

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

Auteur : Hospitalier, E.

Titre du volume : L'Électricité à l'Exposition de 1900. 3. Générateurs d'énergie électrique

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Électricité ; Générateurs électriques

Description : 1 vol. (88 p.) ; 32 cm

Adresse : Paris : Vve Ch. Dunod, 1902

Cote de l'exemplaire : 4 XAE 68.3

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE68.3>

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. MONTPELLIER

Rédacteur en chef de *l'Électricien*

AVEC LA COLLABORATION

D'INGÉNIEURS ET D'INDUSTRIELS ÉLECTRICIENS

3^e FASCICULE

GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

PAR

J.-A. MONTPELLIER

PARIS

V^{ie} CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

TÉLÉPHONE 147-92

—
1902

L'ÉLECTRICITÉ

A

L'EXPOSITION DE 1900

TROISIÈME PARTIE

GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

CLASSIFICATION

D'après le mode de transformation utilisé pour obtenir l'énergie électrique, les générateurs usuels doivent être classés de la manière suivante :

1° GÉNÉRATEURS MÉCANIQUES, comprenant :

A) Machines d'induction électrostatique ;

B) Machines d'induction électromagnétique.

2° GÉNÉRATEURS THERMIQUES ou piles thermo-électriques ;

3° GÉNÉRATEURS CHIMIQUES ou piles hydro-électriques.

C'est dans cet ordre que vont être étudiés les divers générateurs d'énergie électrique qui ont figuré à l'Exposition.

Générateurs mécaniques. — Les générateurs mécaniques de la première catégorie, c'est-à-dire les machines d'induction électrostatique, ne sont plus guère utilisés aujourd'hui que pour certaines applications spéciales, telles que l'électrothérapie et la radiographie. On se sert principalement de machines d'influence du type Winshurst et plus rarement de machines du type F. Carré.

En ce qui concerne les machines d'induction électromagnétique, comprenant les machines magnéto-électriques et les machines dynamo-électriques, de nombreux modèles figuraient à l'Exposition.

Les machines magnéto-électriques ne sont guère employées actuellement que pour fournir le courant destiné à actionner les sonneries d'appel sur les réseaux téléphoniques et pour la mise à feu des amorces de mines.

Les machines dynamo-électriques peuvent être classées en trois groupes :

1° Dynamos à courant continu ;

2° Dynamos à courant alternatif simple ;

3° Dynamos à courants polyphasés.

Générateurs thermiques. — Les générateurs thermiques sont aujourd'hui presque complètement abandonnés et aucune pile thermo-électrique ne figurait à l'Exposition.

Générateurs chimiques. — Quant aux générateurs chimiques, c'est-à-dire aux piles, leur nombre était assez restreint et les types les plus récents étaient des éléments du genre Leclanché à liquide immobilisé.

MACHINES D'INDUCTION ÉLECTROSTATIQUE

Machine F. Carré. — Les perfectionnements apportés aux machines du type Wimshurst ont fait à peu près complètement abandonner les machines F. Carré, qui sont rarement utilisées en électrothérapie : on ne les construit presque plus aujourd'hui que pour les laboratoires d'enseignement de la physique.

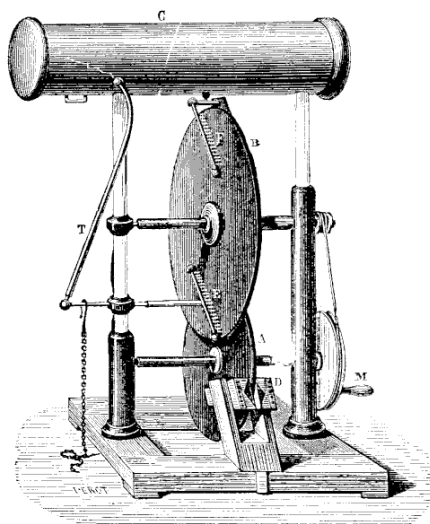


FIG. 1.
Machine d'induction électrostatique de F. Carré.

M. A. Gaiffe, de Paris, avait exposé un modèle de machine Carré que représente la figure 1. Un premier plateau en verre A, actionné par une manivelle M, frotte entre deux coussins D, prend une charge positive et sert d'inducteur. Le second plateau B, en ébonite, tourne entre le plateau A et le peigne E relié à la terre et dont les pointes émettent un flux d'électricité négative destiné à neutraliser la charge du plateau A. Ce flux charge négativement le plateau B et, par suite du mouvement de rotation de ce dernier, cette charge est transportée vis-à-vis du peigne F relié au cylindre C. Le peigne F émet un flux positif qui neutralise la charge du plateau B et le cylindre C est alors chargé négativement. On obtient ainsi une série continue d'étincelles entre le cylindre C et le bras T mobile autour de son point d'attache, ce qui permet

de faire varier la distance qui le sépare du cylindre C.

Une machine F. Carré, de construction analogue, figurait dans l'exposition de M. Ch. Charadin, de Paris.

Machines du type Wimshurst. — Les machines d'induction électrostatique de ce type se composent essentiellement de deux plateaux, en verre ou en ébonite, isolés l'un de l'autre et tournant en sens inverse. Indépendamment des machines à deux plateaux, de nombreux modèles de machines multiples étaient exposés ; ces dernières sont constituées par plusieurs machines, comportant chacune une paire de plateaux, groupées en parallèle et montées sur un même socle.

Dans les machines de M. E. Ducretet, de Paris, les modèles simples (*fig. 2*) ont leurs deux plateaux garnis de secteurs en étain gaufré ; dans les machines multiples (*fig. 3*), deux plateaux seulement sont munis de secteurs, les autres étant nus, disposition qui, tout en assurant l'auto-excitation, donne une plus grande production d'énergie électrique. Les condensateurs, fixés sur la machine, peuvent être rendus indépendants à volonté, les armatures intérieures étant reliées aux collecteurs par des tiges mobiles très faciles à retirer et à remettre ; dans les machines multiples, comportant deux paires de condensateurs, on peut, à volonté, n'en utiliser que le

nombre voulu. Quant aux armatures extérieures, on les relie entre elles à l'aide d'une tige mobile. Grâce à ces dispositions, on peut réaliser toutes les combinaisons désirables.

Lorsqu'on veut utiliser ces machines sans les condensateurs, cas qui se présente souvent dans les applications thérapeutiques, on obtient un flux d'effluves sans la moindre condensation, par suite de la construction même de la machine dans laquelle toutes les parties susceptibles de constituer un condensateur ont des surfaces réduites à leur minimum.

M. Ducretet emploie, pour constituer les plateaux, le verre de préférence à l'ébonite qui, avec le temps, subit des déformations et des modifications qui lui font perdre une partie de ses propriétés isolantes.

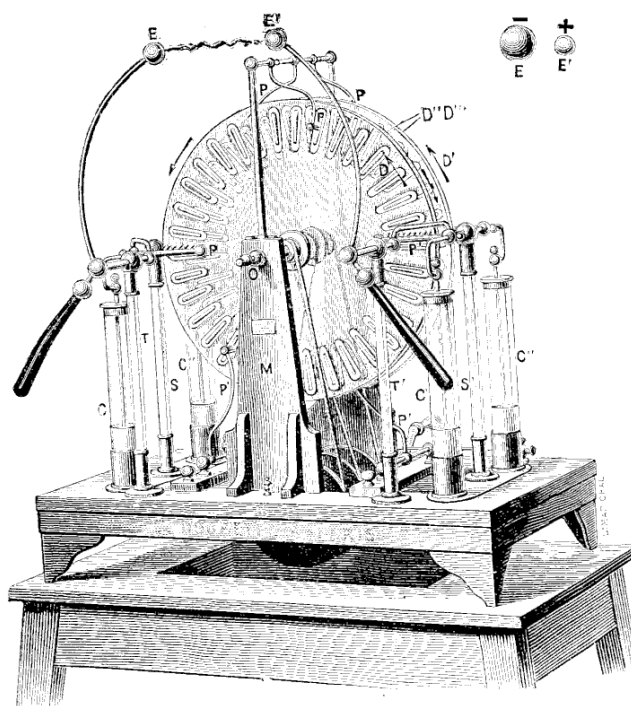


FIG. 2. — Machine d'induction électrostatique, modèle simple de E. Ducretet.

Les conducteurs diamétraux porte-balais devant faire entre eux un angle variant de 60° à 90° , et leur écartement ne pouvant être déterminé, dans la pratique, que par tâtonnements, le constructeur les a rendus mobiles autour de leur axe commun, disposition qui permet un réglage facile; en outre, dans les machines multiples, ces conducteurs diamétraux mobiles sont disposés de telle façon qu'on peut à volonté supprimer leur frottement et, par conséquent, l'action d'une ou de plusieurs paires, ce qui permet de modifier à volonté la puissance de la machine.

Enfin, ces machines ne s'inversent jamais d'elles-mêmes pendant la marche et il est facile de leur donner, avant la marche ou en pleine marche, la polarité voulue, rapidement et en toute certitude.

M. A. Gaiffe, de Paris, présentait de nombreux modèles de machines du genre Wimshurst.

Le modèle simple (*fig. 4*) comporte deux plateaux P, en ébonite ou en verre, montés sur un même axe et tournant en sens inverse l'un de l'autre. Sur chaque plateau, aux extrémités d'un même diamètre, frottent des balais portés par des tiges S. Les tiges porte-balais des deux plateaux sont inclinées l'une sur l'autre d'un angle de 60° environ. L'énergie électrique produite est recueillie par des peignes en U placés aux extrémités d'un même diamètre et de telle façon que les plateaux, en tournant, parcourent moins de 90° pour passer du peigne au balai. On

obtient ainsi sur chacun des peignes une charge de polarité différente qui donne lieu à la production d'étincelles jaillissant entre les boules des collecteurs C, D.

Les plateaux peuvent être munis de secteurs ou non. Les machines munies de secteurs s'amorcent seules ; mais la polarité des peignes varie, lors de la mise en marche, sans qu'il soit possible de remédier à cet inconvénient. Dans les machines dépourvues de secteurs, il faut nécessairement les amorcer en frottant un plateau avec le doigt sec ou couvert d'or mussif. Les machines avec secteurs, une fois mises en marche, ne se désamorcent jamais ; celles sans secteurs

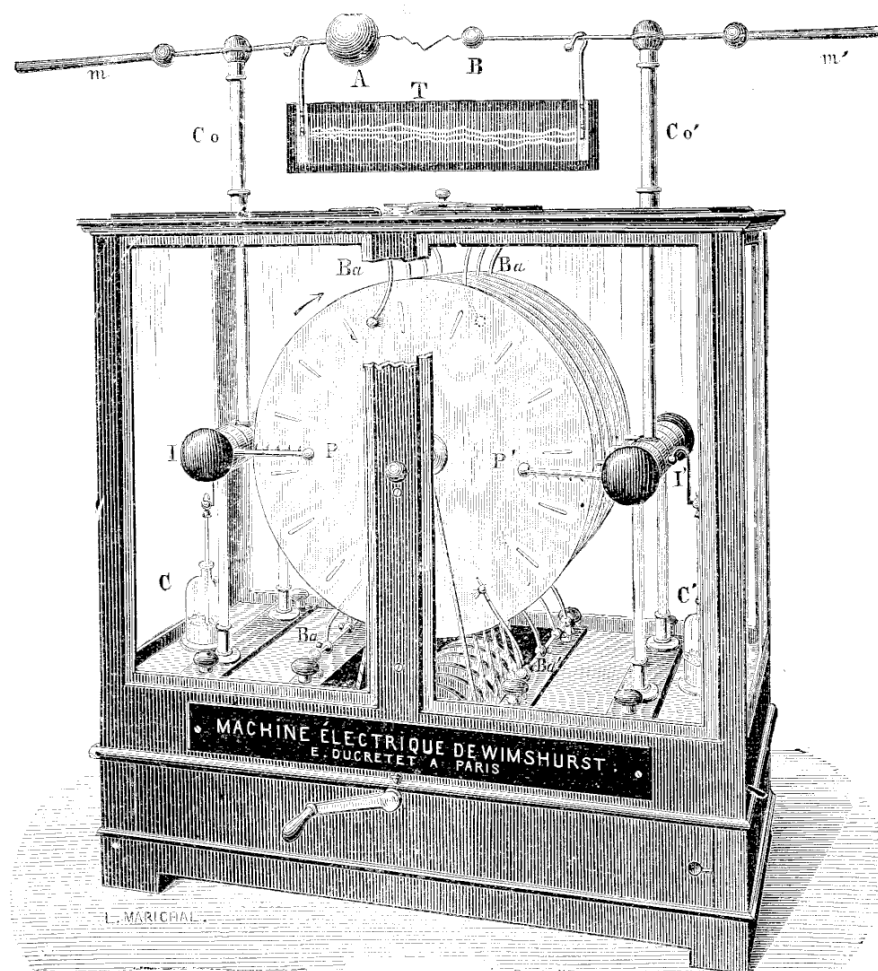


FIG. 3. — Machine d'induction électrostatique, modèle multiple de E. Ducretet.

se désamorcent quelquefois lorsqu'on met les collecteurs C, D en court-circuit. Malgré l'inconvénient que présentent ces dernières, elles sont préférables aux autres parce qu'elles débitent davantage.

Un autre modèle de machine (fig. 5), du type Wimshurst modifié, est également construit par M. Gaiffe : les peignes collecteurs sont pourvus chacun d'un gros cylindre porté par deux pieds isolants. Ces machines peuvent être mues à la main ou actionnées par un petit moteur électrique à courant continu fonctionnant sous 12, 16, 110 ou 220 volts ou encore par un moteur à courant alternatif.

