LES POSTES A 120.000 VOLTS DE LA RÉGION PYRÉNÉENNE

Centrales d'Eget, de Loudenvielle et de Bordères

Grâce au Ministère de l'armement et à la Compagnie des chemins de fer du Midi, la région Pyrénéenne possède, à l'heure actuelle et possédera encore, l'an prochain, lorsque le nouveau programme en cours d'exécution sera réalisé, les lignes de transport d'énergie à courants triphasés à la tension la plus élevée de celles exploitées en France.

Sur le torrent de la Neste d'Aure (Hautes-Pyrénées) est située l'usine d'Eget de la Compagnie des chemins de fer du Midi. Cette usine, située à 1.016 mètres d'altitude, a une chute de 750 mètres et une puissance utilisable de 35.000 HP.

Une deuxième usine située à Saint-Lary (fig. 1) reçoit directement l'eau à sa sortie de l'usine d'Eget.

L'usine d'Eget a fait l'objet d'études fort intéressantes de la part de M. Eydoux, Professeur suppléant à l'Ecole des Ponts-et-Chaussées, à Paris et de M. Leboucher, Ingénieur en chef des Services techniques de la Compagnie des chemins de fer du Midi (voir *R. G. E.* des 10 et 31 juillet 1920), ainsi que de M. Barbillion, Directeur de l'Institut Electrotechnique de Grenoble (voir *Industrie Electrique* des 10 août et 25 septembre 1920). Nous n'avons rien à ajouter à ces études remarquables en tous points. Nous rappellerons seulement les caractéristiques des machines de cette usine.

L'usine génératrice d'Eget possède :

Sept alternateurs triphasés de la Général Electric C^o (Thomson Américaine) de 3.500 kw. chacun, 6.000 volts 500 tours commandés par des turbines Pelton construites par la Société Neyret Beylier, de Grenoble.

Deux Dynamos d'excitation : l'une de 175 kw., l'autre de 60 kw., tension, 125 vols.

Six Transformateurs-Élévateurs 6.000/120.000 volts avec primaire connecté en triangle et secondaire en étoile avec

Fig. 1. — Carte schématique des Usines d'Eget et de la vallée du Louron

Fig. 2. — Poste élévateur 6.000/120.000 volts, type « Outdoor » des Usines hydroélectriques de Loudenvielle et Bordères.

Fig. 3. — Vue d'ensemble de la centrale hydroélectrique de Bordères.
(En haut, on voit la conduite forcée ; en bas, au premier plan, le poste élévateur 120.000 volts en plein air).

point neutre à la terre. Ces transformateurs débitent sur deux lignes 120.000 volts pouvant être couplées à l'aide d'un interrupteur à huile.

Tout le matériel à 120.000 volts se trouve à l'intérieur du bâtiment (Indoor Equipment) monté suivant la méthode ordinaire (appareillage du type d'intérieur) ; seules, les dimensions de l'appareillage, des distances entre fils, fils et masse attirent l'attention.

Toutefois, la protection des lignes 120.000 volts par des parafoudres électrolytiques se trouve placée à l'extérieur du bâtiment. La liaison de l'usine d'Eget avec les usines de Loudenvielle et de Bordères a été prévue.

Usines du Louron ⁽¹⁾. — Comme nous venons de le voir, l'usine d'Eget possède un poste élévateur 6.000/120.000 volts du type d'intérieur. Il n'en est pas de même des usines de Loudenvielle et de Bordères, de la vallée du Louron. Ces deux usines destinées à alimenter les usines à carbure de Lannemezan ont été mises à exécution pendant la guerre par le Ministère de l'Armement, à une époque où il fallait faire extrêmement vite. Des différents projets remis à cette époque, le Ministère de l'armement retint celui de la Société Westinghouse qui proposait un type de centrale très simple suivant la conception de la Westinghouse Electrical Company de Pittsburg avec poste élévateur 120.000 volts du type en plein air (Outdoor Equipment) (fig. 2). C'est dans ces

(1) Voir R. G. E., 27/11/1920, Usines hydroélectriques du Louron (M. Warternaux).

Fig. 4. — Plan général des Usines de Loudenvielle et Bordères.

Usine de Bordères (fig. 3). — Cette usine est située en aval

Les deux alternateurs triphasés de 5.600 KVA, 6.000 volts, 50 périodes sont connectés sur un jeu de barres.

Un seul départ 6.000 volts va vers le poste éleveur 120.000 volts.

Deux départs secondaires à 6.000 volts sont prévus, l'un destiné à l'alimentation des services auxiliaires de la centrale comprenant un transformateur abaisseur de 100 kw. rapport 6000/220 volts, l'autre réservé à l'alimentation de villages de la vallée du Louron comprend un transformateur 6000/12000 volts de 300 KVA.

