LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

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

SOMMAIRE

CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE. — Le séchage sur les lieux d'utilisation des transformateurs de grande puissance, par M. ESCANDE, Licencié ès-Sciences, Ingénieur I. E. G.

CONGRÈS DE BORDEAUX. — L'électrification des Chemins de Fer du Midi, par M. BACHELLERY, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des Chemins de Fer du Midi. — Services que l'Agriculture et la Houille Blanche peuvent attendre du reboisement, par M. Paul DESCOMBES, Ingénieur en chef honoraire des Manufactures de l'Etat.

LÉGISLATION. — Circulaire du 31 juillet 1922 sur l'indemnisation des droits de riveraineté, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

FORCES HYDRAULIQUES. — La Houille Blanche dans le Massif Central, par Raoul BLANCHARD. — L'Aménagement des Forces hydrauliques de la Bonne et du Drac, par M. E. DUSAUGEY.

HYDRAULIQUE. — Société hydrotechnique de France. — Inauguration du Laboratoire d'hydraulique de Beauvert à Grenoble.

DOCUMENTATION. — Comment l'eau peut aider le charbon dans la vie moderne, par M. DE LA BROUSSE, Inspecteur général des Ponts-et Chaussées. — Emploi des moteurs Diesel, de façon économique dans les Centrales d'appoint. — Les nouvelles locomotives électriques des C. F. F. à commande individuelle des trois essieux moteurs. — L'Usine H. E. de la Loue. — Les nouvelles locomotives du Métropolitain Railway. — La traversée du Massif des Alpes Bernoises par la ligne à haute tension des « Bernische Kraftwerke. — Dépressions occasionnées par rupture dans les conduites forcées. — Les nouveaux fours électriques des usines Fiat. — Les nouvelles turbines de 30.000 HP de l'usine de la New-Feather River. — Les tendances actuelles dans la construction des turbines. — Les ressources du Canada en forces hydrauliques. — La construction du barrage de Don Pedro (Californie). — Chaudière électrique pour le chauffage des trains. — Nouvelle locomotive électrique à turbine et condenseur. — L'usine H. E. de Saint-Lary.

BIBLIOGRAPHIE.
INFORMATIONS,

CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE et des Applications de l'Électricité

Le Séchage sur les lieux d'utilisation des Transformateurs de grande puissance.

Par ESCANDE, *Licencié ès-Sciences, Ingénieur I. E. G., Ingénieur à la Compagnie Electro-Mécanique.*

Le séchage des transformateurs à bain d'huile avant leur mise en service a toujours été une question importante, mais la nécessité d'un choix judicieux de l'huile et d'un parfait séchage s'est surtout imposée à mesure que les tensions employées ont été plus élevées et les puissances des unités plus grandes.

En effet, alors qu'il est aisé de chauffer à l'aide de résistances auxiliaires ou même par un courant de court-circuit approprié un transformateur de quelques Kva, ces procédés deviennent longs et très coûteux pour de grosses unités construites pour une tension de fonctionnement élevée. En outre alors que pour des tensions suffisamment basses, un bon séchage en usines avant l'expédition peut suffire si le transformateur est mis en service peu de temps après sa sortie des ateliers, il est nécessaire de prévoir un séchage minutieux sur place dès que la tension de fonctionnement dépasse quelques milliers de volts.

Dans ce qui suit nous ne décrirons pas le traitement des huiles de transformateurs à l'usine du constructeur ni ne donnerons les caractéristiques des huiles à employer. Nous envisagerons seulement les opérations à faire sur le lieu du montage pour placer les transformateurs dans les meilleures conditions possibles pour la mise en service.

Deux cas sont tout d'abord à considérer suivant que le transformateur a été expédié baignant dans l'huile ou emballé en une ou plusieurs parties, l'huile voyageant séparément en fûts.

1^o Cas d'un transformateur expédié dans l'huile. — Si le transport s'est effectué sans incidents et si le transformateur n'a pas attendu plusieurs mois sa mise en service, il suffira le plus souvent de procéder à un nouveau séchage de l'huile à l'aide d'un filtre presse et d'un cuiseur :

Filtre-presse. — Le filtre-presse se compose ordinairement d'une pompe à huile actionnée par un moteur électrique et d'un appareil de filtrage dans lequel l'huile est obligée, par pression, à traverser une série de feuilles de papier buvard serrées entre des cadres métalliques. L'appareil est conçu pour un démontage facile et ordinairement les cadres et les buvards sont maintenus serrés au moyen d'une seule vis de plaquage, actionnée par un volant à levier. Les filtres-presses se construisent pour divers débits variant normalement entre 35 et 70 litres par minute.

La pompe du filtre-presse est une pompe normale à huile chaude du type à piston, avec engrenages. Elle doit être munie

d'un by-pass afin d'éviter des surcharges éventuelles provenant d'une mauvaise disposition des papiers buvards ou d'un encrassement de ces derniers. Elle doit être prévue soit pour fonctionner en série avec le filtre-presse, soit directement pour aspirer l'huile dans une cuve.

