

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 53 (1962)

**Heft:** 23

**Artikel:** Particularités de l'équipement électro-mécanique de la centrale d'Erlenbach

**Autor:** Wahl, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916993>

#### 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>**

Aufwand der konischen Strahlbewegung des Conical-Scan-Radars beim Monopuls-Radar infolge der Simultanabtastung des Ziels in einen elektronischen Aufwand umgewandelt wird. Ferner wird mit der Verwendung des Summen-Differenzverfahrens die Konstanz der Boresight-Achse wesentlich gesteigert und damit die Vermessungsgenauigkeit erhöht. Bezuglich der Auswirkung des Winkelrauschen der Radarachse zeigt sich, dass die Vorteile von Monopuls-Radar erst bei der Vermessung von weitentfernten Zielen voll zur Geltung kommen, da für solche beinahe punktförmigen Ziele der Beitrag des Winkelrauschen verschwindend klein wird.

## Literatur

- [1] Braun, A. F.: Technik und Probleme von Zielverfolgungsradar. Bull. SEV 51(1960)14, S. 689...700.

- [2] Budenbom, H. T.: Monopulse Automatic Tracking and the Thermal Bound. IRE Convention Rec. of 1st Nat. Convention Military Electronics, 17...19. Juni 1957. S. 387.
- [3] Rhodes, D. R.: Introduction to Monopulse. New York: McGraw-Hill 1959.
- [4] Blewett, J. P., S. Hansen, R. Troell und G. Kirkpatrick: The Multilobe Tracking System. GE Res. Lab. Rep., 5. Januar 1944.
- [5] Page, R. M.: Monopulse Radar. IRE Convention Rec. 3(1955), Part 8, S. 132...134.
- [6] Klausner, H. U.: Radar-Antennen und Scannereinrichtungen. Scientia electr. 6(1960)2, S. 53...74. (S. 61).
- [7] Hellgren, G.: On the Principles and Angular Accuracy of Monopulse Radar. TN 42 SAAB Techn. Not., 18. März 1959. Linköping: Saab Aircraft Co. 1959.
- [8] Silver, S.: Microwave Antenna Theory and Design. New York: McGraw-Hill 1949.  
=MIT(Massachusetts Institute of Technology), Radiation Lab. Series, Bd. 12, S. 194.
- [9] Mason, J. F.: New Pulse Trackers Readied for Space Ranges. Electronics 34(1961)50, S. 26...27.

## Adresse der Autoren:

Hans Klausner, Frank Farmer und Hans Wernli, Ingenieure der Albiswerk Zürich AG, Albisriederstrasse 245, Zürich 9/47.

# Particularités de l'équipement électro-mécanique de la centrale d'Erlenbach

Par J. Wahl, Petit-Lancy

621.311.21 (494.246.6)

*La S.A. des Forces Motrices du Simmental (SKW) a été fondée le 11 juin 1955 pour la mise en valeur des eaux du Simmental. En première étape, la centrale d'Erlenbach fut réalisée pour l'exploitation des eaux des Kirel et Filderich, affluents sur rive droite de la Simme. L'aménagement, équipé pour 16 930 kW (23 000 ch) environ, est semi-automatique. L'effectif du personnel est de 4 agents. Cette particularité a conduit à apporter des solutions nouvelles aux problèmes de la commande de la sécurité et de la surveillance de l'équipement. Les études, la direction et la surveillance des travaux ont été confiées à la Société Générale pour l'Industrie à Genève.*

*Die Simmentaler Kraftwerke AG wurden am 11. Juni 1955 zur Ausnützung der Gewässer vom Simmental gegründet. Für die erste Etappe wurde das Kraftwerk Erlenbach erstellt, um die Gewässer des Kirel und des Filderich, Nebenflüsse des rechten Ufers der Simme, auszunutzen. Die Einrichtung wurde für ungefähr 16 930 kW (23 000 PS) ausgestattet und ist halbautomatisch. Das Personal besteht aus vier Angestellten. Dieser Umstand hat zu neuen Lösungen verschiedener Probleme betreffend die Steuerung, die Sicherheit und die Überwachung der Anlagen geführt. Die Projektierung und die Bauleitung wurden der Société Générale pour l'Industrie anvertraut.*

## I. Introduction

La mise en valeur par les Forces Motrices du Simmental S. A. des ressources hydro-électriques de la Vallée de la Simme a débuté par la réalisation de l'aménagement d'Erlenbach permettant, en première étape, l'exploitation des eaux du bassin du Filderich.

L'équipement et les installations ont été conçues pour permettre une marche semi-automatique. La présence du personnel n'est requise que pendant les heures normales de travail pour l'exécution de l'entretien courant.

L'aménagement est exploité au fil de l'eau; il est néanmoins équipé d'un bassin de compensation journalière. Les données techniques principales en sont les suivantes:

### a) Prises d'eau et conduites d'adduction

Prise d'eau «Kirel» du type latéral (crête à 1077,5 m) avec dispositif automatique de limitation du débit à max. 2 m<sup>3</sup>/s  
Prise d'eau «Filderich» du type latéral (crête à 1017,5 m) avec dispositif automatique télécommandé d'ajustage du débit dérivé de 0...6 m<sup>3</sup>/s

Conduite à veine libre Kirel-Filderich . . en galerie 1,533 km  
en tuyaux 1,107 km  
Galerie à veine libre Filderich-Bergli . . 4,952 km  
débit . . . . . 6 m<sup>3</sup>/s  
Conduite à flanc de coteau en tuyaux . . 0,850 km  
diamètre . . . . . 1,25...1,5 m

### b) Bassin de compensation de Bergli (Egelsee)

Volume utile . . . . . 130 000 m<sup>3</sup>  
Variation du plan d'eau de . . . . . 984,0...989,1 m

### c) Galerie sous pression et conduite forcée

Galerie sous pression . . . . .	0,375 km
diamètre . . . . .	1,8 m
Conduite forcée . . . . .	864 m
diamètre . . . . .	1,25...1,5 m
débit nominal . . . . .	6,6 m <sup>3</sup> /s

### d) Centrale

Chute brute moyenne . . . . . 306,1 m  
(niveau de restitution des eaux: 683 m)  
2 groupes Francis / alternateur triphasé  
8535 kW (11,600 ch) / 10 600 kVA  
Production annuelle moyenne . . . . . env. 50 GWh  
Raccordement direct au réseau aérien 16 kV et par 2 transformateurs 16/50 kV au réseau 50 kV des Forces Motrices Bernoises.

