve une usine thermique de secours et ceux allant aux transformateurs-élévateurs de la station d'interconnexion en plein air qui assure la liaison de l'usine

avec les réseaux suisses 125 kV et français 150 kV. A part la synchronisation sur les disjoncteurs des alternateurs on devait également ménager la possibilité de mise en parallèle sur les disjoncteurs des départs 18 kV lorsque l'usine thermique de Genève est en service, ainsi que sur ceux des départs 125 et 150 kV.

L'intérêt d'une synchronisation automatique pour Verbois résidait surtout dans le fait que cette usine est appelée à marcher en parallèle avec des centrales très diverses de type et de réglage ou même à être remplacées par elles, en cas d'arrêt total voulu ou accidentel de l'usine, pour la fourniture de l'énergie à Genève: l'usine thermique de Genève qui comporte des turbo-alternateurs à vapeur et des groupes Diesel; les réseaux suisses, dont les usines à basse et à haute chute disposent de réglages divers; enfin les réseaux français, très étendus et par conséquent soumis à des perturbations prolongées, qui renferment également des sources thermiques et hydrauliques les plus diverses en puissance, type de machines et caractéristiques de réglage.

Dans la grande variété de service que doit de ce fait assurer Verbois, les opérations de mise en parallèle sont fréquentes et doivent être exécutées dans le laps de temps le plus court; même après des perturbations dont les réactions sur la fréquence sont parfois de longue durée; en particulier lorsque Verbois, après un arrêt total doit reprendre son service, assuré momentanément par les centrales étrangères.

La synchronisation à la main demande toujours beaucoup de temps, trop de temps lorsqu'on est pressé de rétablir la fourniture de l'énergie après une perturbation. Pour les machines de Verbois elle est d'autant plus difficile qu'il s'agit de groupes à basse chute et à faible vitesse. Le dispositif de synchronisation rapide qui permet de réduire la durée de l'opération de mise en parallèle et d'effectuer cette dernière sans à-coup avec une sûreté parfaite, joue, par suite, un très grand rôle à l'usine de Verbois.

## Les particularités du dispositif de synchronisation rapide automatique

Ce dispositif se compose de deux appareils:

1° un coupleur qui provoque la fermeture du disjoncteur desservant un alternateur, un transformateur ou une ligne d'interconnexion;

2° un synchroniseur qui amène la turbine à la vitesse voulue et cela d'autant plus rapidement que la différence des fréquences est plus grande.

Lorsqu'il s'agit d'enclencher le disjoncteur d'une ligne d'interconnexion, le synchroniseur n'est, bien entendu, pas utilisé. Le dispositif présente les avantages suivants:

a) La mise en parallèle a lieu sans choc lors de la première coïncidence de phase, se produisant après que l'égalité des fréquences à 1 % près est obtenue. Il n'a pas été jugé utile de synchroniser lors d'un glissement supérieur à 1 %, car la pratique prouve que le peu de temps gagné risque alors d'être payé par l'à-coup de puissance indésirable qu'on se proposait précisément d'éviter, à-coup de puissance dû à l'inertie des roues polaires;

b) Le coupleur donne l'ordre d'enclencher avec un décalage angulaire proportionnel au glissement et au temps d'enclenchement propre du disjoncteur. Ainsi, la fermeture des contacts du disjoncteur a lieu à l'instant précis où la coïncidence des phases se produit;

c) Le dispositif permet une mise en parallèle parfaite pour n'importe quelle tension comprise entre 115 et 65 % de la valeur normale et pour des fréquences de 45 à 52 Hz, la fréquence normale étant de 50 Hz;

d) Le dispositif n'a exigé pour son alimentation que l'adjonction d'un transformateur monophasé sur le côté réseau. L'alimentation côté machine se fait à l'aide des transformateurs de tension triphasés prévus de toute façon pour les régulateurs de tension ou pour la mesure;

e) Le dispositif est placé sur un panneau de dimensions normales, comme le montre la fig. 1 sur laquelle on voit

en haut: le coupleur proprement dit;

en bas: le synchroniseur;

à gauche du synchroniseur se trouvent deux interrupteurs rotatifs permettant la mise en ou hors service individuelle du coupleur et du synchroniseur;

à sa droite est placé un commutateur d'essai avec une lampe d'essai, permettant en tout temps le contrôle du fonctionnement du dispositif de synchronisation rapide.

