LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France .. 30 francs } Le Numéro : 5 francs
 { Étranger . 40 francs }

SOMMAIRE

MONOGRAPHIE D'USINE. — Le Poste extérieur à 135.000 volts de Gœsgen, par H. DE WATTEVILLE, Ingénieur E. P. Z.

TRANSPORT ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE. — Abaques et méthode de calcul des Pylônes métalliques basés sur les prescriptions officielles italiennes, par R. VALENSI, Ingénieur E. S. E.

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Note sur l'utilisation des Marées, par G. BOISNIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

ÉLECTRICITÉ. — Des diverses applications du régulateur automatique à action rapide Brown-Boveri et des méthodes de branchement correspondantes, par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

LÉGISLATION. — Principes spéciaux à la distribution d'Ener-

gie électrique, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

DOCUMENTATION. — Les Barrages à arches multiples en béton armé. Nouvelles théories et critères d'économie maximum dans les projets, par J. BOUDET, Ingénieur des A. et M. — Tarification de l'Energie électrique, par E. BÉRARD, Ingénieur I. E. G., Licenciées-Sciences Physiques. — Le Four électrique pour la fusion de la fonte. — Les Usines hydro-électriques de Pont-de-Buis. — La Houille bleue, par l'appareil Fusenot. — L'Utilisation des Marées par bassins conjugués. — L'Usine de la Basse-Isère à Beaumont-Monteux. — Le Diamètre le plus économique d'une conduite forcée.

BIBLIOGRAPHIE.

NOTICES INDUSTRIELLES.

MONOGRAPHIE D'USINE

Le Poste extérieur à 135.000 volts de Gœsgen.

Par H. DE WATTEVILLE, *Ingénieur E. P. Z.*

Par suite de la guerre, la production et la consommation de l'énergie électrique en Suisse a grandement augmenté ces dernières années. Mais alors que le maximum de la puissance dis-

Il semble donc nécessaire d'augmenter, d'une part la production hivernale par accumulation en été et, d'autre part, la consommation estivale. Il manque au moins 20 % de l'énergie nécessaire en hiver.

Malheureusement, il n'existe en Suisse que peu de Centrales capables d'accumuler des réserves hydrauliques pendant l'été. Les Centrales actuellement achevées ou en cours de construction produiront, d'ici 1928, environ 950 millions de KWH et exigeront pour la compensation de leur excédent d'énergie pendant l'été, 400 millions de KWH d'énergie accumulée. Des Centrales sont projetées pour fournir cette énergie, elles pourront produire 700 millions de KWH.

Il est donc nécessaire de prévoir un réseau à haute tension capable de réunir les principales Centrales et les grands centres de consommation d'énergie. Ce réseau constituera en quelque sorte un gigantesque système de barre omnibus, qui absorbera et répartira l'énergie disponible. Il aura aussi pour but d'augmenter la consommation des excédents d'énergie produits pendant les mois d'été, et en particulier à les exporter. C'est dans ce but qu'a été créée la Société Suisse pour le transport et la distribution de l'énergie. Ajoutons que cette société jouera le rôle de chef de distribution et de production de

l'énergie et qu'elle aura le droit de commander la mise en service ou l'arrêt des génératrices suivant les variations de la charge.

Fig. 1. — Schéma général du réseau haute tension.

possible se produit en été, le maximum de la consommation a lieu en hiver ; si bien que sur les 2.640 millions de KWH produits en 1919, 30 % l'ont été en hiver et 70 % en été.

Trois lignes principales sont projetées :

- 1° Une ligne suivant le versant nord des Alpes ;
- 2° Une ligne moyenne partant de Kallnach près de Berne et passant par Olten et allant sur Zurich ;
- 3° Une ligne à la frontière septentrionale Delle, Bâle, Schaffhouse.

Des lignes transversales réuniront les Centrales de :

Oberhasli-Kallnach-Delle ;
 Gotthard-Rathausen-Gösgen-Bâle ;
 Uznach-Töss-Schaffhouse
 Sargans-Alstätt.

Fig. 2. — Vue générale du poste de transformation de Gösgen.

Les tracés de ces lignes peuvent être modifiés mais les principaux points de croisement sont dès à présent fixés. Actuellement les lignes sont à 50.000 volts mais la tension sera ultérieurement portée à 120 ou 150.000 volts pour les lignes principales, les lignes de distribution restant à 45.000 volts ou à 70.000 volts.

La première partie de ces installations a été exécutée. Les points de croisement des lignes se trouvent au voisinage d'une Centrale ou d'un point important de distribution et ils constituent les points naturels de raccordement entre le réseau de la Société et ceux des diverses Compagnies de distribution.

