

Titre général : L'Électricité à l'exposition de 1902

Auteur : Hospitalier, E.

Titre du volume : L'Électricité à l'Exposition de 1900. 2. Production de l'énergie électrique

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Électricité ; Groupes électrogènes

Description : 1 vol. (152 p.) ; 32 cm

Adresse : Paris : Vve Ch. Dunod, 1900

Cote de l'exemplaire : 4 XAE 68.2

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE68.2>



La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*. You may assemble and distribute links that point to other CNUM documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from CNUM.

L'Électricité à l'Exposition de 1900

Publiée avec le concours et sous la direction technique de MM.

E. HOSPITALIER

Rédacteur en chef de *l'Industrie électrique*

J.-A. MONPELLIER

Rédacteur en chef de *l'Electricien*

AVEC LA COLLABORATION

D'INGÉNIEURS ET D'INDUSTRIELS ÉLECTRICIENS

2^e FASCICULE

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

1^{re} SECTION : GROUPES ÉLECTROGÈNES À COURANT CONTINU

Par J.-A. MONPELLIER

La seconde Section : Groupes électrogènes à courants alternatifs, paraîtra fin Août

PARIS

V^{ME} CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

TELÉPHONE 147-92

—
1900

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ÉLECTRICITÉ

A

L'EXPOSITION DE 1900

DEUXIÈME PARTIE

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

I

GROUPES ÉLECTROGÈNES A COURANT CONTINU EN SERVICE A L'EXPOSITION

Les groupes électrogènes à courant continu, fournissant l'énergie électrique nécessaire aux divers services de l'Exposition, sont au nombre de 48 :

SECTION FRANÇAISE

- N°s 1. Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.
2. Société nouvelle des établissements Decauville ainé de Petit-Bourg (Seine-et-Oise) et MM. Crépelle et Garand de Lille.
3. { 3 bis. } Maison Breguet de Paris et Société de Laval de Paris.
6. { 6 bis. } Société des établissements Postel-Vinay de Paris et MM. Garnier et Faure-Beaulieu de Paris.
8. Société L'Éclairage Électrique de Paris et MM. Biétrix, Leflaive, Nicolet et C^e de Saint-Étienne.
10. Compagnie générale d'électricité de Creil (Oise) et Société anonyme des établissements Weyher et Richemond de Pantin (Seine).
16. Société anonyme des Hauts-Fourneaux de Maubouze (Nord).
17. Compagnie générale électrique de Nancy et Société des industries économiques de Paris.

SECTIONS ÉTRANGERES

ANGLETERRE

21. MM. Robey et C^e de Lincoln.
22. MM. Siemens frères et C^e de Londres et MM. Willans et Robinson de Rugby.
23. MM. Mather et Platt de Manchester et MM. Galloways et C^e. de Manchester.

4

PAYS-BAS

N°s 24. Naamloze Vennootschap « Elektrotechnische Industrie » de Slikerveer et MM. Stork frères et Cie d'Hengelo.

AUTRICHE

32. Siemens et Halske Aktiengesellschaft de Vienne et M. F. Ringhoffer de Smichow-Prague.

SUISSE

39. Société d'électricité Alioth de Münchenstein-Bâle et M. Emile Mertz de Bâle.

ITALIE

40. Elektricitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert und C° de Nuremberg (Allemagne) et M. Franco Tosi de Legnano.

41. Societa Esercizio Bacini de Gênes et M. Franco Tosi de Legnano.

GROUPE N° 4

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE BELFORT (TERRITOIRE DE BELFORT)

Ce groupe électrogène (fig. 2 et 4) est constitué par un moteur à vapeur du type pilon, d'une puissance effective de 4 200 chevaux, actionnant directement, à la vitesse angulaire de 70 tours par minute, une dynamo de 750 kilowatts à pôles intérieurs, dite *sans collecteur*.

La dynamo peut fournir à pleine charge un débit de 1 500 ampères sous 500 volts.

Le système inducteur, à 12 pôles, est formé d'un bâti en acier coulé affectant la forme d'un polygone à 12 côtés, évidé en son milieu pour donner passage à l'arbre du moteur sur lequel est claveté l'induit. Sur ce bâti sont rapportés les 12 noyaux, en acier coulé, des bobines inducrices; ces noyaux ont une longueur de 43 cm et une section de 2 100 cm². Les bobines, roulées

sur une carcasse en tôle, sont en fil de cuivre de 21 mm² de section et sont retenues par les épanouissements polaires, en forme de segments cylindriques, ayant chacun 3 600 cm² de surface. La résistance totale des bobines inducrices, montées en série, est de 24 ohms.

L'ensemble de l'inducteur est solidement fixé, à l'aide de boulons, sur un des côtés du socle du moteur à vapeur.

Cette disposition de pôles inducteurs à l'intérieur de l'induit permet d'avoir des circuits magnétiques très courts et, par suite de la grande section donnée aux noyaux, d'obtenir un flux magnétique très puissant.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit est un anneau Gramme de grandes dimensions, à noyau lisse, de 710 cm² de section, ayant 3,81 m de diamètre extérieur et 3,42 m de diamètre intérieur. Le noyau annulaire est formé de disques de tôle d'acier extra-doux, isolés entre eux par interposition de papier gomme-laqué; chaque

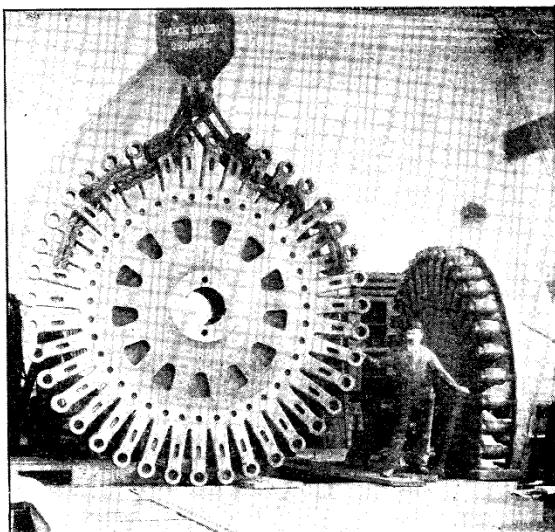


FIG. 1. — Étoile à 39 bras supportant l'induit.

mètre extérieur et 3,42 m de diamètre intérieur. Le noyau annulaire est formé de disques de tôle d'acier extra-doux, isolés entre eux par interposition de papier gomme-laqué; chaque

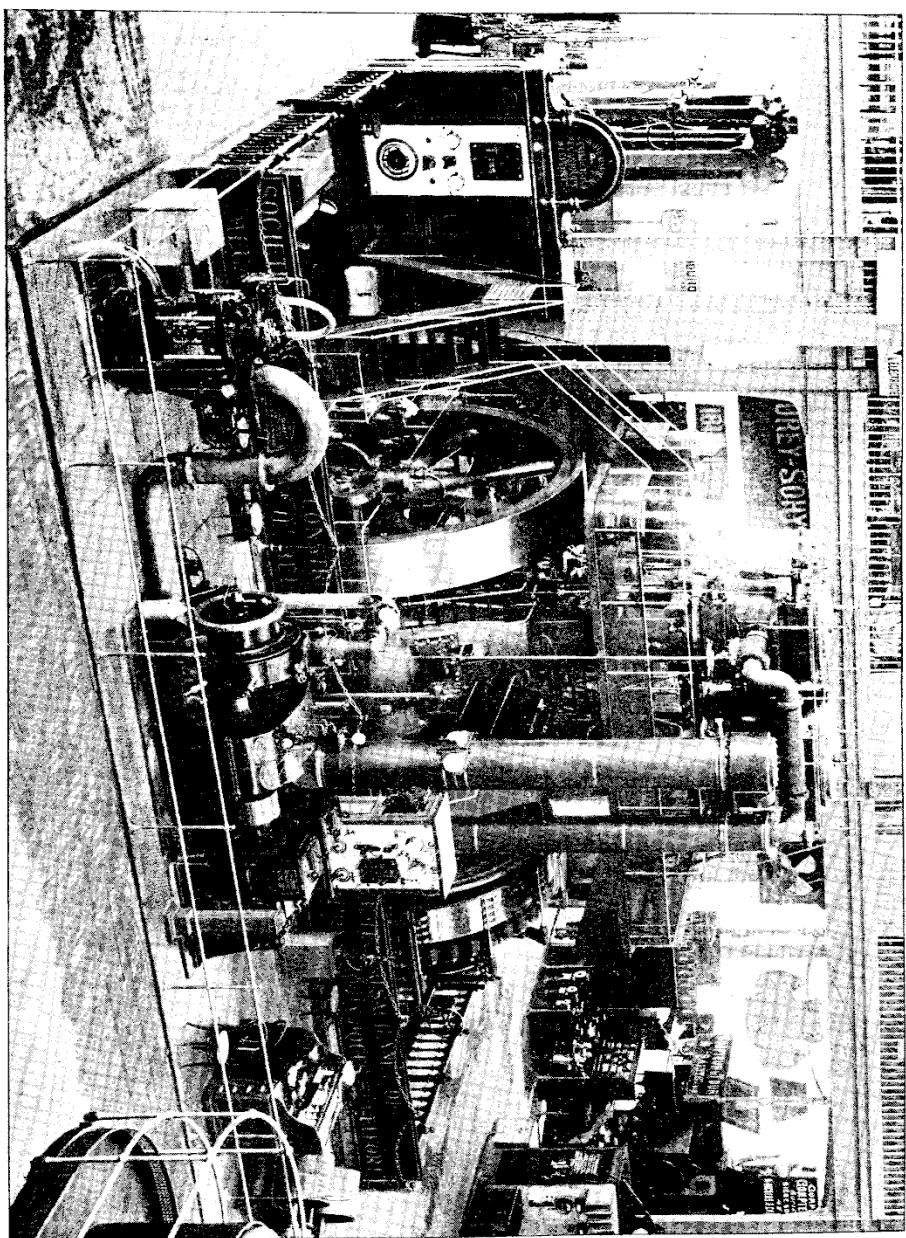


FIG. 2. — Groupe électrogène à courant continu de la Société Alsacienne de constructions mécaniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disque de tôle est formé de plusieurs parties. Les tôles des différentes couches ont leurs joints chevauchés, afin que les lignes de jonction des diverses parties d'un même disque correspondent au milieu de celles des disques voisins. Le noyau ainsi obtenu est tourné intérieurement et extérieurement.

L'ensemble de l'induit est maintenu par une étoile en fonte à 39 bras, clavetée sur l'arbre du moteur (fig. 1). Cette étoile a un diamètre de près de 4 m et pèse 7,5 tonnes; elle est coulée d'une seule pièce. Chaque bras de l'étoile porte à son extrémité une tige horizontale en acier, munie d'un

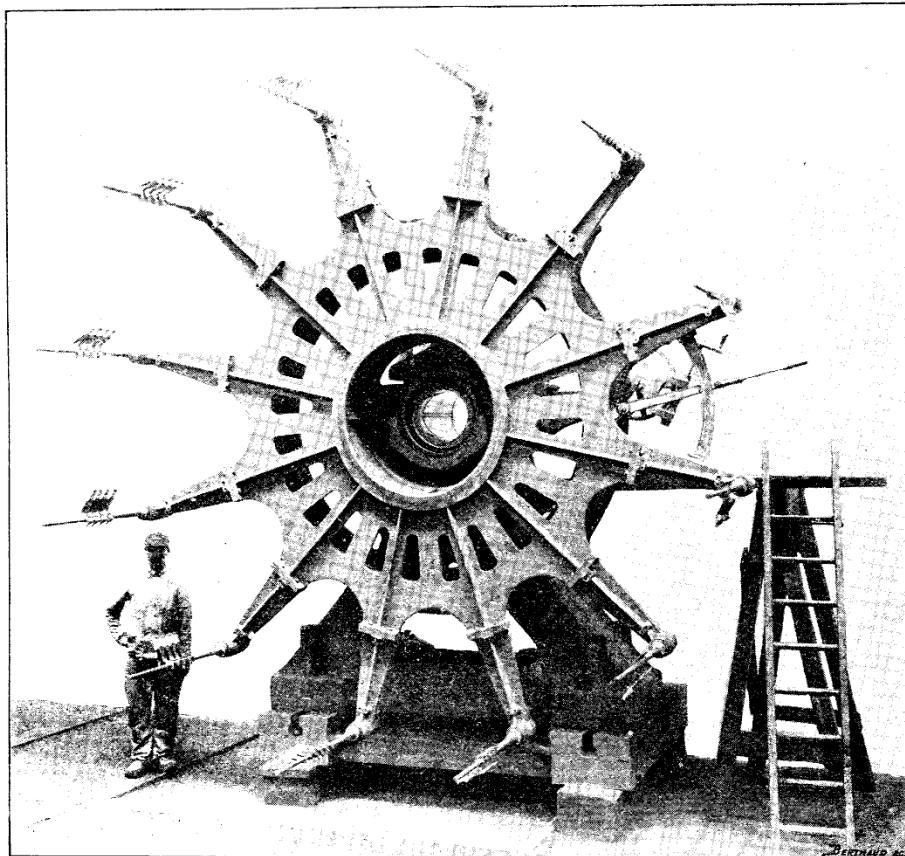


FIG. 3. — Étoile des porte-balais.

manchon de bronze qui lui sert d'appui et règle, en même temps, la distance qui sépare le noyau du plan des bras de l'étoile. Ces tiges sont isolées de la masse à l'aide de tubes et de rondelles en matière isolante. Le noyau est muni de 39 trous dont l'écartement correspond à celui des tiges d'acier de l'étoile et d'un diamètre égal à celui de ces tiges munies de leur tube isolant. Le noyau, enfilé sur les tiges de l'étoile, est maintenu par des rondelles de bronze et des écrous; il est ensuite recouvert d'une couche de papier d'amiante pour l'isoler de l'enroulement.

L'enroulement est constitué par des lames de cuivre placées sur champ: chaque lame forme un rectangle dont un des grands côtés, placé à l'intérieur de l'anneau, ainsi que les deux petits côtés, sont découpés dans une même lame de cuivre, formant ainsi une sorte d'U très ouvert; l'autre grand côté, situé à l'extérieur de l'anneau et beaucoup plus épais, est soudé à l'U et complète la spire. Les lames de cuivre en U sont encastrées dans une gaine isolante en papier spécial qui ne laisse à nu que la tranche extérieure: elles sont placées à cheval, les unes contre

les autres, sur la surface interne du noyau, afin que toutes les extrémités libres viennent dépasser la surface extérieure ; à l'aide de barrettes droites, on relie la branche de gauche d'un U à la branche de droite de l'U qui suit immédiatement, de manière à constituer un enroulement continu. Ces joints sont fortement matés, puis soudés.

Chaque spire de l'enroulement a une section de 60 mm²; la résistance totale de l'induit, à la température de 40° C., est de 0,006 ohm.

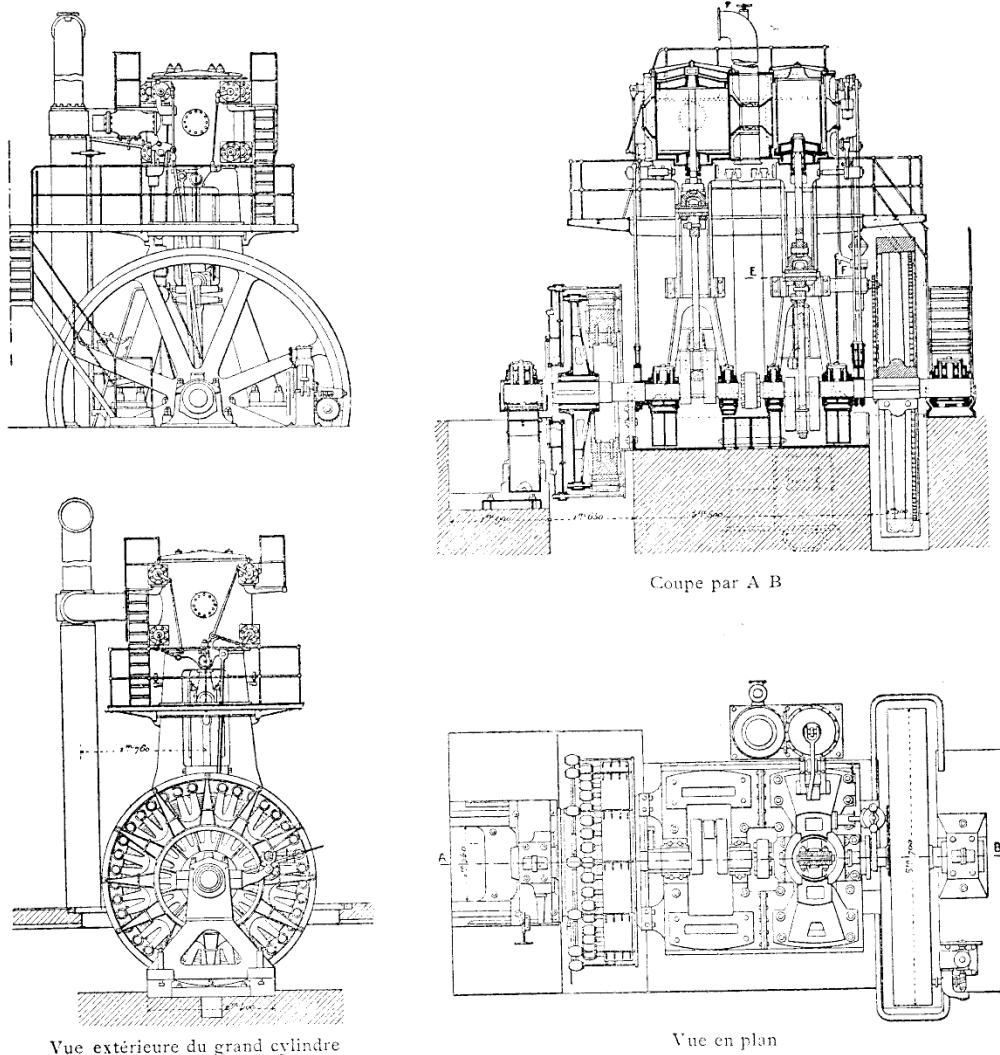


Fig. 4. — Groupe électrogène de la Société Alsacienne de constructions mécaniques.

L'induit, une fois terminé, on tourne soigneusement sa surface extérieure qui sert de collecteur. Le nombre total de spires est de 2 268. La vitesse tangentielle est de 14 mètres par seconde.

Le courant est recueilli par 12 séries de balais, chaque série comportant 4 balais. Ils sont fixés sur un support spécial, en forme d'étoile (fig. 3), dont le diamètre atteint 4,5 m environ et qui est monté sur le palier extrême de la machine.

Cette étoile est formée d'un moyeu muni de portées sur lesquelles sont fixés les bras. Chacun des douze bras porte à son extrémité une tige horizontale, mobile autour de son axe.

Un jeu de leviers commande les tiges et permet de les faire tourner toutes en même temps autour de leur axe, lorsqu'on veut régler la pression des balais ou les relever. Ces tiges sont naturellement isolées de la masse et reliées électriquement de deux en deux, de manière à coupler en quantité les balais de même polarité.

Les boîtes à balai, au nombre de 4 sur chaque tige, sont constituées par un ressort à lames superposées, fixé à l'une de ses extrémités sur la tige de l'étoile par une douille de serrage et muni, à l'autre extrémité, d'une coulisse dans laquelle vient se loger le balai métallique formé par la superposition de lames très minces en métal plus mou que le cuivre du collecteur.

L'ensemble de l'étoile porte-balais est mobile autour de son axe de manière à pouvoir effectuer le calage des balais. La manœuvre se fait à l'aide d'un volant à main.

A pleine charge, les pertes dans la dynamo sont de 22,3 kilowatts se décomposant comme suit : excitation, 9 000 watts ; effet Joule dans l'induit, 13 500 watts ; hystérésis et courants de Foucault, 7 800 watts. Le rendement électrique atteint, par conséquent, 97 %.

Le moteur à vapeur qui commande cette dynamo est du type pilon à deux cylindres et à double expansion par détente Wolf, à distribution système Corliss et à condensation (*fig. 2 et 4*).

A la pression d'admission de 8 kg par cm², sa puissance effective est de 1 200 chevaux à la vitesse angulaire de 70 tours par minute.

Le cylindre de haute pression a 85 cm de diamètre ; celui de basse pression, 435 cm. La course des pistons est de 120 cm.

L'arbre moteur, à deux manivelles calées à 180°, a une longueur totale de 9 m ; son poids est de 40 tonnes ; il porte, d'un côté, un volant de 5,7 m de diamètre, pesant 31 tonnes et, de l'autre, l'induit de la dynamo. Cet arbre est supporté par 6 paliers.

Un petit vireur à vapeur est utilisé pour la mise en route de la machine.

GROUPE N° 2

SOCIÉTÉ NOUVELLE DES ÉTABLISSEMENTS DEGAUVILLE AINÉ DE PETIT-BOURG (SEINE-ET-OISE) ET MM. CRÉPELLE ET GARAND DE LILLE (NORD)

Le moteur à vapeur horizontal compound de ce groupe (*fig. 6*), d'une puissance de 1 200 chevaux, commande un arbre qui porte les induits de deux dynamos identiques, montés de part et d'autre du volant.

Chacune de ces dynamos a une puissance de 400 kilowatts à la vitesse angulaire de 75 tours par minute et peut débiter normalement 1 600 ampères sous 250 volts. Les deux dynamos étant couplées en parallèle, elles peuvent fournir 3 200 ampères sous 250 volts.

Le système inducteur, à pôles conséquents, est constitué par dix plaques en acier coulé, vissées par leurs extrémités sur les pièces polaires de même métal qui occupent les angles intérieurs du polygone formé par cet assemblage (*fig. 5*). Ces plaques, de 340 mm de longueur, servent de noyau aux bobines inductrices formées de 9 couches de fil de cuivre de 3,3 mm de diamètre. Le diamètre de l'alésage est de 2,85 m.

Chaque carcasse d'inducteur est supportée par des semelles en fonte, isolées magnétiquement par des cales en bronze ; ces semelles reposent sur les plaques de fondation scellées dans la maçonnerie.

Le système inducteur peut être centré et réglé, lors du montage, au moyen de cales et de vis de rappel.

Ces dynamos sont excitées en dérivation.

L'induit lisse est constitué par un moyen en fonte en deux pièces, calé sur l'arbre du moteur. Ce moyen sert de support au noyau de l'induit formé d'un assemblage de couronnes de tôles de 0,3 mm d'épaisseur, isolées l'une de l'autre par interposition de papier gomme-laqué. La couronne feuilletée de l'induit est isolée magnétiquement du moyen qui lui sert de support par des réglettes en bronze ; des canaux de ventilation sont ménagés dans la masse, afin d'assurer le refroidissement des tôles et de l'enroulement.

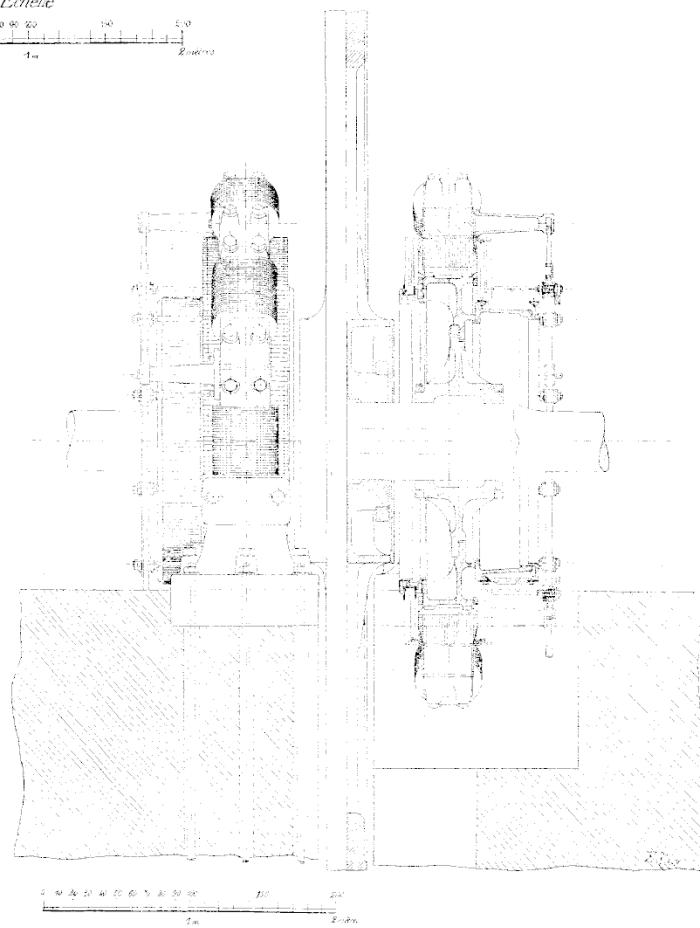
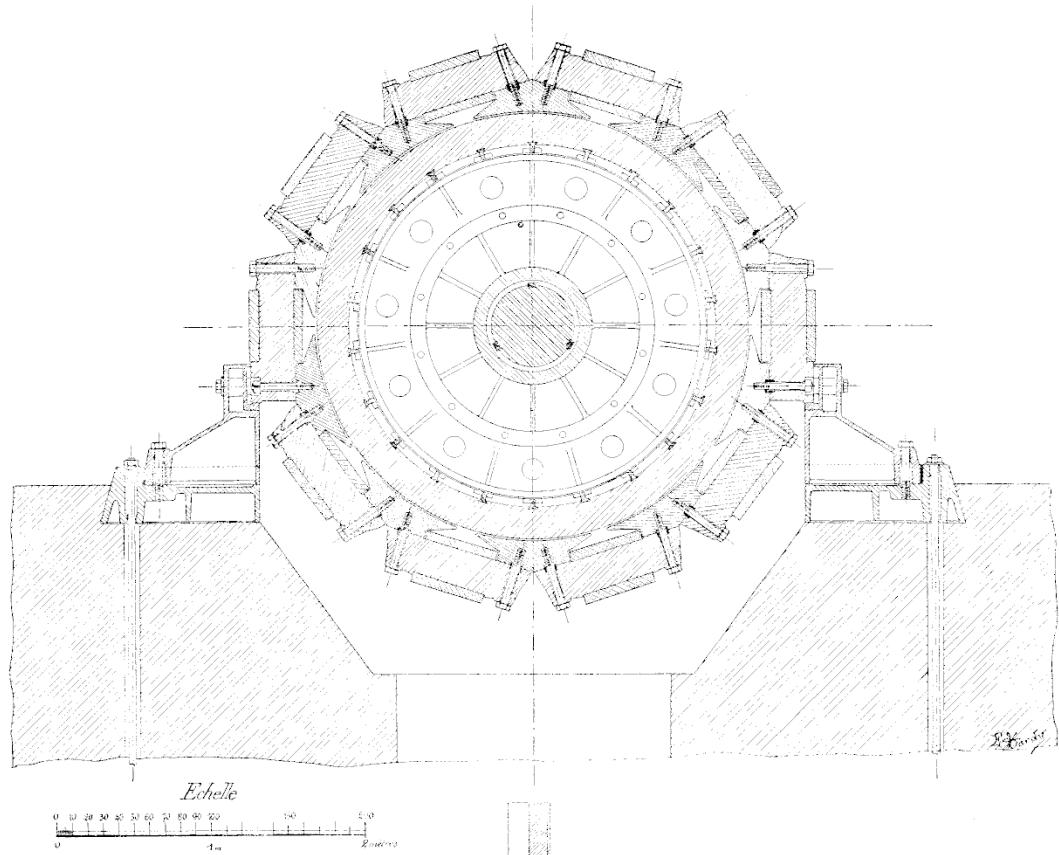
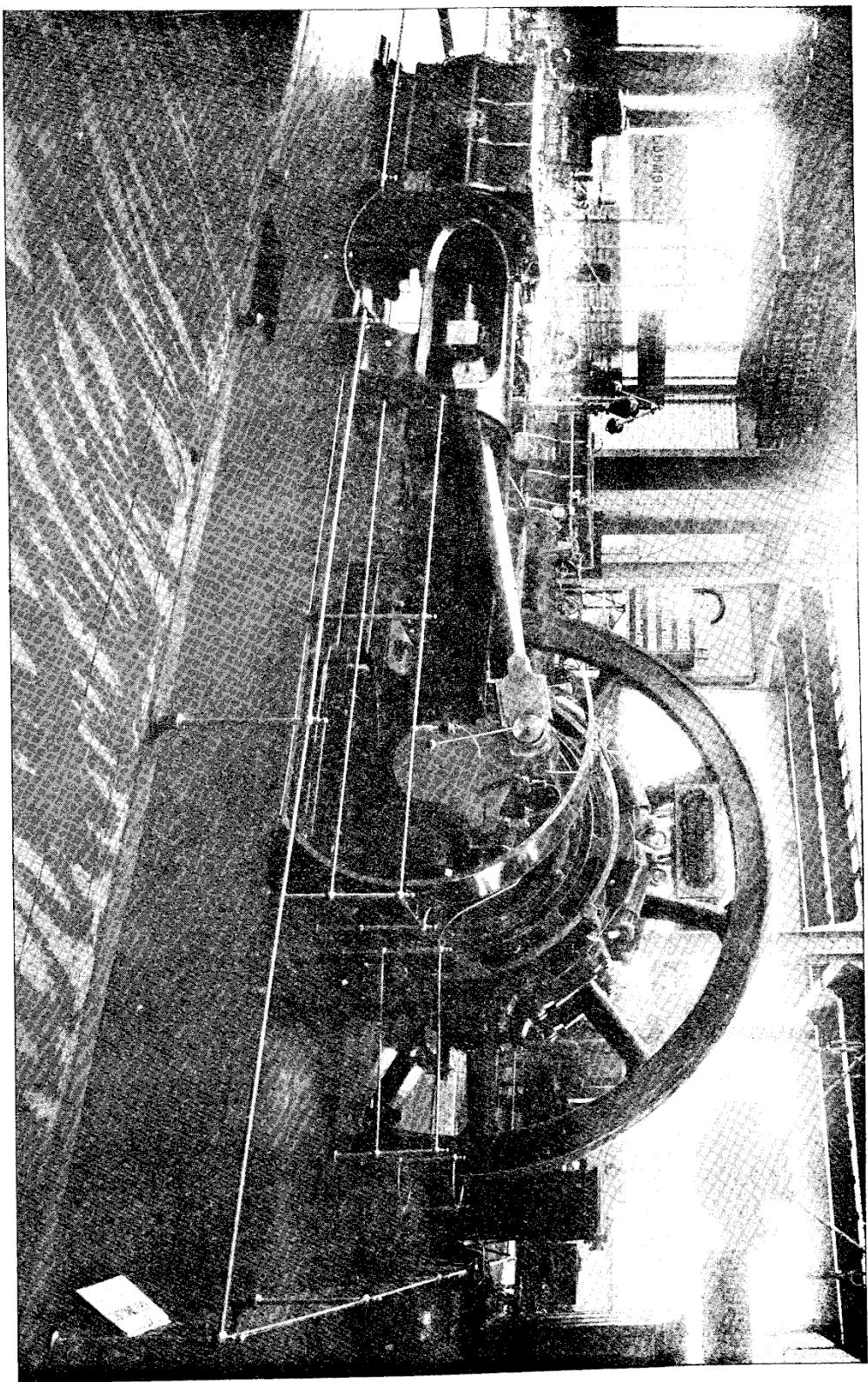


FIG. 3. — Dynamo double Decauville. — Détails de construction.

FIG. 6. — Groupe électrogène à courant continu Decauville-Crépelle et Garand.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La couronne constituée par l'ensemble des tôles est serrée entre deux joues en acier coulé; des boulons maintiennent le tout.

L'enroulement est du type en tambour multipolaire avec sections reliées en parallèle. Il comporte 625 sections en câble de profil rectangulaire de 6,4 mm sur 7 mm, isolé par une quadruple enveloppe de coton. Les connexions des sections de l'enroulement, sur les deux faces de la couronne, sont établies à l'aide de doubles lames en cuivre de 30 cm de longueur, 3 cm de largeur et 1,8 mm d'épaisseur.

Le collecteur a un diamètre de 2 m, et sa largeur utile est de 26 cm. Il comporte 625 lames en cuivre rouge écrouï, isolées l'une de l'autre par des feuilles de mica. Le courant est recueilli par 10 séries de balais en charbon. Un pignon, agissant sur la couronne servant de support aux porte-balais, permet de faire varier le calage.

Le poids total des deux dynamos est de 58 tonnes, dont 12,5 tonnes pour chaque induit, y compris son moyeu.

L'arbre du moteur à vapeur est actionné par deux manivelles calées à 90°.

Les cylindres ont respectivement 71 cm et 132 cm de diamètre; la course des pistons est de 1,60 m. Les cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur; le cylindre de haute pression est réchauffé par la vapeur d'admission, et le cylindre de basse pression par de la vapeur détendue au moyen d'un régulateur de pression. Le réservoir intermédiaire est simplement entouré de calorifuge.

La distribution est du système Corliss à lames de sabre. Les obturateurs d'admission sont placés à la partie supérieure des cylindres; ceux d'échappement à la partie inférieure.

Lors des variations de charge, un compensateur à contrepoids, actionné par le régulateur et muni de taquets, fait déclencher les obturateurs d'admission du petit cylindre, afin de maintenir la vitesse constante. Le choc dû à la fermeture brusque des obturateurs d'admission du cylindre de haute pression est amorti par des cataractes à air à orifices réglables. Les butées des obturateurs d'admission du cylindre de basse pression sont portées par un levier réglable à la main.

Le condenseur est installé dans le sous-sol et placé directement sous le cylindre de basse pression, ce qui a pour effet de diminuer la contre-pression.

GROUPE N° 3 ET 3 BIS

MAISON BREGUET DE PARIS ET SOCIÉTÉ DE LAVAL DE PARIS

Les deux groupes électrogènes n° 3 et n° 3 bis (*fig. 7 et 8*) sont identiques. Chacun d'eux est constitué par une turbine à vapeur, système de Laval, de 300 chevaux actionnant directement deux dynamos jumelles, couplées en tension.

Chacune de ces dynamos peut développer une puissance de 100 kilowatts à la vitesse angulaire de 780 tours par minute et peut normalement débiter 823 ampères sous 125 volts.

Le système inducteur (*fig. 9 et 10*), du type cuirassé, est formé d'une carcasse en acier coulé en deux pièces. Il comporte 4 pôles, dont deux seulement sont munis de bobines excitatrices. Trois saignées, parallèles à l'axe, sont ménagées dans ces pôles afin de diminuer les effets de la réaction d'induit. Ceux qui servent de noyau aux bobines sont creusés sur presque toute leur hauteur, afin de diminuer le poids de la carcasse. Les pôles ont 410 mm de longueur sur 284 mm de largeur, soit 1164 cm² de section. Le diamètre de l'alésage est de 368 mm; le jeu ou entrefer simple est de 7 mm.

Chaque bobine inductrice est formée de deux galettes superposées en fil de cuivre. La densité du courant d'excitation est de 1,6 ampère par millimètre carré, et le nombre d'ampères-tours, par champ, de 15 000.

La dynamo est excitée en dérivation.

Le rhéostat est muni de 20 touches et comporte deux manettes dont l'une permet de faire

varier la résistance ohm par ohm et dont l'autre sert à obtenir les valeurs intermédiaires. Ce rhéostat permet d'obtenir un réglage aussi précis que celui que l'on obtiendrait avec un rhéostat ordinaire comportant 100 touches.

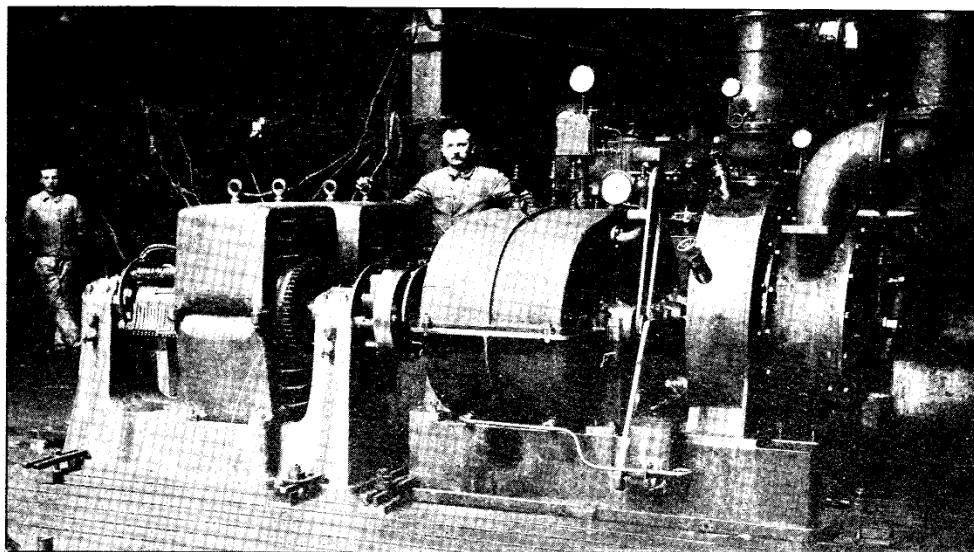


FIG. 7. — Groupe électrogène à courant continu Breguet-de Laval.

L'induit est à noyau annulaire, feuilleté et denté. Cet anneau a 554 mm de diamètre extérieur et 310 mm de diamètre intérieur ; il est formé de trois paquets de tôles, séparés l'un de l'autre par des cloisons évidées, laissant des intervalles de 1 cm, afin d'assurer une bonne ventilation. L'induit est monté sur une étoile en fonte à six branches ; chacun des deux induits est respectivement claveté sur l'un des deux arbres commandés par la turbine.

Le noyau porte 60 entailles demi-fermées.

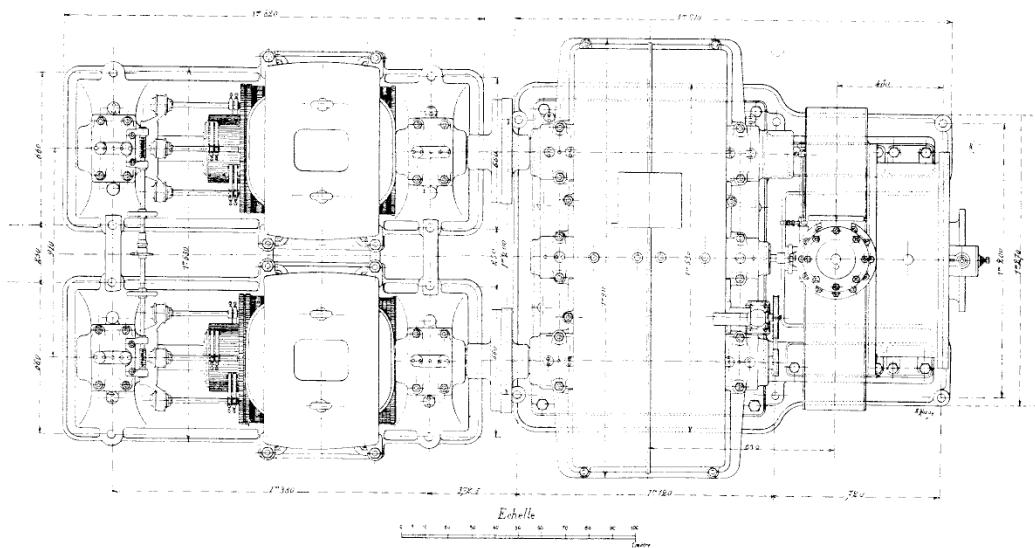


FIG. 8. — Groupe électrogène Breguet-de Laval. — Plan.

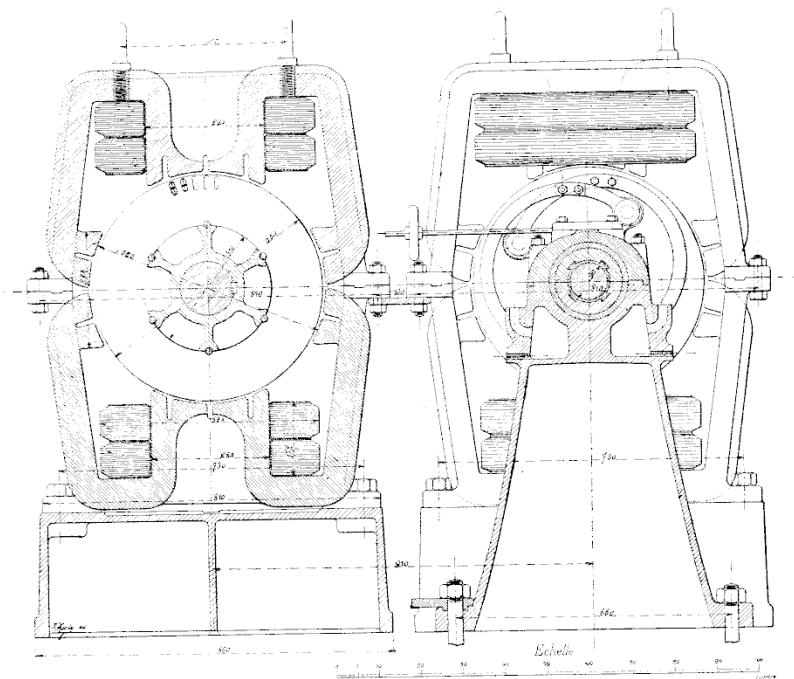


Fig. 9. — Dynamo cuirassée Breguet. — Coupe transversale.

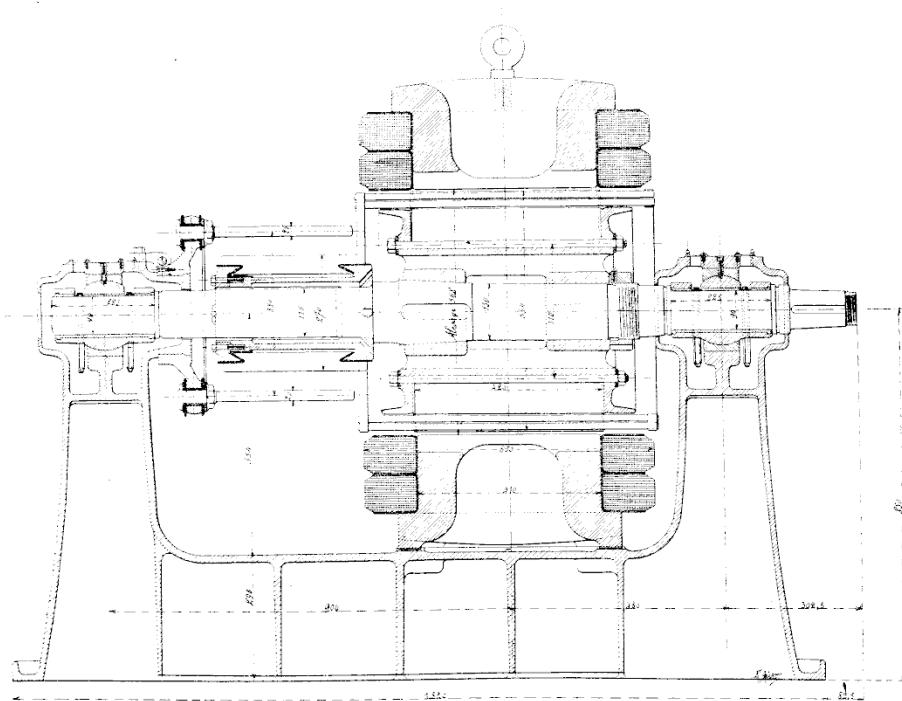


Fig. 10. — Dynamo cuirassée Breguet. — Coupe longitudinale.

L'enroulement est du type en tambour ondulé avec sections couplées en parallèle. Chaque entaille du noyau reçoit 4 barres de cuivre de 2,5 mm sur 16 mm. La densité du courant dans l'induit, à pleine charge, est de 2,69 ampères par millimètre carré.

Les induits des deux dynamos jumelles, commandées par la même turbine, peuvent, à volonté, être couplés en tension ou en parallèle.

Le collecteur comporte 420 lames; son diamètre extérieur est de 270 mm, et sa largeur utile de 310 mm.

Le courant est recueilli par quatre séries de 12 balais chacune, reliées deux à deux. Il y a donc 24 balais positifs et 24 balais négatifs. Le débit de la dynamo, à pleine charge, étant de 825 ampères, il passe de 34 à 35 ampères dans chaque balai. Les tiges qui supportent les boîtes à balai sont, du reste, disposées pour recevoir chacune un balai supplémentaire.

Le calage des balais est sensiblement fixe, c'est-à-dire presque le même lorsque la dynamo fonctionne à vide ou à pleine charge. Toutefois chaque groupe est muni d'un système de vis sans fin qui permet de déplacer, en même temps, les porte-balais des deux dynamos.

Par suite de la grande vitesse de rotation de l'induit, on emploie sur ces dynamos des boîtes à balai spéciales très légères avec balais en charbon. La figure 41 donne les détails de construction de cette boîte à balai.

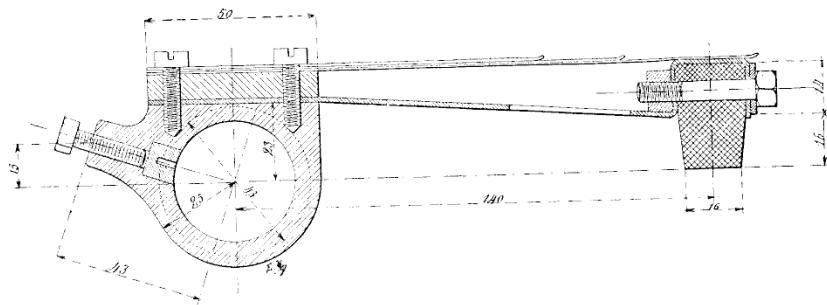


FIG. 41. — Dynamo cuirassée Breguet. — Boîte à balai.

Les deux groupes identiques n° 3 et n° 3 bis sont destinés, à l'Exposition, à équilibrer les ponts de la distribution générale à trois fils. Dans chaque groupe, les deux dynamos étant couplées en tension, on dispose sur le circuit général d'une différence de potentiel de 250 volts entre le fil neutre et l'un des deux autres.

Pour éviter toute chance d'accident, le circuit de chaque groupe est muni de deux disjoncteurs à soufflage magnétique, l'un à maximum et l'autre à minimum.

Dans les turbines à vapeur de Laval du type de 300 chevaux, la roue à aubes a un diamètre de 80 cm; sa vitesse angulaire atteint 9 000 tours par minute.

L'arbre de cette roue attaque, par un pignon, deux roues dentées, dont la vitesse angulaire est de 780 tours par minute; ces roues portent des accouplements élastiques, genre Raffard, avec bâtonnets en cuir, qui servent à entraîner les arbres des induits.

Les induits des deux dynamos jumelles tournent dans le même sens; dans ces conditions, les réactions sur les engrenages sont égales et de sens contraire, car elles sont diamétralement opposées.

La vapeur arrive aux aubes de la turbine à la pression de 10 kg par cm²; elle est distribuée par 8 ajutages, dont 4 sont du type utilisé pour la marche à condensation (coniques), 2 autres sont cylindriques et servent lors de la marche à échappement libre et enfin les 2 derniers sont des ajutages coniques à ressort, équilibrés pour la pression de 7 kg par cm². Ces deux ajutages fonctionnent automatiquement; ils s'ouvrent lorsque la pression dans la chambre de vapeur descend au-dessous de 7 kg/cm²; ils se ferment, au contraire, lorsque la pression est supé-

rienne à cette limite. Grâce à ce dispositif, l'admission de vapeur suit automatiquement les variations de charge.

Le graissage des engrenages réducteurs de vitesse, renfermés dans une enveloppe en fonte, s'effectue d'une manière continue à l'aide d'une pompe centrifuge commandée par une courroie attelée sur l'un des arbres d'induit marchant à 780 tours par minute. Tous les paliers sont du système à bagne avec tube de niveau d'huile.

La consommation de vapeur par cheval-heure effectif est de 16 kg avec échappement libre et de 7,5 kg lorsqu'on marche à condensation.

Les condenseurs, du type Black à mélange, sont indépendants des turbines. Celui du groupe n° 3 est vertical, l'autre est horizontal. La pompe à air est double ; elle est actionnée directement par un moteur à vapeur du type « petit cheval alimentaire ». On obtient à pleine charge un vide de 66 cm de hauteur de mercure.

L'installation du groupe électrogène complet, comprenant la turbine, la boîte du réducteur de vitesse et les deux dynamos, nécessite un emplacement de 4,16 m de longueur et de 1,91 m de largeur avec une hauteur de 2,38 m.

Le poids de l'ensemble est de 11 300 kg.

GROUPE N° 6

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS POSTEL-VINAY DE PARIS ET MM. GARNIER ET FAURE-BEAULIEU DE PARIS

La dynamo à 8 pôles de ce groupe (fig. 42 et 43), d'une puissance de 350 kilowatts à la vitesse angulaire de 90 tours par minute, est commandée directement par un moteur à vapeur monocylindrique horizontal de 300 chevaux.

La dynamo, dont l'induit est calé près du volant du moteur, peut débiter normalement environ 600 ampères sous 580-600 volts ; à l'Exposition, la dynamo fonctionne seulement à la tension de 440-460 volts, tension imposée par l'Administration.

Le système inducteur est formé d'une carcasse en acier coulé, en deux pièces, avec 8 pôles radiaux, de même métal, fixés par des vis et munis d'épanouissements polaires. Les bobines inductrices portent deux enroulements, l'un en fil, l'autre en lames de cuivre roulées à plat, la dynamo étant à excitation compound. Pour le service de l'Exposition, l'enroulement en série n'est pas utilisé et la dynamo est simplement excitée en dérivation.

Le poids total de l'inducteur est de 19 tonnes.

L'induit, du type en tambour, est constitué par un noyau feuilleté en tôles minces, isolées à l'aide d'un vernis spécial ; des canaux de ventilation ont été ménagés entre les divers paquets de tôles. Le bobinage est fait avec des barres rectangulaires logées dans les entailles du noyau. L'enroulement est du type multipolaire avec sections couplées en parallèle ; il y a deux spires par section. L'enroulement est maintenu sur les flasques de l'induit par un cerclage démontable formé de bandes de ruban d'acier et, sur le noyau, par un système spécial permettant de remplacer une section sans qu'il soit nécessaire de sacrifier l'ensemble du cerclage.

Le collecteur est constitué par 416 lames de cuivre isolées au mica.

Le courant est recueilli par 8 rangées de balais en charbon, chaque rangée comportant 4 balais. Les porte-balais sont montés sur une couronne mobile supportée par quatre bras fixés sur la carcasse. Un volant commandant un pignon est utilisé pour faire varier le calage des balais.

L'induit avec le collecteur a un poids de 9,6 tonnes.

Les accessoires, comprenant les balais, les porte-balais, la couronne leur servant de support, les connexions, etc., pèsent 700 kilogrammes.

Le moteur à vapeur est du type Corliss, avec distributeurs commandés par le dispositif dit à sabre, avec bâti à baïonnette. Le cylindre, muni d'une enveloppe de vapeur et garni de calorifuge, a un diamètre de 710 mm. La course du piston est de 1,20 m.

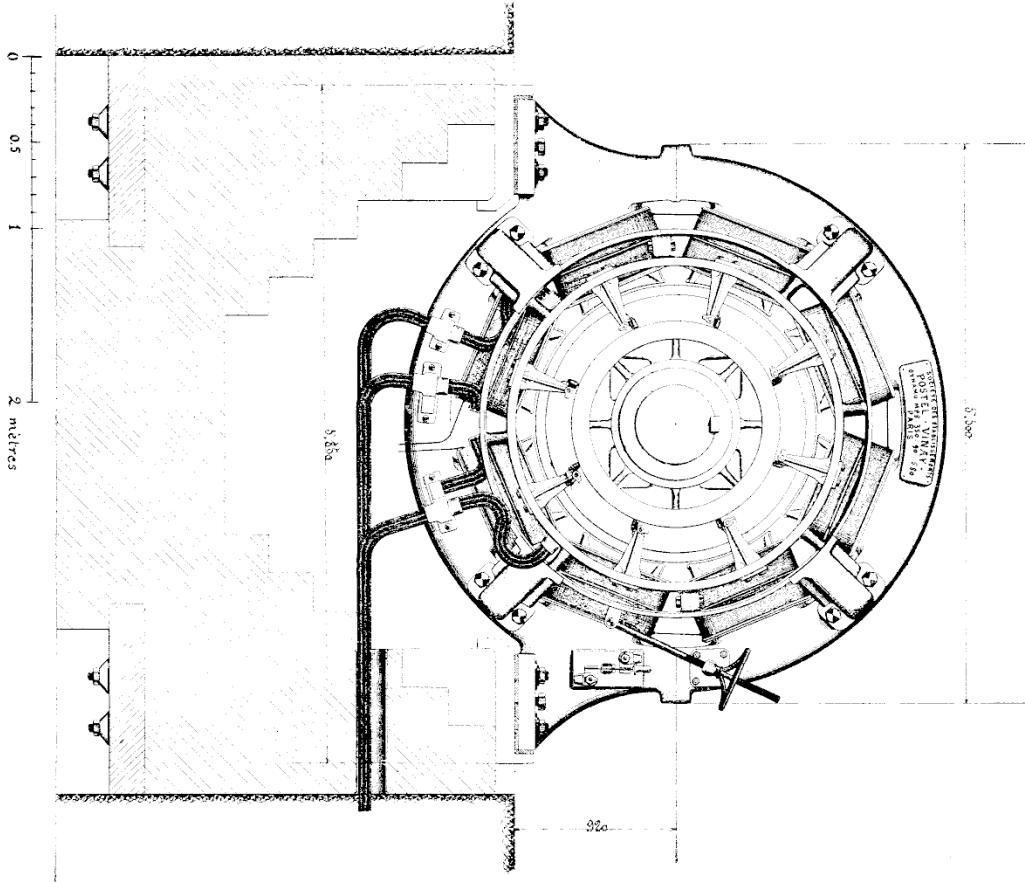


FIG. 12. — Dynamo Postel-Vinay. — Elevation.

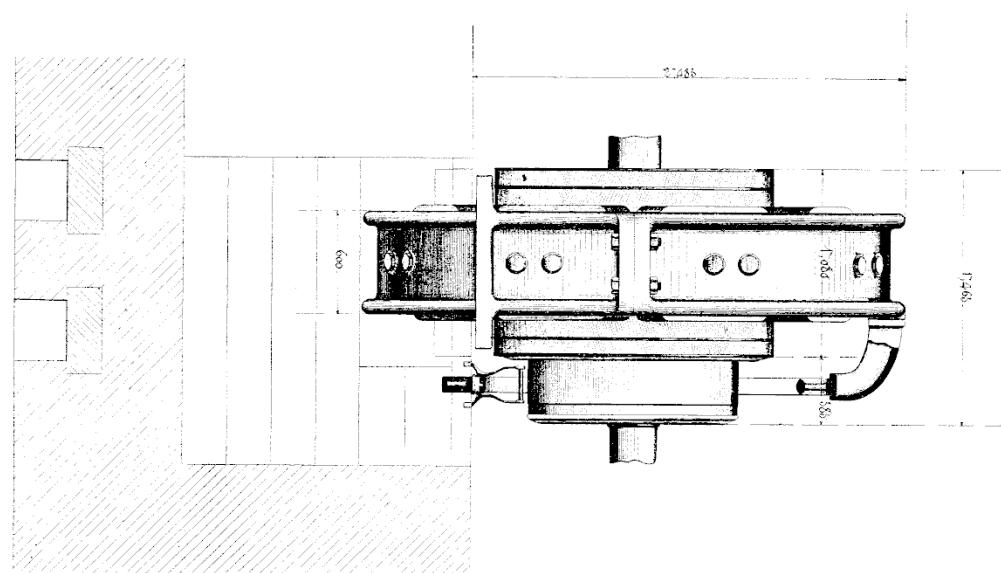


FIG. 13. — Dynamo Postel-Vinay. — Vue de côté.

Le régulateur à force centrifuge règle, par l'intermédiaire de taquets de déclenchement, l'admission de vapeur qui peut varier de zéro aux 8/10 de la course.

Le condenseur est placé dans le prolongement du cylindre ; il est actionné par la tige du piston.

Le plateau-manivelle est en acier coulé avec équilibrage de la manivelle et d'une partie de la bielle.

Le graissage du mécanisme se fait au moyen d'un appareil Henry ; une petite pompe à huile, actionnée par un des porte-sabre, assure le graissage du cylindre.

GROUPE N° 6 BIS

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS POSTEL-VINAY DE PARIS ET MM. GARNIER ET FAURE-BEAULIEU DE PARIS

Ce groupe électrogène se compose d'une dynamo à 6 pôles dont l'induit est calé sur l'arbre du moteur à vapeur, à côté du volant. Ce moteur, à robinets obturateurs, est horizontal et monocylindrique.

La dynamo (*fig. 14 et 15*), d'une puissance de 75 kilowatts à la vitesse angulaire de 160 tours par minute, peut débiter normalement 136 ampères environ sous 550 volts, tension réduite à 440-460 volts pour le service de l'Exposition.

La carcasse de l'inducteur, en deux pièces, est une couronne en acier coulé avec joints rabotés, boulonnés et repérés par clavette encastrée. Le diamètre extérieur de la couronne est de 1,92 m, et sa largeur de 38 cm.

Les noyaux des bobines inductrices, munis d'épanouissements polaires, sont disposés radialement à l'intérieur de la couronne ; ils sont rapportés et fixés à la carcasse par deux vis. Ces noyaux, en acier coulé, ont 26 cm de hauteur, 28 cm de largeur, 28 cm de longueur et ont, par conséquent, une section de 616 cm².

Les bobines inductrices sont reliées en série par des boulons enfilés dans l'œillet qui termine chaque enroulement.

La partie des bobines, située près des pièces polaires, a reçu un second bobinage en série destiné à hypercompoudrer la dynamo. Pour le service de l'Exposition, ce second enroulement n'est pas utilisé, et la machine fonctionne simplement en dérivation.

L'induit est du type en tambour avec noyau feuilleté et denté. Il a un diamètre de 1 mètre et l'entrefer est de 9 mm. Les tôles du noyau sont fixées sur un tourteau d' entraînement en fonte.

Les entailles du noyau, au nombre de 216, sont ouvertes, étroites et profondes.

Le bobinage, du type multipolaire imbriqué avec sections reliées en série, est fait avec du fil rectangulaire. Les connexions des sections de l'induit sont établies sur des couronnes boulonnées sur le tourteau d' entraînement.

Le collecteur a 635 mm de diamètre, une largeur utile de 120 mm et comporte 216 lames isolées au mica. Le courant est recueilli par 6 rangées de 2 balais en charbon. Le collier des porte-balais est mobile autour d'une couronne concentrique à l'arbre et supportée par le palier.

Les paliers sont ceux du moteur à vapeur ; la carcasse de l'inducteur repose sur un massif par l'intermédiaire de semelles en bois dur de 30 cm d'épaisseur.

Le moteur à vapeur a un cylindre de 460 mm de diamètre et la course du piston est de 0,50 m.

A la vitesse angulaire de 160 tours par minute, avec une pression à l'admission de 7 à 8 kg/cm² et une introduction de 1/10 de la course du piston, ce moteur peut développer une puissance de 150 chevaux lorsqu'il marche à condensation. Un détendeur abaisse la pression de la vapeur, provenant de la conduite, de 10 kg à 7 ou 8 kg.

Le condenseur présente la même disposition que celui du groupe n° 6.

Les obturateurs d'admission sont commandés par un excentrique à calage variable au moyen d'un régulateur à ressorts et à contrepoids, installé dans l'intérieur d'un petit volant fixé sur le prolongement de l'arbre à manivelle. Les obturateurs d'échappement sont commandés par un excentrique à calage fixe.

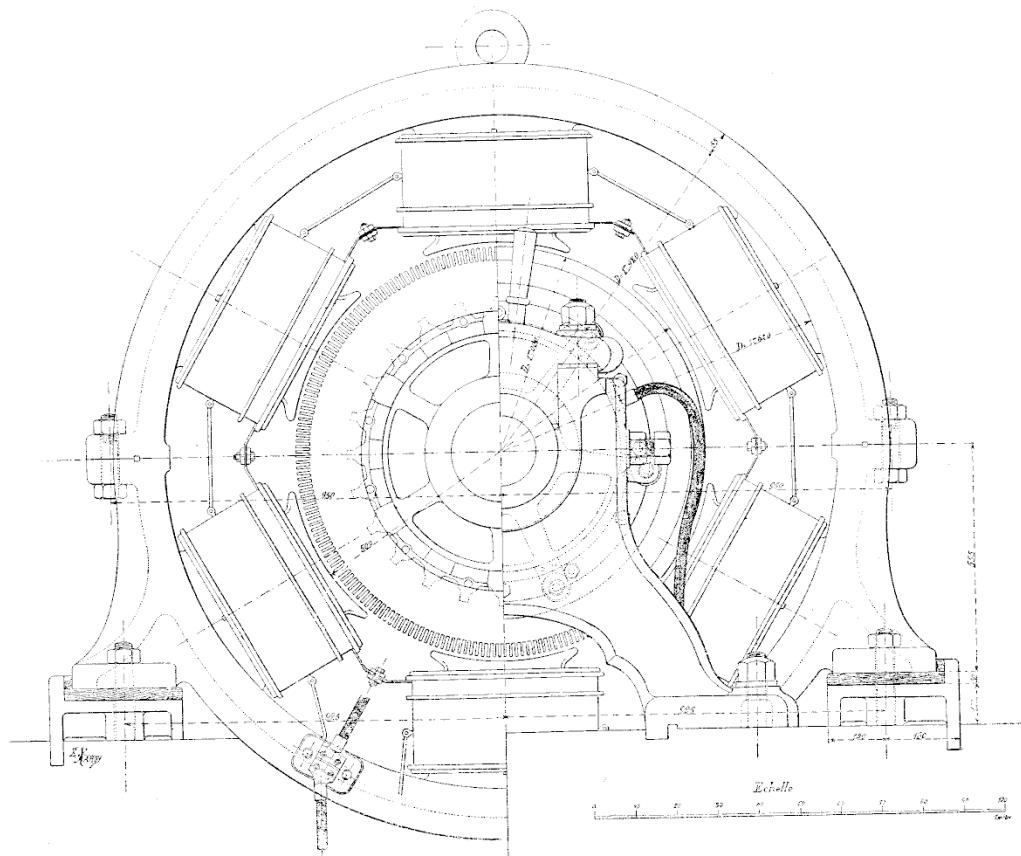


Fig. 14. — Dynamo Postel-Vinay. — Élevation et demi-coupe.

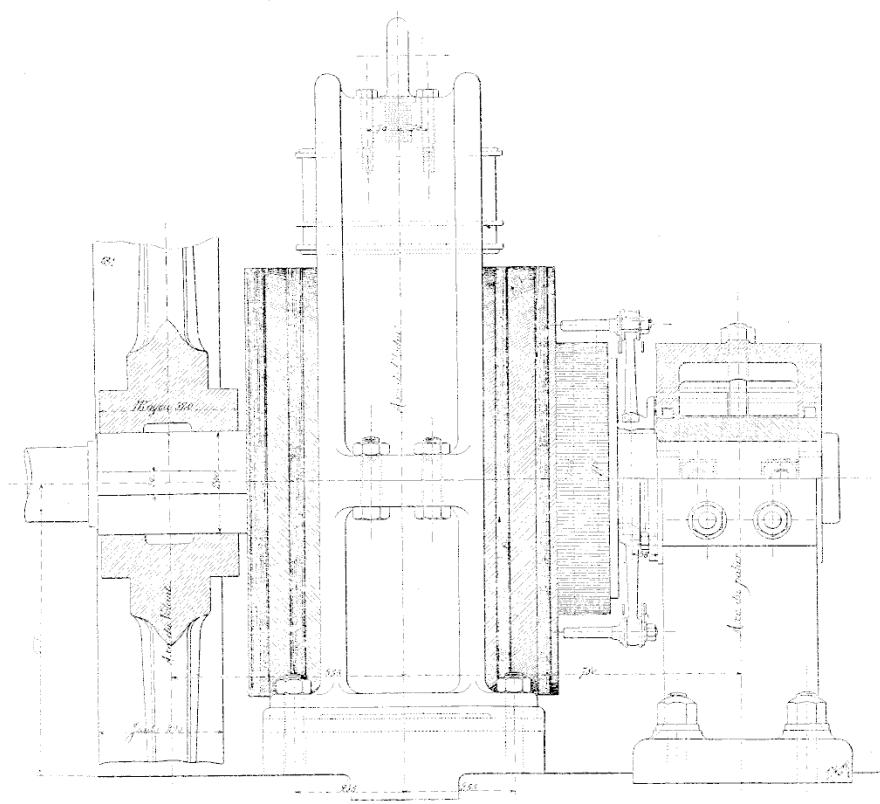


Fig. 15. — Dynamo Postel Vinay. — Vue de côté.

