

**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:** 68 (1977)

**Heft:** 22

**Artikel:** L'automatisme dans les Centrales Hydrauliques et les Postes à Haute Tension

**Autor:** Savolainen, U.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915089>

### **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:** 14.01.2026

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

# L'automatisme dans les Centrales Hydrauliques et les Postes à Haute Tension

Par U. Savolainen

621.311.21 : 621.316.3 : 681.5;

*L'automatisme permet d'augmenter la disponibilité des centrales hydrauliques et des postes à haute tension et de mieux utiliser l'énergie ainsi que le personnel. Les éléments fondamentaux d'un système d'automatisation et les fonctions qu'il est avantageux de lui confier sont décrits. La technique programmable, faisant usage de micro-ordinateurs, est la mieux appropriée à la solution de ces problèmes.*

*Die Automatisierung ermöglicht es, die Verfügbarkeit der Wasserkraftwerke und Hochspannungs-Schaltanlagen zu erhöhen und die Energie und das Personal besser auszunützen. Die Prinzipien der Automatisierung werden beschrieben, ebenso die Aufgaben, die damit zweckmässig gelöst werden können. Die programmierbare Technik mittels Mikroprozessoren ist zur Lösung dieser Probleme am besten geeignet.*

## 1. Pourquoi le recours à l'automatisme ?

Le dérangement du réseau électrique ou l'arrêt d'une centrale peuvent occasionner des frais très élevés. Un rapport norvégien estime le coût d'une panne à 2,5 Mio Fr.s./1000 MW·h[1]<sup>1</sup>). L'exemple extrême souvent cité, qui illustre bien la gravité du problème, est le fameux «black out» de New York en 1965. L'effondrement du même réseau en été 1977 montre qu'entre-temps le cas n'avait pas encore été résolu. L'ampleur des conséquences dépend du niveau de tension, de l'importance de la station affectée et de la durée du dérangement.

Le but premier de l'automatisation est de prévenir les dérangements, de limiter leur étendue et leur durée. Il s'agit de renforcer la sécurité et d'accroître la disponibilité des installations. Son second but est économique. Les réserves d'énergie doivent être utilisées de manière optimale, les coûts d'exploitation être réduits; il s'agit concrètement d'utiliser au mieux le contenu d'un bassin d'accumulation, d'exploiter les groupes en tenant compte du niveau disponible et du rendement des machines ainsi que d'organiser l'exploitation de manière efficace et rentable.

La résolution correcte de ces problèmes peut apporter un gain de plusieurs pour-cents dans la production d'une centrale [2]. Lors de la construction d'installations nouvelles, des gains importants peuvent être obtenus grâce à l'introduction de l'automatisme intégral. Des chiffres publiés par une société américaine montrent une économie de 6% dans la réalisation de nouveaux postes à haute tension (câblage, réduction du volume du bâtiment, suppression de locaux annexes).

Le recours à l'automatisme correspond à un transfert d'activité de l'homme à un équipement électronique, accompagné des avantages suivants:

- souvent l'homme n'est plus disponible pour certaines tâches. L'exploitation sans personnel permanent a été introduite en maints endroits;
- un automate ne commet pas d'erreurs. Toutes les situations et les actions nécessaires ont été étudiées au préalable et mémorisées. Les erreurs de décision dans une situation critique ainsi que celles de manipulation sont donc éliminées;
- les automates remplissent au mieux les tâches de routine et libèrent l'agent au profit d'activités variées demandant de la réflexion;
- un automate est à même d'acquiescer et de traiter un très grand nombre d'informations à une vitesse élevée. Il détecte les situations de danger et déclenche à temps les actions nécessaires, cela sans interruption, 24 heures sur 24;
- les automates, spécialement les petits ordinateurs, sont en mesure de présenter des informations importantes, sous une

forme sélectionnée et traitée de manière à fournir une aide considérable dans la conduite et la planification de l'exploitation, en vue d'améliorer le résultat économique;

- une grande partie des tâches peuvent être exécutées à proximité des équipements à automatiser. Seules les informations vraiment importantes sont transmises au niveau supérieur.

## 2. Principes d'un système de commande moderne

Un système moderne est caractérisé par la décentralisation des tâches et de l'intelligence, la conception hiérarchique de la responsabilité et des systèmes intégraux, au lieu d'appareils individuels.

