LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS B. ARTHAUD, Succ^r de J. REY, GRENOBLE

Abonnement pour une Année : France 40 francs } Le Numéro : 7 francs
 Étranger 50 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Aménagement de la chute de Liebvillers de la Société des Forces motrices, Forges et Visseries de Saint-Hippolyte (*fin*), par M. R. COLLE, directeur de la Société des F. M., F. et V. de Saint-Hippolyte.

ÉLECTRICITÉ. — Les machines électriques à vitesse variable. — Note sur l'alimentation rationnelle de l'éclairage électrique, par Paul BASIAUX.

LEGISLATION. — L'électrification des chemins de fer : la ligne de jonction de l'usine électrogène à la voie ferrée. — Servitudes, par Paul BOUGAULT, avocat à la cour d'appel de Lyon.

DOCUMENTATION.**INFORMATIONS.****BIBLIOGRAPHIE.**

LES FORCES HYDRAULIQUES

Aménagement de la chute de Liebvillers de la Société des Forces motrices, Forges et Visseries de Saint-Hippolyte

par M. R. COLLE, Ingénieur-Directeur de la Société des Forces motrices, Forges et Visseries de Saint-Hippolyte.

(SUITE ET FIN)

L'étude ci-dessous est consacrée aux installations électriques de la station centrale de Liebvillers : turbines, alternateurs, transformateurs, à la ligne de transport à haute tension et au poste de transformation et de couplage de Bourogne.

II. — STATION CENTRALE DE LIEBVILLERS.

L'usine proprement dite se compose d'un grand hall vitré à larges baies. Ses fondations sont constituées par les aspirateurs des turbines. Au sous-sol se trouvent les turbines avec leurs robinets-vannes, les commandes électriques de ceux-ci, ainsi que les pompes à huile de la partie hydraulique.

Dans un local spécial est installée la batterie d'accumulateurs destinée à faire face aux premières manœuvres, en supposant l'usine entièrement arrêtée.

Sur un plancher extrêmement robuste en béton armé, reposent les alternateurs et les pivoteries.

Le long des murs est accroché un chemin de roulement sur lequel voyage un pont de 30 t., largement suffisant pour faire face à toutes les manœuvres de la station.

Tout l'équipement électrique et mécanique de cette station a été exécuté par les usines de Mulhouse et de Belfort de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Turbines. — Comme nous l'avons dit, cette centrale comprend quatre turbines centripètes à réaction, type Francis, à axe vertical et capote spiraloïdale. Dans la salle des machines on ne voit que les régulateurs porteurs de vitesse et les petits tableaux muraux portant les appareils de contrôle.

Les turbines sont calculées chacune pour une puissance de 3.800 ch., sous la chute moyenne nette de 34.300 m. avec un débit de 10.000 l. à la seconde à une vitesse de 428 t. mn. La vitesse d'emballement est de 865 t. mn.

La capote spiraloïdale, en fonte, a un diamètre d'entrée de 1.500 m. Elle est en deux parties et repose sur cinq socles en fonte qui sont scellés dans la maçonnerie. La roue mobile en fonte, à 11 aubes en tôle d'acier embouti, venue de fonderie, porte des frettes en acier sur la couronne inférieure. Elle est fixée par des goujons au plateau d'accouplement de l'arbre moteur et l'effort est transmis par une clavette diamétrale.

Le moyeu est percé par plusieurs canaux de décharge d'eau, afin de réduire la poussée axiale sur la roue mobile. En outre, la chambre entre la roue mobile et le couvercle presse-étoupe est reliée à l'aspirateur par un tuyau de décharge. L'eau sortant de la roue mobile est amenée au bief aval par un aspirateur courbé en béton d'une longueur développée de 8.900 m. Il commence par une section circulaire de 1.650 mm. de diamètre, pour se terminer par une section ovale, dont le grand axe mesure 5.000 mm. et le petit 2.200 mm.