GROUPE N° 8

SOCIÉTÉ « L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE » DE PARIS ET MM. BIÉTRIX, LEFLAIVE, NICOLET ET C^{ie}
DE SAINT-ÉTIENNE (LOIRE)

La dynamo, du système Labour, est actionnée directement par un moteur à vapeur horizontal compound avec cylindres en tandem et distribution à soupape système Collmann (*fig. 16 et 17*).

Cette dynamo peut développer une puissance de 200 kilowatts, à la vitesse angulaire de 110 tours par minute, en débitant environ 850 ampères sous 235 volts.

L'inducteur, en deux pièces, est formé par une carcasse circulaire en acier coulé, munie de 12 noyaux polaires radiaux, fixés à l'intérieur à l'aide de vis (*fig. 18 et 19*). Afin de diminuer la réaction d'induit, chacun de ces noyaux est sectionné, suivant un plan diamétral, en deux parties

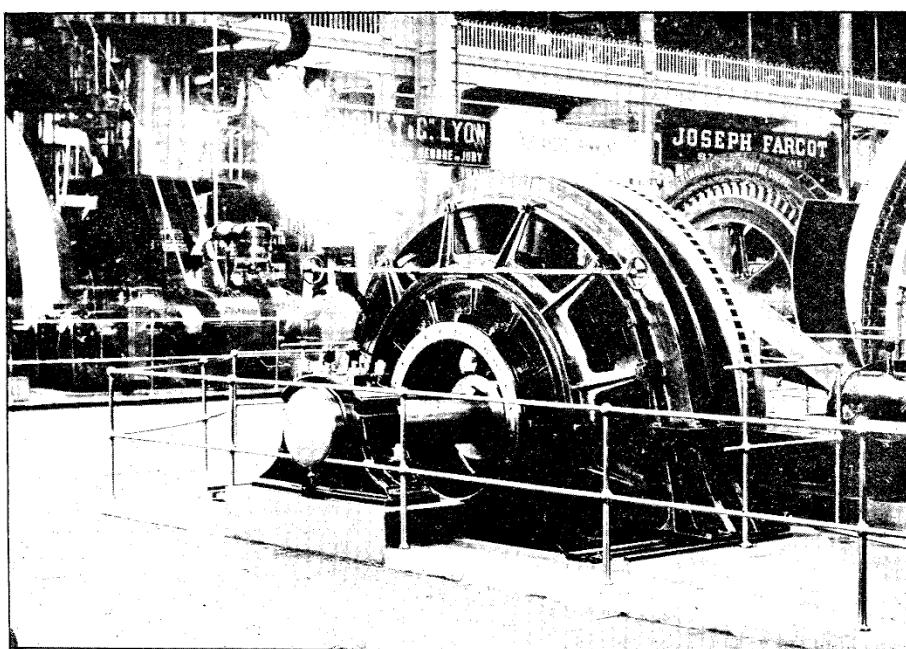
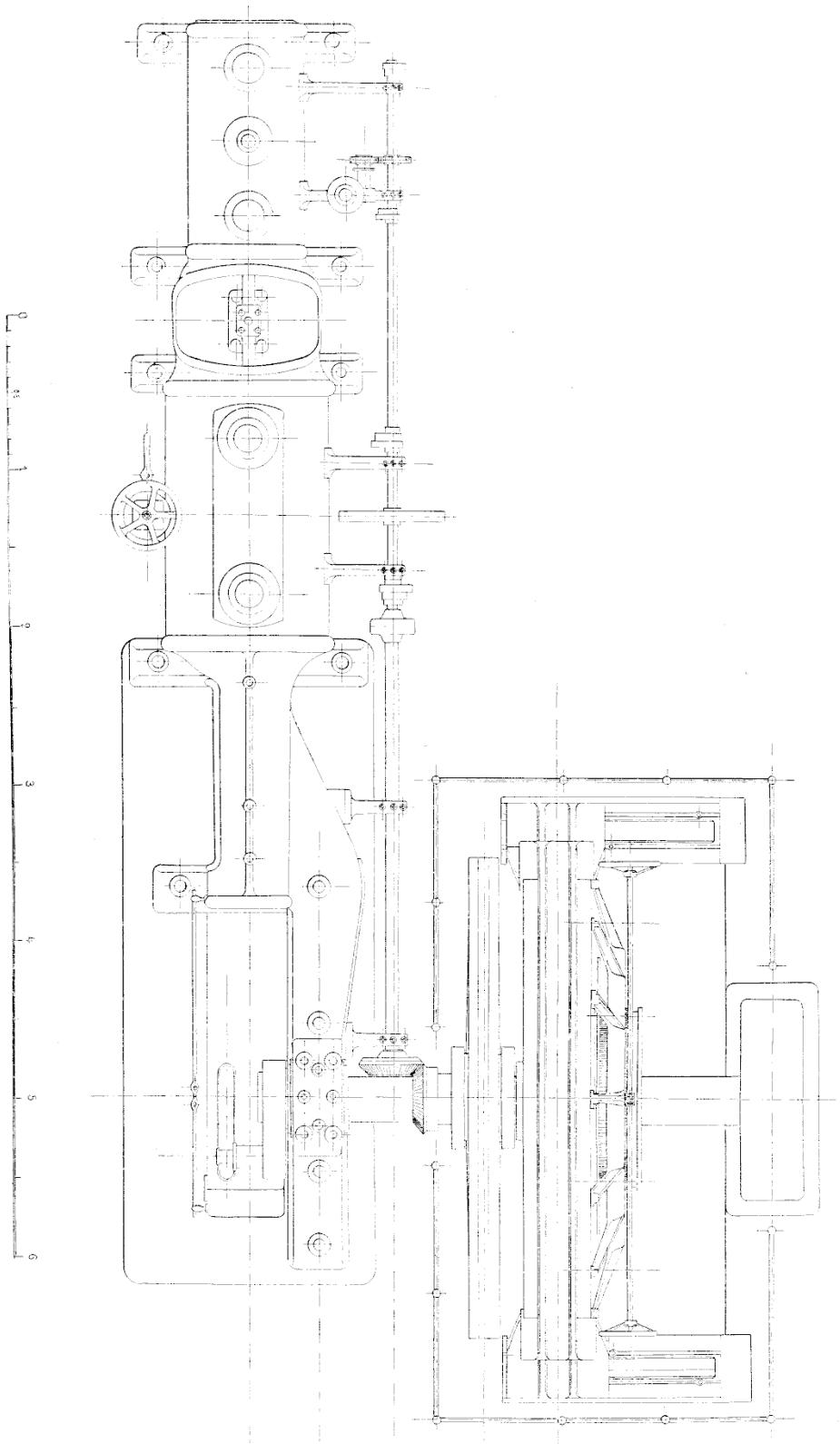


Fig. 16. — Groupe électrogène à courant continu de la Société « l'Éclairage Électrique ».

entretoisées par des nervures. Les évidements ainsi produits opposent au flux dû à la réaction d'induit une réductance considérable sans, pour cela, gêner le flux inducteur. Grâce à cette disposition, la réaction d'induit et ses inconvénients sont en partie supprimés, le calage des balais reste fixe et le courant d'excitation sensiblement constant, que la dynamo tourne à vide ou à pleine charge. Les bobines inductrices sont roulées sur des carcasses métalliques portant des plaques en matière isolante sur lesquelles sont fixées les bornes de connexion. La dynamo est excitée en dérivation. Le diamètre extérieur de la couronne inductrice est de 3,10 m.

L'induit à noyau lisse est constitué par des couronnes de tôles minces isolées maintenues par les bras d'un croisillon claveté sur l'arbre du moteur. L'enroulement est du type en anneau avec une seule couche de fil, ce qui permet d'obtenir très facilement un excellent isolement. Douze clavettes en fibre empêchent le glissement des fils sur la surface du noyau.



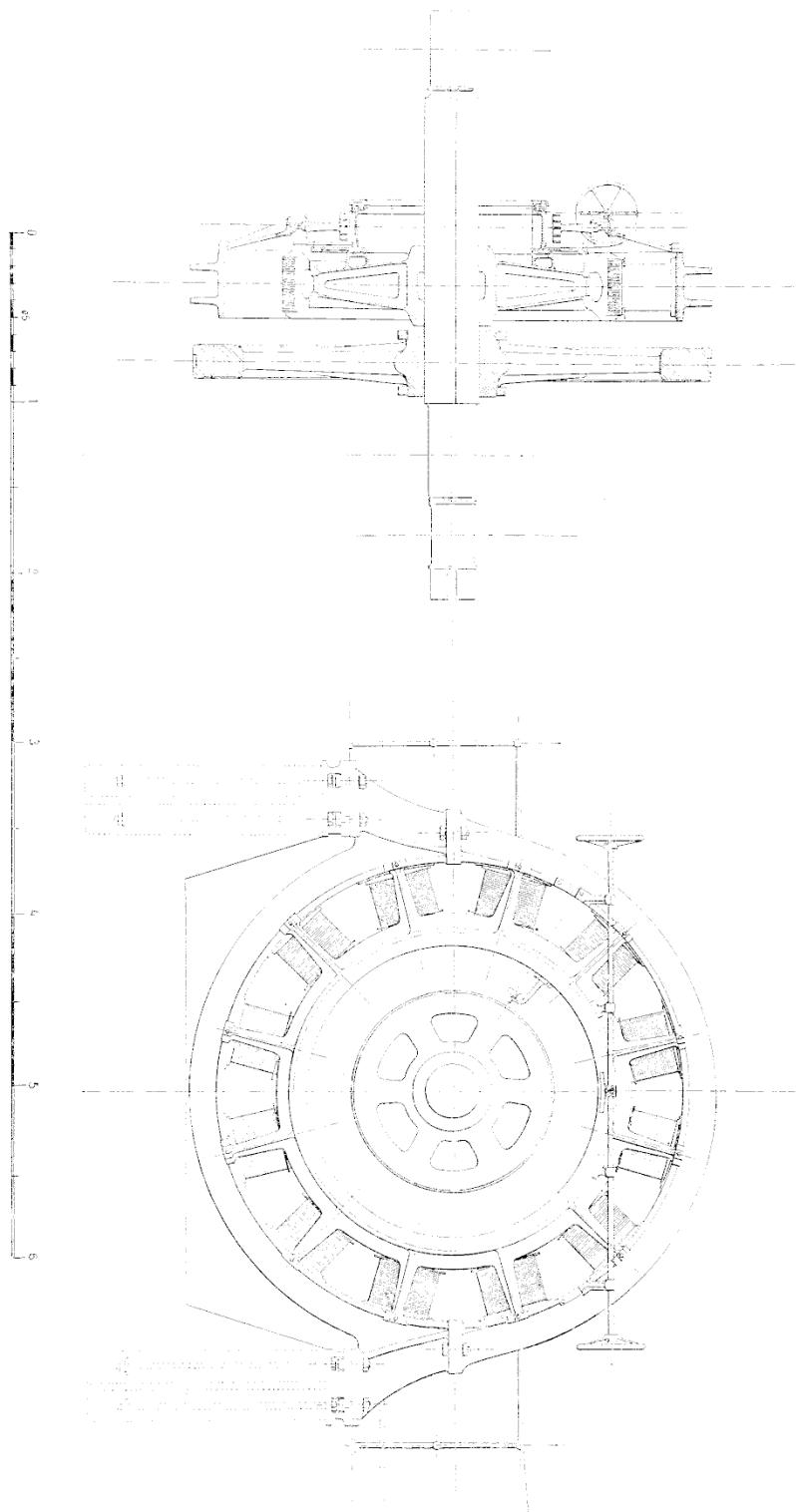


FIG. 18. — Dynamo, système Labour, de la Société « Éclairage Électrique ». — Détails de construction.

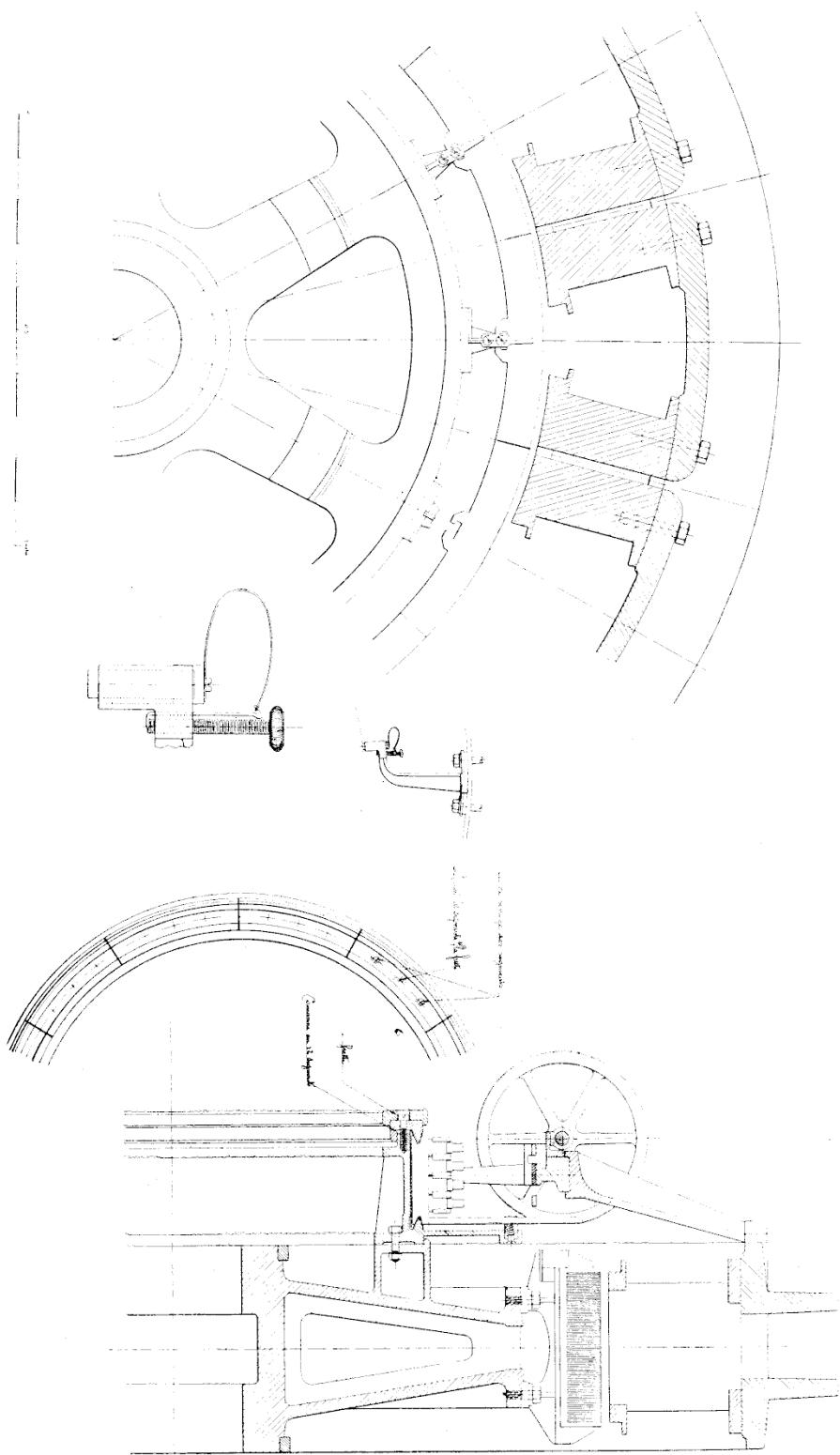


Fig. 19. — Dynamo, système Labour, de la Société « l'Éclairage Électrique », — Détails de construction.

Les segments des tôles constituant le noyau annulaire sont fixés chacun sur deux bras en bronze encastrés dans le croisillon en fonte. Cette disposition assure une grande solidité à cet assemblage soumis aux efforts alternatifs résultant du passage du moteur à ses points morts.

Le manchon, portant le collecteur et aussi le noyau de l'induit, est muni de canaux de ventilation.

Le collecteur comporte 276 lames isolées au mica; il est monté sur un manchon fixé sur le croisillon de l'induit. Ces lames sont serrées, par groupe de 23, au moyen de 12 segments recouverts par une frette d'acier d'une seule pièce *fig. 19*. En cas de réparation au collecteur, il n'est donc pas nécessaire de le démonter entièrement.

Le courant est recueilli par 12 séries de balais en charbon. Les tiges des boîtes à balai sont portées par des bras disposés radialement et fixés à une couronne montée sur glissière et commandée par une vis sans fin munie à chacune de ses extrémités d'un volant de manœuvre.

La hauteur des balais en charbon n'est pas limitée, parce qu'un ressort réglable permet de donner la pression convenable; en outre, un fil souple sert à assurer une excellente communication avec la tige porte-balais.

Pour faciliter le démontage et la visite de la dynamo sans appareils de levage, elle est pourvue d'un système de glissières qui permet d'amener l'inducteur et les porte-balais près du palier extérieur, mettant ainsi complètement à découvert l'induit et le collecteur.

Le moteur à vapeur a son cylindre de haute pression situé à l'arrière; son diamètre est de 375 mm. Le cylindre de basse pression a un diamètre de 600 mm. Les pistons placés sur une même tige ont une course de 750 mm.

À la pression de 10 kg : cm², avec une admission de 1/12 de la course, le moteur peut développer 300 chevaux à la vitesse normale de 150 t : m; à l'Exposition, il fonctionne à 420 tours par minute.

Le graissage des cylindres est effectué par des appareils Moltrup. Le condenseur est installé dans le sous-sol.

La distribution est du système Collmann à soupapes; les soupapes d'admission sont placées à la partie supérieure des cylindres, celles d'échappement à la partie inférieure.

L'arbre horizontal portant les excentriques de commande des bielles agissant sur les soupapes est muni d'un volant.

Le régulateur à force centrifuge a son levier à contrepoids muni d'une cataracte à huile, afin d'amortir ses mouvements; il commande l'arbre de détente portant les came de déclenchement des soupapes d'admission.

La partie caractéristique de la distribution Collmann réside dans la construction et le fonctionnement des soupapes. Chacune d'elles est pourvue d'une cataracte à huile dont les orifices d'échappement, largement ouverts au commencement de la chute de la soupape, sont peu à peu recouverts, de sorte qu'il ne reste finalement qu'un petit orifice pour le passage de l'huile. Au début, la soupape commence à fermer très rapidement; puis, lorsque l'espace restant à parcourir avant la fermeture hermétique est devenu très petit, la chute se ralentit et la soupape vient s'appuyer sur son siège sans le moindre choc.

GROUPE N° 10

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL (OISE)
ET SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS WEYHER ET RICHEMOND DE PANTIN (SEINE)

Ce groupe est formé d'une dynamo à 14 pôles commandée directement par un moteur à vapeur horizontal, à quatre distributeurs, système Lefer.

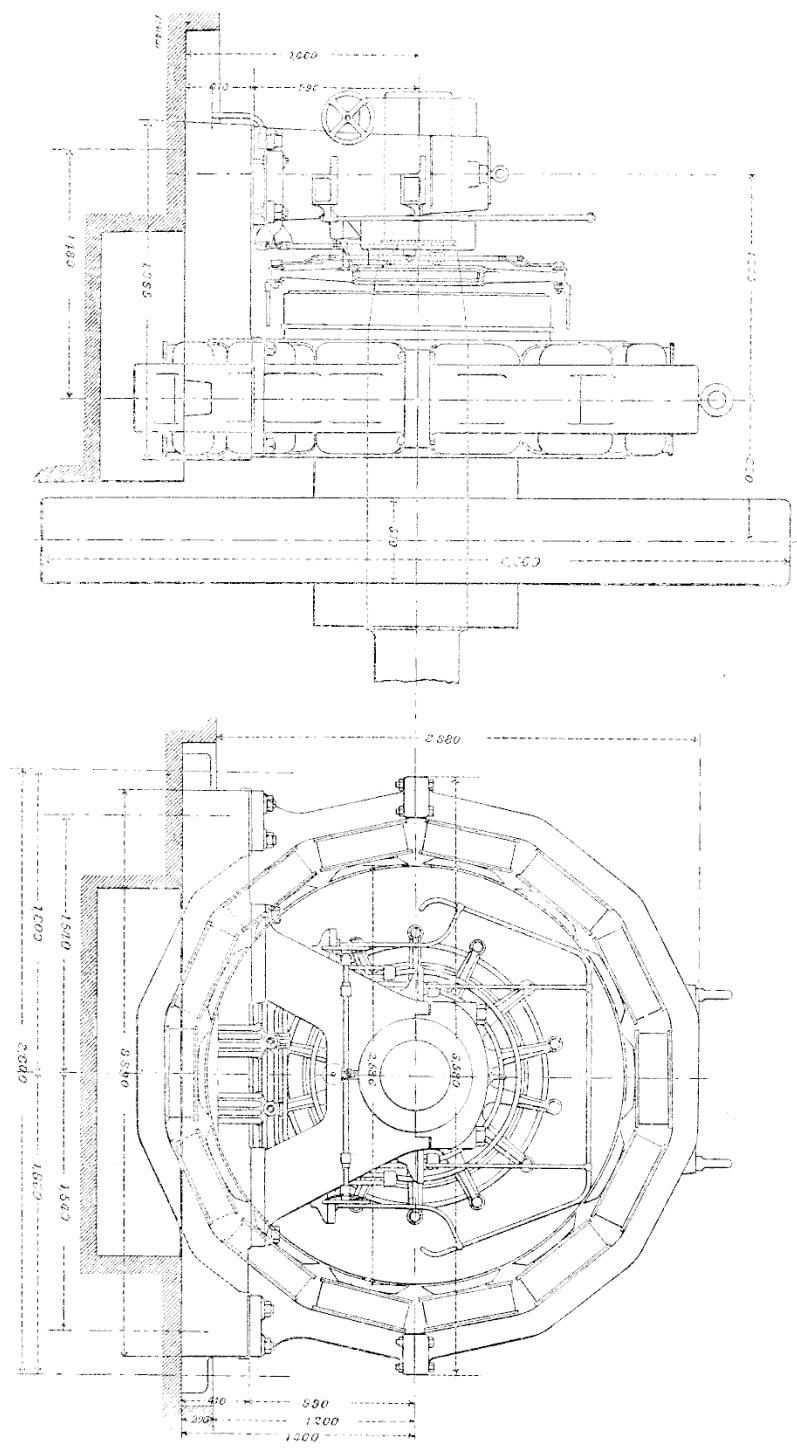


Fig. 20. — Dynamo de la Compagnie générale d'Électricité de Creil — Détails de construction.

La dynamo (fig. 20 et 21), d'une puissance de 700 kilowatts à la vitesse angulaire de 120 tours par minute, peut débiter, à pleine charge, 2 800 ampères sous 250 volts.

La carcasse de l'inducteur est constituée par une couronne polygonale en deux pièces, en acier coulé, munie de 14 noyaux polaires à section rectangulaire, venus de fonte avec la couronne. La demi-couronne inférieure repose sur le socle par l'intermédiaire de semelles.

Des évidements, visibles à l'extérieur de la couronne, ont été ménagés au droit de chaque noyau, afin de réduire le poids de la carcasse.

Les bobines, en fil de cuivre roulé sur une carcasse métallique, sont enfilées sur les noyaux et maintenues par les pièces polaires en fer forgé fixées par des vis à tête noyée et des prisonniers.

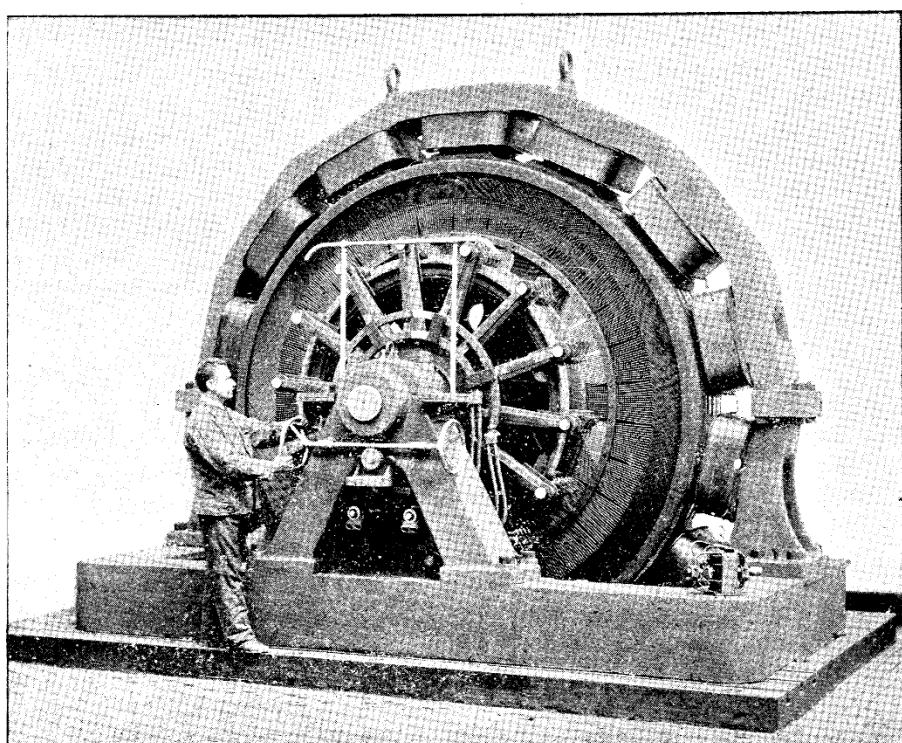


Fig. 21. — Dynamo de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit se compose d'un noyau lisse en tôles isolées au papier gomme-laqué. Ce noyau, en forme de couronne, est monté sur un fort tourteau en fonte dont le moyeu est claveté sur l'arbre.

Le diamètre extérieur de l'induit est de 2,25 m, et sa largeur de 0,51 m.

Le bobinage est du type en tambour multipolaire ondulé comportant 304 spires réparties en sept sections couplées en parallèle. Afin de réduire les courants de Foucault dans le cuivre de l'enroulement, les conducteurs sont constitués par des fils câblés, placés sous tresse; la section de ces câbles est rendue rectangulaire par laminage. Les parties câblées de l'enroulement sont arrêtées sur les deux faces de l'induit et reliées entre elles par des développantes en cuivre étiré. À l'avant comme à l'arrière de l'induit, le point de rebroussement des développantes est encastré dans les entailles d'une couronne en bois qui maintient leur écartement.

L'enroulement est maintenu à la surface du tambour par des cerclages en fil d'acier et un certain nombre de coins d'entraînement.

La vitesse tangentielle de l'induit est de 14,50 m par seconde.

Le collecteur, de 1,60 m de diamètre et de 185 mm de largeur utile, comporte 504 lames en cuivre étiré, isolées au mica et maintenues par deux bagues coniques.

L'ensemble du collecteur est boulonné sur le tourneau de l'induit.

Le courant est recueilli par 14 séries de 4 balais; ces balais, d'un modèle spécial, sont formés par superposition d'un balai métallique et d'un balai en charbon. Les 14 tiges porte-balais sont montées sur une étoile dont elles sont isolées par des tubes en micanite. Ces tiges sont reliées alternativement par des connexions radiales à deux cercles métalliques d'où partent les câbles souples allant aux bornes.

La variation de calage des balais s'effectue à l'aide d'une vis sans fin que l'on manœuvre par un volant et qui permet de déplacer l'étoile au moyen d'un pignon intermédiaire.

Les paliers sont supportés par des chaises, en forme de V renversé, surmontées par une balustrade permettant d'appliquer une échelle d'accès aux parties hautes de la dynamo. Le graissage des coussinets s'effectue au moyen de bagues entraînées par l'arbre.

A pleine charge, les pertes sont de 45 kilowatts, ce qui fait ressortir le rendement à 94 %.

Cette dynamo est accouplée directement à un moteur à grande vitesse angulaire à quatre distributeurs avec cylindre horizontal. La puissance indiquée est de 1 000 chevaux avec une admission de 1/10 de la course.

Les distributeurs plans sont directement logés contre les fonds du cylindre, de façon à réduire au minimum les espaces nuisibles. Un déclenchement automatique, agissant sur l'arrivée de vapeur, provoque l'arrêt en cas d'emballement de la machine.

Le cylindre a 1,05 m de diamètre et la course du piston est de 1 mètre.

La pression normale à l'admission est de 7 kg par cm².

Un robinet à trois voies permet de passer rapidement de la marche à échappement libre à la marche à condensation; le condenseur est indépendant du moteur qui, toutefois, est disposé pour être muni d'un condenseur placé sous le sol ou en tandem à l'arrière du cylindre.

La mise en marche du moteur s'effectue sans vireur par la simple manœuvre de robinets spéciaux d'admission dont est muni le cylindre.

GROUPE N° 16

SOCIÉTÉ ANONYME DES HAUTS-FOURNEAUX DE MAUBEUGE

Ce groupe électrogène (*fig. 22*), entièrement construit et étudié dans les ateliers de la société anonyme des Hauts-Fourneaux de Maubeuge, se compose d'une dynamo multipolaire, type cuirassé, commandée directement par un moteur à vapeur monocylindrique pouvant développer 500 chevaux.

La dynamo, d'une puissance de 280 kilowatts à la vitesse angulaire de 120 tours par minute, peut débiter 1 120 ampères sous 250 volts.

Le système inducteur est constitué par une carcasse annulaire en acier coulé, en deux pièces, munie de 12 masses polaires, disposées radialement à l'intérieur de l'anneau, et de deux flasques, une sur chaque face, percées d'ouvertures de ventilation. L'anneau, les masses polaires et les flasques sont d'une seule coulée (*fig. 22, 23 et 24*).

Les masses polaires, en forme de fer à cheval, comportent chacune deux noyaux et deux bobines excitatrices; ces dernières, en fil de cuivre de 4 mm de diamètre, roulé sur une carcasse isolante, sont faites d'avance sur gabarit, puis enfilées sur les noyaux sur lesquels elles sont maintenues par des épanouissements polaires. Toutes les bobines sont reliées en série et

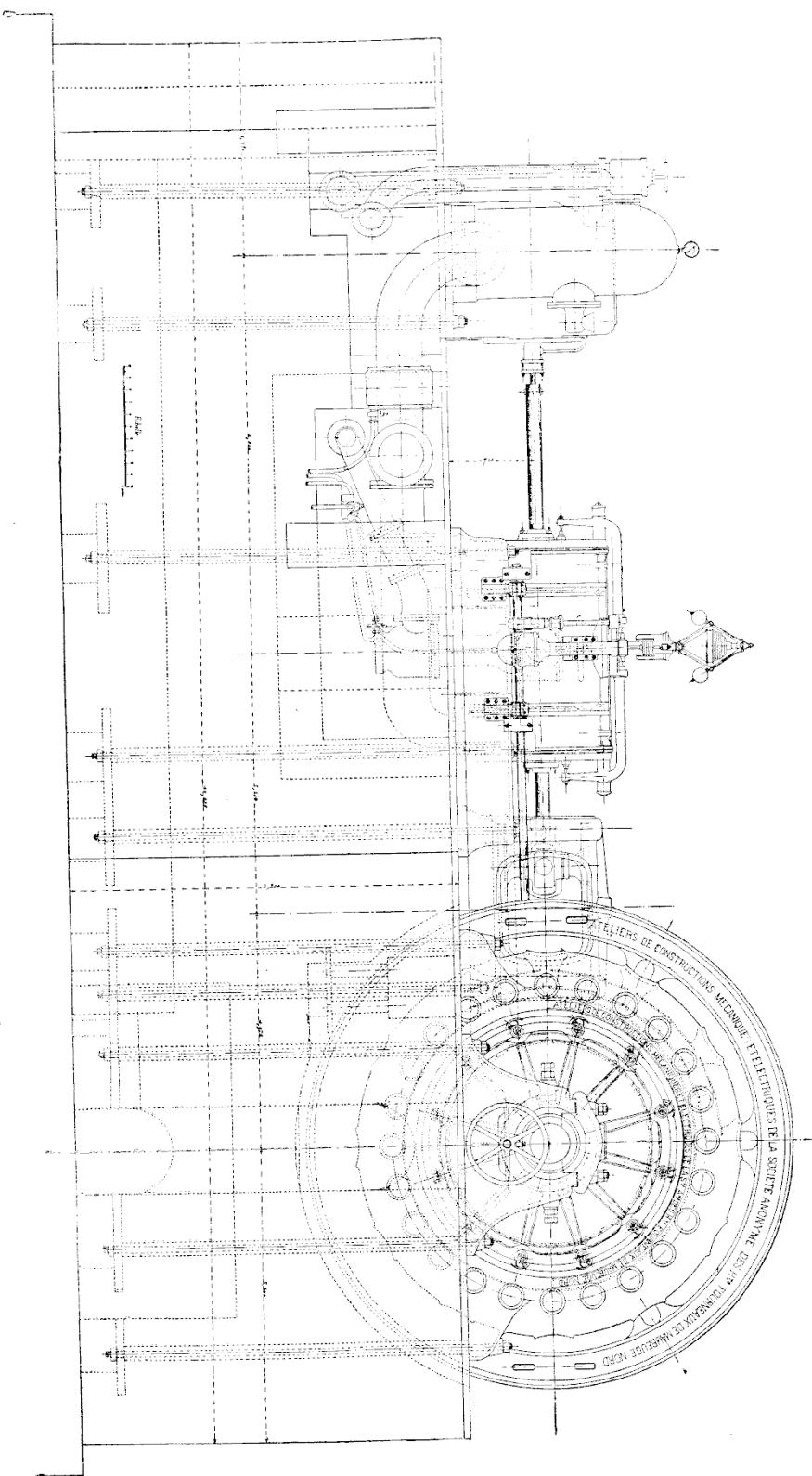


FIG. 22. — Groupe électrogène de la Société des Hauts-Fourneaux de Maujuge.

les connexions sont établies de telle sorte que chaque masse polaire présente un pôle nord sur l'un de ses noyaux et un pôle sud sur l'autre. Dans ces conditions, les polarités des diverses pièces se suivent alternativement de deux en deux, c'est-à-dire qu'il y a deux pôles nord consécutifs, puis deux pôles sud, etc. En outre, les deux pôles semblables consécutifs appartiennent chacun à une masse polaire différente. Cette disposition a pour but de créer des réluctances qui s'opposent à l'établissement des flux de réaction d'induit dont les effets se trouvent ainsi notablement diminués.

La dynamo est excitée en dérivation et consomme 10 ampères pour son excitation.

L'induit est un anneau Gramme-Paccinotti multipolaire avec 288 sections groupées par six en parallèle. Le noyau de l'induit, feuilleté et denté, est monté sur un volant à six bras doubles, dont le moyeu n'est pas claveté sur l'arbre moteur. L'entraînement s'effectue par un accouplement élastique, système Zödel, qui relie l'induit au volant du moteur.

Les 288 entailles du noyau sont presque fermées et reçoivent chacune trois spires en câble souple de 63 mm² de section, isolé par des tresses de coton et imprégné d'une solution de gomme-laque. Le collecteur comporte 288 lames en cuivre rouge isolées au mica.

Le courant est recueilli par 12 séries de 6 balais en charbon. Les tiges porte-balais sont montées sur une étoile mobile que supporte le palier extérieur de la machine. On peut faire varier le calage des balais à l'aide d'un secteur denté fixé sur cette étoile et que commande une vis sans fin actionnée par un petit volant.

Le moteur à vapeur horizontal est du système Hoyois.

Le cylindre a 750 mm de diamètre, et la course du piston est de 70 cm. La pompe du condenseur est actionnée par la tige prolongée du piston.

La pression dans la canalisation de vapeur de l'Exposition étant d'environ 10 kg : cm² et le moteur fonctionnant avec une pression à l'admission de 7,5 à 8 kg : cm², ce groupe électrogène est alimenté par l'intermédiaire d'un détendeur de vapeur.

La distribution s'effectue au moyen de soupapes équilibrées pour l'admission et de tiroirs à grille pour l'échappement. Les soupapes, logées dans les fonds du cylindre afin de réduire au minimum les espaces nuisibles, sont commandées par des tringles à mouvement alternatif rectiligne, actionnées directement par les virgules de déclic du régulateur à force centrifuge système Porter. Les tiroirs d'échappement sont commandés par des excentriques calés sur un arbre longitudinal ; cet arbre, entraîné par des pignons dentés à la même vitesse que l'arbre moteur, est perpendiculaire à ce dernier. Tous ces mouvements de commande ont une très faible amplitude, ce qui permet d'atteindre, grâce à leur faible inertie, une vitesse angulaire plus grande que celle que l'on obtient avec les autres systèmes à déclic.

GROUPE N° 17

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY (MEURTHE-ET-MOSELLE) ET SOCIÉTÉ DES INDUSTRIES ÉCONOMIQUES DE PARIS

Le groupe n° 17, en fonctionnement depuis le 15 janvier 1900, a fourni l'énergie électrique nécessaire à tous les engins de manutention qui ont servi au montage des groupes électrogènes et du matériel mécanique du palais de l'Électricité.

Ce groupe comporte deux moteurs à gaz, système Charon, d'une puissance de 60 chevaux, actionnant chacun par courroie une dynamo tétrapolaire (*fig. 25*) construite par la Compagnie Générale électrique de Nancy.

Chacune de ces dynamos, d'une puissance de 45 kilowatts à la vitesse angulaire de 600 tours par minute, débite normalement 180 ampères sous 250 volts.

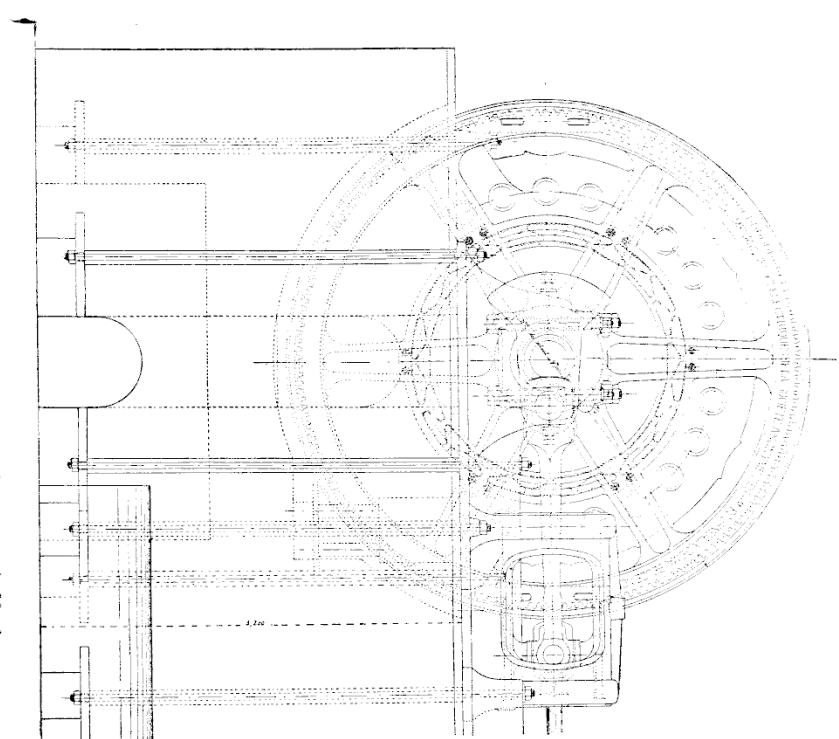


Fig. 25. — Dynamo de la Société des Hauts Fourneaux de Manœuvre.
Elevation. — Face postérieure.

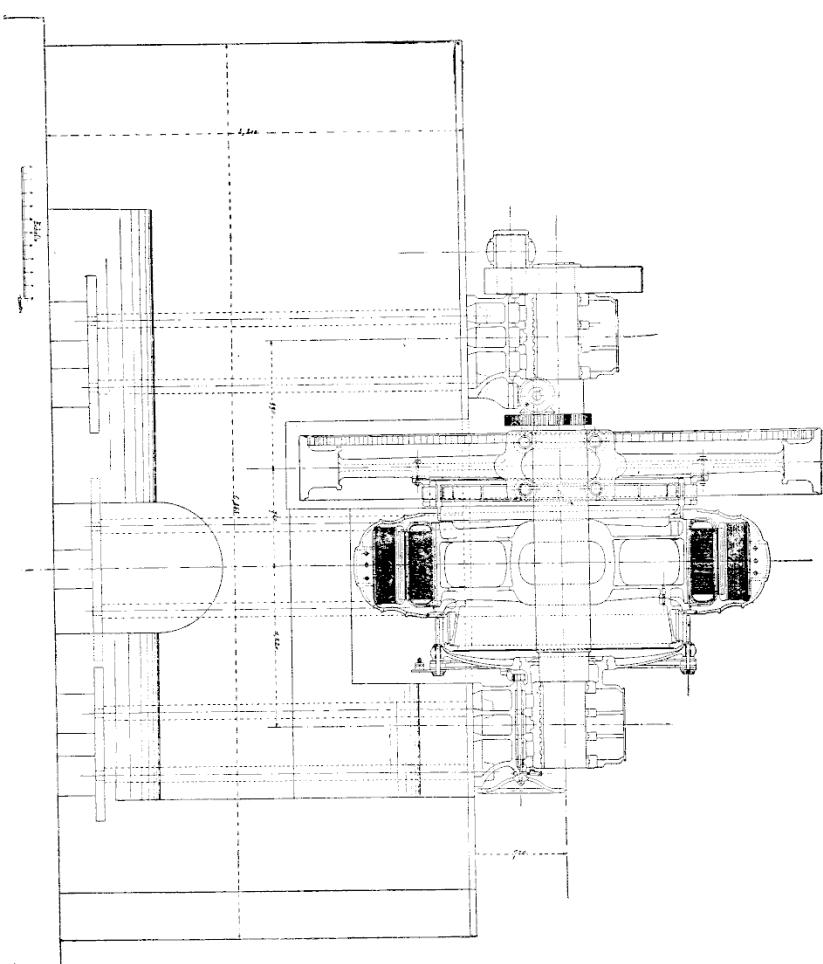


Fig. 26. — Dynamo de la Société des Hauts Fourneaux de Manœuvre.
Coupe transversale.

Le système inducteur est formé d'une carcasse circulaire en acier coulé d'une seule pièce et munie de 4 noyaux polaires venus de fonte. La dynamo est excitée en dérivation. Sur les deux faces de la dynamo sont placées des couronnes à emboîtement qui protègent l'induit et les inducteurs ; ces couronnes sont percées d'ouvertures destinées à assurer une bonne ventilation. L'ensemble est boulonné sur un socle en fonte portant également les deux paliers.

L'induit a un noyau feuilleté et denté constitué par des tôles minces en fer extra-doux isolées par un procédé spécial.

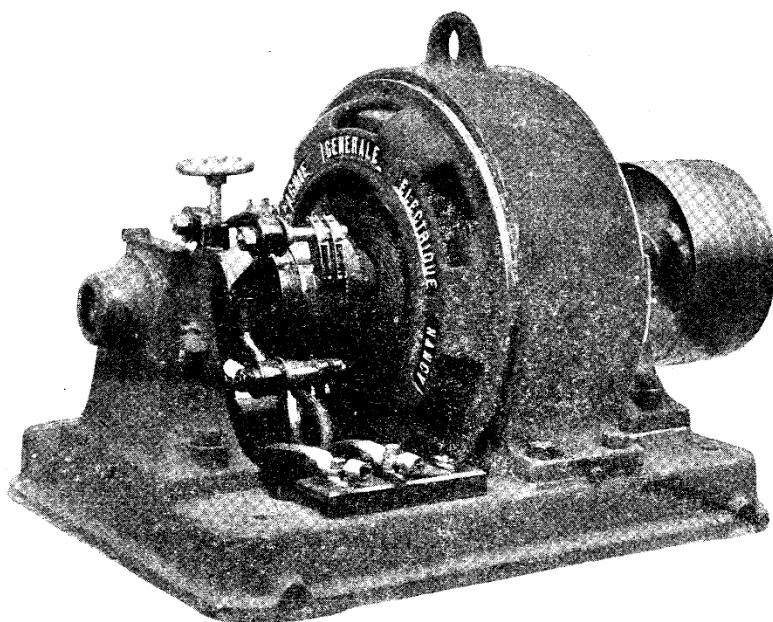


FIG. 25. — Dynamo de la Compagnie générale électrique de Nancy.

Le bobinage est du type en tambour avec sections groupées en parallèle. Chaque bobine est faite mécaniquement sur gabarit, puis, après avoir été bien isolée, encastrée dans les entailles du noyau.

Le collecteur a ses lames en cuivre rouge étiré et isolées au mica.

Le courant est recueilli par 4 séries de deux balais en charbon. Les boîtes à balai sont de construction simple et robuste, à contacts multiples, à serrage individuel et interchangeables. Les contacts des blocs de charbon avec leur support est assuré par de larges surfaces, afin d'éviter tout échauffement.

Les variations de calage des balais s'effectuent au moyen d'un petit volant permettant de déplacer les porte-balais avec la plus grande précision. Les tourillons de l'étoile à quatre branches des porte-balais sont placés sur le support du palier du côté du collecteur.

L'arbre est en acier doux, et les portées des tourillons sont très longues. Les paliers graisseurs sont du système à bague ; les coussinets, en deux pièces, sont en fonte garnie de métal antifriction.

Les paliers sont munis d'un réservoir d'huile de grandes dimensions et d'un trop-plein permettant de se rendre compte du niveau de l'huile et de sa propreté.

Le moteur à gaz, système Charon, appartient à la classe des moteurs à quatre temps et se recommande par une faible consommation spécifique de gaz. Cette faible consommation est due à ce que la quantité de gaz admise à chaque aspiration varie suivant la puissance à développer au lieu d'être fixe ; à cet effet le régulateur règle automatiquement le degré d'introduction ;

le cycle de ce moteur se rapprochant de celui des machines à vapeur, la détente est plus complète.

Les moteurs de ce groupe électrogène ont chacun une puissance de 60 chevaux et consomment environ 453 litres de gaz par cheval-heure. Ils sont à deux cylindres avec manivelles situées dans le même plan et munis chacun de deux lourds volants, dont l'un porte la courroie conduisant la dynamo.

GROUPE N° 21

MM. ROBEY ET C^{ie} DE LINCOLN (GRANDE-BRETAGNE)

La dynamo multipolaire de ce groupe (*fig. 26*) a été construite par MM. Scott et Mountain de Newcastle-sur-Tyne. Elle est actionnée directement par un moteur à vapeur horizontal compound qui sort des ateliers de la maison Robey. L'induit de la dynamo et le volant sont calés sur l'arbre du moteur entre les deux cylindres.

La dynamo, d'une puissance de 330 kilowatts à la même vitesse angulaire de 90 tours par minute, peut débiter 1 440 ampères sous 230 volts.

Le système inducteur comporte huit pôles et est formé d'une carcasse en acier coulé, en deux pièces, munie intérieurement de noyaux polaires radiaux rapportés et fixés par de fortes vis. Ces noyaux ont 43 cm de hauteur radiale et 33 cm de largeur sur 32 cm d'épaisseur; ils s'appliquent sur des sièges plans ménagés à l'intérieur de la carcasse annulaire. Les bobines excitatrices sont roulées sur une carcasse en bronze enfilée sur les noyaux; elles sont maintenues par les épanouissements polaires. La distance des becs d'une pièce polaire est de 48 cm et l'espace interpolaire est de 128 mm. La dynamo est excitée en dérivation.

Le diamètre d'alésage est de 1,54 m et l'entrefer de 14 mm.

Le diamètre extérieur de la carcasse est de 3 m et sa largeur de 74 cm.

L'induit, de 1,512 m de diamètre, est du type en tambour multipolaire avec sections groupées en parallèle. Le noyau, formé de feuilles de tôle isolées, est denté; il est monté sur un croisillon en fonte. Le collecteur a ses lames en cuivre isolées au mica; son diamètre est de 75 cm et sa largeur utile de 30 cm.

Le courant est recueilli par huit séries de balais en charbon. Les porte-balais sont fixés sur une couronne mobile, que l'on manoeuvre à l'aide d'un volant commandé par une vis, pour effectuer le calage des balais.

La dynamo est fixée, par l'intermédiaire de chaises, sur une plaque de fondation évidée de façon à donner passage à la partie inférieure de la carcasse et au volant. Les paliers du moteur ainsi que les pieds des glissières reposent également sur cette plaque. Dans ces conditions le moteur et la dynamo constituent un ensemble très rigide.

Le moteur à vapeur compound peut développer 600 chevaux indiqués à la vitesse angulaire de 90 tours par minute.

Les diamètres des cylindres sont de 308 mm pour celui de haute pression et de 951 mm pour celui de basse pression. La course des pistons est de 1,067 m.

Les manivelles sont calées à 90° l'une de l'autre.

La distribution s'effectue par des soupapes commandées par des excentriques.

Les soupapes circulaires à double siège sont soulevées et dégagées par des leviers à délic actionnés par ces excentriques qui sont calées sur des tiges commandées, à l'aide de pignons, par l'arbre moteur.

Le cylindre de haute pression est muni d'un régulateur électrique Richardson et d'une détente automatique à soupape et à délic du système « Trip ».

Le régulateur électrique Richardson sert à maintenir la tension constante sur le réseau

dans la limite de 3000. Il est constitué par un solénoïde dont le noyau équilibré agit sur le contrepoids du régulateur à force centrifuge, afin de maintenir la tension constante aux bornes de la dynamo par la variation de vitesse du moteur. Lorsque la tension dépasse sa valeur normale, le noyau du solénoïde est attiré et, par l'intermédiaire d'un levier, agit sur le régulateur qui commande les soupapes d'admission pour faire ralentir le moteur; l'effet contraire se pro-

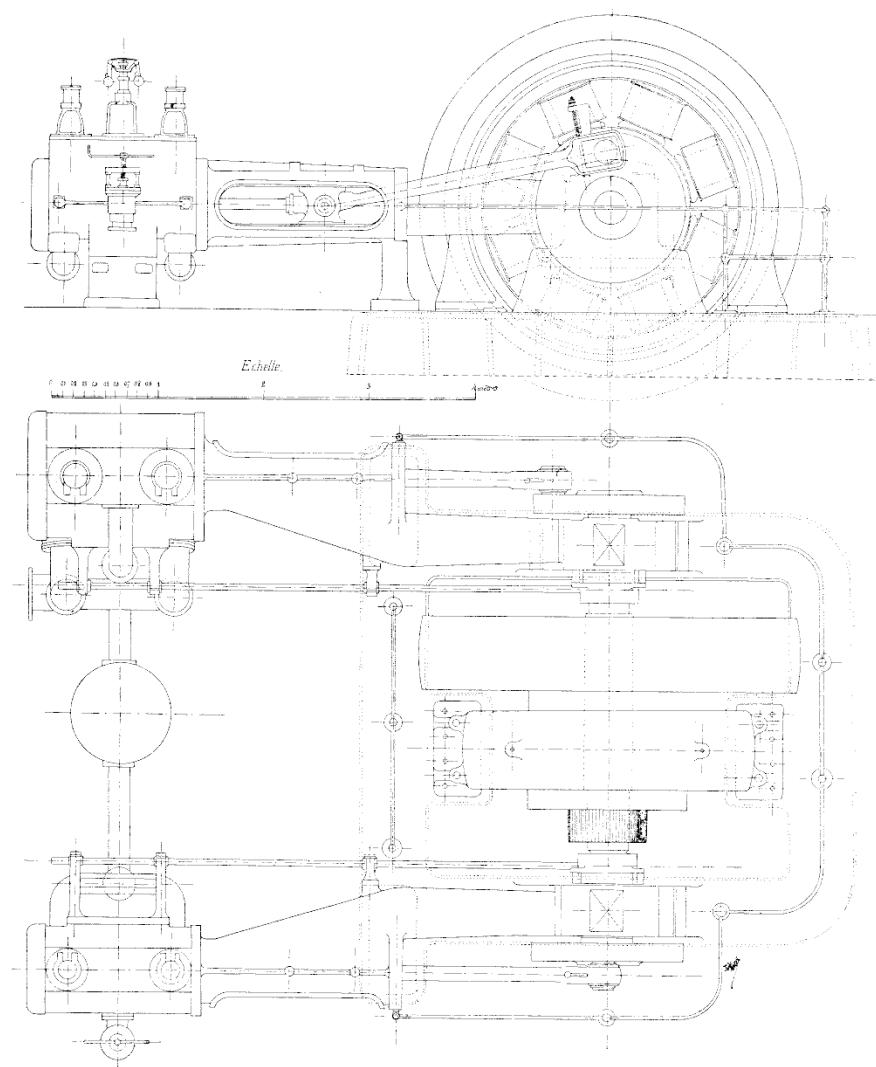


Fig. 26. — Dynamo Scott et Mountain. — Details de construction.

duit lorsque la tension vient à baisser. Enfin, si le courant est interrompu dans le circuit pour une cause quelconque, l'admission de vapeur est supprimée par le jeu de ce régulateur, et le moteur s'arrête. L'appareil Richardson consomme 130watts pour son fonctionnement. Un rhéostat placé dans son circuit permet de faire varier à volonté la valeur de la tension que le régulateur doit maintenir constante.

Le condenseur est placé dans le sous-sol, au-dessous du cylindre de basse pression. Il est

actionné par un balancier dont une des extrémités est reliée à la tige arrière du piston de ce cylindre.

La consommation de vapeur serait de 6 kg par cheval indiqué et par heure.

GROUPE N° 22

MM. SIEMENS FRÈRES ET C^{ie} DE LONDRES (GRANDE-BRETAGNE) ET MM. WILLANS ET ROBINSON DE RUGBY (GRANDE-BRETAGNE)

Le groupe n° 22 se compose d'une dynamo multipolaire Siemens accouplée à un moteur à vapeur à grande vitesse, du système Willans, à simple effet et à triple expansion, marchant à condensation.

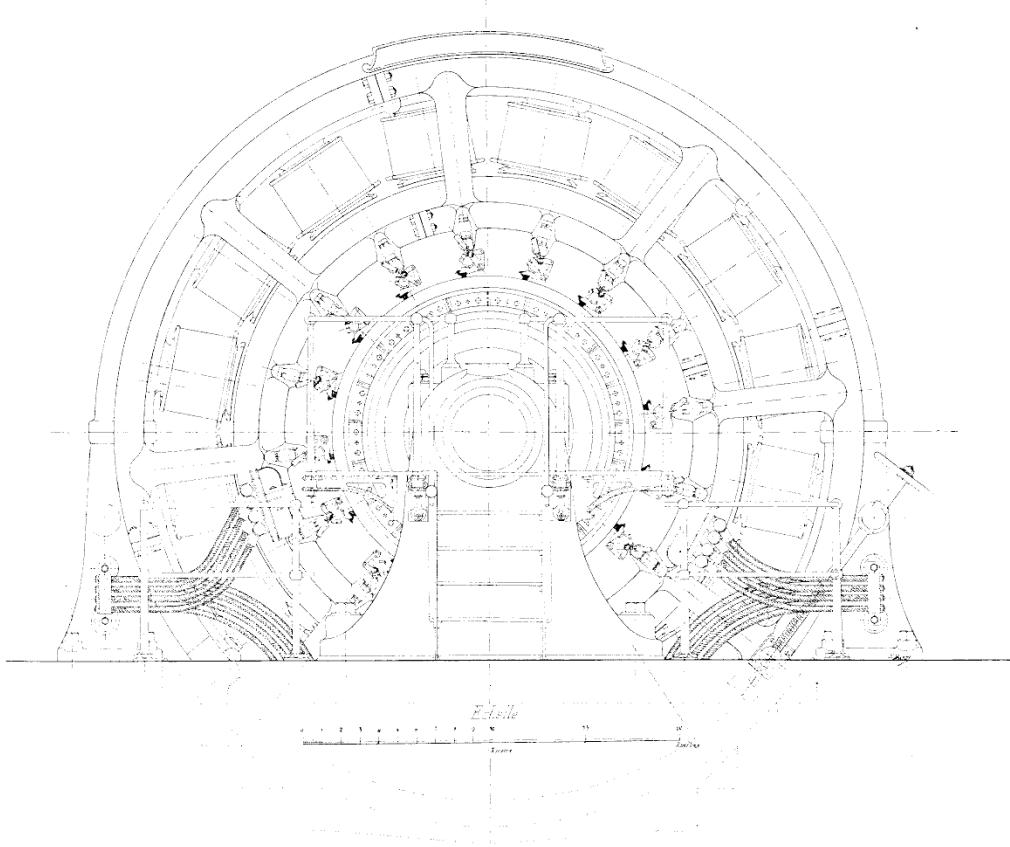


FIG. 27. — Dynamo Siemens frères. — Détails de construction.

La dynamo peut débiter normalement 2 780 ampères sous 550 volts, ce qui correspond à une puissance de 1 529 kilowatts à la vitesse angulaire de 200 tours par minute. Cette dynamo peut supporter sans inconvénient, pendant quelques instants, une surcharge de 20 %.

Le système inducteur (fig. 27 et 28) est formé d'une couronne circulaire en acier coulé, en deux pièces, de 4,26 m de diamètre et de 0,85 m de largeur. A l'intérieur de cette carcasse se projettent radialement 16 noyaux venus de fonte, sur lesquels sont montées les bobines inductrices en fil de cuivre. Ces dernières sont maintenues par des pièces polaires en fer forgé vissées sur le noyau.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit est constitué par un noyau denté en tôles isolées, claveté sur un arbre en acier fondu. Ce noyau est formé de paquets de tôle dont chaque anneau élémentaire est en plusieurs pièces avec joints chevauchés. Les tôles sont fixées sur un croisillon en fonte, et les différents paquets sont séparés par des cales, ménageant ainsi des canaux de ventilation.

Le diamètre de l'induit étant de 2,71 m, la vitesse tangentielle, à la vitesse angulaire de 200 t : m, atteint 27 m environ par seconde.

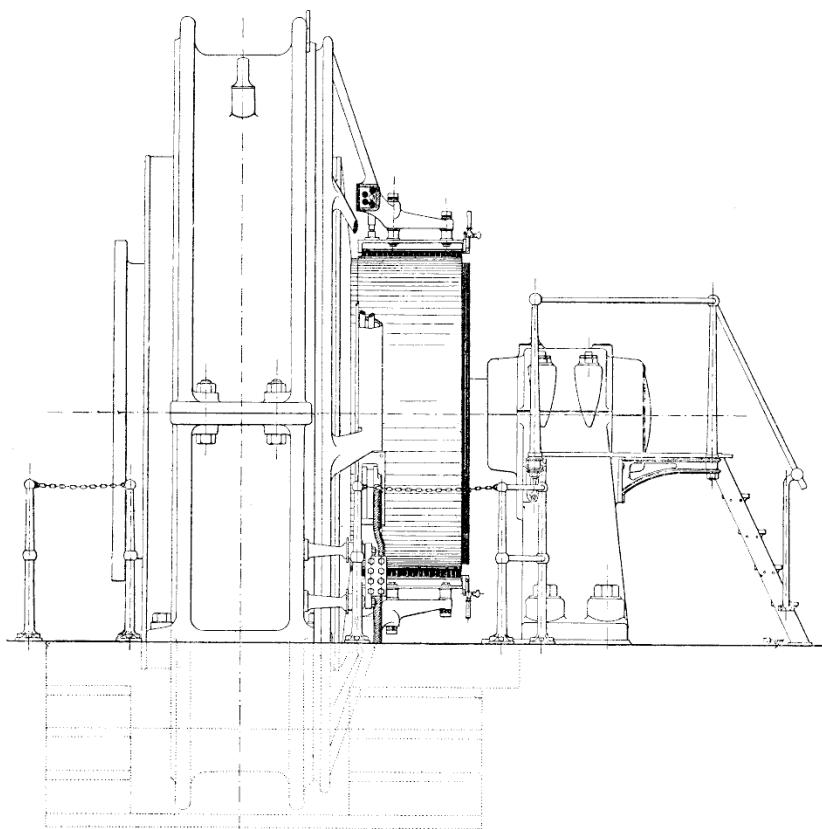


Fig. 28. — Dynamo Siemens frères. — Détails de construction.

Le bobinage est du type en tambour multipolaire avec sections groupées en parallèle. L'enroulement est constitué par des barres de cuivre, au nombre de 4 dans chaque entaille. Ces barres sont soigneusement isolées à l'aide d'une substance spéciale qui présente l'avantage de conserver ses propriétés isolantes à la plus haute température que la dynamo puisse atteindre, lorsqu'elle fonctionne à pleine charge.

A leur point de jonction avec les lames du collecteur, les barres de l'enroulement se terminent par une partie cylindrique, afin de réduire au minimum les chances de rupture de l'isolant et aussi pour obtenir un joint plus solide. Ces connexions sont supportées par des manchons et frettées.

Le collecteur, de 1,67 m de diamètre, comporte 616 lames en cuivre écouvri, isolées l'une de l'autre par des feuilles de mica. Ce collecteur est construit de manière à permettre le remplacement d'une lame quelconque sans qu'il soit nécessaire de le démonter complètement ; à cet effet, la bague conique servant à maintenir les lames est divisée en 22 segments démontables

séparément. La largeur utile du collecteur est suffisante pour permettre le déplacement latéral des balais, afin d'égaliser l'usure produite par leur frottement.

Le courant est recueilli par 16 rangées de 49 balais chacune. Les balais sont en charbon.

Les tiges porte-balais sont montées sur une couronne maintenue par des pattes faisant corps avec la carcasse de l'inducteur. Une vis sans fin permet de déplacer l'ensemble de la couronne pour faire varier le calage des balais. Chaque tige porte-balais est munie d'un dispositif de relevage. Les boîtes à balai sont en aluminium et disposées pour que la pression soit uniforme.

Le massif de maçonnerie, sur lequel repose la dynamo, porte le palier extérieur de l'arbre du moteur ainsi qu'un escalier en fer avec rampe permettant d'atteindre les graisseurs et facilitant l'inspection des divers organes.

Le poids total de la dynamo, y compris le palier, est de 61 tonnes; l'induit avec son collecteur pèse 29 500 kg.

Le moteur Willans comporte trois files verticales de chacune trois cylindres superposés, le cylindre de haute pression étant à la partie supérieure et ayant 480 mm de diamètre. Les cylindres de moyenne et de basse pression ont respectivement 770 mm et 1 250 mm de diamètre. La course des pistons est de 600 mm.

Les manivelles sont calées à 120° l'une de l'autre.

La puissance normale de ce moteur, à la vitesse angulaire de 200 t/m, est de 2 400 chevaux, mais il peut développer momentanément jusqu'à 3 000 chevaux.

Dans ces moteurs, la distribution de vapeur s'effectue par l'intérieur de la tige commune des pistons; cette tige est constituée par un tube à l'intérieur duquel coulissent des tiroirs cylindriques. Les excentriques conduisant ces tiroirs sont fixés respectivement sur les manivelles motrices.

La distribution à simple effet a été adoptée à cause de la grande inertie des parties mobiles.

Le régulateur à force centrifuge agit sur une valve à lanterne équilibrée qui fait varier la pression à l'admission par suite du laminage de la vapeur.

Les manivelles sont complètement immergées dans un bain d'huile et toutes les parties mobiles de la machine sont enfermées dans une enveloppe protectrice.

Le poids de ce moteur est d'environ 120 tonnes.

La surface occupée par cette machine est de 31 m² environ, soit 9,43 m sur 3,33 m.

GROUPE N° 23

MM. MATHER ET PLATT DE MANCHESTER (GRANDE-BRETAGNE) ET MM. GALLOWAY ET C° DE MANCHESTER (GRANDE-BRETAGNE)

La dynamo multipolaire de ce groupe est commandée directement par un moteur à vapeur compound, du type pilon, pouvant développer 680 chevaux et marchant à condensation.

La dynamo, d'une puissance de 350 kilowatts à la vitesse angulaire de 105 tours par minute, peut débiter 1 400 ampères à la tension de 230 à 250 volts. Elle est établie pour supporter au besoin une surcharge de 200 ampères.

L'inducteur (*fig. 29*) comporte 12 pôles et est formé d'une carcasse circulaire en acier coulé, en deux pièces, avec noyaux polaires intérieurs venus de fonte et disposés radialement; ces noyaux sont fortement évidés afin de diminuer le poids de la carcasse. La moitié inférieure du système inducteur est disposée de manière que l'on puisse la faire descendre dans la fosse des fondations soit pour changer une des bobines inductrices, soit pour vérifier leur état. A cet effet, les semelles servant de support à la dynamo ne reposent pas directement sur le socle du moteur, mais sur un dé susceptible d'être déplacé verticalement le long de ce socle.