### e) Hydrologie

Bassin versant . . . . .	env. 104 km <sup>2</sup>
Altitude moyenne . . . . .	env. 1700 m
Glaciation . . . . .	0 %

## 1.1 Situation

Le captage principal est situé à 1016 m d'altitude, sur le Filderich, dans la région Oeyen-Riedli. Les eaux dérivées du Filderich, augmentées des débits prélevés sur le cours supérieur du Kirel, passent à la prise Filderich par une vanne de réglage, un dessableur et une vanne de sécurité. De là, elles sont amenées par une conduite à veine libre à l'Egelsee-Bergli, lac naturel aménagé en bassin de compensation, puis à la centrale par la conduite forcée (fig. 1).

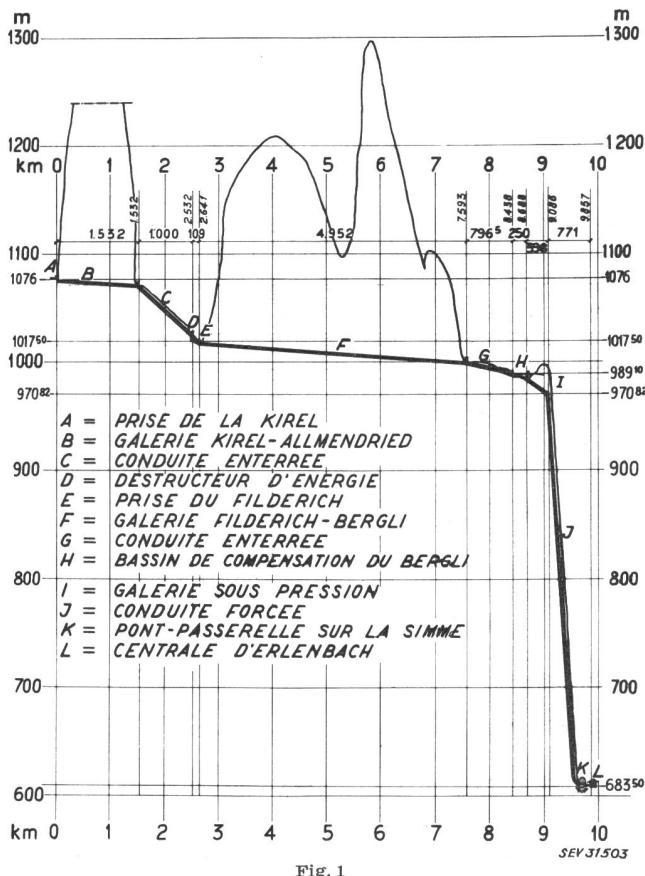


Fig. 1  
Profil en long de l'aménagement des Simmentaler-Kraftwerke  
Palier d'Erlenbach  
(étape Kirel—Filderich)

La centrale est implantée à 680 m d'altitude environ, sur la rive gauche de la Simme, à 1 km environ en amont du village d'Erlenbach, dans une zone d'alluvions. Elle comprend deux groupes à axe horizontal tournant à 1000 t./min, formés chacun d'une turbine Francis et d'un alternateur synchrone triphasé de 10 600 kVA de puissance nominale en service continu. Les alternateurs, isolés pour une tension de 16,8 kV, sont reliés directement au poste de couplage intérieur, comprenant deux jeux de barres principales, un jeu de barres auxiliaires, et 4 lignes de départs équipées chacune pour 500 A, raccordées au réseau 16 kV des Forces Motrices Bernoises (BKW). Le schéma unifilaire est donné par la fig. 2.

Un cinquième et un sixième départ sont reliés au poste 16/50 kV des Forces Motrices Bernoises érigé à proximité de la centrale.

Ultérieurement, par captage d'autres affluents et cours d'eau, le nombre des groupes est susceptible de passer de 2...5; celui des lignes de départ pourra alors augmenter selon les besoins.

## 1.2 Equipment de la centrale

### 1.2.1 Groupes

La centrale comprend deux groupes à axe horizontal, constitués chacun de:

a) 1 turbine Francis à une roue, dont les caractéristiques sont:

chute brute max.	307 m
débit	3,3 m³/s
puissance	8535 kW (11 600 ch)
vitesse	1000 t/min

La turbine est équipée d'un régulateur accéléro-tachymétrique.

b) 1 vanne sphérique à axe de rotation horizontal et mécanisme hydraulique de commande à piston cintré; les caractéristiques sont:

diamètre intérieur	650 mm
pression de service	29 kg/cm²

La commande hydraulique est alimentée par les pompes à huile du régulateur de turbine.

c) 1 alternateur dont les caractéristiques principales sont les suivantes:

puissance apparente nominale en service continu	10 600 kVA
puissance sous $\cos\phi = 0,8$	8 780 kW
tension (50 Hz)	16,8 kV $\pm 5 \%$
ventilation:	en circuit ouvert

### 1.2.2 Le poste de couplage intérieur 16,8 kV

est équipé de disjoncteurs (puissance de coupure: 1000 MVA) à air comprimé et de sectionneurs à commande pneumatique.

Sectionneurs tripolaires pour montage à l'intérieur, avec isolateurs en araldite.

Tension nominale	20 kV
courant nominal	600 A

Les alternateurs sont reliés aux cellules de groupe par des câbles monophasés à isolation thermoplastique, munis de gaine contre la corrosion en PVC.

Section	2 $\times$ 240 mm² par phase
tension nominale	16 kV
tension de service	16,8 kV $\pm 5 \%$
puissance de court-circuit	1000 MVA
courant de court-circuit admissible par phase	36 kA pendant 2,6 s

### 1.2.3 Organes de commande

La commande des services principaux peut intervenir localement ou à distance depuis la salle de commande (voir fig. 3). Pour la commande locale, chaque groupe est flanqué d'un tableau de groupe installé dans la salle des machines. Les cellules du poste de couplage peuvent être commandées localement, manuellement, depuis le front des cellules sur lequel figure un schéma synoptique simplifié visible sur la fig. 6.

Depuis la salle de commande, les groupes peuvent être pilotés semi-automatiquement. Le poste de couplage 16 kV est piloté depuis la salle de commande par action électrique sur les commandes pneumatiques des organes.

Le poste extérieur BKW 16/50 kV érigé à proximité de la centrale, est également commandé depuis la salle de commande.

