

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 31 (1940)
Heft: 5

Artikel: Perfectionnement apporté à la commande électrique des régulateurs
Autor: Wenger, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061353>

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: 16.02.2026

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

Perfectionnement apporté à la commande électrique des régulateurs.

Par M. Wenger, Genève.

621.34 : 621.34-55

Es wird die von den Ateliers des Charmilles bis heute angewendete Methode des elektrischen Antriebs der Regulatoren von Wasserturbinen beschrieben. Verwendet wird ein Asynchronmotor, der im einfachsten Fall über einen Transformator von der Generatorenspannung gespiesen wird. Um die bei grösseren Gruppen und in besonderen Fällen mit dieser Schaltung verbundenen Nachteile zu vermeiden, wird der Motor von einem auf die Welle des Generators aufgesetzten Hilfsgenerator gespiesen. Neuerdings wurde eine Konstruktion entwickelt, die bei direkter Speisung des Motors über einen Transformator bis zu 20 % der Nennspannung herab funktioniert.

Les Ateliers des Charmilles exposent les solutions utilisées jusqu'à maintenant pour la commande électrique des régulateurs de turbines hydrauliques. Le texte comprend, en outre, l'exposé des améliorations introduites récemment dans ce mode de commande. Dans les cas simples, on utilise un moteur asynchrone alimenté au travers d'un transformateur par la tension de l'alternateur. Dans certaines grandes installations, pour éviter les inconvénients résultant de ce mode d'alimentation, le moteur est alimenté par un générateur auxiliaire monté en bout d'arbre de l'alternateur. Récemment la construction a été améliorée de telle sorte que le moteur assure un entraînement du régulateur jusqu'à une tension égale à 20 % de la tension normale. Cette amélioration permet d'utiliser d'une façon beaucoup plus générale la solution simple de l'alimentation du moteur par un transformateur.

Le problème du réglage des turbines hydrauliques a été à plusieurs reprises l'objet de discussions au sein de l'Association Suisse des Electriciens et de publications dans ce Bulletin. Nous croyons donc qu'il pourra intéresser les lecteurs d'être tenus au courant d'un récent perfectionnement apporté à la commande électrique des régulateurs et de faire précéder l'exposé des améliorations intervenues d'un rapide historique de ce mode de commande.

Rappelons d'abord brièvement qu'à part certains inconvénients d'ordres divers (emplacement du régulateur, fatigue des courroies notamment dans les pays tropicaux, complications dans le cas de turbines verticales, etc.) une commande mécanique entraîne inévitablement, par sa nature même et du fait des dimensions des organes qu'elle comporte, des effets d'inertie, des chocs et des petites irrégularités qui rendent impossible l'utilisation au maximum des qualités de sensibilité qu'offre un régulateur accéléro-tachymétrique moderne.

En 1925 déjà, les Ateliers des Charmilles se sont préoccupés de réaliser une commande des régulateurs qui allie la précision et la sécurité d'un dispositif mécanique à une parfaite douceur d'entraînement, tout en laissant la plus grande liberté dans le choix de l'emplacement du régulateur par rapport à la turbine.

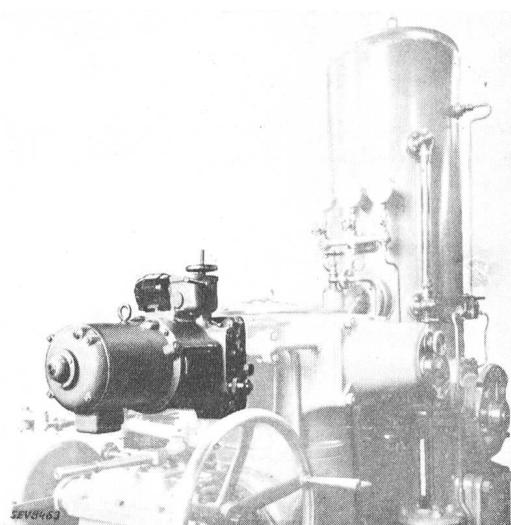


Fig. 1.

Adaptation du moteur électrique de commande à un régulateur.

