

juin 1912. On installa la lumière électrique dans les voûtes où sont placés les tuyaux de fonte et le dessableur devint une des parties les plus volontiers visitées et non la moins utile de toute l'installation. Son action très efficace se fit bientôt remarquer et après une courte période d'observation, les sociétés intéressées décidèrent la construction de la seconde moitié qui fut mise en service en janvier-février 1914.

Les travaux ont été exécutés d'après nos plans dont les fig. 7 et 8 sont une reproduction, sous la direction de M. J. Lindacker, ingénieur en chef de la « Compania Alemana », et M. A. Lynch, ingénieur de la « Chilian Electric » et neveu de l'amiral chilien Lynch. Une partie des pièces mécaniques sort de la « Fundicion Libertad », maison suisse fondée en 1877 par M. Kupfer, et conduite actuellement par ses quatre fils, dont l'un, M. Albert Kupfer est notre sympathique consul à Santiago.

Selon les divers rapports que nous avons reçus de Santiago, de 1912 à 1918, ce dessableur dont la « Chilian Electric » est très satisfaite, a procuré à l'exploitation de l'usine de Florida-Alta des conditions très acceptables ; à part les dépôts de sable qui se forment dans les angles morts et dont la hauteur se stabilise après un certain temps, l'écoulement automatique et continu de toutes les alluvions précipitées se fait très bien. L'usure des turbines et les pertes d'énergie qui en résultaient ont diminué dans une forte proportion, ce qui, pendant la guerre où dès l'année 1916 les pièces de réserve ne purent plus être obtenues d'Europe et où le charbon pour l'usine de secours à vapeur était excessivement cher, fut un avantage inappréciable.

A notre dernière demande de renseignements, la « Compania Alemana Transatlantica de Electricidad à Santiago du Chili, répondait le 19 octobre 1920 :

« Sur la base de vos expériences et propositions, la Direction s'est décidée en 1912 à transformer d'abord un bassin ; le résultat obtenu ayant été extrêmement satisfaisant, la transformation du second bassin fut commencée aussitôt. Comme preuve frappante du résultat final obtenu, on peut citer : au début de l'exploitation, après environ 2.000 heures de marche, les turbines devaient être transformées au complet (remplacement des aubes directrices, des roues motrices, des tourillons, des parois du distributeur, etc.) et la longue durée de la machine entière était mise en doute. Aujourd'hui, c'est seulement après environ 7 à 8.000 heures de marche, que les turbines doivent subir une révision, sans réparation générale et sans avoir souffert les avaries subites et graves du début. Bien que les frais de la transformation du dessableur, qui eut lieu pendant le service de l'usine, aient été importants, les économies sur le matériel, les dépenses de main-d'œuvre et de traitements, par suite de la simplification et de la plus grande sécurité du service, ont prouvé que dans ce cas ils étaient pleinement justifiés. Jusqu'à ce jour les dessableurs travaillent à notre entière satisfaction, ils ne demandent qu'une faible surveillance et peu d'entretien. »

Pour les lecteurs que l'usine de Florida-Alta pourrait intéresser plus spécialement, nous dirons que la *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, chez Oldenburg, Munich et Berlin, en a publié en 1916 une description détaillée signalant le fonctionnement excellent du dessableur.

Ce système de dessableur, avec écoulement automatique et continu des alluvions éliminées (breveté en Suisse et à l'étranger) a été perfectionné et surtout simplifié par la suite. Appliqué dernièrement au dessablage de l'eau motrice d'une de nos usines hydro-électriques du Valais, dont la puissance est de 24.000 HP sous une chute de 722 mètres, il en élimine toutes les alluvions dont le diamètre des grains dépasse 0,5 à 0,6 mm., modifiant ainsi radicalement les conditions d'usure et de mauvais rendement des turbines.