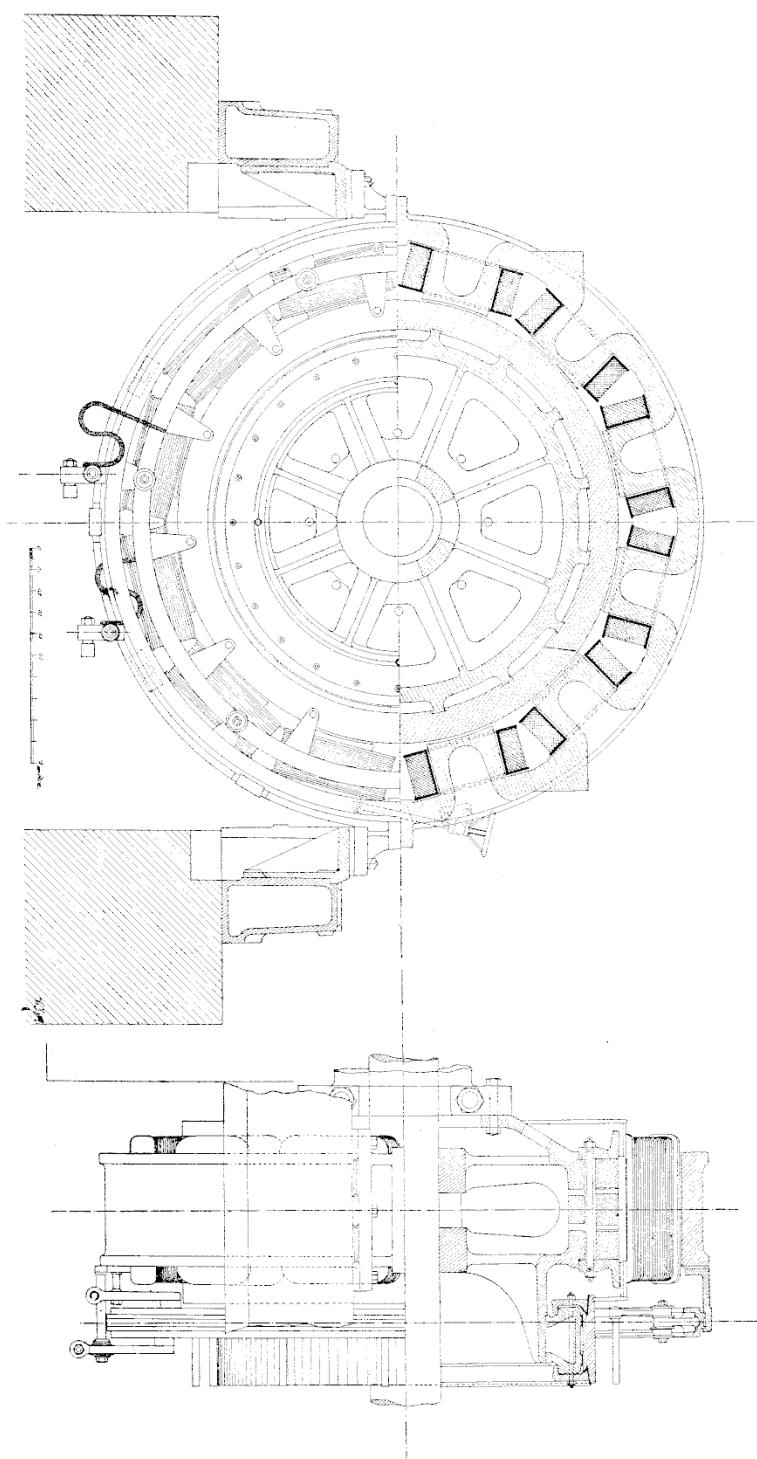


Fig. 29. — Dynamo Mother et Platt. — Détails de construction.

Les bobines excitatrices sont en fil de cuivre roulé sur une carcasse en laiton; elles sont maintenues par des vis, les noyaux ne comportant pas d'épanouissements polaires.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit est monté sur l'arbre du moteur entre les deux paliers de la machine (fig. 30); il n'est pas claveté sur cet arbre, mais boulonné directement sur une des faces du volant. Ce mode de fixation a pour effet de transmettre directement à l'induit tous les mouvements du volant en assurant une très grande solidité et en évitant l'emploi de clavettes soumises à des efforts inutiles.

Le bobinage est du type en tambour multipolaire avec sections groupées en parallèle. Le noyau de l'induit est feuilletté et denté; les barres constituant l'enroulement sont placées dans des tubes en matière isolante et complètement noyées dans les entailles du noyau.

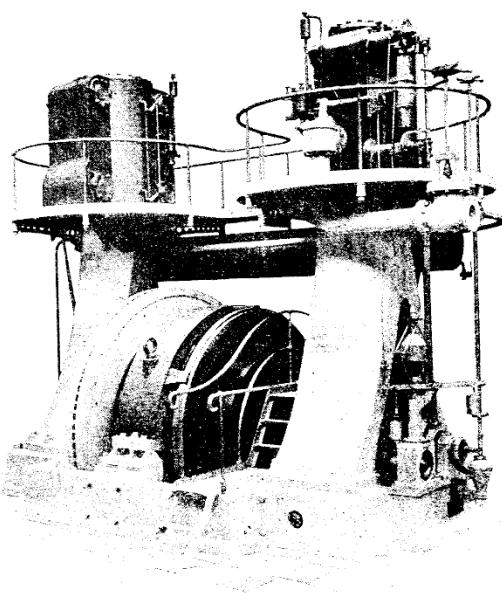


FIG. 30. — Groupe électrogène à courant continu Mather et Platt-Galloway.

Le collecteur a un très grand diamètre, et le courant est recueilli par 12 séries de balais en charbon. Les boîtes à balai sont disposées pour pouvoir régler séparément la pression de chacun d'eux; elles sont munies aussi d'un dispositif de relevage.

Des dispositions spéciales ont été prises pour assurer une bonne ventilation de tous les organes.

Le rendement de cette dynamo est d'environ 94,00 et le rendement organique du moteur de 91,00, ce qui donne, pour l'ensemble, un rendement de 85,30.

Le moteur à vapeur a été construit pour marcher à la pression d'admission de 10 kg : cm².

Le cylindre de haute pression a 460 mm de diamètre et celui de basse pression, 830 mm. La course des pistons est de 915 mm. Les cylindres sont montés sur des supports boulonnés sur le socle. Le volant et la dynamo sont placés entre ces deux supports.

La distribution s'effectue au moyen de distributeurs du système Corliss avec boîtes séparées pour l'admission et pour l'échappement. Les soupapes sont commandées par des excentriques. Le réservoir intermédiaire, dans lequel la vapeur se trouve surchauffée, est constitué par un corps cylindrique en tôle passant au-dessus de la dynamo et réunissant les cylindres de

haute et de basse pression. Le régulateur est à force centrifuge avec masse centrale et agit sur l'admission du cylindre de haute pression.

Le graissage est effectué à l'aide de deux pompes à huile, une pour chaque cylindre.

Le condenseur, du type éjecteur, est pourvu d'une pompe centrifuge indépendante.

GROUPE N° 24

NAAMLOZE VENNOTSCHAP « ELEKTROTECHNISCHE INDUSTRIE » VOORHEEN WILLEM SMIT UND C° DE SLIKKERVEER (PAYS-BAS) ET MM. STORK FRÈRES ET C° D'HENGELLO (PAYS-BAS)

Ce groupe électrogène (*fig. 31*) est constitué par une dynamo multipolaire actionnée directement par un moteur à vapeur horizontal compound pouvant développer 600 chevaux.

La dynamo, d'une puissance de 350 kilowatts à la vitesse angulaire de 110 tours par minute, peut débiter 650 ampères sous 550 volts.

Le système inducteur se compose d'une carcasse circulaire en acier coulé, en deux pièces, munie intérieurement de 10 noyaux polaires cylindriques disposés radialement. Ces noyaux sont rapportés et fixés à la carcasse par de fortes vis. Les bobines excitatrices, en fil de 2,5 mm de diamètre roulé sur une carcasse en laiton, sont enfilées sur les noyaux et maintenues par les épanouissements polaires.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit, avec enroulement multipolaire en tambour et sections groupées en parallèle, a son noyau feuilleté et denté. Le noyau est porté par une étoile en fonte dont le moyeu est claveté sur l'arbre du moteur à vapeur.

Le bobinage est constitué par des lames de cuivre de 3 mm d'épaisseur et de 20 mm de largeur, placées sur champ, au nombre de 4, dans chaque entaille. Ces barres sont isolées du noyau à l'aide de mica. L'induit comporte 448 sections de 2,5 m chacune de longueur. Le collecteur a, par conséquent 448 lames isolées au mica. Sa largeur utile est de 330 mm.

Le courant est recueilli par dix séries de 4 balais en charbon. Les tiges porte-balais sont fixées sur une couronne mobile que supportent des bras disposés sur la carcasse inductrice. Une vis sans fin, manœuvrée par un petit volant, permet de faire varier le calage.

Le moteur à vapeur compound a été construit pour fonctionner avec de la vapeur surchauffée sous une pression à l'admission de 10 kg par centimètre carré. A l'Exposition, il est alimenté par la vapeur de la canalisation générale sans emploi du surchauffeur.

Les cylindres de haute et de basse pression ont respectivement 530 mm et 875 mm de diamètre. La course des pistons est de 1 mètre.

Le système de distribution est des plus simples. Un seul excentrique actionne les soupapes d'admission et d'échappement du cylindre de basse pression. Le régulateur, du système Dorfel-Proll, est monté sur l'arbre de distribution et commande les soupapes d'admission du cylindre de haute pression ; l'admission peut varier depuis zéro jusqu'à 10 de la course.

Lorsque le moteur fonctionne avec de la vapeur surchauffée, la température de cette vapeur à l'admission, dans le cylindre de haute pression, atteint au maximum 330°. D'après les essais effectués, à la température d'admission de 330°, la consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure est de 4,35 kg environ. La vapeur partiellement détendue peut être réchauffée de nouveau à 200° avant d'arriver au cylindre de basse pression.

L'induit de la dynamo et un volant du poids de 13 tonnes sont clavetés sur l'arbre du moteur entre les deux cylindres.

La pompe à air verticale est actionnée par la tige prolongée du cylindre de basse pression.

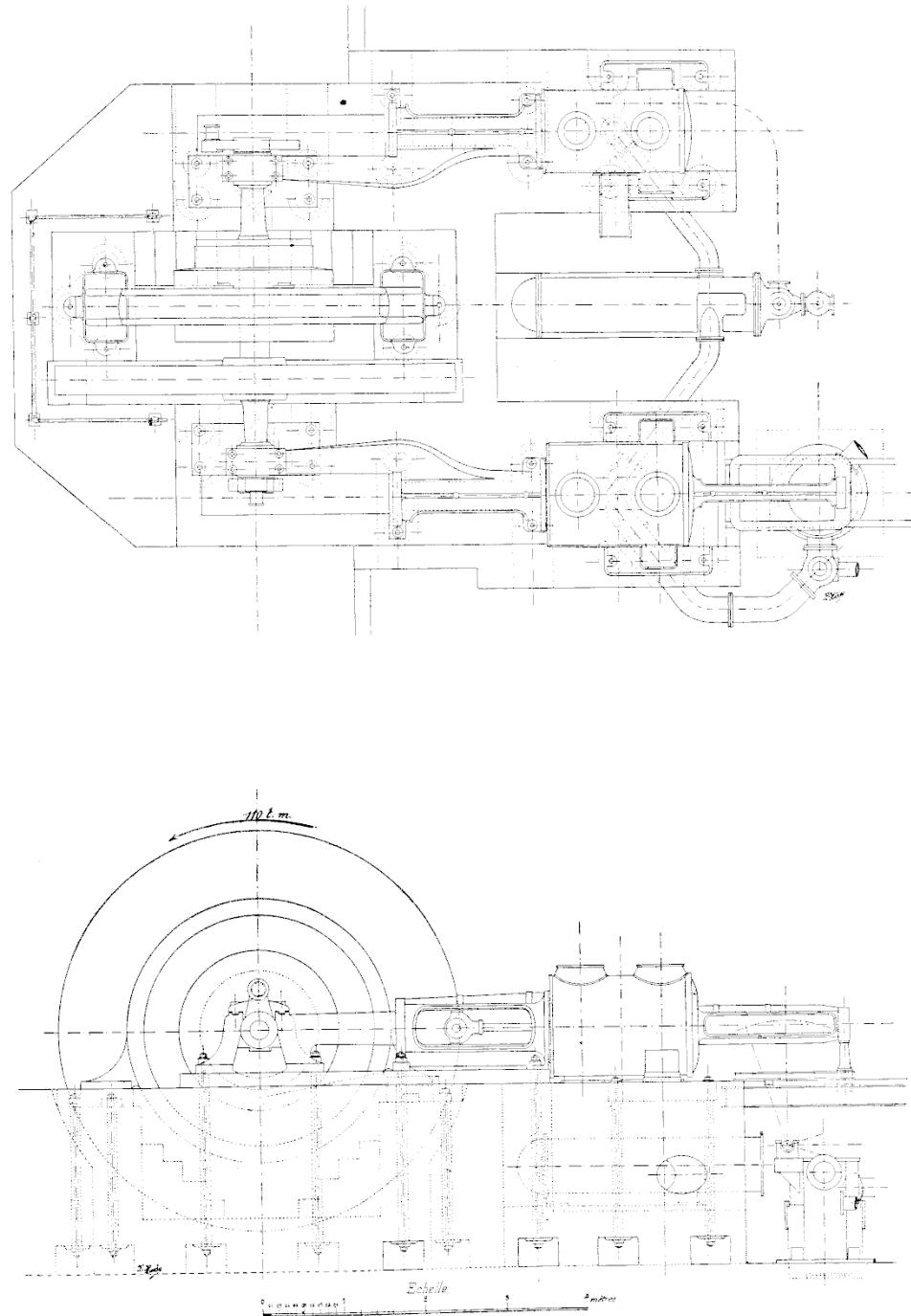


Fig. 31. — Groupe électrogène à courant continu "Elektrotechnische Industrie" — Stork frères.

GROUPE N° 32

SOCIÉTÉ SIEMENS ET HALSKE, DE VIENNE (AUTRICHE), ET M. F. RINGHOFER DE SMICHOW-PRAGUE (AUTRICHE)

Ce groupe électrogène (*fig. 33*) est constitué par une dynamo multipolaire actionnée directement par un moteur à triple expansion, type pilon, d'une puissance normale de 1 600 chevaux indiqués, pouvant au besoin développer 2 000 chevaux.

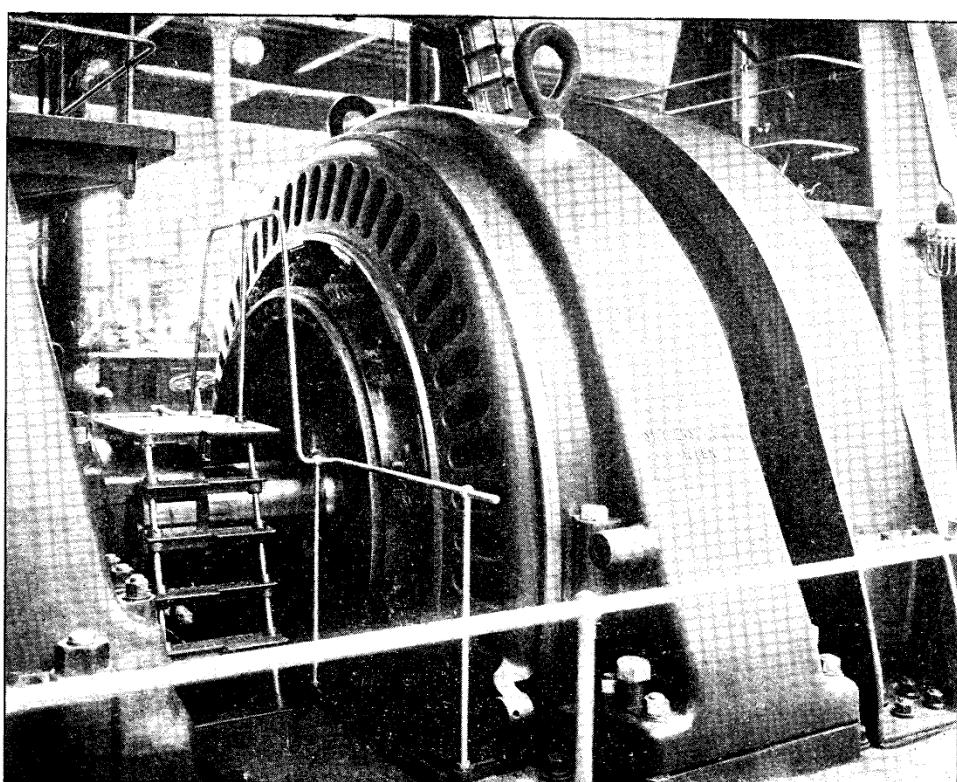


Fig. 32. — Dynamo Siemens et Halske (Vienne).

La dynamo (*fig. 32*), d'une puissance de 1 000 kilowatts à la vitesse angulaire de 95 tours par minute, peut débiter normalement de 1 850 à 2 000 ampères sous 500-550 volts.

La carcasse de l'inducteur (*fig. 34*) est constituée par une couronne en acier coulé, en deux pièces, munie de 14 noyaux polaires rapportés et disposés radialement. Ces noyaux, formés d'un assemblage de tôles minces isolées, sont fixés à la carcasse par deux fortes vis; ils sont, en outre, maintenus par des coins de calage en acier, également fixés à la carcasse par une vis. Grâce à cette disposition, le démontage d'une pièce polaire est rendu très facile. L'alésage des pièces polaires n'est pas rigoureusement concentrique à l'induit, l'entrefer étant plus grand du côté des becs de sortie que du côté des becs d'entrée, dans le but de diminuer les effets de la réaction d'induit.

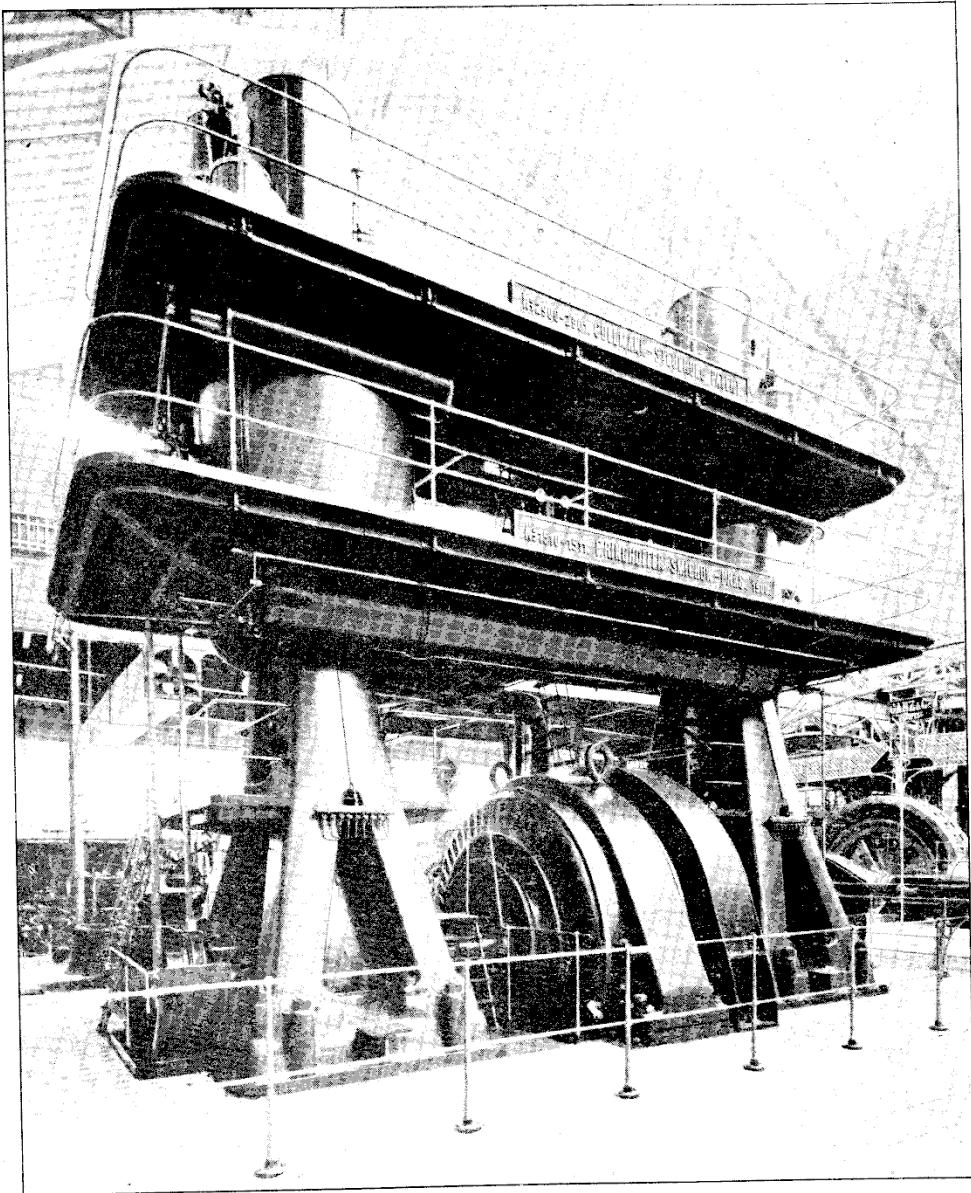


Fig. 33. — Groupe électrogène à courant continu Siemens et Halske (Vienne) — F. Ringhofer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

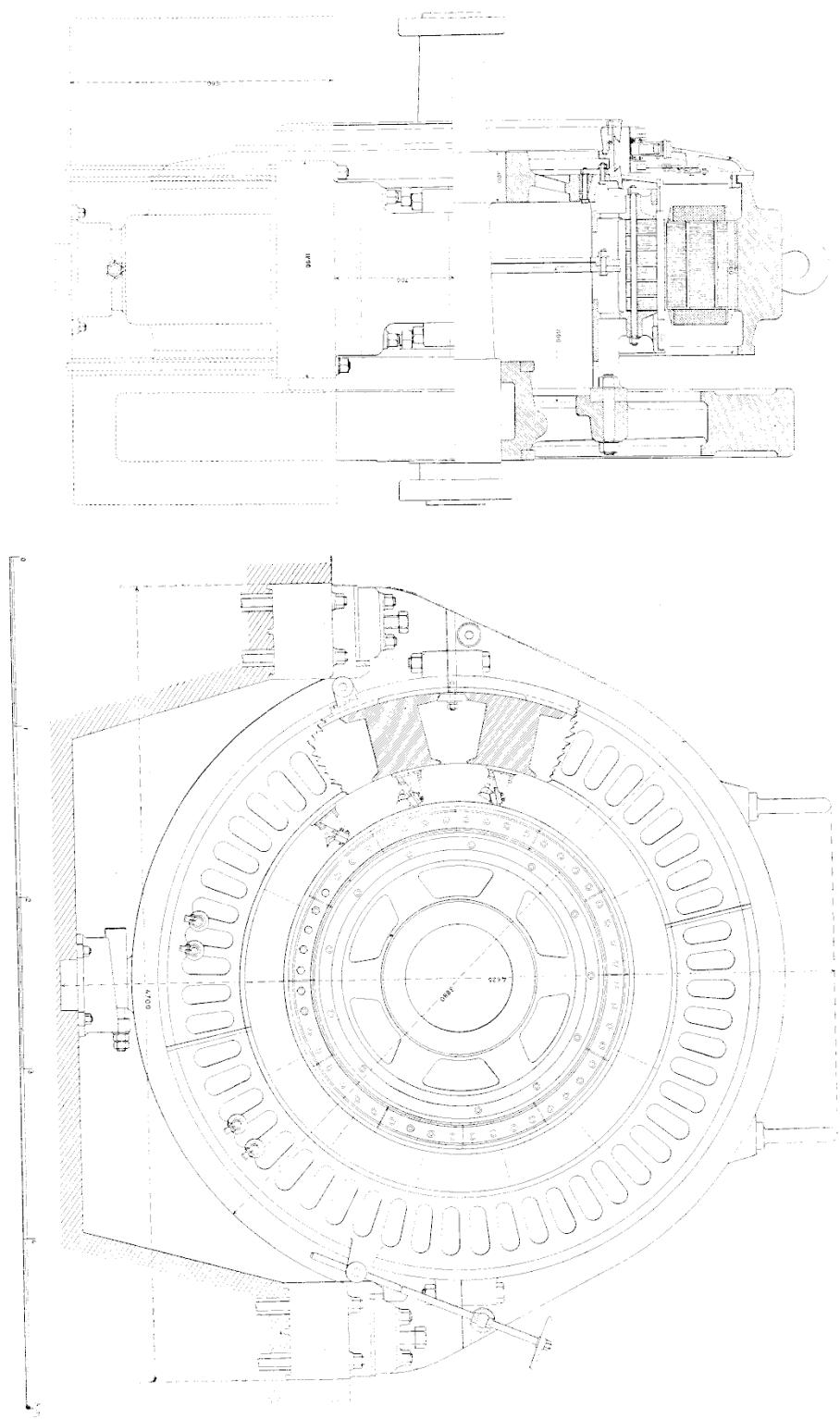


Fig. 34. — Dynamo Siemens et Halske (Vienne). — Détails de construction.

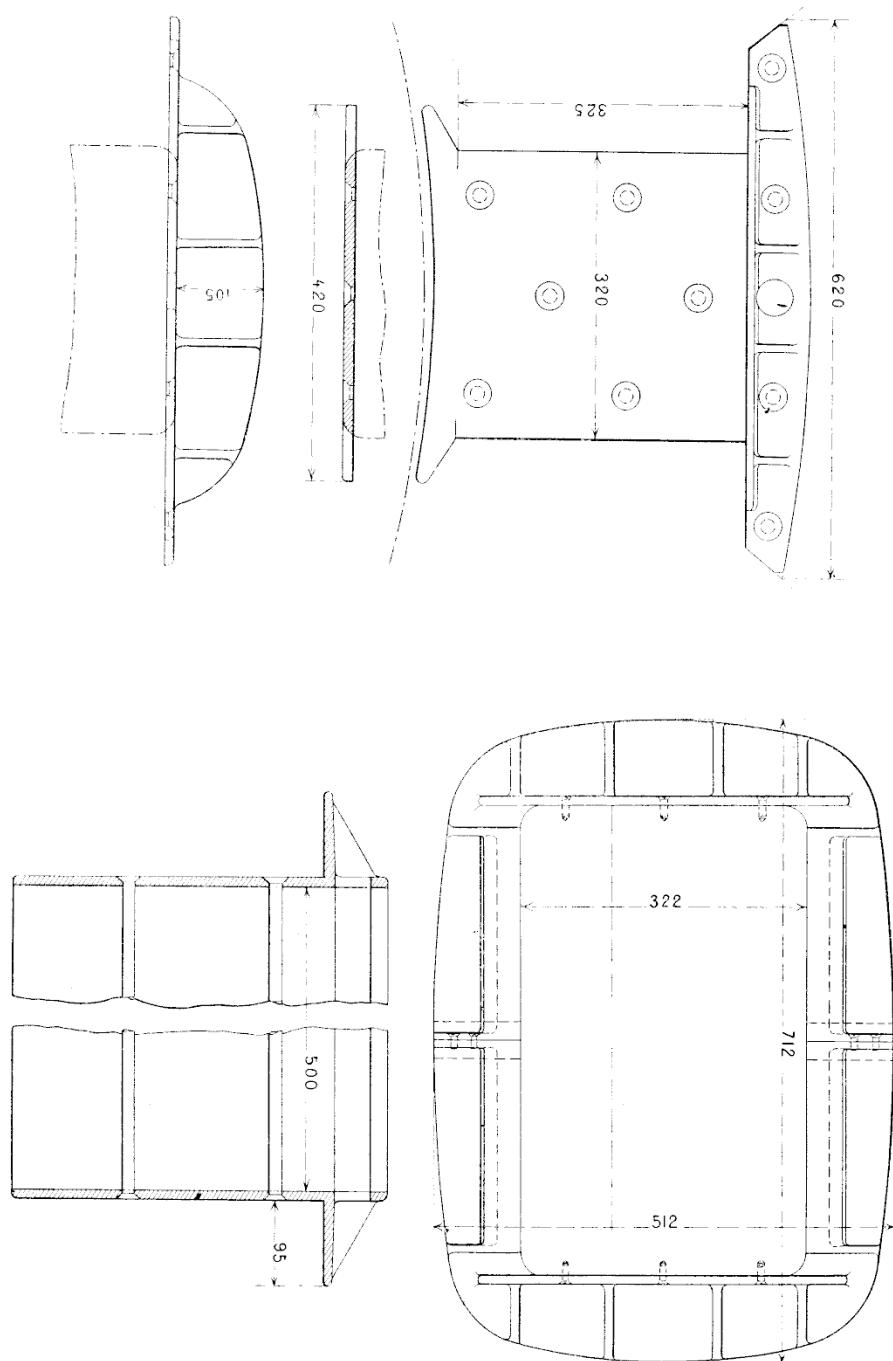


FIG. 35. — Dynamo Siemens et Halske (Vienne). — Détails de construction des noyaux polaires et des carcasses des bobines inducrices.

Les tôles constituant le noyau forment en même temps les épanouissements polaires; elles sont maintenues par une carcasse en bronze en deux pièces réunies par des vis; sur cette carcasse est roulé le fil de cuivre, de 4 mm de diamètre, des bobines inductrices.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit a son noyau feuilleté et denté. Ce noyau, en forme de couronne, est monté sur une solide étoile en fonte dont le moyeu est placé, à côté du volant, sur l'arbre du moteur. L'entraînement de l'induit est assuré par des broches fixées dans le volant.

L'enroulement multipolaire en tambour, du type série-parallèle imaginé par le professeur Arnold, comprend 572 spires, en lames de cuivre.

Le collecteur a 372 lames isolées au mica.

Le courant est recueilli par 14 séries de 10 balais en charbon. Les tiges porte-balais sont montées sur une flasque percée d'ouvertures de ventilation et appliquée sur la carcasse inductrice par un joint à baïonnette permettant un déplacement d'un certain angle. Pour faire varier le calage, on déplace cette flasque à l'aide d'une vis munie d'un petit volant à main.

Le moteur à vapeur a ses cylindres placés verticalement et superposés deux par deux. Il y a deux cylindres de haute pression; par conséquent, le moteur comporte quatre cylindres.

Les deux cylindres de haute pression ont chacun 350 mm de diamètre; celui de moyenne pression; 4150 mm, et enfin celui de basse pression, 4650 mm. La course commune des pistons est de 900 mm.

L'un des cylindres de haute pression et celui de moyenne pression sont d'un même côté; l'autre cylindre de haute pression et celui de basse pression forment l'autre file verticale. La dynamo et le volant sont placés entre les deux files de cylindres. Les manivelles sont calées à 90° l'une de l'autre.

Les cylindres de haute pression sont munis de distributeurs à soupape du système Collmann; les deux autres ont des distributeurs Corliss.

La pression de la vapeur à l'admission est de 12 kg : cm².

Ce moteur a été construit pour fonctionner avec de la vapeur surchauffée à 330-340° et, dans ce cas, la consommation de vapeur annoncée est de 4,4 kg par cheval-heure indiqué.

Le condenseur et les pompes à air sont indépendants et installés dans le sous-sol.

Les pompes à air sont verticales et à pistons à double effet du système Doerfel. Dans ce modèle de pompes, des réservoirs d'air sont disposés au-dessus du piston; l'air contenu dans ces réservoirs, prenant part à l'expansion et à la compression, assure une marche douce et régulière, en évitant les coups de bâlier.

GROUPE N° 39

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ ALIOTH DE MÜNSCHENSTEIN -- BALE (SUISSE), ET M. EMILE MERTZ DE BALE (SUISSE)

Le groupe électrogène Alioth-Mertz est constitué par un moteur à vapeur vertical à grande vitesse, type pilon, construit par la maison E. Mertz, de Bâle, actionnant directement une dynamo Alioth.

La dynamo (*fig. 36 et 37*), d'une puissance de 223 kilowatts, à la vitesse angulaire de 280 tours par minute, peut débiter normalement 450 ampères sous 300 volts.

L'inducteur est constitué par une carcasse circulaire en fonte en deux pièces, à l'intérieur de laquelle sont fixés, à l'aide de fortes vis, 10 noyaux polaires en acier coulé, dans lesquels sont ménagées des saignées destinées à augmenter la réductance du circuit magnétique de réaction d'induit. La moitié inférieure de la carcasse porte, en outre, venus de fonte, le socle de la dynamo et deux paliers. L'enroulement des bobines inductrices est effectué directement sur les noyaux et est retenu par les épanouissements polaires, d'une part, et par une embase, d'autre part.

La dynamo est excitée en dérivation.

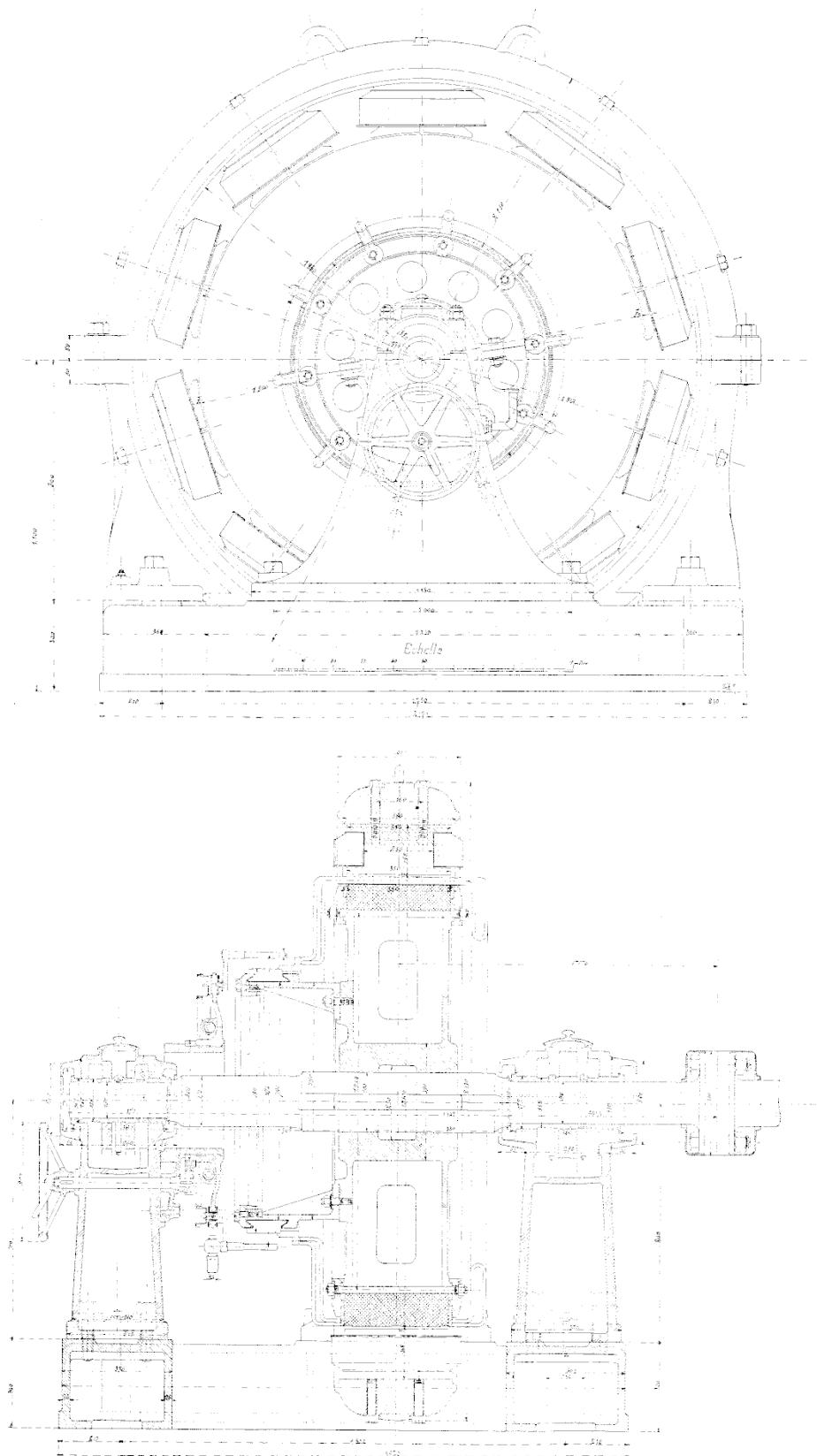


Fig. 36. — Dynamo Alioth. — Détails de construction.

Le noyau de l'induit est formé par des séries de couronnes en tôles minces de 0,4 mm d'épaisseur, isolées par interposition de papier très homogène. Les anneaux de tôle de l'induit sont séparés en plusieurs paquets; entre chacun de ces paquets sont ménagés des canaux de ventilation, non figurés sur le dessin.

L'ensemble des couronnes est maintenu, de part et d'autre, par des joues en fer de 12 mm d'épaisseur, fixées par deux couronnes en bronze, qui sont elles-mêmes entretoisées par des boulons. Ces boulons pénètrent partiellement dans des rainures pratiquées à l'intérieur des couronnes de tôles et à la partie extérieure des bras du croisillon. Cette disposition très mécanique assure un excellent entraînement et un centrage invariable des couronnes.

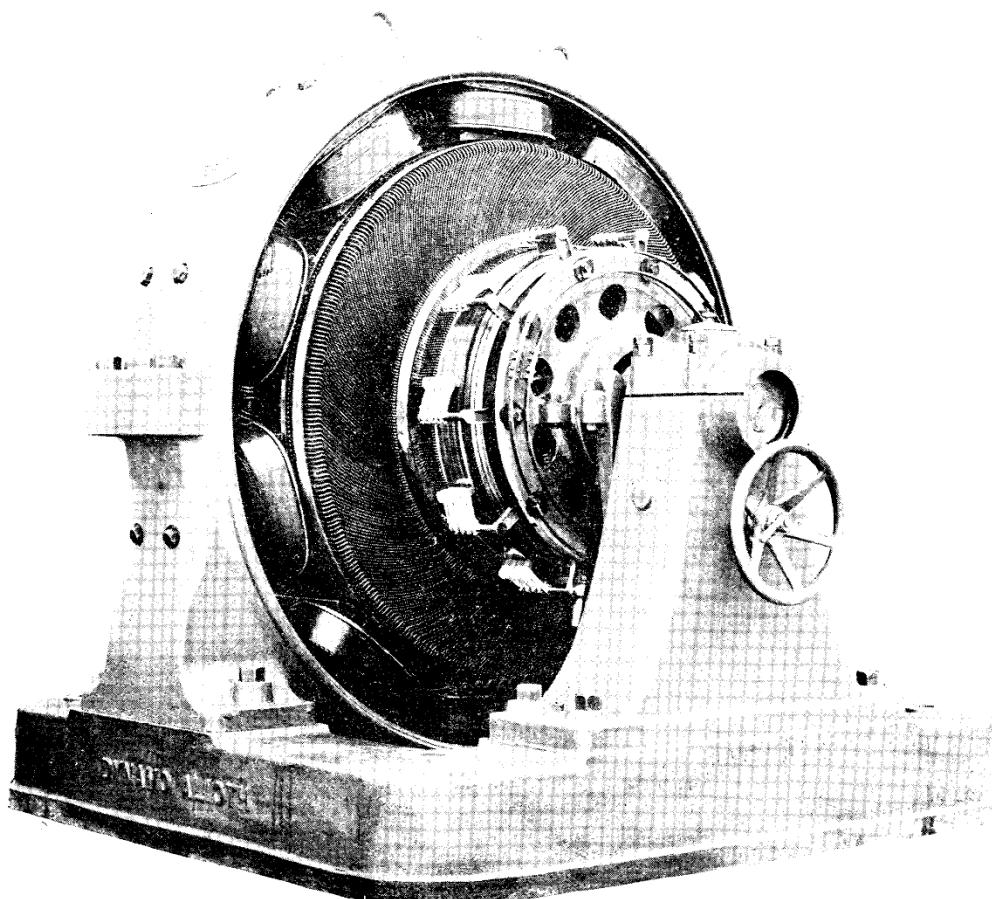


FIG. 37. — Dynamo Alioth.

Les diverses sections de l'enroulement multipolaire en tambour, isolées par du ruban, sont logées dans les entailles pratiquées sur le noyau et sont groupées en parallèle. Le diamètre de l'alésage est de 1,516 m; le diamètre de l'induit étant de 1,50 m, l'entrefer est de 8 mm.

Le collecteur a ses lames en cuivre isolées l'une de l'autre par des feuilles de mica de 0,8 mm d'épaisseur. Il est monté sur un tambour en fonte fixé au moyen de boulons vissés dans le tourteau de l'induit.

Le courant est recueilli par dix séries de 5 balais en charbon. Les porte-balais sont montés sur une couronne mobile supportée par un manchon fixé sur le palier de la dynamo; les variations de calage s'effectuent à l'aide d'un volant commandant un pignon.

Les paliers sont munis de graisseurs automatiques à bagues plongeant dans l'huile contenue dans le corps du palier.

GROUPE N° 40

ELEKTRIZITÄTS — ACTIENGESELLSCHAFT VORMALS SCHUCKERT UND C° DE NUERMBERG (ALLEMAGNE)
ET M. FRANCO TOSI DE LEGNANO (ITALIE)

La dynamo Schuckert de ce groupe électrogène (*fig. 38*) est actionnée par un moteur à vapeur horizontal à soupapes, à triple expansion et à quatre cylindres, marchant à condensation et pouvant développer 1 200 chevaux à la vitesse angulaire de 107 tours par minute.

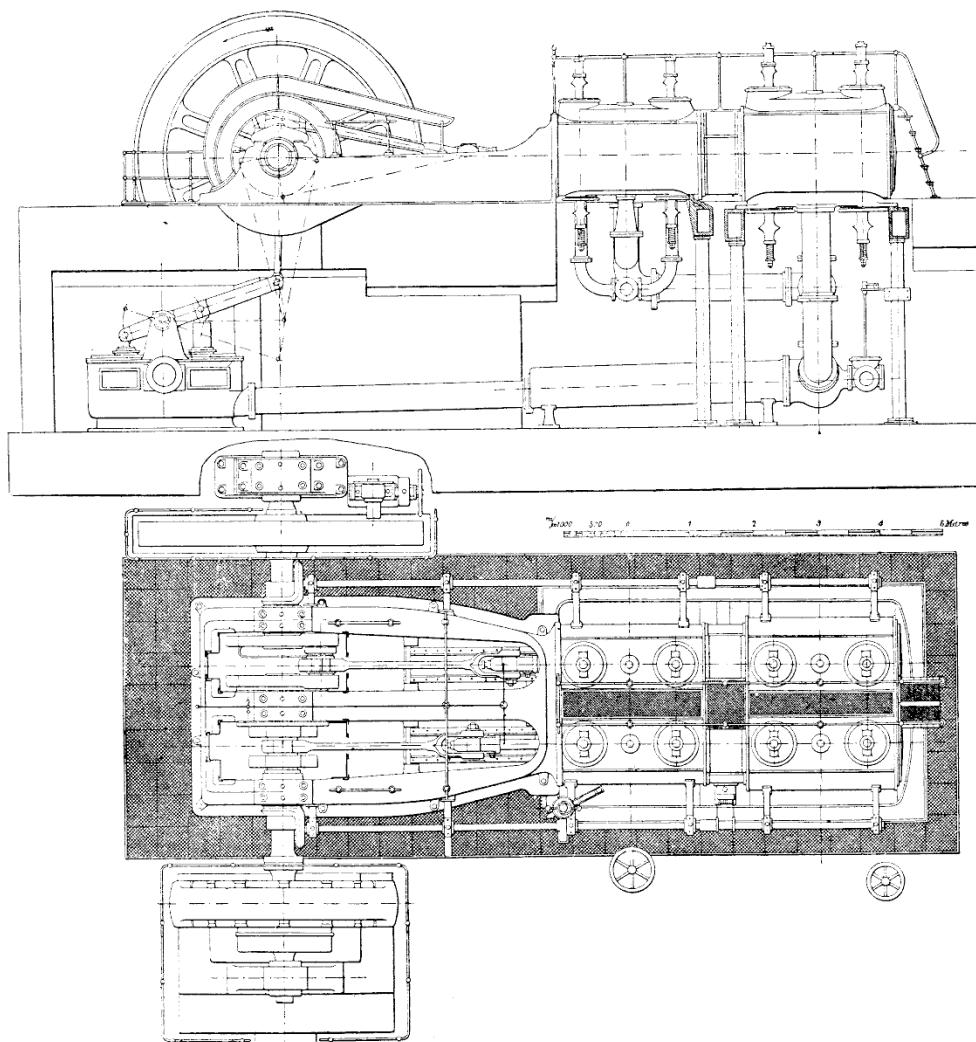


FIG. 38. — Groupe électrogène à courant continu Schuckert-Tosi.

La dynamo *fig. 39*, d'une puissance de 700 kilowatts, peut débiter à pleine charge 1 450 ampères sous 600 volts.

L'inducteur est constitué par une carcasse en acier coulé, en deux pièces, affectant une forme

polygonale et munie de 14 noyaux polaires, à section rectangulaire, venus de fonte. Afin de réduire le poids de cet ensemble, on a ménagé des évidements au droit de chaque noyau.

Les bobines inductrices, en fil du cuivre roulé sur une carcasse, sont enfilées sur les noyaux et maintenues par les pièces polaires en fer forgé, fixées sur le noyau par des vis à tête noyée et des prisonniers. Elles sont montées en série et excitées en dérivation.

L'induit est du type en tambour multipolaire avec sections reliées en parallèle. L'enroulement, formé de fils câblés à profil rectangulaire, est maintenu à la surface du noyau, lisse et feuilleté, par des cercelages en fil d'acier et un certain nombre de coins d'entraînement.

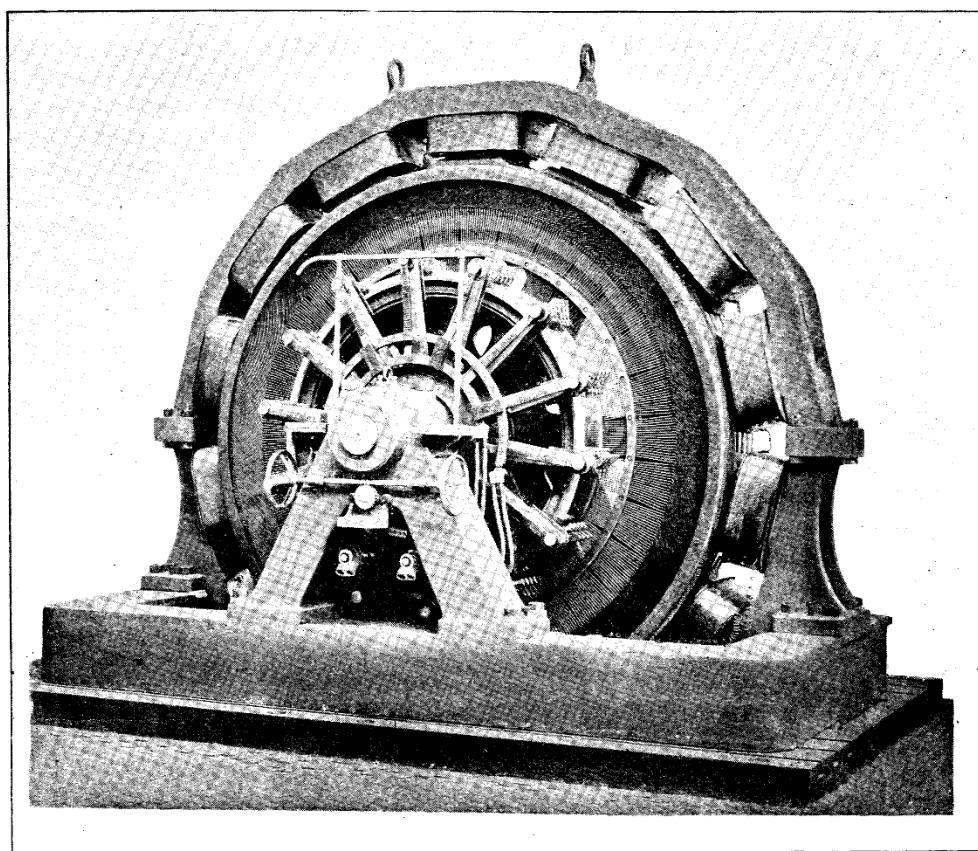


FIG. 39. — Dynamo Schuckert.

Les câbles de cuivre faisant partie d'une même section sont reliés entre eux, à l'arrière du noyau, par des lames de cuivre en forme de développantes de cercle qui forment un espèce de grillage. Le courant d'air produit à travers ce grillage par la rotation de l'induit assure une ventilation énergique.

Le collecteur comporte 450 lames en cuivre dur étiré, isolées par interposition de feuilles de mica et maintenues par deux bagues coniques.

Le courant est recueilli par 14 séries de 3 balais en charbon. On peut faire varier le calage des balais à l'aide d'une vis sans fin que l'on manœuvre par un volant et qui permet, à l'aide d'un pignon intermédiaire, de déplacer l'étoile sur laquelle sont montés les porte-balais.

A pleine charge, le rendement de cette dynamo est de 93 0 0; à demi-charge, il serait encore, d'après le constructeur, de 91,5 0 0.

Le moteur à vapeur, système Tosi, a ses cylindres de haute et de moyenne pression placés parallèlement; ils actionnent des manivelles calées à 90°. A l'arrière de chacun de ces cylindres est placé en tandem un cylindre de basse pression; les deux cylindres de basse pression agissent comme un cylindre unique de volume double.

Les deux files de cylindres étant juxtaposées, le refroidissement est moindre.

A une des extrémités de l'arbre est calé l'induit de la dynamo; l'autre extrémité opposée porte un volant qui, au besoin, peut être remplacé par l'induit d'une seconde dynamo lorsqu'on veut installer une distribution à trois fils.

Les cylindres de haute et de moyenne pression ont respectivement des diamètres de 525 mm et de 825 mm; les cylindres de basse pression ont chacun 975 mm de diamètre. La course des pistons est de 1,20 m.

Entre les deux files de cylindres se trouve une petite plate-forme à laquelle on accède par un escalier; elle est destinée à faciliter la surveillance des soupapes d'admission et le graissage.

La distribution s'effectue par soupapes et les arbres portant les excentriques sont placés extérieurement, de part et d'autre des deux files de cylindres.

Le régulateur, du système Porter, est actionné par l'arbre à excentriques, du côté du petit cylindre, par l'intermédiaire d'une roue dentée commandée par une vis sans fin; il agit directement sur le mécanisme à déclic de ce cylindre, en permettant de faire varier l'admission jusqu'aux 6/10 de la course. Le degré d'admission dans les autres cylindres peut être modifié à la main.

On peut faire varier la vitesse du moteur à vapeur par le déplacement d'un contrepoids placé sur le levier horizontal du régulateur. Comme le déplacement de ce contrepoids, s'il était fait à la main, pourrait occasionner des oscillations momentanées du régulateur susceptibles de nuire à la régularité de marche du moteur, la vis qui sert à déplacer ce contrepoids le long de sa tige est actionnée par des engrenages coniques, placés au point de rotation du levier et commandés par un petit arbre à volant fixé au pilier du régulateur.

Les deux pompes à air verticales à simple effet sont reliées entre elles par un balancier et actionnées par la manivelle du moteur au moyen d'une bielle.

Le graissage des articulations est assuré par l'huile qui coule en abondance d'un réservoir élevé et qui y est renvoyée par une pompe après avoir été filtrée.

La vapeur arrive préalablement graissée à l'intérieur des cylindres; le cylindre de haute pression reçoit, en outre, de l'huile à travers les deux soupapes d'admission. Les six conduites de graissage sont alimentées par une pompe à six plongeurs, placée entre deux des cylindres en tandem et actionnée par deux excentriques placés sur l'arbre de distribution correspondant.

GROUPE N° 41

SOCIETA ESERCIZIO BACINI DE GÈNES (ITALIE) ET M. FRANCO TOSI DE LEGNANO (ITALIE)

Ce groupe (*fig. 40*) est constitué par une dynamo Bacini actionnée directement par un moteur vertical à vapeur à quadruple expansion, d'une puissance de 800 chevaux, marchant à condensation.

La dynamo (*fig. 41*), d'une puissance de 500 kilowatts à la vitesse angulaire de 160 tours par minute, peut débiter 1 000 ampères sous 500 volts.

L'inducteur est constitué par une carcasse circulaire en fonte, munie intérieurement de 16 noyaux polaires en fer doux, pris dans la fonte de la carcasse.

Les bobines inductrices, en fil de cuivre de 3,5 mm de diamètre, sont enfilées sur les noyaux et maintenues par les pièces polaires fixées par des vis à tête fraisée. La dynamo est excitée en dérivation.

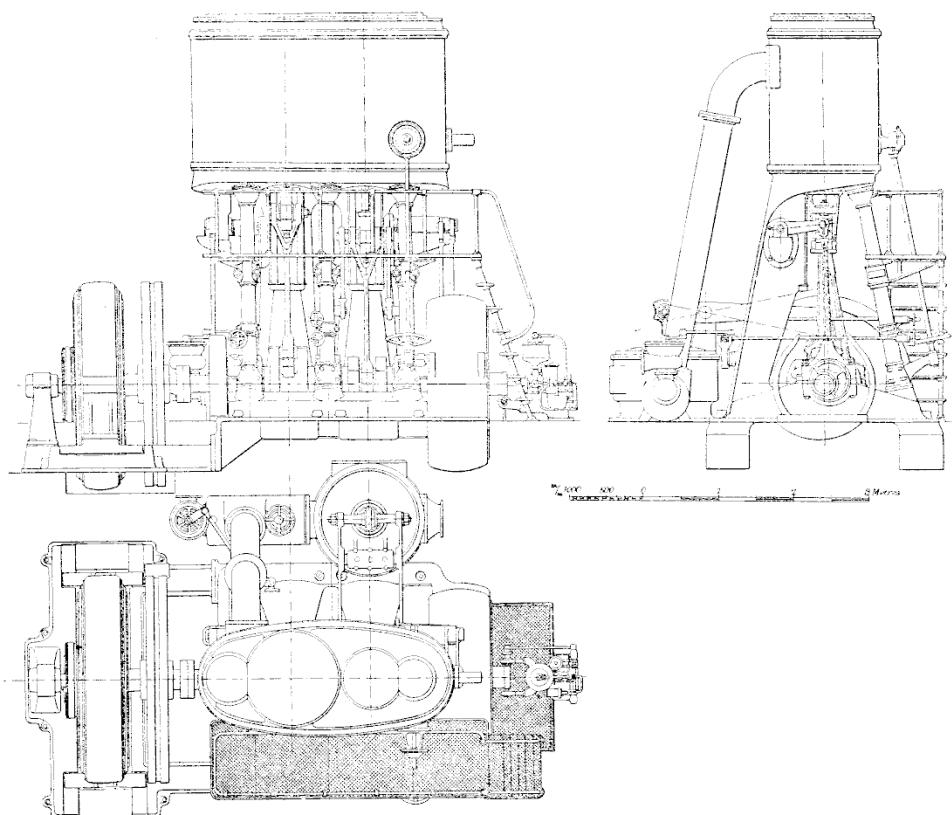


Fig. 40. — Groupe électrogène à courant continu Bacini-Tosi.

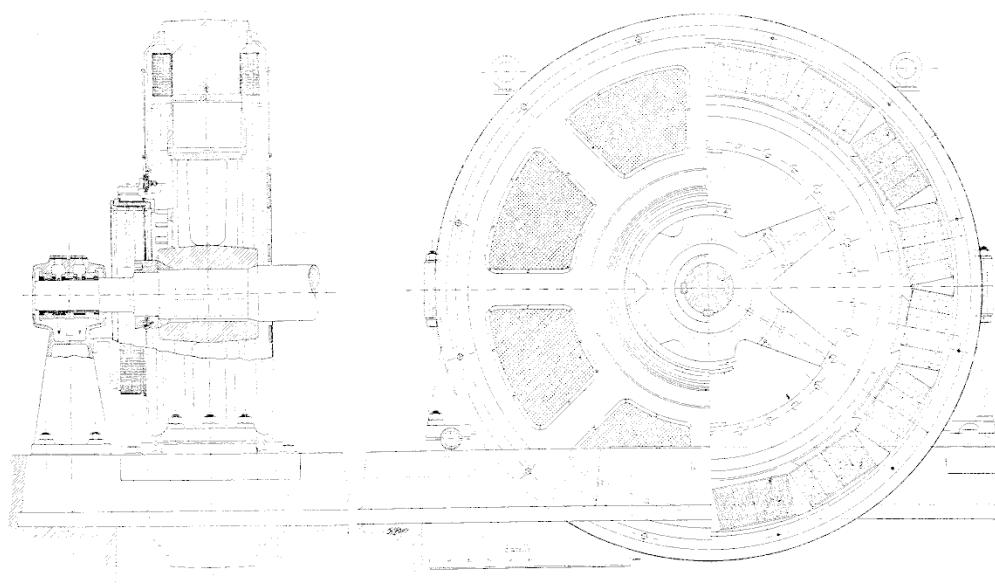


Fig. 41. — Dynamo Bacini. — Détails de construction.

La carcasse de cet inducteur repose, de chaque côté, sur des semelles munies de coins qui peuvent être déplacés à l'aide de vis, dispositif qui permet de centrer exactement l'inducteur.

L'induit denté, à noyau feuilleté, est du type en tambour avec enroulement système Arnold comportant 4 séries couplées en parallèle. Le noyau porte 516 entailles et il y a deux couches de fil dans chacune d'elles.

Le collecteur, de 416 mm de largeur et de 1 m de diamètre, comporte 516 lames. Le courant est recueilli par 46 séries de 2 balais. Les porte-balais sont fixés sur une couronne mobile que l'on manœuvre à l'aide d'un pignon pour faire varier le calage. Le support de la couronne mobile est fixé par des pattes à la carcasse de l'inducteur.

Une couronne de protection, formée de segments ajourés, est placée sur chaque face de la dynamo.

Le moteur à vapeur comporte deux files de cylindres verticaux superposés dont les deux bielles actionnent des manivelles calées à 90°.

Le cylindre de haute pression et un des cylindres de moyenne pression placé au dessus sont coulés d'une seule pièce ; il en est de même pour les deux autres cylindres. Leurs diamètres sont respectivement de 375, 525, 675 et 1000 mm ; la course commune des pistons est de 650 mm.

La distribution de la vapeur se fait au moyen de tiroirs cylindriques équilibrés. Les tiroirs des deux cylindres de moyenne et de basse pression sont montés sur une tige actionnée par un excentrique à calage fixe, tandis que les tiroirs de la première file sont indépendants, chacun d'eux ayant sa tige et son excentrique à calage variable.

Le régulateur à poids et à ressorts est logé à l'intérieur d'un volant claveté sur l'une des extrémités de l'arbre du moteur. Ce régulateur fait varier l'angle d'avance des excentriques des tiroirs de la première file de cylindres. Une disposition spéciale permet de faire varier le poids des masses du régulateur ; ces masses sont creuses et il est possible, à l'aide d'une pompe, soit d'y introduire de la glycérine, ce qui les alourdit, soit de chasser cette glycérine au moyen d'air comprimé, ce qui les allège.

La pompe à air, placée à côté du moteur, est actionnée par un balancier articulé à la crosse de l'un des pistons.



II

GROUPES ÉLECTROGÈNES A COURANTS ALTERNATIFS EN SERVICE A L'EXPOSITION

Les groupes électrogènes à courants alternatifs, fournissant l'énergie électrique nécessaire aux divers services de l'Exposition, sont au nombre de 18 :

Deux de ces groupes produisent du courant alternatif simple, un seul produit des courants diphasés et les autres des courants triphasés.

ALTERNATEURS SIMPLES

- N° 25. Helios, Elektricitäts-Aktiengesellschaft de Cologne-Ehrenfeld (Allemagne) et Vereinigte Maschinenfabrik d'Augsburg et Maschinenbaugesellschaft de Nuremberg (Allemagne).
- 35. Ateliers de construction d'Oerlikon près Zurich (Suisse) et MM. Sulzer frères de Winterthur (Suisse).

ALTERNATEUR DIPHASÉ

- 9. M. Joseph Farcot de Saint-Ouen (Seine).

ALTERNATEURS TRIPHASÉS

- 4. Compagnie de Fives-Lille de Paris.
- 5. M. A. Grammont de Pont-de-Chéruy (Isère) et MM. Pignet et C^{ie} de Lyon.
- 7. Société « L'Eclairage Electrique » de Paris et MM. Dujardin et C^{ie} de Lille.
- 11. Compagnie générale électrique de Nancy et Société anonyme des établissements Weyher et Richemond de Pantin (Seine).
- 12. Société anonyme « Électricité et Hydraulique » de Jeumont (Nord) et Société anonyme des établissements Weyher et Richemond de Pantin (Seine).
- 13. Maison Breguet de Paris et MM. Delaunay-Belleville et C^{ie} de Saint-Denis (Seine).
- 14. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston de Paris et Société française de constructions mécaniques (anciens établissements Cail) de Paris.
- 15. MM. Schneider et C^{ie} du Creusot (Saône-et-Loire) et MM. Dujardin et C^{ie} de Lille.
- 27. Siemens et Halske Aktiengesellschaft de Berlin (Allemagne) et M. A. Borsig de Tegel près Berlin (Allemagne).
- 29. Elektricitäts-Actien-Gesellschaft vormals Kolben und C^o de Prague-Vysocan (Autriche) et Société anonyme des ateliers Carels frères de Gand (Belgique).
- 30. Société anonyme « Électricité et Hydraulique » de Charleroi (Belgique) et Société anonyme des ateliers de construction H. Bollinckx, de Bruxelles.
- 31. Compagnie internationale d'électricité de Liège (Belgique) et Société anonyme des anciens ateliers de construction Van den Kerchove de Gand (Belgique).

- N° 33. MM. Ganz et Cie de Leobersdorf près Vienne (Autriche) et Erste Brunner de Brünn (Autriche).
 37. MM. Ganz et Cie de Budapest (Hongrie) et M. L. Lang de Budapest (Hongrie).
 38. Ateliers de construction d'Oerlikon près Zurich (Suisse) et Société anonyme Escher Wyss et Cie de Zurich (Suisse).

ALTERNATEURS SIMPLES

GROUPE N° 23

HELIOS, ELEKTRICITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT DE COLOGNE-EHRENFELD (ALLEMAGNE) ET MASCHINENFABRIK D'AUGSBOURG ET DE NUREMBERG (ALLEMAGNE)

L'alternateur, type volant, de ce groupe (*fig. 42*) est actionné directement par un moteur à vapeur horizontal, à triple expansion, d'une puissance de 1 600 chevaux effectifs pouvant développer 2 000 chevaux.

L'alternateur présente cette particularité qu'il peut fournir soit du courant alternatif simple, soit des courants triphasés, et aussi fournir les deux sortes de courants simultanément. Fonctionnant comme générateur triphasé, sa puissance est de 3 000 kilovolts-ampères, à la vitesse angulaire de 71,3 tours par minute; elle est de 2 000 kilovolts-ampères lorsqu'il donne du courant alternatif simple; enfin, il peut produire simultanément 1 200 kilovolts-ampères en courant alternatif simple et 1 500 kilovolts-ampères en courants triphasés.

La tension étoilée, dans le cas de courants triphasés, peut être de 6 600, 3 300 ou 2 200 volts. À l'Exposition, où l'alternateur fournit du courant alternatif simple, la tension est de 2 200 volts.

Le nombre de périodes par seconde est de 50, l'alternateur comportant 84 pôles et la vitesse angulaire étant de 71,3 t : m.

L'inducteur mobile est constitué par un volant en fonte, en quatre pièces, relié par douze doubles bras au moyeu fixé sur l'arbre du moteur (*fig. 43*).

La partie extérieure de ce volant porte 84 noyaux polaires de section circulaire, en acier coulé, encastrés dans la couronne et maintenus chacun par deux fortes vis. Les bobines inductrices sont formées de spires de ruban de cuivre, roulé sur champ, et isolées l'une de l'autre par interposition de papier. Le poids total de cuivre de l'inducteur est de 3 500 kg; la résistance à chaud du circuit inducteur est de 0,7 ohm. Sur chacune des faces du volant est rapporté un grand disque de tôle mince, fixé par des vis à la partie intérieure de la couronne du volant; on évite de la sorte la formation de tourbillons d'air, et la résistance opposée de ce fait au mouvement de rotation est alors fortement diminuée.

Le poids total de l'inducteur-volant est de 76 tonnes. Son diamètre, à l'extrémité des pièces polaires, est de 7,976 m.

Le courant d'excitation est fourni par un groupe électrogène indépendant (*fig. 44*) qui comprend une dynamo hexapolaire, d'une puissance de 50 kilowatts à la vitesse angulaire de 240 tours par minute, commandée par un moteur à vapeur vertical compound sortant des ateliers Schichau d'Elbing.

L'inducteur de l'excitatrice est constitué par une couronne en fonte à l'intérieur de laquelle sont fixés radialement, à l'aide de vis, les six noyaux polaires en acier coulé des bobines inductrices. La dynamo est excitée en dérivation et le réglage s'effectue à l'aide d'un rhéostat intercalé dans le circuit des électros.

L'induit est du type en tambour multipolaire avec sections groupées en parallèle.

A pleine charge et avec un facteur de puissance égale à 0,7, l'excitation consomme 24 kilowatts, soit environ 1 0/0 de l'énergie fournie par l'alternateur.