### 2.1. Décentralisation

La décentralisation des tâches et de l'intelligence est devenue économiquement intéressante grâce à l'apparition sur le marché de modules basés sur les micro-processeurs. Cela permet de réduire au minimum les échanges d'informations entre les diverses parties du système, d'où résultent des temps de réaction plus courts dans la conduite du processus et une meilleure fiabilité.

### 2.2 Conception hiérarchique

La conception hiérarchique de la responsabilité permet à un service supérieur d'obtenir à chaque instant une vue générale sans être surchargé d'informations superflues. Les décisions sont toujours prises au niveau le plus bas possible. Ce principe permet, entre autres, une réalisation plus économique.

### 2.3 Systèmes intégraux

L'automatisme intégral implique l'utilisation de systèmes de commande complexes. Pour que ceux-ci puissent facilement être adaptés aux situations modifiées et répondre aux besoins d'extension, on s'efforce d'utiliser aujourd'hui la même technique, les mêmes modules et un mode normalisé de transmission des données entre les différents groupes, c'est-à-dire un système uniforme au lieu d'appareils individuels. Il en résulte des avantages pour l'engineering, la maintenance, la formation du personnel, les pièces de rechange, etc.

### 2.4 Constitution du système de commande

On aboutit ainsi à un système hiérarchique comprenant les niveaux selon fig. 1.

La *commande individuelle* (locale) est le niveau le plus bas dans la hiérarchie; les disjoncteurs et les sectionneurs peuvent être commandés, toujours avec des moyens électriques. Une vue d'ensemble de l'installation n'est guère possible à ce niveau-là.

*Automate de groupe:* Des signaux individuels sont combinés pour former des groupes fonctionnels, des enchaîne-

<sup>1</sup>) Voir la bibliographie à la fin de l'article.

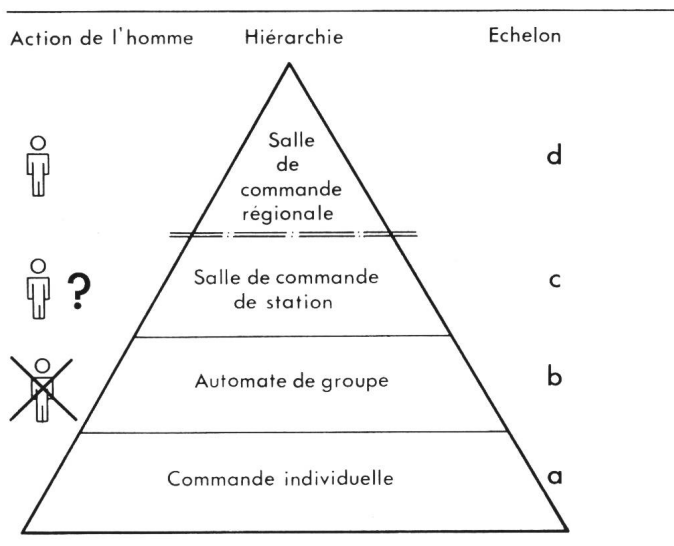


Fig. 1 Pyramide d'organisation dans la conduite des réseaux

Tâches des échelons :

- a Exécution des ordres, transmission des informations individuelles
- b Chaînes de fonctions logiques, surveillance des groupes, établissement des combinaisons
- c Vue d'ensemble de la station, stratégie des groupes, disponibilité et sécurité de la station
- d Planification, sécurité du réseau, programme journalier, coordination

ments et fonctions logiques séquentielles. L'état d'une partie de l'installation est surveillé; le groupe est amené par étapes, selon des critères prescrits, d'un état à un autre. L'exemple typique d'un automate de groupe est l'automate de démarrage et d'arrêt pour un groupe hydro-électrique. L'automate de «réenclenchement» des postes à H.T. fait également partie de cette catégorie.

A ce niveau, les tâches deviennent une routine; elles sont donc exécutées plus rapidement par un automate que par un homme, et sans erreur. Aujourd'hui, l'automate de démarrage et d'arrêt des groupes hydrauliques fait partie de l'équipement standardisé d'une centrale. Selon le modèle utilisé, il peut accomplir des tâches supplémentaires telles que mesures de températures, surveillance des limites des valeurs mesurées, etc.