### 1.2.4 Mise à terre de sécurité et de protection

Pour obtenir une bonne répartition du potentiel dans l'ensemble de l'installation et une mise à terre correcte, il est créé à chaque étage de la centrale une boucle de mise à terre. Ces ceintures sont réalisées en barres de cuivre 30  $\times$  5 mm. Elles sont reliées entre elles en 3 points. Toutes les masses métalliques de l'équipement et du bâtiment à mettre à la terre y sont raccordées.

Le réseau de mise à terre extérieur est réalisé sur la parcelle propriété des SKW. Il est constitué d'un réseau maillé enterré formé d'électrodes de fer zingué

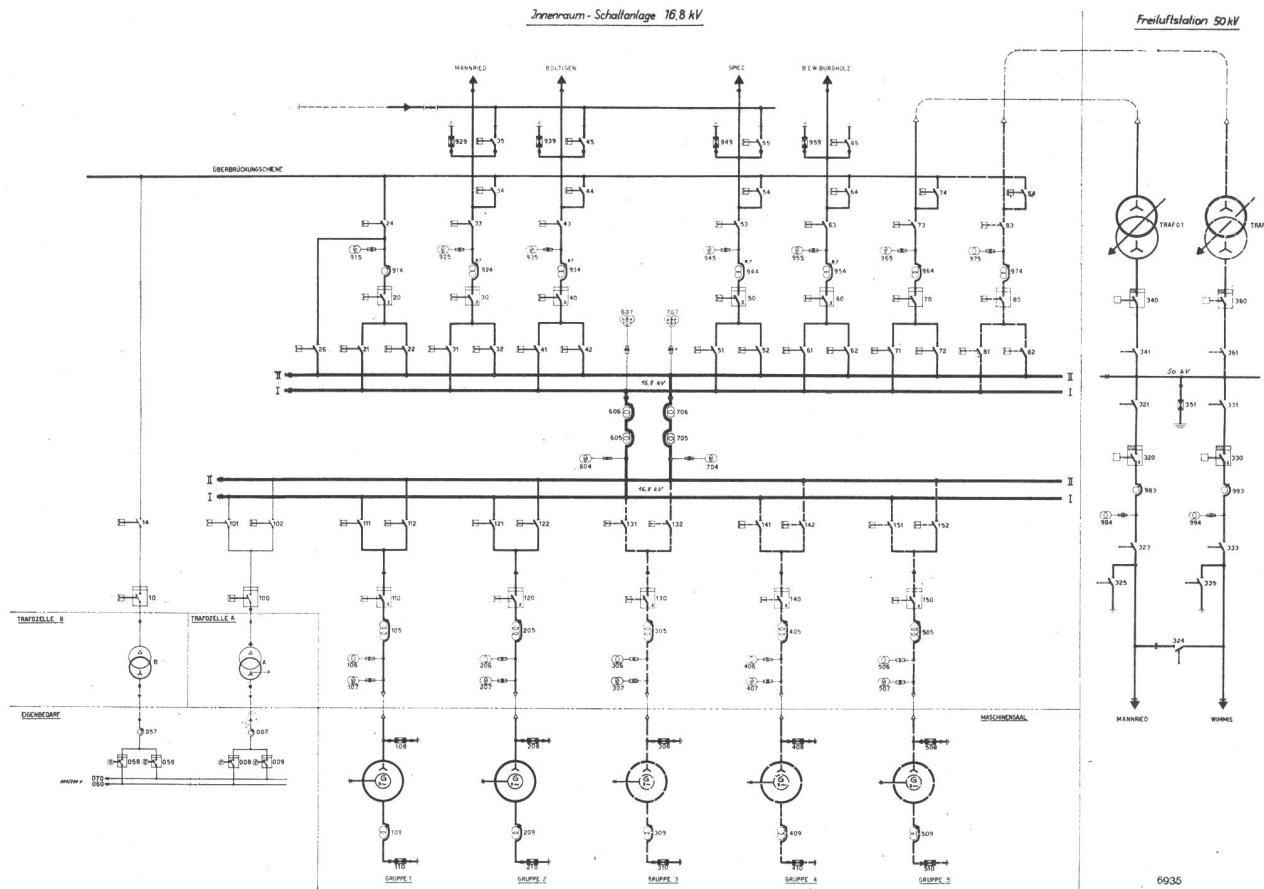


Fig. 2

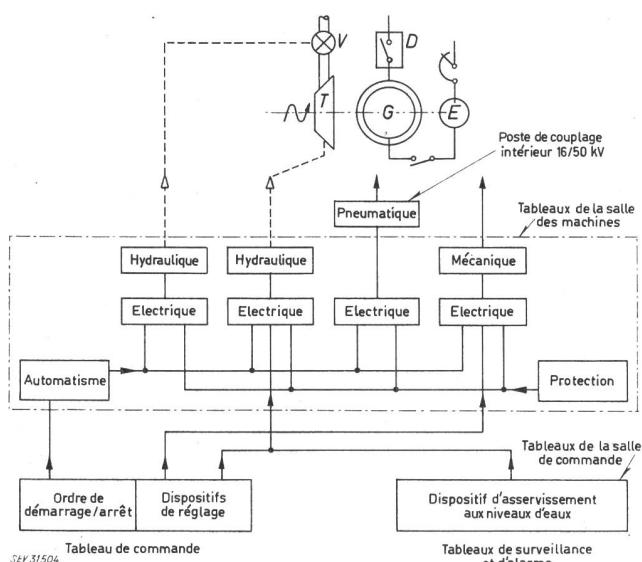
Schéma unifilaire de principe avec indication des 3 groupes dont l'adjonction est envisagée

à chaud d'une section de  $50 \times 4 \text{ mm}^2$  placé de champ dans les fouilles de 0,8 m de profondeur. Il est relié d'une part au réseau intérieur des mises à terre, d'autre part aux structures de mises à terre du poste 16/50 kV voisin.

### **1.2.5 Protection contre l'incendie**

Le dispositif de protection contre l'incendie comprend:

- a) 1 réseau d'hydrants placé à l'extérieur de la centrale, alimenté par le réseau d'eau sous pression de la commune d'Erlenbach;
  - b) Pour chacun des deux alternateurs, un dispositif CO<sub>2</sub> à fonctionnement automatique déclenché par des détecteurs à maximum de température;
  - c) 1 équipement d'extincteurs fixes et mobiles répartis dans les différents locaux de la centrale;
  - d) 1 réseau de détecteurs électroniques alertant le personnel de piquet en cas de dégagement de fumée dans les locaux.