Ces points ont été constitués par des stations de couplage comme l'indique la figure 1. Ceci permet, à volonté, de grouper ou séparer les diverses lignes. Comme les tensions des divers systèmes de distribution ne sont pas identiques et comme la Société, en vue de l'exportation de l'énergie électrique a dû adopter une tension élevée, il a fallu transformer certaines de ces stations de couplage en postes de transformation.

La Société, après une étude approfondie, a adopté un type de station de couplage qui a été exécuté à Gösgen pour la première fois.

Les règles générales qui ont présidé à ce choix sont les suivantes :

1° Il doit être possible, au moyen d'un double jeu de barres, de relier ou de séparer les diverses lignes ;

2° La connection avec la Centrale voisine doit pouvoir se faire sur l'un ou l'autre jeu de barres. En général, comme les tensions diffèrent, cette connection a lieu au moyen d'un transformateur ;

3° Les lignes de distribution sont commandées par des interrupteurs automatiques dimensionnés pour la puissance maxima de court-circuit de toutes les Centrales débitant sur le réseau. Les interrupteurs de la Centrale voisine sont, quand cela est possible, placés dans cette dernière ;

Fig. 3. — Coupe de la station de transformation de Gösgen.

4° En général, la mise en parallèle d'une Centrale avec le réseau, doit avoir lieu dans celle-là, le réseau étant considéré comme étant uniquement une barre omnibus ;

5° Le comptage, quand cela est possible, a toujours lieu dans la Centrale voisine sur le côté basse tension ;

6° Les appareils de protection, avec la très haute tension envisagée, seront réduits au minimum. Les postes ne sont donc protégés que par des bobines de self de haute inductance placées sur les arrivées des lignes. Naturellement les Centrales qui alimentent le réseau et les consommateurs d'énergie possèdent leurs propres systèmes de protection.

On étudie encore la question de l'emploi de bobines de self reliées à la terre pour la compensation du courant de charge des lignes en cas de mise à la terre.

Deux solutions ont été envisagées pour la construction des postes : le poste intérieur comme d'ordinaire, ou le poste extérieur comme ceux qui depuis peu ont été construits en Amérique, en Espagne et dans le sud de la France. Les conditions de simplicité du poste et de surveillance facile, ainsi que des raisons d'économie, ont fait adopter le poste extérieur.

Dans le cas présent, on a soigneusement pesé la sécurité de fonctionnement que l'on pouvait obtenir dans l'un ou l'autre

cas, et les raisons suivantes ont dicté le choix. D'abord, par suite de la réduction au minimum de l'appareillage haute tension ; si l'on choisit convenablement les parties isolantes, la sécurité de fonctionnement qu'offre le poste n'est pas inférieure à celle des lignes. Il est vrai que les possibilités de perturbation dans les lignes auxiliaires et les dispositifs mécaniques sont plus gran-

Ce poste est au voisinage de la Centrale d'Oltén Gösengen précédemment décrite (1), la construction du poste est représentée par les figures 2 à 5.

La charpente métallique est constituée par trois travées dont celle centrale a 10 mètres de largeur et les deux extérieures ont 5 mètres (fig. 3 et 4). Son grand axe est perpendiculaire aux

Fig. 4. — Profil et plan de la station de transformation type extérieur de Gösengen.

des dans le poste extérieur que dans celui intérieur, mais par des dispositions judicieuses des appareils, il est facile d'avoir une sécurité suffisante. L'expérience montrera si les prévisions se réaliseront.

La ligne de Gösengen-Luterbach qui vient d'être mise en service est le premier chaînon du programme. Elle sert à relier les Centrales du nord-ouest de la Suisse avec le réseau des Forces motrices Bernoises. En prévision de l'extension des lignes, le poste de Luterbach a été construit de façon provisoire avec les poteaux en bois pour une tension de 50.000 volts. A Gösengen on construit également un poste provisoire qui vient d'être remplacé par une installation définitive prévue pour 135.000 volts.

lignes. La connection avec l'usine de Gösengen se fait à une extrémité du grand axe.

Dans le sens de la longueur, la charpente est divisée en portées de 10 mètres affectées chacune à une ligne ou à un transformateur. Les lignes sont ancrées sur les travées latérales moins élevées que celle centrale. Cette dernière a à supporter les deux jeux de barres omnibus superposés. A mi-hauteur du centre, il y a des passerelles longitudinales et transversales pour le service des sectionneurs. Ces passerelles sont en métal déployé en sorte qu'en cas de chute de neige, le service puisse se faire sans in-

(1) Voir *Houille Blanche* Nos 51-62, janvier-février 1922.

terruption. Cette construction permet de réduire au minimum le poids de la charpente. La figure 5 représente le schéma actuel du poste ; l'extension ultérieure de celui-ci aura lieu suivant le grand axe, elle pourra avoir lieu sans interruption de service.