Le moteur est un moteur électrique normal à courant continu ou alternatif, tournant en général à une vitesse de 1000 à 1500 tours.

Le papier buvard est d'une qualité spéciale ; il est fabriqué avec de la pâte de bois sans ingrédient chimique nuisible.

2^o Cas d'un transformateur expédié en plusieurs pièces (Cuves, noyau, bornes), etc. — Il y a lieu, dans ce cas, non seulement de sécher l'huile, mais de sécher le transformateur lui-même avant de le mettre définitivement dans l'huile. Le séchage du transformateur peut être fait soit dans l'air chaud, soit dans le vide.

Le séchage dans l'air chaud (fig. 1) nécessite une installation simple, mais il demande beaucoup de temps et une surveillance attentive, car il présente un assez grand danger d'incendie, et peut aussi amener une détérioration sensible des isolants. Cependant il est couramment employé par de nombreux constructeurs notamment la Compagnie française Thomson-Houston et les grandes firmes américaines. Le procédé consiste à faire passer sur le noyau du transformateur placé soit dans sa cuve, soit dans une étuve spéciale (en brique, par exemple), un courant d'air chaud soufflé par un ventilateur qui prend l'air frais à l'extérieur et l'envoie sur des résistances de chauffage. Entre les résistances et le transformateur, il est nécessaire de mettre deux cloisons en toile métallique fine (antigrisou) entre lesquelles on

Fig. 1

Pour obtenir les résultats voulus il est nécessaire que le papier buvard, avant d'être placé dans l'appareil, soit absolument sec. Pour le sécher avant de l'employer au filtrage on se sert de petits fours électriques dans lesquels on le laisse normalement 24 heures. Si l'on ne doit pas employer ces papiers buvards aussitôt après les avoir séchés, il est bon de les conserver suspendus dans de l'huile propre et sèche.

Il n'y a pas de règle bien précise pour déterminer dans quelle mesure on doit changer le papier buvard ; cela dépend entièrement de l'humidité et de l'impureté de l'huile. Habituellement si l'huile n'est pas trop humide on fait marcher le filtre-presse pendant une demi-heure, puis on l'arrête ; on enlève le papier buvard à l'entrée de l'huile dans chaque compartiment, et l'on met une nouvelle feuille du côté opposé à l'entrée de l'huile. Cette méthode donne les meilleurs résultats et économise le papier.

Cuiseur. — Le cuiseur est habituellement constitué par un récipient d'une contenance de 130 à 150 litres environ, absolument étanche, dans lequel sont placées des résistances réparties en un certain nombre de sections connectées à un tableau de bornes placé au-dessus de l'appareil. La cuve est munie en outre d'un thermomètre à contact relié à une sonnerie et réglable entre 80 et 125° C et des robinets d'entrée et de sortie d'huile nécessaires.

Normalement les résistances placées dans le cuiseur sont susceptibles d'absorber d'une façon continue 40 Kva.

La durée du filtrage dépendra évidemment du débit du filtre-presse. On vérifiera que l'huile est complètement séchée en faisant sur un échantillon un essai de rigidité diélectrique.

dispose quelques chicaneaux qui brassent l'air et empêchent la création de tubes d'air de températures souvent très différentes. On mesure la température à l'entrée à l'aide de plusieurs thermomètres placés à des profondeurs différentes dans la conduite d'air entre les diverses chicaneaux. Dans l'intérieur de l'étuve ou de la cuve suivant les cas, on dispose des écrans qui forcent l'air à passer à l'intérieur des enroulements du transformateur. Les températures de l'air doivent être de 95 à 100° C à l'entrée et de 75° C à la sortie du transformateur. La vitesse de l'air doit être assez rapide. A titre d'exemple, le séchage d'un transformateur monophasé de 7.000 Kva, 150.000 volts, avec un groupe moteur-ventilateur de 3 HP, et une puissance de 30 KW dépensée dans les résistances de chauffage dure de douze à quinze jours. Pour éviter l'entraînement de poussières incandescentes en cas d'inattention momentanée du monteur surveillant le séchage, on peut faire arriver l'air chaud par le haut du transformateur, la deuxième toile métallique étant toujours placée à l'entrée du récipient contenant le noyau.

L'inconvénient de ce procédé est d'une part les risques d'incendie par entraînement de poussières si la surveillance n'est pas attentive et si les toiles métalliques n'ont pas l'efficacité suffisante, et d'autre part le risque de carbonisation du coton si la température s'élève légèrement au-dessus de celle nécessaire.

D'autre part, le séchage du transformateur étant terminé, il reste à l'immerger dans de l'huile préalablement soigneusement séchée et filtrée elle-même, séchage qui peut être fait par immersion de résistances de chauffage dans l'huile ou dans un cuiseur spécial. Le mieux sera d'utiliser pour cela l'installation de filtre-presse décrite ci-dessus.