### Fig. 3

**Schéma de principe de la commande, de la protection et de la surveillance d'un groupe**

V vanne principale; T turbine; G alternateur; E excitatrice;  
D disjoncteur

## 2. De l'importance des services internes

## 2.1 Généralités

La conception des services internes et de leur alimentation revêt une importance capitale pour l'exploitation. Il convenait, dans le cas particulier, de prévoir une extension de la centrale, ce qui impliquait de prendre d'emblée toutes mesures pour permettre ces adjonctions sans perturbations.

Les dispositions choisies permettent en outre un contrôle aisé des installations par un personnel réduit.

Dans le cadre du programme de production, la qualité de la fourniture d'une centrale de moyenne importance est caractérisée par un service sans perturbation ni arrêt intempestif. À cet effet, les services internes et leur alimentation doivent présenter une sécurité au moins équivalente à celle des groupes principaux.

On ne peut toutefois éviter des perturbations en cas de carence simultanée de 2 équipements constituant réserve l'un de l'autre.

## 2.2 Alimentations

Pour l'alimentation des différents services, il a été, dans chaque cas, choisi entre le courant alternatif et le courant continu.

Les circuits et l'appareillage de contrôle, de signalisation et de protection sont alimentés en courant continu, ainsi que les services essentiels à la marche et au contrôle de la centrale. On évite ainsi que des défauts affectant le réseau alternatif entraînent des perturbations de marche des groupes principaux, et partant du service de la centrale.

Les autres services sont alimentés en courant alternatif.

### 2.2.1 Alimentation en courant alternatif

Dans les conditions particulières de la centrale d'Erlenbach, sont retenues:

Comme source d'alimentation normale un raccordement aux barres principales de distribution; à groupes arrêtés, le transformateur reste alimenté par le poste de couplage 16 kV;

Comme source d'alimentation de réserve un raccordement au jeu de barres auxiliaires du poste de couplage 16 kV, d'où rayonnent et arrivent en première étape 4 lignes 16 kV et deux lignes 50 kV du réseau des Forces Motrices Bernoises. On peut admettre que ce noeud n'est pratiquement jamais sans tension.

Ces deux sources sont réalisées à l'aide de deux transformateurs identiques 16,8/0,38 kV, ayant les caractéristiques suivantes:

Puissance nominale en service continu	250 kVA
Tensions primaires	17—16,5—16 kV
Tensions secondaires à vide	416/240 V
Couplage: Dy5 (C 1)	
primaire	triangle
secondaire	neutre sorti

La mise en parallèle des deux systèmes d'alimentation est rendue impossible par un verrouillage mutuel des organes de coupure secondaires des deux alimentations. Lors du passage d'une alimentation à l'autre, il se produira une interruption de courte durée; les moteurs ne doivent alors pas décrocher immédiatement. Ils sont, à cet effet, du type à rotor en court-circuit.

### 2.2.2 Alimentation en courant continu

Elle est réalisée avec une batterie d'accumulateurs de 250 Ah. La capacité de la batterie a été choisie de manière à maintenir l'alimentation de tous les circuits pendant une interruption de courant alternatif de l'ordre de 2 h, sans que la chute de tension sorte des limites admissibles. La charge s'effectue à l'aide d'un redresseur monté en parallèle avec la batterie. Il est dimensionné de manière à assurer la charge de consommation de l'ensemble de l'installation et, en plus, une charge d'entretien de la batterie.

Les réseaux à courant continu sont isolés de la terre. Un dispositif de détection des défauts d'isolation ou de mise à la terre est installé entre le point milieu de la batterie et la terre.

Deux jeux de barres distincts sont prévus de manière à séparer les alimentations des circuits de contrôle, de protection et de commande des circuits alimentant les autres organes (pompes à huile, etc.).

## 2.3 Distribution

### 2.3.1 Services internes essentiels

*Alimentation en huile sous pression des régulateurs et des vannes*

Elle est assurée pour chaque groupe comme suit:

*Au démarrage:*

Normalement par une pompe à moteur électrique à courant alternatif 220/380 V de 5,9 kW.

En réserve (la commutation est automatique) par une pompe à moteur électrique à courant continu 125 V, 3,7 kW.

*En service:*

Normalement par une pompe entraînée mécaniquement par l'arbre du groupe;

En réserve par la pompe électrique à courant alternatif stimulée ci-dessus, mise manuellement en service.

### Pompes de réfrigération

La réfrigération des paliers et de l'huile des régulateurs des groupes principaux requiert une circulation d'eau de réfrigération sous une pression de 1,2...2 kg/cm<sup>2</sup>. A cet effet, une pompe de service et une pompe de réserve prélèvent l'eau dans la nappe phréatique par un puits construit au voisinage de la centrale et la refoulent dans un réservoir situé à une hauteur convenable au-dessus de la centrale. De là, l'eau est conduite par gravité aux organes à réfrigerer. Un dispositif de tuyauterie et vannes permet d'alimenter les éléments réfrigérants directement par les pompes, sans passer par le réservoir (période de revision, etc.). Ces pompes sont alimentées par des moteurs à courant alternatif 220/380 V.

Le réservoir a une capacité de l'ordre de 20 m<sup>3</sup>, suffisante pour permettre la marche de la centrale pendant plus de 2 h pour l'étape Kirel-Filderich (2 groupes) et environ 1 h avec un équipement à 5 groupes.

### Pompes d'épuisement

Les deux pompes destinées à évacuer les eaux d'infiltration dans la centrale sont équipées de moteurs à courant alternatif 220/380 V.

### Station d'air comprimé

Les disjoncteurs et sectionneurs de l'appareillage 16 kV sont commandés à air comprimé. Les deux compresseurs prévus sont alimentés par des moteurs à courant alternatif 220/380 V.

### Eclairage de secours

L'éclairage de secours est enclenché automatiquement dès disparition de la tension alternative. Il est alimenté en courant continu.

### 2.3.2 Services internes secondaires

Ces services, alimentés en courant alternatif, sans réserve propre, comprennent notamment:

L'éclairage général, le pont roulant, l'équipement d'atelier, les redresseurs de charge de la batterie, le réseau force (prises de courant), le chauffage électrique et les installations auxiliaires (téléphone, horloges électriques, etc.).