Pour obtenir de grands débits, M. A. Gaiffe a établi plusieurs modèles de machines multiples dont la figure 6 montre la disposition d'ensemble.

En employant des plateaux de diamètre moyen, 45 et 55 cm, et en nombre suffisant, 4, 6, 8 ou 10 suivant la puissance des machines, on obtient des surfaces actives considérables. De plus,

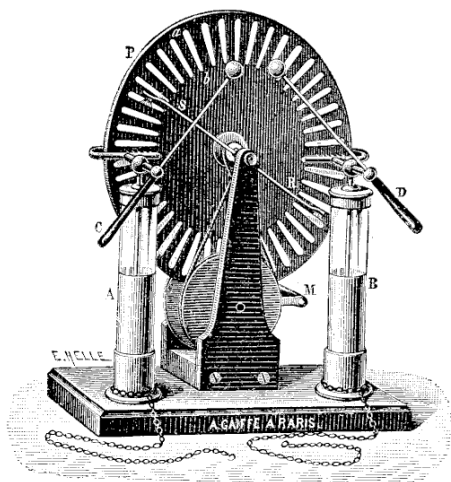


FIG. 4. — Machine d'induction électrostatique, modèle simple de A. GaiFFE.

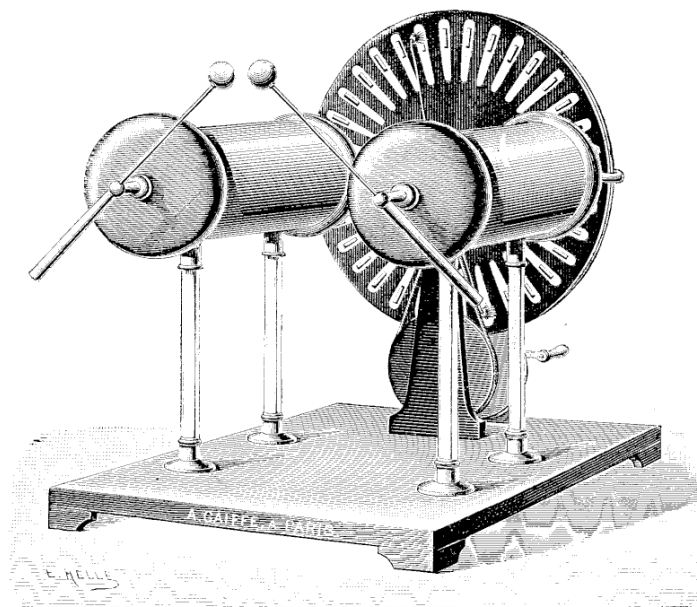


FIG. 5. — Machine d'induction électrostatique, modèle A. GaiFFE, avec collecteurs cylindriques.

la vitesse angulaire de ces plateaux peut être portée à 900 t : m sans inconvénient. Dans ces conditions, il est indispensable qu'elles soient actionnées par un petit moteur électrique.

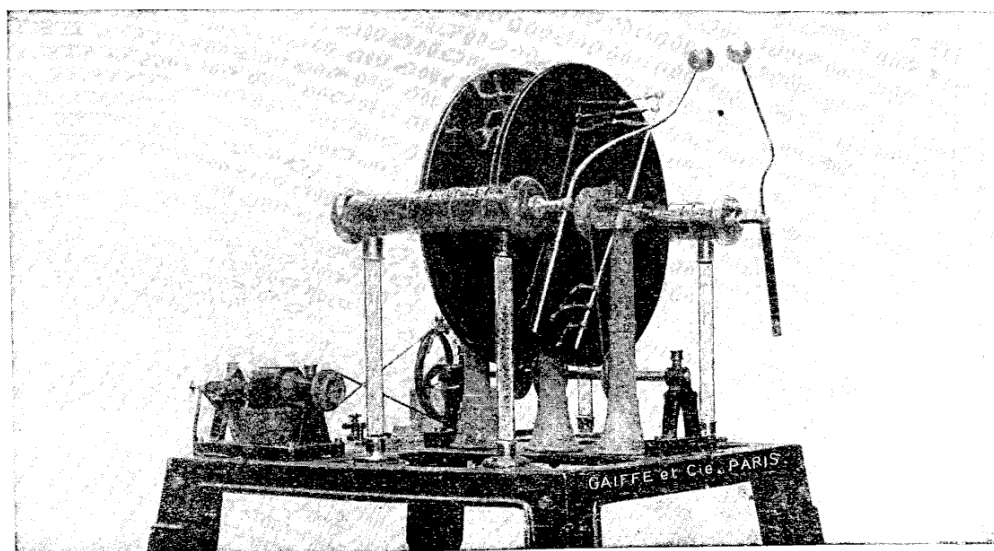


FIG. 6. — Machine d'induction électrostatique, modèle multiple de A. GaiFFE.

Ce type de machine est facilement démontable, consomme peu d'énergie pour son fonctionnement et est d'une grande solidité. Chacune des paires de plateaux est absolument indé-

pendante et on peut les démonter successivement pour procéder au nettoyage de la machine. Comme on le voit sur la figure 7, chaque paire de plateaux est montée sur un arbre spécial,

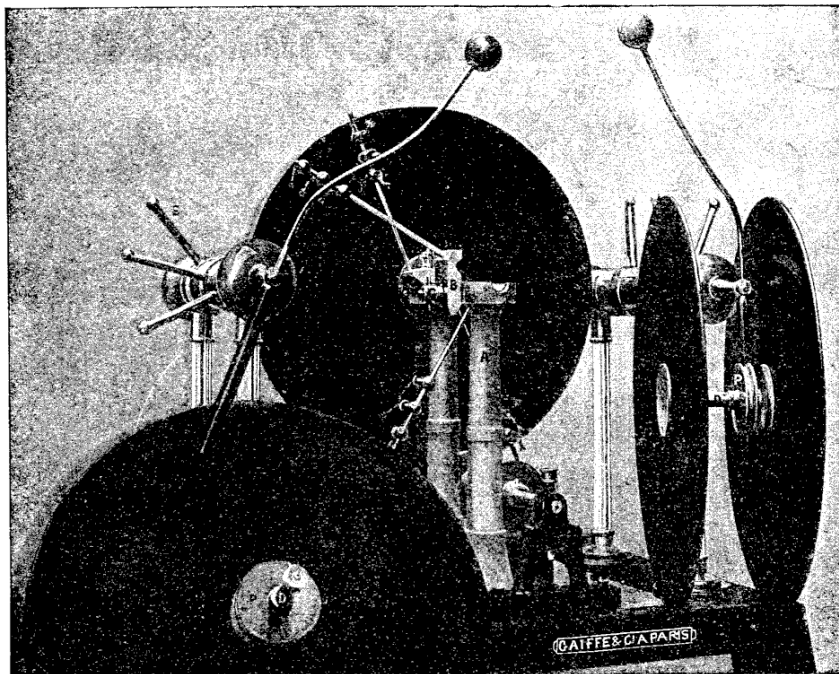


FIG. 7. — Machine multiple de A. Gaiffe, démontée.

muni d'une poulie d'entraînement P; cet arbre se place au sommet d'une colonne métallique A entre deux mâchoires B. Les porte-balais, fixés sur les colonnes, sont absolument rigides; les

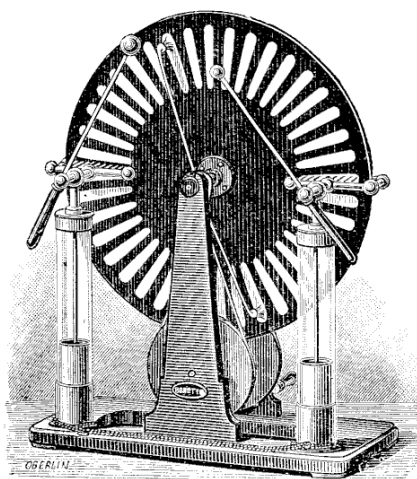


FIG. 8. — Machine d'induction électrostatique, modèle Bonetti avec secteurs.

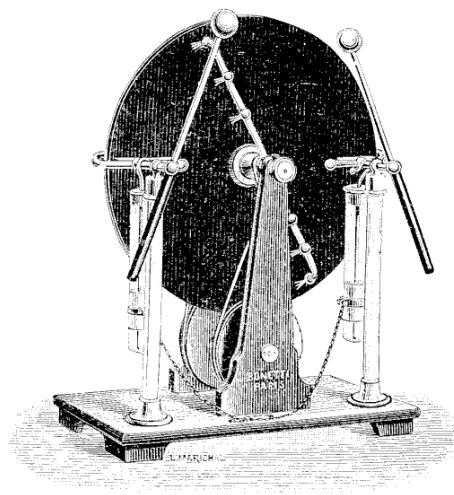


FIG. 9. — Machine d'induction électrostatique, modèle Bonetti sans secteurs.

porte-peignes E, mobiles autour des collecteurs de la machine, peuvent être facilement écartés lorsqu'on veut enlever les plateaux. Les faces rapprochées des plateaux consécutifs tournant en

sens inverse ne peuvent jamais se graisser, car elles se trouvent du côté opposé aux paliers ; les faces opposées seules pourraient recevoir un peu d'huile, mais elles sont facilement accessibles et on peut les nettoyer sans démonter la machine. Les poulies d'entraînement P ont le même diamètre que les supports des plateaux, ce qui donne une grande surface d'entraînement aux courroies et permet de ne pas trop les tendre, d'où une économie de force motrice. Dans ces conditions, une machine à six plateaux de 55 cm n'exige que 12 kilogrammètres à une vitesse angulaire de 900 t : m.

Toute la machine, y compris le moteur électrique et ses appareils de manœuvre, est montée sur un socle en fonte.

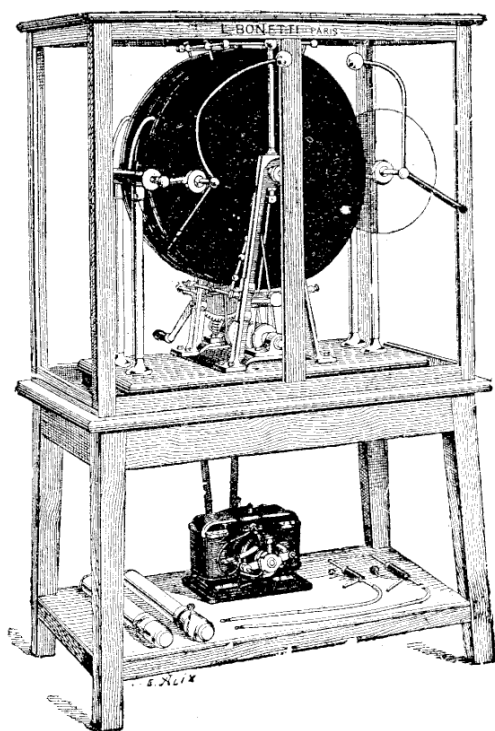


FIG. 10. — Machine d'induction électrostatique Bonetti à six plateaux.

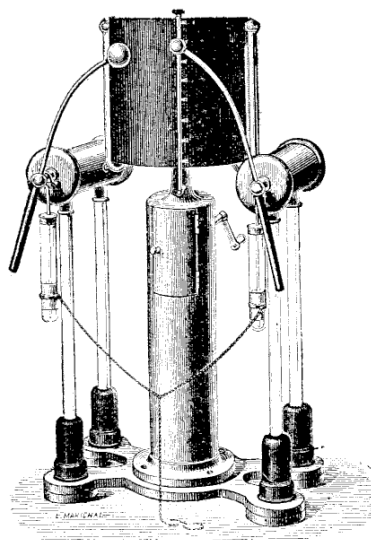


FIG. 11. — Machine d'induction électrostatique Bonetti, avec cylindres d'ébonite.

Les plateaux sont en ébonite, car il serait imprudent de faire tourner des plateaux en verre à une vitesse angulaire aussi grande que 900 t : m. Comme les plateaux d'ébonite sont suffisamment épais, ils se gondolent difficilement.

Pour la radiographie, ces machines sont munies d'excitateurs spéciaux permettant de régler la tension. Ces excitateurs sont montés sur une colonne identique à celles qui supportent les plateaux et placée sur le devant de la machine. On peut enlever facilement les excitateurs lorsqu'on veut utiliser la machine pour l'électrothérapie.