L'arbre moteur est guidé dans un boîtier garni d'antifriction ; le boîtier est logé dans une braguette circulaire, fixée sur le couvercle du distributeur. Le distributeur comprend 16 direc-

trices en acier moulé, dont les axes traversent par des presse-étoupes le couvercle du distributeur. Ils portent en bout les leviers d'attaque reliés par des bielles à l'anneau de réglage.

FIG. 1. — Vue d'une des quatre turbines de la station centrale de Liebvillers.

Le mouvement du régulateur de vitesse est transmis à l'anneau de réglage par une timonerie simple et robuste.

Le régulateur, avec dispositif isodrom et soupape de distribution à relais, assure le réglage de la turbine. Le PD^2 de 50.000 kgm^2 est logé dans le rotor de l'alternateur. La durée de fermeture est d'environ 7 s. Le régulateur est également pourvu d'un dispositif permettant la mise en parallèle soit électriquement depuis le tableau, soit à la main. Il permet encore de charger ou de décharger à volonté le groupe correspondant.

La commande du régulateur se fait par courroies depuis un renvoi horizontal fixé contre la voûte du plancher de la salle des machines. Il tourne à la même vitesse que la turbine. Ce renvoi commande également la pompe qui assure le graissage du boîtier guide par circulation d'huile contrôlable depuis la salle des machines.

Entre la conduite d'amenée et la turbine se trouve un robinet-vanne avec by-pass; ce robinet peut être commandé électriquement ou à la main. Le renvoi de commande est disposé dans le sous-sol et la commande du robinet se fait par un arbre incliné. Le temps nécessaire pour passer de pleine ouverture à pleine fermeture du robinet est de 14 minutes environ.

La charge, provenant de la poussée hydraulique ainsi que du poids de la partie tournante de la turbine et de l'alternateur, est de 50 t. environ. Elle est supportée par une pivoterie qui s'appuie sur le croisillon supérieur de l'alternateur et supporte elle-même l'excitatrice. La pivoterie comprend 9 segments en bronze spécial, reposant sur une double rangée de billes, ce qui permet une répartition uniforme de la charge sur tous les segments. L'anneau de glissement est en acier dur. Il est fixé au porte-pivot en fonte, qui est rendu solidaire de l'arbre moteur par une clavette et une bague d'appui en deux parties, noyée dans le porte-pivot.

Alternateurs.— Accouplés rigidement avec les turbines et constituant la seule partie des groupes électrogènes qui soit visible dans la salle des machines, sont les quatre alternateurs à axe vertical, surmontés de la pivoterie déjà décrite et de leur excitatrice.

Ces alternateurs sont susceptibles de fournir, d'une manière continue, une charge de 3.000 kVA, sur des circuits inductifs correspondant à un facteur de puissance de 0,8; leur tension normale est de 5.350 V.; la fig. 7 donne une vue d'ensemble, avec demi-coupe axiale, d'une de ces machines.

Construction du stator.— La carcasse, en fonte, est en une seule pièce. Les tôles du stator, tôles

FIG. 2. — Coupe transversale d'ensemble de la station centrale de Liebvillers.

magnétiques de qualité supérieure soigneusement ébavurées après découpage, sont empilées sur de fortes clavettes et sont divisées en sept paquets, par six événements qui amènent l'air frais soufflé par le rotor tout le long de la machine. Sur la périphérie de la carcasse, des orifices peuvent permettre d'évacuer directement dans la salle l'air chaud qui a refroidi la machine. Ces orifices sont normalement obturés par des tôles, te l'air chaud passe alors dans des caniveaux qui le conduisent soit en dehors de la salle des machines, soit à des bouches de chaleur permettant de réchauffer la salle en hiver. Cette répartition d'air chaud se fait au moyen d'une vanne papillon réglable de la salle des machines.