## 3. Groupes principaux

### 3.1 Vannes et turbines

Il n'appartient à cette note que de décrire les circuits de commande, contrôle de protection des vannes et turbines.

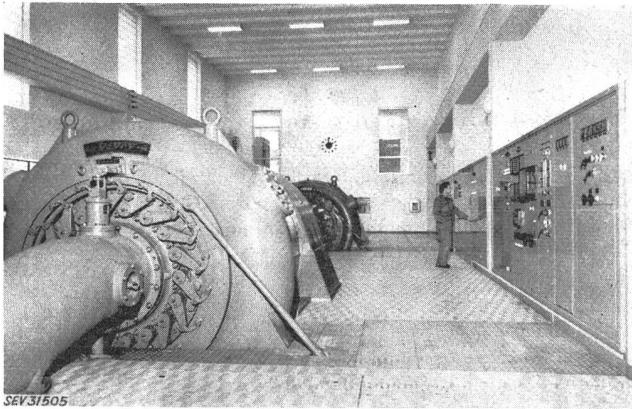


Fig. 4  
Vue de la salle des machines des tableaux de groupes  
Au fond, au 1<sup>er</sup> étage, la salle de commande

La vanne du type sphérique équipant chaque groupe est manœuvrée à la fermeture par la pression d'eau et à l'ouverture par la pression d'huile ( $20 \text{ kg/cm}^2$ ).

A distance, on agit électriquement à courant continu sur un électro-aimant qui actionne un tiroir admettant l'huile dans le servo-moteur du by-pass. Dès que la pression d'eau s'est établie à l'aval de la vanne, un manostat enclenche un électro-aimant de commande du tiroir d'admission d'huile de la vanne.

Si par suite d'un défaut fugitif de courant continu, la vanne alors en position ouverte accomplit plus de  $20^\circ$  d'angle de sa course de fermeture, le cycle d'arrêt du groupe ainsi entamé est achevé, et les ordres nécessaires transmis aux divers organes. A cet effet, un contact spécial est monté sur la vanne. Si par contre, le courant continu réapparaît avant le parcours de cet angle de  $20^\circ$ , les ordres de marche sont confirmés afin de poursuivre le service sans interruption.

Les organes de commande de la turbine sont actionnés manuellement depuis les tableaux de groupe, par intervention directe. A distance, ces manœuvres sont exécutées par l'action d'électro-aimants qui fonctionnent à émission de courant (fig. 4).

### 3.2 Alternateurs

#### 3.2.1 Caractéristiques techniques

Les alternateurs synchrones triphasés à axe horizontal sont accouplés directement à une turbine Francis. Ils sont raccordés électriquement au réseau aérien  $16 \text{ kV}$  sans transformation. La ventilation est en circuit ouvert.

Les enroulements sont en cuivre. Entrefer simple: 17 mm. Avec excitatrices principale, auxiliaire et alternateur-pilote.

L'enroulement statorique est du type tambour à pas raccourci. Chaque bobine comprend 3 conducteurs en série isolés chacun par 3 couches de papier-mica-papier à recouvrement et compoundé sous vide et pression.

L'isolation contre la masse et entre les 2 bobines d'une même encoche est formée d'un tube de micafolium à l'asphalte de 4,4 mm d'épaisseur, graphité sur sa surface extérieure. L'extrémité des tubes est recouverte d'un verni semi-conducteur assurant une bonne réparation du potentiel. Dans les têtes de bobine, chaque bobine est isolée par 2 couches supplémentaires de papier-mica-papier et compoundée, le tout protégé par un ruban de verre. Le passage entre la gaine isolante et la tête de bobine est formé d'un joint

en biseau renforcé. Les bobines terminées sont badigeonnées au verni séchant à l'air et giclées avec le même vernis après la mise en place dans le stator.

Les éléments de mesure de température sont placés entre les 2 bobines à l'endroit présumé le plus chaud. Selon les normes, l'échauffement maximum admissible dans ce cas est de  $80^\circ\text{C}$ .

L'enroulement d'excitation est en cuivre méplat enroulé sur champ en 2 bobines concentriques séparées entre elles et du pôle par des canaux de ventilation. Les spires sont isolées entre elles par du ruban de verre imprégné de résine thermo-durcissable. Les bobines sont fortement pressées contre l'épanouissement polaire par des cales qui assurent également leur fixation entre les pôles.

L'échauffement maximum admis du rotor, mesuré par variation de résistance, est de  $90^\circ\text{C}$  pour le plus grand courant, correspondant à la puissance continue de l'alternateur.

#### Puissance nominale apparente

en service continu et sous  $\cos \varphi = 0,8$        $10\,600 \text{ kVA}$

#### Puissance active aux bornes

en service continu et sous  $\cos \varphi = 0,8$        $8\,480 \text{ kW}$

#### Fréquence

$50 \text{ Hz}$

#### Tension

$16\,800 \text{ V} \pm 5\%$

#### Ecart maximum admissible entre la tension à vide et la sinusoïde

$4\%$

#### Vitesse nominale

$1000 \text{ t/min}$

#### Vitesse à l'emballage

$1750 \text{ t/min}$

### 3.2.2 Protection

Les deux alternateurs sont protégés contre :

a) L'incendie, chacun par une batterie  $\text{CO}_2$  ( $3 \times 30 \text{ kg}$ ) avec déclenchement par 4 sondes thermiques, par commande à distance électrique et par commande locale manuelle.

b) Les détériorations internes de l'isolation par 1 relais différentiel tripolaire.

c) Les surcharges par 3 relais thermiques secondaires.

d) L'élévation intempestive de la tension aux bornes par 1 relais à maximum de tension temporisé.

e) Les défauts à la terre et les surcharges du rotor.

f) Les défauts à la terre du stator.

g) Les surtensions d'origine atmosphériques par 3 parafoudres raccordés aux bornes et 1 parafoudre connecté au point neutre.

### 3.2.3 Réglage de la tension

La tension est réglée par des régulateurs de BBC 4/1 à 4 secteurs avec rhéostat de mise au point à commande à moteur pour la commande à distance, avec un volant pour la commande manuelle locale.

### 3.2.4 Réglage des puissances actives et réactives

La puissance active est réglée par ajustage du limiteur d'ouverture de la turbine ou du dispositif de changement de vitesse. La puissance réactive par manœuvre locale ou à distance du rhéostat de mise au point de la tension.

### 3.2.5 Désexcitation

Les alternateurs sont équipés de dispositifs de désexcitation.