M. Bonetti, de Paris, qui s'est fait une spécialité de la construction des machines d'influence du type Wimshurst, avait exposé de nombreux modèles, parmi lesquels nous citerons :

1° La machine simple (fig. 8), avec plateaux en ébonite ou en verre munis de secteurs, et dans laquelle les condensateurs servent de support aux peignes et aux excitateurs ;

2° La machine simple (fig. 9), mais sans secteurs. Dans ce modèle, les condensateurs sont mobiles ;

3° La machine à six plateaux de 55 cm de diamètre (fig. 10) : les plateaux sont en ébonite et dépourvus de secteurs. Elle a été étudiée en vue des applications radioscopiques et peut

fonctionner à la vitesse angulaire de 800 à 1 000 t : m. Un dispositif spécial permet d'enlever facilement de leurs supports les six plateaux et l'arbre qui les porte. Deux vis, munies de contre-écrous, servent à donner aux courroies la tension voulue, même pendant la marche. Lorsque, pour une raison quelconque, le moteur électrique qui actionne la machine ne peut pas fonctionner, on utilise la commande à la main en se servant de la manivelle qui actionne un train spécial d'engrenages permettant d'obtenir la même vitesse angulaire :

4° La machine à deux cylindres concentriques en ébonite (*fig. 11*), de 50 cm de hauteur et de 50 cm de diamètre, montés sur un bâti métallique, donne un grand débit par suite de la grande surface des cylindres. Tous les organes de transmission sont renfermés à l'intérieur du bâti et, par conséquent, bien abrités ; la suppression des courroies d'entraînement rend l'entretien de cette machine des plus faciles :

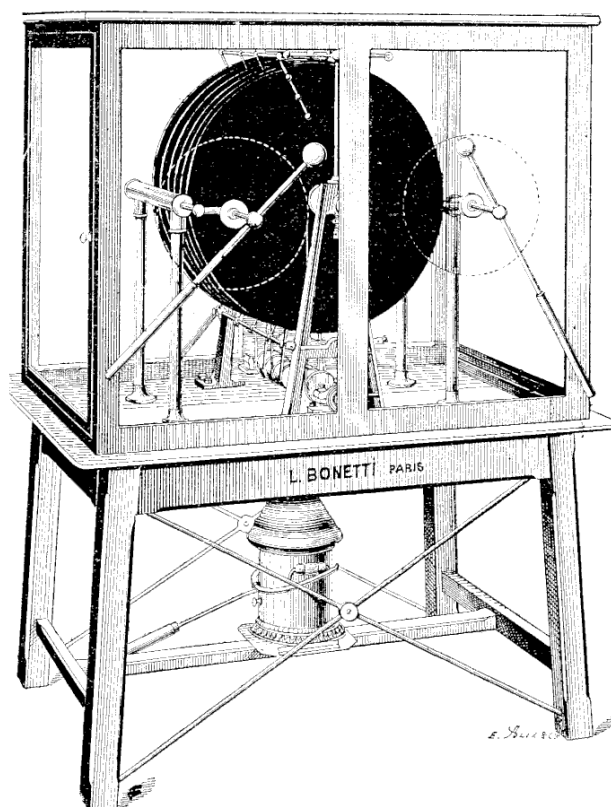


FIG. 12. — Machine d'induction électrostatique Bonetti à douze plateaux.

5° La machine à douze plateaux de 55 cm de diamètre (*fig. 12*) comporte des plateaux en ébonite dépourvus de secteurs. Elle fonctionne à une vitesse angulaire de 800 à 1 000 t : m.

Cette machine est montée sur un socle en fonte porté par quatre pieds en chêne solidement entretoisés. Les montants qui supportent les arbres sont en fonte ; le graissage de l'arbre inférieur est assuré au moyen de bagues qui ne demandent presque aucun soin. Quant au graissage des douilles qui portent les plateaux, il se fait avec de la vaseline et un dispositif spécial sert à le régler très facilement, même pendant la marche. Un appareil de chauffage, disposé sous la table, permet de sécher l'air de la cage qui recouvre la machine et assure un bon fonctionnement par tous les temps.

Des machines du type Wimshurst étaient également exposées par MM. Rebeyrotte et Cie, de Paris, et MM. L. et A. Boulade, de Lyon.

MACHINES MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES

Les machines magnéto-électriques ne sont plus guère utilisées, actuellement, que pour actionner les sonneries d'appel des installations téléphoniques, pour l'inflammation du mélange gazeux des moteurs à gaz et à pétrole et aussi pour provoquer l'explosion des amorces de mines.

Machines magnéto-électriques pour appels téléphoniques. — La plupart des maisons ayant exposé des appareils téléphoniques construisent des magnétos d'appel. Tous ces appareils magnétiques sont en principe constitués par un induit en navette, genre Siemens, et par des inducteurs formés de plusieurs aimants en fer à cheval entre les pôles desquels tourne l'induit actionné à la main à l'aide d'une manivelle; afin d'imprimer à l'induit la vitesse angulaire nécessaire, l'axe portant la manivelle est muni d'une roue dentée qui engrène avec un pignon disposé sur l'axe de l'induit.

Les magnétos d'appel employées en téléphonie et exposées par les divers constructeurs français et étrangers ne diffèrent entre elles que par quelques détails de construction. Nous nous bornerons, par conséquent, à décrire les principaux types.

L'appel magnétique, exposé par MM. Aboillard et C^{ie}, est à courant alternatif. Il comporte, comme inducteur, trois aimants en fer à cheval A, A', A'' (fig. 13), munis de pièces polaires en fonte entre lesquelles tourne l'induit, formé par un noyau en fer BCDE, dont la figure 14 montre les détails. L'enroulement en navette de l'induit a environ 500 ohms de résistance; les extrémités de cet enroulement sont fixées à deux chevilles métalliques, dont l'une, *a*, communique directement par une des flasques avec la masse métallique de l'appareil, tandis que l'autre, *b*, est reliée à une pièce *d*, rapportée sur l'axe et isolée de la masse par une rondelle en ébonite *e*. Par conséquent, l'induit communique, d'une part, avec la masse, de l'autre, avec la partie centrale *d* de l'axe, isolée de la masse.

L'extrémité de droite de l'axe de l'induit est munie d'un pignon *p* engrenant avec la roue dentée P montée sur un second axe muni d'une manivelle M.

L'axe de la manivelle est supporté en F et F' sur les flasques de l'appareil; un ressort en boudin R tend à le pousser vers la gauche. La roue dentée P est folle et porte sur son moyen une encoche dans laquelle s'engage un doigt fixé sur l'axe; sous l'action du ressort R, ce doigt est poussé jusqu'au fond de l'encoche: c'est la position de repos. Lorsqu'on actionne la manivelle,

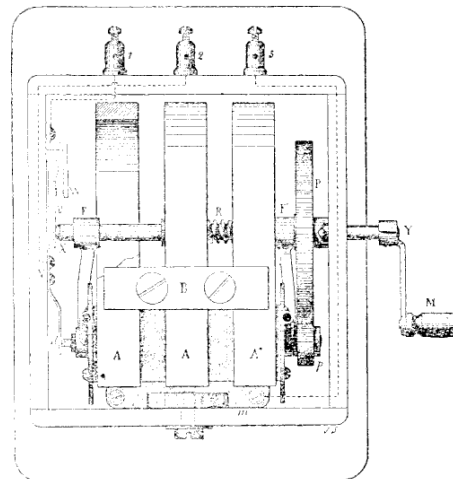


FIG. 13. — Appel magnétique Aboillard et C^{ie}.

le doigt avance sur la partie déclive de l'encoche; ce n'est que lorsqu'il arrive sur le bord de droite que la roue P est entraînée. L'axe s'est alors déplacé vers la droite d'une longueur égale à la profondeur de l'encoche; il est maintenu dans cette position pendant tout le temps que la manivelle est actionnée. Dès que la main abandonne la manivelle, le ressort R ramène le doigt au fond de l'encoche. C'est cette disposition qui provoque le jeu du commutateur.

L'extrémité de l'axe de la manivelle XY est appuyée au repos sur un ressort U (fig. 13) fixé à la boîte de l'appareil en V; l'extrémité inférieure de ce ressort appuie, en *d*, sur le bout de l'axe de l'induit. Lorsque l'axe XY est entraîné par la manivelle, il abandonne le ressort U qui se détend et vient buter contre le contact W; mais le ressort ne cesse pas d'appuyer contre l'extrémité de gauche de l'axe de l'induit.

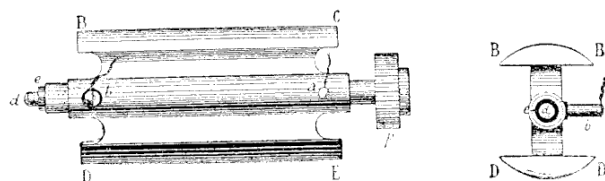


FIG. 14. — Appel magnétique Aboilard et C^{ie}. Détails de l'induit.

Trois bornes, marquées 1, 2 et 3, sont fixées sur la boîte de l'appareil. La borne 1 est reliée au contact W, la borne 2 au ressort U et la borne 3 à la masse de l'appareil.

Lorsqu'on fait tourner l'induit, les courants produits passent en *d* par le ressort U, les bornes 1 et 2, réunies par le contact W, communiquent avec la ligne et le circuit se ferme par le fil de retour relié à la borne 3 en communication avec la masse de l'appareil à laquelle est reliée également l'autre extrémité de l'enroulement induit.

Lorsque l'appel est au repos, les courants venant de la ligne circulent entre les bornes 2 et 3 par l'intermédiaire de la masse.

Dans ces conditions, les courants d'arrivée trouvent un circuit sans résistance, à travers la masse, et les courants émis ne peuvent actionner la sonnerie du poste de départ qui se trouve en court-circuit entre les bornes 1 et 2.

Les appareils magnétiques exposés par la Société industrielle des Téléphones sont ou à courant alternatif ou à courants redressés.

L'inducteur et l'induit ne diffèrent pas sensiblement du modèle précédent.

Dans un des modèles, l'entraînement de l'axe de l'induit a lieu par friction. L'axe de la manivelle porte un plateau en laiton dont la tranche est engagée entre deux ressorts formant une sorte de pignon à l'extrémité de l'arbre de l'induit. Ces deux ressorts pincement la tranche du plateau qui les entraîne lorsqu'on tourne la manivelle, déterminant ainsi la rotation de l'induit.

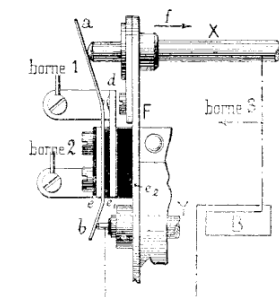


FIG. 15. — Commutateur de l'appel magnétique à courant alternatif de la Société industrielle des Téléphones.

Dans un autre modèle, l'entraînement est produit par l'engrenage d'une roue dentée avec un pignon. Le commutateur est placé sur l'une des flasques E (fig. 15) qui supportent l'axe X de la manivelle et l'axe Y de l'induit. Ce commutateur se compose d'un ressort *ab* qui, par son extrémité *b*, s'appuie en permanence sur un téton qui fait corps avec l'axe Y, bien qu'il en soit isolé, et qui est en relation avec l'entrée du fil de l'induit. L'autre extrémité *a* du ressort *ab* prend son point d'appui sur l'axe X de la manivelle lorsque l'appareil est au repos; la sortie du fil de l'induit est reliée à cet axe.

Les trois bornes de l'appareil sont en relation : borne 1, avec une pièce métallique *d* isolée

du ressort ab et de la flasque F par les lames d'ébonite e, e_1, e_2 ; borne 2, avec le ressort ab ; borne 3, avec l'axe X .

La roue dentée, folle sur l'axe X , engrène le pignon qui termine l'axe Y de l'induit. Cette roue est entraînée par une tête de vis montée sur l'axe X et qui s'engage dans une entaille oblique pratiquée dans le moyeu de la roue dentée. Lorsque cette roue dentée est mise en mouvement, l'axe X est décalé de gauche à droite, dans le sens de la flèche f ; il abandonne le ressort a qui, par son élasticité, vient s'appuyer sur la pièce d . Il en résulte que, au repos, les courants, venant de l'extérieur et pénétrant par la borne 3, passent par Xa et ressortent par la borne 2; la borne 1 est isolée et la bobine B est en court-circuit entre les bornes 3 et 2.

Lorsque l'appel magnétique est en marche, les courants induits, développés dans l'induit, passent directement, d'un côté par la borne 3, de l'autre par les bornes 1 et 2 réunies, car le ressort ab ne touche plus l'axe X , mais a pris contact avec la pièce d .

Dans l'appel magnétique à courants redressés, une pièce fixe A (fig. 16) porte les balais métalliques D, D_1 , reliés respectivement aux deux bornes de l'appareil et isolés de la pièce A . Cette dernière est traversée en son milieu par l'axe de l'induit terminé par une calotte en ébonite E ; sur cette calotte sont fixées deux lames métalliques a et a_1 , isolées l'une de l'autre et auxquelles aboutissent respectivement les deux extrémités de l'induit B .

L'appel magnétique Ducousso, exposé par la Société des établissements Postel-Vinay, comporte, comme les précédents, trois aimants en fer en cheval servant d'inducteur avec un induit genre Siemens; mais l'axe de la manivelle (fig. 17) n'a plus d'action sur le commutateur et la roue dentée a pour unique objet d'entraîner le pignon P de l'arbre YY_1 de l'induit. Cet arbre est en trois pièces : un axe central yy_1 , en

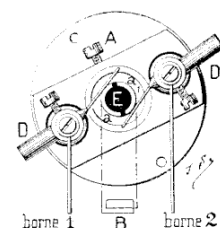


Fig. 16. — Collecteur de l'appel magnétique à courants redressés de la Société industrielle des Téléphones.

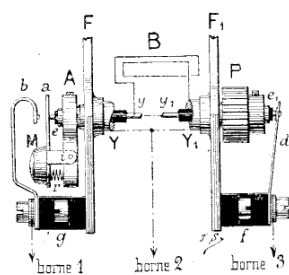


Fig. 17. — Commutateur de l'appel magnétique Ducousso.

fer, un manchon d'ébonite ee_1 , une enveloppe en fer YY_1 . L'enroulement de la bobine B est attaché d'un côté à yy_1 , de l'autre à YY_1 . Sur l'axe YY_1 , en dehors de la flasque F , est calé un équipage à force centrifuge A . Sur la pièce fixe A est articulée une masselotte de plomb M , rivée sur le ressort a ; la jonction avec la pièce A se fait au moyen de goupilles i servant de pivots à la masse M et à l'aide du ressort r qui maintient le ressort a appliqué sur la pointe de l'axe yy_1 . En regard de ce système, un ressort recourbé b est isolé du massif par le bloc d'ébonite y et communique avec la borne 1. Un autre ressort d est également isolé du massif par le bloc d'ébonite f et communique avec la borne 3; ce ressort est en relation constante avec l'axe yy_1 . La borne 2 est reliée à l'axe YY_1 . Dans cette position, on voit que la borne 1 est isolée, mais que les bornes 2 et 3 sont réunies directement par les axes yy_1, YY_1 et que l'induit B est en court-circuit entre ces deux bornes; c'est la position de repos telle que celle rencontrée dans les appareils précédents.

