Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 1

Artikel: L'automatisation des centrales hydro-électriques existantes dans le cadre de leur modernisation

Autor: Teichmann, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904909

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: 09.07.2025

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

L'automatisation des centrales hydro-électriques existantes dans le cadre de leur modernisation

H. Teichmann

621.311.21;

Les buts de l'automatisation des centrales hydro-électriques existantes sont présentés. Bien que l'introduction de la commande automatique puisse, parfois, rencontrer certains obstacles, ses avantages, considérables, l'emportent. Les systèmes d'automatisation actuels, à logique programmable, satisfont à toutes les exigences du processus.

Es wird erläutert, welche Ziele die nachträgliche Automatisierung von in Betrieb stehenden Wasserkraftwerken verfolgt. Die erzielbaren Vorteile rechtfertigen den zur Lösung verschiedener Probleme erforderlichen Aufwand. Die heutigen leittechnischen Systeme, mit freiprogrammierbarer Logik, erfüllen alle vom Prozess gestellten Anforderungen.

1. Introduction

L'évolution actuelle favorise l'énergie hydro-électrique. Si quelques centrales de ce type sont en construction, beaucoup d'entre elles sont anciennes et doivent être modernisées. Dans la plupart des cas, les projets de modernisation sont motivés par l'une ou l'autre des raisons suivantes, voire par plusieurs d'entre elles:

- la nécessité de remplacer des équipements usés;
- un manque de sécurité;
- le besoin d'augmenter la production d'énergie;
- la nécessité de rétablir ou de consolider la rentabilité par la réduction des frais d'exploitation (le cas échéant, usine sans gardiennage);
- l'automatisation entreprise au niveau du réseau peut imposer l'automatisation des centrales également.

Ces raisons, souvent interdépendantes, ne doivent pas être examinées séparément; il convient plutôt de tenir compte de tous les aspects techniques et économiques afin de trouver des solutions satisfaisantes et de faire des investissements rentables.

En cas de conservation d'une centrale ancienne, quatre degrés de modernisation [1] entrent en ligne de compte:

- remplacement complet de l'ouvrage existant;
- remise en état ou extension de l'installation existante, tout en conservant certains éléments importants;
- remplacement partiel ou complet des groupes hydrauliques, des conduites forcées, des services auxiliaires et des vannes, tandis que la partie génie civil est, en substance, conservée;
- automatisation des groupes hydrauliques, des services auxiliaires et des vannes.

Un programme de modernisation englobe, dans la plupart des cas, des équipements d'automatisation. La fig. 1 présente une des machines d'une centrale hydro-électrique modernisée, la fig. 2 des systèmes programmables de commande.

2. Systèmes de contrôle-commande modernes

Les équipements destinés à l'automatisation des centrales électriques appartiennent aux cinq groupes suivants: protection, réglage, commande, acquisition et traitement des données et enfin télécommande.

Les deux premiers (protection et réglage) ont précédé les trois autres. Ce fait s'explique par la nécessité fondamentale d'assurer le mieux possible l'alimentation des consommateurs et la sécurité de l'installation. Ces deux groupes d'appareillages automatiques font donc, depuis longtemps, partie intégrante de l'équipement de toute centrale.

En revanche, l'automatisation des trois autres groupes ne s'est pas imposée de façon aussi immédiate, ses raisons déterminantes ne s'étant présentées que plus tard. Il s'agit de l'augmentation des puissances en jeu, de l'interconnexion des réseaux et de la nécessité de rationaliser le service et l'exploitation.