### 3.2.6 Synchronisation

La synchronisation des groupes avec le réseau peut être exécutée automatiquement depuis les tableaux de groupe et depuis la salle de commande par un synchro-

nisseur complété d'un dispositif destiné à éviter une synchronisation intempestive lorsque le réseau est bouclé et que les conditions de synchronisation ne sont pas remplies. Les groupes peuvent être mis en parallèle «manuellement» (ajustage de la fréquence et de la tension) depuis la salle de commande seulement.

#### 4. Poste intérieur 16 kV

##### 4.1 Généralités

Par poste intérieur 16 kV, on entend les cellules de groupes et les cellules des départs 16 kV.

Comme il est dit par ailleurs, les alternateurs sont raccordés directement au réseau de distribution aérien 16 kV par l'intermédiaire de ces cellules. L'installation comporte deux jeux de barres omnibus et un jeu de barres de transfert permettant de ponter les départs entre eux sans passer par les cellules de couplage.

Les cellules de groupes sont divisées en deux parties, l'une réservée au point neutre et placée en sous-sol, et l'autre comportant les organes de raccordement aux jeux de barres omnibus (fig. 5).

Les «points neutres» comprennent les jeux de transformateurs et le parafoudre de point neutre. On y a également monté les parafoudres placés aux bornes des machines.

Les cellules de raccordement, elles, comprennent chacune un disjoncteur à air comprimé, les sectionneurs d'aiguillage sur les deux jeux de barres omnibus principaux ainsi que les transformateurs de mesure nécessaires.

Les cellules des départs 16 kV sont équipées d'un disjoncteur pneumatique, de deux sectionneurs d'aiguillage, d'un sectionneur de mise à terre et d'un sectionneur de raccordement au jeu de barres de transfert.

Deux cellules de mesure permettant le comptage de l'énergie totale produite ou absorbée par les alternateurs et deux cellules d'alimentation des services auxiliaires complètent l'installation.

##### 4.2 Réalisation

Les cellules sont toutes du type ouvert; elles ne comportent aucune cloison intermédiaire. Les jeux de

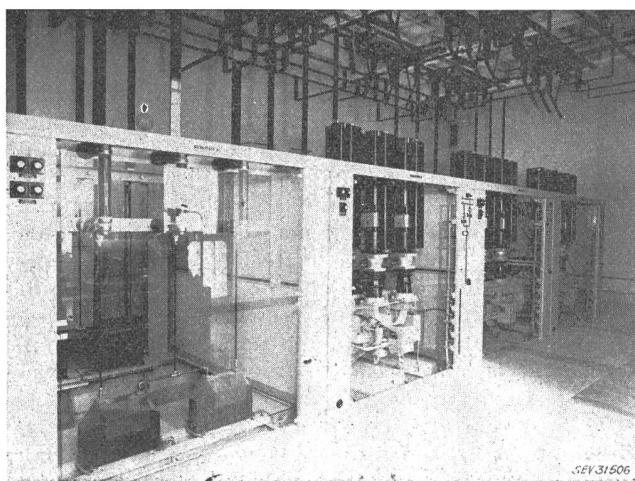


Fig. 5

Cellules 16 kV des deux groupes (1<sup>re</sup> étape) et du départ d'alimentation des services internes

Chaque cellule comprend une colonne de manœuvre permettant d'agir manuellement sur les soupapes des circuits pneumatiques de commande des disjoncteurs

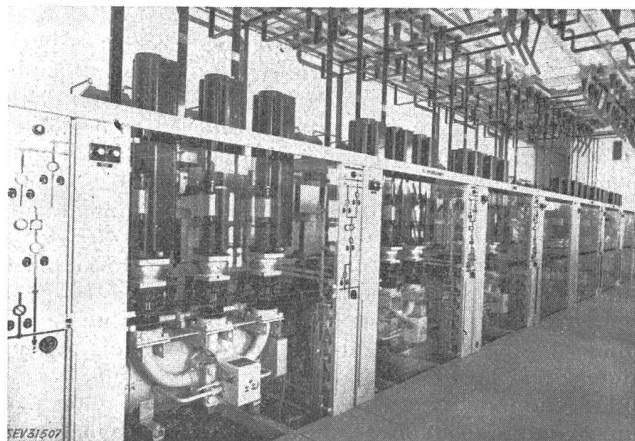


Fig. 6

Cellules 16 kV des départs

Des indicateurs électro-magnétiques donnent la position des organes de coupure

barres réalisés en méplats de cuivre sont fixés sur des isolateurs-supports appliqués aux plafonds des locaux.

Les cellules dont l'armature est réalisée en fers profilés et tôle pliée, comportent des colonnes de manœuvre dans lesquelles sont logés tous les accessoires de signalisation, verrouillage et commande. Des glissières permettent l'introduction de parois de séparation en matière isolante et l'intervention, à l'intérieur, d'une cellule, les cellules voisines restant en service.

Les protections frontales et arrières sont en verre sécurisé.

Les cellules de départ sont divisées en deux demi-cellules, séparées par un couloir de service. Côté réseau, les demi-cellules comportent les sectionneurs de départ, de mise à terre et de raccordement à la barre de transfert, les parafoudres et les têtes de câble. Côté jeux de barres, sont groupés le disjoncteur, les deux sectionneurs d'aiguillage et les transformateurs de mesure (fig. 6).

La liaison entre les deux parties est réalisée à l'aide de méplats de cuivre isolés, passant sous le faux plancher du couloir de service.

L'installation comporte en outre deux cellules de mesure, une installation double de production d'air comprimé (deux compresseurs, deux réservoirs d'accumulation; deux dispositifs de commande automatiques assurent la mise en marche de l'une ou de l'autre des deux installations conçues comme réserve l'une de l'autre).

##### 4.3 Automatisme, commande, verrouillage

La commande des organes de coupure (disjoncteurs et sectionneurs) des cellules 16 kV est conçue comme suit:

a) Localement et à main par les organes placés sur les colonnes de manœuvre (constituant le cadre des cellules). Par cette action manuelle, on agit directement sur les soupapes des circuits d'air comprimé des sectionneurs ou disjoncteurs, tous équipés de commandes pneumatiques;

b) A distance, depuis la salle de commande par voies électriques. Les circuits de la salle de commande agissent sur les électroaimants dont sont équipées les soupapes de commande des circuits à air comprimé. Un certain nombre de verrouillages évitent les fausses manœuvres.