Alternateur (fig. 6). — Les caractéristiques des alternateurs sont les suivantes :

Puissance : 5.600 KVA.

Tension : 6.000 volts.

Vitesse : 500 tours.

Fréquence : 50 périodes.

Poids de la partie tournante : environ 19,5 tonnes.

Poids total : 46,5 tonnes environ.

Fig. 7. — Schéma général des connexions des centrales hydroélectriques de Loudenvielle et de Bordères (conception Westinghouse).

De plus, les deux centrales sont reliées par une ligne triphasée 12.000 volts spéciale de secours.

Quant à l'excitation des alternateurs, elle est prévue suivant la méthode couramment employée aujourd'hui dans les centrales modernes, par excitatrice directement montée en bout d'arbre de l'alternateur. En outre, un groupe moteur triphasé, génératrice courant continu de 50 kw. peut servir de secours d'excitation.

Chaque alternateur est accouplé directement à sa turbine par manchon rigide.

Les paliers sont à refroidissement par circulation d'eau.

Etant donné la difficulté de transporter des pièces lourdes par les chemins de montage conduisant aux usines, on a été obligé de prévoir le stator en deux pièces.

Les encoches du stator sont du type ouvertes. Il y en a cinq par pôle et par phase avec un bobinage à trois plans

Fig. 8. — Poste élévateur 6.000/120.000 volts, type d'extérieur « Outdoor » des Usines du Louron.

permettant un démontage facile et rapide de la machine sans toucher aux enroulements.

Le rotor est constitué par des plaques d'acier assemblées par des boulons. Les pôles feuilletés sont assemblés sur le tambour à l'aide de queues d'aronde maintenues par clavette

latérale. Ce dispositif résiste très bien aux grands efforts dus par les vitesses d'emballement de 1,8 fois la vitesse normale admise généralement dans les alternateurs commandés par turbine hydraulique.

Enfin, les pôles sont prévus avec circuits amortisseurs.

Appareillage coté 6.000 volts (voir schéma fig. 7).

Comme le montre le schéma général (fig. 7), l'appareillage 6.000 volts est extrêmement simple.

On a prévu un seul jeu de barres 6.000 volts. Sur chaque alternateur, un disjoncteur à huile à déclenchement à maxima d'intensité à action différée et à retour d'énergie par relais type Westinghouse, alimenté par les transformateurs d'intensité et de tension nécessaire. Un relais à surtension est prévu sur chaque alternateur ; son rôle est d'insérer automatiquement, lors d'une surtension de l'alternateur, une résistance supplémentaire dans le circuit d'excitation.

On remarque également (fig. 7) que chaque alternateur possède un contact à force centrifuge qui, dans le cas d'emballement de l'alternateur, agit sur le relais à surtension et tend à faire diminuer l'excitation. Sur les barres 6.000 volts est prévu un relais à maximum de tension à circuit double qui est influencé par la tension de départ général.

Chaque alternateur possède les appareils de mesure nécessaires au contrôle : ampèremètres, voltmètres, wattmètre indicateur.

Un wattmètre enregistreur, un compteur, trois ampèremètres et un phasemètre sont branchés sur les barres 6.000 volts.

Les appareils de mise en phase des alternateurs, sont montés sur bras mobiles et se composent d'un synchronoscope, d'un fréquence-mètre à lames vibrantes, d'un voltmètre et de lampes.

Enfin, les alternateurs ont un régulateur automatique de tension du système Olmsted. Comme on le voit facilement sur le schéma de la figure 7, ce régulateur agit sur l'excita-

Fig. 9. — Transformateur monophasé dans l'huile, type Westinghouse d'extérieur 4.000 KVA., 6.000/70.000 volts, 50 périodes

tion des excitatrices par l'intermédiaire d'une résistance fixe qui est mise en circuit ou hors circuit par le régulateur (principe du tout ou rien).

Poste élévateur 6.000-70.000/120.000 volts (fig. 2 et 8).

Le courant produit à 6.000 volts par les alternateurs de la centrale est envoyé sur un jeu de barres aérien et est élevé, soit à 70.000 volts, soit à 120.000 volts suivant le groupement des enroulements des transformateurs élévateurs, triangle ou étoile.

Fig. 10 - Pôle d'un disjoncteur 120 000 volts, type G A Westinghouse, en cours de montage en atelier. (On aperçoit, en haut et à gauche, le levier de manœuvre à main, et en bas l'électro de commande à distance).

Ce poste 120.000 volts en plein air constitue, comme nous l'avons dit, l'originalité de ces installations. Il est constitué simplement par une charpente métallique montée sur une plate-forme en béton. Celle-ci est prévue avec les caniveaux nécessaires au passage de la tuyauterie d'huile et d'eau et des commandes mécaniques.