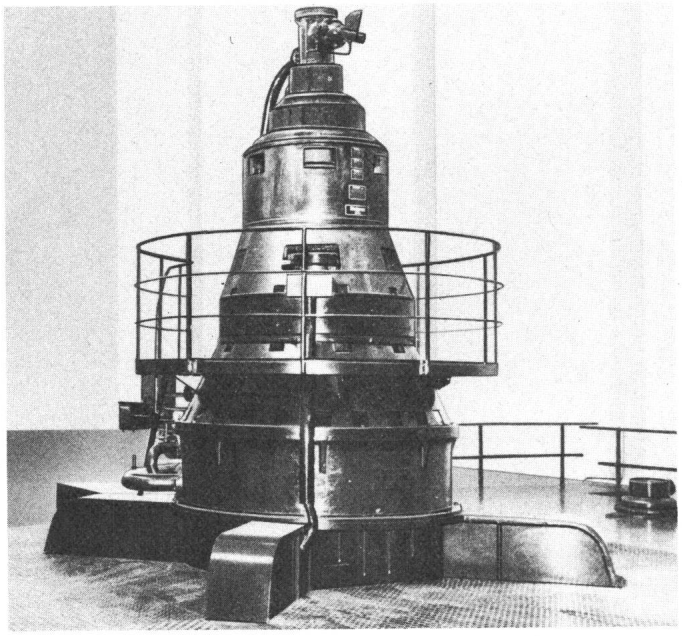

Fig. 1 Machine d'une centrale hydro-électrique modernisée (Quereño, E)

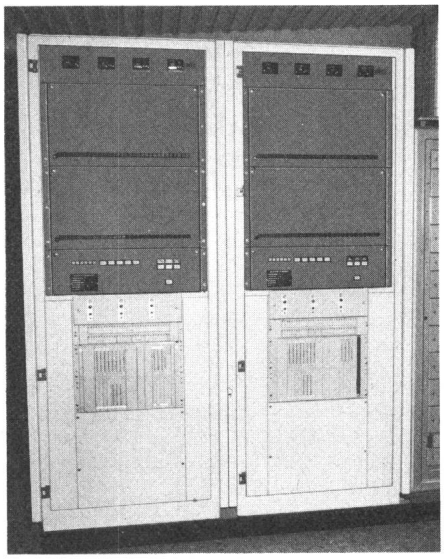

Fig. 2 Deux systèmes programmables de commande installés dans une centrale modernisée (Quereño, E)