L'induit fixe comporte une carcasse annulaire en fonte, en quatre pièces assemblées par

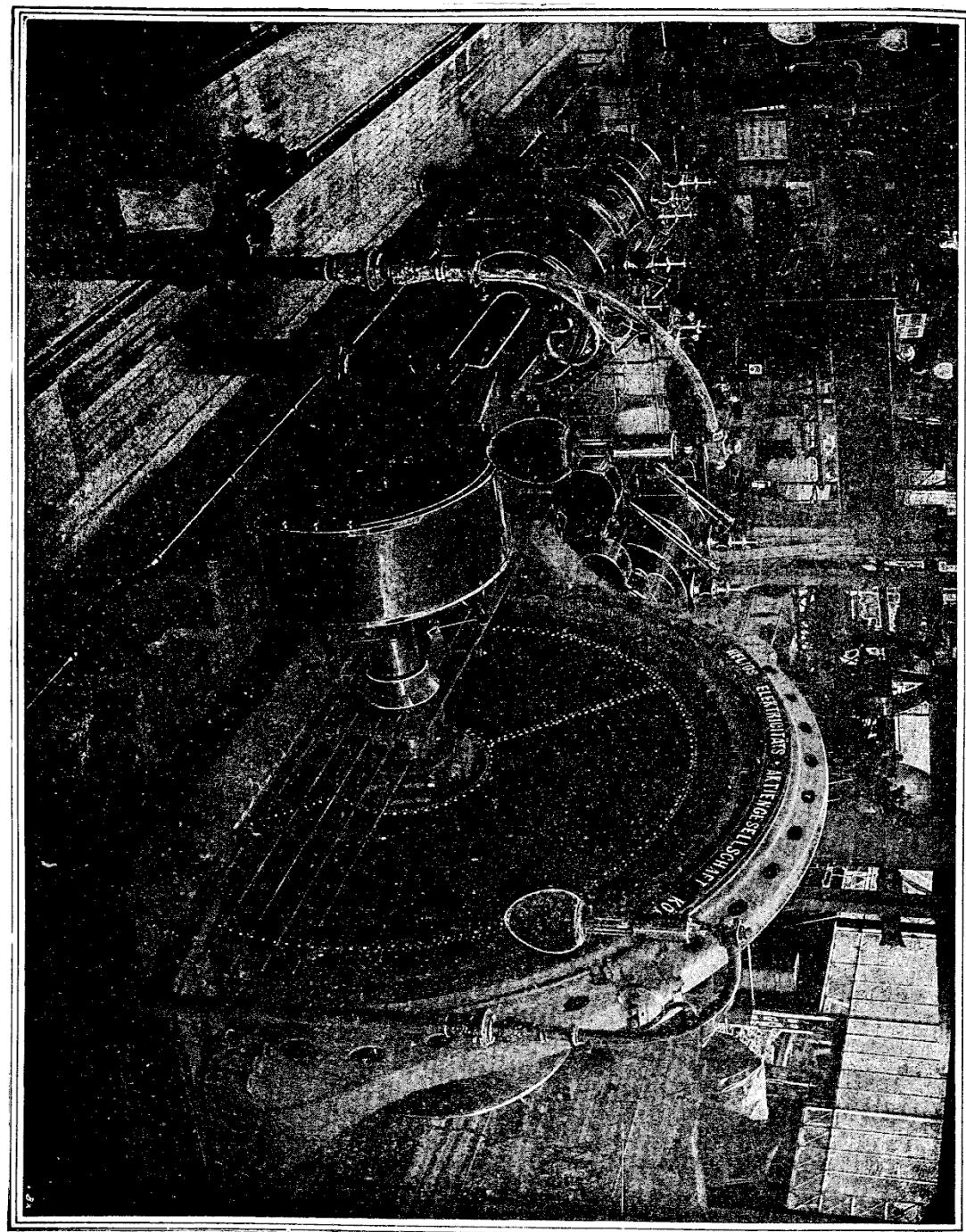


Fig. 42. — Groupe électrogène à courant alternatif Société Helios — Maschinenfabrik d'Augsbourg et de Nuremberg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

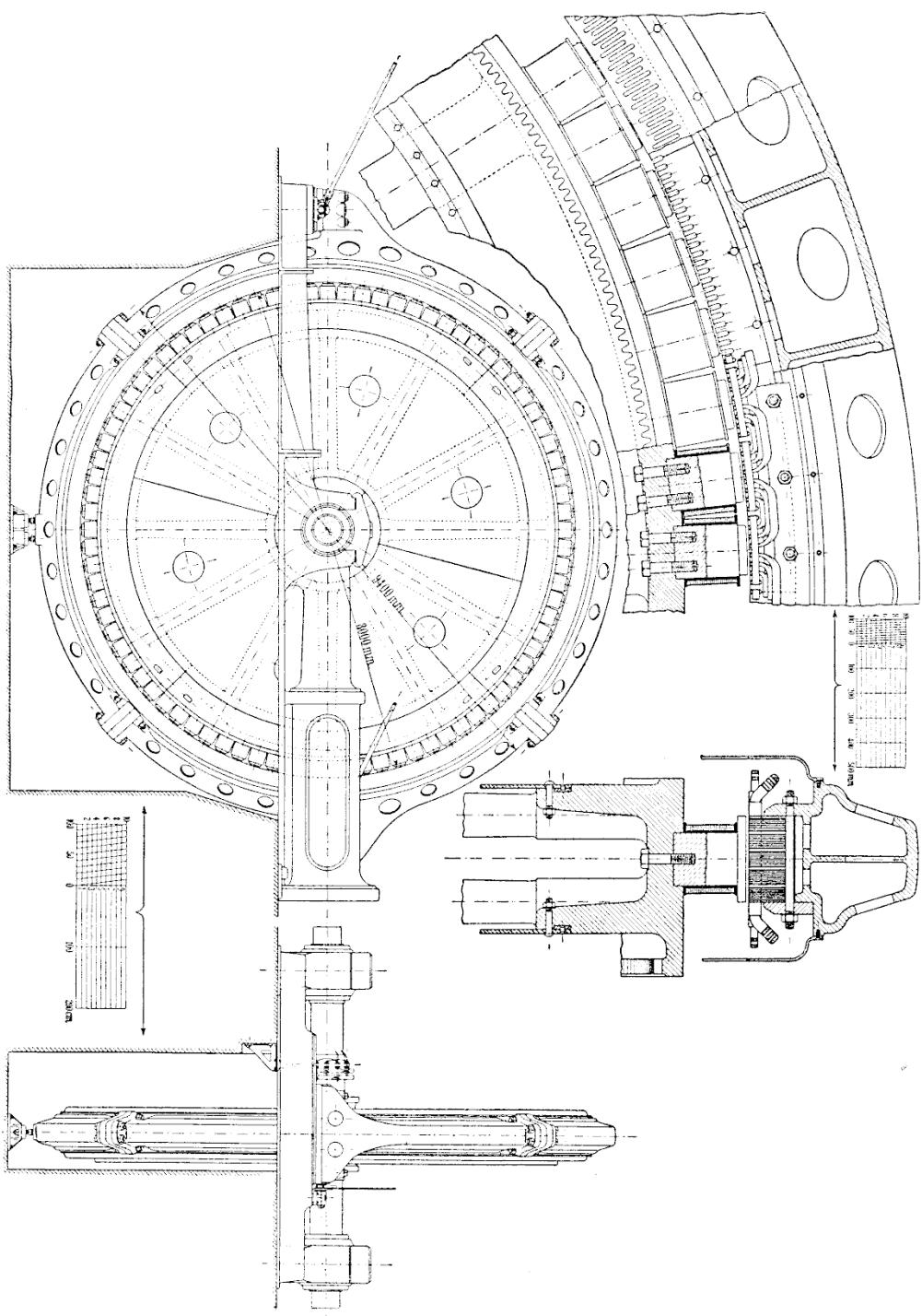


Fig. 43. — Alternateur de la Société Helios. — Détails de construction.

des boulons, percée de nombreuses ouvertures de ventilation et à l'intérieur de laquelle sont fixées les couronnes en tôles minces isolées constituant le noyau (*fig. 43*).

Ce noyau est constitué par cinq couronnes; entre chacune d'elles on a ménagé un intervalle destiné à assurer une bonne ventilation. L'ensemble du noyau vient s'appuyer, par une de ses faces, contre une joue venue de fonte avec la carcasse; un anneau, formé de segments en acier, vient s'appliquer sur la face opposée et le tout est solidement assemblé à l'aide de boulons traversant entièrement le noyau.

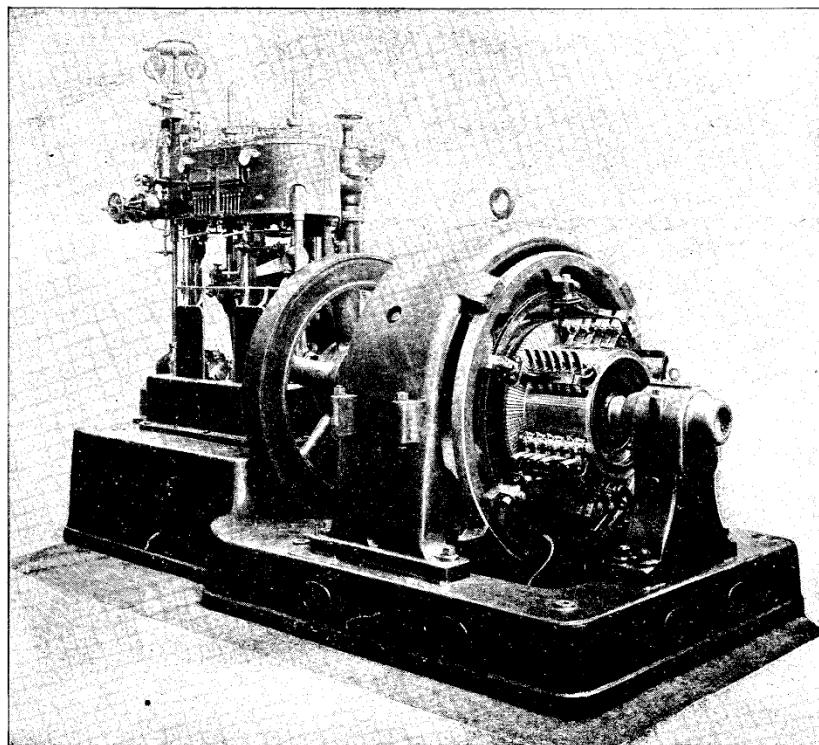


FIG. 44. — Groupe électrogène à courant continu utilisé pour l'excitation de l'alternateur Hélios.

Cet ensemble est muni, suivant son diamètre horizontal et à chacune de ses extrémités, de semelles permettant de le fixer au niveau du sol; en outre, la partie inférieure s'appuie sur le fond de la fosse des fondations. À chaque point d'appui sont disposées des plaques formant coin, afin de pouvoir centrer exactement l'induit autour de l'inducteur mobile; ces plaques, formées de cales de diverses épaisseurs, sont mises en place lorsque l'ensemble de l'induit, ayant été soulevé par des vérins placés au fond de la fosse, est parfaitement centré. Les semelles peuvent glisser sur des chariots dont les vis sont manœuvrées par des cliquets. On peut ainsi déplacer l'induit latéralement pour faciliter l'accès des divers organes de l'alternateur.

L'enroulement est du système Scott permettant d'obtenir à volonté du courant alternatif simple ou des courants triphasés. A cet effet, l'enroulement comporte un premier bobinage principal entre les spires duquel vient s'intercaler un second bobinage dans lequel la tension développée est $\sqrt{\frac{3}{4}}$ fois celle produite dans l'enroulement principal.

Les bobines du second enroulement, aussi bien que celles du premier, peuvent être couplées soit toutes en série, soit en deux séries parallèles, soit enfin en trois séries parallèles. Dans ces conditions, la différence de potentiel entre les deux bornes, dans le cas du courant alternatif simple, ou la différence de potentiel entre phases, dans le cas de courants triphasés, est respec-

tivement de 6 600, 3 300 ou 2 200 volts. Pour le service de l'Exposition, l'alternateur ne fournit que du courant alternatif simple à 2 200 volts.

Le noyau de l'induit a 672 entailles, soit 8 par pôle. Pour chaque pôle, six entailles consécutives reçoivent le bobinage principal et les deux extrêmes, le bobinage auxiliaire (*fig. 43*).

Le diamètre extérieur de la carcasse de l'induit fixe est de 9,40 m.

Le poids de l'induit complet est de 80 tonnes.

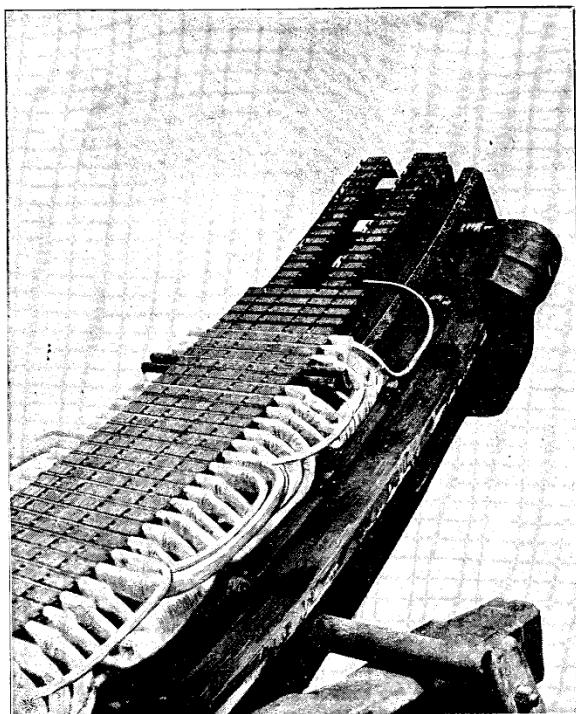


FIG. 43. — Enroulement de l'induit de l'alternateur Helios.

Le moteur à vapeur à triple expansion et à quatre cylindres est muni d'une distribution par soupapes. Chacune des deux séries de cylindres en tandem comporte un cylindre de basse pression et un des cylindres de haute ou de moyenne pression. Les deux cylindres de basse pression remplacent un cylindre unique de volume double.

Le cylindre de haute pression a 700 mm de diamètre; celui de moyenne pression, 1 100 mm; enfin les deux de basse pression ont chacun 1 150 mm de diamètre. La course commune des pistons est de 1,60 m.

Ce moteur est construit pour marcher à une pression de 12 kg : cm² à l'admission; mais, à l'Exposition, il ne fonctionne qu'à 10 kg : cm².

L'alternateur, pour développer toute sa puissance, exige un moteur beaucoup plus puissant; mais celui qui est en service à l'Exposition est suffisant pour fournir la puissance que l'on demande à ce groupe électrogène.

GROUPE N° 33

ATELIERS D'OERLIKON (SUISSE) ET MM. SULZER FRÈRES DE WINTERTHUR (SUISSE)

L'alternateur de ce groupe (*fig. 47*), à courant alternatif simple, est commandé par un moteur à vapeur vertical, du système Woolf, à quatre cylindres, pouvant développer de 400 à 450 chevaux à la vitesse de 250 tours par minute.

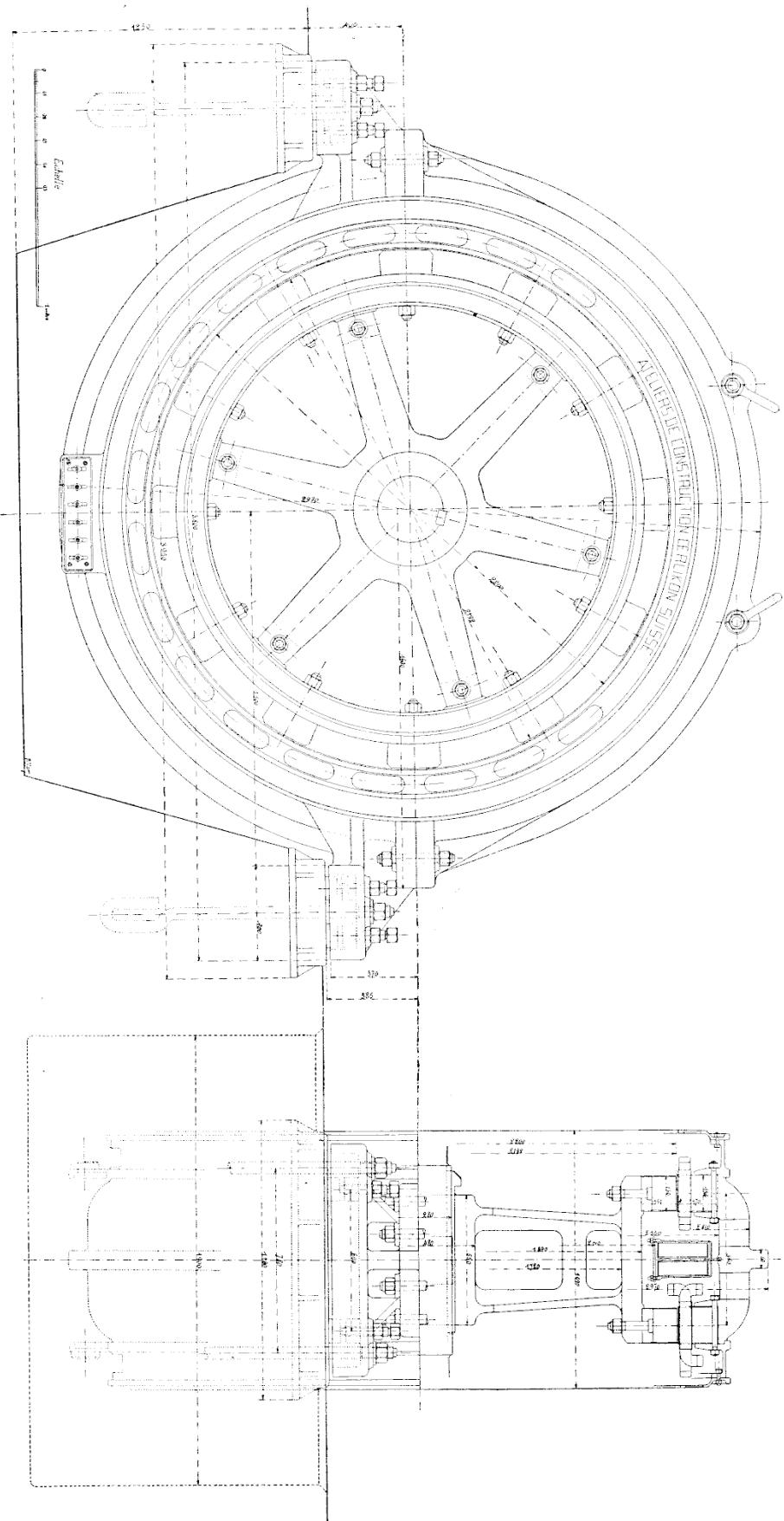


Fig. 46. — Alternateur des ateliers d'Oerlikon. — Détails de construction.

L'alternateur, du type dit à flux ondulé et d'une puissance de 350 kilovolts-ampères, peut fournir 160 ampères sous une tension de 2 200 volts. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

La partie mobile de cet alternateur est constituée par un volant formé d'une couronne en acier coulé d'une seule pièce, de 1,89 m de diamètre extérieur et de 1,72 m de diamètre intérieur. Cette couronne est boulonnée sur six doubles bras venus de fonte avec le moyeu claveté sur l'arbre du moteur. Sur la périphérie de cette couronne sont rapportées deux séries de 12 pièces polaires placées deux par deux sur le même alignement. Chacun de ces pôles, formé de paquets de tôles

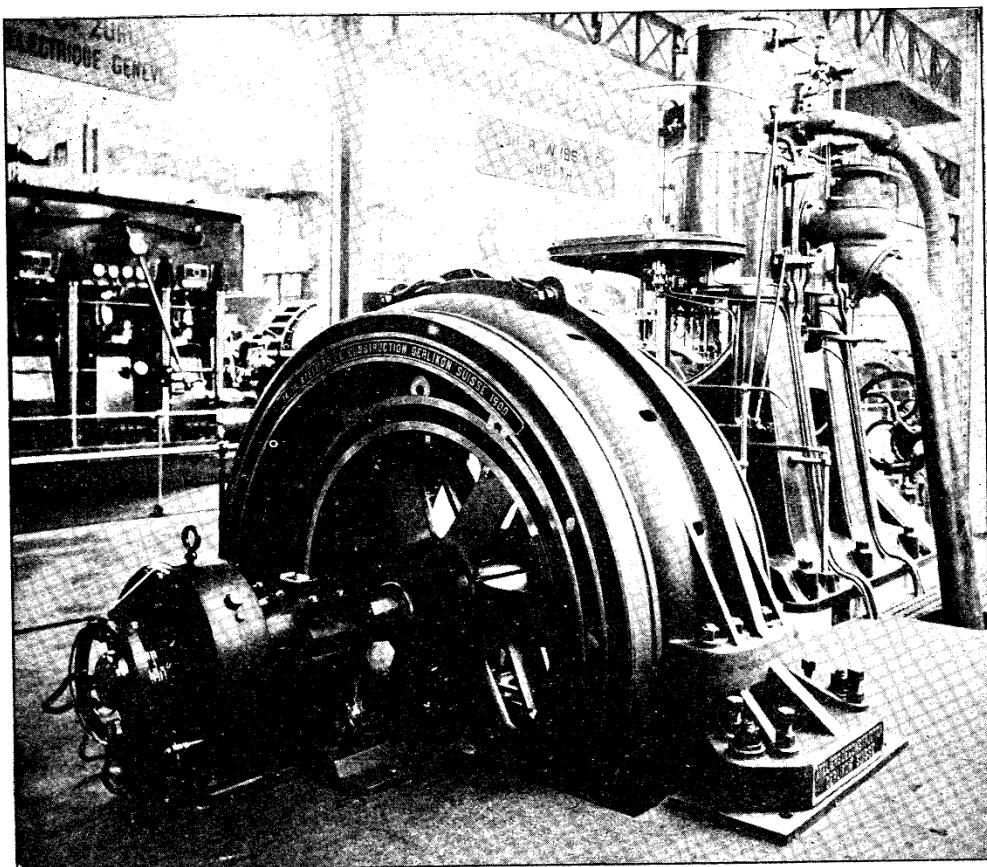


FIG. 47. — Groupe électrogène à courant alternatif Ateliers d'Oerlikon — Sulzer frères.

isolées, a une hauteur radiale de 151 mm, une largeur de 150 mm suivant l'axe de l'alternateur et une épaisseur de 220 mm. Le diamètre extérieur de la partie tournante est de 2,192 m. Pour pouvoir fixer solidement les pôles sur la couronne, la partie inférieure du paquet de tôles est découpée en forme de queue d'aronde et reçoit une clavette en acier, de même forme, fixée sur la jante du volant à l'aide de boulons. Une fois le pôle glissé sur la clavette d'acier, jusqu'à ce qu'il vienne buter contre une nervure ménagée sur la couronne, on serre l'écrou du boulon.

La bobine excitatrice enveloppe la jante du volant et est placée en son milieu. Elle est centrée, par rapport à l'inducteur, au moyen des cales qui la supportent. L'induit de l'alternateur est fixe et constitué par une carcasse en fonte en deux parties. Des ouvertures pratiquées dans cette carcasse assurent une bonne ventilation et facilitent le refroidissement de l'alternateur pendant son fonctionnement.

Le diamètre extérieur est de 2,81 m. et son diamètre intérieur de 2,53 m.

Dans la partie médiane et à l'extérieur, cette carcasse est renforcée par une nervure. À l'intérieur, elle porte deux autres nervures contre lesquelles viennent appuyer les faces intérieures des deux noyaux de l'induit; deux anneaux en acier coulé sont appliqués contre les faces extérieures de ces deux noyaux pour les maintenir. Le tout est assemblé à l'aide de boulons. Enfin, une couronne protectrice en fonte ajourée est appliquée sur chaque face de l'alternateur.

La bobine excitatrice comporte deux enroulements constitués chacun par 75 spires de ruban de cuivre plat de 2 mm d'épaisseur et de 60 mm de largeur; l'isolation est obtenue par interpolation de papier d'amiante entre les spires.

Ces deux enroulements sont placés sur une carcasse annulaire, dont la section est en forme de T; ils sont reliés en tension et leur résistance est de 0,171 ohm. Cette bobine fixe est logée à l'intérieur entre les deux induits.

L'excitatrice a son induit calé sur l'arbre du moteur. Son inducteur, de forme annulaire, comporte 4 pôles radiaux intérieurs. Les bobines inductrices sont formées de 244 spires de fil de 4,2 mm de diamètre; la résistance totale du circuit inducteur est de 0,86 ohm. La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit en tambour a son noyau feuilleté et denté. Les entailles de ce noyau, au nombre de 65, reçoivent chacune deux barres de cuivre de 4 mm de largeur et de 7 mm de hauteur. La tension aux bornes est de 25 volts environ.

On place un rhéostat dans le circuit d'excitation de l'excitatrice et un second rhéostat dans son circuit principal. Afin de ne pas consommer inutilement trop d'énergie, on fait un premier réglage à l'aide du rhéostat d'excitation et on le termine ensuite à l'aide du second rhéostat; on obtient ainsi un réglage très précis du courant d'excitation de l'alternateur.

Pour obtenir à vide une tension de 2 200 volts, le courant d'excitation doit avoir une intensité de 63 ampères. Pour obtenir un débit de 125 ampères, en mettant l'alternateur en court circuit, l'intensité du courant d'excitation est de 40 ampères. Enfin, pour une charge non induc-tive ($\cos \mu = 1$) de 275 kilowatts (125 ampères sous 2 200 volts), l'intensité du courant d'excitation est de 75 ampères.

Les noyaux de l'induit sont formés chacun d'un paquet de tôles minces ayant une largeur de 134 mm. Chacun d'eux a 2,53 m de diamètre extérieur et 2,20 m de diamètre intérieur. L'entrefer est donc de 4 mm.

Dans chaque noyau, la surface, du côté de l'entrefer, porte 72 entailles destinées à recevoir un enroulement triphasé; mais, comme à l'Exposition l'alternateur doit fournir du courant alternatif simple, on n'a utilisé que 48 entailles pour loger les 24 bobines de l'enroulement. Chacune d'elles est formée de 30 spires de deux fils de 3,5 mm de diamètre, isolés au coton imprégné et reliés en parallèle. Ces bobines, préparées d'avance sur un gabarit, sont introduites ensuite dans les entailles et isolées du noyau par une garniture en micanite; elles sont solidement maintenues à l'aide de cales en fibre formant coin. Dans la partie comprise entre les deux noyaux, les extrémités des bobines sont alternativement repliées vers le haut et vers le bas pour diminuer la largeur de l'alternateur.

Les bobines induites peuvent être remplacées facilement sans qu'il soit nécessaire de démonter entièrement l'alternateur; il suffit, pour effectuer ce changement, d'enlever seulement les pièces polaires de la partie tournante.

Les enroulements des deux induits sont groupés en tension et la résistance totale est de 0,233 ohm.

Le moteur à vapeur a ses quatre cylindres superposés deux par deux. Les cylindres de haute pression, placés à la partie supérieure de la machine, ont 280 mm de diamètre; ceux de basse pression, ont un diamètre de 450 mm. La course des pistons est de 0,40 m.

L'admission de la vapeur est de 29 à 40 000 pour une puissance développée variant de 400 à 465 chevaux.

ALTERNATEUR DIPHASÉ

GROUPE N° 9

M. JOSEPH FARCOL DE SAINT-OUEN (SEINE)

Ce groupe électrogène (fig. 49) est le seul de ceux qui sont en service à l'Exposition qui produise des courants diphasés. Il est constitué par un moteur à vapeur horizontal monocylindrique actionnant un alternateur, du type dit à *flux ondulé*, à la vitesse angulaire de 78,5 tours par minute.

La puissance de l'alternateur est de 800 kilovolts-ampères, soit de $800 \cdot 0,83 = 680$ kilowatts lorsqu'il fonctionne sur un circuit dont le facteur de puissance (cosinus φ) égale 0,83.

La tension par phase est de 2 200 volts avec un débit maximum pouvant atteindre 200 ampères. La fréquence est de 42 périodes par seconde.

Lorsque l'alternateur alimente un circuit inductif dont le facteur de puissance est égal à 0,83, la chute de tension, avec une excitation constante, ne dépasse pas 10 % entre la marche à vide et la marche à pleine charge.

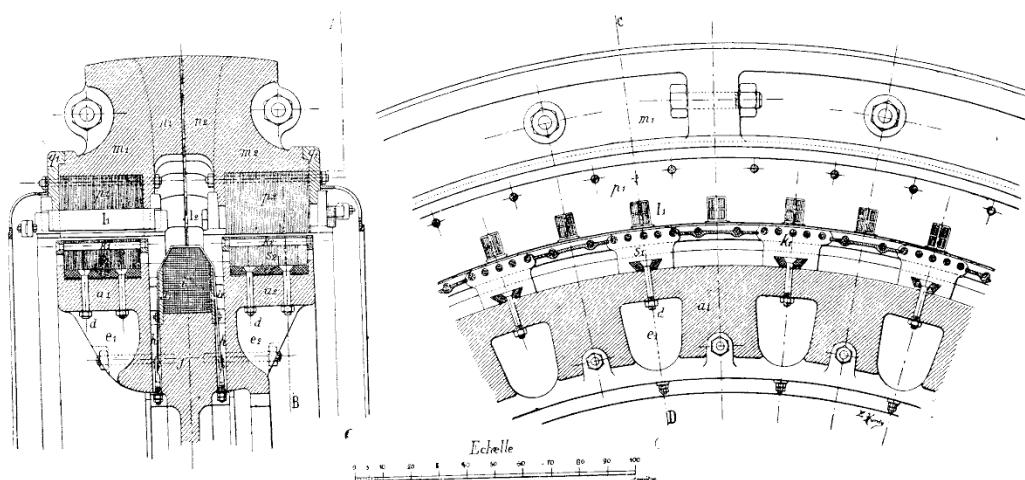


FIG. 48. — Alternateur diphasé J. Farcot. — Détails de construction.

Le système inducteur mobile (fig. 48 et 50) est constitué par deux couronnes en fonte a^1 et a^2 , chacune en quatre pièces, fixées sur la jante j du volant proprement dit qui est claveté sur l'arbre du moteur à vapeur. Sur ces couronnes sont rapportées les saillies polaires s^1, s^2, \dots , au nombre de 32 par couronne; ces saillies sont formées de tôles isolées et fixées à l'aide de clavettes e^1, e^2, \dots , logées dans des encoches en queue d'aronde pratiquées dans les tôles: ces clavettes sont retenues par des boulons d dont les écrous sont à tête noyée.

Les 32 saillies polaires de chaque couronne sont disposées symétriquement et toutes celles d'une couronne ont même polarité.

La bobine centrale inductrice i est bobinée sur la jante à surface polygonale du volant entre deux flasques h^1, h^2 portant des ailettes destinées à assurer une ventilation énergique de l'inducteur. La bobine est retenue par des étriers hh et comporte 460 spires de fil de cuivre de 7,5 mm de diamètre. Sa résistance à chaud est de 3,5 ohms et le courant d'excitation maximum à pleine charge a une intensité de 45 ampères.

Pour que la ventilation soit efficace et que l'air soit forcé de passer par les canaux de ventilation pratiqués à cet effet, on a fermé les faces du volant à l'aide de deux cloisons en acajou vissées sur des portées ménagées sur le moyeu et sur les côtés de la jante.

Le poids total du volant inducteur, non compris l'arbre, est de 50 tonnes, dont 3 pour la bobine inductrice.

Dans la partie voisine de l'entrefer, les saillies polaires sont épanouies et munies d'entailles circulaires poinçonnées très près de leur extrémité libre et légèrement ouvertes par un trait de scie. Dans ces entailles sont logés des boulons de cuivre *à* isolés; ces boulons, de 28 mm de diamètre, sont rivés à leurs deux extrémités dans des segments également en cuivre. Chaque saillie polaire reçoit cinq boulons pareils; en outre, deux boulons identiques sont rivés aux segments dans chaque intervalle polaire et maintiennent une plaque de cuivre qui empêche le ronflement de l'alternateur en s'opposant aux variations de flux dans l'espace interpolaire. Ces boulons et les segments auxquels ils sont fixés constituent les *circuits amortisseurs* dus à MM. Hutin et Leblanc; ils ont pour objet de détruire les effets de la réaction d'induit en s'opposant au développement des flux variables. Ils facilitent, en outre, le couplage en quantité des alternateurs qui en sont pourvus, en développant des couples synchronisants très énergiques, dès que des oscillations tendent à se produire. Dans ces conditions, les décrochages sont rendus pratiquement impossibles.

Les traits de scie pratiqués au-dessus des entailles qui reçoivent les boulons ont pour but de réduire la self-induction de la *cage d'écureuil* que réalise l'ensemble de l'amortisseur et de rendre ainsi son effet maximum.

L'excitatrice de cet alternateur est une dynamo à 6 pôles d'une puissance de 7,2 kilowatts à la vitesse angulaire de 78,5 tours par minute; elle peut débiter 45 ampères sous 160 volts.

Les bobines inductrices sont reliées en série et excitées en dérivation.

L'induit en tambour a 75 cm de diamètre et 45 cm de largeur. Le noyau est feuilleté et denté; il porte 483 entailles qui reçoivent l'enroulement induit en fil de cuivre de 3,2 mm de diamètre. Un connecteur spécial permet de n'avoir que deux lignes de balais diamétraux.

L'entrefer est de 4 millimètres.

L'induit est fixe et entoure le volant inducteur. Il est constitué par une carcasse en fonte formée de deux couronnes m^1 et m^2 portant intérieurement les paquets de tôles isolées p^1 et p^2 , qui constituent les circuits magnétiques de l'induit. Les tôles sont maintenues serrées par des segments en fonte q^1 et q^2 et par des boulons.

Les parties en regard des deux couronnes sont munies de saillies n^1 et n^2 dont le nombre est égal à celui des bobines de l'induit, soit 64, saillies entre lesquelles sont ménagés des espaces libres permettant d'assurer une bonne ventilation de l'alternateur.

Chaque couronne porte un induit à courant alternatif simple, et les deux induits que comporte l'alternateur sont décalés par construction d'un angle égal au quart du pas polaire, afin d'obtenir entre les tensions des deux enroulements induits une différence de phase d'un quart de période.

Du côté de l'entrefer, les tôles de l'induit sont percées d'entailles dans lesquelles sont logées 64 bobines de 10 spires chacune, en lames de cuivre de 3,5 mm (section de 133 mm²). Les 10 spires, logées dans une même entaille, sont divisées en deux groupes de 5 spires séparés par une caie triangulaire en bois paraffiné. Les bobines sont isolées des tôles par des tubes de micanite.

Les 64 bobines de chaque induit sont reliées en série et connectées entre elles par de petits boulons logés dans une gaine en ébonite. Ces connexions sont, en outre, protégées à l'extérieur par des couronnes évidées en bronze poli.

Chaque circuit induit a une résistance de 0,413 ohm à chaud.

Le diamètre extérieur de la carcasse de l'induit est de 6,80 m et son diamètre intérieur est de 5,515 m. L'entrefer est de 6,5 mm, ce qui donne, pour diamètre de l'inducteur aux épanouissements polaires, un diamètre de 5,502 m.

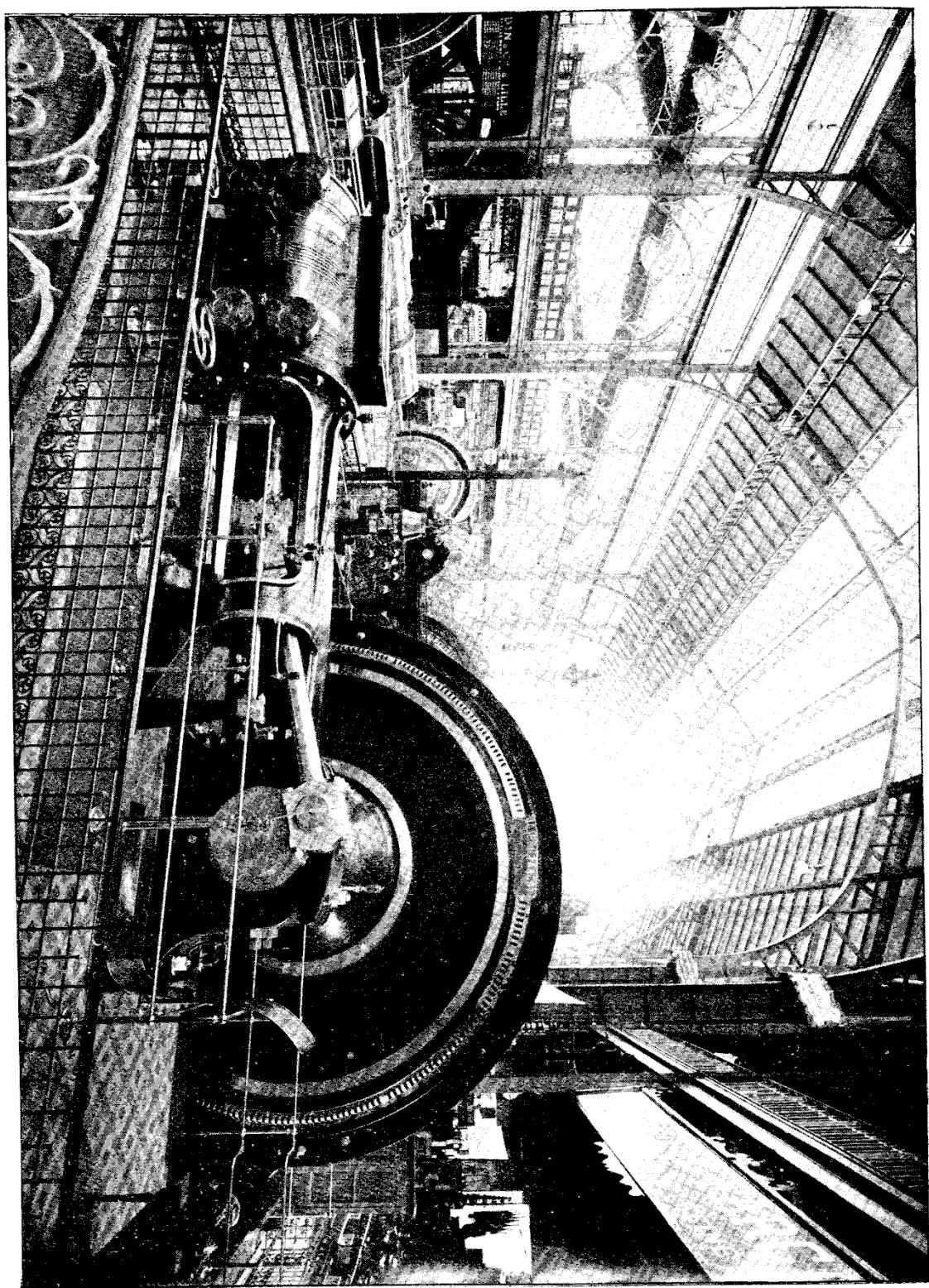


Fig. 49. — Groupe électrogène à courants triphasés de la maison J. Farcot.

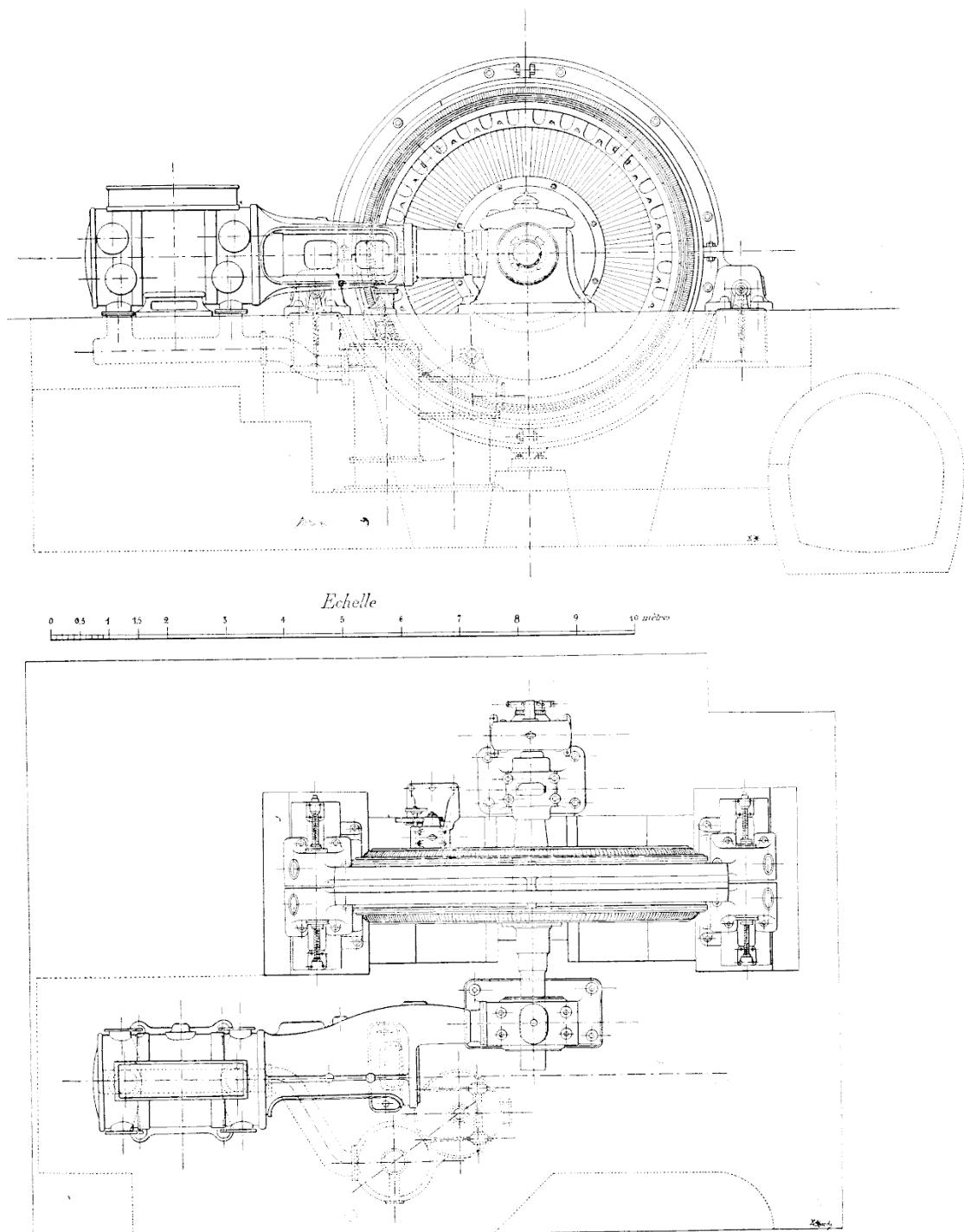


FIG. 50. — Alternateur diphasé J. Farcot. — Détails de construction.

La carcasse de l'induit a 0,98 m de largeur et chaque induit a une largeur utile de fer de 30 cm.

L'ensemble des deux induits complets pèse 60 tonnes.

Les carcasses sont soutenues par des semelles qui peuvent se déplacer sur deux chariots parallèlement à l'axe de la machine. Ce déplacement est obtenu, pour chaque chariot, par la manœuvre d'une vis agissant sur deux écrous, chacun de ces derniers pouvant être rendu solidaire de la carcasse correspondante. Grâce à ce dispositif, il est possible de faire avancer l'une des carcasses, puis de faire reculer l'autre, afin de les séparer pour avoir accès aux bobines des induits.

Le moteur à vapeur, construit comme l'alternateur dans les ateliers de la maison Farcot, est du type à distributeur à déclic ; les obturateurs d'échappement sont à éclipse, c'est-à-dire que, pendant leur mouvement, ils émergent dans le cylindre et s'éclipsent avant que le piston n'arrive jusqu'à eux. Cette disposition réduit très notablement le volume des espaces nuisibles et procure une sérieuse économie de vapeur.

Tous les perfectionnements récents relatifs au mécanisme de distribution, au graissage, etc., ont été apportés à cette machine.

Le cylindre a un diamètre de 1 mètre, et la course du piston est de 1,35 m.

En marchant à condensation et avec une pression à l'admission de 7 kg par centimètre carré, la puissance de ce moteur est de :

900 chevaux effectifs avec une admission de 1/10 de la course du piston						
1 300	—	—	—	2 10	—	—
4 600	—	—	—	3 10	—	—

La pompe du condenseur est placée en sous-sol et est commandée par une bielle articulée à la croise du piston.

Le régulateur à force centrifuge agit sur les distributeurs en proportionnant automatiquement la durée de l'admission à la puissance absorbée par l'alternateur. Ce régulateur est muni d'un dispositif à tige filetée ; sur cette tige on peut déplacer un écrou qui sert à faire varier à la main la vitesse que le régulateur doit maintenir constante. Ce dispositif est principalement utilisé lorsqu'on veut coupler en quantité plusieurs alternateurs actionnés chacun par un moteur distinct.

ALTERNATEURS TRIPHASÉS

GROUPE N° 4

COMPAGNIE DE FIVES-LILLE DE PARIS [ATELIERS DE FIVES-LILLE (NORD) ET DE GIVORS (RHÔNE)]

Ce groupe électrogène est constitué par un moteur à vapeur horizontal compound actionnant directement un alternateur triphasé de 800 kilovolts-ampères à la vitesse angulaire de 79 tours par minute.

La tension étoilée est de 2 200 volts et la fréquence de 50 périodes par seconde.

L'inducteur mobile, de 3,986 m de diamètre extérieur, sert de volant au moteur à vapeur (*fig. 31*). Il est constitué par une couronne en fonte en deux pièces, de 5,560 m de diamètre et de 650 mm de largeur, reliée par huit bras au moyeu claveté sur l'arbre. Sur cette couronne sont montés radialement 76 noyaux polaires, de 213 mm de hauteur, formés de feuilles de tôle de 1 mm d'épaisseur réunis par des rivets (*fig. 32 et 33*). Chaque noyau est, en outre, traversé, dans toute sa longueur, par une barre d'acier de section rectangulaire, entrée de force et munie à chaque extrémité d'un écrou qui maintient le noyau ; ces écrous sont engagés par l'intérieur de la jante du volant qu'ils traversent complètement. Les noyaux polaires sont soigneusement ajustés

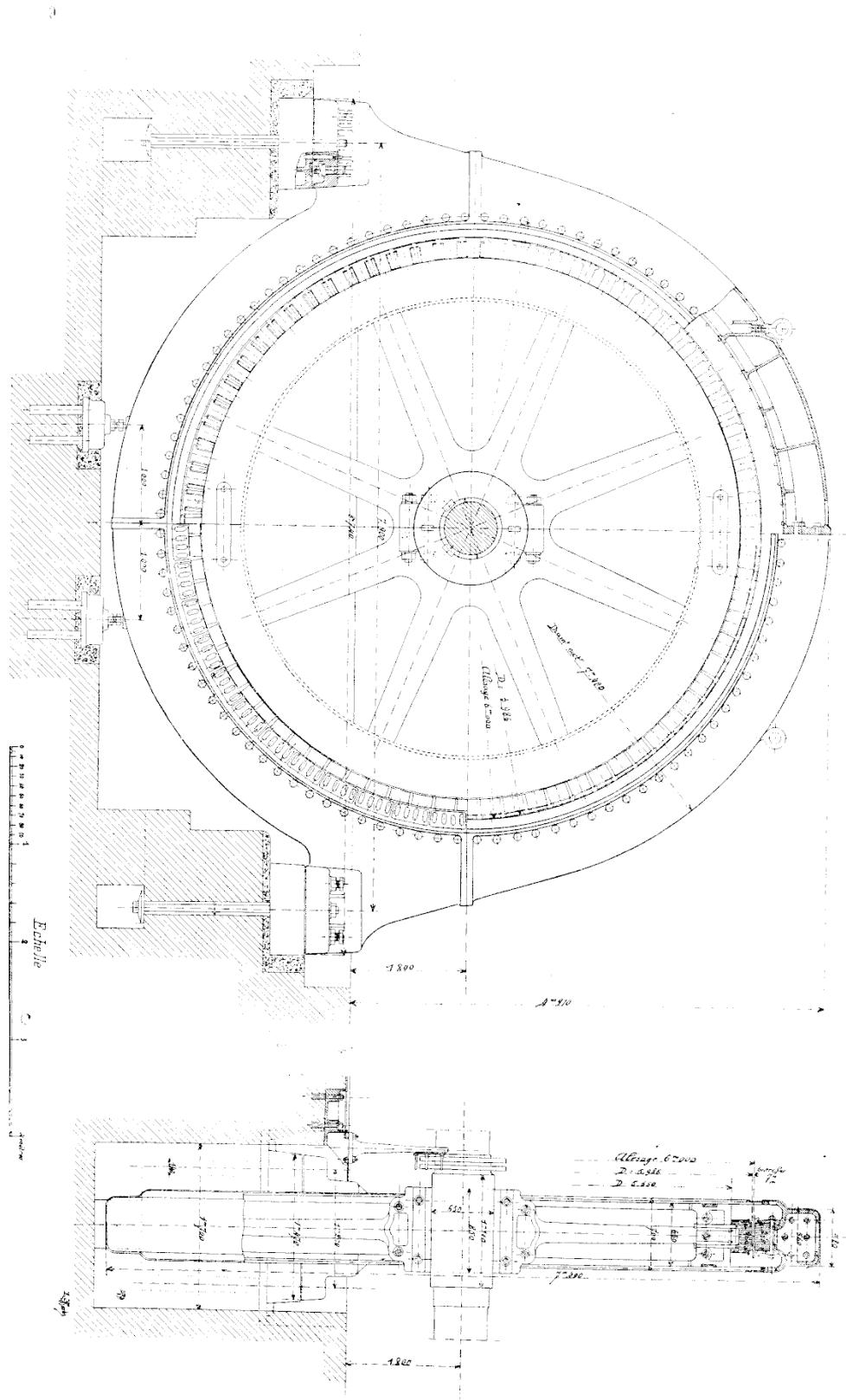
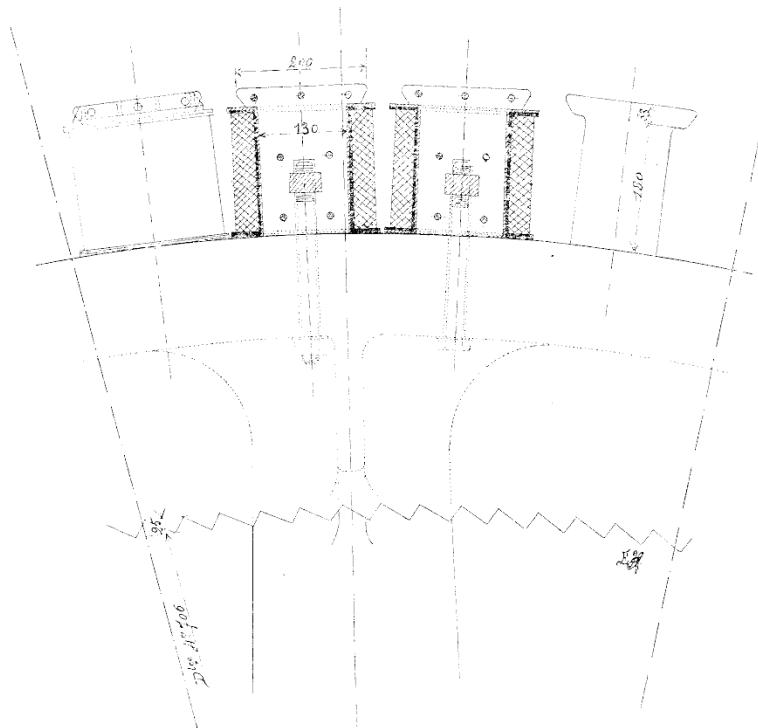


FIG. 21. — Alternateur triphasé de la Compagnie des Fives-Lille. — Détails de construction.

sur la périphérie du volant et tout déplacement est rendu impossible grâce à des goussets vissés dans la jante et dont l'extrémité opposée s'engage de 3 mm dans des trous pratiqués à la base du noyau. L'entrefer étant de 7 mm, il est facile de retirer les deux vis qui maintiennent chaque noyau polaire pour le démonter latéralement sans toucher à la carcasse de l'induit. Le remplacement d'une bobine inductrice avariée peut, par conséquent, être effectué sans aucune difficulté ; de même il suffit d'enlever deux ou trois bobines inductrices pour pouvoir accéder facilement aux bobines de l'induit.



Le noyau *fig. 54*) est formé de feuilles de tôle de 0,5 mm d'épaisseur, isolées l'une de l'autre par interposition de papier de soie et découpées en segments. Ce noyau feuilletté, de 270 mm de

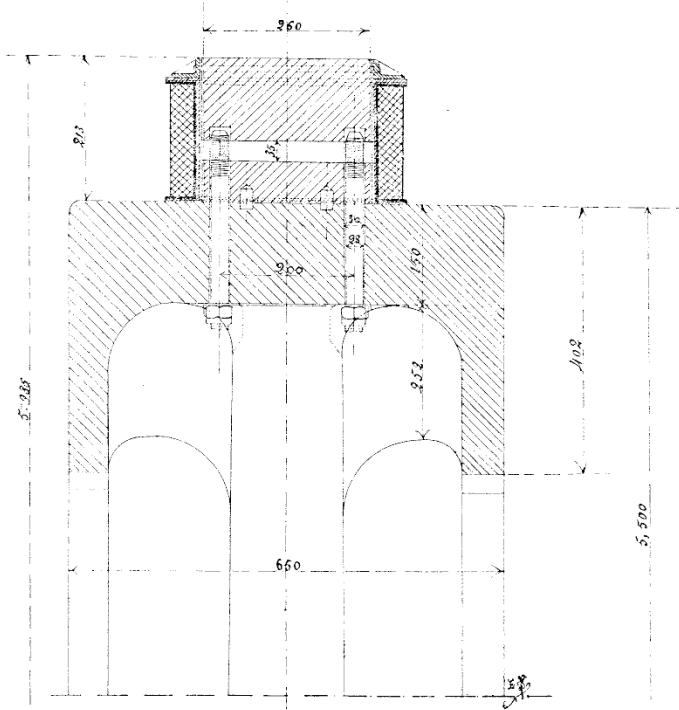


Fig. 53. — Alternateur triphasé de la C° de Fives-Lille. — Détails de l'inducteur.

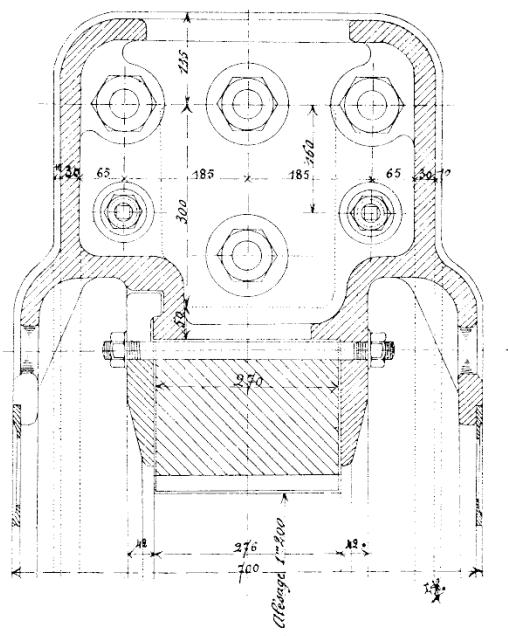


Fig. 54. — Alternateur de la C° de Fives-Lille. — Détails de l'induit.

largeur, est maintenu dans la carcasse, entre un rebord venu de fonte et des segments amovibles, par des tiges filetées qui le traversent. La distance entre ces tiges et le bord extérieur du noyau est très faible, afin qu'il ne passe pour ainsi dire aucun flux derrière ces tiges ; dans ces conditions, il a paru inutile de les isoler, ce qui simplifie la construction tout en rendant l'ensemble plus solide.

Les segments du noyau sont percés de trous qui, après juxtaposition des tôles, forment des encoches dans lesquelles on place des tubes en métal destinés à recevoir l'enroulement.

Ces encoches, au nombre de 436, ont 29 mm de hauteur et 15,2 mm de largeur. L'induit comporte 414 bobines, soit 38 bobines par phase. Chaque bobine occupe 4 encoches.

L'enroulement est fait avec du fil isolé ayant 3,9 mm de diamètre, lorsqu'il est nu, et 4,4 mm avec son enveloppe isolante ; il comprend 4 fils groupés en parallèle. Chaque encoche reçoit 10 fils.

La résistance à chaud est de 0,0778 ohm environ par circuit.

Les trois circuits sont montés en étoile.

Les extrémités des bobines sont recouvertes de rubans isolants et protégées contre les chocs par des couronnes ajourées en fonte, fixées sur des rebords faisant corps avec la carcasse.

Trois bornes, placées sur le côté de l'alternateur et à sa partie inférieure, servent de prise de courant.

Le moteur à vapeur, d'une puissance de 1 200 chevaux indiqués, avec une pression à l'admission de 9 kg : cm² et à la vitesse angulaire de 79 tours par minute, est du type compound à deux cylindres horizontaux.

Le cylindre de haute pression a 700 mm de diamètre et celui de basse pression, 1 300 mm ; la course commune des pistons est de 1,40 m. Ces deux cylindres sont pourvus d'enveloppes de vapeur.

La distribution est du genre Corliss ; l'admission peut varier de zéro à 45 0/0 dans le cylindre de haute pression et de 12 à 60 0/0 dans celui de basse pression. Le degré d'admission, dans chacun des cylindres, est déterminé par le régulateur à force centrifuge. Les deux régulateurs sont identiques, tournent à la même vitesse et ont leurs manchons reliés par un arbre transversal qui leur assure des déplacements identiques.

Le moteur fonctionne à condensation ; le condenseur à injection et la pompe à air verticale sont installés dans le sous-sol. La pompe est actionnée par un balancier, commandé lui-même par la croise du piston du cylindre de basse pression.

GROUPE N° 5

M. A. GRAMMONT DE PONT-DE-CHÉRUI (ISÈRE) ET MM. PIGUET ET C^e DE LYON (RHÔNE)

Ce groupe électrogène (fig. 55) est constitué par un alternateur triphasé, type-volant, actionné directement par un moteur à vapeur horizontal monocylindrique pouvant développer 1 000 chevaux effectifs.

L'alternateur peut fournir 600 kilovolts-ampères à la vitesse angulaire de 93,75 tours par minute et débiter 144 ampères par phase sous une tension étoilée de 2 400 volts.

La fréquence est de 50 périodes par seconde.

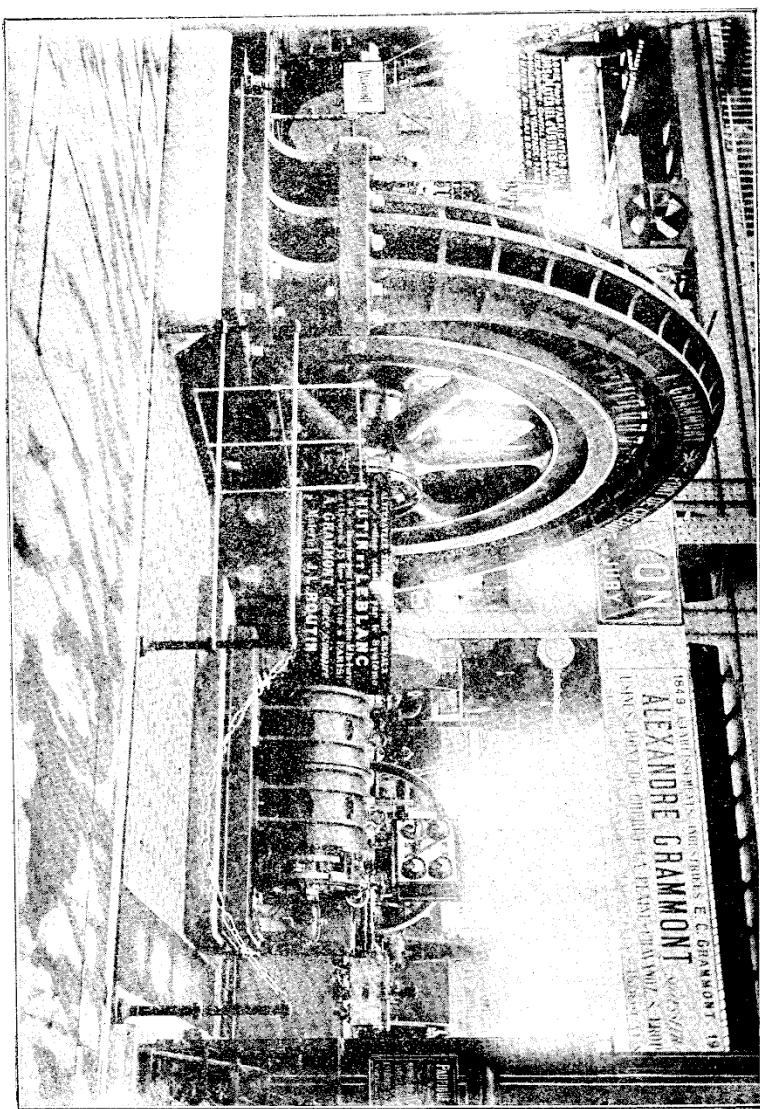
L'inducteur mobile a été calculé pour servir en même temps de volant au moteur à vapeur qui actionne l'alternateur.

Il se compose d'un lourd volant en fonte à six bras doubles, fondu en deux pièces et claveté sur l'arbre du moteur. Les deux parties du volant sont réunies par des frettées posées à chaud sur le moyeu et par des clavettes en acier chassées dans les yeux de brides de même métal noyées dans la jante.

Sur le moyen du volant sont fixés les deux cercles en cuivre, isolés de la masse, sur lesquels appuient les frotteurs qui amènent le courant d'excitation.

Les pôles, alternativement *nord* et *sud*, sont au nombre de 64. Ils comportent un noyau cylin-

FIG. 30. — Groupe électrogène à courants triphasés Grammont-Piguet.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

drique, ayant 163 mm de diamètre et une pièce polaire rectangulaire de 155 mm de largeur et de 233 mm de longueur venue de fonte avec le noyau; le tout est en acier coulé. Le pied cylindrique de chaque noyau pénètre dans un logement de quelques millimètres de profondeur fraisé à l'extérieur de la jante (fig. 36). Une forte vis, traversant la jante, pénètre à l'intérieur du noyau, qui se trouve ainsi solidement assujetti. Un dispositif spécial empêche tout desserrage de la vis autrement qu'à l'aide d'une clé.

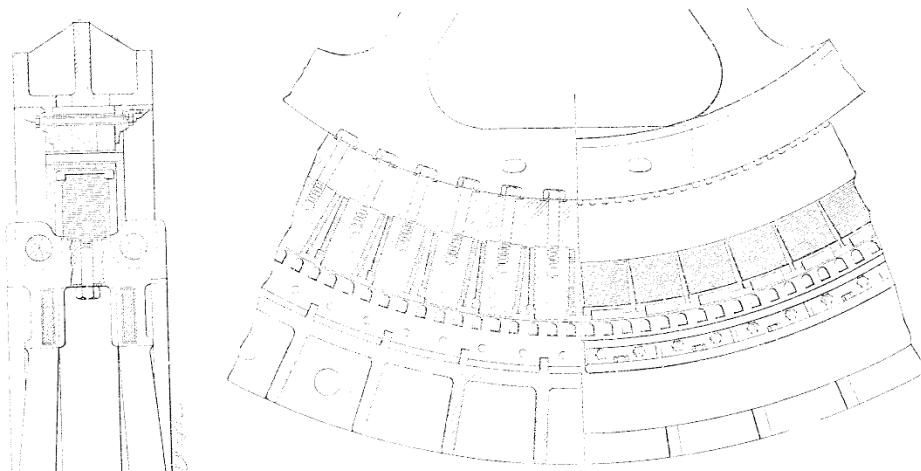


FIG. 36. — Alternateur Grammont. — Détails de construction.

Les bobines inductrices sont formées de 70 spires de ruban de cuivre, roulé sur champ; ce ruban a 19 mm de largeur et 3 mm d'épaisseur. Les spires sont isolées l'une de l'autre par du papier; l'isolation ainsi obtenu est largement suffisant, car les bobines étant reliées en série, la différence de potentiel entre deux spires consécutives atteint à peine 0,02 volt. La spire extérieure est maintenue par une cuvette en bronze échancreée et bloquée contre la pièce polaire.

La résistance à chaud du circuit inducteur est de 0,823 ohm.

La section de la jante du volant a été déterminée de façon à augmenter le moment d'inertie autant que cela était possible. Ce moment d'inertie est tel que les variations instantanées de vitesse angulaire, dans un tour, n'atteignent pas $\frac{1}{230}$ de la valeur normale.

La largeur de la jante est de 430 mm et le diamètre de l'inducteur, à l'extrémité des pièces polaires, est de 4,986 m. La distance axiale entre deux pôles, mesurée à la périphérie, est de 246 mm. L'entrefer est de 7 mm.

Le courant d'excitation, d'une intensité normale de 80 ampères sous 120 volts, peut atteindre au besoin 130 ampères.