Les études entreprises dans ce sens les ont conduit en 1926 à installer à titre d'essai à l'Usine de Chancy-Pougny, la commande électrique de l'un des régulateurs des trois turbines Charmilles de cette installation. Les excellents résultats obtenus lors de ces essais ont amené le constructeur à admettre cette nouvelle transmission au rang des dispositifs standards, et c'est ainsi qu'en 1928 la commande électrique est installée

définitivement sur les turbines 6 et 7 des Kraftübertragungs-werke Rheinfelden. Il s'agit là, si nous ne faisons erreur, de la première application industrielle de ce mode de commande par un constructeur européen. Depuis lors, la commande électrique s'est développée à tel point que les Charmilles ont actuellement, parmi les centrales qu'elles ont équipées, presque deux millions de kW installés dont la régulation est assurée par des régulateurs commandés électriquement.

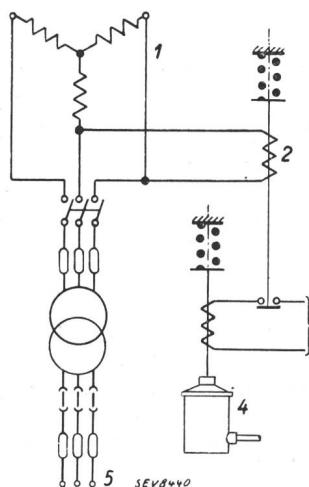


Fig. 2.

Schéma des connexions pour l'entraînement électrique du régulateur.

- 1 Moteur de commande du régulateur.
- 2 Relais.
- 3 Circuit auxiliaire continu ou alternatif.
- 4 Dispositif de sécurité du régulateur.
- 5 Bornes de la génératrice à courant triphasé.

Le moteur utilisé a été dès les premiers essais, et est encore un moteur asynchrone de faible puissance, construit par les Ateliers Cuénod à Genève, avec induit en cage d'écurieul sans démarreur (fig. 1). A tension nominale, le glissement du moteur asynchrone est pratiquement constant car les variations du couple à fournir sont tout à fait insignifiantes. Il en résulte que le moteur transmet fidèlement au régulateur toutes les variations de vitesse du groupe à régler. D'autre part, la puissance absorbée pour l'entraînement des parties tournantes du régulateur est si faible, par rapport à la puissance nominale choisie pour le moteur, que l'entraînement correct reste assuré même pour des tensions considérablement inférieures à la valeur normale. Jusqu'à ces derniers temps cet entraînement était assuré tant que la tension ne tombait pas en-dessous de 35 % de la valeur de régime. En partant de l'arrêt il fallait, pour que le moteur s'accroche, que cette tension atteigne au moins 50 % de sa valeur normale. Enfin, dans les débuts, le moteur de commande du régulateur était toujours alimenté par un transformateur branché directement aux bornes de l'alternateur, avant l'interrupteur principal, et cela conformément au schéma représenté par la fig. 2.

Cependant l'emploi de la commande électrique devenant de plus en plus fréquent, des cas se sont présentés où l'alimentation par transformateur, d'un moteur ayant les caractéristiques de fonctionnement données ci-dessus, a donné lieu à certains inconvénients. Les principaux de ces cas sont les deux suivants:

- a) Des groupes électrogènes alimentant un réseau soumis à de fréquentes interruptions; c'est le cas notamment des groupes de traction, de chantier et d'électro-chimie.
- b) Des groupes électrogènes puissants alimentant non seulement des réseaux comportant de longues lignes à haute tension, mais encore des réseaux locaux indépendants.

Dans le premier cas, chaque interruption dont la conséquence est la désexcitation totale ou presque complète de l'alternateur, provoque dans le réglage de la turbine, une perturbation importante par suite de l'arrêt, ou tout au moins du décrochage, du moteur entraînant le régulateur. Afin d'éviter que l'arrêt du régulateur n'entraîne à son tour l'ouverture du vannage et l'emballlement du groupe, on a prévu un dispositif de protection bloquant les organes de réglage de la turbine dans une position assurant au groupe le maintien, à très peu de chose près, de la vitesse normale de marche à vide. Ce dispositif de protection est représenté schématiquement sur la figure 2.

Dans le deuxième cas, lorsque, par suite d'une perturbation quelconque, la ligne à haute tension est déclenchée, la tension du groupe tombe brusquement, et cela souvent au-dessous de 35 % de sa valeur normale, du fait de la disparition brutale de la capacité de la ligne. Dans ce cas également une forte perturbation du réglage intervient, perturbation qui peut même, lorsque l'interrupteur de l'alternateur reste fermé sur un réseau local, aboutir à une impossibilité de remise en service sans intervention du personnel de l'usine. En effet, d'une part la baisse exagérée de tension provoque rapidement la mise en position de marche à vide du vannage de la turbine par le jeu du dispositif de protection dont il a été fait mention ci-dessus tandis que de son

d'un alternateur-pilote monté en bout d'arbre du groupe principal.