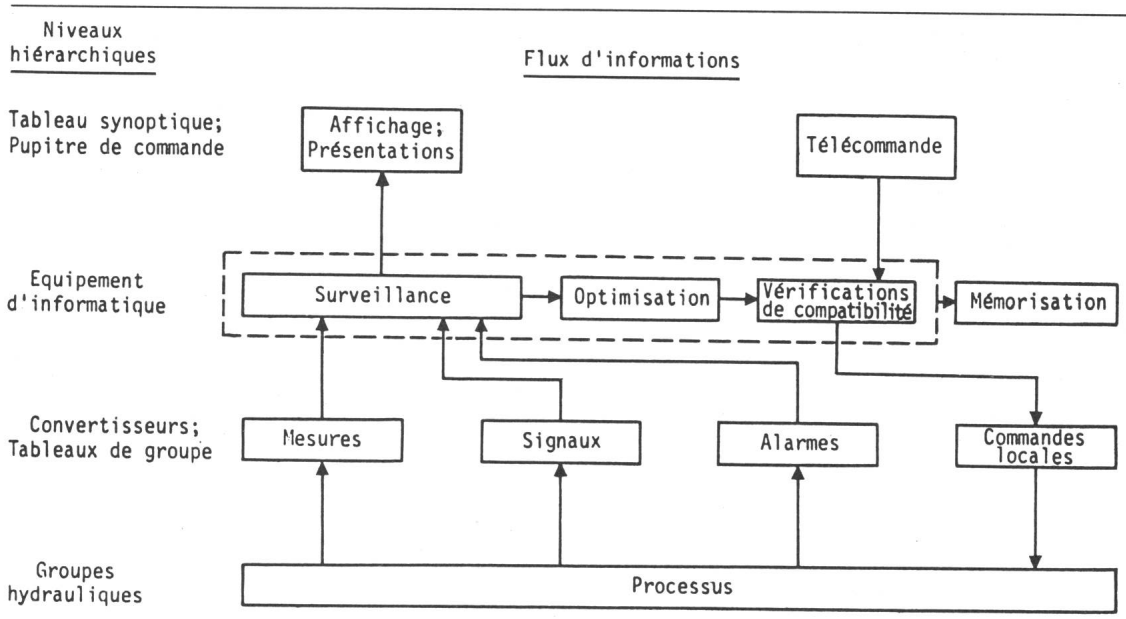

Fig. 3
Flux d'informations dans un système de contrôle-commande à plusieurs niveaux hiérarchiques

Différents équipements conçus pour la surveillance, la commande, l'acquisition des données et la télécommande ont donné naissance à l'informatique industrielle. Par la suite, ces équipements furent connectés à des calculateurs de processus, ce qui a beaucoup augmenté la capacité des systèmes. Le développement de la technologie des semi-conducteurs, surtout de celle des circuits à haute intégration, a permis d'appliquer les idées fondamentales de la technique des calculateurs de processus également aux petits systèmes d'informatique. L'apparition des microprocesseurs a, de plus, rendu possible de construire de petits systèmes comprenant une partie indépendante de l'application et une partie adaptée aux exigences spécifiques de celle-ci. Cette dernière partie constitue l'architecture du système et comprend un grand nombre d'unités fonctionnelles utilisables pour toutes les applications. Les systèmes se distinguent par une combinaison caractéristique d'unités, complétée par les logiciels correspondants.

Ces systèmes de contrôle-commande modernes ont une structure modulaire, à tâches décentralisées, et hiérarchique [2].

2.1 Modularité

La faculté d'adaptation des systèmes d'informatique modernes se base sur la structure modulaire du matériel et du logiciel. A chaque module correspond une fonction distincte et complète. Une configuration simple est, par conséquent, réalisée à l'aide de quelques appareils, tandis qu'une configuration compliquée en nécessite un nombre plus élevé. La modularité est la condition préalable de la décentralisation, ainsi que de la structure hiérarchique.

2.2 Décentralisation

L'application des microprocesseurs permet de diviser les processus complexes en processus partiels et de les automatiser à l'aide de dispositifs décentralisés.

2.3 Structure hiérarchique

La structure hiérarchique des systèmes d'automatisation permet le transfert optimal des signaux et des ordres. A chaque niveau fonctionnel, on peut mémoriser et concentrer les données, ou bien les transférer au niveau supérieur (fig. 3). Cette conception est caractérisée par les propriétés suivantes:

- constitution par niveaux superposés;
- indépendance du genre des composants qui constituent les différents niveaux;
- ample standardisation à tous les niveaux.

La structure hiérarchique augmente la disponibilité et la transparence des installations. On peut la représenter par une pyramide à plusieurs niveaux fonctionnels (fig. 4):

- niveau de commande locale des composants;
- niveau de commande des groupes;
- niveau de conduite du processus (salle de commande);
- niveau de conduite du réseau.

3. Modification des organes mécaniques

Les organes mécaniques des usines anciennes étaient manœuvrés par l'opérateur. En général, ces organes ne peuvent pas être simplement motorisés. En effet, nombre de manipulations plus ou moins complexes devaient être effectuées par l'homme. Maintenant, il faut exécuter les mêmes opérations à partir d'ordres donnés sur des circuits électroniques et en surveiller la bonne exécution [3]. Par conséquent, l'étude de l'automatisation doit porter sur:

- les dispositifs de manœuvre des turbines et des vannes de garde;
- les groupes hydrauliques;
- les vannes d'écluse;
- les indicateurs de niveau d'eau;
- les services auxiliaires;
- l'acquisition et la transmission des alarmes, y compris l'alarme de feu;
- les sous-stations.