Un jeu de rails permet de remplacer chaque interrupteur dans huile par un appareil placé sur une voie centrale. Ces voies sont montées sur des dalles en béton de 60 centimètres de hauteur. Le soubassement des interrupteurs et leurs organes de commande sont amovibles et peuvent être employés pour tous les types à interrupteurs. La disposition adoptée est telle que, même en cas de chute de neige, les organes de commande restent accessibles. Pour deux interrupteurs voisins, il a été prévu une cabine contenant les relais lumineux ; interrupteurs de com-

Fig. 5. — Schéma de la station de Gösigen.

mande à distance et pour le chauffage des interrupteurs, et les lignes de comptage.

Les interrupteurs peuvent être commandés à main ou à distance. Sur la phase centrale de chaque interrupteur multipolaire, est monté un ampèremètre à lecture diverse. Les transformateurs de mesure, qui peuvent être mis en place pour essai, constituent un groupe placé dans une seule cuve à huile, mobile ; ils peuvent être disposés immédiatement sur le pôle du milieu, on peut les déconnecter de tous les côtés.

Tout le poste est entouré avec un grillage de 2 mètres de hauteur et possède un embranchement particulier avec le chemin de fer.

On a construit un bâtiment pour la surveillance du poste et l'entretien des appareils, le tableau de commande, la batterie d'accumulateurs, le téléphone et le magasin. La salle de montage comporte un dispositif particulier pour l'inspection des interrupteurs à huile qui ne possèdent pas de robinet de vidange.

Le poste a été prévu pour 135.000 volts. Contre les effluves les conducteurs sont constitués par du cuivre recouvert de tubes de verre. Tous les sectionneurs sont suspendus à des chaînes à isolateurs à 8 chaînons. Il a été prévu pourtant des dispositifs de dilatation qui servent de liaison entre les diverses sections le tubes

Les autres isolateurs sont aussi constitués par 8 chaînons. On a toujours prévu un déplacement horizontal ou vertical pour faciliter ce montage.

En ce qui concerne le point principal du poste, c'est-à-dire les interrupteurs à huile, on fait actuellement un fonctionnement d'essai sur des appareils de différentes constructions. Il y a deux groupes de 50.000 volts avec relais à haute tension de la firme Sprecher et Schuh d'Aarau et un groupe de 115.000 volts de la General Electric Company avec transformateurs d'intensité placés sur les bornes pour relai de commande à basse tension.

Les deux types sont à commande électrique à distance.

La Firme Brown-Boveri et Cie, de Baden, va livrer un autre groupe. Les sectionneurs actuellement à 50.000 volts sont momentanément commandés à la perche, mais on a prévu une commande mécanique.

Différents chariots dont l'un avec plaque tournante et un autre avec une balance servent au transport des interrupteurs dans l'huile. Un pont roulant dessert toute la longueur de la charpente et permet le remplacement facile des isolateurs et des lignes. Le poste est éclairé par des lanternes avec réflecteurs spéciaux. La commande de l'éclairage est centralisée au tableau.

Fig. 6. — Résistance de protection.

Le poste a un volume de 7.900 mètres cubes et une superficie de 400 mètres carrés. Il comporte 29 tonnes de fer et 80 mètres cubes de béton de fondation et 120 mètres cubes de béton pour les voies de roulement. Il y a donc environ 3,70 kilos de ferraille par mètre cube. Aux prix pratiqués en Suisse au moment de la construction, le coût de celui-ci est revenu à environ 4 francs suisses le mètre cube (ferrailles avec tous les accessoires y compris le béton, maçonnerie, etc.) ; on compte que dans le cas d'un poste intérieur, il aurait fallu tabler sur 25 à 30 francs le mètre cube. Il ne faut pas oublier que l'espace nécessaire dans le poste intérieur est supérieur d'environ 20 % à celui du poste extérieur.

La construction dans le poste extérieur n'est revenue qu'à environ 25 % du coût total. L'excédent de prix pour les appareils du type extérieur est insignifiant, car actuellement on tend à construire les interrupteurs de façon identique pour l'extérieur et pour l'intérieur.

Si l'on compare ce poste à ceux américains, l'on remarque comme différence : la construction en deux étages. Cette disposition a évidemment le désavantage de compliquer la surveillance par suite de la passerelle de service, mais il faut tenir compte qu'en service il n'y a que peu de manœuvre des sectionneurs. Par contre cette disposition présente le grand avantage de permettre un schéma très clair des lignes et une construction statiquement plus favorable.