L'induction dans les noyaux polaires atteint 12 000 gauss.

L'induit fixe est formé d'un tambour en fonte entretroisé extérieurement par trois anneaux parallèles. De nombreuses nervures ajoutées consolident cet ensemble et facilitent la circulation de l'air. La carcasse ainsi constituée a été judicieusement étudiée et est tout à fait indéformable, grâce au grand moment d'inertie superficiel de la section.

Le noyau de l'induit comporte trois couronnes de tôles formées de segments chevachés et dont les anneaux élémentaires sont isolés au papier. Deux séries de cales séparent les couronnes qui sont ainsi parfaitement aérées. La première couronne s'appuie contre un talon circulaire venu de fonte avec le tambour. La troisième couronne maintient les autres et se trouve serrée par une cornière annulaire en acier coulé. Un grand nombre de boulons, isolés du noyau, entrent en liaison le tout et rendent cet ensemble très rigide.

Le diamètre d'alésage du noyau est de 3 m; sa largeur totale est de 28 cm, la largeur réelle étant de 25 cm et l'espace occupé par chaque canal de ventilation étant de 15 mm.

Du côté de l'alésage, le noyau porte 192 entailles, soit 64 par phase; leur profil est un rectangle terminé par une partie demi-circulaire. La partie convexe est tournée vers l'entrefer; cette disposition donne aux dents du noyau une forme rationnelle qui rend l'induction sensiblement uniforme.

Chaque bobine de l'induit se compose de sept spires de câble formé de 37 fils de 1,5 mm de diamètre.

Les trois circuits sont montés en étoile et la résistance de chacun d'eux, comprenant 32 bobines reliées en série, est de 0,1 ohm.

Il faut environ 10,60 m de câble par bobine, et la section réelle de ce câble est de 63,4 mm².

Le poids du cuivre de l'induit est de 590 kg.

Les spires sont logées dans des tubes de carton, garnis de micanite, glissées dans les entailles et préalablement essayées sous une tension de 20 000 volts.

L'ensemble de l'induit repose sur des chariots par l'intermédiaire de deux chaises solidement boulonnées.

La répartition des pertes d'énergie, exprimées en watts, dans les divers organes de cet alternateur, est la suivante :

	FACTEUR DE PUISSANCE:	
	COSINUS $\phi = 1$	COSINUS $\phi = 0,7$
Effet Joule dans les bobines inductrices.....	4230	11300
— dans l'induit.....	6210	42700
Pertes par hystéresis	44050	44050
Résistances passives mécaniques.....	6000	6000
Pertes totales.....	30510	14050

A la puissance de 600 kilowatts, le rendement industriel ressort, dans les deux cas, à 0,95 pour un facteur de puissance égal à l'unité et à 0,932 pour un facteur de puissance égal à 0,7.

L'excitatrice de cet alternateur est du système Leblanc. Elle présente cette particularité qu'elle fournit un courant continu dont l'intensité varie *automatiquement* pour maintenir toujours une tension constante aux bornes de l'alternateur pour tous débits wattés ou déwattés; l'alternateur peut même être hypercompoundé.

Cette excitatrice est une dynamo à courant continu excitée par des champs magnétiques tournants et ayant cependant ses balais fixes. Elle se compose de deux noyaux d'induit A et A' (fig. 37) calés sur le même arbre et tournant à l'intérieur de couronnes de tôles BB et CC. Ces couronnes portent des entailles et sont bobinées comme les stators de moteurs asynchrones.

L'anneau BB porte un enroulement triphasé, avec montage en étoile, dont les circuits sont reliés à ceux de l'alternateur; cet anneau est, par conséquent, excité en dérivation.

L'anneau CC reçoit également un enroulement triphasé relié, d'une part, à l'alternateur et, d'autre part, au réseau alimenté. Cet anneau est excité en série et son enroulement ne comporte pas de point neutre.

Le bobinage de l'induit recouvre les deux noyaux AA' et se trouve, par conséquent, soumis à l'action simultanée de deux systèmes de flux tournants, indépendants, puisqu'ils sont développés dans des carcasses distinctes, mais qui, produisant une force électromotrice résultante, peuvent être considérés, au moins théoriquement, comme se composant en donnant lieu à un flux résultant. Ce flux doit être, dans l'excitatrice, proportionnel à celui qu'il faudrait maintenir dans l'alternateur pour que la tension de ce dernier reste constante, quelles que soient les variations du débit et du facteur de puissance.

La direction de ce flux doit être fixe par rapport à un axe de l'induit, afin de rendre inviolable le plan de commutation.

Pour comprendre le fonctionnement de cette excitatrice, il convient d'examiner les directions et les valeurs des flux développés dans l'alternateur et dans les stators B et C.

Pour simplifier cette étude, on supposera que l'alternateur et l'excitatrice sont bipolaires et que les champs magnétiques, au lieu d'être tournants, sont fixes. On admettra aussi que le coefficient de self-induction L de l'induit de l'alternateur est constant et indépendant du facteur de puissance.

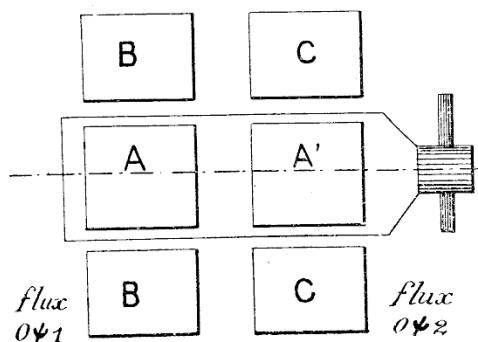


Fig. 37. — Excitatrice Leblanc. — Principe.

Soit OAB, le triangle des tensions de l'alternateur (fig. 38).

OB est la force électromotrice induite, de direction constante.

OI est le courant débité, en retard de l'angle φ sur la différence de potentiel OA aux bornes, différence de potentiel qui est elle-même en retard de l'angle φ' sur OB.

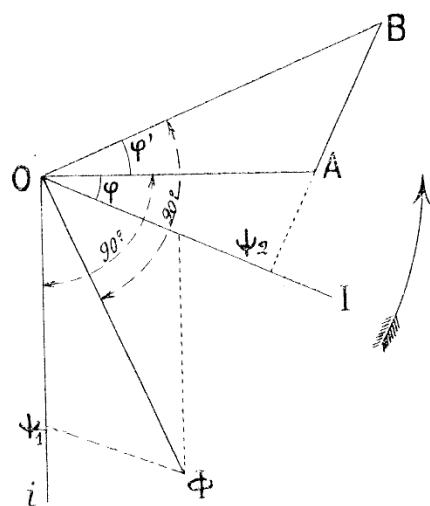


Fig. 38.

BA est la chute réactive de tension; elle est en avance d'un quart de période sur le courant OI et a pour valeur :

$$2\pi F L I,$$

F étant la fréquence.

L'enroulement du stator B, étant monté en dérivation sur l'alternateur et ne produisant que des flux, n'est parcouru que par du courant déwatté en retard d'un quart de période sur la différence de potentiel OA; Oi est la direction de ce courant, qui développe un flux $O\psi_1$ de même

direction. L'intensité de ce flux est constante puisque l'on admet que la tension OA est invariable. L'orientation de $O\Phi_1$ varie, au contraire, en même temps que celle de OA en lui restant toujours perpendiculaire.

L'enroulement du stator C est parcouru par le courant fourni au réseau d'utilisation. Le flux $O\Phi_2$ sera donc dirigé suivant OI, lui sera proportionnel et son orientation dépendra de l'angle φ ; cette orientation variera avec le facteur de puissance.

Il est facile de voir que la résultante $O\Phi$ des flux $O\Phi_1$ et $O\Phi_2$ est perpendiculaire à OB. Sa direction est donc invariable.

En réalité, si la force électromotrice induite dans l'excitatrice est proportionnelle à $O\Phi$, il n'en est pas moins vrai que les parties AA' sont soumises à l'influence des champs $O\Phi_1$ et $O\Phi_2$ dont les orientations sont variables. Il s'ensuit que les plans de commutation des parties AA' sont variables et il est nécessaire d'équilibrer les réactions d'induit au moyen d'un enroulement du genre Ryan. Grâce à cet enroulement compensateur, les plages de commutation sont très agrandies et les balais peuvent fonctionner sans étincelles.

On a supposé que les champs $O\Phi_1$, $O\Phi_2$ et $O\Phi$ étaient fixes; en réalité ils tournent et il y a lieu d'examiner maintenant comment le courant recueilli aux balais peut néanmoins être continu.

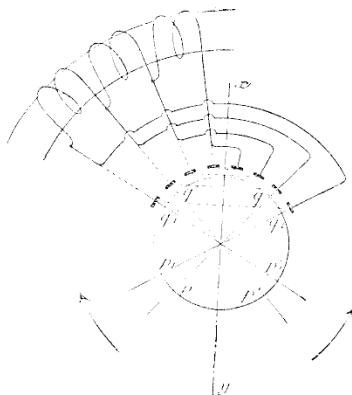


FIG. 39.

Pour obtenir du courant continu, M. Leblanc a recours à un artifice très ingénieux : les sections de l'induit, au lieu d'être reliées au collecteur à la manière ordinaire, c'est-à-dire en reliant la section 1 à la lame 1, la section 2 à la lame 2, etc., sont connectées à rebours. Dans ces conditions, la section 1 est reliée à la lame n , la section 2 à la lame $n - 1$, etc., et la section n à la lame 1.

La figure 39 représente ce mode de connexion pour une machine bipolaire.

Les liaisons en pointillé, qui n'existent pas en réalité, sont celles que l'on effectue d'ordinaire. Si on suppose que l'induit tourne dans le sens indiqué par la flèche de gauche, il est facile de voir sur cette figure que, lorsqu'une section avance d'un angle égal au sien, la lame du collecteur correspondant à la section qui la suit a avancé d'un angle double. Tout se passe comme si le collecteur tournait deux fois plus vite que l'induit, une lame quelconque ayant déjà, par connexion, une avance égal à l'angle dont la section correspondante va avancer. Donc, si l'induit tourne dans la direction pp_1 , il serait nécessaire de donner aux balais une vitesse angulaire deux fois plus grande que celle de l'induit pour que le courant recueilli soit continu.

Les balais devraient courir après leurs lames et rattraper le plan de commutation xy , qui tourne à une vitesse angulaire qui est le double de celle de l'induit. Dans ce cas, le champ induiteur fait n tours par minute; l'induit tourne dans le même sens à la vitesse angulaire de $\frac{n}{2}$, et les balais ont, toujours dans le même sens, une vitesse angulaire égale à n .

En changeant le sens de rotation, tout en conservant les valeurs relatives de ces vitesses, le champ inducteur fera n tours par minute dans le sens indiqué par la flèche de droite; l'induit tournera dans le même sens à la vitesse $\frac{n}{2}$, et les balais resteront immobiles. Il suffit donc de choisir convenablement les sens de rotation et les vitesses relatives de l'induit et du champ tournant inducteur pour qu'il soit possible de laisser les balais fixes.

La même explication s'applique naturellement dans le cas d'une dynamo multipolaire.

En réalisant le dispositif qui vient d'être décrit, on serait amené à donner un très grand nombre de pôles à l'excitatrice, même dans le cas où la vitesse angulaire serait plus grande que celle de l'alternateur. Pour arriver à réduire le nombre de pôles, M. Leblanc a eu recours à un nouvel artifice qui consiste à réduire le nombre des lames du collecteur d'une dynamo multipolaire en le divisant par un multiple du nombre de pôles.

Dans une dynamo ordinaire, les balais devraient alors tourner; mais, en utilisant un champ tournant comme inducteur, on peut, comme il a été déjà dit, arriver à les rendre fixes; c'est une question de vitesse et de sens de rotation du champ inducteur et de l'induit.

Soit p le nombre de paires de pôles de la dynamo avec sections de l'induit reliées en parallèle; il y aura, par conséquent, un nombre de lignes de balais égal à $2p$ et les lames du collecteur seront reliées au moyen d'un connecteur. Si on divise par p ce nombre de lames, il est évident que, si les balais tournaient, leur vitesse devrait être multipliée par p pour que la commutation puisse s'effectuer comme d'habitude.

D'autre part, si le nombre de paires de lignes de balais était égal à k , cette vitesse devrait être, au contraire, divisée par k pour que la vitesse réelle à donner aux balais soit égale à $\frac{p}{k}$, k étant un diviseur de p . Dans ces conditions, tout se passe comme si le nombre de pôles était égal à $p + k$.

La fréquence des courants qui alimentent les stators B et C étant F, et la vitesse angulaire de l'induit étant ω , il faut, pour que les balais soient fixes, que :

$$\frac{F - p\omega}{k} = n = 0,$$

c'est-à-dire :

$$p \div k \Rightarrow \frac{F}{n},$$

Dans l'excitatrice de M. Leblanc

$$p = 3$$

et

$$k = 6.$$

La fréquence étant de 30 périodes par seconde, la vitesse à donner à l'induit sera :

$$n = \frac{F}{p \div k} = \frac{30}{3 \div 6} = 3,33 \text{ tours par seconde},$$

soit 333 tours par minute.

L'alternateur tournant à la vitesse angulaire de 93,75 tours par minute, les nombres de dents des engrenages conduisant l'excitatrice sont dans le rapport :

$$\frac{333}{93,75} = 3,57.$$

Il est à remarquer que la commande par engrenages retient l'excitatrice et lui impose une diminution de vitesse en regard à celle qu'elle prendrait si elle était libre. Dans le cas où elle

serait libre, sa vitesse aurait, en effet, pour valeur :

$$\frac{F}{p};$$

comme

$$\frac{F}{p} = n + k,$$

on voit que la vitesse réelle n est inférieure à $\frac{F}{p}$. Il résulte de ce fait que l'alternateur entraîne électriquement l'excitatrice, mais que celle-ci lui restitue une certaine puissance mécanique et paraît le conduire. Ce phénomène est très net, si on examine les dents des engrenages; on

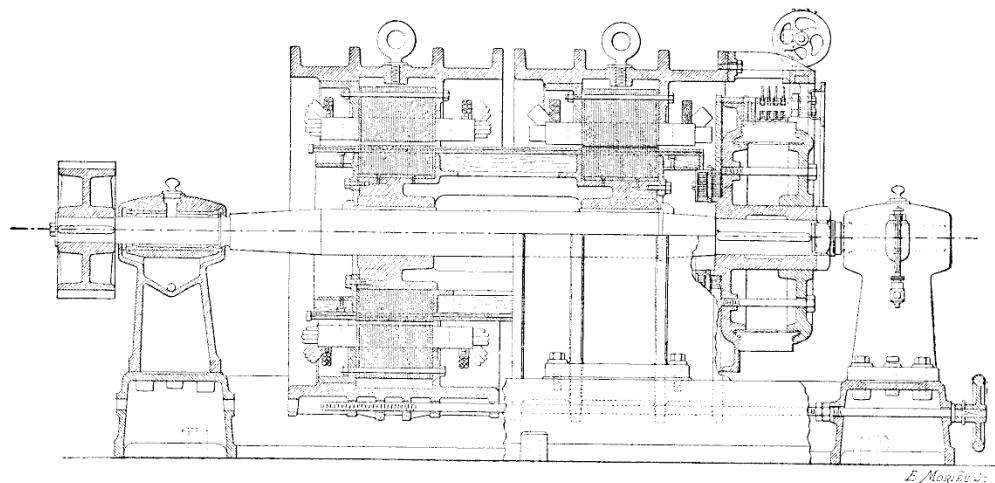


Fig. 60. — Coupe longitudinale de l'excitatrice Leblanc.

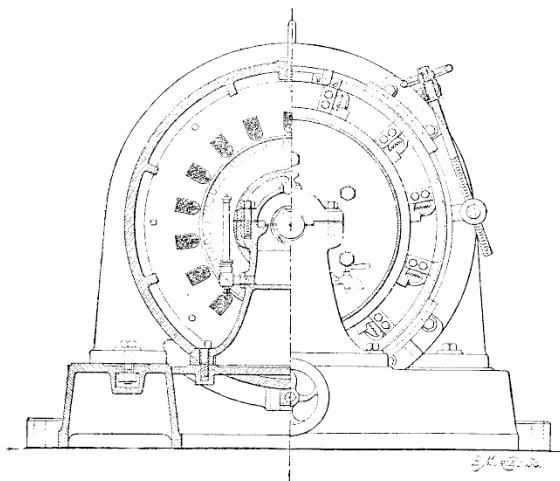


Fig. 61. — Coupe transversale et élévation de l'excitatrice Leblanc.

observe, en effet, que le pignon de l'excitatrice se comporte comme s'il menait la roue dentée calée sur l'arbre de l'alternateur.

Les figures 60 et 61 donnent les détails de construction de l'excitatrice Leblanc.

Les stators B et C sont munis chacun de 48 entailles. L'enroulement dérivé du stator B comporte 3 bobines de chacune 92 spires de fil de cuivre de 3 mm de diamètre.

L'enroulement en série du stator C est constitué de la même manière avec du câble formé de 37 fils de 1,5 mm de diamètre. Chaque pôle comporte 7 spires.

La figure 62 donne le schéma du bobinage et des connexions de l'induit de l'excitatrice et de ses communications avec le premier connecteur spécial, dit connecteur à rebours, ainsi que les connexions de ce dernier avec le collecteur par l'intermédiaire d'un connecteur ordinaire.

L'induit a un enroulement imbriqué à six pôles et porte 60 entailles garnies chacune de 6 fils.

Le collecteur a 360 lames et 12 rangées de 3 balais chacune. Son diamètre est de 0,50 m.

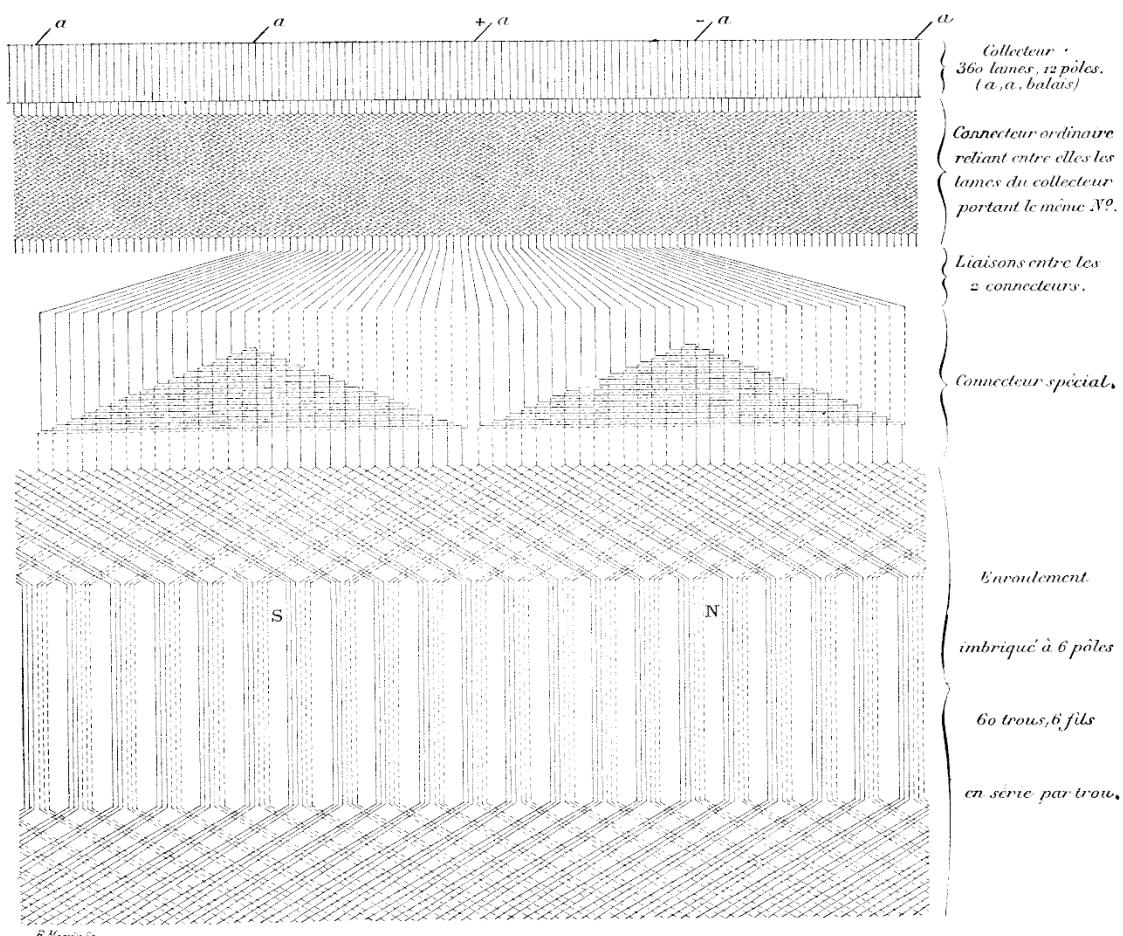


Fig. 62. — Schéma du bobinage et des connexions de l'induit de l'excitatrice Leblanc.

Une commande par vis sans fin permet de faire varier le calage.

Le stator, enroulé en dérivation, est rendu mobile longitudinalement suivant l'axe de l'arbre. En faisant tourner le petit volant disposé sur le pied du palier de droite, on peut faire agir plus ou moins le stator B sur le noyau A. Sur la figure 60, les tôles de l'inducteur B et du noyau A sont tout à fait en regard les unes des autres; dans cette position, l'effet est maximum et correspond à un hypercompoundage de l'alternateur. Pour obtenir un simple compoundage, le stator B doit être légèrement déplacé vers la gauche.

Les figures 63 et 64 montrent les détails de construction des connecteurs.

Les bandes de cuivre du connecteur à rebours forment une série d'U concentriques (fig. 63),

isolés et réunis par un boulon placé dans une gaine isolante. Les branches que l'on voit à la partie supérieure de la figure 63 servent à établir les communications entre le connecteur spécial et le connecteur multipolaire ordinaire, placé en avant du premier contre le collecteur.

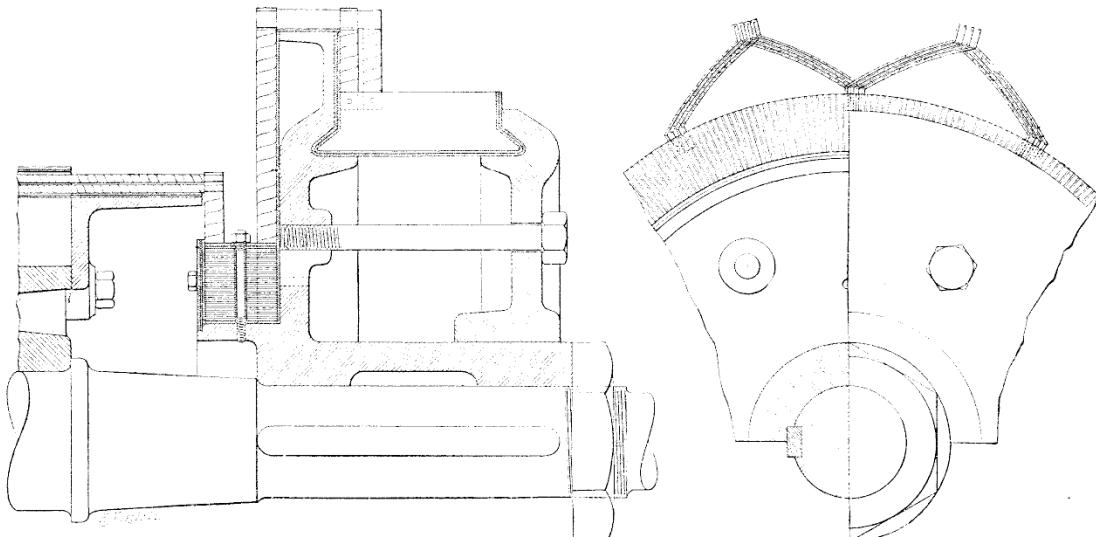


Fig. 63. — Détails des connecteurs de l'excitatrice Leblanc.

Le moteur à vapeur de ce groupe électrogène marche à condensation et peut développer 4 000 chevaux effectifs à la pression d'admission de 8 kg : cm², l'admission étant de 25 0.0 de la course du piston et la vitesse angulaire de 94 tours par minute.

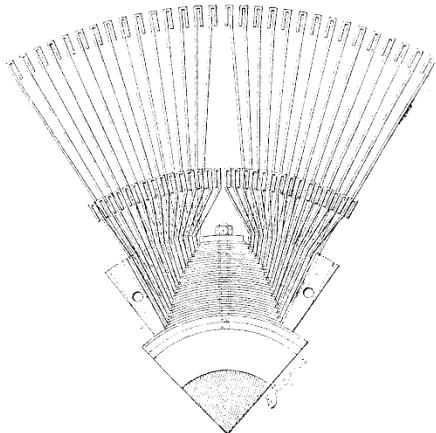


Fig. 64. — Détail des connexions de l'excitatrice Leblanc.

Le cylindre a 850 mm de diamètre et la course du piston est de 1.10 m.

Le condensateur est placé dans le sous-sol et la pompe à air, disposée verticalement, est conduite par une bielle articulée au bouton d'un plateau-manièvre calé à l'une des extrémités de l'arbre du moteur.

Un détendeur de vapeur, également placé dans le sous-sol réduit à 7.5 kg : cm² la pression de la vapeur prise dans la conduite générale à la pression de 10 kg : cm².

La distribution s'effectue au moyen de deux tiroirs plans superposés, dont l'un est mené

par un excentrique à calage fixe et l'autre, recouvrant le premier, par une coulisse articulée sur l'excentrique.

Le second tiroir permet d'augmenter le degré de détente, le coulisseau se déplaçant automatiquement dans sa coulisse, suivant les positions occupées par le manchon du régulateur. Une vis de relevage agit également sur le coulisseau, de manière à permettre de faire varier à la main le degré d'admission.

Le moment d'inertie de l'inducteur mobile de l'alternateur est considérable. Cet organe pèse environ 30 tonnes et donne un coefficient de régularité égal à 230.

La vitesse tangentielle, voisine de 23,50 m par seconde, a donc ses variations comprises entre 23,40 m et 23,60 m par seconde; c'est un résultat remarquable pour un moteur monocylindrique.

A la puissance indiquée de 1 000 chevaux, la consommation de vapeur par cheval-heure est de 7,86 kg, la vapeur étant admise à la pression de 8 kg : cm² pendant les vingt centièmes de la course du piston.

Ce moteur est muni d'un compas dynamométrique destiné à faire connaître rapidement la puissance, indiquée ou effective, développée par le moteur, lorsqu'il fonctionne à échappement libre ou à condensation.

Cet appareil se compose en principe d'un secteur ou quart de cercle portant une première graduation exprimant la vitesse angulaire et une seconde graduation indiquant les degrés d'admission, grâce à un index commandé par une came, dont la position dépend de celle du coulisseau qui mène le tiroir de détente. Un rayon mobile, gradué en fonction de la pression à l'admission, et une réglette, graduée en chevaux, complètent l'appareil. Une manipulation facile indique la puissance, le compas dynamométrique étant étalonné, soit par le calcul, soit expérimentalement en essayant le moteur au frein, en même temps qu'on relève des diagrammes à l'indicateur.

GROUPE N° 7

SOCIÉTÉ « L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE » DE PARIS ET MM. DUJARDIN ET C[°] DE LILLE (NORD)

L'alternateur triphasé, système Labour, est du type volant; il est commandé par un moteur compound horizontal de 850 chevaux indiqués (fig. 65).

Cet alternateur de 1 200 kilovolts-ampères fournit des courants triphasés à la tension étoilée de 3 600 volts avec un débit de 230 ampères par phase. La fréquence est de 50 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 76, et la vitesse angulaire de 79 tours par minute.

Le système inducteur (fig. 66 et 67) est constitué par un lourd volant en fonte, en deux pièces, donnant un coefficient de régularité de $\frac{1}{690}$ et sur la jante duquel sont fixés radialement les noyaux en acier coulé des bobines inductrices.

Les bobines inductrices sont en fil de cuivre de 8 mm de diamètre.

La résistance à chaud du circuit inducteur est de 1,6 ohm.

Le diamètre extérieur de l'inducteur volant, à l'extrémité des pièces polaires, est de 5,60 m.

Le courant d'excitation est fourni par un groupe électrogène, type marine, formé d'une dynamo multipolaire, système Labour, commandée par un moteur vertical à grande vitesse Boulte et Larbolière.

Cette dynamo (fig. 68 et 69), d'une puissance de 50 kilowatts à la vitesse angulaire de 400 tours par minute, peut débiter 280 ampères sous une tension de 180 volts. L'inducteur, à 8 pôles, est de construction analogue à celui de la dynamo du même système déjà décrite et

faisant partie du groupe électrogène à courant continu n° 8-1, avec cette différence, toutefois, que les noyaux sont venus de fonte avec la carcasse. La dynamo est excitée en dérivation. L'induit est du type en tambour multipolaire avec sections facilement démontables et groupées en parallèle : le noyau est feuilleté et denté.

L'induit fixe de l'alternateur se compose d'une carcasse circulaire en fonte, formée de trois anneaux verticaux réunis par des nervures, et d'un noyau feuilleté.

L'ensemble de l'induit repose sur trois chariots, dont un est placé au fond de la fosse et les deux autres de part et d'autre de son diamètre horizontal, au niveau du sol. Un système de vis et de chaînes permet de déplacer l'induit longitudinalement, à droite ou à gauche de l'inducteur, pour visiter les divers organes de l'alternateur et pour effectuer le centrage.

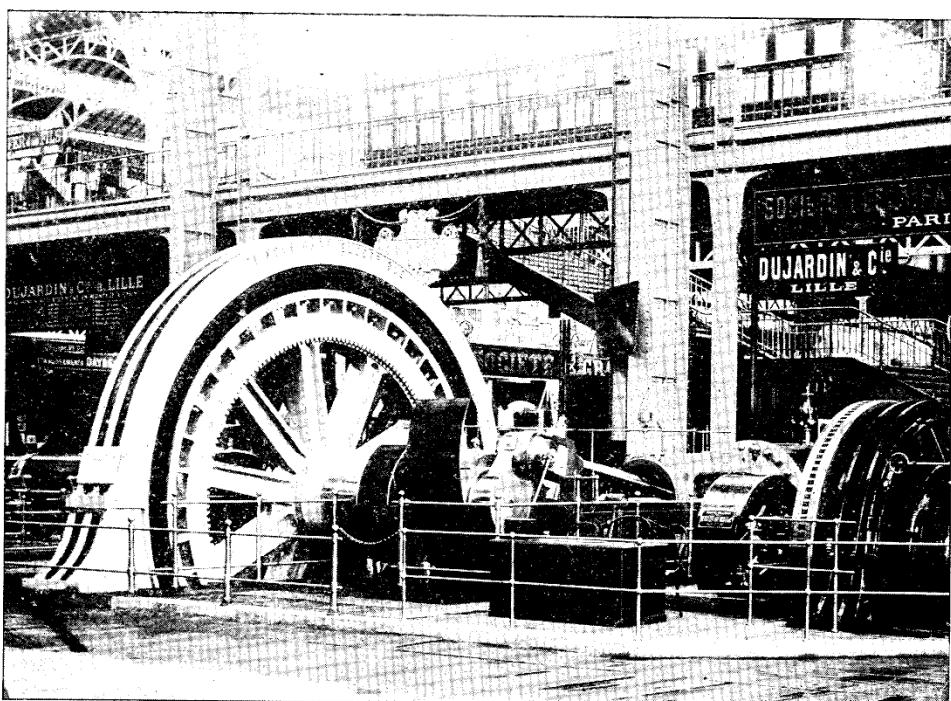


FIG. 65. — Groupe électrogène triphasé Société "L'Éclairage Électrique" — Dujardin et Cie.

Le noyau feuilleté est constitué par deux couronnes, formées chacune de tôles minces isolées; ces deux couronnes sont solidement assemblées et fixées à l'intérieur de la carcasse par des bras en bronze.

L'enroulement, en câble de cuivre de 30 mm^2 de section, est logé dans des trous oblongs percés dans le noyau dont les dents se terminent par des épanouissements. Chaque trou reçoit deux câbles reliés en parallèle, ce qui porte la section de chaque conducteur à 60 mm^2 . Il y a 6 trous par pôle, soit au total 456 trous. L'enroulement est isolé de la masse du noyau par des tubes en micanite, préalablement essayés à la tension de 10 000 volts. L'enroulement comporte 76 bobines par phase, soit au total 228 bobines. Les trois circuits sont montés en étoile.

Le moteur à vapeur a ses deux cylindres montés en tandem. A la vitesse angulaire de 80 tours par minute et avec une admission de 18 % au cylindre de haute pression, il peut développer 850 chevaux, la pression à l'admission étant de 9 kg/cm^2 .

1. Voir page 19.

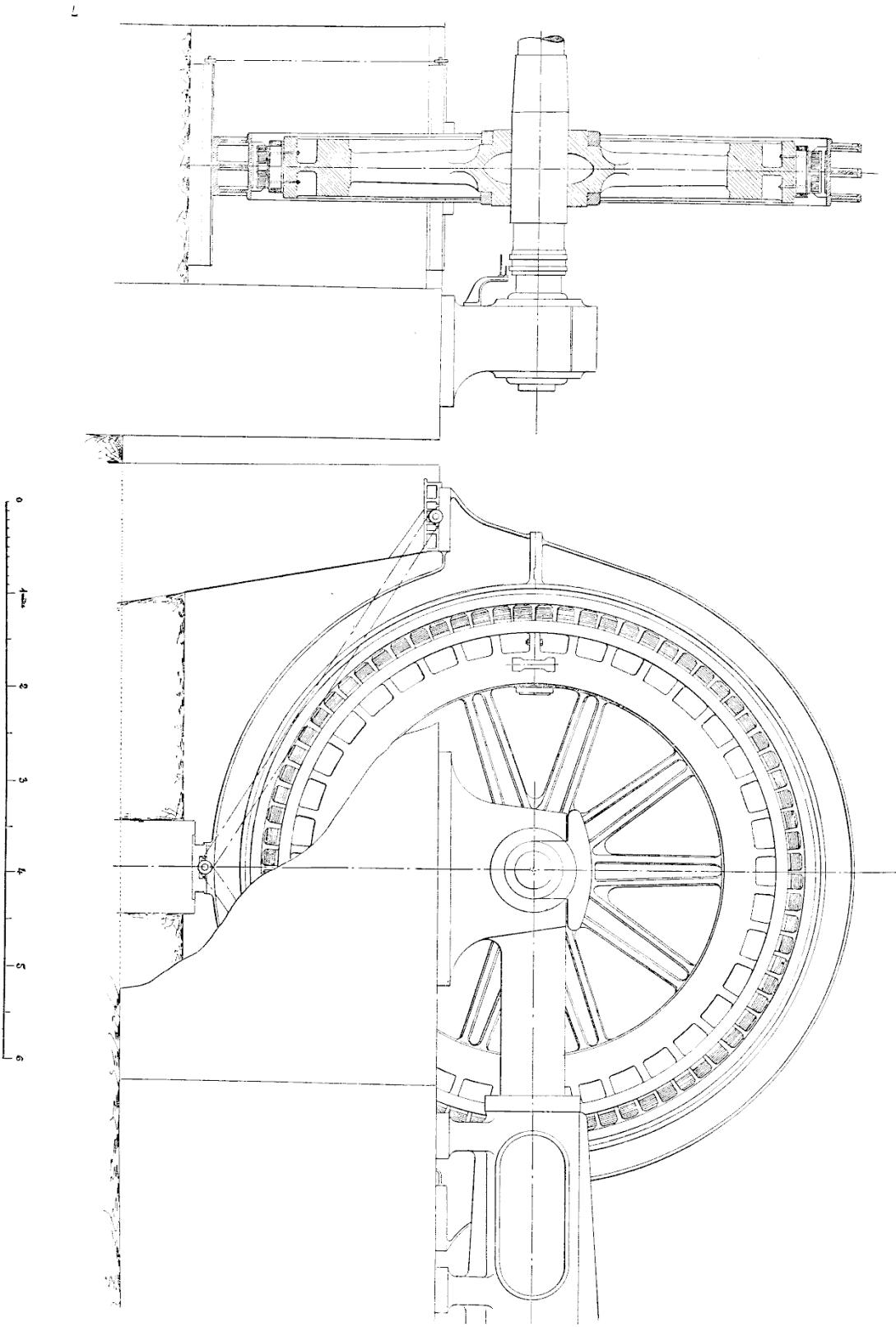


FIG. 66. — Alternateur Labour. — Détails de construction.

2-85

GROUPES ÉLECTROGÉNÉS À COURANTS ALTERNATIFS

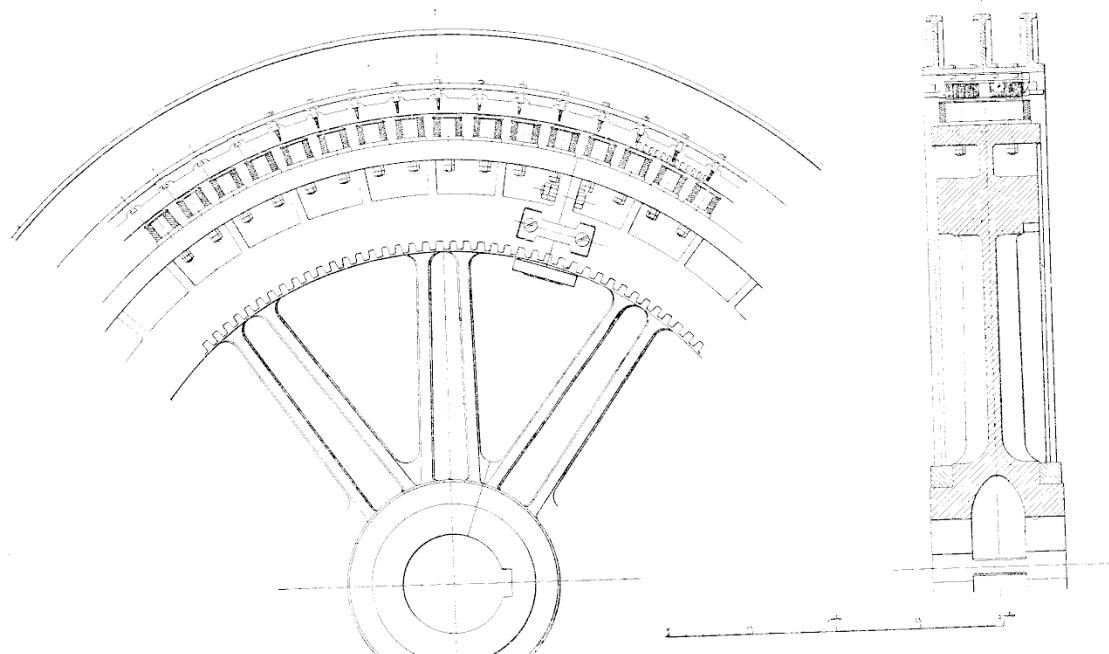


FIG. 67. — Alternateur Labour. — Détails de construction.

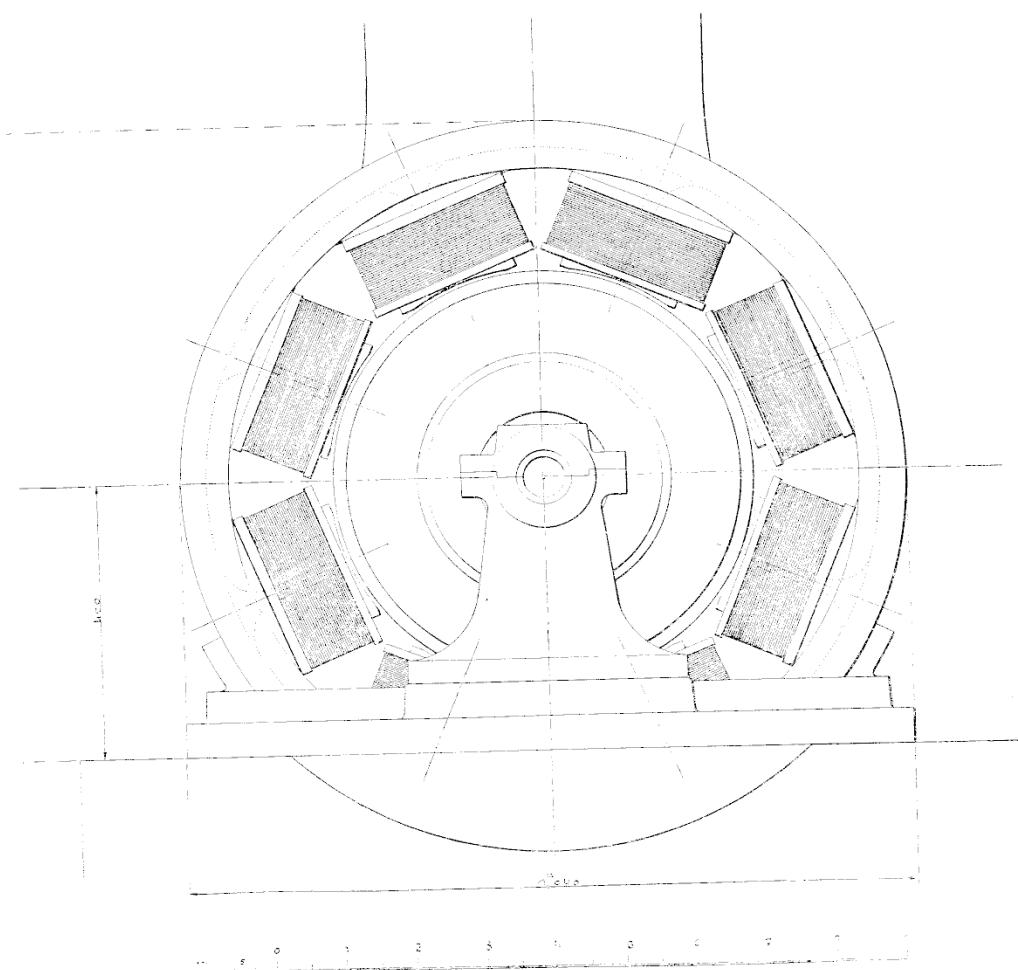


FIG. 68. — Dynamo excitatrice de l'alternateur Labour. — Détails de construction.

Le système de distribution Dujardin, du genre Corliss, comporte un déclic commandé par le régulateur pour le cylindre de haute pression ; celui de basse pression n'a pas de déclic.

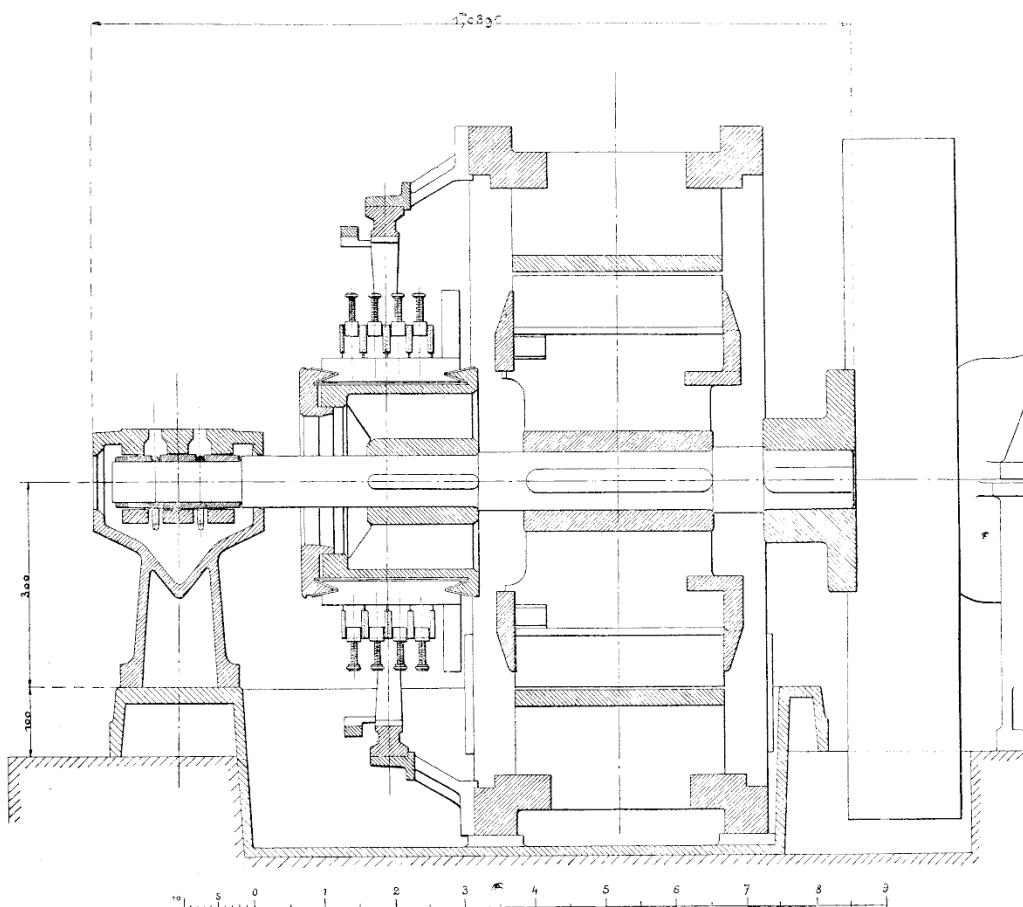


FIG. 69. — Dynamo excitatrice de l'alternateur Labour. — Détails de construction.

Les cylindres de haute et de basse pression ont respectivement 650 mm et 1100 mm de diamètre. La course des pistons est de 1,35 m.

GROUPE N° 14

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY ET SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS WEYHER ET RICHEMOND DE PANTIN (SEINE)

Ce groupe électrogène (fig. 71) est formé d'un alternateur à courants triphasés actionné directement par un moteur à vapeur horizontal et monocylindrique sortant des ateliers Weyher et Richemond.

L'alternateur (fig. 70) peut fournir 450 kilovolts-ampères, ce qui correspond à une puissance de 360 kilowatts avec un facteur de puissance égal à 0,8.

La tension étoilée est de 3 000 volts et le débit maximum est de 87 ampères par phase.

La fréquence est de 50 périodes par seconde, l'alternateur comportant 64 pôles et le nombre de tours par minute étant de 93,5.

L'inducteur tournant est constitué par une couronne en acier coulé reliée par 8 bras au moyeu claveté sur l'arbre. A la périphérie de cette couronne sont fixés, au moyen de vis, les noyaux des bobines inductrices. Ces noyaux, de forme ovale, portent les bobines excitatrices roulées mécaniquement sur une carcasse en matière isolante. Le poids de l'inducteur complet est de 9,6 tonnes.

L'excitatrice a son induit calé en porte-à-faux à l'extrémité de l'arbre.

C'est une dynamo à six pôles, excitée en série; l'induit en tambour est à noyau denté avec un enroulement multipolaire dont les sections sont reliées en série.

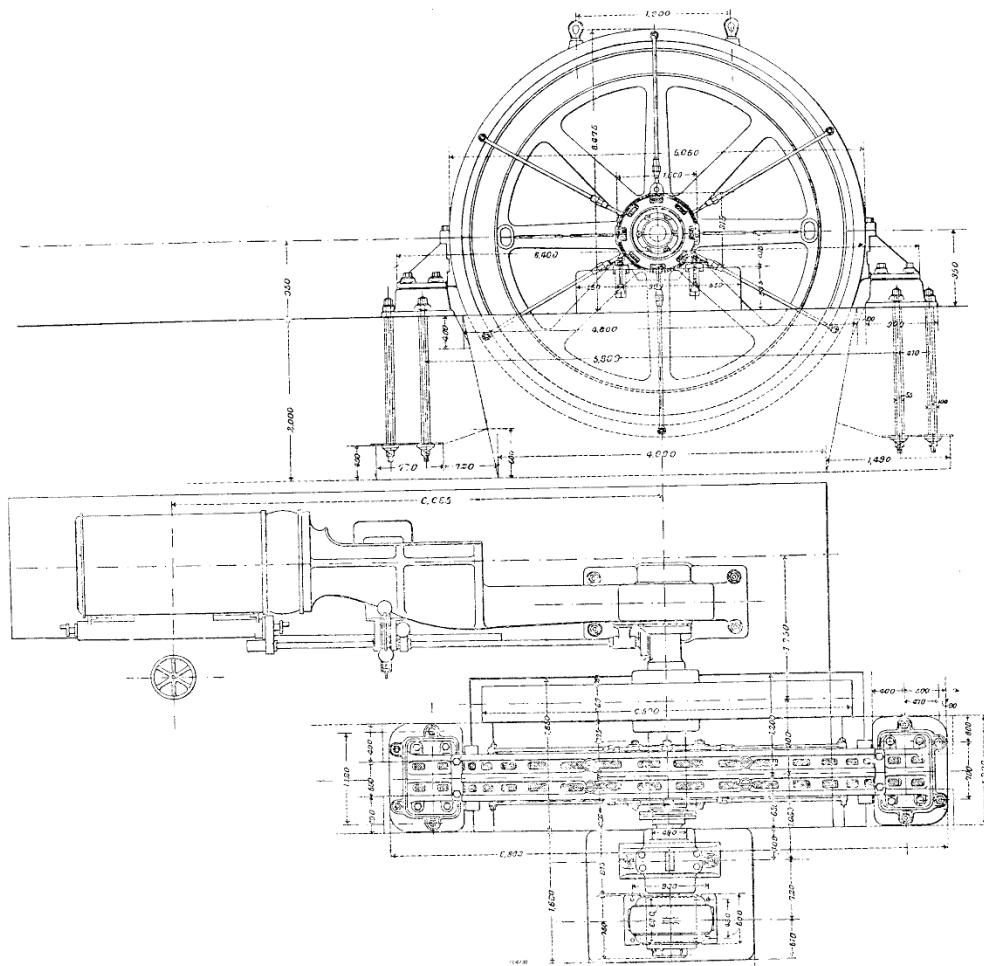
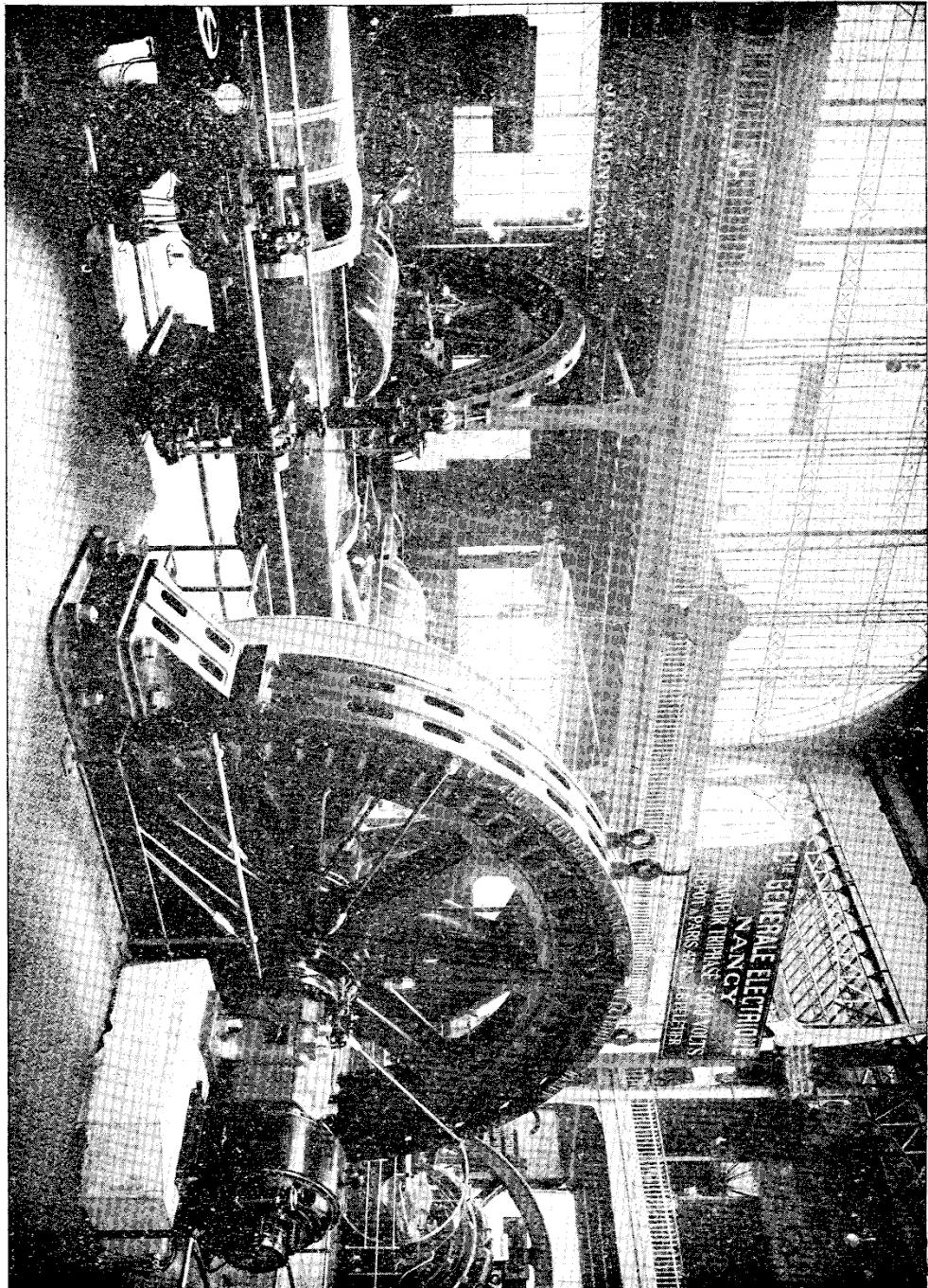


FIG. 71. — Groupe électrogène à courants triphasés Compagnie générale électrique de Nancy — Weyher et Lichemond.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le noyau de l'induit est maintenu par une carcasse en fonte munie de canaux de ventilation; les quatre pièces dont elle est formée sont solidement assemblées à l'aide de boulons.

Pour faciliter le transport et le démontage, le noyau d'induit est en deux pièces. La partie inférieure de la carcasse porte les semelles de fixation et la partie supérieure est munie de quatre anneaux pour le montage. En outre, afin de pouvoir centrer bien exactement la carcasse et lui donner une grande rigidité mécanique, elle porte sur chaque face six tirants en fer forgé aboutissant à un collier concentrique à l'arbre. La tension des tirants peut être réglée au moyen d'écrous.

Le noyau de l'induit est percé de 384 entailles dans lesquelles sont logées 96 bobines; les 32 bobines d'un même circuit sont reliées en série à la manière ordinaire.

Cet enroulement est constitué par des câbles disposés de manière à éviter tout croisement tant à l'intérieur que dans les connexions. Ces câbles sont logés dans des tubes isolants en micanite.

Entre les deux paliers de l'ensemble, l'arbre du moteur porte l'inducteur de l'alternateur ainsi qu'un volant en fonte de 4,30 m de diamètre.

Le moteur à vapeur, du système Lefer, peut développer jusqu'à 1000 chevaux à la vitesse angulaire de 93,5 tours par minute.

Les distributeurs sont logés dans les fonds de cylindre de manière à réduire au minimum les espaces nuisibles. Les distributeurs sont actionnés par un arbre horizontal, parallèle au cylindre et commandé par l'arbre moteur au moyen d'un renvoi par pignon denté.

Le cylindre a 630 mm de diamètre et la course du piston est de 1,30 m.

GROUPE N° 12

SOCIÉTÉ «ÉLECTRICITÉ ET HYDRAULIQUE» DE JEUMONT (NORD) ET SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS WEYHER ET RICHEMOND, DE PANTIN (SEINE)

L'alternateur triphasé de ce groupe est commandé par un moteur à vapeur horizontal compound, marchant à condensation et pouvant développer 1250 chevaux (*fig. 72 et 76*).

L'alternateur (*fig. 73*) est du type volant; il a une puissance de 800 kilovolts-ampères à la vitesse angulaire de 94 tours par minute et fournit des courants triphasés à la tension étoilée de 2200 volts. La fréquence est de 50 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 64.

Le volant inducteur (*fig. 74 et 75*) est constitué par une couronne en fonte reliée par huit bras au moyen fixé sur l'arbre du moteur à vapeur. Sur la jante de cette couronne sont placés radialement les 64 noyaux polaires en acier coulé; ces noyaux sont maintenus par de fortes vis.

Les bobines excitatrices, couplées en série, sont formées de 50 spires de ruban de cuivre de 104 mm de largeur (correspondant à la hauteur des noyaux polaires) et de 0,8 mm d'épaisseur. Ces spires sont isolées par interposition de toile huilée. Le poids du cuivre de l'inducteur est de 2100 kg.

Le diamètre à l'extrémité des pièces polaires est de 3,678 m; la vitesse tangentielle est donc de 20 m par seconde.

L'excitatrice est une dynamo à 12 pôles, d'une puissance de 16 kilowatts, excitée en dérivation et pouvant débiter 140 ampères sous 110 volts. L'induit, du type en tambour avec enroulement multipolaire, est calé sur l'arbre du moteur entre l'alternateur et un des cylindres de la machine.

L'induit fixe de l'alternateur est formé d'une carcasse annulaire en fonte en deux pièces et d'une couronne feuillettée, en tôles de 0,3 mm d'épaisseur isolées au papier, constituant le noyau et ayant 6 m de diamètre intérieur. L'entrefer est de 11 mm.

Le noyau est fixé à la carcasse au moyen de boulons. Une des faces de ce noyau s'applique contre une jone venue de fonte avec la carcasse et, sur la face opposée, est appliquée une couronne en fonte.

L'ensemble de l'induit repose sur les fondations, au niveau du sol, par les semelles dont est pourvue la carcasse aux deux extrémités de son diamètre horizontal et par sa partie inférieure sur un dé fixé au fond de la fosse. Ces points d'appui sont pourvus de coins permettant un centrage facile de l'induit.

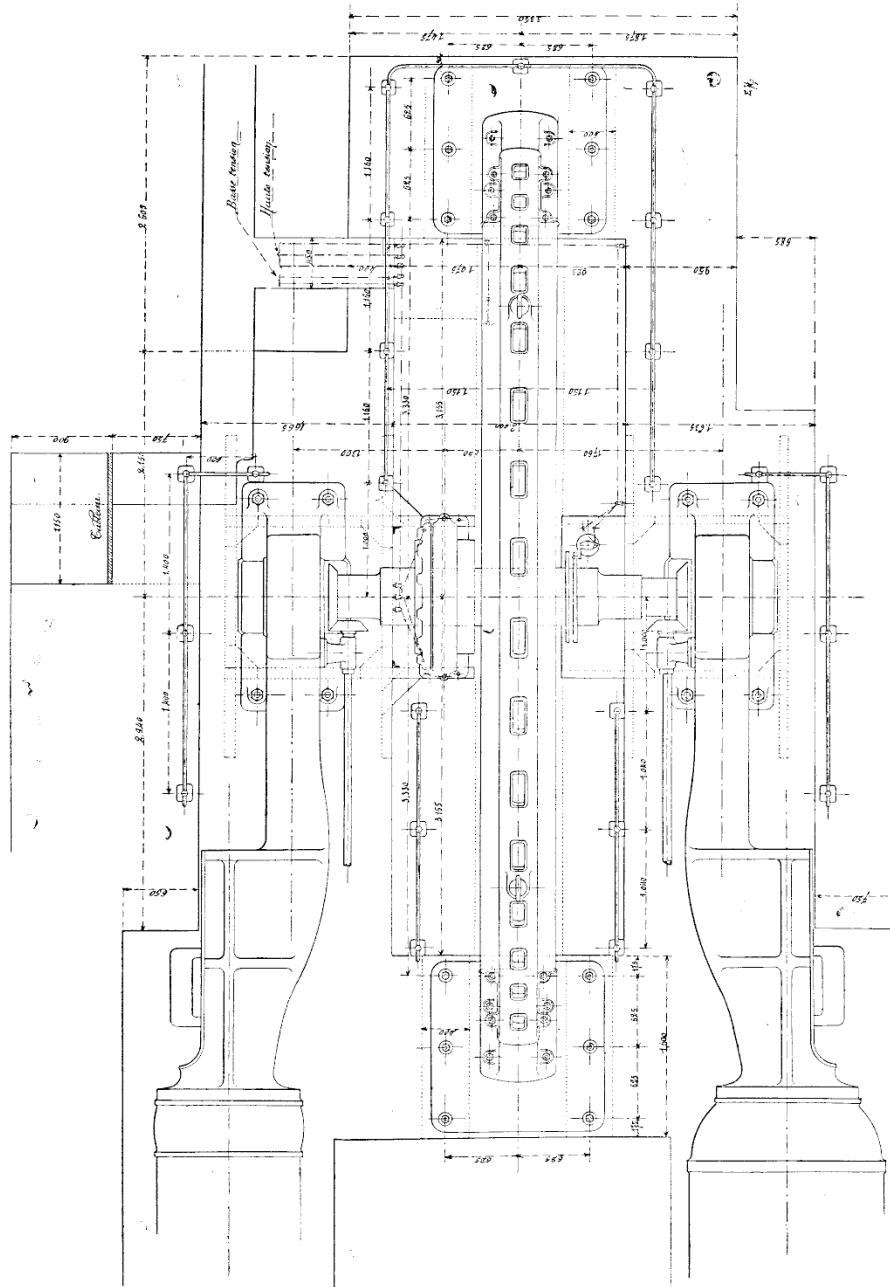


Fig. 72. — Groupe électrogène triphasé Société « Électricité et Hydraulique » — Weyher et Richemond.

Le noyau porte 384 rainures fermées, pratiquées sur son pourtour intérieur. Chacun des trois circuits, montés en étoile, comprend 64 bobines de 3 spires chacune. Le bobinage est isolé soigneusement du fer du noyau à l'aide de tubes de micanite.