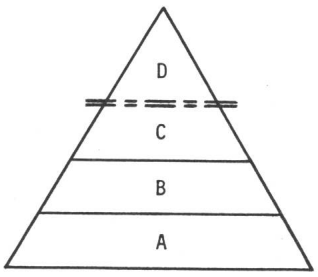

Fig. 4 Niveaux fonctionnels des systèmes d'automatisation à structure hiérarchique
A Commande locale
B Automate de groupe
C Salle de commande
D Dispatching régional

Le *régulateur de la turbine*, complété des auxiliaires assurant la fourniture de l'huile, est l'organe le plus complexe. Il remplit les fonctions suivantes:

- prescription automatique d'une ouverture pour le démarrage de la turbine hydraulique, jusqu'à l'entrée en action du régulateur de vitesse;
- régulation de vitesse en marche à vide;
- régulation de fréquence en îlotage et pour l'alimentation des auxiliaires;
- régulation d'ouverture d'après une caractéristique fréquence / ouverture linéaire, ajustable;
- maîtrise de la survitesse après délestages;
- connexion et traitement de signaux en provenance d'un système de régulation dominant, avec ou sans asservissement de puissance (par exemple: régulateur de niveau ou régulateur de réseau).

Dans certains cas, il est nécessaire de remplacer le régulateur mécanique par un nouveau régulateur hydraulique ou électronique (fig. 5). Son action s'exerce toujours dans le sens de la sécurité: une panne de l'amenée d'huile fournie par la pompe, ou une coupure du courant de contrôle du système électronique, provoquent la fermeture de la turbine. Par rapport aux régulateurs classiques, les régulateurs électroniques (à fonctionnement analogique ou digital) offrent des avantages certains [4]: synchronisation plus rapide, action régulatrice permettant une conduite optimale; entretien simplifié (essais possibles même pendant l'exploitation normale).

Dans certains cas, surtout pour les groupes de très faibles puissances, le régulateur peut même être supprimé. L'exploitation en îlotage n'étant normalement plus prévue – contrairement à ce qui était le cas à l'origine –, la régulation de fréquence devient, en effet, superflue. Si l'on peut, en outre, renoncer au réglage de la turbine (réglage qui se faisait en fonction du niveau de l'eau en amont, ou suivant un programme d'exploitation), une turbine à aubes directrices et/ou roue à aubage fixes peut être utilisée. Une telle turbine, de conception plus simple, ne nécessite pas de régulateur.

Les *circuits de graissage* doivent souvent être modifiés en vue de l'automatisation. Ces modifications incluent, en général, l'installation d'une pompe à huile électrique. Les tuyauteries et diaphragmes sont choisis de manière que l'installation fonctionne en été comme en hiver, quelle que soit la viscosité de l'huile.

En ce qui concerne les *circuits de réfrigération* des paliers, ils présentent l'inconvénient des filtres à nettoyer. La solution parfois adoptée lors de la modernisation consiste à supprimer ces filtres; l'eau propre provient alors d'une source particulière, ou bien on réalise un circuit fermé de réfrigération avec un échangeur de chaleur eau/eau.

Les turbines sont protégées par des *vannes de garde*, placées immédiatement en amont. Celles-ci ont pour rôle d'assurer l'étanchéité à l'arrêt ainsi que la protection contre l'emballement de la turbine dans les cas où l'admission d'eau resterait ouverte, l'alternateur étant découplé du réseau. Même en l'absence de personnel de surveillance, le fonctionnement de ces vannes doit être garanti; la solution fréquemment adoptée consiste à remplacer le mécanisme des vannes, ou les vannes elles-mêmes, par une construction fermant par gravité ou comportant un servomoteur hydraulique provoquant la fermeture en cas de manque de pression d'huile.

Les *aubes directrices des turbines Francis* pivotent chacune dans deux paliers-butées fonctionnant dans l'eau. Autrefois, ces paliers étaient graissés; afin de pouvoir supprimer la lubrification, on fait maintenant pivoter les aubes directrices dans des bagues de téflon.