Ce mode de commande donne toute satisfaction à tous points de vue et doit être recommandé même dans les cas les plus difficiles. Le seul inconvénient que l'on pourrait lui reprocher est celui d'un coût relativement élevé, mais encore cet inconvénient disparaît-il complètement dès qu'il s'agit du réglage de groupes de puissance quelque peu importante dans lesquels le prix du générateur-pilote ne joue plus de rôle comparé à la valeur totale de l'équipement. Cette dernière forme de la commande électrique, avec tous les avantages qu'elle comporte et dont la sécurité est au moins équivalente à celle d'une commande rigide, a été appliquée à de nombreuses reprises sur des groupes importants. Les plus anciennes réalisations de ce genre furent celles d'Orsières (1931), trois groupes de 6075 kW à axe vertical; Kembs (1932), cinq unités verticales de 26 200 kW avec alternateurs-pilotes Alsthom qui, bien que ne tournant qu'à 93,3 t/min fournissent du courant à 50 pér./s grâce à leur construction spéciale analogue à celle des alternateurs à haute fréquence; Lamadjan (Java) (1933), un groupe de 6600 kW à axe vertical. Depuis ces premières installations la liste des commandes électriques avec alternateurs-pilotes s'est considérablement allongée et il serait fastidieux d'en donner même de simples extraits. Notons cependant que les exploitants ont reconnu à ce système, en liaison avec le réglage accéléro-tachymétrique, de tels avantages que de nombreux groupes à grande puissance récents en ont été dotés, et cela même dans le cas de machines à axe horizontal dans lesquelles la commande mécanique aurait pu être réalisée sans difficulté.

Il n'en reste pas moins que, dans les unités de moindre importance, le coût d'un alternateur-pilote peut paraître relativement élevé et comme dans certains cas les inconvénients dont nous avons parlé plus haut peuvent tout de même être redoutés, plusieurs maisons ont cherché à réaliser un système de réglage par voie électrique assurant l'efficacité de ce réglage dans de plus larges limites de la tension et tout particulièrement pour les très faibles valeurs de cette tension.

Le problème a été notamment résolu par l'industrie électrique suisse; mais le réglage ainsi réalisé reste du type tachymétrique pur, puisqu'il n'enregistre que les variations de la fréquence, en sorte qu'il présente tous les inconvénients déjà signalés précédemment dans ce Bulletin (voir en particulier l'article de MM. Gaden et Volet paru dans le No. 22 du 27 octobre 1939). Comme cela a été exposé dans cet article, le réglage tachymétrique pur nécessite, pour obtenir un régime stable, l'adjonction d'asservissements temporaires qui peuvent être plus ou moins bien conçus, mais qui sont toujours accompagnés d'inconvénients dont il a été fait mention dans l'article précédent. En outre, il nous paraît des plus importants de répéter que le réglage des turbines hydrauliques présente souvent des difficultés provenant de causes totalement indépendantes du régulateur lui-même et inhérentes aux conditions hydrauliques mêmes de l'installation. On rencontre ces difficultés notamment dans les installations à très haute chute munies de très longues conduites forcées ou inversément dans certaines installations à basse chute munies de turbines à grande puissance.

Les constructeurs de turbines hydrauliques se sont efforcés de dominer ces difficultés et le régulateur accéléro-tachymétrique convient tout particulièrement à la solution des problèmes de réglage difficiles.

Afin de faire bénéficier les exploitants des qualités de ce réglage de même que de celles de la commande électrique du régulateur-pilote tout en utilisant pour l'alimentation du moteur d'entraînement de ce régulateur la solution simple du transformateur, ce qui sera apprécié tout particulièrement dans les installations à puissance moyenne, les Ateliers des Charmilles ont cherché à étendre dans la plus large mesure possible les limites de variation de la tension entre lesquelles l'entraînement du régulateur reste convenablement assuré. Une construction perfectionnée des divers éléments mécaniques de ce régulateur dont les frottements de rotation ont pu être encore sensiblement diminués par rapport à ce qu'ils étaient dans la construction utilisée jusqu'ici, a permis de réduire sensiblement le couple d'entraînement. De plus, le moteur de commande, dont la carcasse est prévue de façon qu'elle forme avec le carter du régulateur lui-même un ensemble har-