Lorsque la manivelle fait tourner le pignon P et l'axe de l'induit, la pièce A tourne également. La force centrifuge, agissant sur la partie mobile M de cette pièce, oblige le ressort a à abandonner l'axe yy_1 et à se porter dans la direction du ressort b qu'il rencontre. A ce moment, les bornes 1 et 2 sont réunies et les courants engendrés dans l'induit B , par sa rotation en regard des pôles des aimants, passent par yy_1 et d vers la borne 3 et par YY_1, A, i, r, M, a, b vers les bornes 1 et 2.

De nombreux modèles d'appels magnétiques pour téléphonie étaient exposés par la Société Siemens et Halske, de Berlin; Deckert et Homolka, de Vienne (Autriche); la Western Electric Company, de Chicago; la Société par actions du bureau électrique de Christiania; Erikson, de Saint-Petersbourg, etc., etc.

Machines magnéto-électriques pour l'inflammation des mines. — Un certain nombre de magnétos appartenant à cette catégorie étaient exposées par M. Ducretet, entre autres une machine magnéto-électrique de Gramme et un exploseur rotatif, du poids de 4 kg, pouvant faire exploser trois amorces montées en tension. Cet exploseur rotatif est constitué par un inducteur composé de six aimants en fer à cheval et par un induit en navette mis en mouvement, à l'aide d'une manivelle, par l'intermédiaire d'une roue dentée et d'un pignon.

La Société Siemens et Halske, de Berlin, avait également exposé une magnéto pour explosion des amorces de mines dont l'inducteur est formé, suivant le modèle, de deux ou de trois aimants. Ces magnétos sont munies d'un commutateur qui permet de ne mettre la canalisation des amorces dans le circuit que lorsque l'induit a atteint la vitesse voulue, car, si le courant augmentait peu à peu d'intensité, les amorces les plus sensibles partiraient les premières et, le circuit étant alors interrompu, les autres amorces ne fonctionneraient pas.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES A COURANT CONTINU

Indépendamment des groupes électrogènes à courant continu qui ont fonctionné à l'Exposition pour fournir l'énergie électrique aux divers services, groupes qui ont été décrits en détail dans la deuxième partie de cet ouvrage, les divers constructeurs avaient exposé un grand nombre de machines qui vont être décrites sommairement, une étude complète exigeant des développements qui dépasseraient le cadre de cette revue.

Nous renvoyons les lecteurs qui désireraient des détails complets sur ces machines à l'ouvrage qui a été publié récemment par M. Guilbert ¹.

Maison Breguet. — Les dynamos de faible puissance construites par cette Société et destinées à fonctionner soit comme génératrices, soit comme réceptrices, sont bipolaires, du type cuirassé et avec enveloppe hermétique ou munie d'ouvertures de ventilation suivant les applications.

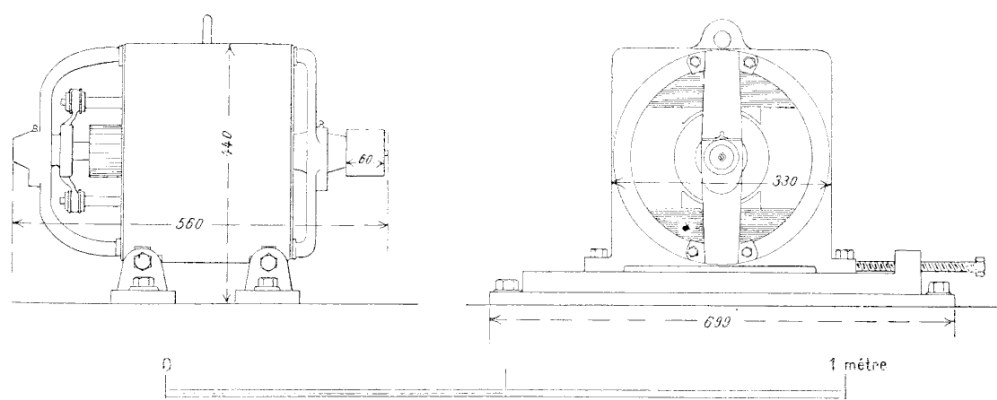


FIG. 18. — Dynamo Breguet, type II de 0.9 kw.

La figure 18 montre les détails de construction d'une dynamo de 0.9 kw, et la figure 19, ceux d'une dynamo de 11 kw, appartenant à la même série désignée par la lettre II.

Les inducteurs bipolaires ont une carcasse en acier coulé avec pièces polaires, de même métal, venues de fonte et situées dans un plan vertical.

L'induit est lisse avec noyau feuilleté et bobinage en tambour. Les balais sont en charbon et à calage invariable, quel que soit le débit.

Les paliers, supportés par un croisillon ou par une traverse, sont solidement assujettis à la

1. *Les Générateurs d'électricité à l'Exposition universelle de 1900*, par C.-E. GUILBERT. Un volume de 768 pages avec 20 tableaux et 613 figures et plans.

culasse. La fermeture étanche de ces machines est obtenue par l'emploi de calottes venues de fonte avec les paliers et boulonnées sur la culasse.

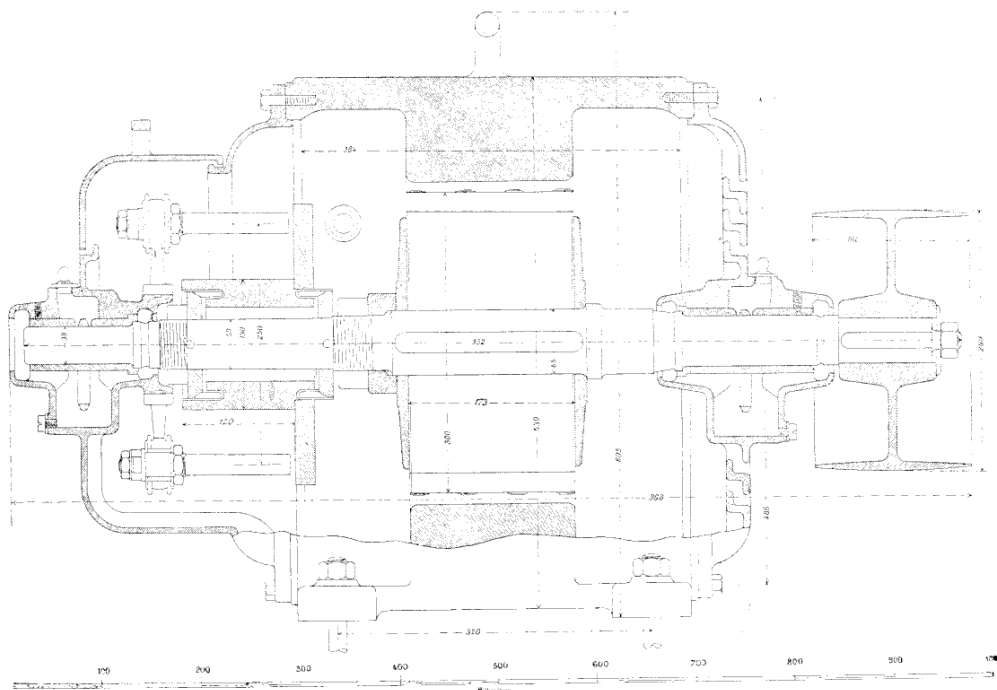


FIG. 19. — Dynamo Breguet, type II de 11 kw.

Le tableau ci-après fait connaître les constantes principales des diverses machines de cette série II.

TYPE	NOMBRE de TOURS	GÉNÉRATRICE		RENDEMENT POUR CENT	DIMENSIONS DE LA POULIE		POIDS EN KG.
		Intensité sous 110 à 120 volts	Puissance absorbée approximativement		Diamètre	Largeur	
			Chevaux		mm	mm	
9 II	2 000	8	2	68	70	60	120
16 II	1 800	14	3	72	90	80	160
27 II	1 600	24	5	76	120	90	250
40 II	1 500	36	7,3	80	150	100	380
53 II	1 400	47	9,3	82	170	110	460
68 II	1 300	60	11	83,5	195	120	520
90 II	1 200	80	14,5	85	225	140	540
110 II	1 100	100	18	86,5	260	160	580
150 II	1 050	130	24	88	280	180	650

Les données relatives à la dynamo de 0,9 kw (fig. 18) sont les suivantes :

Induit :

Diamètre extérieur des tôles	130 mm
— intérieur —	88 —
Largeur du paquet de tôles	70 —
Épaisseur des tôles	0,5 —
Section du noyau de l'induit	14,7 cm ²

Nombre de sections de l'enroulement induit	40
— de spires par section	12
— de fils à la périphérie	480
Diamètre du fil de l'induit	1 mm
Nombre de lames du collecteur	40
Diamètre du collecteur	80 mm

Inducteur :

Dimensions extérieures de la culasse	330 × 330 mm
Arc polaire	90°
Nombre de pôles	2
— de spires par électro-fil de 1,2 mm	1 913
Alésage polaire	144 mm

Comme génératrice, cette dynamo peut débiter 8 ampères sous 110-120 volts à la vitesse angulaire de 2 000 t : m.

La dynamo de 11 kw (*fig. 19*) du même type, pouvant fournir 50 ampères sous 240 volts à la vitesse angulaire de 1 400 t : m, est cuirassée, mais non hermétique, la calotte, du côté de la poulie, étant munie d'ouvertures en forme de persiennes; du côté du collecteur, des ouvertures munies de portes permettent l'accès des balais. Les principales données de construction de cette dynamo sont les suivantes :

Induit :

Diamètre extérieur des tôles	300 mm
— intérieur —	65 —
Épaisseur des tôles	0,3 —
Largeur du noyau	170 —
Nombre de sections de l'induit	48
— de spires par section (fil de 3 mm)	4
— de lames du collecteur	48
Diamètre du collecteur	130 mm
Largeur du collecteur	120 —

Inducteur :

Nombre de pôles	2
Arc polaire	90°
Dimensions extérieures de la culasse	331 × 414 mm
Nombre de spires par électro-fil de 1,2 mm	2 700

Les rendements de cette dynamo à pleine charge sont élevés, puisque celui de la machine de 15 kw, en particulier, atteint 88 0 0.

La maison Breguet avait également exposé des dynamos multipolaires de la série qu'ils désignent par la lettre K et dont la puissance en kilowatts est indiquée, dans le tableau ci-après, par le nombre précédant l'indice K.

TYPE	NOMBRE DE TOURS par minute	GÉNÉRATRICE		NOMBRE de PÔLES	RENDEMENT en pour cent	DIMENSIONS		POIDS
		Intensité sous 110 à 120 volts	Puissance absorbée approximativement			Diamètre	Largeur	
			Chevaux			mm	mm	
A deux paires	20 K	900	31	1	87	340	210	700
	30 K	860	46,5	1	88	400	300	1 000
	40 K	700	61	1	89	480	320	1 600
	50 K	625	75	1	90	550	350	2 200
	66 K	550	100	4	90	700	400	2 900
A trois paires	80 K	450	121	6	90	880	450	3 500
	100 K	400	151	6	91	1 050	550	4 200
	132 K	350	197	8	91	1 200	580	6 300
	165 K	330	242	8	91	1 350	700	7 600
	200 K	290	294	8	92	1 550	810	9 800
	230 K	240	340	10	92	1 750	950	12 500

L'inducteur de ces machines est constitué par une couronne en acier coulé portant intérieurement des pôles radiaux venus de fonte avec la couronne; cette dernière est en deux pièces réunies par des boulons. Les noyaux des bobines inductrices sont ronds et munis de trois fentes radiales qui ont pour objet d'augmenter la réluctance du circuit magnétique emprunté par le flux de réaction d'induit.

L'induit a son enroulement en tambour formé de barres et est du type ondulé ou bouclé en série, en parallèle ou en série parallèle. Le collecteur est formé de lames de cuivre dur, isolées au mica, et les balais sont en charbon. La position des balais est invariable, quel que soit le débit de la machine qui fonctionne sans étincelles.

Trois dynamos de cette série figuraient à l'Exposition : une de 20 kw, une de 40 kw et une de 80 kw; cette dernière accouplée directement à un moteur du type pilon, construit également par la maison Breguet.

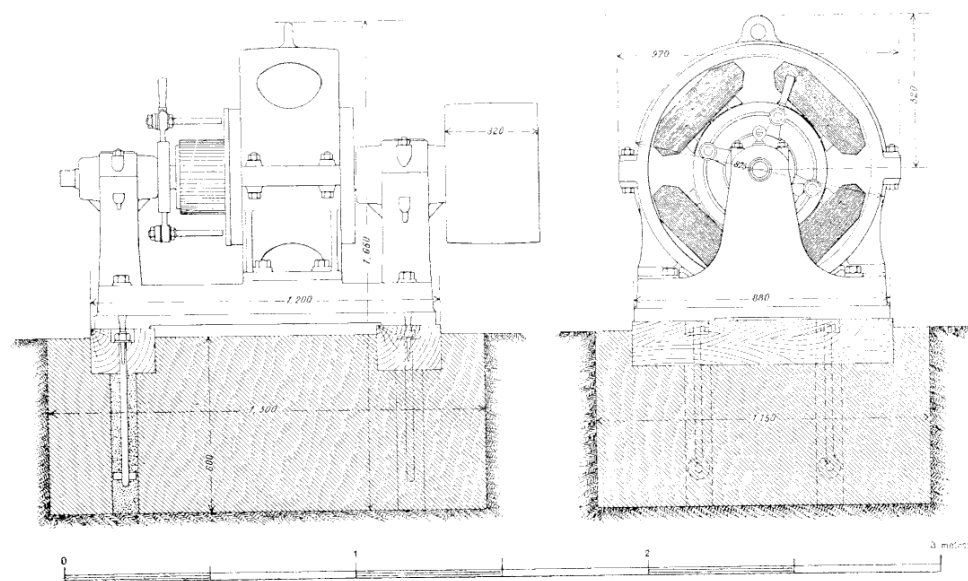


FIG. 20. — Dynamo Breguet, type K de 40 kw.