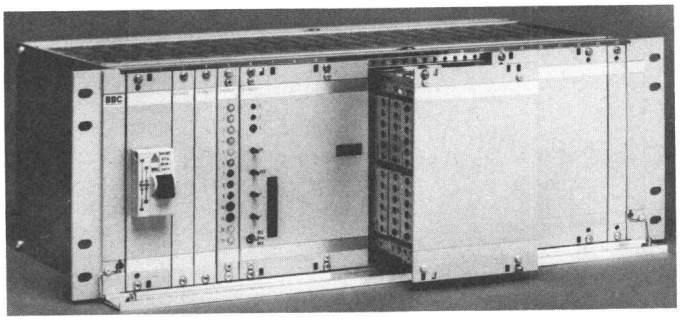

Fig. 5 Régulateur de turbine digital

4. Avantages de l'automatisation

Les avantages que procure l'automatisation des anciennes centrales hydro-électriques portent, en particulier, sur la sécurité, l'exploitation, la main-d'œuvre et l'optimisation.

4.1 Sécurité

L'exigence primaire est que les centrales ne compromettent pas leurs environs, ni en exploitation normale, ni dans des conditions d'exploitation exceptionnelles. C'est pourquoi la surveillance du niveau d'eau en amont et sa régulation dans des limites déterminées doivent être en état de fonctionner en tout temps. L'automatisme est à même de discerner les situations exceptionnelles et de prendre à temps des mesures adéquates, afin de ramener l'installation à son état normal.

Si l'on utilise des ordinateurs, les programmes doivent être conçus de manière que même des manipulations erronées de l'opérateur ne puissent en déranger l'exécution. Dans les cas où, malgré la fiabilité élevée des équipements d'informatique, l'automatisme serait dérangé à un niveau supérieur, le fonctionnement des appareils aux niveaux inférieurs ne doit pas être compromis. En outre, la possibilité de commande manuelle classique est toujours maintenue.

4.2 Exploitation

Les systèmes modernes de conduite, assistés par ordinateur, simplifient et accélèrent le déroulement des processus. Ces avantages résultent d'une part des propriétés spécifiques des appareils utilisés (par exemple la possibilité de l'acquisition et du traitement rapides d'un grand nombre de données) et, d'autre part, de la configuration choisie pour le système (par exemple, conception hiérarchique et décentralisation).

Ce sont surtout les avantages suivants qui contribuent à une exploitation améliorée:

- évaluation immédiate et complète de toutes les valeurs de mesure provenant du processus, ainsi que des signaux et des alarmes;
- prise en compte de tous les verrouillages, valeurs limites et conditions additionnelles;
- exécution immédiate de tous les ordres, suivie par la surveillance de l'exécution;
- exécution des tâches aussi près que possible du processus; cela permet de réduire le flux des données;
- organisation et traitement des données de manière à limiter la transmission au niveau immédiatement supérieur aux données importantes (compression des données);
- flexibilité, permettant des modifications et extensions ultérieures des installations;

– intégration dans des systèmes de conduite de niveau supérieur;
– emploi de la télécommande, de la télétransmission et de la mémorisation, en vue de l'élaboration de procès-verbaux d'exploitation.

4.3 Main-d'œuvre

La modernisation des centrales hydro-électriques est parfois entreprise afin de réduire les frais de personnel. Lorsque ces derniers sont trop élevés, surtout dans les petites et moyennes centrales avec gardiennage, l'automatisation peut s'avérer indispensable. D'autre part, les centrales sont souvent situées à grande distance de la ville la plus proche; il peut même arriver qu'elles soient temporairement coupées du monde extérieur, par exemple à la suite de chutes de neige abondantes. L'expérience montre que l'engagement d'un personnel qualifié peut alors poser de sérieux problèmes.