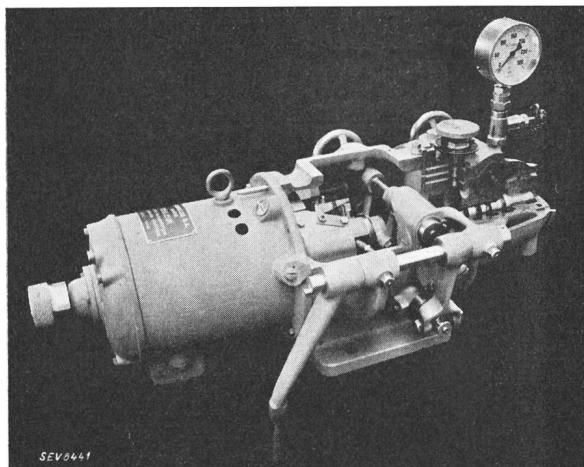


Fig. 3.
Modèle d'exposition.

Coupe d'un régulateur accéléro-tachymétrique Charmilles avec moteur électrique d'entraînement et distributeur de commande d'un servomoteur.

côté le régulateur de tension cherche à rétablir la tension normale; d'autre part, le réseau local restant alimenté, la puissance à fournir par l'alternateur tend à augmenter au fur et à mesure que la tension tend elle aussi à remonter. Mais, comme les organes de réglage de la turbine restent bloqués à l'ouverture de marche à vide, le couple moteur ne peut augmenter et la vitesse du groupe tend à baisser. La tension ne peut donc pas reprendre une valeur suffisante tant que le groupe se trouve maintenu à l'ouverture de marche à vide par le dispositif de protection, et ce dispositif empêche toute ouverture du vannage tant que la tension reste au-dessous de celle nécessaire à assurer le démarrage et l'accrochage du moteur de commande du régulateur. Il faut alors que le personnel de la centrale intervienne et mette le dispositif de sécurité hors d'action jusqu'à ce que le groupe ait repris vitesse et tension suffisantes et qu'ainsi le régulateur soit de nouveau normalement entraîné.

Ces inconvénients peuvent être évités en prévoyant pour l'alimentation du moteur une source de courant indépendante de la tension de l'alternateur, et cela par exemple sous forme

monieux et compact, a lui aussi été l'objet de certaines améliorations et de renforcements des enroulements.

Ces perfectionnements ont permis d'abaisser à 20 % de la normale la tension pour laquelle l'entraînement du régulateur reste encore assuré avec toute la sécurité voulue. Cette valeur de 20 % est celle qui peut être actuellement donnée comme garantie et elle accuse, par rapport aux essais entrepris afin de la vérifier, une marge importante, de sorte qu'en pratique la tension minimum utilisable pourra encore descendre à des valeurs sensiblement inférieures.

Grâce à ce perfectionnement, le système d'alimentation du moteur par transformateur branché aux bornes de l'alternateur principal pourra être adopté dans la généralité des cas

et l'on évitera ainsi, d'une part la nécessité du générateur auxiliaire spécial dans tous les cas où le coût de cet organe paraîtra trop élevé et, d'autre part, on sera certain d'assurer le réglage même lors des plus importantes perturbations du réseau, la tension pouvant alors tomber à moins de 20 % de la valeur normale sans qu'il en résulte aucun inconvénient du point de vue de l'entraînement du régulateur.

Ce mode d'alimentation par transformateur reprend ainsi toute sa valeur car il pourra être appliqué aux cas les plus divers et satisfaire aux exigences sévères de la plupart des réseaux tout en permettant à la régulation des turbines de bénéficier, dans sa totalité, du caractère de sensibilité et de stabilité du régulateur accéléro-tachymétrique.

Verfahren zur Ermittlung der Korrekturen, welche bei der Messung der Beleuchtungsstärke mit Selen-Sperrsichtzellen infolge von Abweichungen vom Cosinus-Gesetz notwendig sind.

Von F. Buchmüller und H. König, Bern.

(Mitteilung aus dem Eidg. Amt für Mass und Gewicht.)