Pour terminer, nous dirons que nous avons conservé le meilleur souvenir de notre voyage au Chili, par Buenos-Ayres, le chemin de fer Transandin, et du retour par le détroit de Magellan, comme aussi de notre séjour de neuf mois dans ce pays, ressemblant à la Suisse par ses belles montagnes et ses rivières.

Henri DUFOUR,
Ingénieur.

(A suivre.)

ÉLECTRICITÉ

DE LA CONSTRUCTION DE GÉNÉRATRICES pour des usines hydrauliques

L'utilisation progressive des forces hydrauliques disponibles a fait croître dans des proportions considérables le nombre des turbines hydrauliques et des génératrices accouplées qui, avec une chute d'eau élevée, conduit presque à des vitesses analogues à celles demandées dans la construction des turbines à vapeur, tandis qu'avec les stations à basse chute d'eau, le nombre de tours de la turbo-unité peut s'abaisser à quarante par minute. En déterminant la vitesse et en même temps le diamètre de la génératrice — le rendement étant donné — la chute d'eau nette disponible est le facteur décisif. Les parties tournantes de la génératrice doivent être construites de telle manière que nulle pièce n'ait à fournir un travail excédant la demi-limite d'élasticité, en cas que la turbine s'emballé — chose qui est toujours à prévoir — le régulateur étant par exemple mis hors d'usage pour une raison quelconque, et la turbine, en même temps, déchargée de telle façon qu'elle puisse s'emballer. En même temps, le nombre normal de tours de l'unité double.

En fixant le rendement de la génératrice, on doit tenir compte de la turbine aussi bien que de la génératrice, sa valeur est en effet, influencée par le facteur de charge, le mode d'action de l'eau. Les génératrices devront fonctionner à peu près à pleine charge, si faire se peut. Le montage d'une seule turbo-unité n'est pas recommandable, excepté dans les cas où, par la jonction avec d'autres centrales, la réserve nécessaire peut être obtenue. Dans les centrales indépendantes le nombre d'unités ne doit pas être au-dessous de quatre. Pour satisfaire aux exigences tant électriques que mécaniques, des rotors de turbine à basse vitesse spécifique seront choisis pour une chute d'eau élevée, on obtient en effet par ce dispositif une petite vitesse.

Les génératrices peuvent être à axe horizontal ou vertical, ce dernier type s'emploie d'une manière générale pour les stations à basse chute où il est désirable que la génératrice soit placée au-dessus du niveau de grande crue pour la protéger dans le cas d'inondation.

La roue magnétique pour des génératrices à construction horizontale est presque exclusivement construite à pôles marqués, cette construction étant plus simple, d'ailleurs, chaque bobine d'inducteur peut être mise sur le noyau de pôle ou peut être démontée, contrastant en cela avec l'enroulement propre aux génératrices de turbines à vapeur. Quant aux machines à grande vitesse on s'abstient de faire entrer de la fonte dans la construction de la pièce tournante, celle-ci étant uniquement faite d'acier coulé ou forgé. En outre, dans la machine à grand effet la pièce tournante se divise verticalement sur l'axe principal, la subdivision y pouvant aller à un point tel que le rotor se compose de plaques d'acier laminées. De cette manière l'emploi de matière homogène pratiquement sans défaut est garanti. Pour des effets plus petits et de petits diamètres la pièce tournante peut être construite massive, pour des effets plus grands elle se compose d'une jante polaire liée au moyeu par des croisillons. Les pôles sont fixés à la pièce tournante par des queues d'aronde ou boulonnés sur celles-ci. Il faut que la pièce tournante contienne assez de masse métallique pour obtenir l'effet de volant nécessaire. Les bobines d'inducteur sont faites de cuivre poli. Si les bobines deviennent trop longues il faut les soutenir par des plots intermédiaires pour éviter que l'enroulement soit ventru.