L'enroulement du stator est réparti dans 168 cannelures, 4 par pôle et phase. Les bobines faites sur gabarit sont toutes identiques; les encoches sont ouvertes, ce qui permet éventuellement le remplacement facile d'une bobine avariée. Dans chaque encoche sont logés quatre conducteurs. La composition de ces conducteurs unitaires, en fils élémentaires isolés les uns des autres et de dimensions convenablement choisies, évite la production de courants de Foucault. Chaque conducteur est entouré de ruban mica qui l'isole des conducteurs voisins, et l'ensemble des quatre conducteurs d'une encoche a été enveloppé, après compoundage, dans une gaine formée à chaud sur les conducteurs et constituée de plusieurs couches de micafolium. Le calage des diverses bobines entre elles et celui de l'ensemble des bobines, par rapport au corps du stator, sont assurés au moyen de cales isolantes, de brides métalliques et d'un

rateau isolant disposé à la sortie du fer et qui empêche toute cassure de la capote. L'enroulement et son calage constituent un ensemble extrêmement robuste, capable de résister aux efforts qui se produisent en cas de court-circuits brusques.

Construction du rotor. — Le rotor, à pôles saillants, est prévu

FIG. 3. — Coupe axiale d'une turbine.

pour supporter une vitesse d'emballement de deux fois la vitesse normale. Les pôles sont constitués par des tôles magnétiques assemblées sur une forte clavette et maintenues aux extrémités par les plaques en acier forgé. Ils sont fixés à queue d'aronde sur des disques en acier forgé, eux-mêmes montés à chaud sur un croisillon en acier coulé claveté sur l'arbre. L'enroulement du rotor est constitué par un certain nombre de spires en cuivre méplat isolées et pliées sur champ.

La forme donnée à l'épanouissement de la pièce polaire a été déterminée pour réaliser une bonne courbe d'intensité du champ inducteur. Dans ces conditions, la forme de l'onde de tension se rapproche beaucoup de la sinusoïde. Les pièces polaires sont munies d'un enroulement amortisseur puissant, permettant la marche sur phases déséquilibrées. De larges ventilateurs aspirent l'air dans un caniveau situé sous la machine, le ventilateur inférieur directement, le ventilateur supérieur au travers du croisillon; une partie de cet air refroidit les parties frontales de l'enroulement et les extrémités de la machine, l'autre, soumise à l'effet de ventilation des pôles, alimente les événements de circulation du stator. Le PD^2 nécessaire pour la régulation de la turbine étant de 50.000 kgm^2 , on a dû, pour le réaliser, renforcer les anneaux des ventilateurs.

L'arbre, à plateau en acier forgé, est creux pour permettre la connexion, à l'enroulement inducteur, des bagues d'excitation de l'alternateur, qui sont situées à l'extrémité supérieure de l'arbre. L'excitatrice, d'une puissance de 36 kW sous 110 V ., est montée en bout d'arbre.

Carcasse et paliers. — La carcasse repose sur un socle en fonte scellé dans la maçonnerie. Ce socle supporte un croisillon inférieur, également en fonte, auquel est fixé un palier-guide. Le croisillon supérieur, à six bras, en fonte, repose sur la carcasse avec encastrement; ce croisillon, qui possède également un palier-guide, supporte la pivoterie

FIG. 4. — Coupe transversale d'une turbine.

et le palier de butée. Le graissage des paliers-guides est assuré par une circulation d'huile avec pompe à engrenages. Différents robinets et des regards permettent le réglage et le contrôle du graissage.