La mise en service du dispositif de synchronisation se fait d'une manière très simple: dès que l'ordre de démarrage d'un groupe a été donné, on tourne la clef de synchronisation appartenant au disjoncteur à enclencher. Par suite, les instruments de synchronisation sont mis en service, et grâce à des relais intermédiaires le dispositif de synchronisation rapide se trouve automatiquement branché aux transformateurs de tension convenables. Il suffit ensuite, dès que le groupe atteint la vitesse synchrone à 5 % près, d'enclencher un manipulateur qui provoque la mise en service du dispositif de

synchronisation. Une fois la mise en parallèle effectuée, le dispositif de synchronisation se trouve mis automatiquement hors circuit et est de nouveau prêt à être utilisé pour l'enclenchement d'un autre disjoncteur.

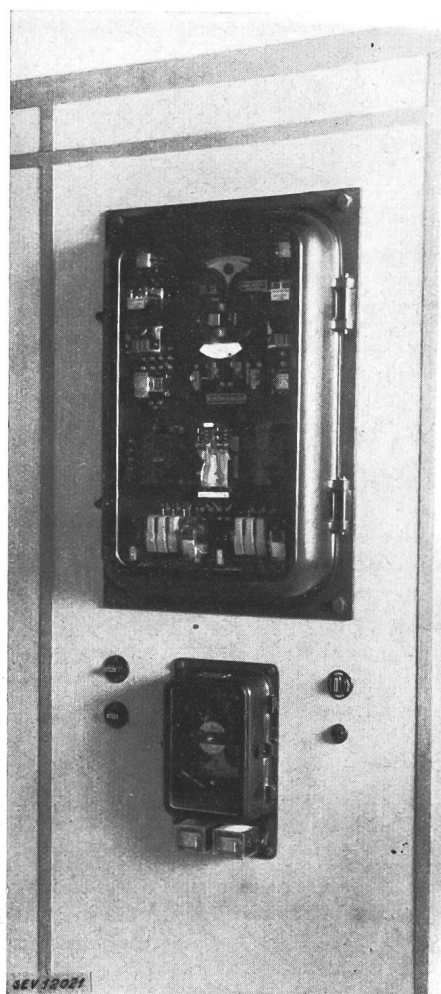


Fig. 1.  
Dispositif de synchronisation rapide  
automatique de l'usine de Verbois

## Résultats d'exploitation

Le dispositif de synchronisation rapide a été mis en service au début de l'année 1943 et les excellents résultats obtenus prouvent la sûreté et la précision de son fonctionnement.

Les premiers essais eurent lieu dans des conditions particulièrement sévères: la chute disponible à Verbois devait, pour des raisons particulières, rester un certain temps bien en dessous de sa valeur normale. Il en résulta un fonctionnement anormal des régulateurs de turbine, ce qui entraîna des variations rapides de la fréquence de  $\pm 1$  période environ. La synchronisation à la main était difficile dans ces conditions. Malgré cela, en utilisant le dispositif de synchronisation rapide réglé pour un glissement de 1 %, la mise en parallèle des alternateurs eut lieu très rapidement: dès que le glissement fut ramené à une valeur de 1 % au

moins l'enclenchement du disjoncteur s'effectua lors de la première coïncidence des phases, c'est-à-dire dans un temps de 30 à 60 secondes compté à partir du moment où le dispositif est mis en service. Malgré cette rapidité, les à-coups de puissance indiqués par le wattmètre enregistreur ne

dépassèrent pas  $\pm 1000 \text{ kW}$ , soit le 4 % de la puissance nominale de l'alternateur.

Il nous paraissait utile d'attirer l'attention sur le dispositif de synchronisation rapide automatique, qui facilite la tâche du personnel de Verbois et contribue à la bonne marche de l'usine.

## Auswuchtgerät für Kreisel

Von Olof Carlstein, Stockholm

621—755

*Es wird ein Auswuchtgerät für Kreisel von Flugzeug-Gyroskopen beschrieben, das gestattet, Unwuchten bis hinab zu 0,5 Milligrammzentimeter auf 5° des Kreiselumfanges genau zu bestimmen. Die durch die Unwucht des Kreisels verursachten Vibrationen werden in Spannungsschwankungen umgewandelt, die einer Kathodenstrahlröhre zugeführt werden. Mit einer zweiten Ablenkspannung, die ebenfalls vom Kreisel gesteuert ist, werden nun charakteristische Figuren auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre erzeugt, aus denen Grösse und Lage der Unwucht bestimmt werden.*