En principe, les sectionneurs sont verrouillés si le disjoncteur correspondant est fermé. Ce verrouillage est à la fois pneumatique et électrique. La commande d'un disjoncteur à la fermeture est bloquée si un quelconque sectionneur du départ considéré est incomplètement ouvert ou fermé. A cet effet, tous les sectionneurs sont équipés de contacts de fin de course de précision, munis d'un amplificateur de mouvement mécanique, ayant une précision de l'ordre de  $1^\circ$  d'angle.

Une manœuvre verrouillée est signalée localement sur la colonne de manœuvre, par une lampe rouge à feu clignotant, commune à tous les organes. Sur la colonne de manœuvre figure en outre le schéma synoptique de la partie d'installation contenue dans la cellule; sectionneurs et disjoncteurs sont représentés par un signal indicateur de position électro-magnétique, placé au voisinage immédiat des boutons-poussoirs de commande.

En cas de dérangement de l'indicateur ou si l'un des sectionneurs est incomplètement ouvert ou fermé, l'indicateur se place à  $45^\circ$ .

A la salle de commande, disjoncteurs et sectionneurs sont représentés par des clés TPTL (tourner-pousser-tourner-lampe). Une discordance est signalée par un feu fixe, alors qu'une manœuvre verrouillée est marquée par un feu clignotant.

## 5. Automaticité et tableaux de commande

L'automatisme des installations de l'aménagement Kirel-Filderich d'Erlenbach affecte principalement les parties d'installation suivantes:

### 5.1 Automatisme des services internes

Les disjoncteurs 16 kV des deux alimentations des services internes sont verrouillés et commutés automatiquement. Si l'un des deux déclenche par suite d'un défaut ou interpestivement, l'autre enclenche immédiatement. Les contacteurs correspondants à basse tension (380 V) sont pilotés correctement par les disjoncteurs principaux et verrouillés entre eux de manière à exclure la mise en parallèle secondaire des deux alimentations.

L'éclairage de secours, alimenté en courant continu, est enclenché automatiquement, en cas de disparition de la tension alternative sur le départ d'éclairage normal de la centrale.

Le groupe de charge comporte un dispositif qui enclenche la charge rapide dès que la tension continue descend en-dessous du niveau fixé d'avance. Les services internes, raccordés en courant continu, sont alors alimentés directement par le redresseur. Si la tension alternative d'alimentation dépasse une tension maximale, pouvant mettre les organes continu raccordés en danger, le redresseur est déclenché.

Le schéma de raccordement des organes alimentés en courant alternatif est conçu de manière à ce qu'en cas de défaut sur l'un des deux jeux de barres, seule une partie de l'installation soit mise hors service. Des câbles permettent de raccorder ces installations au jeu de barres encore en service si le défaut ne peut être rapidement éliminé.

La distribution en courant continu comporte 3 jeux de barres; l'un alimente les organes non essentiels, le deuxième les organes de sécurité et le troisième l'éclairage de secours. Une boucle permet d'alimenter directement ces différentes barres par le redresseur, la batterie étant hors service.

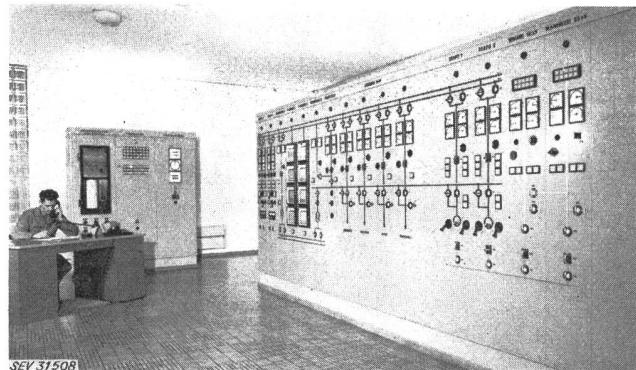


Fig. 7

Vue du tableau principal de la salle de commande  
Y sont placés tous les organes de commande de 2 groupes, de 2 départs d'alimentation des services internes, de 7 départs 16 kV et de 2 départs 50 kV

### 5.2 Conception des tableaux de commande

Pour l'étape «Kirel-Filderich», la centrale d'Erlenbach n'est équipée que de deux groupes. Il est prévu de porter cet équipement à 4, voire 5 machines au gré des extensions à réaliser.

Les problèmes de la commande et de la surveillance des installations, et plus particulièrement la réalisation des tableaux de commande, ont été étudiés compte tenu de cette exigence.

Pour éviter d'être amené à résérer de trop vastes locaux et permettre la supervision de la totalité de l'appareillage par le personnel, on a été conduit à concentrer l'appareillage de commande en tableaux de petite dimension (fig. 7).

Cette tendance s'est déjà manifestée il y a plusieurs années en France; elle a même conduit au développement d'appareils et accessoires spéciaux par les constructeurs. C'est ce qu'on appelle communément la «miniaturisation».

Pour pouvoir intervenir efficacement et rapidement, l'agent d'exploitation doit avoir une représentation claire et permanente de l'état des circuits, à la surveillance desquels il est commis. Cette conséquence est complétée par les indications des appareils de mesure.

Toute modification d'origine extérieure (par les organes de protection par exemple) entre la position des appareils commandés et celle de l'appareillage de commande, fait apparaître une signalisation lumineuse complétée d'un signal acoustique. Si la discordance entre la position de l'appareil de commande et l'appareil commandé provient d'une modification volontaire, exécutée sur le tableau, seule la signalisation demeure.

Pour toutes les installations d'Erlenbach, la préférence a été donnée à un schéma normalement éteint.

En ce qui concerne le matériel, le marché suisse n'offrant pas de clés de commande et accessoires miniaturisés assurant une sécurité suffisante, seuls les organes de commande classique ont été retenus. Cet appareillage à courant fort a été groupé sur des panneaux de tableaux de 30 cm de largeur par départ ou groupe.