Caractéristiques de fonctionnement. — La fig. 8 donne les caractéristiques à vide et en court-circuit des alternateurs. On voit

FIG. 5. — Coupe d'ensemble et vue partielle du régulateur d'une turbine.

que le courant d'excitation qui donne la tension normale à circuit ouvert est notablement supérieur au courant d'excitation qui donne le courant normal en court-circuit. Une telle machine est particulièrement réfractaire aux phénomènes d'auto-excitation sur charges capacitives (longues lignes de transport de force) et aux phénomènes d'instabilité quand la puissance est produite sous un facteur de puissance voisin de l'unité ou même en avant (fonctionnement sur charge capacitive). En même temps, ces alternateurs ont une faible variation de tension, environ 25 %, entre la marche en charge et la marche à vide; une telle condition a été obtenue sans difficulté dans ces génératrices, où la réalisation du moment d'inertie imposé a eu une influence prépondérante dans le choix des dimensions de la machine.

Transformateurs et appareillage. — La fig. 10 donne le schéma général des connexions de la station centrale de Liebvillers. Comme l'indique ce schéma, les quatre alternateurs sont connectés à des rails en boucle, sous 5.000 V.

Le circuit d'excitation de chaque alternateur est alimenté soit par l'excitatrice se trouvant en bout de chaque groupe, soit par la génératrice continue d'un convertisseur d'excitation dont il sera parlé plus loin.

Un commutateur permet de passer, à vide, de l'une à l'autre marche. Un interrupteur bipolaire rhéostatique, déclenchant simultanément avec le disjoncteur principal de l'alternateur, coupe l'excitation en cas de mise hors circuit de celui-ci.

Le disjoncteur réunissant chacun des alternateurs aux rails, fonctionne à maximum différé et à retour de courant, au moyen de deux relais à maximum à action sélective et de deux relais wattmétriques monophasés de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

Le réglage de l'excitation se fait dans le circuit des inducteurs

de l'excitatrice, par un rhéostat de champ à commande à main doublé d'un régulateur de tension.

Les alternateurs sont en outre protégés contre les surintensités, au moyen de limiteurs d'intensité.

Les rails alimentent :

1° *Un départ de service auxiliaire de 200 kVA.* — Ce départ va, par l'intermédiaire d'un disjoncteur tripolaire à maximum à coupure dans l'huile et de sectionneurs, à un transformateur 5.000/220-125 V. De la base tension du transformateur partent divers départs de services auxiliaires et en particulier celui qui alimente le convertisseur triphasé-continu pouvant servir soit d'excitatrice de secours, soit de convertisseur de charge de la batterie alimentant les commandes à distance et le pont roulant.

2° *Un départ 1.000 kVA, 5.000 V.* —

Il alimente l'usine métallurgique toute proche de la Société des Forces Motrices, Forges et Visseries de St-Hippolyte. Ce départ est couvert par un jeu de sectionneurs et un disjoncteur automatique à maximum à coupure dans l'huile.

La protection contre les surtensions est assurée par des bobines de self-induction et des limiteurs d'oscillations.

3° *Un départ de 1.500 kVA.* — Par l'intermédiaire d'un transformateur de 15.000/5.000 V., ce départ réunit la station de Liebvillers d'une part à la station

FIG. 6. — Robinet-vanne d'alimentation d'une turbine.

de hautes-eaux de Grosbois et d'autre part au réseau de distribution de la Société Electrique de Montjoie.

Ce réseau est celui qui était alimenté par l'usine génératrice de Montjoie, usine qui a été noyée par l'installation actuelle.

Ce départ comporte un jeu de sectionneurs et un disjoncteur à maximum sur le côté 5.000 V., un disjoncteur à maximum et des sectionneurs sur le côté 15.000 V.

La protection contre les surtensions est assurée par des bobines de self-induction et des limiteurs d'oscillations.

TRANSFORMATEURS DE 1.500 kVA.— Les transformateurs de 15.000/5.000 V. de la centrale de Liebvillers et de l'usine de hautes-eaux, d'une puissance de 1.500 kVA, à 50 p. s. sont du type à bain d'huile et refroidissement naturel pour montage à l'intérieur.