*L'auteur décrit un appareil d'équilibrage des gyroscopes d'avions. Cet appareil permet de déterminer, à 0,5 milligrammes-centimètres près, les défauts d'équilibrage, sur 5° de la circonférence du gyroscope. Les vibrations provoquées par les défauts d'équilibrage sont transformées en oscillations de tension, qui sont enregistrées par un tube à rayons cathodiques. Une deuxième tension de déviation, qui est également provoquée par le gyroscope, permet alors de créer des figures caractéristiques sur l'écran du tube à rayons cathodiques et de déterminer ainsi l'importance et la position du défaut d'équilibrage.*

Wegen den hohen Drehzahlen, etwa 10 000... 40 000/min, werden die Lager der Kreisel grosser Abnutzung ausgesetzt. Man muss deshalb danach streben, die Lagerbeanspruchungen durch möglichst vollständige Auswuchtung des Rotors herabzusetzen.

sehr schnellen und kleinen Vibrationen nicht registrieren.

Deshalb musste hier meistens das menschliche Gefühl als Messgerät für die Vibrationen funktionieren. Die Auswuchtung muss allerdings weiter getrieben werden als der Gefühlssinn zu registrieren vermag. Hinzu kommt die Unfähigkeit des Gefühlssinnes, solche Vibrationen, die von der Unwucht des Kreisels verursacht werden, von solchen, die auf Lagerdefekte zurückzuführen sind, zu unterscheiden.

Das Auswuchtgerät, das im Folgenden beschrieben wird, ist in erster Linie zur Auswuchtung von Flugzeugkreiseln bestimmt.

Ein Auswuchtgerät muss unter anderem folgende Forderungen erfüllen:

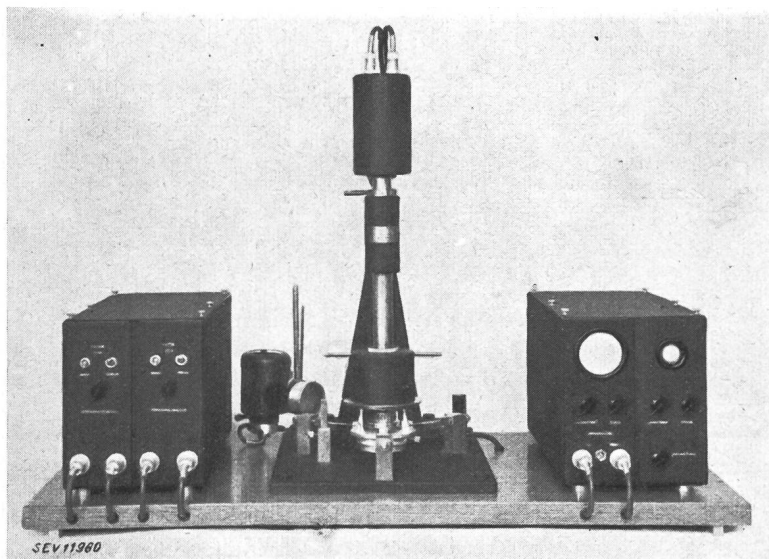


Fig. 1.

Auswuchtgerät für Kreisel

zen. Es hat aber stets Schwierigkeiten bereitet, einen Kreisel so weit auszuwuchten, dass die Vibrationen in einem annehmbaren Verhältnis zu dem stehen, was die empfindlichen Rotorlager aushalten, da Auswuchtgeräte mit hinreichend hoher Empfindlichkeit früher auf dem Markte nicht greifbar waren. Apparate, die z. B. bei der Auswuchtung von Rotoren der Elektromotoren oder ähnlicher Objekte angewendet werden, bei denen der Rotor auf eine Brücke gesetzt wird, von wo die Vibrationen auf mechanischem Weg zu einem Messgerät überführt werden, können für Kreisel nicht in Frage kommen, da solche Apparate die

1. Die Unwucht des Kreisels soll in ihrer Grösse und ihrer Richtung angegeben werden.

2. Die Richtung der Unwucht muss auf ungefähr 10° genau auf dem Umfang des Kreisels bestimmt werden können.

3. Die Empfindlichkeit des Gerätes soll so gross sein, dass die verbleibenden Vibrationen den Lagern nicht schaden können. Wenn es sich um Rotoren zum Flugzeuggyroskop handelt, muss das Gerät eine Unwucht registrieren können, die geringer als ein Milligrammzentimeter ist.

4. Das Gerät muss Vibrationen, die von der Unwucht des Kreisels verursacht werden, von solchen, die auf Lagerdefekte zurückzuführen sind, unterscheiden können.

5. Das Gerät muss leicht bedienbar und betriebssicher sein.

Das Gerät, das die Fig. 1 zeigt, wurde durch die AG. Aerotransport, Stockholm, entwickelt und ist dort seit September 1941 täglich in Gebrauch; es