En général l'enveloppe du stator, qui est faite de fonte, est divisée horizontalement et possède une section transversale en forme de boîte. Dans l'enveloppe ainsi que dans le fer efficace on a placé des conduits de refroidissement. L'enroulement du stator est fait dans des rainures ouvertes qui permettent un remplacement rapide des bobines, si cela est nécessaire. Les têtes d'en-

roulement sont bien haubanées pour les protéger contre les fatigues mécaniques qui accompagnent les courts-circuits. Il est très important d'éviter qu'avec les machines à haute tension, des bulles d'air restent dans l'isolement, qui, dans un fort champ magnétique, causent l'apparition de l'ozone ; il faut prendre soin que, entre des bobines de phases différentes aucune « corona » soit engendrée.

Toute la turbo-unité reste, conformément à la disposition adoptée, sur deux, trois ou quatre paliers. Ceux-ci possèdent des coussinets à rotule, qui sont garnis de métal blanc et munis de graissage à bagues. Avec des machines très grandes, l'huile de graissage des coussinets est refroidie par des serpents d'eau situés dans le réservoir d'huile.

Les génératrices verticales comportent un ou deux paliers de guidage, en outre, une crapaudine annulaire au-dessus de la génératrice ou une crapaudine à la turbine. La plupart du temps, seulement une crapaudine entre dans la construction, car il est difficile de distribuer la pression sur deux ou plusieurs paliers. Les génératrices verticales exigent, en général, des frais de construction plus considérables que les unités horizontales, cependant, cet excédent de frais peut être compensé par différents avantages, tels que la suppression de la transmission entre la génératrice et la turbine, les frais amoindris de la partie hydraulique, de la station, du bâtiment, etc...

S'il n'y a pas de circonstances particulières à considérer, les machines sont construites en vue d'un service de courant triphasé. Pour protéger les génératrices contre l'effet nuisible de forts courants de court-circuit elles doivent avoir une réactance assez haute qui peut être élevée encore par des bobines de réactance intarcalées. Ceci offre de plus l'avantage de diminuer les pertes dans le fer, ainsi des rendements plus hauts peuvent être atteints, spécialement dans le cas de charge réduite, et les dimensions de la génératrice deviennent plus petites.

Dans les conditions régulières de service la température du bobinage de la génératrice ne doit pas atteindre un degré tel que l'isolement soit détruit. Ordinairement, la garantie est faite que l'élévation de la température des génératrices, au cas de charge normale et d'un $\cos \varphi = 0,8$, n'atteint dans aucune partie plus de 40° C, tandis que dans le cas de surcharge de 25 % pendant deux heures l'élévation de température ne doit pas dépasser 55° C.

Actuellement, on garantit avec des grandes unités pour un maximum de rendement continu, une élévation de température n'excédant pas 50° C. Il est préférable, comme cela est pour les génératrices de turbine à vapeur, de rapporter la garantie de température au maximum d'effort.

Avec les grandes génératrices la question de la ventilation devient importante ; en conséquence, des machines sont construites de telle sorte que l'air refroidissant passe par des voies déterminées et que son effet frigérant est complètement utilisé. Avec des machines plus petites l'action ventilatrice des bobines tournantes de l'inducteur est suffisant, pour des rendements plus considérables on arrange des ailettes de ventilateur sur l'arbre du rotor, ou on dispose le rotor comme ventilateur. Dans la construction demi-fermée la génératrice aspire l'air refroidissant de la salle des machines et y renvoie l'air chauffé ; si cela n'est pas possible, on construit une machine totalement close et on fait sortir les conduites d'arrivée et d'emmenée en plein air. Si la cage est pourvue d'ouvertures de ventilation, celles-ci ne se trouvent qu'au dessus de l'axe horizontal. Les boucliers latéraux sont construits de telle manière qu'ils enferment les têtes d'enroulement du stator. Par exemple, l'air est aspiré par les ventilateurs et arrive d'abord aux boucliers latéraux le noyau et le bobinage au-dessus de l'axe horizontal est renvoyé par des ouvertures assez grandes à la base du stator, l'accumulation d'air chaud dans le creux de la machine est ainsi évitée de telle manière.