Le troisième niveau dans la hiérarchie est formé par la *salle de commande*. L'état actuel de l'installation y est visualisé; on y prend les décisions pour l'utilisation des machines et les manœuvres. La salle de commande reçoit aussi les ordres globaux émanant du poste de dispatching et les exécute en détail.

La disposition de la salle de commande joue un rôle important dans la planification de la conception de la conduite d'une centrale. Des informations de détail de plus en plus nombreuses sont acheminées du processus vers cette salle; on atteint ainsi assez vite les limites humaines de l'opérateur, qui ne peut prendre de décisions conforme aux priorités que si les informations dont il doit tenir compte ne sont pas trop nombreuses. Il est donc important de libérer le personnel de toutes tâches inutiles et de lui présenter l'information nécessaire d'une manière ordonnée et concentrée.

La technique des salles de commande se trouve dans une période de transition. La salle classique avec un pupitre et un tableau contenant une commande directe individuelle, avec des lampes de contrôle, est de plus en plus remplacée ou complétée par des automates.

Dans le cas le plus simple, la tâche des automates est d'enregistrer les événements. Alarmes, fonctionnements de disjoncteurs, dépassements de valeurs limites, etc. sont imprimés en texte clair ou codé, avec indication horaire exacte. D'autres données, comme les valeurs mesurées ou comptées (puissances, énergie, niveaux, ...) peuvent être introduites dans le processus verbal d'exploitation. *L'affichage d'informations* se fait sur plusieurs niveaux. Un tableau synoptique, du type mosaïque, donne en permanence une vue d'ensemble. Les détails de l'état de l'installation, les signaux d'alarme, les valeurs mesurées électriques ou hydrauliques peuvent être présentés sur un écran alphanumérique ou graphique. *Le système de commande* comprend, outre des organes pour les disjoncteurs et les sectionneurs, des boutons pour le démarrage et l'arrêt, pour le réglage et la quittance, des boutons de sélection pour la mesure, pour des valeurs de consigne, des valeurs limites, etc.

Dans les petites centrales, les ordres de commande sont toujours donnés par des commutateurs individuels depuis le tableau synoptique ou le pupitre. Dans les centrales moyennes et grandes, et spécialement dans les postes à haute tension, une *commande sélective* présente beaucoup d'avantages. L'objet à commander est sélectionné à l'aide d'une console de sélection en plusieurs phases (niveau de tension-ligne-objet-en/hors).

Toutes les informations peuvent être *mémorisées* en vue d'une utilisation ultérieure ou du traitement de données pour calculer l'utilisation de l'eau, la production d'énergie électrique, les valeurs moyenne et de pointe, les statistiques, etc. Les résultats sont, bien entendu, protocolés ou transmis vers le poste de dispatching.

La figure 2 présente un système de commande décentralisé basé sur ce principe. Les automates de groupe pour la surveillance et la commande séquentielle sont placés à côté des tableaux de commande directe, dans la salle des machines, et dans le poste HT. Ces automates reçoivent des ordres de commande globaux par l'intermédiaire du calculateur, depuis la salle de commande ou via la télécommande. Le calculateur assume des tâches plus ou moins importantes, la première étant toujours l'acquisition de données et leur présentation. Il commande des appareils périphériques tels que l'imprimante ou l'écran alphanumérique. Une console de commande ou le clavier d'une machine à écrire servent au dialogue entre l'homme et le système. Le tableau synoptique et le pupitre de commande se présentent sous un format réduit, facilitant une vue générale sur l'installation.

Ce système permet l'exploitation entièrement automatique de la centrale avec suffisamment d'intelligence dans la centrale même. Cette intelligence étant encore répartie entre plusieurs automates, elle augmente la disponibilité du système.