535.247.4

Infolge Abweichungen vom Cosinus-Gesetz wird bei horizontal liegender Selen-Sperrsichtzelle das schräg einfallende Licht zu niedrig bewertet. Der Fehlbetrag kann durch Zusatzmessungen mit vertikal gestellter, durch passende Blenden bedeckter Zelle auf einfachste Weise unmittelbar bestimmt werden.

Par suite de dérogations à la loi du cosinus, la mesure du rayonnement à incidence oblique donne des résultats trop faibles, lorsque la cellule à couche d'arrêt au sélénium est horizontale. L'écart se laisse facilement déterminer par une seconde mesure, à cellule verticale munie de diaphragmes appropriés.

I. Fall: Die Licht-Einfallsrichtungen liegen in einer vertikalen Ebene.

Soll die Messung der Horizontal-Beleuchtungsstärke auch bei schief einfallendem Licht richtige Werte ergeben, so muss der Photostrom proportional $\cos \vartheta$ sein, wenn ϑ den Winkel zwischen Strahl und Zellen-Normale bedeutet. Sperrsichtzellen zeigen Abweichungen hiervon, die z. T. auf den Schattenwurf der Fassung, auf Reflexion des Deckglases und allfälliger Filter, sowie auf Eigenschaften der Zelloberfläche zurückzuführen sind. Eine handelsübliche Zelle mit sehr niederem Fassungsrand (Westonzelle Typ 25) zeigt z. B. die in Tabelle I, Kolonne 3, wiedergegebenen Abweichungen vom Cosinusgesetz.

das Cosinusgesetz erreicht, ebenso durch Einbau der Zelle in eine kleine Ulbrichtkugel, wobei nicht mehr der Zellenrand, sondern das Loch in der Kugel als Auffangfläche wirkt.

Meist bedingen aber diese zusätzlichen Einrichtungen eine mehr oder weniger grosse Einbusse an Empfindlichkeit, die bei einem Hauptanwendungsbereich der Photozellen, nämlich bei Messungen auf Strassen und Plätzen, besonders schmerzlich empfunden wird. Es lag daher der Gedanke nahe, auf derartige Einrichtungen überhaupt zu verzichten und zu versuchen, sich durch eine Zusatzmessung eine Aussage darüber zu verschaffen, wie gross in dem gegebenen Fall die anzubringende Korrektur ist. Die Weiterverfolgung dieses Gedan-

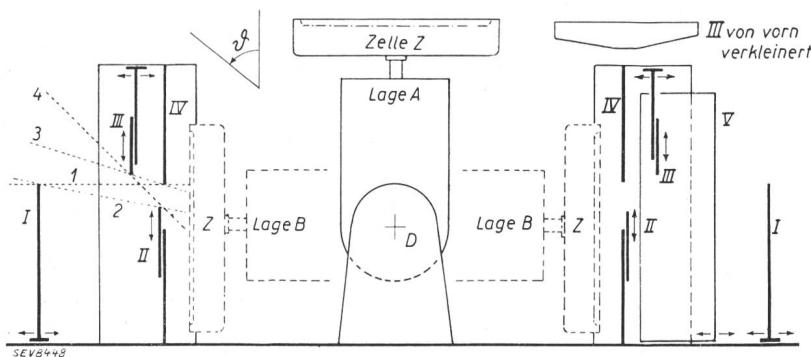


Fig. 1.

Gerät zur cos-fehlerfreien Bestimmung der Horizontalbeleuchtung.

Zur Korrektur solcher Abweichungen sind verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden¹⁾ ²⁾. So hat man durch Aufsetzen eines gleichzeitig schattenwerfenden und lichtstreuenden Körpers auf die Sperrsichtzelle weitgehende Angleichung an

kann führen zu einer Einrichtung, die in Fig. 1 skizziert ist.

Die Zelle Z kann um den Drehpunkt D aus der Hauptlage A in die Lagen B gedreht werden. In diesen Lagen sind der Zelle eine Reihe von Blenden, in der Fig. 1 bezeichnet mit I...IV, vorgeschaltet. Blende IV ist fest, bei Blenden II und III kann die Höhe verändert, und Blenden I und III können nach vor- und rückwärts verstellt werden. Diese Einstellmöglichkeiten gestatten, sowohl

¹⁾ Handbuch der Lichttechnik Bd. I, S. 345. Springer, Berlin 1938.

²⁾ Report of the Committee on Photoelectric Portable Photometer, Bericht 1936, American Illuminating Eng. Society, S. 30.