Les fonctions que l'automatisme peut assumer sont des tâches de routine, exigeant plutôt de la concentration et de la persévérance de la part de l'opérateur que de l'intelligence. Les tâches dont l'exécution reste confiée au personnel dans les centrales modernes sont plus exigeantes et requièrent, en plus de la pratique, des connaissances théoriques. De cette manière, l'automatisation a pour conséquence de revaloriser l'activité du personnel chargé de l'exploitation.

Les projets d'automatisation doivent, bien entendu, tenir compte des conditions spécifiques du pays.

4.4 Optimisation

L'optimisation de la production d'énergie augmente la rentabilité; elle englobe les aspects suivants:

– l'exploitation de plusieurs centrales peut être coordonnée;
– des problèmes d'optimisation se posent également si, les tarifs étant échelonnés, la part de l'énergie de pointe doit être aussi élevée que possible. Les ordinateurs de processus conviennent le mieux à la résolution de tels problèmes;
– dans les centrales comprenant plusieurs tranches, on peut optimiser la production d'énergie par la sélection de la meilleure variante parmi les divers états d'exploitation possibles. Pour une charge totale donnée, chaque turbine est alimentée de manière que le rendement global de l'usine atteigne la valeur la plus élevée possible. L'ordinateur peut mieux tenir compte des diverses grandeurs déterminantes qu'un opérateur, même expérimenté;
– dans le cas des centrales à retenue, la production d'énergie est optimisée en fonction du programme d'exploitation, du niveau d'eau du bassin, du débit actuel de l'eau affluant et de l'afflux escompté. Selon les conditions spécifiques, les calculs tiennent compte de périodes de temps plus ou moins longues, qui peuvent varier par exemple entre quelques heures et plusieurs mois.

Comme le montre l'expérience, la production d'énergie d'une centrale hydro-électrique peut être augmentée, dans des conditions favorables et grâce à la technique de contrôle-commande moderne, de plusieurs pour-cent [5].

5. Conclusions

L'augmentation continuelle de la consommation d'électricité, la substitution d'autres formes énergétiques par énergie électrique et la nécessité de protéger l'environnement amènent les sociétés d'électricité à moderniser les usines existantes. L'automatisation fait souvent partie d'un programme de modernisation. La tendance à automatiser, y compris l'optimisation, est encore accentuée par les exigences croissantes de l'exploitation.

Un automatisme est capable de choisir, parmi un nombre très élevé d'informations, celles qui sont vraiment importantes à un moment donné. Il est également possible d'afficher l'état d'une installation ou d'imprimer des protocoles chronologiques. Les équipements à logique programmable permettent l'optimisation.

De plus, un automatisme moderne facilite l'exploitation entièrement automatique de la centrale. En tenant compte des conditions d'exploitation les plus variées (par exemple, tarification), il est possible d'obtenir les meilleurs résultats.

Bibliographie

[1] *G. Weber* e.a.: Uprating Switzerland's hydro plants. Water Power and Dam Construction 30(1978)2, p. 39...44.
[2] *H. Teichmann:* Buts et structure de systèmes modernes d'automation pour centrales hydro-électriques. Rev. Brown Boveri 67(1980)10, p. 587...592.
[3] *J. Cabanne:* L'automatisme dans les centrales hydro-électriques. Modification des organes mécaniques d'une usine hydraulique lors des travaux d'automatisation. Rev. Gén. Electr. 87(1978)3, p. 245...249.
[4] *M. Mühlemann:* Le régulateur électronique Hydrotrol 4 pour turbines hydrauliques. Rev. Brown Boveri 66(1979)10, p. 685...690.
[5] *R. Pestre, M. Ferdinand* et *C. Moine:* L'automatisme dans les usines hydrauliques. Conduite automatique de la centrale hydro-électrique de Seyssel par calculateur numérique. Rev. Gén. Electr. 82(1973)2, p. 101...107.

Adresse de l'auteur

Hans Teichmann, M. Sc. (Engineering), BBC-Sécheron SA, Société du groupe Brown Boveri, CH-1211 Genève 21.