Ils sont prévus avec enroulements primaire et secondaire en étoile, pour fonctionner en élévateur ou en abaisseur aux rapports de transformation suivants, à pleine charge :

$$5.250 \pm 5 \text{ } \%/15.000 \text{ V.}, \text{ pour } \cos \varphi = 0,8$$
$$15.000 \pm 5,7 \text{ } \%/ 5.250 \text{ V.}, \text{ pour } \cos \varphi = 0,95$$

Pour le fonctionnement en élévateur, les prises utilisées sont faites sur la basse tension et reliées à des bornes triples sur le couvercle ; pour le fonctionnement en abaisseur, les prises $\pm 5,7 \text{ } \%$ sont faites sur la haute tension et reliées à un commutateur de prises, manœuvrable de l'extérieur, le transformateur étant hors circuit. La puissance de 1.500 kVA. est constante quelle que soit la prise utilisée.

Le circuit magnétique est du type à trois noyaux verticaux de section cruciforme ; les noyaux sont fortement serrés entre deux culasses par l'intermédiaire de brides et de boulons.

Les enroulements haute et basse tension, de forme circulaire

L'enroulement haute tension a ses bobines d'entrée à isolement renforcé.

La cuve est en tôle ondulée ; elle comporte un robinet de vidange, un niveau d'huile et des galets de roulement.

FIG. 7. — Vue d'ensemble, avec demi-coupe axiale, d'un des alternateurs.

Les bornes et le commutateur sont placés sur un support spécial, afin que l'on puisse retirer le couvercle de la cuve sans toucher aux bornes.

4° Quatre départs de 4.000 kVA. — Ceux-ci se rendent chacun à un transformateur 5.000/60.000 V.

TRANSFORMATEURS DE 4.000 kVA. — Les quatre transformateurs de 4.000 kVA., 50 p. s. sont du type à bain d'huile et circulation d'eau, pour montage à l'intérieur. Ils sont prévus avec enroulements primaire et secondaire en étoile pour fonctionner en élévateurs au rapport de transformation suivant, à pleine charge et $\cos \varphi = 1$:

$$5.000 \pm 5 \text{ } \%/60.000 \text{ V.}$$

Les prises $\pm 5 \text{ } \%$ sont faites sur l'enroulement basse tension et sont reliées à des bornes sur le couvercle.

La puissance de 4.000 kVA. s'entend pour la totalité des spires, soit pour 5.250 V. ; pour les autres prises, la puissance est proportionnelle à la tension.

Le circuit magnétique est du type à trois noyaux verticaux, de section cruciforme, dans lesquels sont aménagés des canaux de circulation d'huile perpendiculaires au plan des tôles et permettant le refroidissement du fer ; les noyaux sont fortement

FIG. 8. — Caractéristiques à vide et en court-circuit, des alternateurs.

sont concentriques et sont séparés, entre eux et du noyau, par de larges espaces d'huile et par des cylindres en papier baké-

serrés entre deux culasses par l'intermédiaire de brides et de boulons.

Les enroulements haute et basse tension, de forme circulaire, sont concentriques; ils sont séparés, entre eux et du noyau, par de larges espaces d'huile ainsi que par des cylindres en papier bakéité.

Les enroulements sont munis d'un dispositif de serrage rigide, au moyen de couronnes et de tiges en acier, pour parer aux efforts mécaniques résultant des court-circuits et pour permettre un démontage facile de l'appareil.

L'enroulement haute tension a ses bobines d'entrées à isolement graduellement renforcé; d'autre part, la première et la dernière spires de chaque colonne sont reliées à un anneau métallique ouvert, destiné à améliorer la répartition du champ électrique aux extrémités du bobinage et à diminuer les tensions transitoires entre spires d'entrée provenant d'ondes à front raide.

La cuve est en tôle lisse, renforcée par des montants verticaux

volts, aux deux extrémités duquel se trouvent les départs aériens reliant la station de Liebvillers au poste de transformation de Bourogne.