Dans les machines de la série K, la plaque de fondation, évidée en son milieu, porte les paliers venus de fonte; ces paliers sont au nombre de deux dans les dynamos de 20 à 100 kw et de trois dans celles dont la puissance est de 132 à 240 kw.

La dynamo de 20 kw sous 110 volts, à la vitesse angulaire de 900 t : m, a les tôles du noyau de l'induit montées sur un croisillon en fonte; ce noyau a 340 mm de diamètre extérieur, 140 mm de diamètre intérieur; les tôles ont 0,5 mm d'épaisseur. L'enroulement en tambour est du type ondulé en quantité. Les noyaux des bobines inductrices sont venus de fonte avec la couronne et, une fois les bobines mises en place, on visse les épanouissements polaires.

Les principales données de la dynamo de 40 kw (*fig. 20*) sont les suivantes :

Induit :

Diamètre extérieur des tôles	460 mm
— intérieur —	220 —
Largeur du noyau	260 —
Épaisseur des tôles	0,5 —
Entailles ouvertes de 38 mm de profondeur sur 8 mm de largeur, nombre	60
Barres de cuivre de 16 mm \times 2 mm, nombre	240
Nombre de barres par entaille	4
— de lames du collecteur	60

Diamètre du collecteur	250 mm
Largeur du collecteur	130 —
Vitesse tangentielle de l'induit	17 m : seconde
Vitesse angulaire	700 t : m

Inducteur :

Nombre de pôles ronds de 24 cm de diamètre	4
Alésage polaire	472 mm
Entrefer	6
Arc polaire	60°
Nombre de spires par électro (fil de 2,4 mm)	830

Le groupe électrogène de 80 kw comporte une dynamo de la série K fonctionnant à vitesse réduite et un moteur à vapeur compound type pilon pouvant développer 130 chevaux à la vitesse angulaire de 350 t : m.

Les tiroirs de distribution des deux cylindres, haute et basse pression, sont cylindriques et la course des pistons est de 200 mm.

Le moteur commande la dynamo par l'intermédiaire d'un plateau d'accouplement élastique.

La dynamo fournit normalement 800 ampères sous 82 volts et, en surcharge, 1 000 ampères sous 83 volts.

Les dimensions d'encombrement de ce groupe électrogène très employé dans la marine sont les suivantes :

Longueur	3,38 m
Largeur	1,19 m
Hauteur	1,90 m

L'induit a un noyau en tôles de 780 mm de diamètre extérieur, de 540 mm de diamètre intérieur et de 280 mm de largeur. Il porte 84 entailles de 10 mm de largeur et de 42 mm de profondeur; chaque entaille contient 4 barres de cuivre de 18 mm \times 3 mm et l'enroulement est du type en tambour ondulé en parallèle. Le collecteur comporte 84 lames.

L'inducteur a six pôles ronds de 456 mm² de section avec trois fentes radiales de 20 mm destinées à diminuer la réaction d'induit. Chaque bobine inductrice a 474 spires en fil de 3,5 mm. Les six électros sont groupés par trois en deux séries parallèles. L'entrefer est de 7 mm et l'alésage polaire de 794 mm.

L'inducteur a, en outre, un enroulement série qui le rend hypercompound.

Le régulateur centrifuge du moteur à vapeur est muni d'un isochronisateur électrique qui mérite d'être signalé.

Le régulateur à force centrifuge a ses masses *M* (fig. 21) disposées dans le volant du moteur. Le manchon du régulateur agit par le levier *L* sur la soupape équilibrée *S* qui sert à faire varier la pression de la vapeur à l'admission. A l'action du régulateur est opposée celle d'un ressort en boudin *R* que l'on peut tendre plus ou moins en agissant sur le volant *V*. Dans le moteur exposé, la vitesse angulaire à vide est réglée à 350 t : m; à pleine charge, si on abandonne le régulateur à lui-même, la vitesse diminue et se maintient à 330 t : m. On peut ramener la vitesse à 350 t : m, tout en conservant la stabilité donnée par le régulateur pour 330 t : m, en exerçant sur le levier *L* un effort additionnel indépendant du régulateur. On peut y arriver en agissant à la main sur le volant *V* et en faisant aussi varier la tension du ressort *R*. L'isochronisateur électrique se compose simplement d'un solénoïde dont le noyau, attelé directement sur le levier *L*, agit sur celui-ci et complète automatiquement l'action du régulateur.

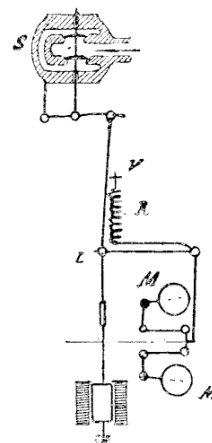


FIG. 21. — Régulateur du moteur à vapeur Breguet.

La maison Breguet avait également exposé une dynamo à tension différentielle du système E. Lanhoffner.

On sait que la tension disponible aux bornes d'une dynamo à courant continu n'est pas susceptible de variations très étendues. Si l'on fait croître le flux inducteur en augmentant le courant d'excitation, on se trouve bientôt limité par la saturation magnétique, le flux tendant vers une valeur finie lorsqu'on augmente indéfiniment les ampères-tours inducteurs. Si, au contraire, on cherche à diminuer la tension par réduction de l'excitation, des étincelles se produisent et la commutation ne se fait plus que dans de mauvaises conditions. Le coefficient d'élasticité de tension d'une dynamo, dans des conditions données de vitesse angulaire et de débit est le rapport des tensions extrêmes pour lesquelles le fonctionnement reste suffisamment acceptable. Dans la pratique, ce coefficient ne dépasse pas généralement 1,5, c'est-à-dire qu'une dynamo de 120 volts, par exemple, pourra fonctionner convenablement entre 100 et 150 volts, lorsque à sa vitesse normale elle débitera le courant maximum.

Dans la dynamo différentielle imaginée par M. E. Lanhoffner, la tension maximum disponible est bien encore limitée par la saturation magnétique, mais la tension minimum peut devenir très faible sans qu'il en résulte d'inconvénients au point de vue de la commutation, et le coefficient d'élasticité peut dépasser 5, ce qui est un résultat remarquable.

Le fonctionnement de cette dynamo repose sur la possibilité de développer plusieurs forces électromotrices distinctes dans les diverses parties des spires d'un induit.

Si l'on considère un conducteur dans lequel sont produites plusieurs forces électromotrices, la tension entre les extrémités de ce fil sera égale à la somme algébrique des tensions élémentaires qui s'ajouteront ou se retrancheront suivant leurs signes respectifs. Pour pouvoir développer simultanément des forces électromotrices différentes dans un même conducteur, il faut que les diverses parties de ce conducteur se déplacent dans des champs magnétiques indépendants. Pratiquement,

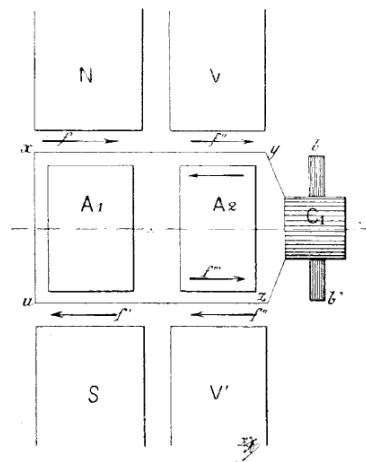


Fig. 22. — Disposition schématique de la dynamo Lanhoffner.

ment, deux champs inducteurs sont suffisants et la dynamo différentielle se compose de deux dynamos ordinaires placées dans le prolongement l'une de l'autre, de manière à avoir un arbre commun pour les deux induits. Les noyaux induits sont séparés, calés sur le même arbre et tournent chacun dans l'alésage polaire de leur système inducteur; le bobinage de l'induit est disposé de manière que ses diverses spires embrassent à la fois les deux noyaux. Il s'ensuit qu'une spire donnée est soumise à l'induction de deux flux indépendants qui agissent chacun séparément. Lorsque ces flux sont de même sens, les forces électromotrices s'ajoutent et la dynamo double fonctionne comme une seule dynamo; lorsque, au contraire, les flux sont de sens contraires, les forces électromotrices se retranchent et peuvent même s'annuler complètement. La dynamo fonctionne alors en *différentiel*. Enfin, si l'un des flux est nul, tout se passe comme s'il n'y avait qu'une seule dynamo.

La figure 22 représente schématiquement la disposition de la dynamo Lanhoffner. Considérons les pôles inducteurs N, S et le noyau d'induit A_1 , puis l'inducteur VV' et le noyau d'induit A_2 et une spire de l'enroulement $xyz\alpha$.

Soient E la force électromotrice développée par les pôles N, S et E' celle due à l'action des pôles V, V'. Supposons que l'excitation des pôles N, S soit constante et que, par suite, E soit invariable et dirigée, à un instant donné, dans la direction des flèches f, f' . E' étant la force électromotrice maximum que peut développer l'inducteur VV' , on conçoit que la force électromotrice résultante dans la spire considérée puisse avoir toutes les valeurs comprises entre $E + E'$ et

$E - E'$. Une valeur quelconque, comprise entre ces limites, dépendra du sens et de l'intensité du courant d'excitation dans les bobines inductrices V, V' .

Si E' est positif, c'est-à-dire de même signe que E , le côté VA_2V' agira comme survolteur (sens de la flèche f'') ; inversement, si E' est de sens contraire à E , le côté VA_2V' jouera le rôle de dévolteur (sens de la flèche f'''). Le rapport des sections des pôles NS et VV' détermine la relation entre E et E maximum ; il fixe, par suite, les limites entre lesquelles on peut faire varier la tension disponible au collecteur.

La dynamo différentielle Lanhoffer, avec ses deux circuits magnétiques distincts, se comporte, au point de vue de sa puissance maximum, comme une dynamo dont le circuit magnétique serait équivalent à l'ensemble des deux circuits inducteurs. Les manœuvres nécessaires pour faire varier la tension aux balais consistent simplement à agir sur un rhéostat muni d'un inverseur et placé dans le circuit des électros V, V' ; ce côté de la machine se nomme côté compensateur. L'excitation du circuit inducteur NS , devant être constante, est obtenue, soit par une source extérieure, soit de préférence par un enroulement induit spécial bobiné exclusivement sur le noyau A_1 ; dans ce dernier cas, la dynamo est auto-excitatrice, l'enroulement induit supplémentaire fournissant l'excitation des deux séries d'électros inducteurs.

Cette dynamo peut également être construite pour fonctionner comme transformatrice à courant continu, dont le rapport de transformation serait variable entre des limites très éloignées ; dans ce cas, au lieu d'être entraînée mécaniquement, la dynamo est conduite électriquement et transforme le courant qui lui est fourni sous tension constante en un courant dont la tension peut varier à volonté. A cet effet, il suffit de placer sur le noyau d'induit A_1 un enroulement de moteur, aboutissant à un second collecteur dans lequel passe le courant venant du réseau de distribution qui fournit, en outre, le courant d'excitation. L'enroulement ordinaire de la dynamo, aboutissant au premier collecteur, est bobiné sur les deux noyaux et débite le courant transformé dont la tension peut être modifiée en agissant sur le rhéostat muni d'un inverseur qui règle l'excitation des électros compensateurs V, V' .

Compagnie de Fives-Lille. — Parmi les dynamos exposées par la Compagnie de Fives-Lille, nous citerons trois des principaux types :

La première est une dynamo de 36 kw, débitant 300 ampères sous 120 volts à la vitesse angulaire de 750 t. m.

Le système inducteur est constitué par une carcasse en acier coulé, divisée en deux parties et ayant 1,013 m de diamètre extérieur et 0,180 m de largeur. Les noyaux polaires, au nombre de 4, sont venus de fonte avec la carcasse et ont une section rectangulaire de 18 cm sur 15 cm ; les pièces polaires sont en fer et rapportées. Les bobines inductrices, en fil de 2,2 mm de diamètre, comportent chacune 1 085 spires ; elles sont montées en série.

Le diamètre d'alésage est de 448 mm et l'entrefer de 5,5 mm.

Le noyau d'induit, constitué par un anneau de tôles isolées, est monté sur un croisillon en fonte fixé sur l'arbre. Ce noyau est lisse et l'enroulement en tambour multipolaire, avec groupement en parallèle, est formé de 280 barres de cuivre à section carrée de 4 mm de côté, constituant 140 sections d'une spire chacune. Ces barres sont cintrées à leurs extrémités et sont soudées du côté opposé au collecteur sur des ailettes en cuivre, serrées par un anneau en fer sur un support fixé sur l'arbre. Le diamètre extérieur de l'induit est de 437 mm et le noyau en couronne a 9 cm de hauteur radiale. Le collecteur a 40 cm de diamètre et 13 cm de largeur. Sur le collecteur appuient 4 séries de balais, composées chacune de 7 balais en charbon.

Le deuxième type est une dynamo pour traction de 220 kw pouvant débiter 400 ampères sous une tension variant de 500 à 550 volts à la vitesse angulaire de 235 t. m.