Les Américains possèdent des types standard de postes « outdoor », classés en catégorie de puissance et tension, et ont en stock les charpentes, les isolateurs en chapelet, les transformateurs, les disjoncteurs, etc..., de sorte que l'on peut commander un poste complet en donnant un simple numéro.

L'avantage de ce genre de poste d'extérieur sur le type d'intérieur employé jusqu'à ce jour en France, réside dans la grande économie réalisée sur le bâtiment, la rapidité de leur montage, leur clarté permettant d'un seul coup d'œil de voir toute l'installation.

La charpente des postes de Loudenvielle et de Borgères (fig. 2 et 8) pèse environ 16 tonnes.

Transformateurs Élévateurs 6000-70.000/120.000 volts.

Ces transformateurs (fig. 9) sont du type Westinghouse monophasés dans l'huile à refroidissement par circulation d'eau.

Ils sont prévus également pour montage à l'extérieur.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Puissance unitaire : 4.000 KVA.

Fréquence : 50 périodes.

Chaque poste élévateur est constitué par quatre transformateurs identiques, dont trois sont en service et un en réserve.

Lorsque les enroulements haute tension sont montés en triangle, le rapport de transformation est de 6.000/70.000 volts et lorsque le montage est en étoile 6.000/120.000 volts.

Toutes les manœuvres de branchement se font à l'aide de sectionneurs (voir schéma fig. 7).

On aperçoit sur la figure 9, une vanne permettant l'évacuation rapide de l'huile. Il existe aussi des prises pour le filtrage et le remplissage. Chaque transformateur est muni

Fig. 11. — Disjoncteur tripolaire dans l'huile, type 120.000 volts d'extérieur, à commande à main par levier et électrique à distance — Capacité de rupture : 325.000 KVA.

d'un niveau d'huile, d'un indicateur de température à contact réglable et d'un diaphragme ayant pour but d'éviter un éclatement de la cuve au cas où une explosion se produirait à l'intérieur du transformateur.

Un point intéressant à signaler est que les bornes 120.000 volts sont du type condensateur, c'est-à-dire qu'elles ont été étudiées spécialement de façon à répartir le plus uniformément possible, le champ électro-statique existant entre le conducteur central et la masse.

Ces bornes sont scellées sur le couvercle du transformateur à l'aide d'un ciment spécial et de joints empêchant toute introduction d'humidité dans l'appareil. Ces joints ont fait leur preuve dans des installations en Amérique du Nord où la pluie est abondante et où les hivers sont très rigoureux ; les transformateurs marchent très bien sous d'épaisses couches de neige.

Les enroulements de ces transformateurs ont une grande rigidité parce que leurs noyaux sont du type cuirassé, c'est-à-dire que le circuit magnétique enveloppe les enroulements.

Cette grande rigidité leur permet de supporter, sans qu'il

en résulte une déformation des enroulements, les courts-circuits les plus violents du côté haute tension.

La figure 9 permet de se rendre compte des dimensions considérables de ce transformateur. Son poids avec huile est d'environ 21 tonnes. Le poids d'huile étant de 7 tonnes environ.

Les pertes à vide sont de 30.000 watts environ, la réactance 9 pour 100 environ.

Les surcharges garanties par le cahier des charges sont :

25 pour 100 pendant 2 heures.

100 pour 100 momentanément, sans que l'élévation de température soit dangereuse.

rupture se produisant cependant dans une zone de la cuve où l'huile a encore son entière pureté.

Les contacts mobiles sont étudiés de telle sorte qu'ils s'appliquent simultanément sur les contacts fixes, avec une pression égale déterminée par des ressorts. Des shunts prévus entre les contacts mobiles évitent que le passage du courant n'endommage les ressorts de compression. La course d'ouverture est grande, environ 1.200 mm.

La rupture est double par pôle et la tige qui supporte les contacts mobiles établit en quelque sorte par sa forme un cloisonnement entre les deux points de rupture, ce qui donne dans la pratique, un bon fonctionnement pour les très hautes tensions supérieures à 100.000 volts.

Fig. 12. — Parafoudre électrolytique Westinghouse, 120.000 volts, du type « Outdoor ».

Disjoncteur 120.000 volts.

Comme on le voit sur le schéma général (figure 7), il n'existe qu'un seul départ 120.000 volts. Sur ce départ est monté un disjoncteur tripolaire dans l'huile à commande à main et automatique à distance.