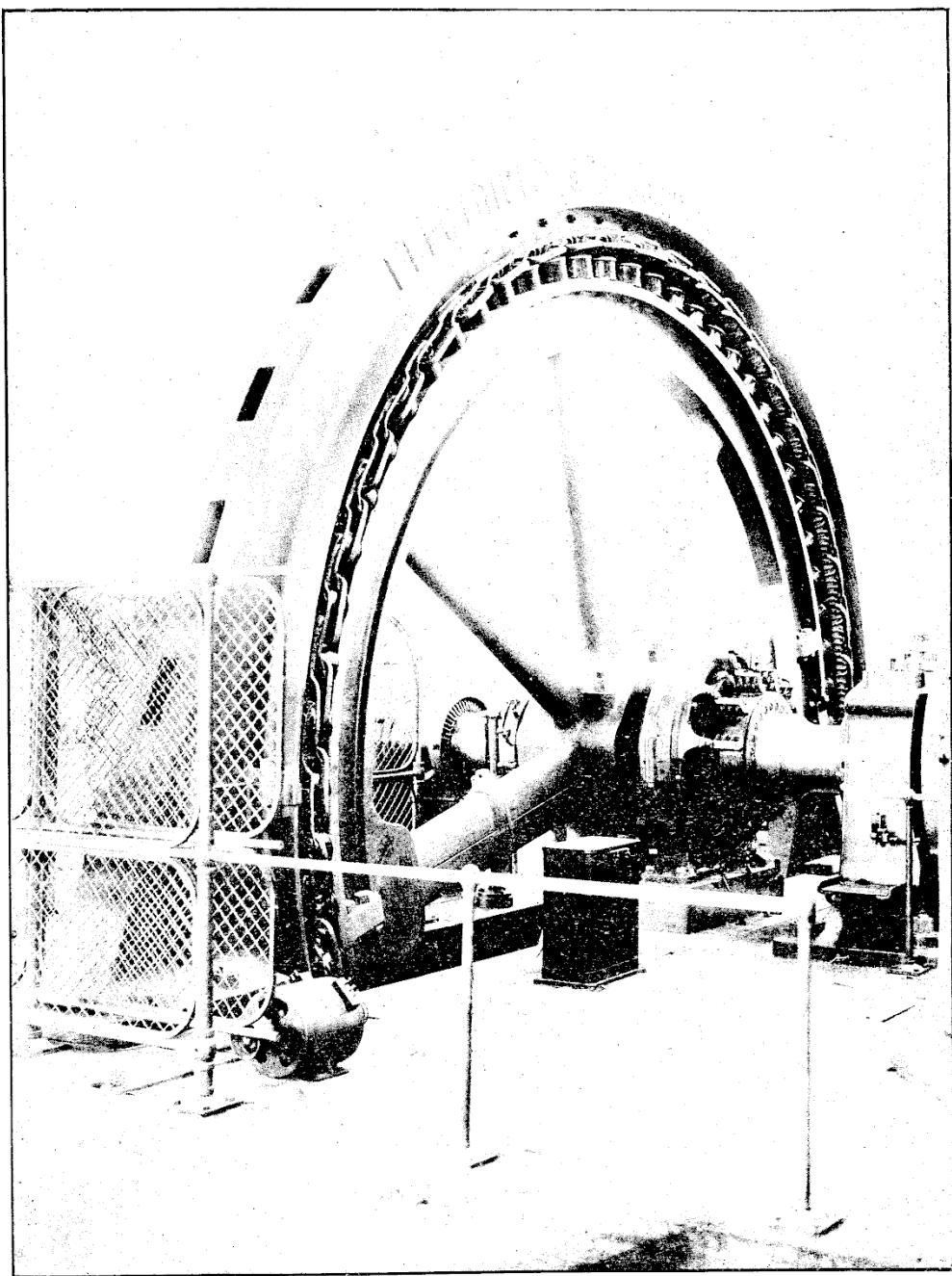


FIG. 73. — Alternateur triphasé de la Société « Electricité et Hydraulique ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

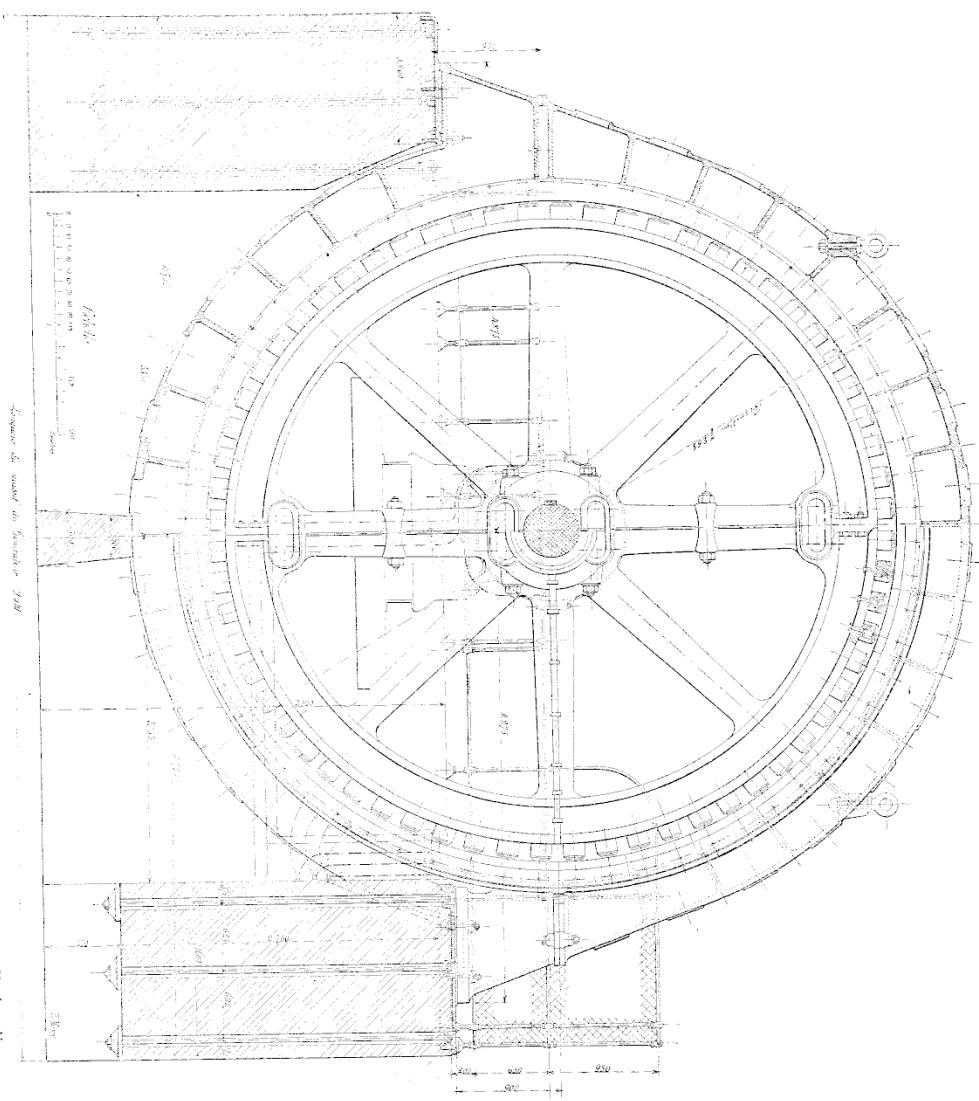
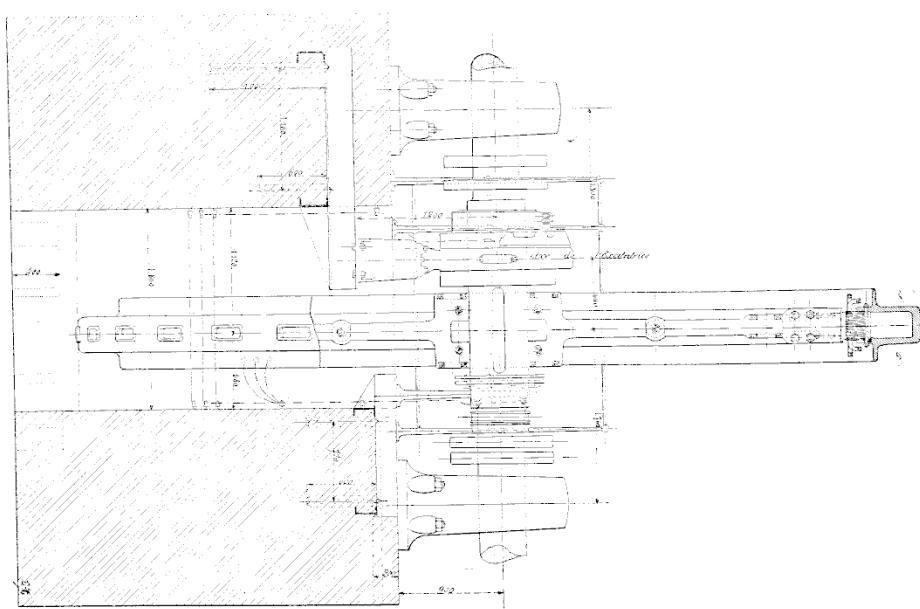


Fig. 71. — Alternateur triphasé de la Société « Électricité et Hydraulique ». — Détails de construction.



Le poids total de l'induit fixe est de 20 tonnes.

Le moteur à vapeur, avec distributeurs du système Lefer, est à vitesse constante quelle que soit la charge, grâce au système spécial de régulateur dont il est muni.

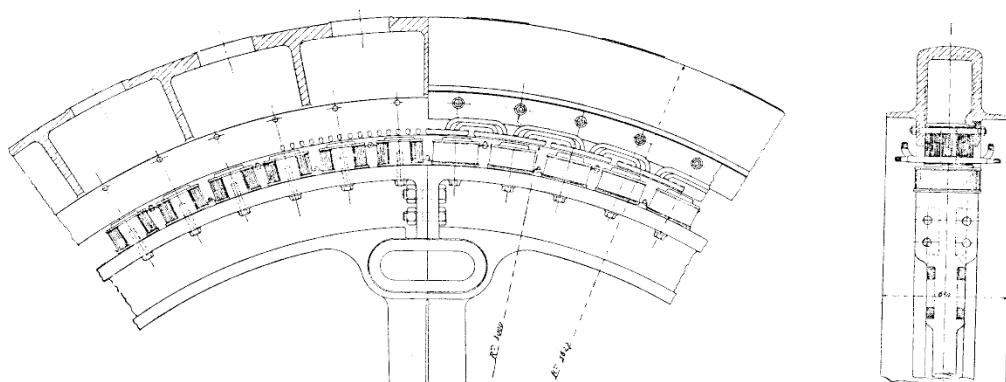


FIG. 75. — Alternateur triphasé de la Société « Électricité et Hydraulique ». — Détails de construction.

Le grand cylindre a 1 m de diamètre et le petit cylindre 0,65 m; la course des pistons est de 1,30 m.

L'alternateur a son inducteur, servant de volant, claveté sur l'arbre du moteur entre les deux cylindres.

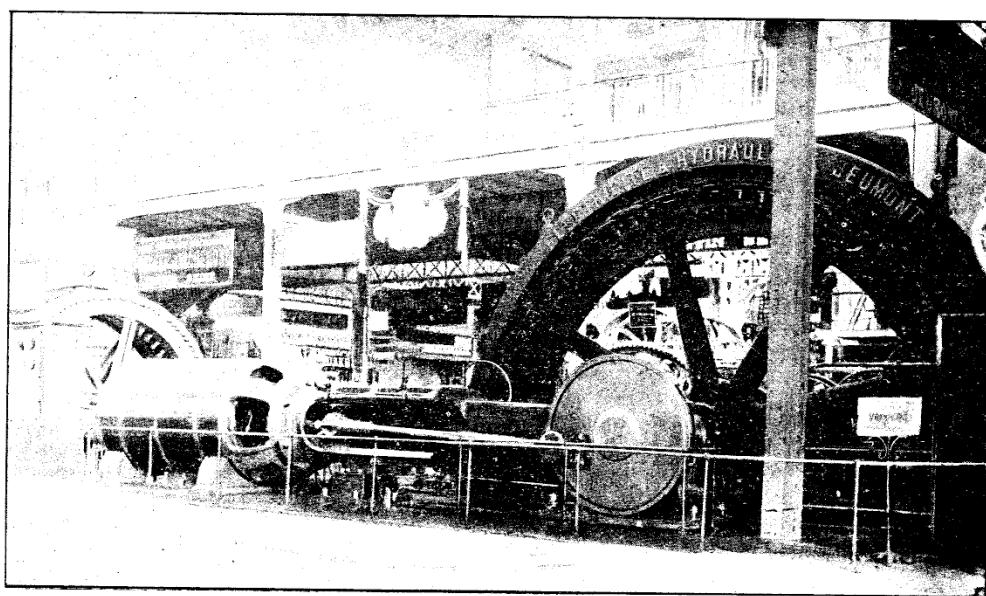


FIG. 76. — Groupe électrogène à courants triphasés Société « Electricité et Hydraulique » — Weyher et Richemond.

GROUPE N° 43

MAISON BREGUET DE PARIS ET MM. DELAUNAY-BELLEVILLE ET C° DE SAINT-DENIS (SEINE)

L'alternateur triphasé, système Boucherot, est actionné directement par un moteur à vapeur à grande vitesse, système Belleville.

Cet alternateur a une puissance de 1 000 kilovolts-ampères et peut débiter, à pleine charge, 220 ampères par phase sous une tension étoilée de 2 200 volts.

La fréquence est de 50 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 24 et la vitesse angulaire de 230 tours par minute.

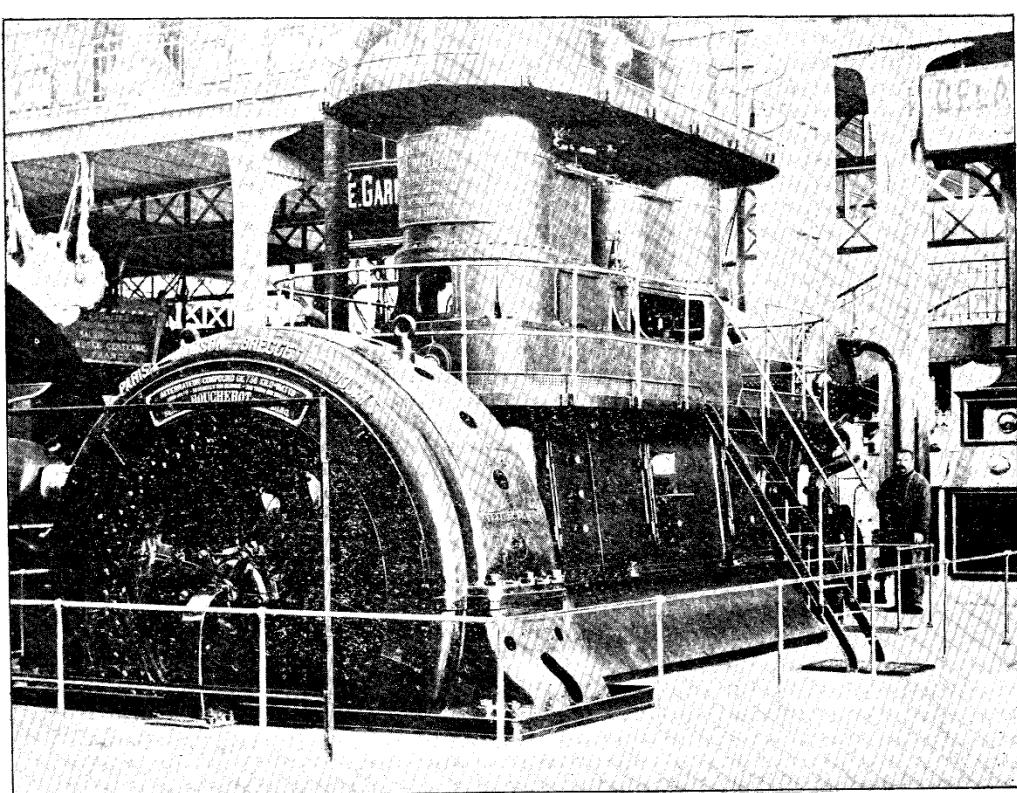


Fig. 77. — Groupe électrogène à courants triphasés Bréguet — Delaunay-Belleville.

L'excitatrice est d'un système spécial; son induit est mobile et claveté sur un arbre placé dans le prolongement de celui du moteur. Les deux arbres sont reliés par les tocs de plateaux d'accouplement formant joint articulé, mais non élastique. L'alternateur et l'excitatrice sont montés de part et d'autre du moteur et tournent synchroniquement.

L'excitatrice est dite *dynamo à enroulements sinusoïdaux*; elle est complétée par un transformateur de compoundage. Ce transformateur a pour objet de survolter le ou les courants d'excitation de la dynamo excitatrice. La combinaison de cet ensemble permet de maintenir *automatiquement constante* la tension aux bornes de l'alternateur, quel que soit le débit et quel que soit le facteur

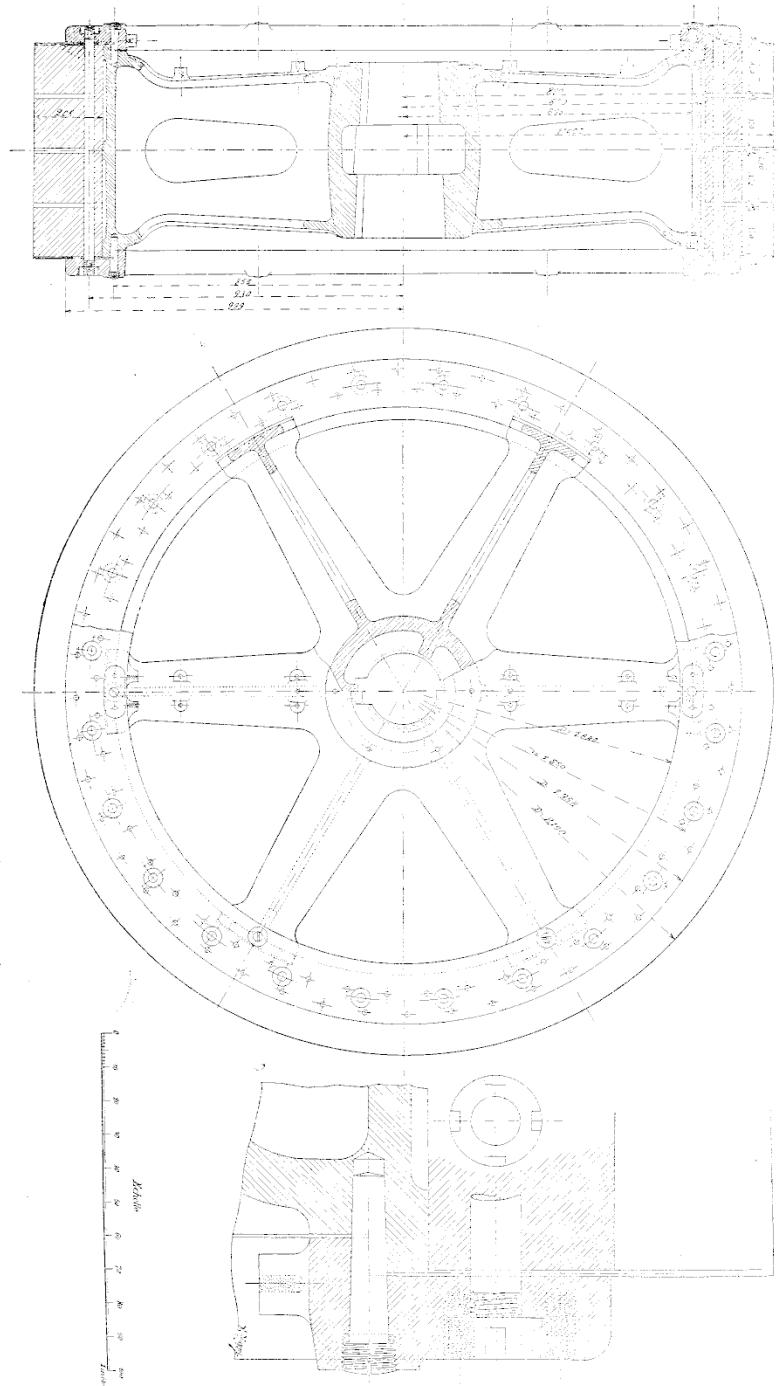


FIG. 78. — Inducteur de l'alternateur Boucheron. — Détails de construction.

de puissance du réseau qu'il alimente, à condition toutefois que la vitesse angulaire reste constante et que chaque phase ait une charge égale.

L'inducteur volant (fig. 78) se compose d'un volant en fonte dont la jante est reliée par six bras au moyen claveté sur l'arbre du moteur. La jante porte les couronnes de tôles constituant le noyau de l'inducteur; ces couronnes, au nombre de quatre comme dans l'induit, sont séparées par des cales évidées et maintenues, sur chaque face, par des joues en acier qui servent en même temps à les serrer et à les centrer par rapport au volant. A cet effet, un certain nombre de goupilles coniques, vissées dans les joues, pénètrent dans la jante du volant. Cette jante porte trois bossages circulaires et équidistants, de 5 cm de largeur, sur lesquels reposent les couronnes

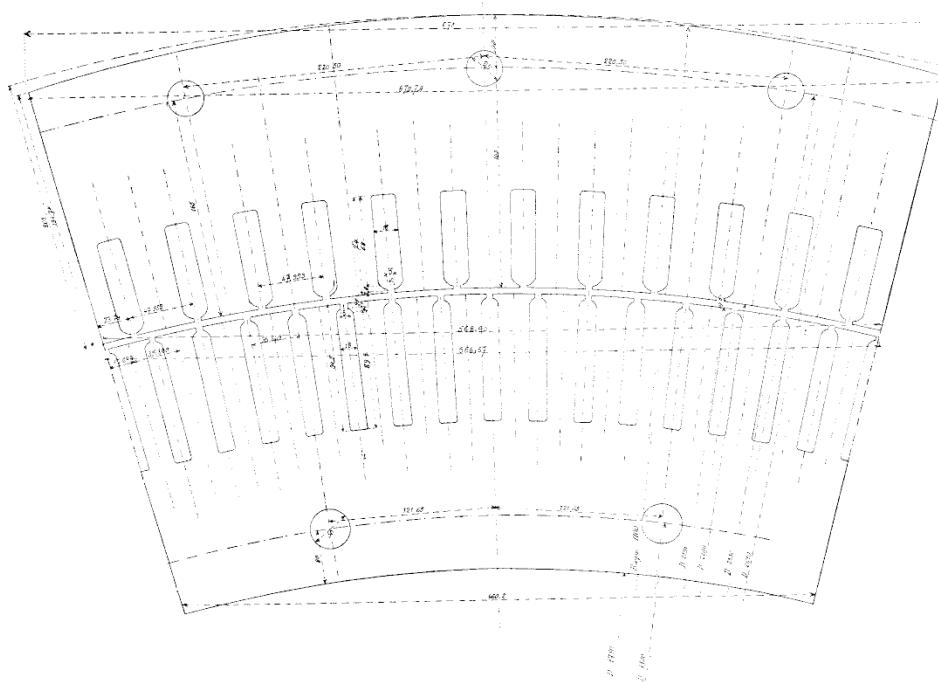


FIG. 79. — Découpage des tôles de l'induit et de l'inducteur de l'alternateur Boucherot.

de tôles sans interposition d'isolant. L'ensemble des couronnes de tôles et des joues est maintenu par des boulons; ce mode de montage, très simple et très robuste, est représenté à plus grande échelle sur la droite de la figure 78.

Le noyau de l'inducteur porte à sa périphérie 192 entailles demi-fermées qui reçoivent le bobinage d'excitation. Cet enroulement comporte deux circuits indépendants ayant 24 pôles et permettant d'exciter l'alternateur avec des courants diphasés de basse fréquence engendrant des champs tournants. Ce mode d'excitation est utilisé lorsque l'alternateur fonctionne en *panchrone* ou en *génératrice asynchrone*. Lorsqu'il doit fonctionner comme génératrice synchrone, ce qui est le cas à l'Exposition, on n'utilise qu'un des circuits en l'excitant par du courant continu. Les courants d'excitation sont amenés à l'inducteur par l'intermédiaire de bagues sur lesquelles appuient des frotteurs.

La figure 79 montre le mode de découpage des segments de tôles de l'induit et de l'inducteur.

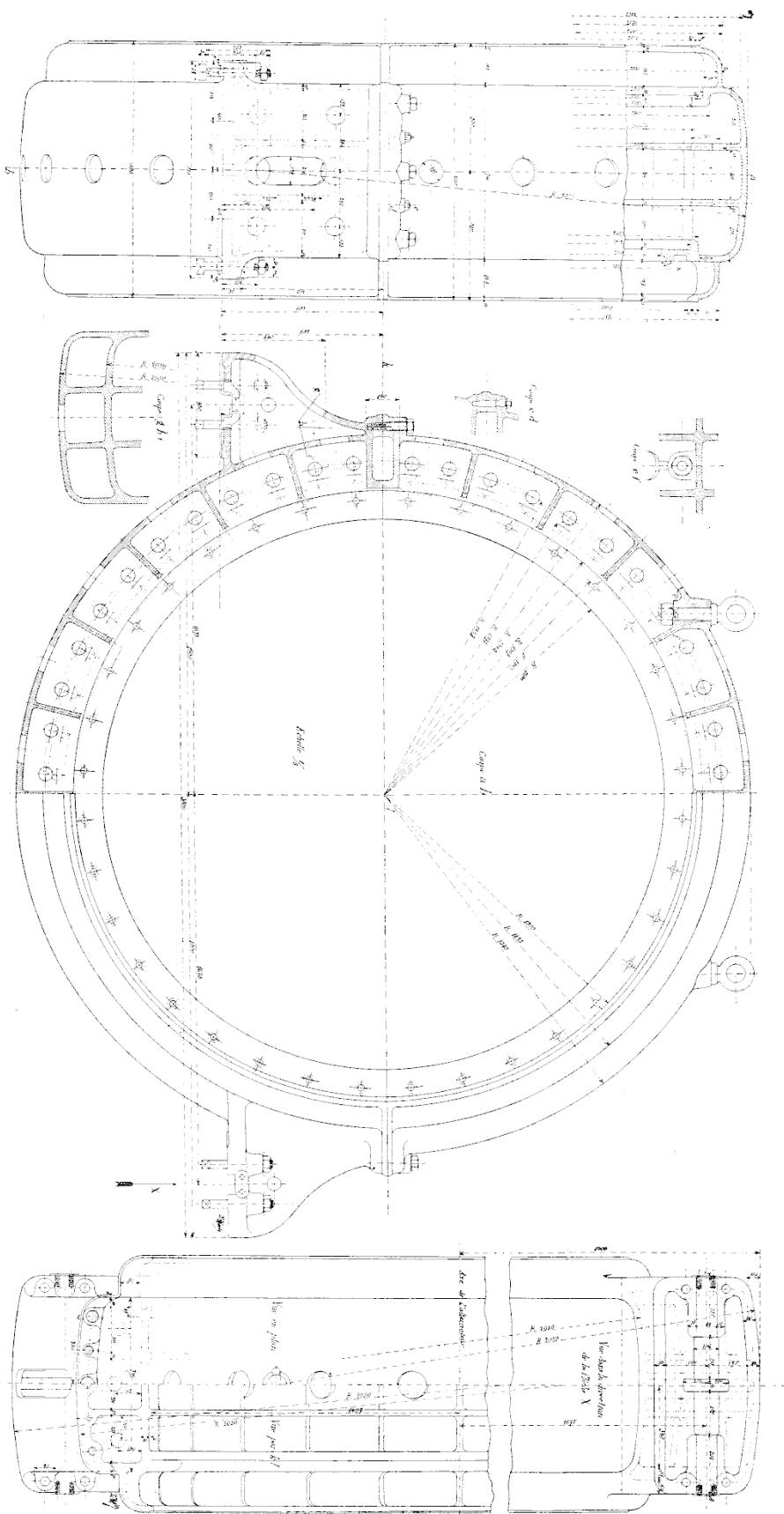


Fig. 80. — Induit de l'alternateur Boucheron. — Détails de construction.

L'entrefer étant seulement de 4,5 mm et l'inducteur étant monté en porte-à-faux sur l'arbre du moteur, on a prévu un dispositif spécial assurant la conservation du centrage. A cet effet, la carcasse de l'induit a été rendue solidaire de l'inducteur au moyen de coussinets dont les paliers sont supportés par cette carcasse, disposition que l'on retrouve sur l'excitatrice *fig. 86*. De chaque côté de la carcasse de l'induit fixe se trouve solidement boulonnée une flasque en fonte supportant, du côté extérieur, le palier de centrage.

Les coussinets de l'alternateur sont relativement courts, puisqu'ils n'ont à résister qu'à de faibles réactions.

L'induit fixe de l'alternateur est constitué par une carcasse annulaire en fonte, en deux pièces réunies par des boulons et des goupilles de repérage. La moitié inférieure de cette carcasse est munie de deux solides semelles, vannes de fonte, qui reposent sur le massif des fondations *fig. 80*.

L'intérieur de la carcasse est garni de bossages et de deux cloisons circulaires servant de support aux tôles du noyau.

Le noyau est formé de quatre paquets de tôles, en forme de couronne, ayant 2,60 m de diamètre extérieur. Des cales en bronze nervurées séparent les couronnes et ménagent entre elles trois intervalles de 14 mm destinés à assurer une bonne ventilation. Chaque anneau élémentaire des couronnes est formé de 12 segments découpés dans des feuilles de tôle de 0,4 mm d'épaisseur et de la qualité dite extra-douce. Les tôles sont simplement isolées au papier et les segments placés bout à bout : les joints sont chevauchés.

Les couronnes ainsi constituées reposent sur les bossages de la carcasse par l'intermédiaire de plaques minces qui isolent le noyau de la masse. Deux grands anneaux en acier servent de joues de serrage et sont appliquées de part et d'autre du noyau ; les couronnes se trouvent maintenues par des boulons isolés traversant les joues et les tôles.

Le bord intérieur du noyau, du côté de l'entrefer, porte 144 entailles demi-fermées. L'enroulement est triphasé avec couplage en étoile et ne présente rien de particulier.

Avant de décrire l'excitatrice sinusoïdale et son transformateur survolté, il est indispensable d'en donner sommairement la constitution et le fonctionnement.

Cette dynamo peut fournir soit du courant continu, soit des courants alternatifs et cela, par une simple modification de la *vitesse angulaire relative* de son induit et des champs tournants qui produisent son excitation.

L'inducteur est fixe et est formé d'un stator de moteur à champ tournant. Les entailles dont est muni son noyau reçoivent un ou plusieurs enroulements, suivant que l'alternateur auquel il doit fournir le courant d'excitation est destiné à produire du courant alternatif simple ou des courants polyphasés.

A l'Exposition, l'alternateur fournit des courants triphasés, le stator de l'excitatrice comporte donc un enroulement triphasé.

L'induit de l'excitatrice est constitué par un anneau de tôles R *fig. 81* tournant à l'intérieur du stator ; il est muni de deux enroulements distincts logés dans les entailles ménagées sur son noyau. Les sections sont analogues à celles d'un anneau Gramme : celles de rang pair constituent un des circuits de l'enroulement diphasé ; celles de rang impair appartiennent à l'autre circuit. Toutefois les diverses sections ont un nombre de spires qui diffère d'une section à la suivante dans un même circuit, ce nombre de spires variant d'après une loi sinusoïdale, d'où le nom de *dynamo à enroulements sinusoïdaux* donné à cette machine.

Les sections sont reliées entre elles et à un collecteur d'après l'ordre suivant :

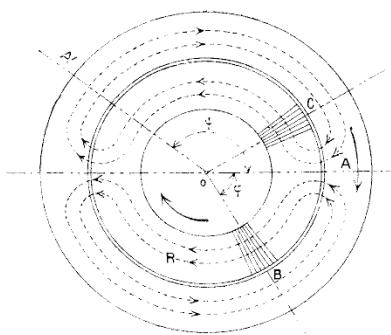


Fig. 81. — Principe de la dynamo à enroulements sinusoïdaux.

Une section telle que B (*fig. 81*), faisant partie du premier enroulement et ayant :

$$\frac{n}{b} \cos k_2 \text{ spires}$$

est reliée en série avec une section telle que C, appartenant au second enroulement et ayant

$$\frac{n}{b} \sin k_2 \text{ spires.}$$

L'entrée de la section B est reliée à une lame du collecteur et la sortie de la section C aboutit à la lame suivante.

Les figures 82 et 83 montrent deux schémas d'enroulement d'induit à 16 sections, bobinés d'après cette méthode dans l'hypothèse d'un système inducteur bipolaire; les sections reliées en série sont alors toujours décalées de 90° .

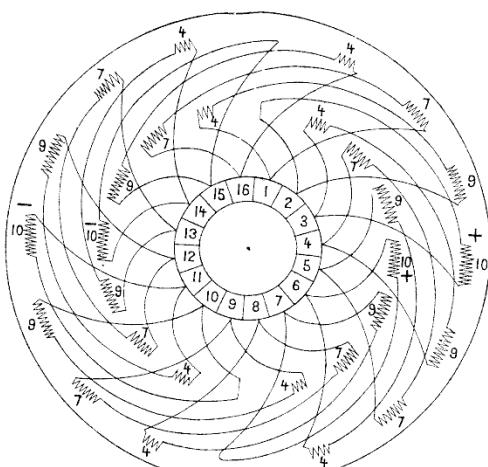


Fig. 82. — Enroulement d'induit pour excitatrice d'un alternateur simple.

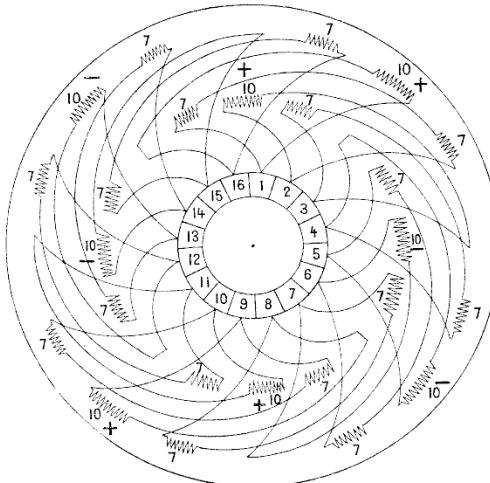


Fig. 83. — Enroulement d'induit pour excitatrice d'alternateur polyphasé.

Le schéma de la figure 82 représente l'enroulement d'un induit d'excitatrice pour un alternateur simple, le stator de cette excitatrice n'ayant qu'un seul enroulement. Celui de la figure 83 s'applique à l'excitatrice d'un alternateur polyphasé et nécessite un stator à deux ou trois enroulements.

L'induit de cette excitatrice spéciale tourne dans un sens donné avec une vitesse angulaire Ω et est placé dans un champ inducteur tournant dans le même sens avec une vitesse angulaire ω .

Si $\frac{\omega}{\Omega}$ est un rapport simple tel que 1, 2, 3, etc.; — 1, — 2, — 3, etc.; $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc., on peut obtenir un courant continu aux balais, à la condition de leur donner, sur le collecteur, une position convenable. Si $\frac{\omega}{\Omega}$ n'est pas un rapport simple, il se produira de véritables battements et la tension aux balais, convenablement placés l'un par rapport à l'autre, sera alternative. La fréquence, déterminée par le nombre de battements, pourra être aussi faible qu'on le voudra.

La figure 84 représente une excitatrice sinusoïdale avec son inducteur à champ tournant et son induit à enroulements diphasés sinusoïdaux.

Soient ψ l'angle que font les balais de polarité contraire, placés en A et en A' sur le collecteur (*fig. 81*), et

Ω , la vitesse angulaire de l'induit ;

ω , la vitesse angulaire du champ tournant inducteur;

Si Ω et ω sont de même signe, les sens de rotation sont les mêmes.

n , un coefficient dépendant de l'intensité du champ tournant inducteur;

θ , l'angle occupé par une des sections ayant le maximum de spires;

m , ce nombre maximum de spires;

φ , l'angle que fait une section avec un diamètre pris pour origine;

k , un coefficient numérique.

Le nombre de spires par section du premier enroulement suit la loi sinusoïdale et l'expression :

$$f_1(\varphi) = \frac{n}{\theta} \cos k\varphi$$

fait connaître le nombre de spires pour une section quelconque distante de l'axe pris pour origine (une ligne de balais) d'un angle égal à φ .

Pour le deuxième enroulement, on aura :

$$f_2(\varphi) = \frac{n}{\theta} \sin k\varphi.$$

Sans entrer dans le développement des calculs, il suffit d'indiquer qu'en donnant aux balais un écart angulaire :

$$\varphi = \frac{\pi}{k+1},$$

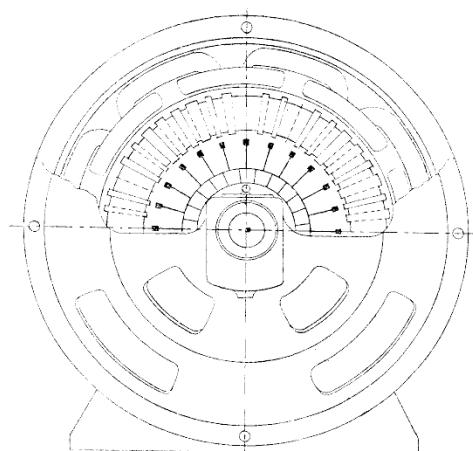


Fig. 84. — Coupe transversale d'une excitatrice sinusoïdale.

on obtiendra un courant débité sous une tension égale à :

$$E = -\frac{2ne}{\theta} \cdot \frac{\omega + \Omega}{k+1} \cdot \cos(m + k\Omega)t,$$

Si la relation qui lie les vitesses angulaires du champ inducteur et de l'induit satisfait à l'expression :

$$\omega + \Omega = k\Omega,$$

[III]

L'équation [II] devient :

$$E = \frac{2ne}{\theta} \cdot \frac{-k\Omega + \Omega}{k+1} \cdot \cos(-k\Omega + k\Omega)t,$$

qui, simplifiée, est :

$$E = \frac{2ne}{\theta} \Omega,$$

[IV]

Les termes périodiques ayant disparu, la tension E est continue.

Le coefficient k peut avoir toutes sortes de valeurs. Si l'on fait $k = 0$, l'expression $\omega + \Omega = k\Omega$ s'annule, le champ tournant inducteur est fixe dans l'espace et l'excitatrice fonctionne comme une dynamo à courant continu. Cette hypothèse n'est réalisable qu'à la condition de faire tourner la carcasse inductrice en sens contraire du champ tournant qu'elle développe et avec une vitesse $\omega' > -\omega$. L'excitatrice actuelle n'est pas établie pour réaliser cette condition.

Lorsque $k = 1$, on a $\omega = -\Omega$. L'induit et le champ inducteur tournent avec des vitesses égales et de sens contraires ; le courant reçu aux balais est continu si l'écart angulaire des balais de polarité contraire est :

$$\varphi = \frac{\pi}{k+1} = \frac{\pi}{2},$$

jours dans l'hypothèse d'un champ tournant bipolaire. Avec le coefficient $k = 1$, on peut exciter l'excitatrice avec un champ alternatif simple. On sait, en effet, d'après un théorème de M. Leblanc, qu'un champ alternatif peut être décomposé en deux champs égaux, de valeur moitié moindre, tournant en sens contraires l'un de l'autre avec des vitesses égales. Le premier champ ne produit aucune action, car il tourne dans le même sens et avec la même vitesse que l'induit qu'il accompagne. Le second champ, tournant en sens contraire de l'induit, on peut obtenir un courant continu aux balais et, par conséquent, il est possible d'exciter un alternateur à courant alternatif simple. Le schéma *fig. 82* montre l'enroulement employé dans ce cas, l'inducteur étant supposé bipolaire.

En faisant $k = -1$, on aurait $\omega = \Omega$ et, l'induit tournant dans le même sens et avec la même vitesse que l'inducteur, il n'y aurait pas de force électromotrice induite. D'ailleurs, l'écart angulaire des balais aurait alors la valeur $\frac{\pi}{0}$, c'est-à-dire qu'il serait infini, ce qui prouve encore que l'excitatrice ne pourrait rien fournir dans ces conditions.

Enfin, en prenant $k = -2$, on a $\omega = 2\Omega$. Le champ inducteur tourne dans le même sens que l'induit, mais avec une vitesse angulaire double, l'induit se retrouvant à chaque tour dans la même position relativement au flux inducteur. Dans ce cas, l'excitatrice, bien que tournant à la même vitesse que l'alternateur, peut avoir *moitié moins de pôles*. L'écart angulaire des balais sera $-\pi$ et il devra y avoir autant de séries de balais que de pôles. La figure 83 donne le schéma d'un enroulement d'induit dans l'hypothèse de $k = -2$, hypothèse réalisée dans la machine exposée.

L'alternateur comporte 24 pôles et tourne à la vitesse angulaire de 250 tours par minute. Les courants qu'il fournit, à la fréquence de 50 périodes par seconde, produisent dans l'inducteur de l'excitatrice des champs qui tournent à une vitesse angulaire de 500 tours par minute, puisque l'excitatrice ne comporte que 12 pôles par circuit.

L'excitatrice tournant comme l'alternateur à la vitesse angulaire de 250 t : m, le rapport est :

$$k_{\text{exc}} = \frac{500}{250} = -2,$$

le signe $-$ indiquant que l'induit tourne en sens contraire du champ inducteur.

Dans ces conditions, l'excitatrice sinusoïdale peut donc exciter un alternateur synchrone à courant alternatif ou à courants polyphasés, puisqu'elle-même est excitée par *un* ou *des* courants alternatifs provenant de l'alternateur.

Pour que la tension d'un alternateur soit indépendante des courants débités et de leur phase relativement à cette tension, il suffit, d'après le théorème de M. Leblanc, que le courant continu qui l'excite ait, à chaque instant, une valeur proportionnelle à :

$$i_0 = \sqrt{A + BI_1 \sin \varphi^2 + BI_1 \cos \varphi^2},$$

expression dans laquelle A et B sont des constantes qui dépendent des éléments de construction de l'alternateur.

I_1 est l'intensité du courant débité par une des phases de l'alternateur et l'on admet que cette intensité, ainsi que le facteur de puissance, sont approximativement les mêmes pour les diverses phases.

$I_1 \sin \varphi$ est la composante wattée et $I_1 \cos \varphi$, la composante déwattée du courant.

La valeur i de l'intensité du courant continu fourni par l'excitatrice sera constamment proportionnelle à la valeur indiquée ci-dessus, si les courants alternatifs excitant l'excitatrice produisent un champ tournant proportionnel à i .

Ces courants doivent donc être survoltés conformément à l'expression de i et c'est ce que réalise un transformateur survolté dit *de compoundage*.

Ce transformateur, triphasé dans le cas actuel, est branché entre l'alternateur et l'excitatrice comme le montre la figure 85.

A chaque circuit de l'alternateur correspond, intercalé en série sur le réseau, un des primaires du transformateur. Les secondaires survolent les courants dérivés sur les circuits de l'alternateur, courants qui traversent les circuits inducteurs de l'excitatrice.

Le transformateur qui survole ainsi les courants inducteurs sur leur parcours joue un rôle très important. Il ne diffère pas, en principe, d'un transformateur triphasé ordinaire. Lors des essais, on fait varier le rapport de transformation en réglant le nombre de spires secondaires utiles et le coefficient d'induction en donnant aux circuits magnétiques des entrefers convenables.

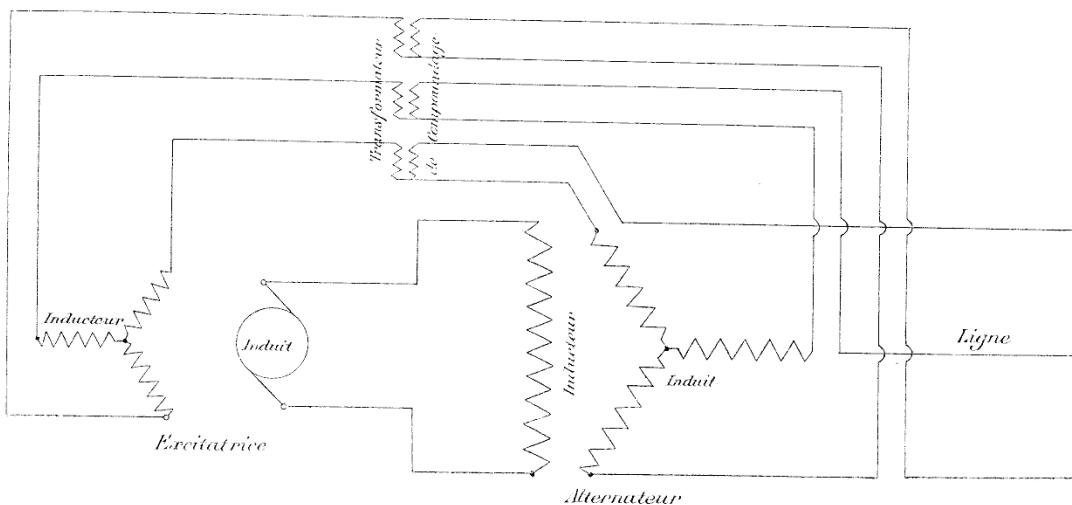


FIG. 85_a. — Connexions générales de l'excitatrice et de l'alternateur.

En désignant par L_t le coefficient d'induction d'une des phases de l'inducteur de l'excitatrice et par t_t , celui d'une des phases du transformateur dont le coefficient d'induction mutuelle est m_t , on a :

$$e_t = \frac{L_t E \sin \omega m_t t}{L_t + t_t} \sin \varphi \sin \omega t + \frac{\omega L_t m_t}{L_t + t_t} I_t \cos \varphi \cos \omega t,$$

en supposant qu'il y a symétrie entre les phases, les secondaires des transformateurs étant en série avec les circuits inducteurs de l'excitatrice. Dans l'expression ci-dessus e_t est la tension efficace survoltée agissant sur une phase de l'inducteur de l'excitatrice; sa valeur maximum a pour expression :

$$e_{t\max} = \sqrt{\left(\frac{L_t E}{L_t + t_t} + \frac{L_t \omega m_t}{L_t + t_t} I_t \sin \varphi\right)^2 + \left(\frac{L_t \omega m_t}{L_t + t_t} I_t \cos \varphi\right)^2}$$

Cette expression n'est autre que celle trouvée pour le courant continu à excitant l'alternateur, lorsque :

$$\frac{L_t E}{L_t + t_t} \approx A \text{ et } \frac{L_t \omega m_t}{L_t + t_t} \approx B.$$

Ainsi, bien qu'il soit possible de réaliser par des procédés différents l'obtention des valeurs de e ou de i , il est indispensable de partir de la même équation générale qui seule conduit à la solution exacte du compoundage.

L'excitatrice à enroulements sinusoïdaux, bien que se comportant, dans le cas actuel comme une dynamo à courant continu, n'exige, pour son excitation propre, que des courants

déwattés; l'alternateur à exciter doit naturellement les lui fournir. Donc, lorsque l'alternateur débite sur un réseau des courants dont la composante déwattée augmente, il fournit, en outre, un supplément de courants déwattés à son excitatrice.

Dans une dynamo à courant continu avec champ inducteur fixe, le flux de réaction d'induit est en quadrature avec le champ inducteur; il est, au contraire, constamment opposé au flux inducteur dans les dynamos fournissant du courant continu lorsqu'elles sont excitées avec du ou des courants alternatifs.

A l'Exposition, l'alternateur Boucherot fonctionne comme *génératrice synchrone*. Il peut fonctionner aussi comme génératrice asynchrone; il suffit, pour cela, d'utiliser les deux enroulements de son inducteur et de les alimenter avec des courants diphasés dont la fréquence soit égale à celle du glissement (1 à 2 000 de la fréquence du réseau à desservir). Dans ce cas, l'excitatrice sinusoïdale, survoltée par le transformateur triphasé, peut également fournir des courants diphasés à la fréquence de glissement, en intercalant entre les séries de balais une seconde série de balais convenablement placés.

L'alternateur *panchrone* est une machine asynchrone dont la charge ne subit point de variations lorsque la vitesse se modifie même sensiblement. La constance de la charge est pratiquement indépendante du glissement dans de grandes limites.

Pour arriver à ce résultat, M. Boucherot introduit dans les circuits inducteurs de l'excitatrice sinusoïdale d'un alternateur asynchrone des forces contre-électromotrices convenables, qui *annulent* celles qui sont développées dans ces circuits par les flux tournants de l'induit.

Ces forces contre-électromotrices sont produites de différentes manières.

Un premier procédé consiste à intercaler des bobines de réactance dans les circuits inducteurs de l'excitatrice sinusoïdale. On fait varier la réactance de ces bobines par un dispositif mécanique qui agit en fonction du glissement ou des variations de vitesse.

Une petite dynamo auxiliaire, debitant sous des tensions proportionnelles au glissement, permet également de résoudre le problème et remplace les bobines de réactance.

On peut enfin utiliser des condensateurs de capacité convenable.

Tels sont les moyens préconisés par M. Boucherot pour améliorer le fonctionnement des alternateurs asynchrones.

L'alternateur et l'excitatrice figurant à l'Exposition sont susceptibles de fonctionner de cette manière toute nouvelle.

L'excitatrice sinusoïdale est, pour ainsi dire, une excitatrice universelle pouvant alimenter indifféremment des alternateurs à courant alternatif ou à courants polyphases, synchrones, asynchrones ou panchrones. Elle présente l'avantage de pouvoir être calée sur le même arbre que l'alternateur qu'elle excite et de n'avoir qu'un très petit nombre de pôles ($\frac{1}{2}, \frac{1}{3}$, etc., du nombre des pôles de l'alternateur).

Son inducteur étant fixe, il peut être excité sans danger par les courants venant de l'alternateur et sans qu'il soit nécessaire de modifier la tension, même si elle est très élevée. Il est, en effet, très facile d'obtenir un excellent isolement dans une carcasse fixe et les courants qui excitent l'alternateur n'ont aucune liaison avec ceux qui excitent l'excitatrice. Enfin l'inducteur de cette dernière ne prenant que du ou des courants déwattés, le compoundage est exactement assuré.

L'excitatrice (fig. 86) a un inducteur dont les tôles sont disposées à l'intérieur d'une couronne en fonte formant carcasse et munie de semelles reposant sur les fondations.

Ces tôles sont percées d'entailles dans lesquelles sont logés les trois bobinages d'un enroulement triphasé reliés, d'une part, en un point neutre et, d'autre part, aux trois secondaires du transformateur de compoundage.

Les tôles constituant le noyau de l'induit sont également munies d'entailles et reçoivent les sections dont le nombre de spires est variable. Le bobinage en anneau denté est du genre Paccinotti-

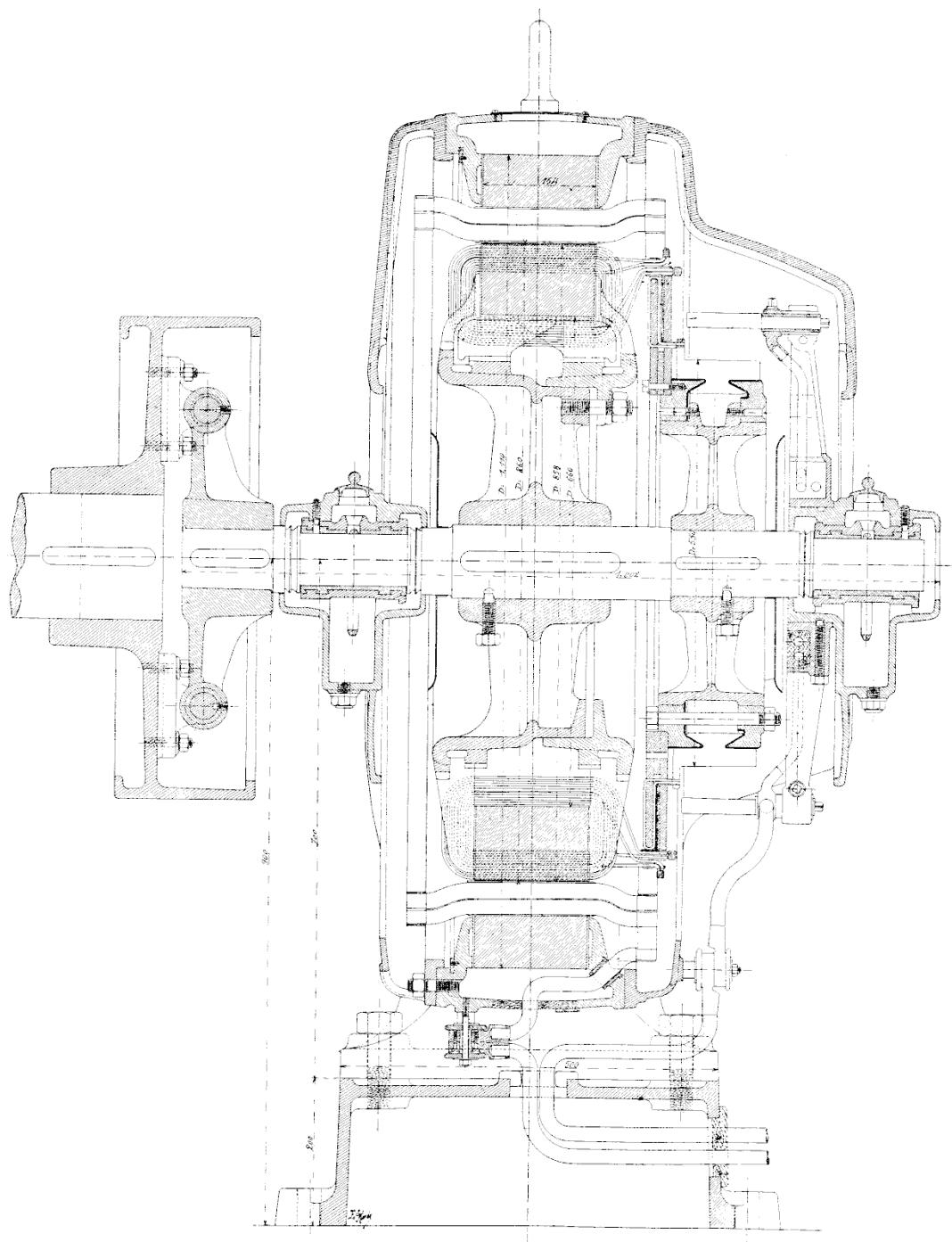


FIG. 86. — Excitatrice de l'alternateur Boucherot.

Gramme ; un connecteur sert à établir les liaisons entre les diverses sections qui, appartenant aux enroulements sinus et cosinus, doivent être reliées en série.

Les branches du collecteur sont en maillechort et les lames en cuivre rouge. Ce collecteur, de 53 cm de diamètre, est monté sur un tambour en fonte. L'arbre porte un croisillon en fonte et tourne dans les coussinets de paliers venus de fonte avec les deux flasques boulonnées sur la carcasse de l'inducteur, disposition qui assure un excellent centrage.

Le balancier des porte-balais est disposé de manière à permettre le calage individuel de chaque rangée.

Les dimensions principales de cette excitatrice sont les suivantes :

Diamètre extérieur de la couronne de tôles de l'inducteur	1,10 mètre
-- intérieur -- -- -- -- --	0,86 --
Largeur de la	0,13 --
Diamètre extérieur de l'induit	0,85 --
-- intérieur -- -- -- -- --	0,66 --
Largeur -- -- -- -- --	0,15 --
Nombre de sections paires ou impaires	288
-- lames du collecteur	288
Diamètre du collecteur	0,33 mètre
Largeur -- -- -- -- --	0,10 --
Entrefer	2 millimètres
Hauteur de la machine	1,60 mètre
Longueur de l'arbre	1 --
Débit maximum	180 ampères
Tension maximum	250 volts

Le transformateur de compoundage (fig. 87) est constitué par trois transformateurs à courant alternatif simple du type à noyau, les enroulements étant placés sur une seule des deux branches.

Les trois transformateurs sont placés à côté l'un de l'autre et maintenus par les bossages d'une carcasse en fonte fermée par des tôles perforées.

On peut faire varier la réductance de chacun des trois circuits magnétiques, indépendamment l'un de l'autre, en interposant des cales entre les joints des culasses.

Les dernières spires des enroulements secondaires, placés à l'extérieur des primaires, sont nues, afin que l'on puisse brancher facilement les conducteurs allant aux bornes à l'endroit convenable pour rendre actif le nombre de spires qui convient le mieux.

Le moteur à vapeur est du type pilon à triple expansion. Il peut développer 1 250 chevaux effectifs à la vitesse angulaire de 250 tours par minute, la pression à l'admission dans le cylindre de haute pression étant de 10 kg : cm² et le vide au condenseur correspondant à une hauteur de 66 cm de mercure.

Les cylindres, au nombre de quatre, forment deux files verticales reposant sur le bâti. L'une des files est composée du cylindre de haute pression placé au-dessus du premier cylindre de basse pression ; l'autre file comporte le second cylindre de basse pression surmonté du cylindre de moyenne pression.

Les manivelles, au nombre de deux, sont calées à 90° l'une de l'autre et attaquent l'arbre moteur dont les extrémités sont les seules parties mobiles situées hors de l'enveloppe qui protège tous les organes de ce moteur.

Les diverses articulations sont lubrifiées par de l'huile constamment refoulée sous pression au moyen d'une pompe sans clapets qui ne peut se désamorcer.

Le condenseur, du type à surface, est indépendant du moteur ; sa pompe à air est actionnée par un petit moteur électrique tournant à 900 tours par minute. La quantité de vapeur qui peut être condensée par heure atteint 10 tonnes.

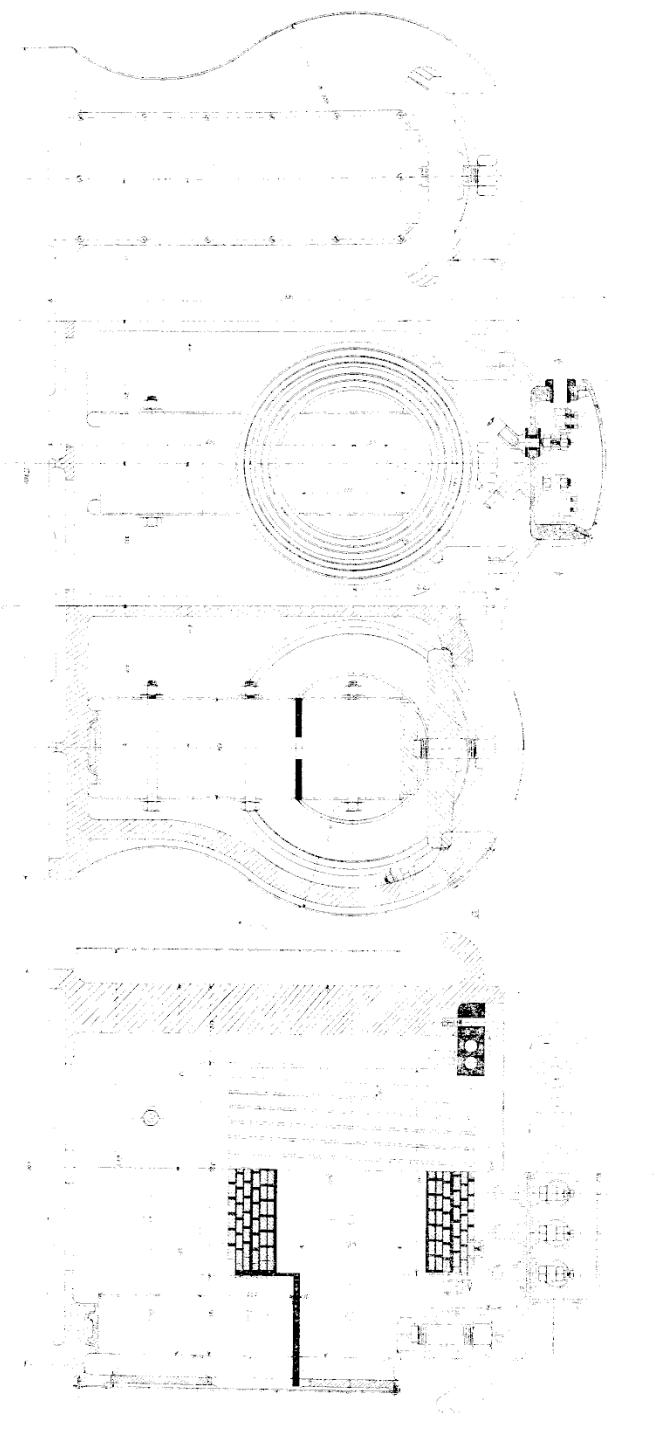


FIG. 87. — Transformateur de compoundage de l'alternateur Boucheron.

Les principales données de construction de ce moteur sont les suivantes :

Diamètre du cylindre de haute pression.....	510 millimètres
— moyenne pression.....	820 —
Diamètre de chaque cylindre de basse pression.....	830 —
Course commune des pistons	460 —
Longueur du moteur	2,850 mètres
Largeur du moteur.....	2,400 —
Hauteur totale du moteur.....	5,230 —

Des portes-regards, munies de glaces épaisses, permettent d'accéder facilement aux divers organes ; ces portes sont naturellement fermées pendant le fonctionnement du moteur ; quelques lampes à incandescence, convenablement réparties à l'intérieur de l'enveloppe, rendent la surveillance facile en éclairant vivement les organes en mouvement qu'on peut apercevoir à travers les glaces.

GROUPE N° 14

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON DE PARIS ET SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE PARIS

Ce groupe électrogène est constitué par un moteur à vapeur compound, type pilon, sortant des ateliers de la Société française de constructions mécaniques (anciens établissements Cail) et par un alternateur triphasé construit par les établissements Postel-Vinay.

L'alternateur (*fig. 88*), de 1 630 kilovolts-ampères, peut débiter 130 ampères par phase à la tension étoilée de 5 500 volts. La fréquence est de 25 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 40 et la vitesse angulaire de 75 tours par minute.

L'inducteur mobile est formé d'une forte couronne en fonte reliée par huit bras au moyen calé sur l'arbre du moteur. Sur la jante de cette couronne sont disposés radialement les 40 noyaux polaires formés de tôles minces isolées entre elles (*fig. 88*).

Les bobines inductrices, en lames de cuivre de 90 mm² de section, roulées sur champ, sont reliées en série; la résistance totale à chaud du circuit inducteur est de 0,68 ohm.

Le diamètre de l'inducteur, à l'extrémité des pièces polaires, est de 3,540 m.

Le courant d'excitation est fourni par un petit groupe électrogène composé d'une dynamo tétrapolaire de 20 kilowatts à la vitesse angulaire de 350 t : m et fournissant le courant à la tension de 123 volts. Elle est commandée directement par un moteur-pilon à grande vitesse Boulte et Larbodiére.

A vide, pour obtenir la tension normale de l'alternateur, l'intensité du courant d'excitation est de 95 ampères. A pleine charge et avec un facteur de puissance égal à l'unité, l'excitation absorbe 123 ampères.

L'induit fixe (*fig. 88*) comprend une carcasse annulaire en fonte, en deux pièces, à l'intérieur de laquelle est fixé le noyau, formé de plusieurs couronnes feuilletées, séparées par des cales afin de ménager des canaux de ventilation.

Le bobinage, logé dans les entailles pratiquées à la partie intérieure du noyau, est en fil de cuivre de 55 mm² de section. Il y a 60 bobines de 25 spires chacune.

Le moteur à vapeur vertical compound, à distribution Reynolds-Corliss, est du système Allis. Il marche à condensation.

Le cylindre de haute pression a 813 mm de diamètre et celui de basse pression 1,726 m. La course commune des pistons est de 1,220 m.

Avec la détente qui correspond au minimum de consommation de vapeur, ce moteur peut développer 2 300 chevaux à la pression d'admission de 12 kg : cm². Lorsque cette pression est réduite à 9 kg : cm², la puissance correspondante est de 1 750 chevaux.

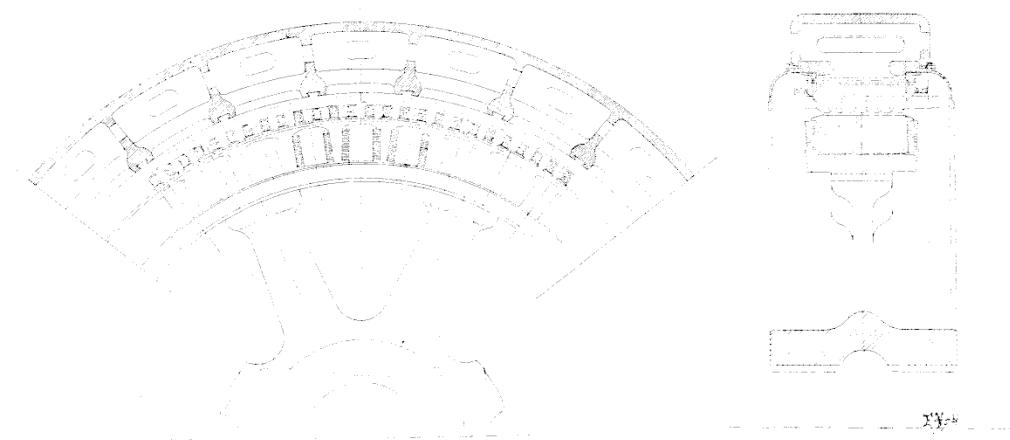
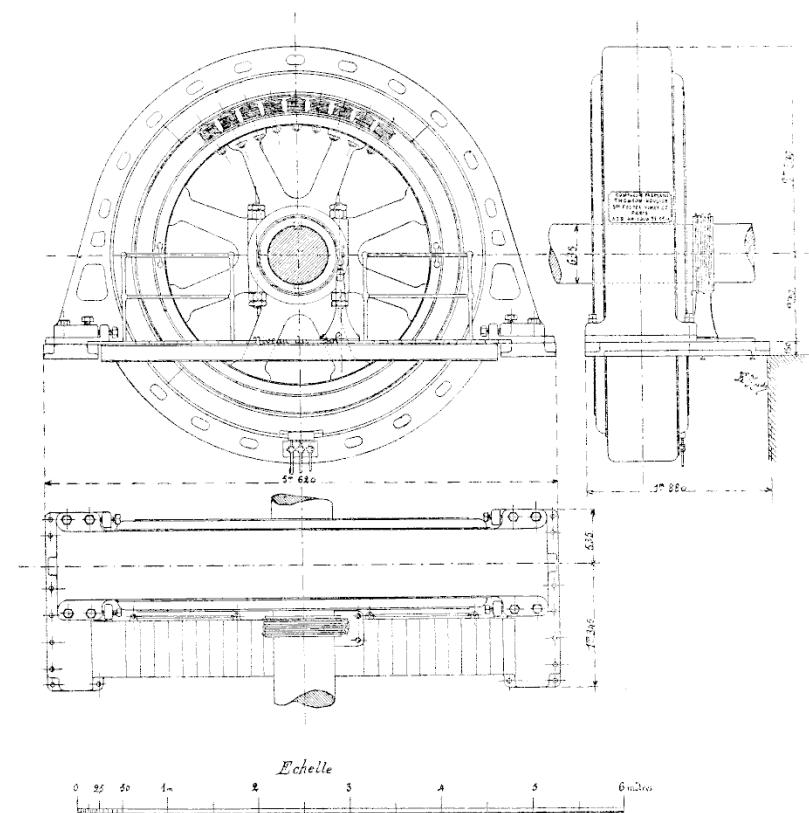


FIG. 88. — Alternateur triphasé Thomson-Houston. — Détails de construction.

À cette pression, en augmentant l'admission jusqu'à 600 ° de la course du piston, le moteur peut développer 2 250 chevaux.

Dans ces différents cas, les variations d'admission sont commandées automatiquement par le régulateur.

Le moteur se compose essentiellement de deux socles absolument indépendants, dont chacun porte, venu de fonte, l'un des deux piliers principaux de l'arbre moteur. Sur ces socles, servant de support à chacun des cylindres, deux pièces de fonte à profil parabolique de solide d'égale résistance, servent à la fois de bâti et de glissière à chacune des machines jumelées.

L'arbre moteur est muni d'un plateau-manivelle à chacune de ses extrémités. Entre les deux piliers, il porte le volant, du poids de 70 tonnes environ et de 7,30 m de diamètre, ainsi que l'inducteur de l'alternateur qui pèse environ 15 tonnes.