### 3. Fonctions à automatiser ?

#### 3.1 Centrale hydraulique

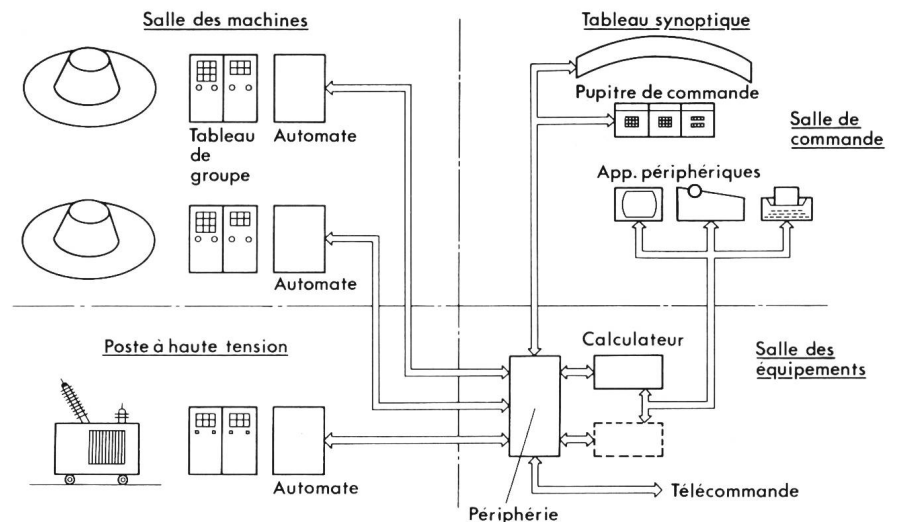
Dans une centrale hydraulique, les fonctions suivantes sont avantageusement exécutées à l'aide d'automates :

##### Surveillance

- Acquisition de signaux d'alarme
- Surveillance des limites de grandeurs mesurées (températures, puissance, niveau, pression ...)
- Surveillance de la compatibilité des commandes manuelles
- Surveillance de gradients (prévention de la surcharge des machines)

Fig. 2

Conception de commande décentralisée avec plusieurs niveaux hiérarchiques (cf. explications dans le texte)



#### Affichage et procès-verbal

- Présentation de l'état de l'installation sur un tableau synoptique, sur un écran de visualisation ou sous la forme écrite d'un procès-verbal
- Présentation des signaux d'alarme et des manœuvres des divers éléments sur un écran ou sous la forme écrite
- Présentation au moyen d'instruments ou d'un écran de visualisation de diverses grandeurs mesurées, avec la valeur actuelle, celle de consigne, la limite admissible (fig. 3). Signalisation des dépassements. Etablissement périodique ou sur demande d'un procès-verbal des grandeurs importantes
- Présentation de l'état des compteurs sur un écran ou sous forme écrite

#### Commande

- Démarrage et arrêt des groupes hydrauliques ainsi que passage d'un état à un autre (arrêt-marche en générateur, marche en pompe, marche en compensateur, groupe de réserve tournant)
- Commande sélective d'appareils (disjoncteurs, sectionneurs, choix de points de mesure...)
- Commande séquentielle des lignes de départ ou des transformateurs

#### Réglage

- Réglage de la puissance active, selon un programme ou à la demande
- Réglage de la puissance réactive, la valeur possible étant à chaque instant calculée compte tenu de la puissance active

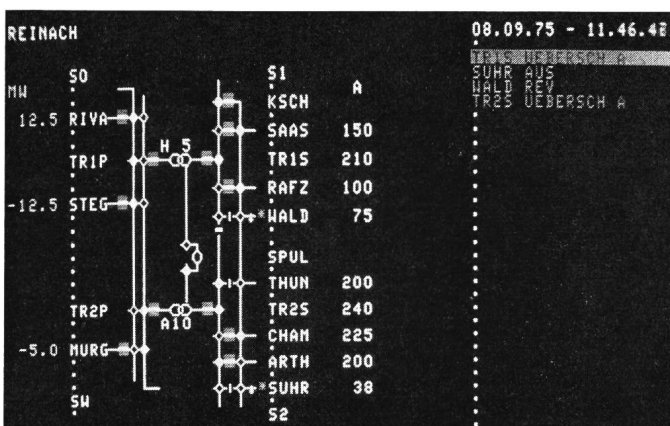


Fig. 3 Image sur un écran de visualisation représentant un poste de transformation

L'écran montre

- l'état du couplage
- les valeurs mesurées des puissances côté H.T. et du courant des lignes M.T.
- les alarmes à droite, la première non quittancée, les suivantes quittancées

– Réglage de la tension. Calcul de la valeur de consigne pour l'alternateur et le commutateur à gradins du transformateur; répartition optimale de cette valeur avant la synchronisation et pendant le service

– Réglage du niveau (ou du débit) en vue d'une utilisation optimale de l'eau. Les groupes hydrauliques et les vannes sont commandés en respectant, s'il y a lieu, la réglementation édictée par les autorités.