DISJONCTEURS A 60.000 V. — Les disjoncteurs à 60.000 V. des transformateurs, ainsi que ceux des deux départs, sont tous du même type; ils sont constitués chacun par trois interrupteurs unipolaires, type intérieur, et par une boîte de manœuvre à commande électrique avec dispositif de réenclenchement empêché. Les disjoncteurs des transformateurs sont seuls munis de résistances de choc montées à l'intérieur des cuves.

Chaque pôle est logé dans une cuve très résistante, de forme oblongue. Elle est indéformable et capable de résister aux plus hautes pressions qui peuvent se produire en cas de court-circuit. Chaque cuve comporte un niveau d'huile, un robinet de vidange et un bouchon de remplissage muni d'une bride de raccord. En outre, chaque cuve est montée sur un chariot à galets, qui permet de l'enlever facilement pour la visite et le remplacement d'un

FIG. 9. — Vue générale de la salle des machines.

en fers profilés; elle porte un robinet et deux vannes, l'une à la partie inférieure et l'autre à la partie supérieure, pour permettre d'effectuer le filtrage de l'huile en marche et un bac conservateur d'huile avec niveau d'huile et soupape d'échappement.

D'autre part, la cuve est munie d'un dispositif de sûreté à membrane de rupture, assurant la protection de la cuve contre les déformations en cas de surpression brusque de l'huile à la suite d'un arc.

La cuve est munie de galets permettant le déplacement du transformateur sur rails dans le sens transversal.

La réfrigération est assurée par un serpentin à ailettes, de 38 m. de longueur développée, fixé au couvercle et formant huit spires disposées à la partie supérieure de la cuve, dans les couches d'huile les plus chaudes.

Ces transformateurs sont protégés du côté 5.000 V. par un jeu de sectionneurs et des disjoncteurs à maximum différés, commandés par relais à action sélective; du côté 60.000 V., ils sont protégés par des disjoncteurs fonctionnant à retour de courant et commandés par des relais wattmétriques monophasés.

Les quatre transformateurs alimentent un jeu de rails à 60.000

pôle; des pattes de fixation permettent l'immobilisation de chaque pôle sur son massif, à son emplacement exact.

Le mécanisme est spécialement étudié pour laisser entièrement libre l'intérieur de la cuve; on réalise ainsi le maximum de distance entre pièces sous tension et la masse pour un encombrement et, par suite, un volume d'huile aussi petit que possible.

Les contacts principaux sont constitués de façon à ne pas apporter de retard à la mise en vitesse de l'équipage mobile au moment du déclenchement et les pare-étincelles sont prévus à longue course, de manière à réduire la durée de la rupture de l'arc. Les contacts sont du type à pression et à coin.

Les pare-étincelles sont au nombre de deux par contact, du type à piston à longue course et shuntés par des cordons souples facilement accessibles.

Les bornes, du type à huile, sont en porcelaine.

L'isolement diélectrique est renforcé par un tube épais de papier bakéité, enroulé sur le conducteur de traversée; chaque borne est munie d'un petit cabochon en verre, scellé dans la porcelaine, qui permet de se rendre compte immédiatement si le niveau de l'huile atteint la hauteur voulue.

Les trois pôles d'un même disjoncteur ont leurs arbres reliés par manivelle et tringlages; l'enclenchement se fait au moyen d'une borne de manœuvre actionnée soit à distance, au moyen d'un électro-aimant à courant continu, soit sur place, à main, à l'aide d'un levier spécial. La borne contient en outre le dispositif de réenclenchement empêché et la bobine de déclenchement. Un voyant à commande mécanique indique si l'appareil est ouvert ou fermé.

Les caractéristiques principales de ces disjoncteurs sont les suivantes :

Tension de service	60.000 V.
Tension d'essais.....	160.000 V.
Contacts normaux pour.....	350 A.
Intensité maximum de court-circuit.....	2.000 A.

d'oscillations, sont tous du type extérieur et disposés, ainsi que leurs sectionneurs fusibles ou à résistance, sur le portique de départ installé sur la terrasse.