Les cylindres, à double enveloppe, sont munis d'obturateurs placés dans les fonds des cylindres, disposition qui réduit au minimum les espaces nuisibles.

Les obturateurs d'admission des deux cylindres sont munis du système de déclie Reynolds-Corliss.

Le moteur comporte deux régulateurs : l'un d'eux agit directement sur la détente des deux cylindres simultanément ; l'autre n'est qu'un appareil de sûreté agissant sur un déclenchement qui ferme complètement l'arrivée de vapeur au cylindre de haute pression et, par conséquent, arrête le moteur dans le cas où ce dernier aurait une tendance à s'emballe, par suite d'un accident survenu au régulateur principal par exemple.

La condensation est assurée par un condenseur indépendant muni d'une pompe à air verticale. La partie supérieure de cet ensemble se trouve seule au-dessus du niveau du sol.

GROUPE N° 13

MM. SCHNEIDER ET C^e DU CREUSOT (SAONE-ET-LOIRE) ET MM. DUJARDIN ET C^e DE LILLE (NORD)

L'alternateur triphasé (fig. 89) de ce groupe est actionné directement par un moteur à vapeur à triple expansion et à condensation, du type vertical, pouvant développer 1 700 chevaux.

L'alternateur, à induit fixe et à inducteur mobile, d'une puissance de 1 400 kilovolts-ampères, fournit des courants triphasés à la tension polygonale de 3000 volts. L'inducteur comportant 84 pôles et la vitesse angulaire étant de 72 tours par minute, la fréquence est de 50 périodes par seconde.

Le système inducteur est constitué par un volant en fonte, en deux pièces assemblées : deux fretttes en acier forgé assurent l'assemblage du moyeu et sa fixation sur l'arbre du moteur à vapeur.

La jante du volant, en forme d'U renversé, est assemblée par quatre fretttes en acier posées à chaud et logées dans des gorges pratiquées à cet effet sur ses faces. La jante est reliée au moyeu par 8 doubles bras nervurés.

Deux boulons d'assemblage du moyeu facilitent le montage du volant et la mise en place des fretttes. Le calage de ce moyeu est assuré par deux clavettes à 120°.

Les noyaux polaires, au nombre de 84, sont fixés radialement à la périphérie du volant à l'aide de vis. Ces noyaux, en acier coulé, sont en partie encastrés dans la jante, afin de réduire au minimum la réluctance des joints et d'assurer toute la solidité désirée. Chaque noyau est muni d'une bobine inductrice en ruban de cuivre roulé sur champ. Un serrage rationnel maintient solidement chaque bobine et permet d'obtenir la rigidité nécessaire pour que l'ensemble puisse résister sans déformation aux effets de la force centrifuge à une vitesse tangentielle qui atteint 25 m par seconde.

Les 84 bobines inductrices sont reliées en tension et les extrémités du circuit inducteur

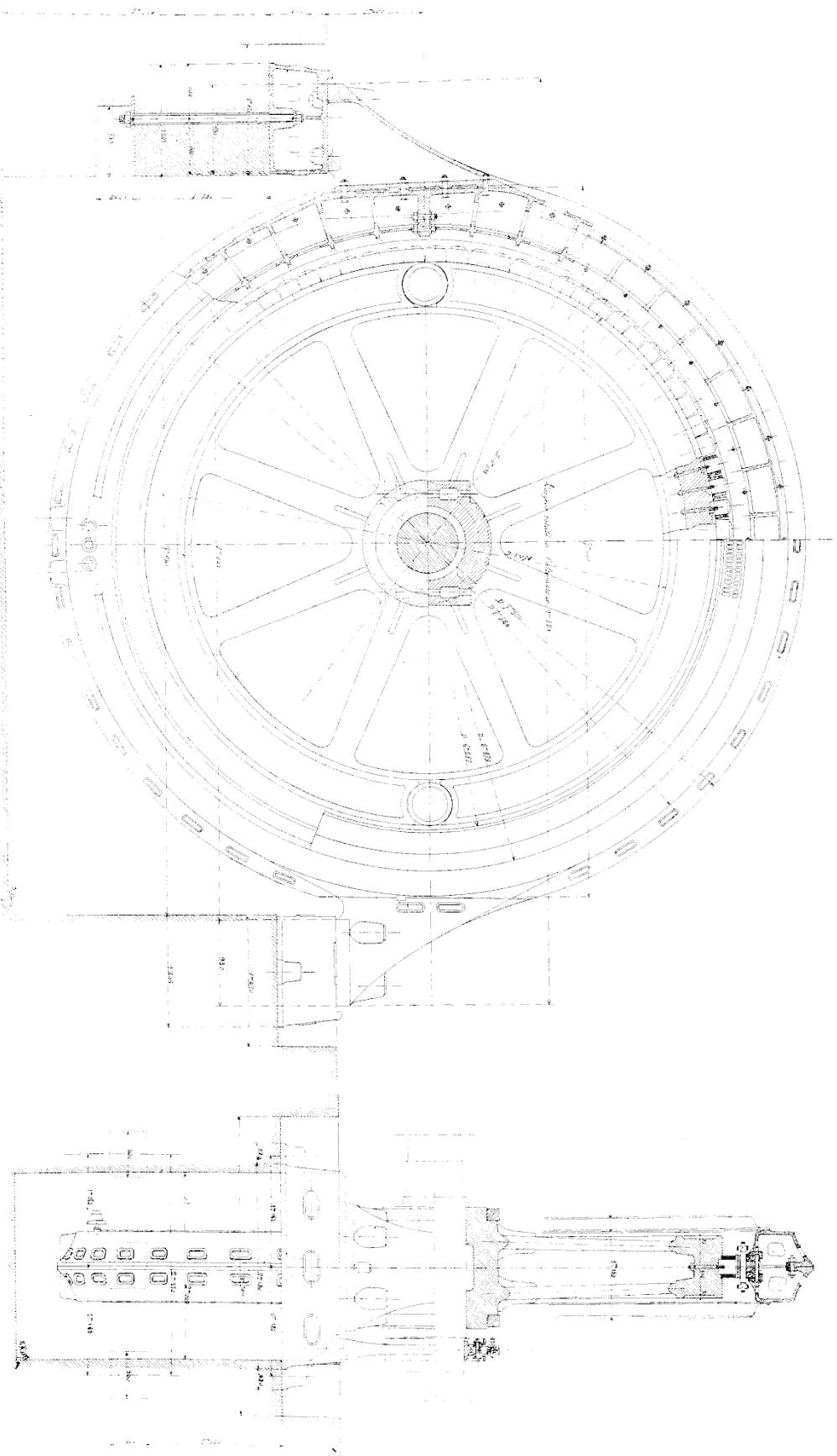


FIG. 89. — Alternateur triphasé du Génie. — Détails de construction.

aboutissent respectivement à deux bagues de bronze montées sur un manchon en fonte, fixé lui-même sur l'arbre du moteur à vapeur.

Des frotteurs métalliques, solidaires d'un support fixe, amènent le courant d'excitation aux bagues.

Le système inducteur, pesant 54 tonnes, présente une masse suffisante pour qu'il ait été possible de supprimer le volant du moteur à vapeur.

Le courant d'excitation, à pleine charge, doit avoir une intensité de 230 ampères environ sous 140 volts. Comme le courant d'excitation devait être emprunté à la canalisation de l'Exposition dont la tension est de 450 volts, on a ramené la tension à 150 volts à l'aide d'un transformateur rotatif formé d'un moteur électrique et d'une dynamo à courant continu, d'une puissance de 40 kilowatts, accouplés mécaniquement par un manchon élastique.

L'induit de l'alternateur comporte une carcasse en fonte, constituée par deux demi-couronnes assemblées suivant un diamètre horizontal. Chaque demi-couronne est formée de deux parties boulonnées emprisonnant entre elles les tôles du noyau de l'induit.

Deux semelles, rapportées sur la couronne, servent à fixer l'ensemble sur deux caissons en fonte reposant sur les fondations. L'assemblage des semelles et de la couronne présente des surfaces d'appui suffisamment inclinées sur la verticale pour permettre d'enlever la demi-couronne supérieure en cas de besoin.

Les tôles du noyau sont groupées par paquets entre lesquels des intervalles ont été ménagés pour assurer une bonne ventilation.

Le noyau, de 230 mm de largeur, est percé de 504 entailles dont 492 seulement reçoivent les bobines induites. Les 12 entailles laissées vides permettent d'effectuer le démontage de la demi-couronne supérieure sans qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications importantes dans le bobinage. Des connexions très simples complètent les trois circuits montés en triangle et comprenant chacun 82 sections reliées en tension.

Le bobinage de l'induit est en câble de cuivre très souple. Afin d'éviter tout risque de court circuit, chacun des trois enroulements occupe des positions différentes sur la surface de l'induit; les bobines d'un même circuit sont identiques comme forme et comme position. Grâce à cette disposition, les distances qui séparent les bobines sont suffisantes pour qu'on puisse obtenir aux bornes une tension très élevée avec un isolement relativement faible du bobinage.

Une couronne de protection, formée de segments en fonte ajourés, est fixée de chaque côté de la carcasse dans la partie de l'alternateur située hors des fondations, afin de protéger les bobines de l'induit.

Les bornes, placées à la partie inférieure de la carcasse, sont formées de blocs de bronze montés sur des isolateurs à cloche en porcelaine; des vis de serrage permettent d'y fixer les conducteurs de la canalisation.

Le diamètre d'alésage est de 6,40 m, le diamètre extérieur de 7,92 m et la largeur totale de 1,15 m. L'alternateur complet pèse 94 tonnes.

Le rendement, à pleine charge et avec un facteur de puissance égal à l'unité, est de 94 0/0.

L'augmentation de tension, à vitesse constante, lorsqu'on supprime complètement la charge, n'est que de 4 0/0.

Le moteur à vapeur comporte quatre cylindres : un cylindre de haute pression de 610 mm de diamètre; un cylindre de moyenne pression de 1 030 mm et deux cylindres de basse pression ayant chacun 1 030 mm.

Les deux cylindres de basse pression sont fixés aux bâti; à celui de droite est attelé en tandem le cylindre de haute pression et, à celui de gauche, celui de moyenne pression.

Chacun des cylindres est muni d'une enveloppe de vapeur.

La course des pistons est de 1,650 m.

La pression à l'admission est de 11 kg : cm².

La distribution de vapeur dans le cylindre de haute pression est du système Dujardin à

quatre obturateurs, à déclic genre Corliss, placés à la partie inférieure du cylindre. Ceux d'admission sont commandés par le régulateur.

La distribution dans les autres cylindres est du même système ; mais, dans le cylindre de moyenne pression, l'admission peut être modifiée à la main ; dans les cylindres de basse pression, les obturateurs sont sans déclic et le degré d'admission est invariable.

Chaque groupe de cylindres est muni d'un condenseur du type dit à mélange, avec son groupe de deux pompes à air. Ces pompes sont verticales, à simple effet et à double corps de pompe, et possèdent trois rangées de clapets de petit diamètre. La commande des pompes à air se fait par un balancier, en forme de T, actionné par la crosse des tiges des pistons du moteur. Les condenseurs et les pompes à air sont installés dans le sous-sol.

Le graissage intérieur des cylindres est effectué par des graisseurs mécaniques à pompe : les autres organes sont graissés d'une façon continue par une circulation d'huile refoulée, pour chaque côté du moteur, par une petite pompe rotative placée sous le parquet.

GROUPE N° 27

SOCIÉTÉ SIEMENS ET HALSKE DE BERLIN (ALLEMAGNE) ET M. A. BORSIG DE TEGL, PRÈS BERLIN (ALLEMAGNE)

Ce groupe électrogène (Planche I et *fig. 92*) est constitué par un alternateur à courants triphasés Siemens et Halske, actionné par un moteur vertical à triple expansion système Borsig.

L'alternateur a une puissance de 2 000 kilovolts-ampères pouvant, au besoin, atteindre 2 500 kilovolts-ampères. La tension étoilée est de 2 200 volts avec un débit de 525 ampères par phase. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

L'inducteur (*fig. 90 et 91*), monté directement sur l'arbre du moteur à vapeur, est constitué par un volant en fonte en deux pièces (*fig. 93*), dont la jante, de 600 mm de largeur et de 110 mm d'épaisseur radiale est reliée par huit bras au manchon claveté sur l'arbre. Sur cette jante (*fig. 91*) sont disposés radialement 72 pôles feuilletés en tôle de fer, de section rectangulaire, maintenus chacun par quatre vis dont les extrémités viennent se fixer dans un prisme rectangulaire en acier, glissé dans un évidement ménagé dans le noyau. Afin de pouvoir mieux résister aux efforts tangentiels, chaque noyau polaire porte, à sa partie inférieure, une saillie qui vient se loger dans une rainure correspondante pratiquée sur la surface de la jante.

De chaque côté du noyau et faisant saillie en dehors de la jante, est rapportée une pièce évidée en bronze sur laquelle est placé le bobinage ; l'évidement constitue ainsi un canal radial servant à la ventilation et au refroidissement. Dans le même but, les noyaux ont, en leur milieu, une rainure perpendiculaire à l'axe de rotation et correspondant à une fente ménagée dans la jante. Grâce à ces dispositions, lorsque l'alternateur est en marche, un courant d'air passe dans l'entrefer et assure le refroidissement de l'induit et des pôles de l'inducteur.

Chaque noyau polaire porte un bobinage formé de 40 spires en lames de cuivre, de 4 mm sur 23 mm, roulées sur champ. Les spires sont isolées l'une de l'autre par interposition de toile imprégnée d'une substance isolante.

Le poids du cuivre des bobines inductrices est de 4 000 kg : la résistance à chaud de l'inducteur est de 1 ohm.

L'excitatrice a son induit monté en porte-à-faux à une des extrémités de l'arbre.

C'est une dynamo à huit pôles pouvant débiter 214 ampères sous 210 volts, à la vitesse angulaire de 83,3 tours par minute. Elle est excitée en série.

L'induit en tambour a ses sections couplées en parallèle et le courant est recueilli par huit porte-balais, munis chacun de 2 balais en charbon. Ces porte-balais, d'un modèle spécial, permettent de vérifier la pression exercée sur le collecteur. Les 8 tiges porte-balais sont fixées

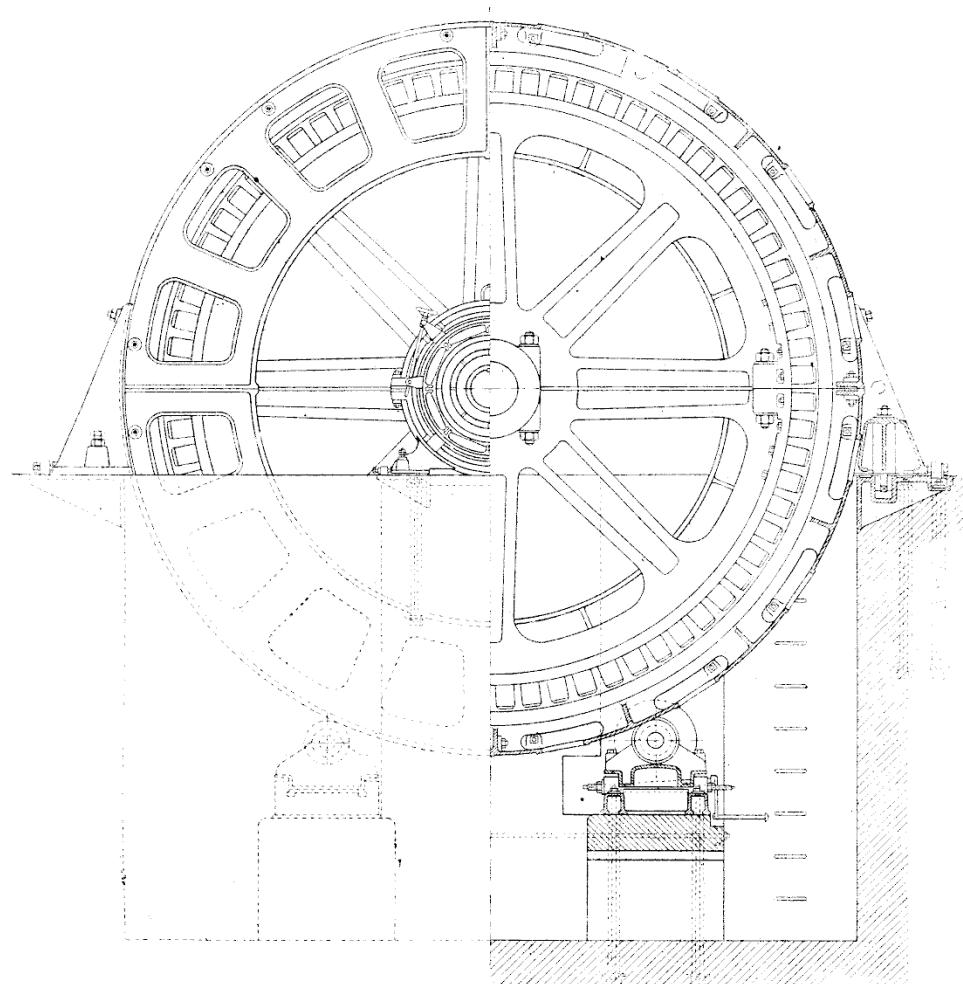


FIG. 90. — Alternateur triphasé Siemens et Halske. — Détails de construction.

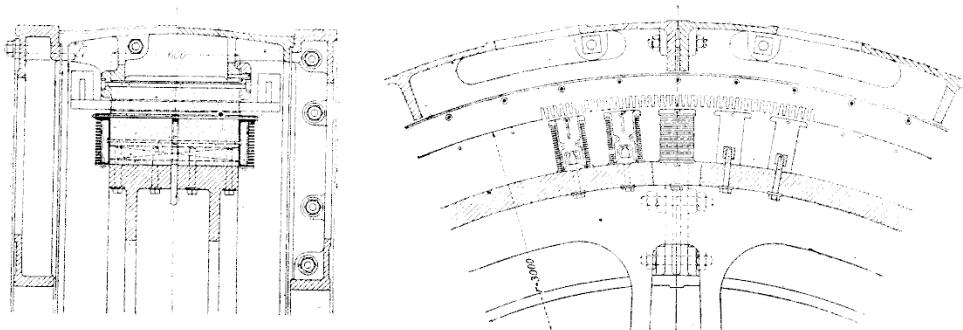


FIG. 91. — Alternateur triphasé Siemens et Halske. — Détails de construction.

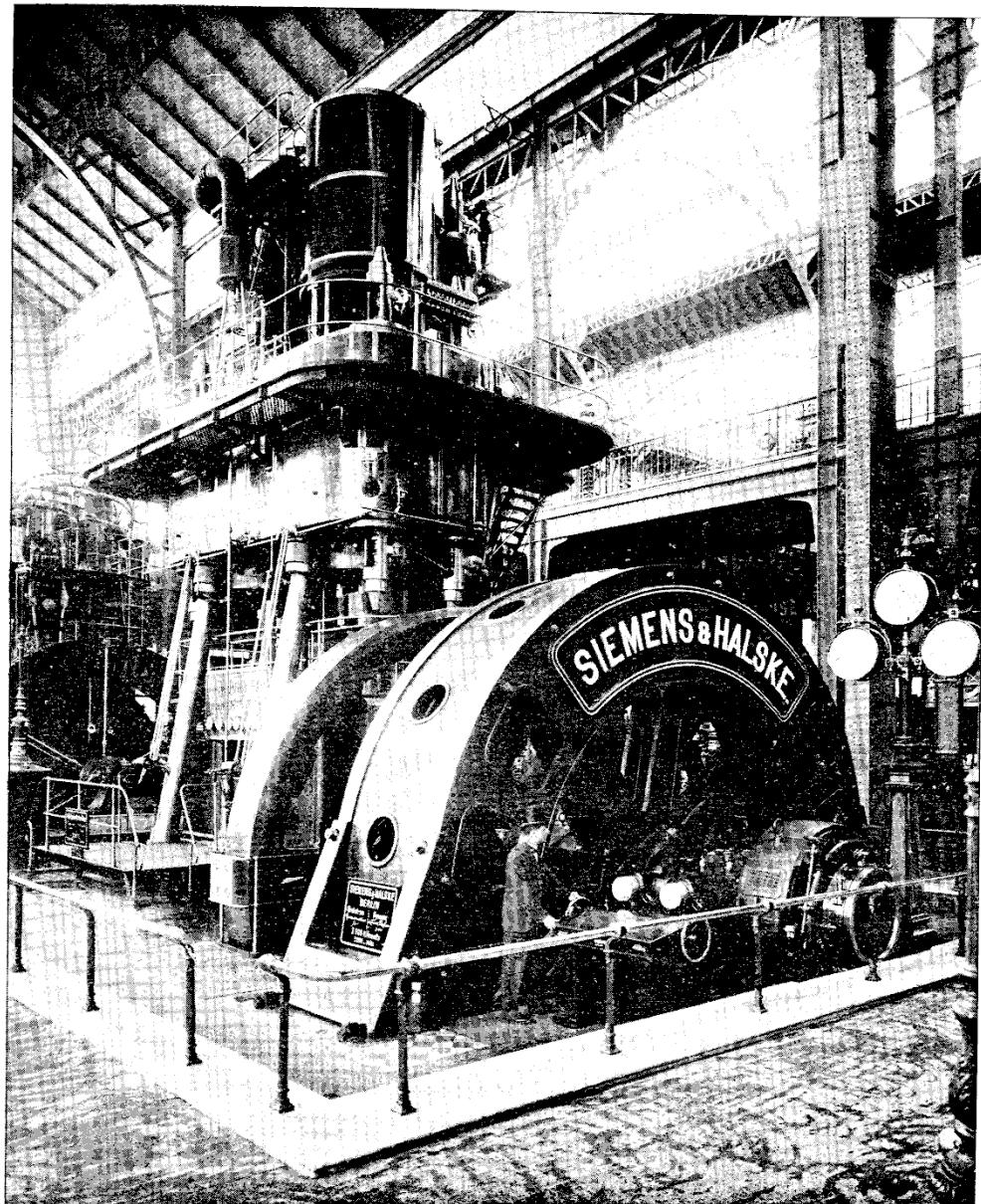


FIG. 92. — Groupe électrogène à courants triphasés Siemens et Halske — Borsig.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une couronne que l'on peut déplacer en agissant sur un volant commandant une vis. Toutefois, comme cette excitatrice fonctionne sans étincelles aux balais quelle que soit sa charge, il n'est jamais nécessaire de modifier le calage.

Lorsque l'alternateur fonctionne à pleine charge avec sa puissance normale de 2 500 kilowatts ($\cos \phi$ étant égal à l'unité), l'intensité du courant d'excitation est de 140 ampères.

L'induit fixe de l'alternateur est constitué par une carcasse formée de deux flasques paral-

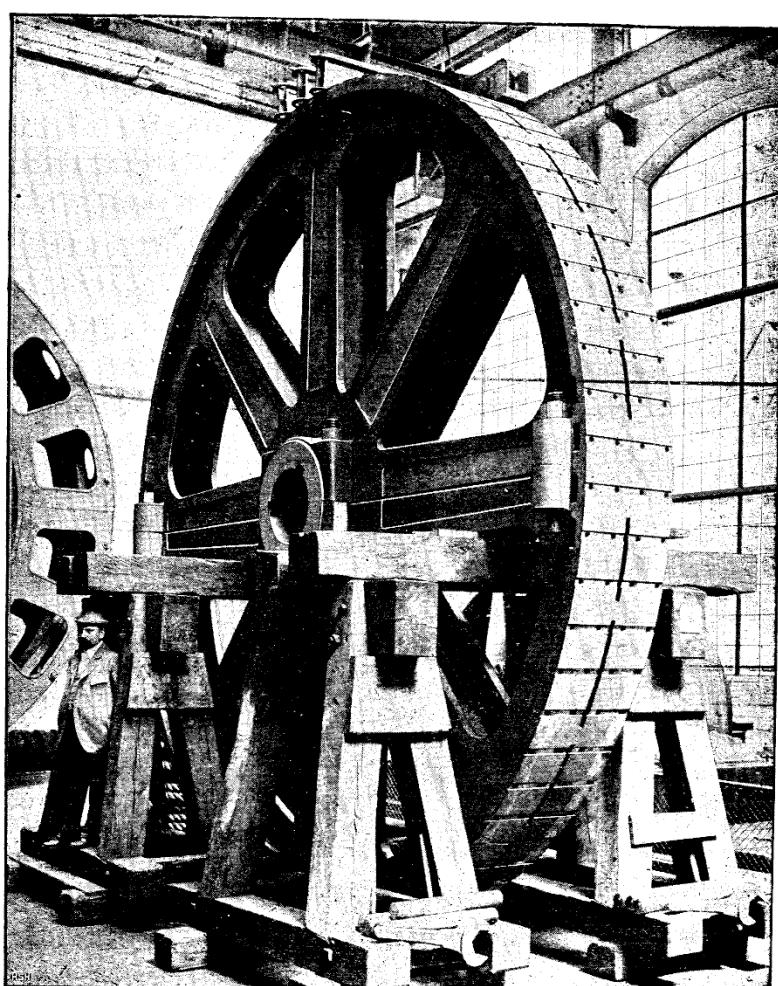


FIG. 93. — Couronne de l'inducteur de l'alternateur Siemens et Halske.

tèles, en forme de couronne (fig. 94), concentriques à l'arbre et reliées par deux pièces radiales. Les deux flasques sont réunies par des pièces de fonte auxquelles est fixé le noyau d'induit en tôles de fer de 0,5 mm d'épaisseur.

Le diamètre intérieur de l'induit est de 6 m et celui de l'inducteur jusqu'à l'extrémité des épanouissements polaires est de 3,976 m; l'entrefer est donc de 12 mm.

La largeur de l'induit est de 600 mm avec une épaisseur radiale de 130 mm. Il est en quatre pièces comme les flasques qui le supportent.

Le noyau feuilleté de l'induit est percé de 648 entailles de 13 mm de largeur et de 53 mm de

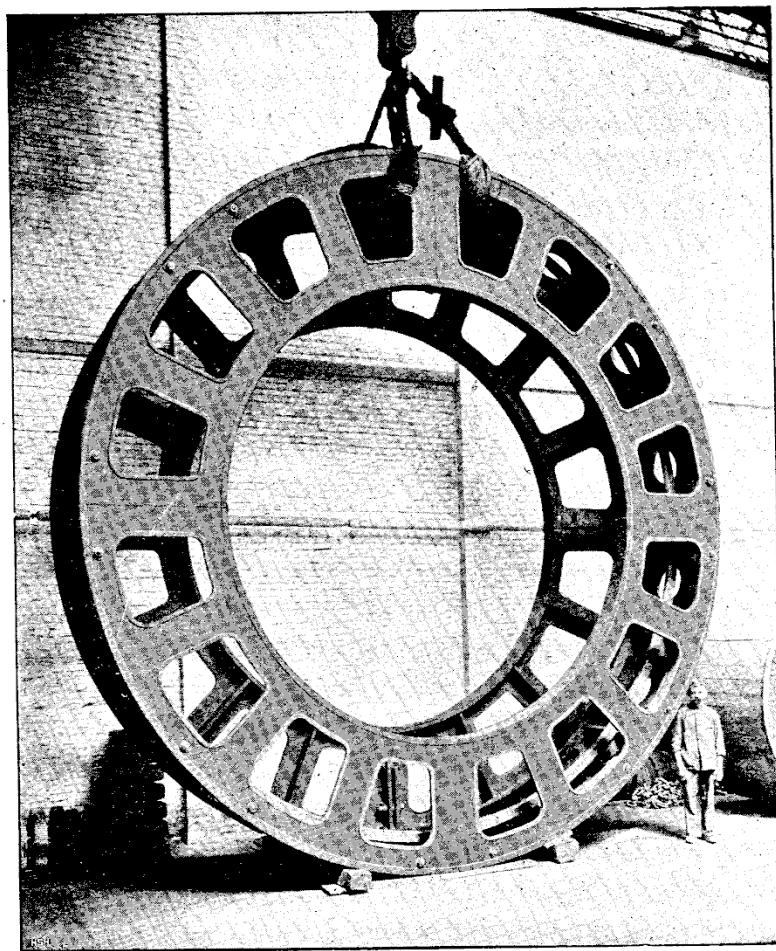


FIG. 94. — Carcasse de l'induit de l'alternateur Siemens et Halske.

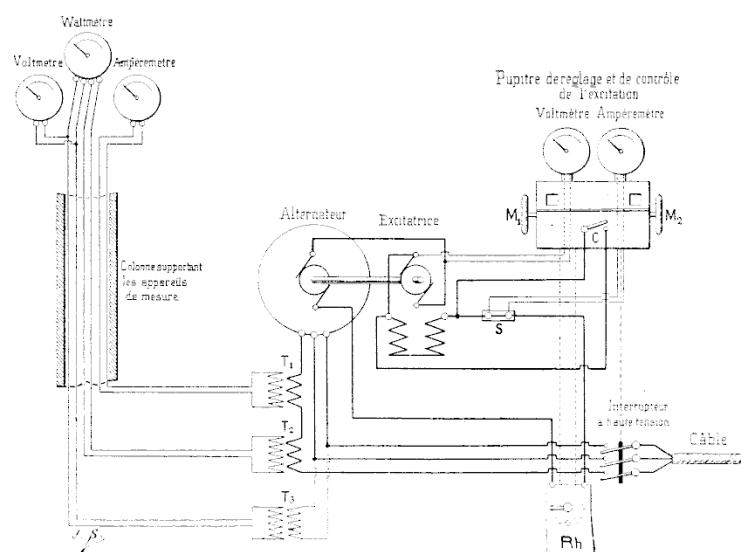


FIG. 95. — Schéma des connexions de l'installation.

profondeur, qui reçoivent chacune une barre de cuivre de 7 mm sur 44 mm. Ces barres sont isolées du noyau au moyen de mica comprimé; une fois introduites dans les entailles, on les fixe à l'aide d'une sorte de coin en substance isolante de composition spéciale.

Les 216 barres constituant chacun des trois circuits sont reliées en série par l'intermédiaire de connexions en cuivre et les trois circuits sont montés en étoile.

Le poids total du cuivre de l'induit est de 2 400 kg. La résistance à chaud de chaque branche de l'étoile est de 0,014 ohm. La puissance absorbée à pleine charge par effet Joule dans l'induit est de 18 kilowatts, soit une perte de 0,7 %.

Afin d'obtenir un centrage parfait de l'induit fixe de l'alternateur et aussi pour obvier à l'usure des coussinets ou à un déplacement quelconque, la partie extérieure de la couronne fixe est soigneusement tournée et repose, par sa partie inférieure, sur deux rouleaux disposés de part et d'autre de l'axe vertical de l'alternateur. Ces rouleaux peuvent être déplacés verticalement au moyen d'une vis sans fin et d'un cliquet. En agissant simultanément sur les deux rouleaux, on déplace l'induit verticalement; en agissant successivement sur chacun d'eux, c'est-à-dire en faisant descendre l'un et en élévant l'autre, on obtient un déplacement horizontal de la couronne. Afin d'empêcher cette dernière de se déplacer, une fois le centrage obtenu, on la fixe au moyen de boulons à des pièces de fonte ancrées, de part et d'autre de l'axe, dans la maçonnerie.

La figure 95 donne le schéma des connexions de l'installation.

Le rhéostat d'excitation et l'interrupteur tripolaire du circuit de haute tension sont placés dans la fosse de fondation de l'alternateur. Ces deux appareils sont commandés par l'intermédiaire de chaînes de renvoi actionnées par deux volants M_1 et M_2 , montés de part et d'autre d'un petit pupitre sur lequel sont placés le voltmètre et l'ampèremètre de l'excitatrice. Des indicateurs, visibles à travers des fenêtres ménagées dans le couvercle du pupitre, permettent de se rendre compte de la valeur des résistances intercalées par le rhéostat dans le circuit d'excitation et aussi de la position de l'interrupteur de haute tension.

A cause de la grande self-induction du circuit d'excitation de l'alternateur, il serait dangereux, en cas d'accident par exemple, d'ouvrir brusquement le circuit. Pour annuler sans danger l'excitation de l'alternateur, on utilise un commutateur c qui permet de mettre directement en court circuit l'enroulement en série de l'inducteur de l'excitatrice. Cette dernière se trouve ainsi désamorcée.

En face du pupitre, sur une colonne de 4,30 m de hauteur (fig. 96), sont disposés un voltmètre, un ampèremètre et un wattmètre, permettant de contrôler la marche de l'alternateur. Ces trois instruments, du système Ferraris, ont un cadran de 60 mm de diamètre et une aiguille sur chaque face. Ces instruments fonctionnent au moyen de courants de basse tension fournis par les transformateurs T_1 , T_2 et T_3 ; mais les lectures donnent directement les valeurs correspondantes pour la haute tension.

Le moteur à vapeur vertical, du système Borsig, est à triple expansion et à quatre cylindres, superposés deux par deux; il peut développer 2 500 chevaux avec une pression à l'admission de 14 kg par centimètre carré, une admission de 2 10 et en marchant à condensation à la vitesse angulaire de 90 tours par minute. A l'Exposition, la pression d'admission est de 10 kg/cm² et le moteur ne peut développer qu'une puissance de 2 000 chevaux à la vitesse de 83,5 tours par minute, la fréquence imposée étant de 50 et le nombre de pôles de l'alternateur de 72.

Chaque file de cylindres superposés comprend, à la partie inférieure, un cylindre de basse pression de 1,340 m de diamètre; ces deux cylindres permettent d'éviter l'emploi d'un seul cylindre de dimensions exagérées et fonctionnent d'une manière identique; l'ensemble des deux se comporte comme un seul cylindre de basse pression.

Le cylindre supérieur de l'un des groupes, de 760 mm de diamètre, est le cylindre de haute pression; celui de l'autre groupe a 1,180 m de diamètre; c'est le cylindre de moyenne pression. Les tiges des pistons actionnent deux manivelles calées à 180°. La course est de 1,200 m.

Le moteur est muni d'un volant du poids de 41,8 tonnes ; ce volant est monté entre l'un des paliers du socle et le palier de l'alternateur.

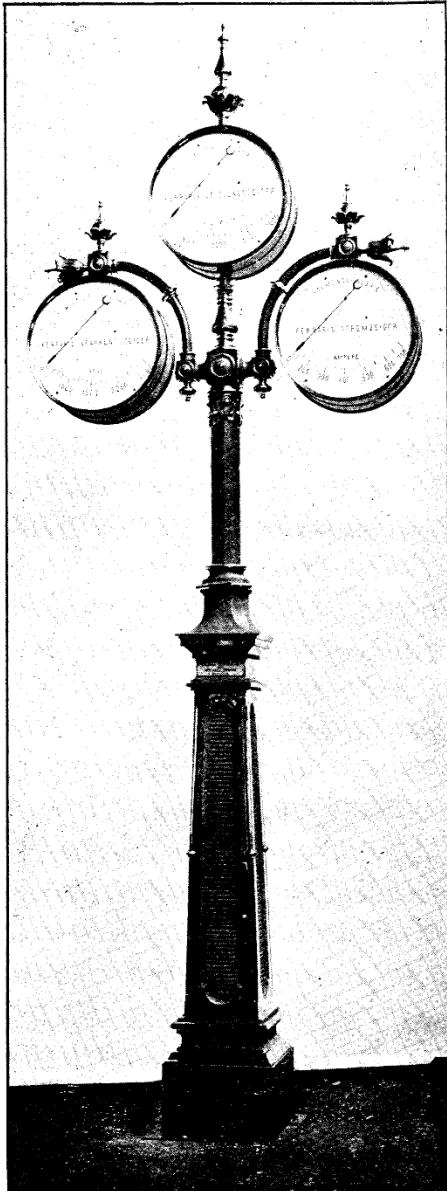


FIG. 96. — Colonne portant les instruments de mesure.

à la vitesse angulaire de 1,3 t : m. Le moteur à la vitesse angulaire de 1,3 t : m. Le moteur 4 à 5 kilowatts au maximum.

L'arbre à manivelles, en deux pièces, est supporté par six paliers, dont quatre font partie du socle du moteur, les deux autres étant à l'extérieur ; c'est entre ces deux derniers qu'est placé l'inducteur de l'alternateur. Une des extrémités de l'arbre porte l'induit de l'excitatrice ; à l'autre extrémité, près d'un des paliers du socle, est fixé un plateau qui porte la commande de deux pompes à air à simple effet, installées en sous-sol.

Le système de graissage du moteur présente des particularités intéressantes. Au-dessous de chaque manivelle de l'arbre moteur est un réservoir où vient tomber l'huile de graissage. Deux petites pompes centrifuges reprennent cette huile et l'envoient dans un épurateur et de là dans des boîtes de distribution d'où partent les conduits amenant l'huile aux divers organes à lubrifier. Ces boîtes de distribution permettent de contrôler constamment le graissage, car la circulation de l'huile y est rendue visible, l'intérieur des boîtes, fermées par des glaces, étant éclairé par des lampes à incandescence. Le graissage des paliers et des glissières est assuré au moyen de deux réservoirs d'huile placés au second étage de la machine et d'où elle s'écoule par son propre poids.

La vanne d'admission du moteur est commandée par l'intermédiaire d'une tige et d'un volant installés sur une petite plate-forme élevée de quelques marches, d'où l'on peut également manœuvrer la robinetterie. Devant cette plateforme sont placés les manomètres ainsi qu'une pendule.

Le démarrage de la machine est obtenu au moyen d'un moteur à courant continu actionnant, par l'intermédiaire d'engrenages, le volant, muni à cet effet d'une denture à la partie intérieure de sa couronne. Il suffit, pour obtenir le démarrage, de lancer le volant électrique absorbé, pour cette opération, de

GROUPE N° 29

ELECTRICITÄTS ACTIEN-GESELLSCHAFT VORMALS KOLBEN UND C° DE PRAGUE-VYSOCAN (AUTRICHE)
ET SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS CARELS FRÈRES DE GAND (BELGIQUE)

Le moteur à vapeur horizontal compound de ce groupe (fig. 97 et 98) actionne directement un alternateur triphasé, type volant, de 825 kilovolts-ampères, à la vitesse angulaire de 94 tours par minute.

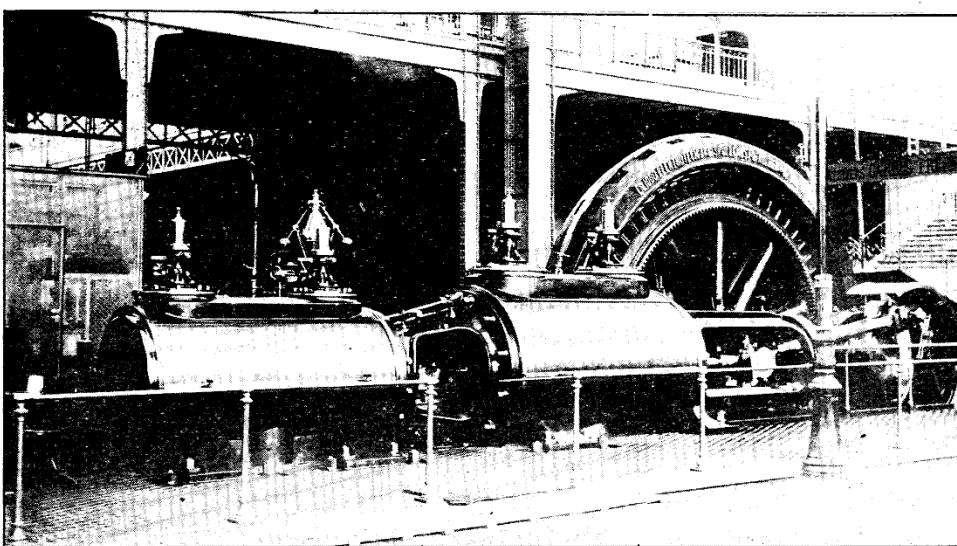


FIG. 97. — Groupe électrogène à courants triphasés Kolben — Carels.

L'alternateur (fig. 99) peut débiter 160 ampères par phase à la tension étoilée de 3 000 volts.

La fréquence normale est de 48 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 64 et la vitesse angulaire de 90 tours par minute. Le service de l'Exposition ayant imposé une fréquence de 50 périodes, il a été nécessaire d'augmenter légèrement la vitesse angulaire qui a été portée à 94 tours par minute.

L'inducteur volant est constitué par une couronne en fonte en deux pièces, reliée par dix doubles bras au moyeu claveté sur l'arbre du moteur. Les 64 noyaux polaires, disposés radialement sur la jante du volant, sont en acier coulé ; ils sont de forme ovale et sont munis d'un prolongement cylindrique qui s'emboutit exactement dans une cavité pratiquée dans la jante et sur laquelle ils sont fixés par de fortes vis. Les pièces polaires feuilletées sont formées de tôles minces isolées entre elles et prises dans le noyau lors de la fonte de ce dernier. On a pu ainsi diminuer la production de courants de Foucault sans être obligé d'avoir recours à un mode de construction compliqué.

Les bobines excitatrices comportent 60 spires en ruban de cuivre de 4 mm d'épaisseur et de 25 mm de largeur, roulé sur champ, et dont les différentes couches sont isolées par interpolation de papier. Ces bobines sont enfilées sur les noyaux, après avoir été fortement comprimées à la presse hydraulique. La résistance à chaud du circuit inducteur est de 0,128 ohm.

Le diamètre de l'inducteur à l'extrémité des pièces polaires est de 5,50 m. La vitesse tangentielle est donc de 27 m, lorsque l'alternateur marche à 94 tours par minute.

L'excitatrice est une dynamo à 6 pôles de 11 kilowatts, fournissant le courant sous 95 volts.

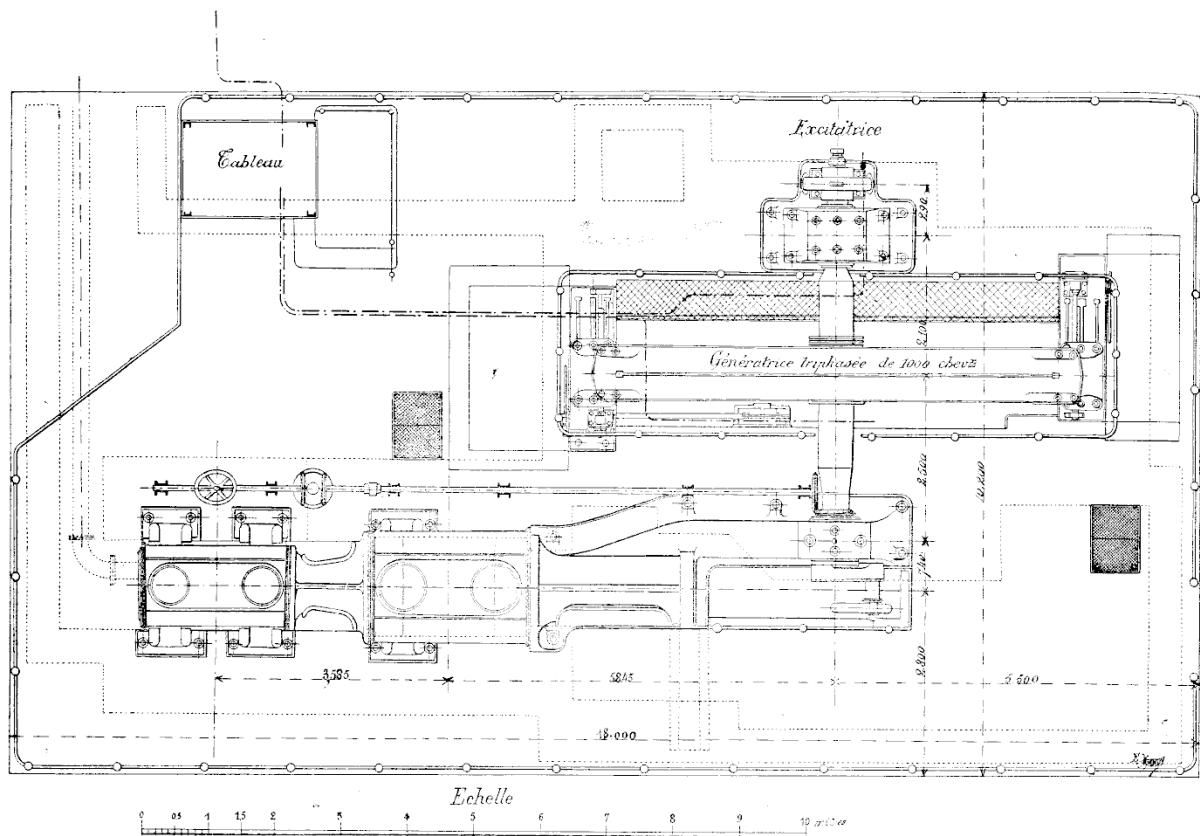


Fig. 98. — Groupe électrogène à courants triphasés Kolben -- Carels.

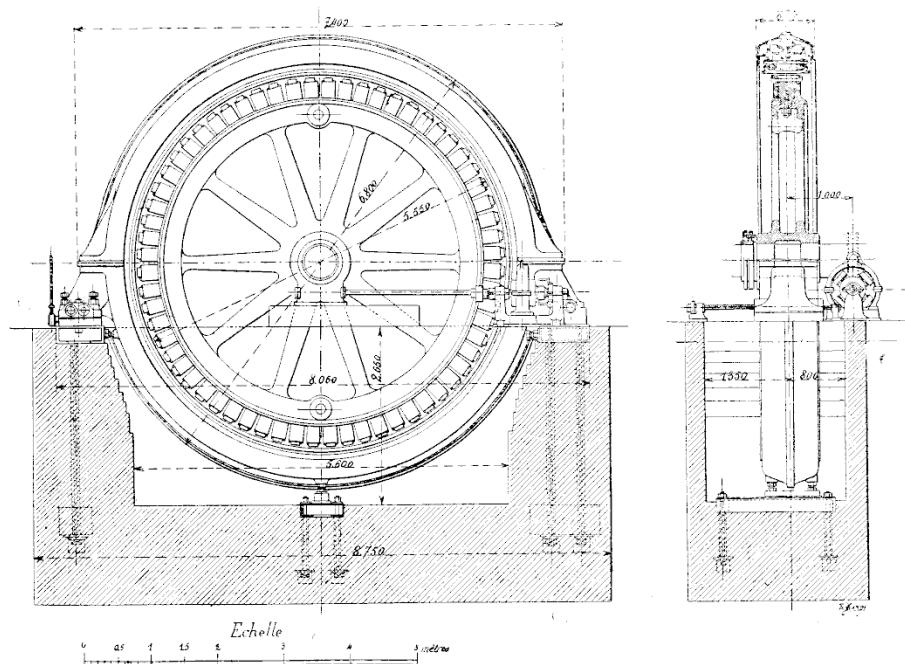


Fig. 99. — Alternateur triphasé Kolben. — Détails de construction.

L'induit est calé en porte-à-faux à l'extrême de l'arbre du moteur à vapeur, extérieurement au palier extrême. L'enroulement est en tambour avec sections groupées en parallèle.

L'induit fixe a un noyau feuilleté, en forme d'anneau, logé à l'intérieur d'une carcasse circulaire en fonte, en deux pièces, reposant de part et d'autre, par des semelles, au niveau du sol et, à la partie inférieure, sur un bloc de fonte fixé dans la fosse des fondations. Ces points d'appui sont munis de coins permettant le centrage exact de l'induit. La carcasse peut se déplacer à l'aide d'un chariot.

L'enroulement comporte 96 bobines de 6 spires chacune, logées dans les 192 rainures du noyau et isolées de ce dernier par interposition de mica.

Le diamètre d'alésage de l'induit est de 5,61 m ; l'entrefer est de 6 mm.

Les dimensions des circuits magnétiques de cet alternateur sont telles qu'il fonctionne avec une induction très élevée dans l'entrefer, le métal étant suffisamment saturé pour que les variations de charge ne donnent lieu qu'à de faibles variations de tension. Le débit à pleine charge (160 ampères par phase) est atteint en court circuit avec une intensité du courant d'excitation donnant, à vide, le tiers de la tension normale.

Le moteur à vapeur Carels, d'une puissance normale de 1 000 chevaux, a ses deux cylindres disposés en tandem.

Le cylindre de haute pression a 660 mm de diamètre ; celui de basse pression 1 050 mm. La course des pistons est de 1,15 m.

Le nombre de tours normal est de 100 par minute et la pression de la vapeur à l'admission est de 10 kg : cm².

La distribution par soupapes équilibrées, système Sulzer, ne comporte qu'un seul excentrique pour l'échappement et l'admission de chacune des extrémités des cylindres, de sorte qu'il n'y a, au total, que quatre excentriques.

L'arbre qui porte ces excentriques est commandé, au moyen de pignons d'angle, par l'arbre moteur.

La mise en marche s'effectue au moyen d'un vireur à engrenages.

GROUPE N° 30

SOCIÉTÉ ANONYME «ÉLECTRICITÉ ET HYDRAULIQUE» DE CHARLEROI (BELGIQUE) ET SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE CONSTRUCTION H. BOLLINCKX DE BRUXELLES

Ce groupe électrogène est composé d'un alternateur triphasé, type volant, installé entre les deux cylindres du moteur à vapeur horizontal compound qui l'actionne.

L'alternateur est identique à celui qui fait partie du groupe électrogène n° 12 (1). Il n'en diffère que par l'entrefer qui est réduit à 9 mm, le diamètre d'alésage de l'induit étant le même, c'est-à-dire de 6 m, mais le diamètre du volant à l'extrême des pièces polaires étant de 5,982 m au lieu de 5,978.

En outre, la vitesse angulaire étant de 80 tours par minute au lieu de 94, la fréquence n'est plus que de 42,5 périodes par seconde.

Le moteur à vapeur peut développer 1 100 chevaux.

Le cylindre de haute pression a 760 mm de diamètre et celui de basse pression 1,150 m. La course des pistons est de 1,50 m et leur vitesse atteint 4 m par seconde.

La distribution s'effectue par des obturateurs Bollinckx, genre Corliss, au nombre de quatre sur chaque cylindre. L'admission dans le cylindre de haute pression est commandée par le régulateur ; les obturateurs d'admission du cylindre de basse pression se règlent à la main.

Le condenseur est installé dans le sous-sol et la pompe à air est actionnée par une manivelle attelée à la croise du piston du moteur.

La consommation de vapeur, garantie par le constructeur, ne dépasse pas 5.700 kg par cheval-heure indiqué.

(1) Voir page 91.

GROUPE N° 31

COMPAGNIE INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE LIÈGE (BELGIQUE) ET SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ATELIERS DE CONSTRUCTION VAN DEN KERCHOVE DE GAND (BELGIQUE)

Ce groupe électrogène (fig. 101) se compose d'un alternateur à courants triphasés de 1 000 kilovolts-ampères, actionné directement par un moteur à vapeur horizontal compound d'une puissance effective de 1000 chevaux, à la vitesse angulaire de 83,3 tours par minute.

Cet alternateur (fig. 100 et 102) peut débiter 262 ampères par phase sous une tension étoilée de 2 200 volts. La fréquence est de 30 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 72 et la vitesse angulaire de 83,3 t : m.

L'inducteur mobile est constitué par un volant dont la jante est reliée par huit doubles bras au moyeu claveté sur l'arbre. Sur la périphérie de ce volant sont fixés radialement 72 noyaux

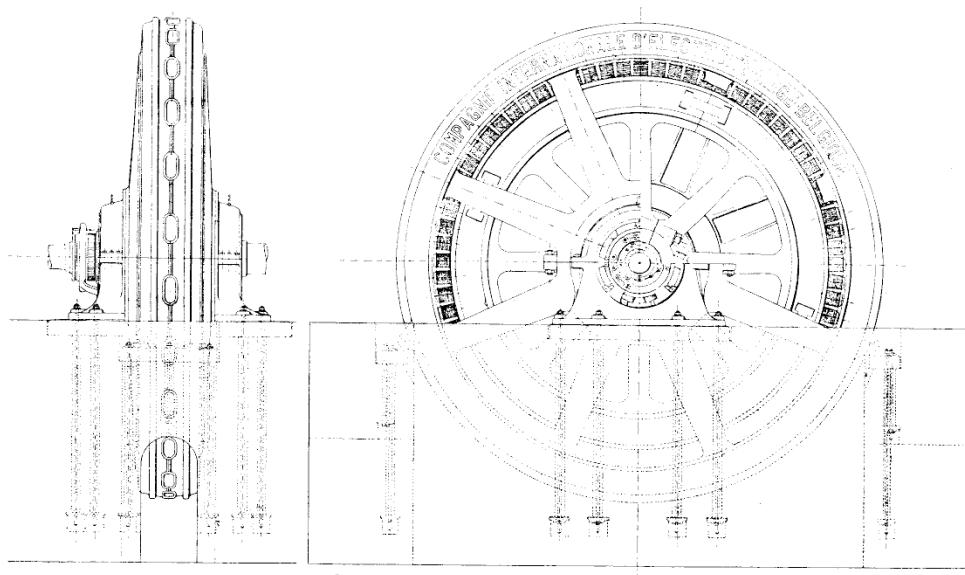


FIG. 100. — Alternateur triphasé de la Compagnie internationale de Liège.

polaires en acier coulé de forme oblongue. Les bobines inductrices, enfilées sur les noyaux, sont formées d'une couche unique de spires en fil de cuivre à section rectangulaire; chaque bobine comporte 31 spires.

Le diamètre de l'inducteur à l'extrémité des pièces polaires est de 5,50 m: il a 130 mm de largeur.

L'enroulement inducteur comprend deux circuits montés en parallèle et sa résistance à chaud est de 0,5 ohm.

Le poids de l'inducteur complet atteint 39 tonnes.

L'excitatrice est une dynamo de 23 kilowatts fournissant le courant sous une tension de 110 volts et dont l'induit est claveté sur l'arbre du moteur entre les deux paliers, à très faible distance du noyau de l'inducteur-volant de l'alternateur.

Le courant d'excitation pour obtenir le débit normal de l'alternateur en court circuit a une

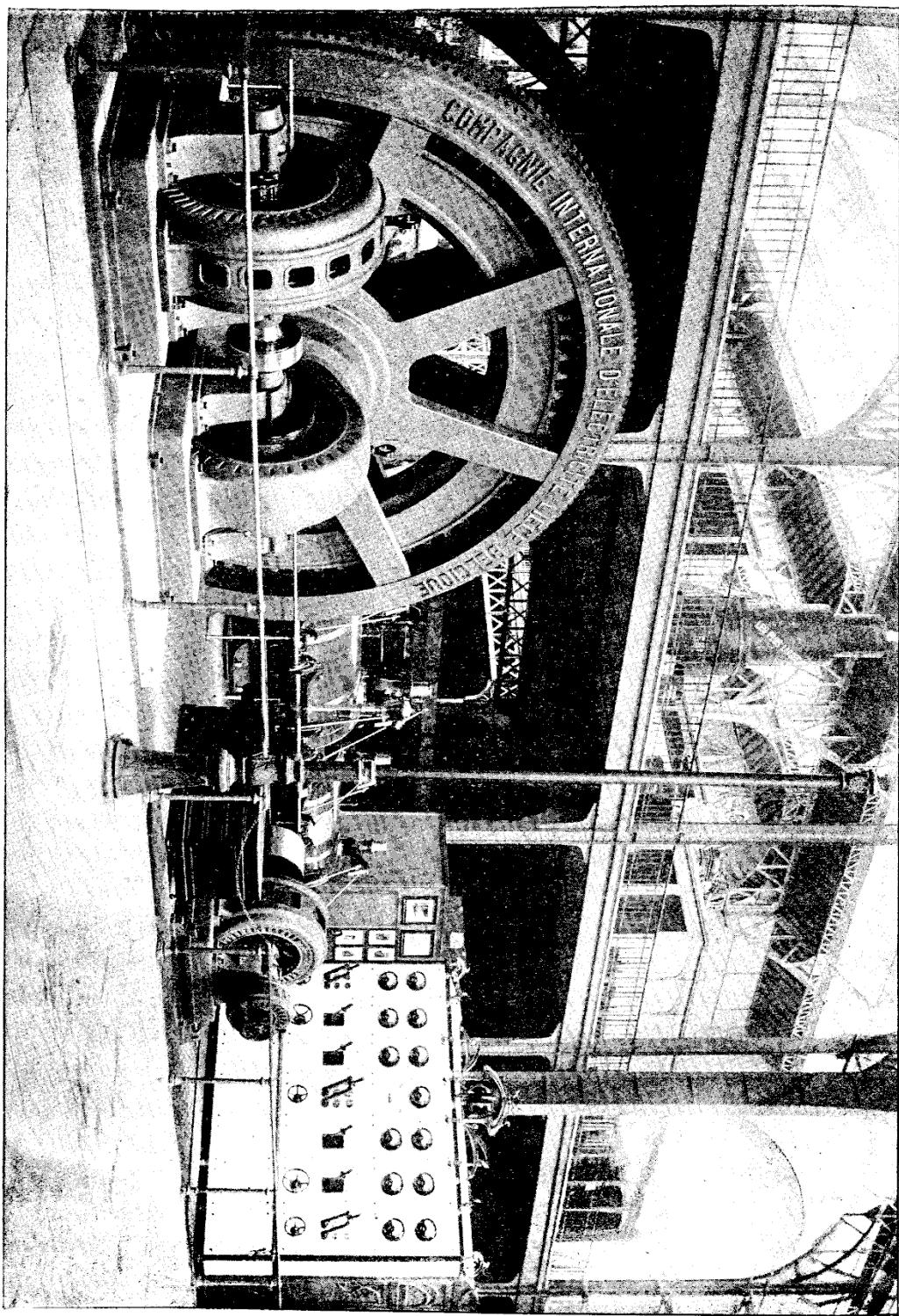


FIG. 401. — Groupe électrogène à courants triphasés de la Compagnie internationale de Liège et des ateliers Van den Kerchove.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

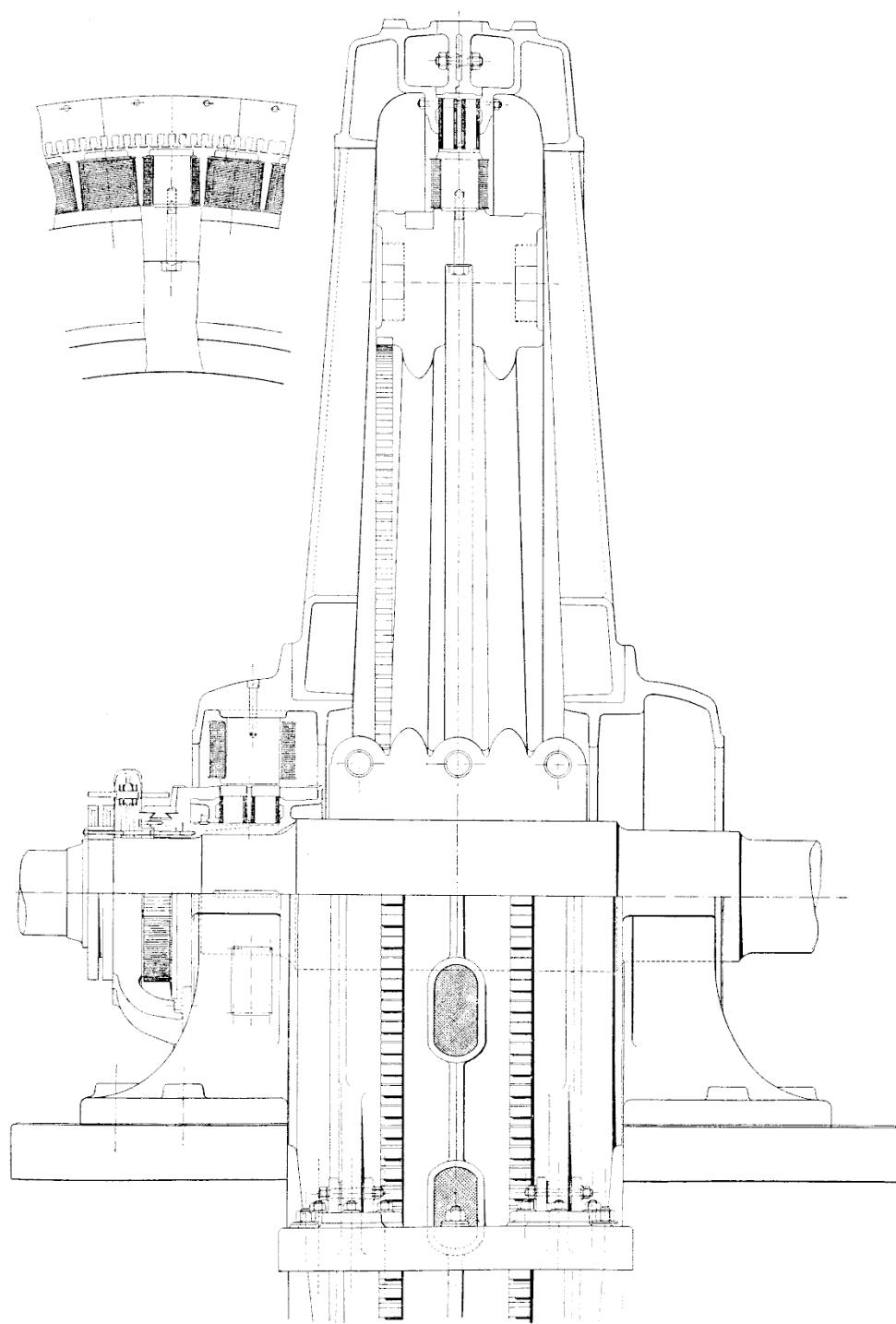


Fig. 102. — Alternateur triphasé de la Compagnie internationale de Liège. — Détails de construction.

intensité de 75 ampères; à pleine charge, avec un facteur de puissance égal à 0,85, cette intensité est de 160 ampères.

L'induit fixe est constitué par une carcasse en fonte à l'intérieur de laquelle est fixé le noyau annulaire de 150 mm de largeur, formé de paquets de couronnes de tôles minces isolées entre elles par une couche d'email. Des canaux de ventilation sont ménagés à l'intérieur du noyau pour assurer un refroidissement convenable.

Le diamètre d'alésage du noyau est de 5,517 m, ce qui laisse un entrefer de 8,5 mm.

Les tôles, poinçonnées d'avance, portent des entailles demi-fermées, de forme oblongue, arrondies en haut et en bas. L'enroulement induit est constitué par des bobines, au nombre de 72 par phase, comportant chacune 10 spires en fil de cuivre électrolytique. Les trois enroulements sont groupés en étoile et chacun d'eux a une résistance de 0,123 ohm.

Les fils sont isolés par plusieurs couches de guipage de coton et tous ceux qui sont logés dans une même entaille sont enfermés dans un tube isolant préalablement essayé sous une tension supérieure de 3 000 volts à la tension normale. Des cales en matière isolante maintiennent les fils en place et ferment en même temps les entailles du noyau. Les bobines, faites d'avance sur gabarit, sont interchangeables.

L'induit complet avec ses supports pèse 20,5 tonnes.

Le rendement de cet alternateur est de 94 0/0.

Le moteur à vapeur a ses deux cylindres disposés en tandem. Le cylindre de haute pression a 630 mm de diamètre et celui de basse pression 1 090 mm. La course des pistons est de 1,20 m.

Ce moteur peut développer de 1 000 à 1 800 chevaux entre 20 0/0 et 60 0/0 d'admission.

La distribution s'effectue par pistons-valves et l'admission de vapeur dans les deux cylindres est commandée par le régulateur.

Les espaces nuisibles sont très réduits et ne dépassent pas 2 0/0 du volume de chaque cylindre.

La vapeur est admise à la pression de 9 kg : cm².

Avec une admission de 20 0/0, la consommation de vapeur est de 5,5 kg par cheval-heure indiqué.

Le graissage de tous les paliers est automatique.

GROUPE N° 33

SOCIÉTÉ ANONYME GANZ ET C^{ie}, DE LEOPERSDORF, PRÈS VIENNE (AUTRICHE) ET SOCIÉTÉ ANONYME ERSTE BRUNNER MASCHINENFABRIKS GESELLSCHAFT DE BRUNN (AUTRICHE)

Ce groupe électrogène est constitué par un alternateur à courants triphasés de 1 200 kilovolts-ampères, actionné directement, à la vitesse angulaire de 425 tours par minute, par un moteur à vapeur horizontal compound pouvant développer de 800 à 1 000 chevaux.

L'alternateur est identique à celui qui sera décrit ci-après et qui entre dans la constitution du groupe électrogène n° 34.

L'inducteur, claveté sur l'arbre du moteur à vapeur et du poids de 21 tonnes, sert de volant.

Le moteur à vapeur a un cylindre de haute pression de 525 mm de diamètre et un cylindre de basse pression de 950 mm. La course des pistons est de 0,90 m.

La distribution par soupapes, du système Hugo Lentz et W. Voit, est appliquée aux deux cylindres.

L'ouverture et la fermeture des soupapes s'effectuent à l'aide de leviers à cames, dont le mouvement dépend directement des tiges des excentriques.