Ce disjoncteur est du type G.A. « Westinghouse » pour montage à l'extérieur. La figure 10 représente un pôle de ce type de disjoncteur 120.000 volts en cours de montage à l'usine du Bourget de la Compagnie Electro-Mécanique. Ce type de disjoncteur consiste (fig. 11, voir aussi fig. 2 et 8) en trois pôles enfermés chacun dans une cuve d'acier très robuste avec chemise isolante intérieure. Un couvercle de fonte couvre la cuve et porte le mécanisme de commande propre à chaque pôle. La commande simultanée des différents pôles se fait par tiges rigides actionnées soit par électro, soit par un levier à main. Chaque pôle peut être ajusté séparément, ce qui rend très facile le réglage et l'entretien.

Les contacts fixes sont fixés aux isolateurs qui supportent la borne de sortie. Les contacts sont plongés dans l'huile à une profondeur qui assure le soufflage efficace des arcs, la

Les bornes sont du type condensateur. Ce type de borne permet de diminuer le diamètre des parties isolantes et, de ce fait, l'encombrement de l'appareil.

De plus, ces bornes sont munies à l'intérieur de la cuve du disjoncteur de « Bushings » formant transformateurs d'intensité permettant d'alimenter les relais à maximum et à action différée.

Etant donné le faible diamètre de la borne, l'exactitude de ces transformateurs « Bushings » est supérieure à celle des transformateurs montés sur porcelaine. Ces bornes condensateurs portent, en outre, à l'intérieur des assiettes en porcelaine scellées au moyen d'un ciment spécial empêchant toute introduction d'humidité dans la borne proprement dite. Ces porcelaines protègent la partie active de cette borne contre la pluie et la neige.

Le disjoncteur tripolaire 120.000 volts (fig. 7) des postes de Loudenvielle et de Bordères est muni d'un dispositif d'ouverture et de fermeture à distance actionné par courant continu 80/100 volts. La commande électrique à distance se fait depuis la centrale. Le courant nécessaire à l'enclanche-

Fig. 13. — Sectionneur unipolaire 120.000 volts, pour poste de coupure en plein air.

d'effectuer les manœuvres d'enclenchement et de déclenchement du disjoncteur à 120.000 volts ;

Deux lampes témoin ;

Un volant de manœuvre pour le déclenchement mécanique à distance du disjoncteur ;

Trois relais type Westinghouse à maxima et à action différée.

Les connexions entre le petit panneau en question et le disjoncteur lui-même sont faites en câble armé.

La protection de la ligne 120.000 volts est faite uniquement par une batterie de parafoudres électrolytiques, type AR avec point neutre isolé. Le principe de ces appareils est bien connu, il consiste en des séries d'assiettes en aluminium empilées les unes sur les autres et plongées dans un électrolyte approprié. En temps normal, l'écoulement du courant de ligne est limité par une couche d'hydroxyde d'alumine, mais dès qu'une surtension se produit, cette couche est percée et le courant s'écoule à la terre. Des petites cornes sont montées en série avec le parafoudre électrolytique afin de limiter le courant de terre. De temps en temps, il est nécessaire de reformer la couche d'hydroxyde en amorçant le courant de terre, ce qui produit parfois des étincelles d'un effet curieux.

La figure 12 représente un tel parafoudre électrolytique 120.000 volts en plein air. Ces appareils sont nettement visibles sur les figures 2 et 8.

Les connexions du poste élévateur ne sont pas en fil, mais sont en tubes de fer étiré de 49 millimètres de diamètre.

Fig. 14. — Installation des parafoudres électrolytiques et sortie de ligne, 120.000 volts.

ment est de 100 ampères environ. Il existe également un dispositif de commande mécanique par câble permettant le déclenchement depuis la centrale. Enfin, le réenclenchement peut se faire à la main par le levier qui est placé sur le disjoncteur lui-même.

Les contacts du disjoncteur sont prévus pour 300 ampères, et sa capacité de rupture est de 325.000 KVA, valeur relativement considérable. La hauteur totale est d'environ 3 m. 65 et la contenance d'huile par pôle environ 1.500 kgs.

Les appareils basse tension de contrôle du disjoncteur sont placés à l'intérieur de la centrale montés sur un petit panneau portant :

Un contrôleur combiné avec un contacteur et permettant

Les isolateurs supports de tubes, de même que ceux des sectionneurs (fig. 13), sont constitués par neuf assiettes en porcelaine empilées les unes sur les autres. Ces assiettes sont toutes du même modèle et sont munies d'une embase et d'une calotte en fonte et peuvent servir soit comme isolateur à chapelet suspendu, soit comme isolateur support ordinaire.

Enfin, la figure 14 représente le départ de la ligne 120.000 volts faisant la jonction entre les centrales du Louron et l'usine réceptrice de Lannemezan. Cette ligne est en câble de cuivre de 100 mm² de section.

V. SYLVESTRE,
Ingénieur A. M. et I. E. G.