Les bobines d'écoulement de charges statiques portent chacune un circuit secondaire, relié à un voltmètre au tableau. Cela permet en permanence de se rendre compte de l'état d'isolement de la ligne par rapport à la terre.

III. — LIGNE DE TRANSPORT A HAUTE TENSION ET POSTE DE TRANSFORMATION ET DE COUPLAGE DE BOURGNE.

Ligne de transport à haute tension. — Etablie pour la tension de 60.000 V., cette ligne est constituée par 2×3 conducteurs de 27 mm² de section, en câble de cuivre. Elle est supportée par des pylônes métalliques et équipée avec des isolateurs rigides

FIG. 10. — Station centrale de Liebvillers de la Société anonyme des Forces motrices, Forges et Visseries de Saint-Hippolyte. Schéma général des connexions.

Volume d'huile (par pôle).....	570 l.
Nombre de rupteurs par pôle	2
Course de l'équipage mobile.....	40 cm.
Hauteur d'huile au-dessus du point de rupture ..	58 cm.

Tout cet appareillage est du type intérieur, logé dans un bâtiment en béton armé, supporté par les avant-becs guidant la sortie de l'eau vers la rivière.

Le bâtiment est surmonté d'une terrasse qui supporte le portique des départs et les appareils de protection contre les surtensions.

Ces appareils : bobines de self-inductions shuntées, bobines d'écoulement de charges statiques, condensateurs et limiteurs

du type 70.000 V.; aux changements de pente un peu accentués, les isolateurs rigides sont remplacés par des isolateurs à cuaine.

La ligne côtoie les villages de Chamesol, Villars-les-Blamont, Abbévillers, Croix, Saint-Dizier, Grandvillers et Morvillers.

Un fil de terre est tendu sur tout le parcours, réunissant tous les sommets des pylônes; il est constitué par un câble d'acier galvanisé, de 30 mm² de section.

Poste de transformation et de couplage de Bourgne. — À l'extrémité de la ligne Liebvillers Bourgne, se trouve un poste de couplage et de transformation qui a été entièrement équipé par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

La partie 60.000 V. de ce poste est aérienne; elle se compose essentiellement :

1° De deux arrivées 60.000 V. de la station de Liebvillers;

FIG. 11. — Disjoncteurs à 60.000 V. de la station centrale de Liebvillers.

2° D'un départ 60.000 V. reliant la station au réseau de la Société des Houillères de Ronchamp, par l'artère Réchésy-Essert.

Ces départs et arrivées sont connectés à un jeu de rails en boucle, sectionné de manière à permettre toutes les combinaisons de marche possibles.

Ils sont protégés par des condensateurs et les rails sont connectés à des bobines d'écoulement.

Les deux arrivées de Liebvillers comportent :

- 1 sectionneur rotatif tripolaire de feeders,
- 1 jeu de bobines de self-induction shuntées,
- 1 disjoncteur automatique à maximum différé, à coupure double dans l'huile.
- 1 sectionneur tripolaire rotatif isolant du jeu de rails.

Le départ Ronchamp est équipé de la même façon, sauf en ce qui concerne le sectionneur du feeder remplacé par :

- 1 sectionneur tripolaire d'entrée de la ligne Réchésy-Essert,
- 1 sectionneur de sortie de la même ligne.

1 sectionneur permettant d'isoler le poste sans interrompre le courant sur cette ligne.

L'équipement haute tension de chacun des quatre transformateurs se compose de :

- 1 sectionneur tripolaire rotatif et un disjoncteur à maximum différé, à coupure double dans l'huile; ce disjoncteur est muni de résistance de choc.