#### Traitement des données

- Mémorisation des signaux d'alarme et des valeurs mesurées pour l'analyse des défauts
- Calculs, statistiques, bilans concernant l'utilisation de l'eau, la génération de l'énergie électrique, la consommation locale, etc. ...
- Calcul de la valeur de la réserve accumulée dans le bassin

#### 3.2 Poste à haute tension

Dans un poste à haute tension, les fonctions qu'il est judicieux d'automatiser sont sensiblement les mêmes que dans une centrale. Toutefois, certaines fonctions de commande spécifiques à ces postes doivent être ajoutées à l'énumération précédente:

- Réenclenchement individuel (rapide et lent) des disjoncteurs
- Reprise du service après un dérangement, c'est-à-dire réenclenchement automatique de tous les disjoncteurs dans un ordre programmé
- Opérateur automatique, c'est-à-dire exécution automatique des manœuvres nécessaires, p.ex. dans une situation de danger
- Commande séquentielle des lignes et des transformateurs
- Commande sélective
- Mise en service automatique des transformateurs en réserve
- Délestage sélectif
- Déclenchement automatique des lignes ayant un défaut à la terre

#### 4. Technique utilisée

La solution des problèmes complexes que pose l'automatisme intégral requiert un nombre important d'équipements modernes. Ils sont constitués d'appareils de l'informatique tels que: automates modulaires, calculateurs, organes périphériques du processus. D'autre part des prestations de service sont nécessaires: planification, engineering, programmation, mise en service. De plus la connaissance approfondie du processus à automatiser est une condition préalable. Seule la combinaison de ces éléments rend possible la réalisation d'un système fonctionnel.

Aujourd'hui, la technique programmable est avantageusement mise en œuvre; elle est caractérisée par

- une grande flexibilité grâce à la programmation des unités centrales
- la modularité du matériel et du logiciel permettant une construction économique et une extension facile des installations au moyen des mêmes modules
- une famille compatible d'unités centrales allant du plus petit ordinateur avec mémoire de programme fixe jusqu'aux plus grands ordinateurs de processus
- des interfaces et le transfert d'informations entre les modules normalisés
- une sécurité, une fiabilité et une disponibilité élevées
- le contrôle et la maintenance aisés.

## 5. Conclusion

Il importe de relever que les automates n'introduisent pas d'insécurité dans une centrale ou un poste et ne compliquent aucunement les fonctions de l'opérateur, comme on a souvent tendance à le croire. Au contraire, il est prouvé qu'un système d'automatisation bien étudié augmente considérablement la disponibilité des installations, facilite le travail des opérateurs et améliore le résultat économique. De plus, le prix des automates ne représente qu'une fraction des investissements totaux et il peut être amorti en très peu de temps.

Quant à la technique utilisée, des équipements basés sur un ordinateur ou un microprocesseur ont déjà fait leurs preuves, aussi bien dans les postes que dans les centrales. Il apparaît clairement que les équipements futurs seront presque exclusivement basés sur l'utilisation des micro-ordinateurs.

## Bibliographie

- [1] J. Svoen e.a.: Le calcul numérique dans un réseau d'énergie électrique, son application pour la commande en temps réel et en boucle fermée de la production et pour la protection générale des centrales de Tokke. Rapport CIGRE 32-06 (1972).
- [2] R. Pestre, M. Ferdinand et C. Moine: L'automatisme dans les usines hydrauliques. Conduite automatique de la centrale hydro-électrique de Seyssel par ordinateur numérique. Rev. Gén. Electr. 82(1973)2, p. 101...107.
- [3] F. Mötz: Calculateur de processus dans les centrales électriques. Rev. Brown Boveri 62(1975)9, p. 412...421.
- [4] K. Reichert: Betriebsführungskonzepte elektrischer Energiesysteme. Bull. ASE/UCS 66(1975)20, p. 1116...1122.
- [5] R. Chaussard, R. Perret et J. Richalet: Automatique et économies d'énergie. Automatisme 21(1976)5, p. 154...161.
- [6] J. H. Naylor: Tendances dans l'automatisation des postes à T.H.T. et à H.T. Electra (1977)52, p. 33...66.
- [7] J. A. Muheim: Communication homme-machine dans les salles de commande des réseaux de distribution électrique. Rev. Brown Boveri 63(1976)9, p. 550...559.
- [8] P. Nemetz: Automatisation dans le secteur des postes électriques. Rev. Brown Boveri 63(1976)9, p. 567...572.
- [9] Logique câblée ou logique programmée. Journées d'information de l'ASE à Lausanne les 22 et 23 mars 1977. Zürich, Associations Suisse des Electriciens, 1977.