Les pistons sont du système Ransbottom.

La pression de la vapeur à l'admission est de 12 kg : cm².

Les manivelles de l'arbre sont calées à 420° l'une de l'autre.

GROUPE N° 34

SOCIÉTÉ ANONYME GANZ ET C^{ie} DE BUDAPEST (HONGRIE) ET M. L. LANG DE BUDAPEST (HONGRIE)

Ce groupe électrogène (*fig. 103*) est constitué par un alternateur triphasé actionné directement par un moteur à vapeur horizontal compound de la maison L. Lang de Budapest.

L'alternateur est du type volant (*fig. 104 et 105*) et peut fournir 1 200 kilovolts-ampères, soit une puissance effective de 840 kilowatts, lorsqu'il alimente un circuit dont le facteur de puissance (cosinus φ) est égal à 0,7.

La tension polygonale est de 2 200 volts.

La fréquence est de 50 périodes par seconde, l'alternateur comportant 48 pôles et ayant une vitesse angulaire de 425 tours par minute.

L'inducteur, calé sur l'arbre du moteur à vapeur entre les deux cylindres, sert en même temps de volant ; il pèse 22,25 tonnes. Les noyaux polaires, au nombre de 48, sont en acier coulé ; ils sont fixés sur la couronne en fonte du volant à l'aide de fortes vis traversant cette couronne.

L'enroulement des bobines inductrices comporte une couche unique de spires en lames de cuivre roulées sur champ et isolées les unes des autres par du papier du Japon.

Le courant d'excitation est fourni par une dynamo de 48 kilowatts pouvant débiter 200 ampères sous 90 volts.

L'induit de l'excitatrice n'est point calé sur l'arbre du moteur ; la dynamo est commandée par l'intermédiaire d'une contre-manivelle, dispositif qui permet de remplacer facilement la dynamo excitatrice par une autre sans avoir à démonter aucune pièce du groupe électrogène.

Cette dynamo est à 6 pôles ; son système inducteur est constitué par une carcasse en fonte avec noyaux rapportés en acier coulé. Les bobines inductrices sont excitées en dérivation.

L'induit est du type en tambour avec enroulement en série sur un noyau feuilleté et denté.

L'induit fixe de l'alternateur, de 4,45 m de diamètre intérieur, est constitué par un noyau formé de tôles isolées de 0,5 mm d'épaisseur et muni de canaux de ventilation. Ce noyau est encastré dans une couronne en fonte. L'ensemble peut être exactement centré à l'aide de vis de rappel dont sont munis les supports latéraux et inférieurs.

L'enroulement est en câbles isolés placés dans des tubes en micanite logés à l'intérieur des entailles pratiquées le long de l'entrefer. Chaque phase comporte cinq entailles par paire de pôles, soit 120 entailles. Les trois circuits induits sont groupés en triangle.

Lorsque l'alternateur marche à pleine charge, si l'on vient à interrompre le circuit alimenté, tout en maintenant constantes la vitesse angulaire de la machine et l'excitation, la tension augmente de 15 % pour une charge inductive (cosinus $\varphi = 0,7$) et de 3 à 6 % seulement pour une charge non-inductive.

Quand l'alternateur fonctionne à vide, la courbe de tension est presque une sinusoïde ; à pleine charge, la déformation est très faible et la valeur de l'amplitude maximum ne varie pas de plus de 1 %.

Le poids total de l'alternateur avec son excitatrice est de 44,4 tonnes.

Le moteur à vapeur compound se compose de deux machines symétriques commandant l'arbre moteur par l'intermédiaire de manivelles calées à 90°.

Le cylindre de haute pression a un diamètre de 725 mm et celui de basse pression, un diamètre de 1 150 mm. La course des pistons est de 1 mètre.

La distribution se fait par soupapes équilibrées ; celles d'admission se trouvent à la partie

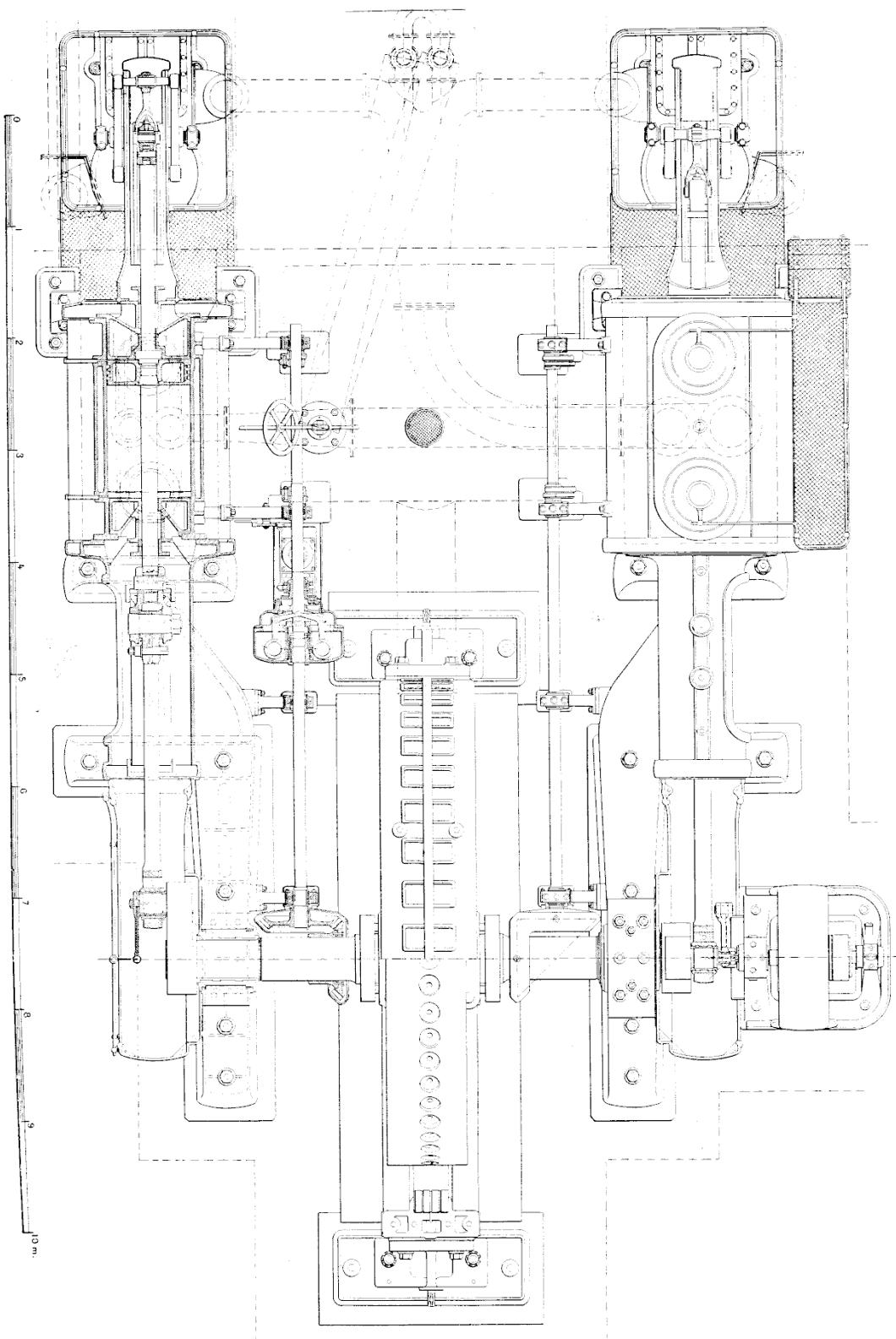


FIG. 103. — Groupe électrogène à courants triphasés Ganz — Lang.

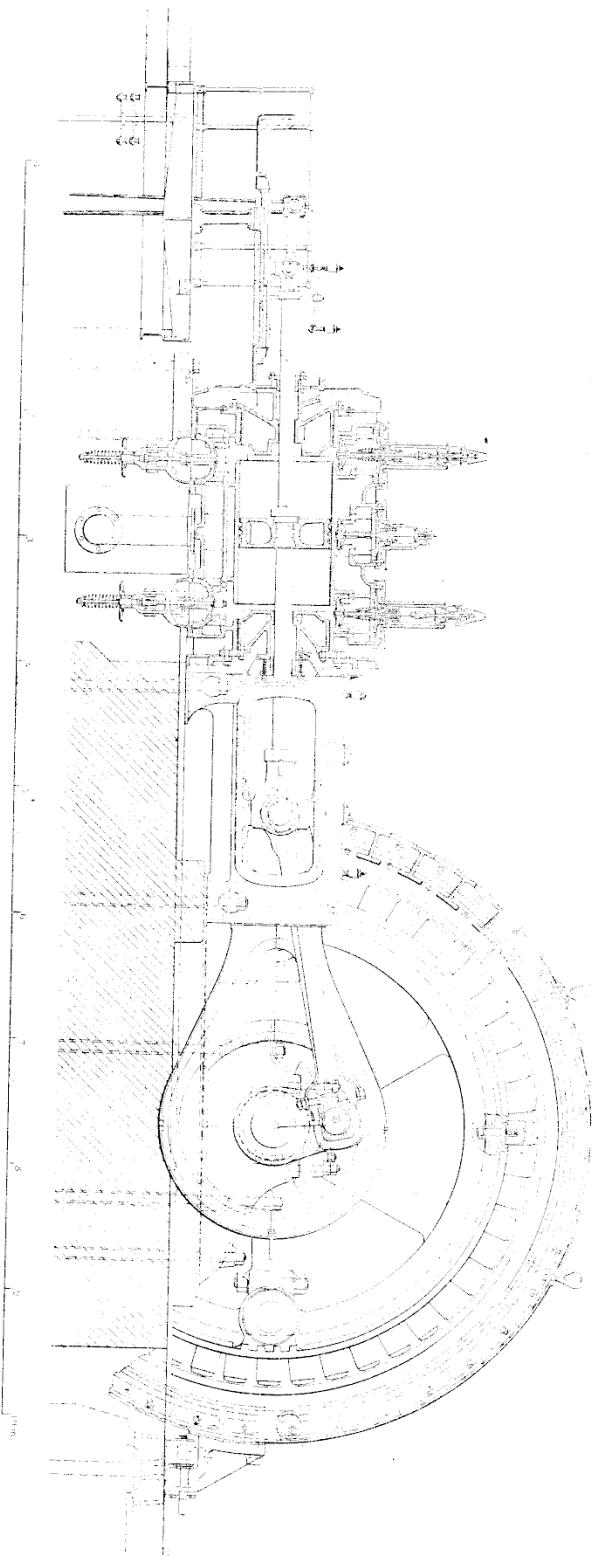


Fig. 103. — Alternateur triphasé Ganz — Détails de construction.

GROUPES ELECTROGÉNÉRES À COURANTS ALTERNATIFS

supérieure des cylindres et celles d'échappement à la partie inférieure. Le mouvement de ces soupapes est commandé par des arbres, munis d'excentriques, qui reçoivent leur mouvement de l'arbre moteur au moyen de roues d'angle.

Le régulateur agit sur les soupapes d'admission du cylindre de haute pression de façon à faire varier automatiquement l'admission. L'admission est invariable dans le cylindre de basse pression.

Les condenseurs, au nombre de deux, sont placés dans le sous-sol et munis de pompes verticales, actionnées par des bielles s'articulant sur un prolongement des tiges des pistons. A cet effet,

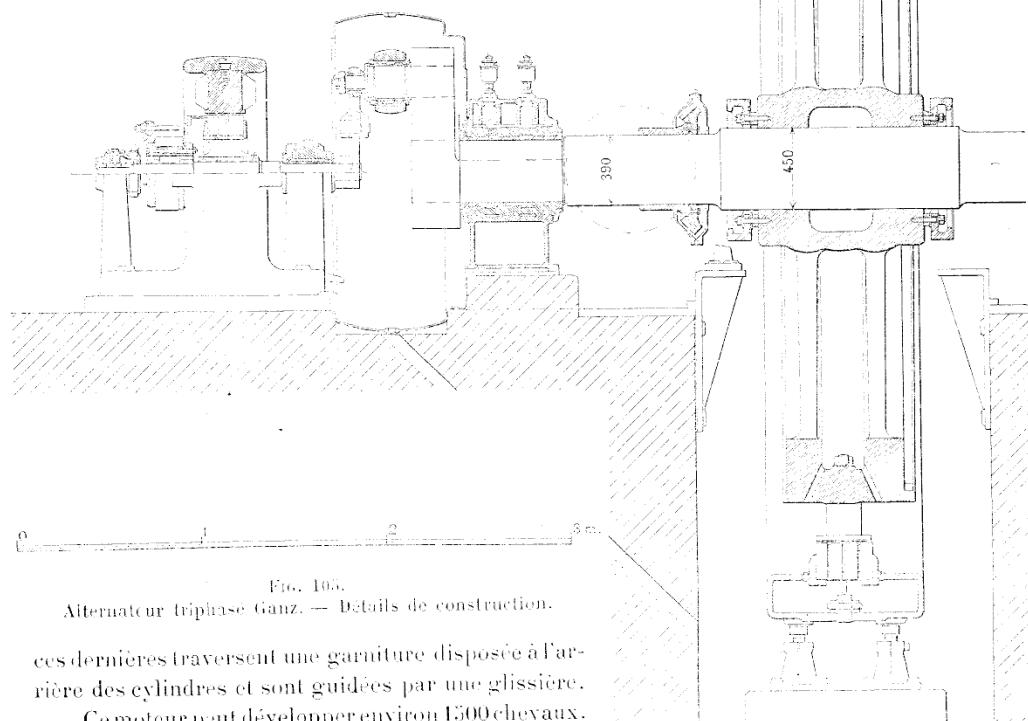


FIG. 105.
Alternateur triphasé Ganz. — Détails de construction.

ces dernières traversent une garniture disposée à l'arrière des cylindres et sont guidées par une glissière.

Ce moteur peut développer environ 1500 chevaux.

GROUPE N° 38

SOCIÉTÉ DES ATELIERS D'OERLIKON PRÈS DE ZURICH (SUISSE) ET SOCIÉTÉ ESCHER WYSS ET C[°]
DE ZURICH (SUISSE)

L'alternateur triphasé de ce groupe (fig. 106) est actionné directement par un moteur à vapeur horizontal compound pouvant développer 1 000 chevaux à la vitesse angulaire de 94 tours par minute.

Cet alternateur, d'une puissance de 1 340 kilovolts-ampères, fournit des courants triphasés à la tension étoilée de 5 500 volts. Pour le service de l'Exposition, qui demandait une tension de 2 200 volts, on a groupé les bobines inductrices en deux séries parallèles au lieu de les relier toutes en série. La fréquence est de 30 périodes par seconde.

Le système inducteur mobile est constitué par un volant formé d'une couronne en fonte de 4,39 m de diamètre extérieur, de 700 mm de largeur et de 130 mm d'épaisseur radiale, relié par douze bras au moyen claveté sur l'arbre du moteur. Ce volant est en deux pièces.

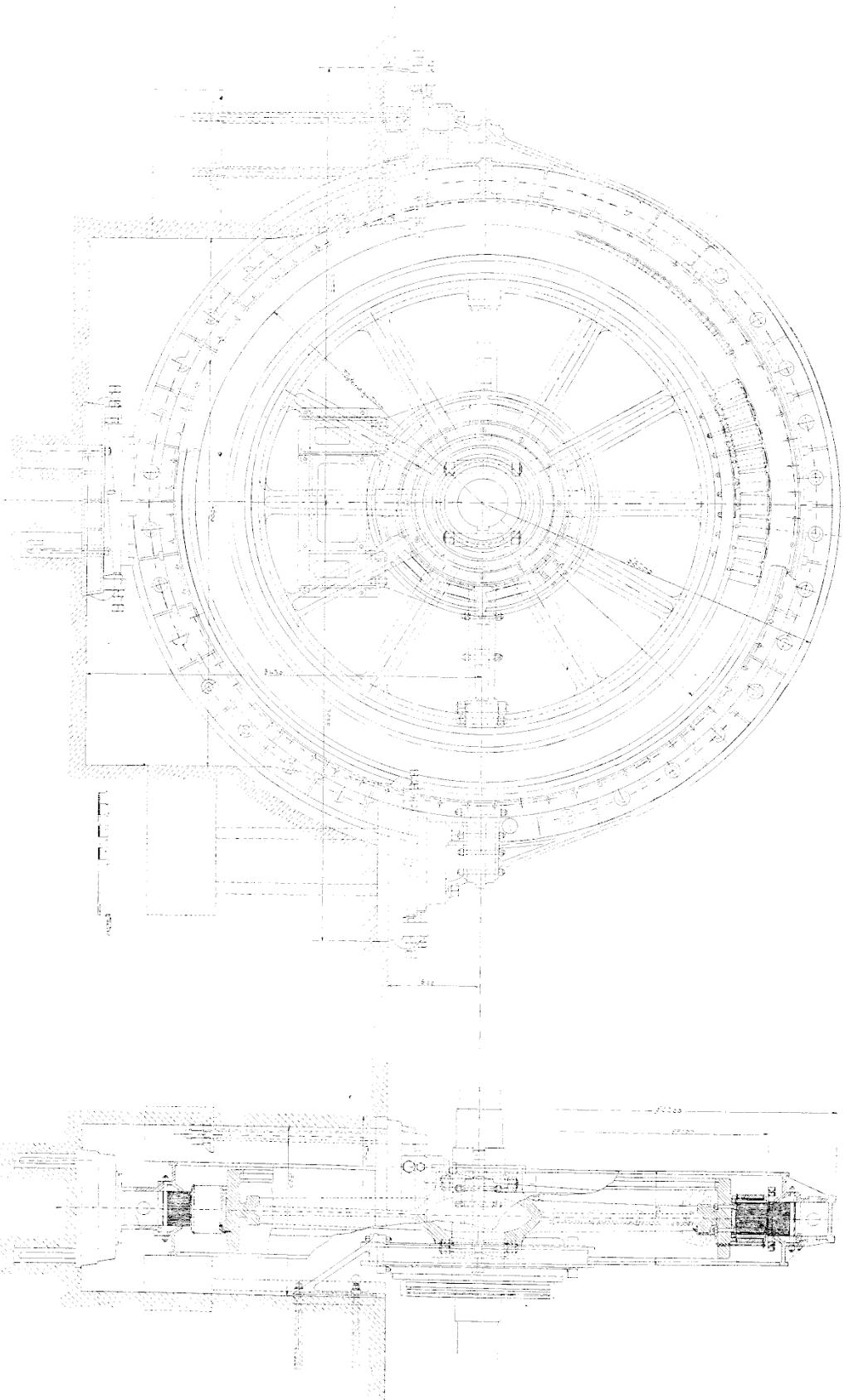


Fig. 106. — Alternateur triphasé des ateliers de Verlikon. — Détails de construction.

Sur la périphérie de cette couronne sont disposées radialement 64 pôles, dont les noyaux, en tôles minces isolées, sont maintenus et fixés chacun par deux vis et une clavette d'acier en forme de queue d'aronde. Les bobines excitatrices comportent chacune 54 spires de fil de 11 mm de diamètre.

Lorsque l'alternateur doit fournir des courants triphasés à 5 500 volts, les bobines sont reliées en série et la résistance totale du circuit inducteur à chaud est de 0,6 ohm.

Le diamètre de l'inducteur-volant, à l'extrémité des pièces polaires, est de 4,991 m. La vitesse tangentielle est, dans ces conditions, de 24,55 m par seconde.

L'excitatrice a son induit claveté sur l'arbre du moteur entre l'alternateur et un des cylindres du moteur. Son inducteur comporte 12 pôles et est excité en dérivation. L'induit est un anneau Gramme. Cette excitatrice peut débiter 200 ampères sous 120 volts.

L'intensité du courant d'excitation nécessaire pour obtenir, à vide, la tension normale de 5 500 volts est de 83 ampères. Il faut un courant d'excitation de 41 ampères pour obtenir en court circuit un débit de 140 ampères.

Enfin, lorsque l'alternateur fournit 1 100 kilowatts à la tension normale de 5 500 volts, avec un facteur de puissance égale à 0,8, l'excitation demande 120 ampères.

L'induit fixe se compose d'un noyau feuilleté et d'une carcasse en fonte de 6,20 m de diamètre, en deux pièces, reposant de part et d'autre sur les fondations par l'intermédiaire de semelles. La partie inférieure de cette carcasse repose également sur le fond de la fosse. A chacun de ces appuis sont disposés des doubles coins de rattrapage avec vis permettant d'obtenir un centrage exact.

Le noyau annulaire en tôles de 0,5 mm d'épaisseur, fixé à l'intérieur de la carcasse, a 3 m de diamètre d'adésage, 300 mm de largeur et 240 mm d'épaisseur radiale. L'entrefer est de 4,3 mm. Il est muni de 192 entailles dans lesquelles sont logées les bobines induites ayant chacune 41 spires; chaque spire comporte 4 fils de 3,8 mm de diamètre, groupés en quantité. Ces bobines, préparées d'avance sur gabarit, sont isolées du fer du noyau par des tubes de micanite et retenues dans les entailles par des coins en fibre glissant dans deux rainures ménagées sur le bord des entailles.

Les trois circuits sont groupés en étoile et la résistance de chacun d'eux est de 0,230 ohm.

Le réglage de la tension de l'alternateur s'effectue d'abord approximativement, à l'aide du rhéostat de champ de l'excitatrice, puis se termine par la manœuvre d'un second rhéostat intercalé dans le circuit d'excitation de l'alternateur.

Le moteur à vapeur comporte deux cylindres horizontaux disposés en tandem.

Le cylindre de haute pression a 650 mm de diamètre; celui de basse pression 1 100 mm. La course commune des pistons est de 4,20 m.

La distribution s'effectue par des obturateurs du genre Corliss, chaque cylindre ayant ses quatre obturateurs commandés par un excentrique. Les obturateurs d'admission sont à déclic et sont munis de grains en acier faciles à remplacer. Des amortisseurs sont disposés dans le sous-sol et s'articulent sur les obturateurs d'admission.

Le mécanisme de ce déclic, inventé récemment par la maison Escher-Wyss, est disposé de manière à rendre très précis l'enclenchement, c'est-à-dire le commencement de l'introduction de la vapeur. La fermeture se produit ensuite plus ou moins rapidement d'après la position du régulateur.

La mise en marche est obtenue au moyen d'un vireur à vapeur agissant sur une denture dont est pourvu le volant. Cette petite machine, à trois cylindres placés à 120° l'un de l'autre, fonctionne à simple effet et peut développer une puissance de 18 chevaux, à la vitesse angulaire de 300 tours par minute.

Le condenseur est installé dans le sous-sol et sa pompe à air horizontale est à double effet; elle est commandée par un jeu de bielles, l'une d'elles s'articulant sur le plateau à manivelle du moteur.

II

GROUPES ÉLECTROGÈNES MIXTES EN SERVICE A L'EXPOSITION

On a désigné sous le nom de groupes électrogènes mixtes ceux dans lesquels le moteur à vapeur actionne simultanément une dynamo à courant continu et un alternateur triphasé.

Deux groupes de cette catégorie fonctionnent dans la section allemande :

- N° 26. Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert und C° de Nuremberg (Allemagne) et Société « Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg » de Nuremberg (Allemagne).
28. Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals W. Lahmeyer und C° de Francfort-sur-Main (Allemagne) et Société « Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg » de Nuremberg (Allemagne).

GROUPE N° 26

ELEKTRICITATS-AKTIENGESELLSCHAFT VORMALS SCHUCKERT UND C° DE NUREMBERG (ALLEMAGNE) ET SOCIÉTÉ « VEREINIGTE MASCHINENFABRIK AUGSBURG UND MASCHINENBAU-GESELLSCHAFT NURNBERG » DE NUREMBERG (ALLEMAGNE).

Ce groupe électrogène *fig. 108*, est constitué par un moteur à vapeur vertical à triple expansion, pouvant développer 2 000 chevaux effectifs à la vitesse angulaire de 83,3 tours par minute et actionnant directement une dynamo à courant continu multipolaire et un alternateur triphasé du type volant.

La dynamo à courant continu *fig. 107 et 109*, d'une puissance de 750 kilowatts à la vitesse angulaire de 83,3 tours par minute, peut débiter 1 300 ampères sous 300 volts.

L'inducteur est constitué par une carcasse en acier coulé, en deux pièces, affectant une forme polygonale et munie de 14 noyaux polaires à section rectangulaire, venus de fonte avec la carcasse. Des évidements ménagés au droit de chaque noyau ont permis de réduire le poids de cette pièce. Le diamètre de l'inducteur est de 3,042 m et sa largeur de 410 mm.

Les bobines inductrices, en fil de cuivre roulé sur une carcasse, sont enfilées sur les noyaux et maintenues par les épaulementes polaires en fer forgé.

La dynamo est excitée en dérivation.

L'induit est du type en tambour multipolaire avec sections reliées en parallèle. L'enroulement est fait avec du câble à profil rectangulaire; il est maintenu à la surface du noyau lisse et feuilleté par des cerclages en fil d'acier et un certain nombre de coins d'entraînement. Les diverses sections de l'induit sont reliées entre elles, à l'arrière du noyau, par des lames de cuivre, en forme de développantes de cercle. Le nombre total des conducteurs de l'induit est de 4 072.

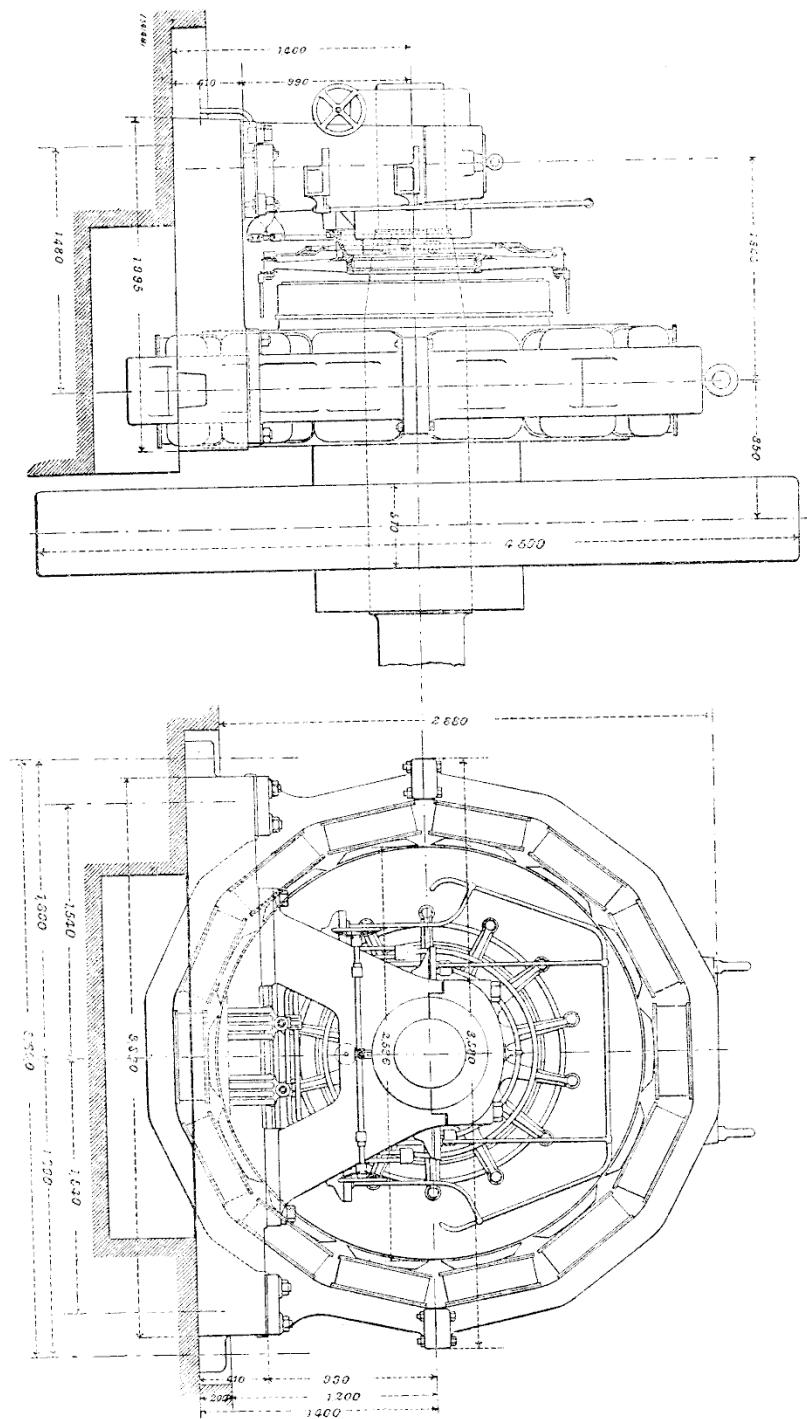


FIG. 107. — Dynamo Schuckert. — Détails de construction.

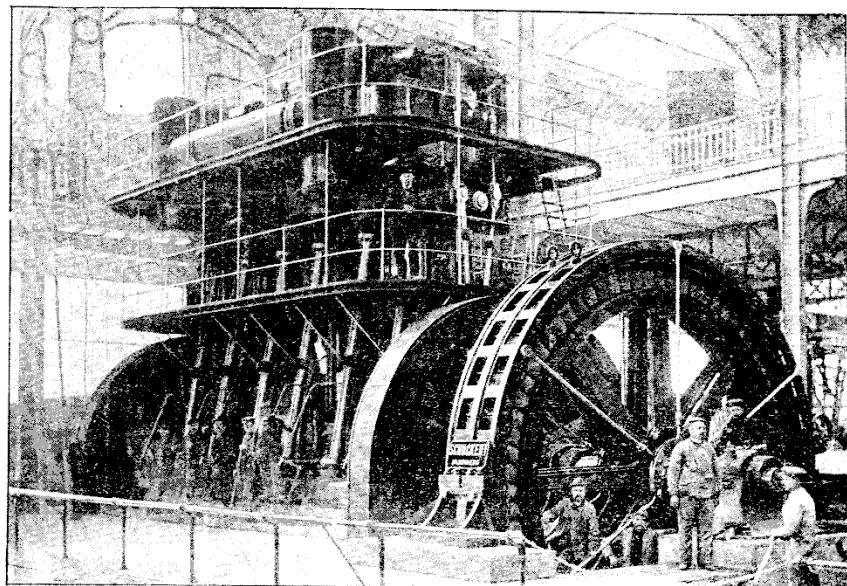


FIG. 108. -- Groupe électrogène mixte Schuckert.

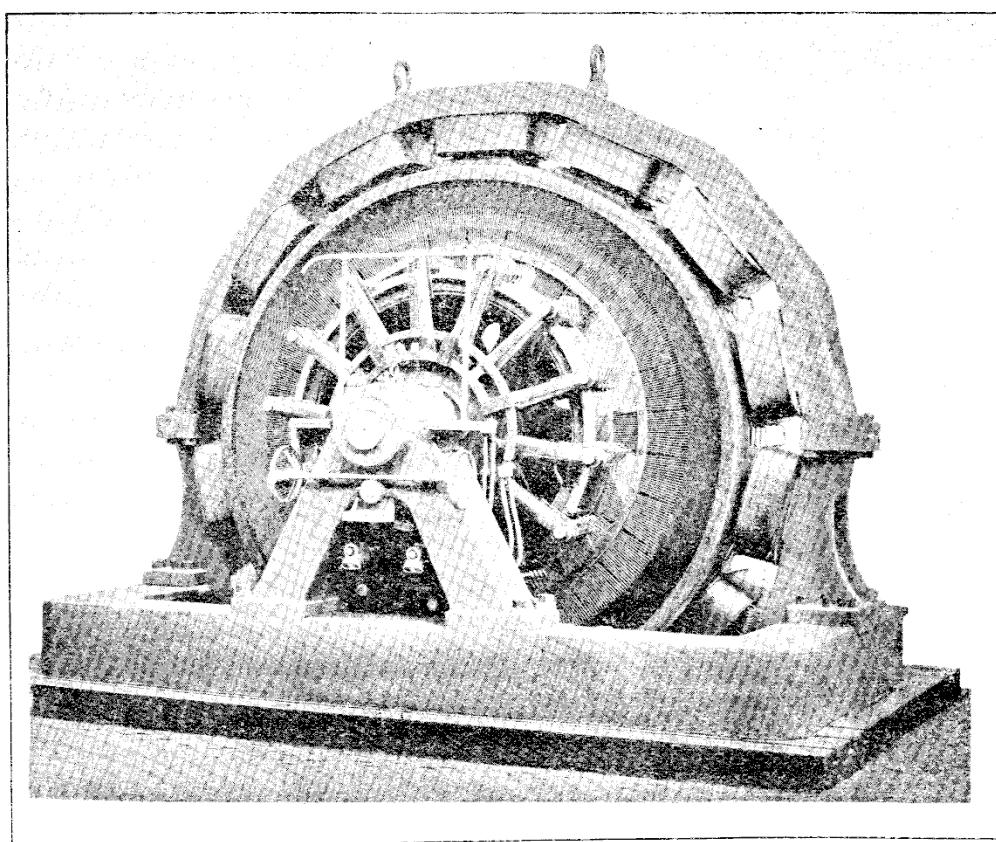


FIG. 109. -- Dynamo Schuckert.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le collecteur comporte 336 lames en cuivre dur étiré, isolées au mica.

Le courant est recueilli par 14 séries de 4 balais en charbon. On peut faire varier le calage des balais à l'aide d'une vis sans fin manœuvrée par un volant et qui permet, à l'aide d'un pignon intermédiaire, de déplacer l'étoile sur laquelle sont montés les portes-balais.

Le poids de la dynamo atteint 45 tonnes dont 26 tonnes pour l'induit.

Le rendement à pleine charge est de 93,3 %.

L'arbre de l'induit est manchonné à l'extrémité de gauche de l'arbre du moteur à vapeur, dont l'extrémité de droite est reliée à l'arbre de l'inducteur mobile de l'alternateur triphasé.

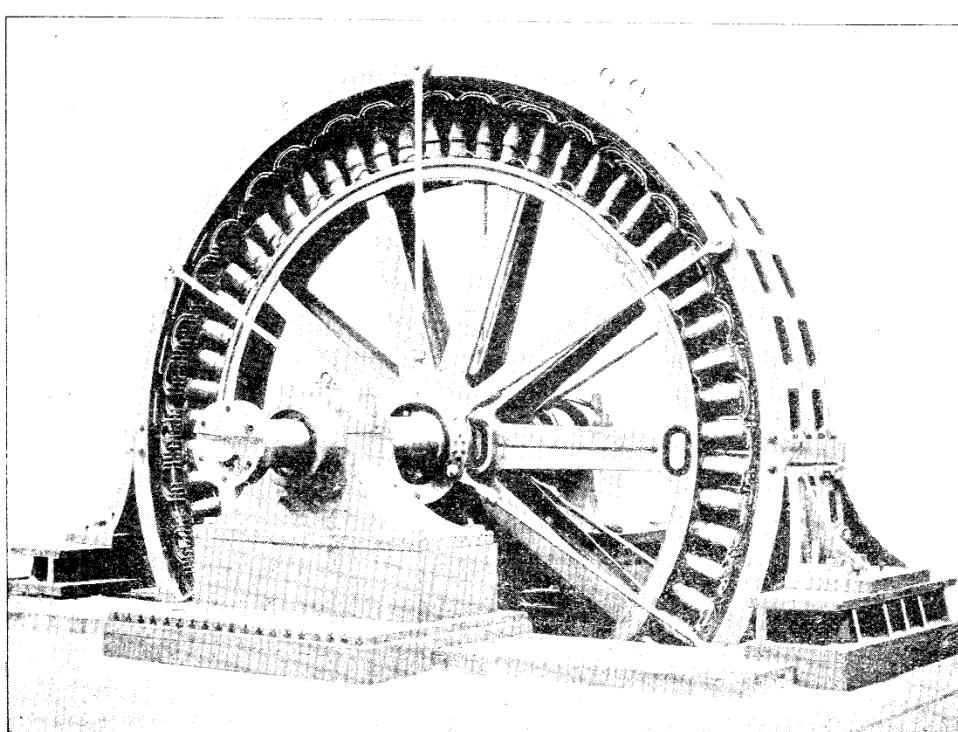


Fig. 110. -- Alternateur triphasé Schenckel.

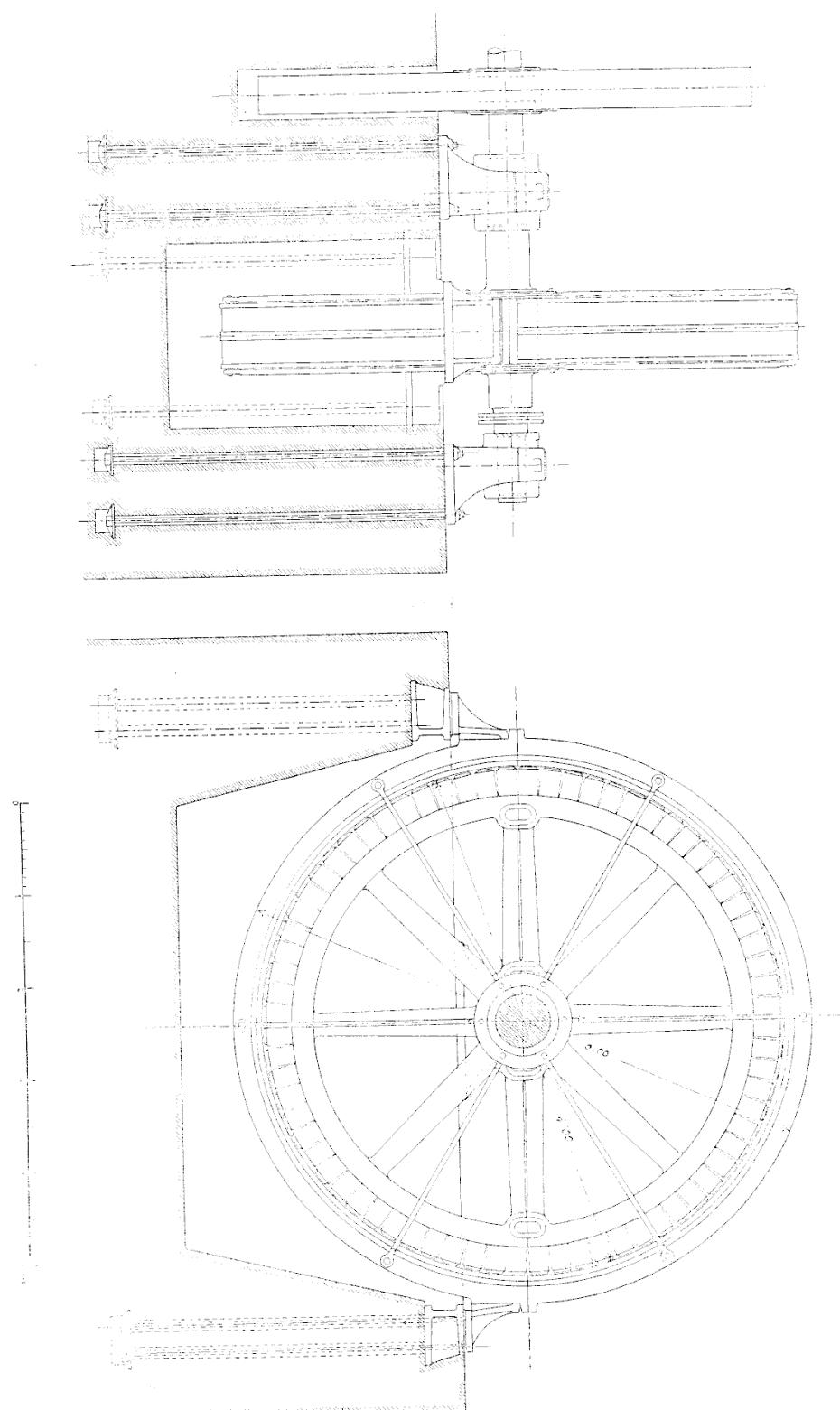
L'alternateur *fig. 110* et *111* a une puissance de 850 kilovolts-ampères avec une tension étoilée de 5 000 volts. Il peut débiter 98 ampères par phase. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

Le système inducteur mobile est constitué par une couronne en fonte en deux pièces *fig. 111*, reliée par huit bras au moyen claveté sur l'arbre; ce dernier, en acier Martin, pèse à lui seul 5 740 kg. Sur la périphérie de cette couronne sont disposés radialement 72 noyaux polaires feuilletés munis chacun d'une bobine excitatrice en ruban de cuivre roulé sur champ.

Le poids total de l'inducteur mobile est de 26 450 kg et son diamètre, à l'extrémité des pièces polaires, de 5,484 m; sa largeur est de 400 mm.

Le courant d'excitation est fourni par la canalisation générale de l'Exposition sous une tension de 220 volts.

L'induit fixe comporte une carcasse circulaire en fonte, en deux pièces, percée d'ouvertures de ventilation et un anneau feuilleté constituant le noyau; il repose sur les fondations par l'intermédiaire de semelles dont est munie la moitié inférieure de la carcasse.



Sur chaque face de cette carcasse se trouvent des tirants en acier reliés, d'une part, à la couronne extérieure et, de l'autre, à une petite couronne concentrique à l'arbre. La tension de ces tirants peut être modifiée à l'aide d'écrans, ce qui permet de rattraper les petites déformations et de centrer très exactement l'induit sur l'inducteur.

La partie inférieure de l'induit complet pèse 7 730 kg et la partie supérieure 6 600 kg.

L'enroulement induit comprend 108 bobines logées dans les entailles du noyau, soit 36 par phase. Les trois circuits sont groupés en étoile. Le diamètre d'alésage est de 3 mètres et l'entrefer est de 8 mm.

D'après les constructeurs, le rendement de l'alternateur, à pleine charge, serait de 94 0/0 et de 91 0/0 à demi-charge.

L'excitation, à pleine charge, n'absorberait que 18 kilowatts.

Le moteur à vapeur a été construit pour développer normalement 2 500 chevaux à la vitesse angulaire de 100 tours par minute ; mais, à l'Exposition, il ne marche qu'à 83,3 tours par minute, afin d'obtenir la fréquence imposée pour l'alternateur.

Chacun des trois cylindres du moteur est supporté par une colonne en fonte. Le cylindre de haute pression a 775 mm de diamètre et est placé entre les deux autres ayant, celui de moyenne pression, 1 240 mm de diamètre et celui de basse pression, 1 800 mm. La course des pistons est de 1,10 m.

Le cylindre de haute pression est muni de distributeurs à soupapes ; les deux autres ont des distributeurs à robinets, genre Corliss.

L'arbre moteur a 9 m de longueur et est supporté par six paliers fixés au bâti en trois pièces. Il porte, à chacune de ses extrémités, un plateau d'accouplement destiné à le relier aux arbres des génératrices électriques. L'ensemble des trois arbres a 17 m de longueur et est supporté par dix paliers.

Près des manchons d'accouplement, de part et d'autre du moteur, sont clavetés les volants pesant chacun 20 tonnes. L'un de ces volants est muni, à la partie intérieure de sa couronne, d'une denture engrenant avec un pignon commandé, par l'intermédiaire d'engrenages, avec un moteur électrique à courant continu de 10 chevaux. Le rapport des vitesses est tel qu'il faut 3 minutes environ pour que la machine effectue un tour complet. Ce dispositif de vireur est utilisé pour le démarrage.

Derrière le moteur sont installés les pompes à air du condenseur, actionnées par des balanciers fixés aux têtes de bielle.

GROUPE N° 28

ELECTRICITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT VORMALS W. LAHMEYER UND C° DE FRANCFOFT-SUR-LE-MEIN (ALLEMAGNE) ET SOCIÉTÉ « VEREINIGTE MASCHINENFABRIK AUGSBURG UND MASCHINENBAU-GESELLSCHAFT NURNBERG » DE NUREMBERG (ALLEMAGNE).

Ce groupe électrogène (fig. 113) est constitué par un moteur à vapeur, type pilon, pouvant développer une puissance de 1 500 chevaux effectifs et commandant une dynamo multipolaire à courant continu et un alternateur triphasé. Les arbres de ces deux génératrices sont accouplés directement avec l'arbre du moteur à vapeur, à chacune des extrémités de ce dernier.

La dynamo à courant continu (fig. 112), d'une puissance de 350 kilowatts à la vitesse angulaire de 94 tours par minute, peut débiter environ 625 ampères sous 300-350 volts.

L'inducteur est constitué par une carcasse en fonte, en deux pièces, à l'intérieur de laquelle sont rapportés et fixés par des vis 12 noyaux polaires, en acier coulé, disposés radialement. La moitié inférieure de la carcasse est munie de semelles permettant de fixer la dynamo sur les fondations.

Les bobines inductrices sont reliées en série et la dynamo est excitée en dérivation.

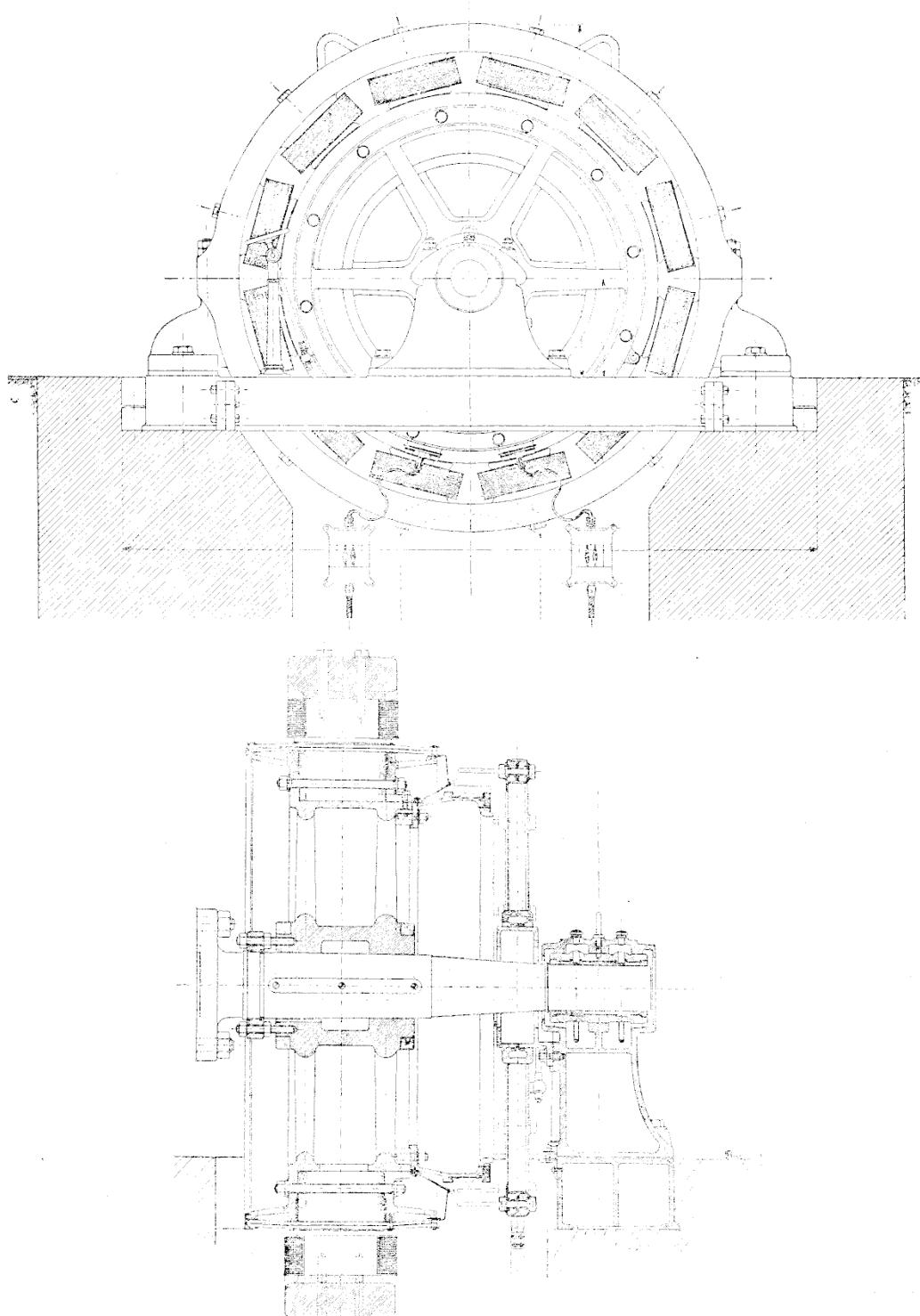


Fig. 112. -- Dynam. Lahmeyer. -- Détails de construction.

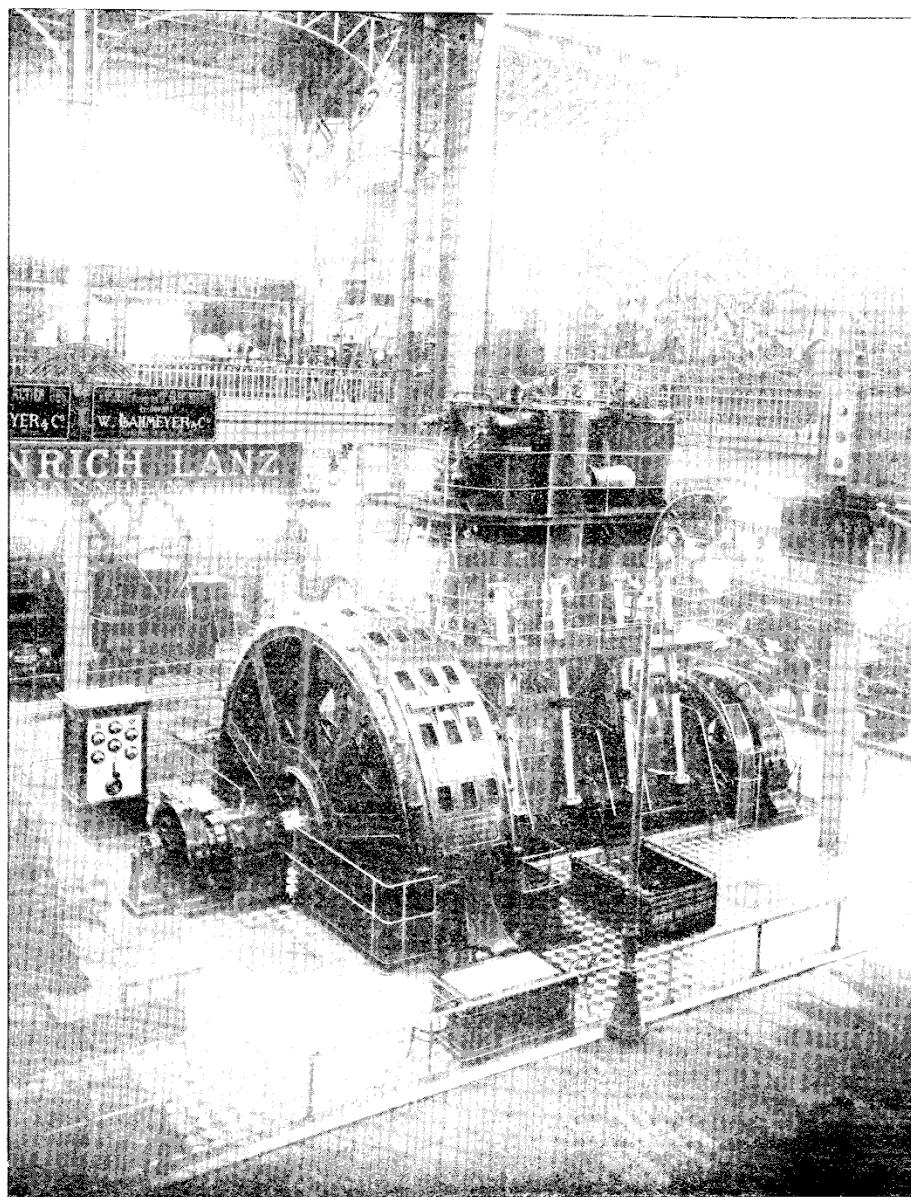


FIG. 113. — Groupe électrogène mixte Lahneyer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'induit, du type en tambour multipolaire avec sections groupées en parallèle, a son arbre supporté par deux paliers et manchonné à une des extrémités de celui du moteur à vapeur. Il a 2,40 m de diamètre et 0,40 m de largeur.

Le noyau de l'induit, en tôles minces isolées, forme une couronne supportée par une étoile dont le moyeu est claveté sur l'arbre. Il porte 609 entailles dans chacune desquelles sont logées deux lames de cuivre placées l'une au-dessus de l'autre. Les diverses spires de l'enroulement induit sont pliées d'avance sur gabarit, de manière à pouvoir être raccordées facilement entre elles et avec les lames du collecteur.

Le bobinage est maintenu à la surface du tambour au moyen de segments en laiton vissés dans le noyau. Ce système de frette permet d'enlever facilement une spire quelconque, sans qu'il soit nécessaire de démonter complètement l'induit.

Les lames du collecteur sont en cuivre étiré isolées au mica.

Les balais sont en charbon et au nombre de trois sur chaque ligne. Les douze séries de balais sont alternativement reliées à deux prises de courant, montées sur une couronne en forme de double T et isolées l'une de l'autre par des lames d'ambroïne.

A pleine charge, le rendement de cette dynamo est de 93,2 0/0. Les pertes dans l'enroulement induit sont de 2 0/0; les pertes dans l'inducteur sont de 1,5 0/0. L'élévation de température ne dépasse pas 30° dans l'induit et 25° dans l'inducteur.

La saturation magnétique est telle que la chute de potentiel est, au maximum, de 10 0/0 entre la marche à pleine charge et la marche à vide, avec la même excitation.

L'alternateur du type-volant *fig. 114*, a une puissance de 1 000 kilovolts-ampères et fournit des courants triphasés à la tension étoilée de 5 000 volts.

La fréquence est de 30 périodes par seconde, le nombre de pôles étant de 64 et la vitesse angulaire de 94 tours par minute.

L'inducteur mobile est constitué par un volant en fonte pesant 34 tonnes et formé de quatre pièces assemblées par des boulons et de forts goujons.

Les 64 noyaux polaires, disposés radialement sur la jante du volant, sont en acier coulé. Ils ont une section circulaire et sont fixés chacun par une vis et par une cheville, ce qui permet un démontage facile.

Les bobines excitatrices sont en ruban de cuivre roulé sur champ.

Les épauverrissements polaires sont en fer forgé et de section rectangulaire. D'après le constructeur, ces épauverrissements polaires massifs jouent le rôle d'amortisseur et seraient le siège de courants de Foucault très intenses lorsque des phénomènes de résonance viennent à se produire. Dans ces conditions, les effets dus à ces phénomènes de résonance seraient réduits dans de grandes proportions, ce qui présente un grand avantage dans le fonctionnement des alternateurs couplés en parallèle.

Le courant d'excitation est fourni par une dynamo à 6 pôles, dont l'induit est calé sur le prolongement de l'arbre de l'alternateur. Cette dynamo, d'une puissance de 14 kilowatts, peut débiter 213 ampères sous 63 volts. Elle est excitée en dérivation et son induit est du type en tambour multipolaire ondulé avec sections groupées en parallèle. Les barres de l'enroulement sont reliées à celles du collecteur par des vis.

Le réglage de la tension de l'alternateur s'effectue uniquement en faisant varier, à l'aide d'un rhéostat, la résistance du circuit inducteur de l'excitatrice.

L'induit fixe comporte une carcasse circulaire en fonte ajourée, à l'intérieur de laquelle est solidement maintenu l'anneau de tôles minces isolées constituant le noyau.

La carcasse est renforcée, sur chacune de ses deux faces, par une couronne extérieure reliée par dix bras à une seconde couronne concentrique à la première.

L'ensemble repose sur les fondations par l'intermédiaire de semelles munies de coins destinés à obtenir le centrage.

Les trois enroulements de l'induit, groupés en étoile, sont logés dans des entailles pratiquées dans le noyau.

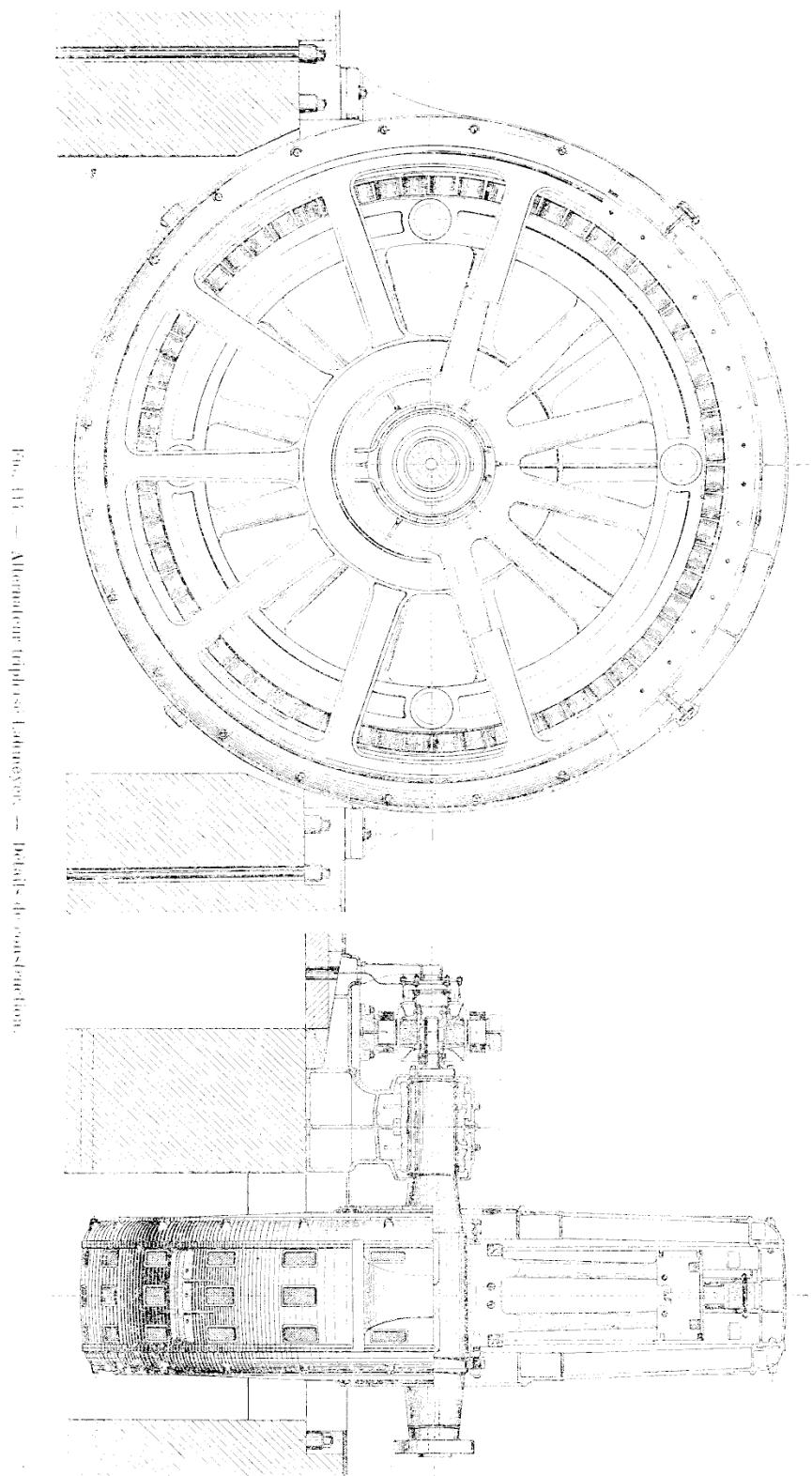


FIG. 111. — Alternateur triphasé Lohnerer. — Détails de construction.

GROUPES ÉLECTROGÈNES MIXTES

2-149

Avec une excitation constante, la chute de tension de l'alternateur, entre la marche à vide et la marche à pleine charge sur un circuit non inductif, ne dépasse pas 6 0 0.

Le rendement de l'alternateur, à pleine charge et avec un facteur de puissance égal à l'unité, est de 95,3 0 0. Les pertes se répartissent de la manière suivante:

Pertes dans l'enroulement de l'induit.....	13 700 watts
— le noyau de l'induit.....	13 400 —
— les dents de l'induit.....	9 400 —
— l'inducteur.....	13 800 —
TotM.....	49 700 watts

Le moteur à vapeur, type pilon, a un cylindre de haute pression de 850 mm de diamètre et un cylindre de basse pression de 1 330 mm. La course des pistons est de 1,10 m.

Les bielles de ces cylindres attaquent, au moyen de manivelles calées à 90° l'une de l'autre, un arbre horizontal supporté par quatre paliers.

Les cylindres reposent, d'une part, sur un bâti vertical en fonte auquel sont fixées les glissières et, d'autre part, sur quatre colonnes en acier boulonnées sur le socle. Ces supports reposent sur la plaque de fondation, qui est en deux pièces.

La distribution se fait par soupapes.

Le moteur marche à condensation et les deux pompes à air sont actionnées chacune par un balancier.

Le démarrage s'effectue à l'aide d'un moteur électrique à courant continu, alimenté par la canalisation générale de l'Exposition et actionnant, par un train d'engrenages, un petit volant monté sur le manchon d'accouplement de la dynamo à courant continu.

L'ensemble du groupe électrogène pèse environ 275 tonnes, dont 120 tonnes pour le moteur à vapeur, 124 pour l'alternateur et 31 pour la dynamo à courant continu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME PARTIE

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

I

Groupes électrogènes à courant continu en service à l'Exposition

Nomenclature	1
Groupe n° 1. — Société alsacienne de constructions mécaniques.....	2
— 2. — Etablissements Decauville et MM. Crépel et Garand.....	7
— 3 et 3 bis. — Maison Breguet et Société de Laval.....	11
— 6. — Etablissements Postel-Vinay et MM. Garnier et Faure-Beaulieu.....	15
— 6 bis. — Etablissements Postel-Vinay et MM. Garnier et Faure-Beaulieu.....	17
— 8. — Société « l'Éclairage électrique » et MM. Biétryx, Leftaïve, Nicolet et C ^e	19
— 10. — Compagnie générale d'électricité de Creil et Etablissements Weyher et Richemond.....	23
— 16. — Société anonyme des hauts-fourneaux de Maubenge.....	26
— 17. — Compagnie générale électrique de Nancy et Société des Industries économiques.....	28
— 21. — MM. Robey et C ^e	31
— 22. — MM. Siemens frères et C ^e , de Londres, et MM. Willans et Robinson.....	33
— 23. — MM. Mather et Platt et MM. Galloway et C ^e	35
— 24. — Société « Elektrotechnische Industrie » et MM. Storck frères et C ^e	38
— 32. — Société Siemens et Halske, de Vienne, et MM. F. Ringhofer.....	40
— 39. — Société Alioth et M. Émile Mertz.....	45
— 40. — Société Schuckert et M. Franco Tosi.....	48
— 41. — Société Bacini et M. Franco Tosi.....	50

II

Groupes électrogènes à courants alternatifs en service à l'Exposition

Nomenclature	53
ALTERNATEURS SIMPLES.....	54
Groupe n° 23. — Société Helios et fabrique de machines d'Augsbourg et de Nuremberg.....	54
— 35. — Ateliers d'Oerlikon et MM. Sulzer frères.....	59
ALTERNATEUR DIPHASÉ.....	63
Groupe n° 9. — M. Joseph Farcof	63
ALTERNATEURS TRIPHASÉS	68
Groupe n° 4. — Compagnie de Fives-Lille	68
— 5. — M. A. Grammont et MM. Piguet et C ^e	72
— 7. — Société « l'Éclairage électrique » et MM. Dujardin et C ^e	83
— 11. — Compagnie générale électrique de Nancy et Etablissements Weyher et Richemond.	87
— 12. — Société « Électricité et Hydraulique » et Etablissements Weyher et Richemond.....	91
— 13. — Maison Breguet et MM. Delaunay-Belleville et C ^e	97
— 14. — Compagnie française Thomson-Houston et Société française de constructions méca-	
niques.....	110
— 15. — MM. Schneider et C ^e et MM. Dujardin et C ^e	112
— 27. — Société Siemens et Halske, de Berlin, et M. A. Borsig.....	113

TABLE DES MATIÈRES

Groupe n° 29. — Société Kolben et Cie et Société Carels frères.....	123
— 30. — Société « Électricité et Hydraulique » et Société Bollinekx	125
— 31. — Compagnie internationale d'électricité de Liège et Société Van den Kerchove.....	126
— 33. — Société Ganz de Leobersdorf et Société de construction de Brunn.....	130
— 34. — Société Ganz de Budapest et M. L. Lang.....	131
— 38. — Ateliers d'Oerlikon et Société Escher-Wyss.....	134

III

Groupes électrogènes mixtes en service à l'Exposition

Nomenclature.....	135
Groupe n° 26. — Société Schuckert et fabrique de machines d'Augsbourg et de Nuremberg.....	137
— 28. — Société Lahmeyer et fabrique de machines d'Augsbourg et de Nuremberg.....	143

Tours. — Imprimerie DESTIS FRÈRES, rue Gambetta, 6.