La carcasse inductrice comporte une couronne en acier coulé en deux parties et est munie de huit noyaux polaires à section rectangulaire de 40 cm sur 28 cm, venus de fonte avec elle ; les pièces polaires sont en acier coulé et rapportées *fig. 23*. Cette carcasse a 2,40 m de diamètre extérieur et 40 cm de largeur ; le diamètre d'alésage est de 1,234 m. Les bobines inductrices

sont à enroulement compound : l'enroulement en dérivation est constitué par 8 bobines ayant chacune 2100 spires de fil de cuivre de 2,4 mm de diamètre et groupées en tension ; l'enroulement en série comporte également 8 bobines de chacune 6 spires de ruban de cuivre de 33 mm de largeur et de 6 mm d'épaisseur, groupées aussi en série.

Le noyau de l'induit est une couronne de tôles isolées, montée sur un croisillon en fonte fixé sur l'arbre. Ce noyau porte 294 rainures de 22 mm de profondeur et de 6,5 mm de largeur, recevant chacune une barre de cuivre de 17 mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur et constituant un enroulement série en tambour formé de 147 sections d'une seule spire chacune. Les barres de l'enroulement sont reliées entre elles et aux lames du collecteur par des développantes en forme de V.

L'induit a un diamètre extérieur de 1,22 m ; le noyau a 17 cm de hauteur radiale et une largeur de 42 cm. L'entrefer est de 7 mm.

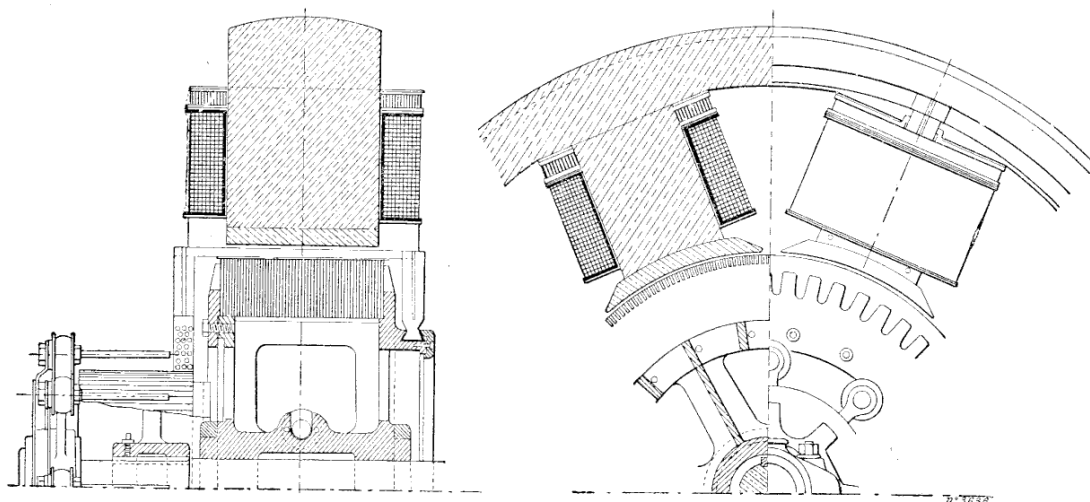


FIG. 23. — Dynamo de la Compagnie de Fives-Lille, type de 220 kw.

Le collecteur, de 60 cm de diamètre et de 30 cm de largeur, comporte 147 lames ; le courant est capté par 8 séries de balais ayant chacune 10 balais en charbon.

La dynamo complète pèse 20 000 kg et son rendement est de 90 0/0.

Le troisième type est une dynamo de 100 kw pour traction débitant 200 ampères sous 500 volts à la vitesse angulaire de 340 t. m.

La carcasse inductrice, en acier coulé et en deux parties, porte huit noyaux polaires venus de fonte et à section rectangulaire de 20 cm sur 19 cm ; les pièces polaires sont rapportées et ont 20 cm de longueur et 27,5 cm de largeur. Cette carcasse a 1,60 m de diamètre extérieur, 20 cm de largeur et 83 cm de diamètre d'alésage.

L'enroulement compound des bobines inductrices comporte, pour le circuit en dérivation, 8 bobines de 2240 spires de fil de 1,7 mm de diamètre et, pour le circuit en série, 8 bobines de 3 spires de ruban de cuivre de 70 mm² de section. Les bobines de chaque circuit sont montées en tension.

L'induit, de construction analogue à celui de la dynamo précédente, a 81 cm de diamètre extérieur ; il y a, par conséquent, 10 mm d'entrefer. Le noyau, de 20,5 cm de largeur, est une couronne de tôles ayant 16,5 cm de hauteur radiale et pourvue de 239 rainures de 20 mm de hauteur et de 6 mm de largeur. Chaque rainure contient deux barres de cuivre de 5,5 mm de largeur et de 4 mm de hauteur ; les jonctions sont faites à l'aide de développantes en forme de V. L'enroulement en tambour multipolaire série comporte 229 sections d'une seule spire de deux conducteurs chacune.

Le collecteur a 47,5 cm de diamètre et 13,5 cm de largeur ; il y a 8 séries de balais comportant chacune 5 balais en charbon.

Le poids de la dynamo est de 5 200 kg.

Compagnie française Thomson-Houston. — Parmi les dynamos à courant continu exposées par cette Compagnie au Champ-de-Mars et à Vincennes, nous citerons une dynamo de 500 kw, construite spécialement pour un service de traction, et une dynamo de 100 kw accouplée à un moteur synchrone de 150 chevaux.

La dynamo de 500 kw peut débiter en charge 910 ampères sous 550 volts à la vitesse angulaire de 93 t. m.

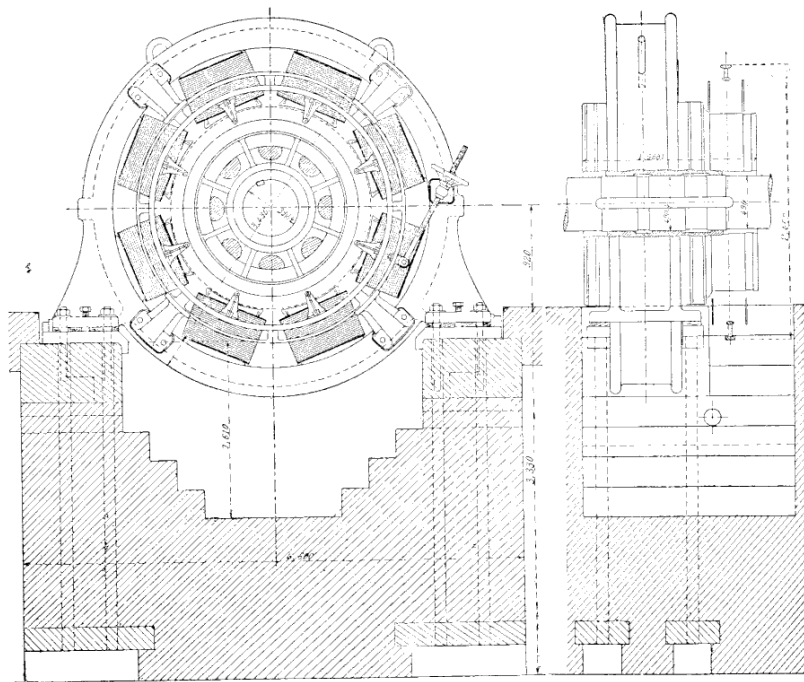


Fig. 24. — Dynamo à courant continu de 500 kw de la Compagnie française Thomson-Houston.

L'inducteur (*fig. 24*) est constitué par une carcasse en acier coulé de 3,43 m de diamètre extérieur et de 64 cm de largeur ; son diamètre intérieur est de 2,90 m. Les pôles, au nombre de 8, ont une section circulaire de 51 cm de diamètre avec épanouissements polaires à bords cintrés de 58 cm sur 58 cm. Le diamètre d'alésage est de 1,848 m, ce qui laisse un entrefer de 9 mm.

L'enroulement de l'inducteur est compound et comporte 8 bobines, montées en série, ayant chacune 1 500 spires en fil de 2,7 mm de diamètre pour l'enroulement en dérivation et 8 bobines, montées en tension, pour l'enroulement en série ; ces dernières comportent chacune 9,5 spires en ruban de cuivre de 600 mm² de section.

L'induit, de 1,83 m de diamètre extérieur et de 1,34 m de diamètre intérieur, a un noyau feuilleté comportant six paquets de tôles portant 176 rainures de 46 mm de profondeur et de 12,2 mm de largeur. L'enroulement, en tambour multipolaire avec groupement en quantité, a 704 sections de deux conducteurs chacune. Les conducteurs, au nombre de 8 par rainure, ont une section de 42 mm².

Le collecteur a 1,6 m de diamètre et 30 cm de largeur : il comporte 704 lames et 8 séries de balais en charbon.

L'inducteur pèse 21 400 kg et l'induit 12 600 kg; il y a 800 kg de cuivre pour les bobines inductrices et 920 kg pour l'enroulement induit.

La dynamo de 100 kw peut débiter 200 ampères sous 300 volts à la vitesse angulaire de 500 t. m.

Cette dynamo était commandée par un moteur synchrone et constituait un groupe identique à ceux qui ont été installés dans les stations réceptrices de la Compagnie d'Orléans pour le service de la traction électrique entre la gare d'Austerlitz et la gare du quai d'Orsay.

L'inducteur comporte 6 pôles à section circulaire fixés sur une carcasse en acier coulé; les pôles ont 22,5 cm de diamètre et sont munis de pièces polaires de 27 cm sur 29,5 cm. L'enroulement, en dérivation avec bobines montées en tension, est en fil de 1,8 mm de diamètre; chaque bobine a 2 400 spires. Le diamètre d'alésage est de 70,6 cm.

L'induit a 69 cm de diamètre extérieur, ce qui laisse un entrefer de 8 mm. Le noyau, en tôles feuilletées, porte à sa surface 110 rainures de 34 mm de profondeur et de 12 mm de largeur. L'enroulement, du type multipolaire-série, comporte 220 sections d'une spire, chacune d'elles étant constituée par deux conducteurs ayant 38 mm² de section.

Sur le collecteur, de 50 cm de diamètre et de 13 cm de largeur, appuient 6 séries de balais en charbon.

La dynamo complète pèse environ 4500 kg.

Compagnie générale d'Électricité de Creil. — Cette Compagnie avait exposé toute une série de dynamos à courant continu.

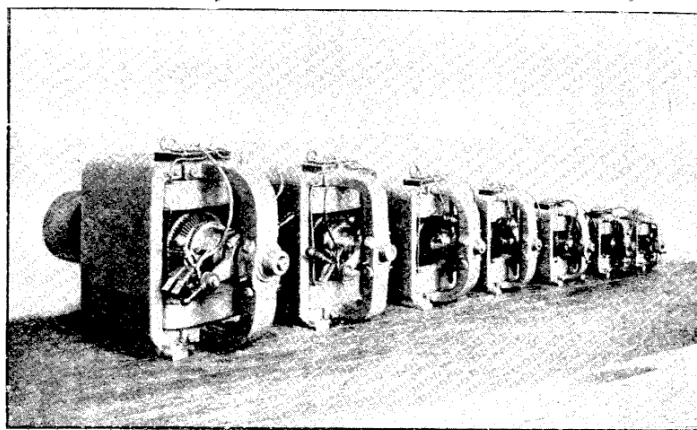


FIG. 25. — Dynamos bipolaires de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.

Les dynamos de faible puissance, depuis 500 watts jusqu'à 14 kw, sont du type cuirassé bipolaire (fig. 25). Leur système inducteur est constitué par une carcasse en acier coulé d'une seule pièce, munie de deux noyaux polaires, venus de fonte, sur lesquels sont enfilées les bobines inductrices. L'induit comporte un noyau annulaire, en tôles isolées au papier, recouvert d'une enveloppe isolante sur laquelle est placé l'enroulement. Les dynamos de ce type, de 500 et de 750 watts, ont leur noyau denté avec enroulement en tambour; les autres modèles de dynamos cuirassées ont un induit lisse avec enroulement en anneau.

Les dynamos d'une puissance supérieure à 15 kw sont à 4, 6 ou 8 pôles. La figure 26 montre l'aspect général d'une dynamo à 4 pôles, dans laquelle l'inducteur est constitué par une couronne polygonale en acier coulé avec noyaux polaires venus de fonte. Cette carcasse est, suivant les dimensions de la machine, en une ou en deux pièces assemblées sur l'axe horizontal. L'induit a un noyau lisse feuilleté et l'enroulement est en tambour; les conducteurs sont

solidement maintenus sur la surface du noyau par des coins d'entraînement et descerclages, isolés de l'enroulement par interposition de bandes de mica. Suivant les cas, le bobinage est en fils de cuivre ou en câble affectant une section quadrangulaire. La carcasse inductrice est

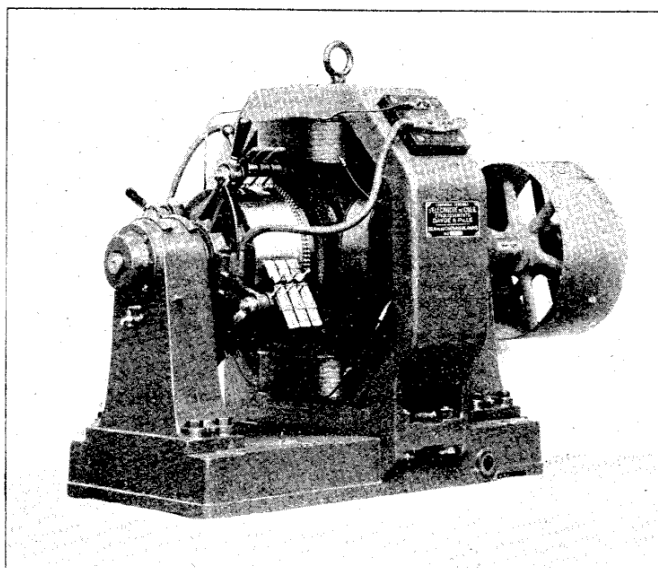


Fig. 26. — Dynamo multipolaire de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.

montée sur le bâti de fondation qui porte également les deux paliers. Les dimensions des collecteurs sont largement calculées et les lames sont en cuivre dur, lorsqu'on utilise des balais en charbon, ou en bronze, lorsqu'on se sert de balais métalliques.