Les excitatrices doivent avoir des dimensions suffisantes pour que les génératrices puissent être excitées en cas de débit maximum. En général les excitatrices peuvent être surchargées de 25 % pendant deux heures, de manière qu'une petite réserve pour

commander des interrupteurs et des moteurs auxiliaires, etc. soit disponible. Pour des stations petites ou moyennes l'excitation choisie est d'environ 110 à 125 volts, pour les grandes stations la tension va jusqu'à 250 volts. Actuellement, toute génératrice principale est munie d'une petite excitatrice, qui est directement liée avec elle et forme volant hors d'un des paliers principaux. Avec les unités verticales les excitatrices sont ordinairement arrangées au-dessus de la génératrice sur un prolongement de l'arbre principal, son rotor étant porté par une crapaudine. Les bagues collectrices de la génératrice principale se trouvent dans ce cas, au-dessus de l'excitatrice. Il faudrait encore mentionner quelques autres manières d'arranger les excitatrices. Dans l'une de celles-ci quelques groupes plus grands d'excitatrices sont montés, fournissant à toutes les génératrices le courant d'excitation, un d'eux servant de groupe de réserve. Les moteurs de toutes les excitatrices sont alimentés par une ou deux machines à basse tension mues par des turbines hydrauliques. Ces moteurs peuvent être reliés aux barres collectrices principales de la centrale et même, si cela est nécessaire, de manière que deux sources de courant soient établies. Dans beaucoup de stations plus grandes il est désirable que la pièce tournante soit munie de freins pour pouvoir arrêter la machine sans retard. A cause de substances obstruantes qui y ont pénétré il est souvent impossible d'arrêter complètement l'amenée d'eau à la turbine sans fermer les valves d'arrêt principales. Pour cela, on adapte des mécanismes de freinage, dont le fonctionnement est assuré électriquement ou de manière mécanique ou hydraulique. Il est d'usage de faire fonctionner le mécanisme de freinage directement sur la circonférence de la roue magnétique. Comme moyen d'action on peut, par exemple, utiliser la pression d'huile, qui est employée dans la salle des turbines pour la régulation. Dans ce cas, la surface en bois des freins-sabots agit ordinairement sur la circonférence même du rotor parce que l'élévation de température due au frottement des freins-sabots est peu importante. Dans un autre mécanisme de frein hydraulique une petite turbine fonctionnant en sens inverse et agissant comme volant est employée. En cas de freinage électrique une poulie de freinage entre dans la construction ; elle est clavetée sur l'arbre principal et sur elle agissent les électros de freinage. Ces électros sont alimentés par l'excitatrice.

B. SCHAPIRA.

Ingenieur

LES CHAUDIÈRES A VAPEUR CHAUFFÉES ÉLECTRIQUEMENT

Depuis quelque temps, on commence à parler, dans les revues techniques, du chauffage des chaudières par l'électricité, et l'on vante beaucoup les nombreux avantages de cette nouvelle application du courant. Bien entendu, il ne viendrait à l'esprit d'aucun technicien sérieux l'idée d'employer, pour cet usage, le courant produit par le charbon. Il est évident que, seule, l'énergie obtenue à bon compte par la houille blanche est à envisager. Tous ceux qui sont au courant du fonctionnement des usines hydroélectriques savent que, chaque année, il se perd une énergie importante, sans utilisation possible autrement que par le chauffage des chaudières, car ces appareils sont les mieux adaptés pour subir, rapidement, une grande variation de puissance.

Les chaudières chauffées électriquement présentent un très grand intérêt. Elles sont, d'abord, très économiques comme prix d'achat et d'installation. On peut en effet compter que, lorsqu'on utilise des courants qui seraient perdus autrement, étant donné le prix élevé du charbon actuellement, l'installation d'une chaudière électrique est payée dans un délai très court. La suppression