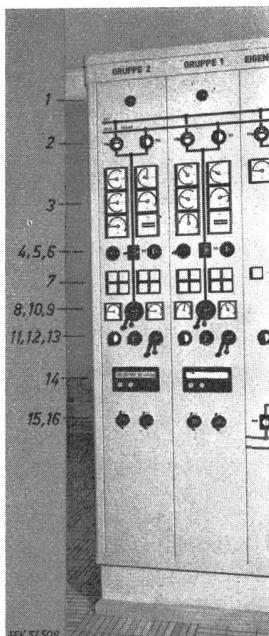
On a exclu des tableaux tous les appareils qui n'étaient pas strictement nécessaires à la commande des installations. Ainsi du tableau peuvent être exécutés, à l'exclusion de toutes autres opérations:

- a) la mise en marche, l'arrêt, la mise en parallèle, le réglage de la puissance active et réactive des groupes;
- b) le couplage après préparation des sectionneurs, des départs 16 ou 50 kV sur les barres de distribution;

Fig. 8  
Vue frontale

des deux panneaux de groupes (largeur par panneau de 300 mm)

1 lampe d'alarme; 2 clés de commande des sectionneurs de choix du système de barres collectrices; 3 6 instruments de mesure (avec 0 à l'horizontale); 4 le commutateur de choix de la synchronisation (à main, automatique en cycles séparés, entièrement automatique); 5 la clé de commande du disjoncteur principal; 6 le commutateur de choix du mode de marche (commande à main, commande automatique); 7 8 indicateurs de danger; 8; 9 2 instruments de mesure de l'excitation; 10 la clé de réglage par impulsions de la puissance active; 11 le commutateur de libération de la commande à main depuis les tableaux de groupe; 12 le commutateur de choix des pompes de démarrage; 13 la clé de réglage par impulsions de la puissance réactive; 14 le bloc de commande (en haut, 7 affichage de l'état du groupe, en bas, 4 boutons-poussoirs); 15; 16 sous couvercle de garde, les boutons-poussoirs de déclenchement de la protection CO<sub>2</sub> et d'arrêt d'urgence



- e) l'arrêt rapide et l'arrêt d'urgence des groupes ainsi que le déclenchement des protections CO<sub>2</sub>;
- d) le déclenchement des disjoncteurs de ligne;
- e) l'ajustage de l'ouverture de la vanne d'entrée de la galerie Filderich-Bergli, la fermeture de la vanne de tête de la conduite forcée.

Sur ces panneaux figurent les appareils de mesure nécessaires au contrôle des manœuvres possibles depuis le pupitre.

Ni les régulateurs ni les organes de protection (relais, etc.) ne sont disposés dans ces panneaux. Les signaux d'alarme (indicateurs de danger et lampes d'appel) sont placés sur des panneaux séparés de même que les organes de surveillance et d'enregistrement des niveaux d'eau.

Ainsi les tableaux de groupes (fig. 8) ne comportent que 4 boutons-poussoirs pour la mise en marche en générateur ou en compensateur. Ces 4 boutons-poussoirs sont assortis de 6 éléments de signalisation annonçant:

- a) «Groupe prêt»
- b) «Marche en générateur»
- c) «Marche en compensateur»
- d) «Groupe tourne»
- e) «Groupe en parallèle sur le réseau»
- f) «Groupe en cours d'arrêt».

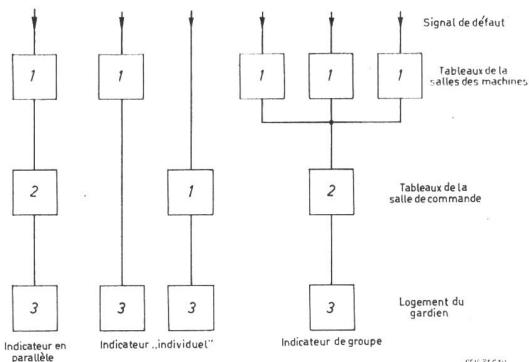


Fig. 9  
Schéma de principe des dispositifs de surveillance

Le premier signal «Groupe prêt» n'apparaît que si:

- a) Le niveau du bassin de compensation est suffisant;
- b) La vanne de tête de la conduite forcée est ouverte;
- c) Le niveau du réservoir d'eau de réfrigération est suffisant;
- d) Les tensions auxiliaires (continu et alternatif) sont en ordre;
- e) Le dispositif de réglage de la tension est enclenché sur commande automatique;
- f) Le régulateur de tension est en position initiale;
- g) La vanne principale du groupe est fermée.

Lorsque ces critères sont satisfait, l'ordre de mise en marche en générateur ou compensateur peut être exécuté.

Un ordre d'arrêt du groupe en commande automatique ramène les organes en position initiale, de manière à permettre un nouveau démarrage.

## 6. Dispositif de surveillance

Une exploitation semi-automatique requiert, en raison de l'absence de personnel, un dispositif de surveillance complet.

Il doit permettre d'alerter le personnel à domicile puis de le guider vers l'organe anormalement sollicité ou défectueux, dans le plus bref délai. A cet effet, il a été prévu des indicateurs de danger signalant localement l'organe en cause. Ces indicateurs de danger sont réunis par groupe pour permettre un affichage résumé à la salle de commande. A leur tour, les signaux de la salle de commande sont repris par famille sur 7 circuits seulement et transmis au domicile du gardien de piquet (fig. 9).

Adresse de l'auteur:  
J. Wahl, Petit-Lancy (GE).

621.356 : 621.319.4

*Die Erzeugung von Blindenergie durch Kondensatorbatterien wird immer häufiger angewandt. Zur Kupplung solcher Batterien an die Netze sind in neuester Zeit auch rückzündungsfreie Ölstrahlschalter entwickelt worden. Bei dieser Entwicklungsarbeit war es wichtig, die Bedingungen herzuleiten, unter denen einphasige Prüfungen gültig sind. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden mitgeteilt und durch dreiphasige Ausschaltversuche in Netzen erhärtet.*

## 1. Einleitung

Zur Deckung des jährlich steigenden Bedarfes an elektrischer Energie werden in rascher Folge neue Kraftwerke erstellt, welche durch Hoch- und Höchstspannungsleitungen mit den Verbraucherbereichen ver-

*On utilise de plus en plus souvent des batteries de condenseurs pour la production d'énergie réactive. Depuis quelque temps, des disjoncteurs à jet d'huile exempts de réamorçages ont également été prévus pour le couplage de ces batteries à des réseaux. Pour leur mise au point, il importait de fixer les conditions dans lesquelles les essais en monophasé sont valables. L'auteur indique les connaissances acquises à ce sujet et confirmées par des essais de déclenchement en triphasé dans des réseaux.*

bunden werden. Dort stellt sich oft das Problem, diese Energie über das bereits bestehende 50- oder 20-kV-Netz an die Verbraucher weiterzuleiten.

Vielerorts konnten bis heute relativ grosse Übertragungsanteile von Blindenergie in Kauf genommen