Le séchage dans le vide (fig. 2) procède simultanément ou à peu près au séchage du transformateur et à celui de l'huile. Il semble plus parfait que le séchage dans l'air chaud, plus sûr et plus rapide. Il a l'avantage d'éviter la légère oxydation de l'huile produite par le chauffage de celle-ci à l'air libre, mais il a l'inconvénient de nécessiter une installation plus compliquée et plus coûteuse.

Fig. 2

Une installation de séchage dans le vide se compose des appareils suivants :

- 1 Filtre-pressé et 1 cuiseur ;
- 1 autoclave de grande dimension ;
- 1 pompe à vide sec.

L'autoclave est destiné à contenir le noyau du transformateur et même si possible le transformateur avec sa cuve. Il est muni de tubulures pour l'entrée et la sortie de l'huile, de regards et d'une lampe disposée de façon à éclairer tout l'intérieur.

Le procédé de séchage est le suivant :

On place le noyau dans l'autoclave (cas où le transformateur ne peut y entrer tout entier). On fait le vide à 720 m/m de mercure. Cette première opération absorbe une notable partie de l'humidité contenue dans le transformateur. Puis sans casser le vide, on admet l'huile chaude progressivement (huile portée dans le cuiseur à 105° C). On continue le remplissage jusqu'à ce que le noyau soit complètement recouvert d'huile. Tandis qu'on maintient le vide à une valeur élevée, on fait circuler l'huile à travers le filtre-pressé et le cuiseur de façon que sa température dans l'autoclave demeure aux environs de 75° C. On surveille l'opération par le regard ; quand il ne se dégage plus de bulles d'air, le séchage est terminé (environ deux jours pour un transformateur de 6000 Kva). On laisse alors tomber le vide et tandis que d'un côté on enlève le noyau pour le placer dans sa cuve primitivement séchée à l'air chaud, on transvase d'autre part à l'aide du filtre-pressé l'huile contenue dans l'autoclave dans la cuve du transformateur. Dans le cas où la cuve tout entière du transformateur a pu être descendue dans l'autoclave, cette dernière manœuvre n'est pas nécessaire. Dans ce cas la circulation de l'huile dans la cuve à l'intérieur de l'autoclave est assurée par des tubes flexibles.

La pompe à vide ne présente pas de caractéristiques spéciales,

sa puissance est d'environ 8 à 10 HP et elle doit être susceptible de maintenir dans l'autoclave un vide de 750 m/m de mercure. Pratiquement ceci correspond à une capacité pneumatique telle que la pompe puisse donner sur elle-même un vide de 99 % du vide théorique, en admettant une rentrée d'air par une tuyère convergente d'un rendement égal à 1 d'un diamètre de 1 m/m.

Quant au filtre-pressé et au cuiseur, il est nécessaire qu'ils

soient construits de telle façon qu'aucune rentrée d'air ne puisse se faire dans l'autoclave par la canalisation d'huile (d'où joints et paliers étanches) ;

Dans le cas où la pompe à vide employée est du type Westinghouse-Leblanc, il y a lieu de prévoir en outre dans l'installation :

Une bêche d'alimentation d'eau avec un système de refroidissement (par surface ou par mélange) pour empêcher que la température de celle-ci ne s'élève

au-dessus de 30°C (l'élévation de température correspondant évidemment à une légère diminution du vide).

Un casse-vide évitant en cas d'arrêt de la pompe une aspiration d'eau vers l'autoclave dans la conduite d'aspiration d'air. Ce casse-vide peut être remplacé avantageusement par une colonne barométrique en col de cygne placée sur la conduite d'aspiration.

Des installations de séchage dans le vide analogues à celle décrite ci-dessus existent dans la plupart des grandes centrales suisses. En France, la Compagnie des Chemins de fer du Midi procède actuellement à l'établissement de cinq installations de ce genre.

Vérification d'un bon séchage. — La vérification du bon séchage d'un transformateur se fait par la mesure de la résistance d'isolement entre les divers enroulements et entre ceux-ci et la masse. Celle du bon séchage de l'huile est obtenue à l'aide de l'appareil d'essai diélectrique des huiles.

Cet appareil se compose ordinairement d'un transformateur d'essai d'environ 2 Kva, d'un régulateur d'induction permettant le réglage de la tension sans à-coup jusqu'à 50.000 volts et d'un interrupteur automatique qu'on règle de façon à ce qu'en cas de court-circuit le transformateur ne subisse aucune détérioration. Sur le couvercle du transformateur est placé un bac en verre amovible dans lequel plongent deux électrodes terminées par deux sphères de 12,5 m/m de diamètre dont la distance est réglable.

Pour une huile de bonne qualité le cahier des charges de l'Union des Syndicats de l'Electricité indique qu'il ne doit pas éclater d'étincelles entre les sphères écartées de 5 m/m pour une tension alternative de 40.000 volts efficaces. On poursuivra donc le séchage jusqu'à ce qu'elle subisse avec succès l'essai ci-dessus,