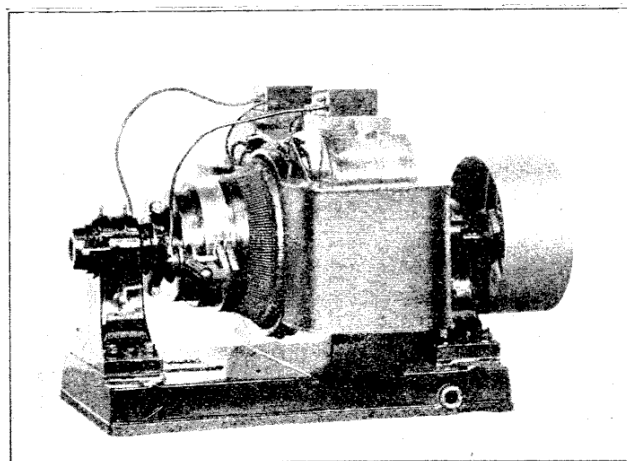


Fig. 27. — Dynamo à haute tension de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.

Les dynamos de 165 kw et au-dessus sont de construction analogue à celle qui a déjà été décrite dans le fascicule consacré aux *Groupes électrogènes*.

Pour certains usages spéciaux, la Compagnie de Creil construit d'autres types de dynamos à courant continu. Ainsi, pour les dynamos à haute tension, elle a adopté le type Manchester (fig. 27) pour des puissances depuis 6 kw jusqu'à 75 kw. Pour la galvanoplastie et l'électrochimie,

c'est-à-dire pour des dynamos fournissant des courants de grande intensité, c'est le type bipolaire cuirassé et à double collecteur qui est adopté (fig. 28). Ce dernier type est également utilisé comme survolteur.

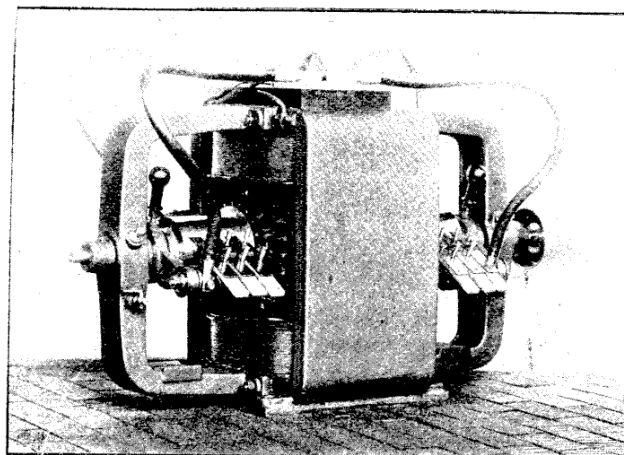


FIG. 28. — Dynamo pour électrolyse de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.

Jusqu'à la tension de 700 volts, toutes les dynamos sont excitées en dérivation ; au-dessus de 700 volts, l'excitation est faite en série.

Compagnie générale électrique de Nancy. — Cette Compagnie avait exposé toute une série de dynamos à courant continu bipolaires et multipolaires.

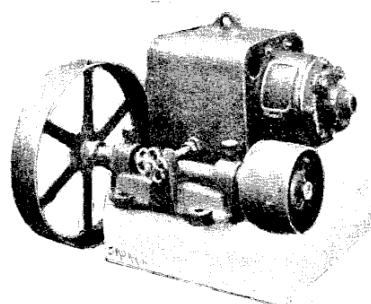


FIG. 29. — Dynamo à courant continu de la Compagnie générale électrique de Nancy.

Les dynamos d'une puissance inférieure à 12 kw sont bipolaires ; de 12 à 45 kw, elles comportent 4 pôles ; enfin, celles de 60 kw et au-dessus sont à 6 ou à 8 pôles.

La carcasse magnétique des dynamos bipolaires (fig. 29) entoure complètement l'induit et le collecteur de manière à les protéger à peu près complètement contre l'introduction des poussières et contre tout contact dangereux ; des ouvertures pour la ventilation, au nombre de huit, sont ménagées dans cette carcasse aux quatre angles de chacune des faces latérales correspondant aux deux extrémités de l'induit. Des regards, munis de couvercles, permettent de vérifier les balais et le collecteur.

Cette carcasse est fixée sur un socle en fonte. Les noyaux polaires sont placés suivant l'axe horizontal de la machine. L'induit est à noyau lisse avec enroulement en tambour. Les balais sont en charbon. Le collecteur a des lames en cuivre dur étiré, isolées au mica. Le tableau ci-dessous contient les principales données pratiques des divers modèles de dynamos bipolaires pour la tension de 120 volts :

DÉSIGNATION DES TYPES :	D ¹⁵ ₁₀₀	D ³⁰ ₁₀	D ⁶⁰ ₁₀	D ¹²⁰ ₁₀	D ²⁴⁰ ₁₀	D ³⁶⁰ ₁₀	D ₆	D ₈
Puissance en kilowatts	0,15	0,30	0,60	1,20	2,40	3,60	6	9
Intensité en ampères	1,25	2,50	5	10	20	30	50	75
Puissance absorbée en chevaux	»	»	»	2,1	4	5,8	9,4	14
Vitesse angulaire en t. m.	»	»	»	1 900	1 700	1 500	1 400	1 300
Rendement industriel	0,50	0,63	0,73	0,78	0,81	0,84	0,87	0,88
Poids de la machine	3	6	9	16	24	45	60	85

Les dynamos multipolaires ont une carcasse inductrice en acier doux, coulée d'une seule pièce, avec noyaux polaires venus de fonte. Ces dynamos sont de construction analogue à celle qui a été déjà décrite dans le fascicule 2, page 30. Le tableau ci-dessous contient les diverses données relatives aux modèles courants de ces dynamos multipolaires pour la tension de 120 volts. Ces machines se construisent aussi pour la tension de 240 volts.

DÉSIGNATION DES TYPES :	D ₁₂	D ₁₈	D ₂₄	D ₃₀	D ₄₅	D ₆₀	D ₈₀	D ₁₀₀
Puissance en kilowatts.....	12	18	24	30	45	60	80	100
Intensité en ampères (sous 120 volts).....	100	150	200	250	375	500	668	833
Puissance absorbée en chevaux.....	18,5	27	36	45	67	90	118	148
Vitesse angulaire approximative en t : m.....	1 200	1 000	900	800	600	500	450	400
Rendement industriel.....	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92
Poids approximatif en kg.....	700	800	1 000	1 100	1 750	2 200	3 200	4 800

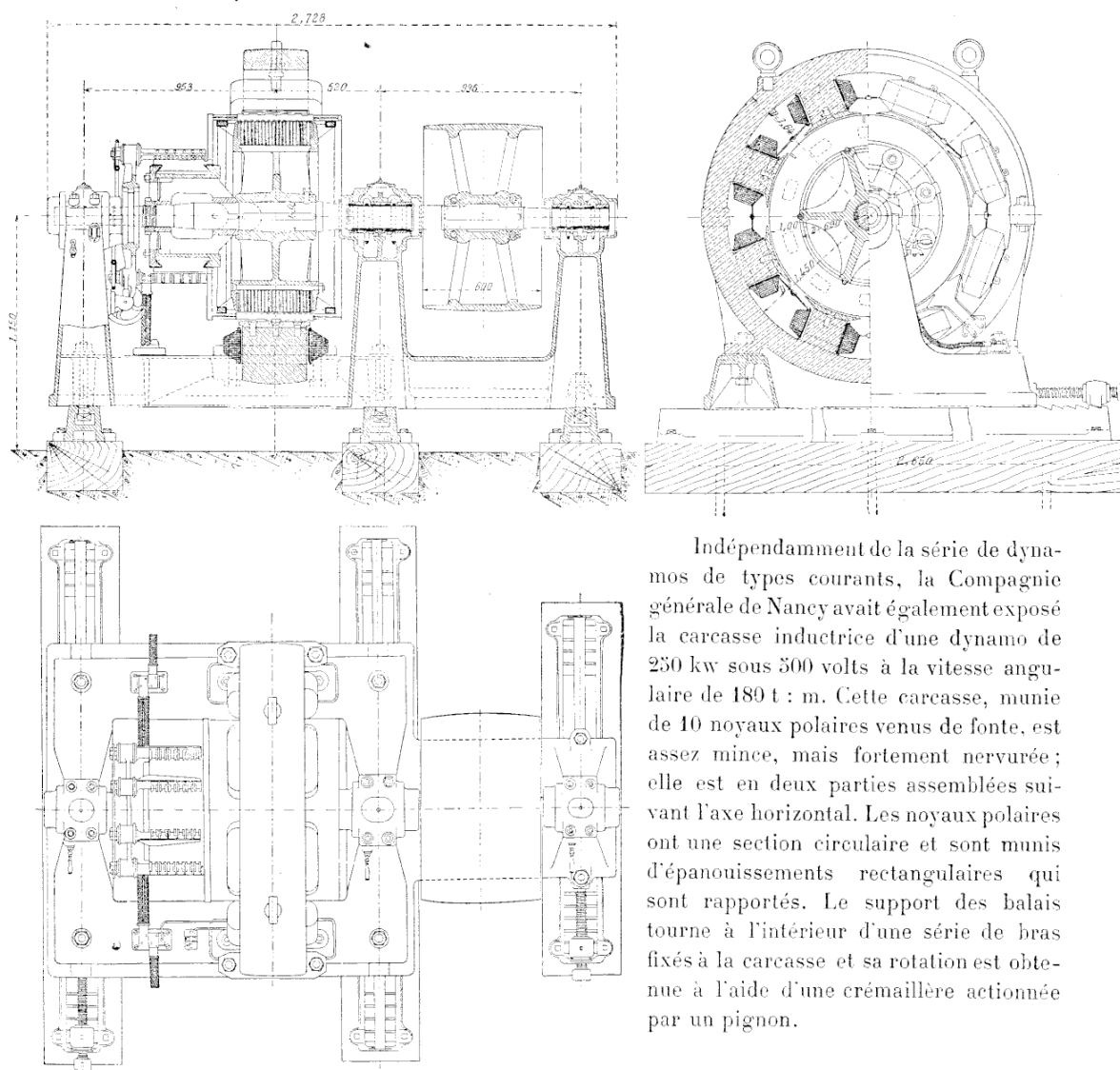


FIG. 30. — Dynamo à courant continu de MM. Farcot frères.

Indépendamment de la série de dynamos de types courants, la Compagnie générale de Nancy avait également exposé la carcasse inductrice d'une dynamo de 250 kw sous 500 volts à la vitesse angulaire de 180 t : m. Cette carcasse, munie de 10 noyaux polaires venus de fonte, est assez mince, mais fortement nervurée ; elle est en deux parties assemblées suivant l'axe horizontal. Les noyaux polaires ont une section circulaire et sont munis d'épanouissements rectangulaires qui sont rapportés. Le support des balais tourne à l'intérieur d'une série de bras fixés à la carcasse et sa rotation est obtenue à l'aide d'une crémaillère actionnée par un pignon.

Farcot frères et Compagnie de Saint-Ouen. — La dynamo à courant continu

exposée par MM. Farcot frères et C^{ie} est une dynamo multipolaire de 200 kw, débitant 572 ampères sous 350 volts, à la vitesse angulaire de 360 t : m.

Le système inducteur (*fig. 30*) est constitué par une carcasse en acier, coulée en deux parties, avec huit noyaux polaires de section rectangulaire, venus de fonte et munis d'épanouissements polaires rapportés. Cette carcasse a 1,64 m de diamètre intérieur et 32 cm de largeur. Le circuit inducteur en dérivation se compose de 8 bobines groupées en tension ; chaque bobine, enroulée sur une carcasse en tôle, est formée de 973 spires de fil de cuivre de 2,7 mm de diamètre. Le diamètre d'alésage est de 1,016 m. Le diamètre extérieur de l'induit est de 1 m et, par conséquent, l'entrefer est de 8 mm.

L'induit a un noyau annulaire, en feuilles de tôle de 0,6 mm d'épaisseur ; il y a 24 paquets de tôle ayant chacun 14,5 mm d'épaisseur et séparés les uns des autres par des feuilles de carton. La largeur du noyau, y compris l'isolant, est de 36 cm ; son diamètre extérieur est de 1 m et son diamètre intérieur 69 cm. Sur sa surface extérieure sont pratiquées 214 rainures de 37 mm de hauteur et de 7 mm de largeur ; chaque rainure reçoit deux barres de cuivre de 15 mm de largeur et de 4,5 mm d'épaisseur. L'enroulement comporte 214 sections d'une seule spire chacune et est du type séries parallèles d'Arnold avec 4 circuits en parallèle.

Le collecteur a 55 cm de diamètre et 25 cm de largeur. Il y a huit séries de chacune six balais et le support des porte-balais est une étoile en fonte pouvant tourner autour d'un anneau venu de fonte sur un des paliers.

Henrion (Fabius), de Nancy. — M. Henrion avait exposé une série complète des dynamos de sa construction qui sont de deux types différents : les dynamos bipolaires et les dynamos multipolaires.