A cette particularité près, les sept disjoncteurs haute tension du poste de Bourogne sont identiques. Ils correspondent au type extérieur du disjoncteur 70.000 V. construit par la Société Alsacienne. Leurs caractéristiques générales sont les mêmes que pour les appareils du type intérieur installés à la station centrale de Liebvillers, mais la cuve est de forme circulaire et par suite le volume d'huile est plus grand (750 l. par pôle).

Les bornes de traversée, du type à huile, sont en porcelaine à larges ombelles.

Transformateurs. — Les quatre transformateurs triphasés, de 2.500 kVA., 50 p. s., sont du type à bain d'huile et refroidissement par circulation d'eau, pour montage à l'extérieur.

Ils sont prévus, avec enroulements primaire et secondaire en étoile, pour fonctionner en élévateur ou en abaisseur aux rapports de transformation suivants, à pleine charge et $\cos \varphi = 1$:

$$\begin{array}{l} 10.000 \pm 5 \% \text{ / } 55.000 \text{ V} \\ \text{ou } 5.000 \\ 55.000 \text{ / } 10.000 \pm 5 \% \text{ V} \\ \text{ou } 5.000 \end{array}$$

Les prises $\pm 5 \%$ sont faites sur l'enroulement basse tension et sont reliées à des bornes sur le couvercle; le changement de

FIG. 12. — Vue d'ensemble du poste de transformation et de couplage de Bourogne.

couplage des enroulements basse tension pour 10.000 ou 5.000 V., est réalisé au moyen de prises supplémentaires en attente sous le couvercle.

La puissance de 2.500 kVA s'entend pour la totalité des spires, soit pour 10.500 V.; pour les autres tensions, la puissance

De la partie 10.000 V. de ce poste nous ne dirons rien de spécial.

Les quatre transformateurs sont reliés à l'appareillage, contenu dans un local spécial, au moyen de câbles armés.

Tout un système de signalisation : arrêt de l'eau de refroidisse-

• POSTE EXTÉRIEUR de BOUROGNE • Schéma Général •

FIG. 13.

varie avec la tension et en particulier pour 5.000 V. elle est de 2.400 kVA.

Les dispositions constructives de ces transformateurs sont analogues à celles des transformateurs de 4.000 kVA. de la station centrale de Liebvillers, mais les conservateurs d'huile sont munis d'un assécheur d'air.

ment des transformateurs, température exagérée de ceux-ci, ainsi que la transmission au pupitre des indications des transformateurs de mesure et des positions des disjoncteurs, se fait au moyen d'une série de câbles sous plomb logés dans des caniveaux aménagés à cet effet.

D'autres caniveaux sont empruntés par les canalisations d'eau

de réfrigération, ainsi que par les tuyaux d'alimentation et de vidange des différents appareils plein d'huile.

Un centrifugeage, aussi bien qu'un séchage sous vide de l'huile des appareils du poste extérieur peuvent se faire sans changer ces appareils de place.

Les départs aériens 10.000 V., allant aux différentes usines

et une batterie d'accumulateurs d'une centaine d'ampères-heures.

Telle est dans son ensemble la nouvelle installation de la Société des Forces Motrices, Forges et Visseries de Saint-Hippolyte.

FIG. 14. — Coupe transversale du poste extérieur de Bourogne.

alimentées, sont commandés par des disjoncteurs dans l'huile fonctionnant à maximum différé.

Ils sont protégés contre les surtensions par des bobines de self-induction et des limiteurs d'oscillations.

Enfin, le poste comporte, pour ses services auxiliaires, un transformateur 10.000/220 V. de 60 kVA., un petit convertisseur

Comme nous l'avons dit, la presque totalité du matériel employé à l'équipement de cette installation sort des Ateliers de Belfort, Graffenstaden et Mulhouse de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. Mis à l'épreuve depuis plus d'un an que la station fonctionne, ce matériel se comporte fort bien et a donné jusqu'à présent entière satisfaction.

Extrait de « Revue d'Electricité et de Mécanique », Novembre-Décembre 1928.

Station centrale de Liebvillers, sur le Doubs