## Adresse de l'auteur

Unto Savolainen, Ingénieur au département automatisations,  
S. A. des Ateliers de Sécheron, 1211 Genève 21

## Literatur – Bibliographie

DK 621.395.345

SEV-Nr. A 654

**Electronic switching: Central office systems of the world.** By Amos E. Joel. New York, IEEE Press, 1976; 4°, VII/279 p., fig., tab. – IEEE Press Selected Reprint Series – Price: cloth \$ 10.30.

Das Buch vermittelt dem Leser einen Überblick über den Stand der Technik moderner, zwischen 1965 und 1976 eingeführter und im praktischen Betrieb erprobter Telefonie-Vermittlungssysteme für den öffentlichen Orts- und Fernverkehr. Der Herausgeber, seit vielen Jahren massgebend an der Entwicklung von Vermittlungssystemen bei den Bell Laboratorien in den USA beteiligt, will mit dem Buch aufzeigen, wie Mittel und Methoden der modernen Elektronik die Gestaltung und Realisierung dieser Systeme beeinflusst haben. Der Hauptteil des Buches besteht aus einer Sammlung bekannter in Fachzeitschriften oder Vortrags-sammlungen erschienener Publikationen in englischer Sprache (insgesamt 30 Beiträge über Systeme aus neun Ländern), die vor allem den Zweck haben, auf wenigen Seiten die wesentlichen Eigenschaften der verschiedenen Vermittlungssysteme sowie besondere Systemaspekte zu beschreiben. Jedem einzelnen Artikel folgt eine extensive Liste weiterführender Literatur.

Zahlenmässig stehen die prozessorgesteuerten, speicherprogrammierten Vermittlungssysteme mit Raumvielfach-Durchschaltung und verschiedensten elektromechanischen Durchschaltelementen im Vordergrund. Die im Titel des Buches genannte elektronische Vermittlung betrifft deshalb besonders die Steuerung und periphere Einrichtungen. Verschiedene Artikel stehen auch in einem engeren Zusammenhang, indem sie die Evolution einer Systemfamilie (z. B. No. 1 ESS bis No. 4 ESS des Bell Systems) aufzeigen.

Das Buch hat im weiteren zwei Anhänge. Im ersten entwickelt der Herausgeber eine Methode zur einheitlichen symboli-

schen Beschreibung von Vermittlungssystemen, damit ähnliche, aber von verschiedenen Autoren zum Teil sehr unterschiedlich beschriebene Systeme, auf einheitliche Art schematisch dargestellt und so einfach miteinander verglichen werden können. Er hat jedes einzelne System der Sammlung analysiert und mit seiner Methode dargestellt. Im zweiten Anhang sind die wichtigsten Merkmale der einzelnen im Buch aufgenommenen Systeme übersichtlich zusammengestellt.

Insgesamt dient diese nützliche Sammlung bekannter Artikel im Sinn des Herausgebers zur Beschreibung des aktuellen Standes der Technik und als Beitrag zur Geschichte der Vermittlungstechnik.

P. Burger

621.382.3 : 621.375.4

SEV-Nr. A 659

**Pratique de l'électronique.** Tome 1: L'amplification. Par Michel Aumiaux. Paris e.a., Masson, 1977; bro. 8°, VIII/188 p. 251 fig.

Dans cet ouvrage l'auteur introduit les notions théoriques de base permettant d'utiliser le transistor comme élément amplificateur. Il décrit ensuite le transistor FET et les principales applications d'un amplificateur opérationnel. Continuant par la description des principaux types d'amplificateurs linéaires et par une étude de la réponse harmonique et impulsionnelle d'un circuit actif, il termine par mentionner quelques méthodes d'amélioration des performances d'un amplificateur.

L'auteur a renoncé à de longs développements mathématiques qu'il se contente de mentionner si nécessaire; d'autre part il présente systématiquement sur la page de gauche les figures illustrant le texte imprimé sur la page droite. Chaque chapitre est en outre terminé par un certain nombre d'exercices dont la solution est donnée. Il indique également l'ordre de grandeur des paramètres couramment utilisés en pratique.

P. Favre