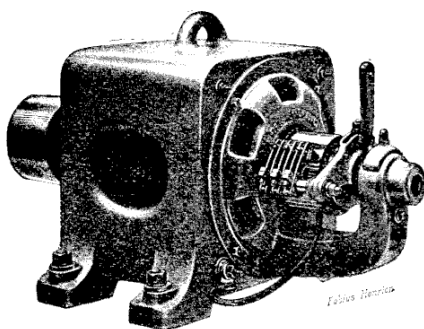


FIG. 31. — Dynamo bipolaire Fabius Henrion.

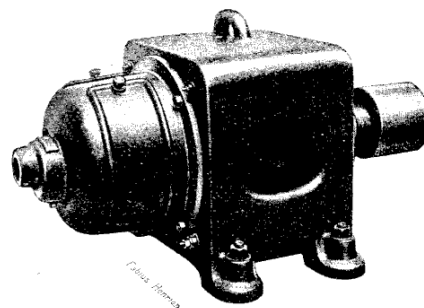


FIG. 32.
Dynamo bipolaire hermétique Fabius Henrion.

Dans les dynamos bipolaires (*fig. 31*), la carcasse de l'inducteur est en acier coulé et les deux noyaux sont disposés horizontalement de part et d'autre de l'induit ; ces noyaux sont évidés intérieurement de façon à opposer une grande réluctance aux flux transversaux. Les organes de la dynamo sont protégés, d'une part, par l'épanouissement de la culasse et, d'autre part, par l'adjonction de deux flasques ajourées, afin d'assurer une ventilation suffisante. L'induit a son noyau feuilleté et denté ; l'enroulement est du type en tambour. Le collecteur a ses lames isolées au mica et les balais sont en charbon.

Lorsque les dynamos doivent fonctionner dans des locaux très poussiéreux ou très humides, la machine est enfermée dans une enveloppe hermétique (*fig. 32*). L'accès du collecteur est néanmoins facile, car les couvercles placés de ce côté s'ouvrent très facilement.

Dans le tableau suivant sont résumées les principales données pratiques relatives aux dynamos bipolaires.

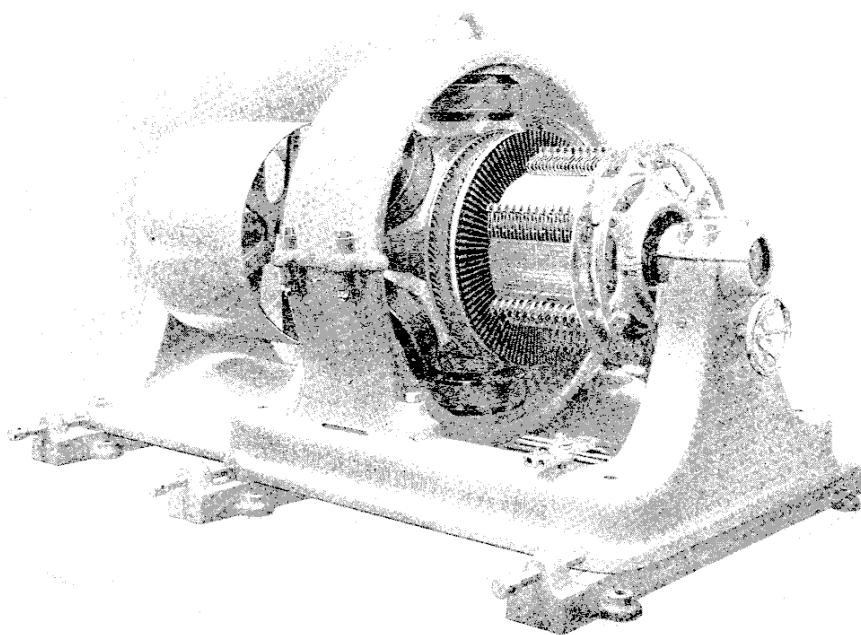


FIG. 33. — Dynamo multipolaire Fabius Henion.

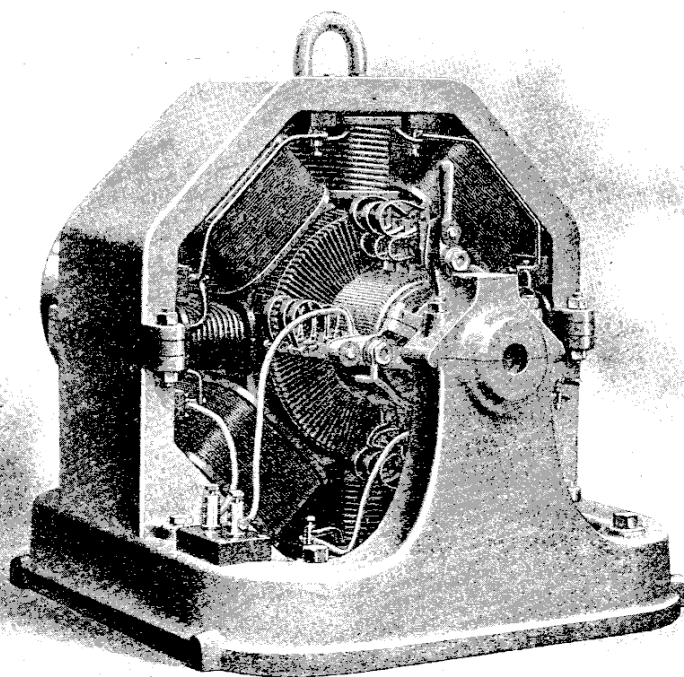


FIG. 34. — Dynamo Sautter-Harlé.

TYPES :	00	0	1a	1	2	3	4	5
Puissance en kilowatts.....	»	»	1.265	2.530	4.255	8.28	13.22	17.25
Différence de potentiel aux bornes, en volts.	»	»	115	115	115	115	115	115
Intensité du courant, en ampères.....	»	»	11	22	37	72	115	150
Vitesse angulaire en t : m.....	»	»	1 960	1 850	1 630	1 290	900	880
Rendement.....	0,65	0,72	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89
Poids approximatif en kg.....	25	38	66	114	192	334	670	847

Les dynamos multipolaires (*fig. 33*) ont une carcasse en acier coulé; cette carcasse est en deux pièces assemblées par des boulons suivant l'axe horizontal de la machine. Les paliers venus de fonte avec le socle sont à chapeaux rapportés. Suivant leur puissance, ces dynamos ont 4, 6, 8 ou 10 pôles.

Le noyau de l'induit est feuilleté et denté; l'enroulement est du type en tambour. Le collecteur et l'induit sont pourvus d'ouvertures de ventilation. Le collecteur a ses lames isolées au mica et les balais sont en charbon.

Le tableau suivant résume les données pratiques relatives à ces machines.

TYPES :	6	7	8	9	10	150	200	275
Puissance en kilowatts.....	25,3	40,25	62,1	77,6	109	150	200	275
Nombre de pôles.....	4	4	6	6	6	6	8	10
Différence de potentiel aux bornes, en volts.	115	115	115	115	115	120	120	120
Intensité du courant, en ampères.....	220	350	540	675	950	1 250	1 670	2 300
Vitesse angulaire en t : m.....	770	625	520	420	370	350	290	160
Rendement.....	0,90	0,91	0,92	0,92	0,925	0,93	0,93	0,93
Poids approximatif en kg.....	1 170	2 000	2 750	3 800	5 350	8 700	11 700	17 500

M. Fabius Henrion avait également exposé trois types de dynamos bipolaires pour électrolyse. Le premier, à la vitesse angulaire de 2500 t : m, peut débiter 80 ampères sous 5 volts; le deuxième, à la vitesse angulaire de 1 750 t : m, 180 ampères sous 6 volts; enfin, le troisième, à la vitesse angulaire de 1 400 t : m, 300 ampères sous 6 volts. Ces dynamos sont de construction analogue à celle des dynamos bipolaires ordinaires; elles n'en diffèrent que par la grande longueur donnée au collecteur.

Sautter-Harlé et C^{ie}. — MM. Sautter-Harlé et C^{ie} avaient exposé une dynamo de 90 kw et cinq groupes électrogènes.

Les dynamos du type spécial de ces constructeurs (*fig. 34*) ont une carcasse carrée ou polygonale munie de noyaux polaires radiaux. Jusqu'à 13 kw, ces dynamos sont bipolaires; au-dessus de cette puissance, elles ont 4 ou 6 pôles. Ce type de machine est caractérisé par la présence d'électros supplémentaires, enroulés en série, qui ont pour objet de produire un champ inducteur au point de commutation de la spire sous les balais, de façon à supprimer l'étincelle de rupture. L'élasticité de ces machines est presque illimitée, car on peut momentanément doubler ou même tripler la charge normale, sans que le collecteur ait à en souffrir. En ce qui concerne l'induit, sa construction est presque entièrement mécanique et, sauf pour les petites dynamos, les rubans et les barres remplacent les fils. Les noyaux d'induit sont feuilletés et dentés et l'enroulement est du type en tambour polygonal.

Les groupes électrogènes exposés étaient les suivants :

- 1° Une dynamo de 180 kw commandée par moteur à vapeur;
- 2° Une dynamo de 50 kw commandée par moteur à vapeur;
- 3° Une dynamo de 4 kw commandée par moteur à vapeur;
- 4° Une dynamo de 8 kw commandée par moteur à pétrole lourd;
- 5° Une dynamo de 1 kw commandée par moteur à pétrole lourd.

Nous décrirons seulement le premier de ces groupes électrogènes, qui comporte un moteur pilon compound et une dynamo à 4 pôles, ensemble étudié spécialement pour la distribution d'énergie électrique dans les usines. Cet ensemble (*fig. 35*) peut fournir normalement 140 kw à la vitesse angulaire de 275 t : m et momentanément 180 kw en cas d'à-coup dans le réseau qu'il dessert. La dynamo à quatre pôles débite normalement 1 100 ampères sous 120 volts.

La carcasse inductrice, en acier coulé, a une forme octogonale et est en deux pièces, dont l'inférieure est venue de fonte avec le bâti sur lequel est rapporté l'unique palier. Les noyaux polaires, de section rectangulaire, sont venus de fonte avec la carcasse et ont des pièces polaires rapportées et fixées par des vis; ils présentent des fentes radiales destinées à amoindrir la réaction d'induit. L'enroulement compound de l'inducteur est constitué, pour l'enroulement en dérivation, par quatre bobines ayant chacune 1 400 spires de fil de 2,3 mm de diamètre et, pour l'enroulement en série, de deux spires de ruban de cuivre, de 880 mm² de section, pour chaque bobine. Les quatre bobines en fil sont reliées en série. Les quatre pôles supplémentaires ont un enroulement en série avec le circuit de compoundage.

L'induit, à noyau feuilleté supporté par un croisillon en bronze, a 82 cm de diamètre extérieur et 50 cm de largeur. Le noyau porte 114 rainures dans chacune desquelles est logée une barre de 36 mm de largeur et de 8,4 mm d'épaisseur. Ces 114 barres sont reliées entre elles et aux lames du collecteur par des lames en forme de développantes de cercle; on obtient ainsi 57 sections d'une spire chacune. Cet enroulement est en tambour multipolaire avec groupement en série. Les extrémités des lames de connexion, du côté opposé au collecteur, sont soudées sur un faux collecteur claveté sur l'arbre.

Le collecteur a 40 cm de diamètre et 30 cm de largeur utile; quatre séries de 13 balais en charbon chacune servent à capter le courant.

Le rendement de cette dynamo atteint 92 0/0.

Le moteur à vapeur est du type vertical compound à deux cylindres jumelés. Le diamètre du cylindre à haute pression est de 40 cm, celui du cylindre de basse pression de 57 cm et la course des pistons de 33 cm. La pression de la vapeur à l'admission est de 10 kg : cm² et la vitesse angulaire normale de 275 t : m. La puissance normale de ce moteur est de 220 chevaux et peut être portée jusqu'à 300 chevaux.

Jacquet frères, de Vernon (Eure). — Les dynamos exposées par ces constructeurs sont bipolaires, avec inducteur du type dit supérieur. Les noyaux du système inducteur sont en fer doux recuit, ajustés et emmanchés dans le bâti en fonte qui sert de culasse; les pièces polaires entourent le noyau et sont entaillées et alésées pour donner passage à l'induit. L'induit, à noyau feuilleté, est muni d'un enroulement en tambour; pour les dynamos fournissant le courant à une tension supérieure à 300 volts, l'enroulement est en anneau.

Ces constructeurs avaient également exposé quelques types de dynamos multipolaires.

Schneider et C^{ie}, du Creusot. — Les dynamos exposées étaient du système Thury et d'un type spécial entièrement étudié par les usines du Creusot.

Dynamos Thury. — Trois types de dynamos du système Thury, construites en France par MM. Schneider et C^{ie}, étaient exposées: deux dynamos bipolaires et une dynamo multipolaire.

La dynamo bipolaire, type M₁, a une puissance de 396 watts à la vitesse angulaire de 2 500 tours par minute, débitant 3,6 ampères sous 110 volts.

L'inducteur, excité en dérivation, est caractérisé par l'emploi d'une seule masse polaire bobinée; la plaque de fondation est venue de fonte avec un cadre qui forme la majeure partie de la carcasse inductrice. La masse polaire supérieure, portant le bobinage inducteur, est seule rapportée; elle est en fer doux et est réunie à la partie supérieure du cadre par une vis munie d'un anneau de levage; deux broches coniques s'opposent à toute rotation de la masse polaire autour de la vis.

Le noyau de fer de l'induit a une longueur de 90 mm et un diamètre extérieur de 71 mm;

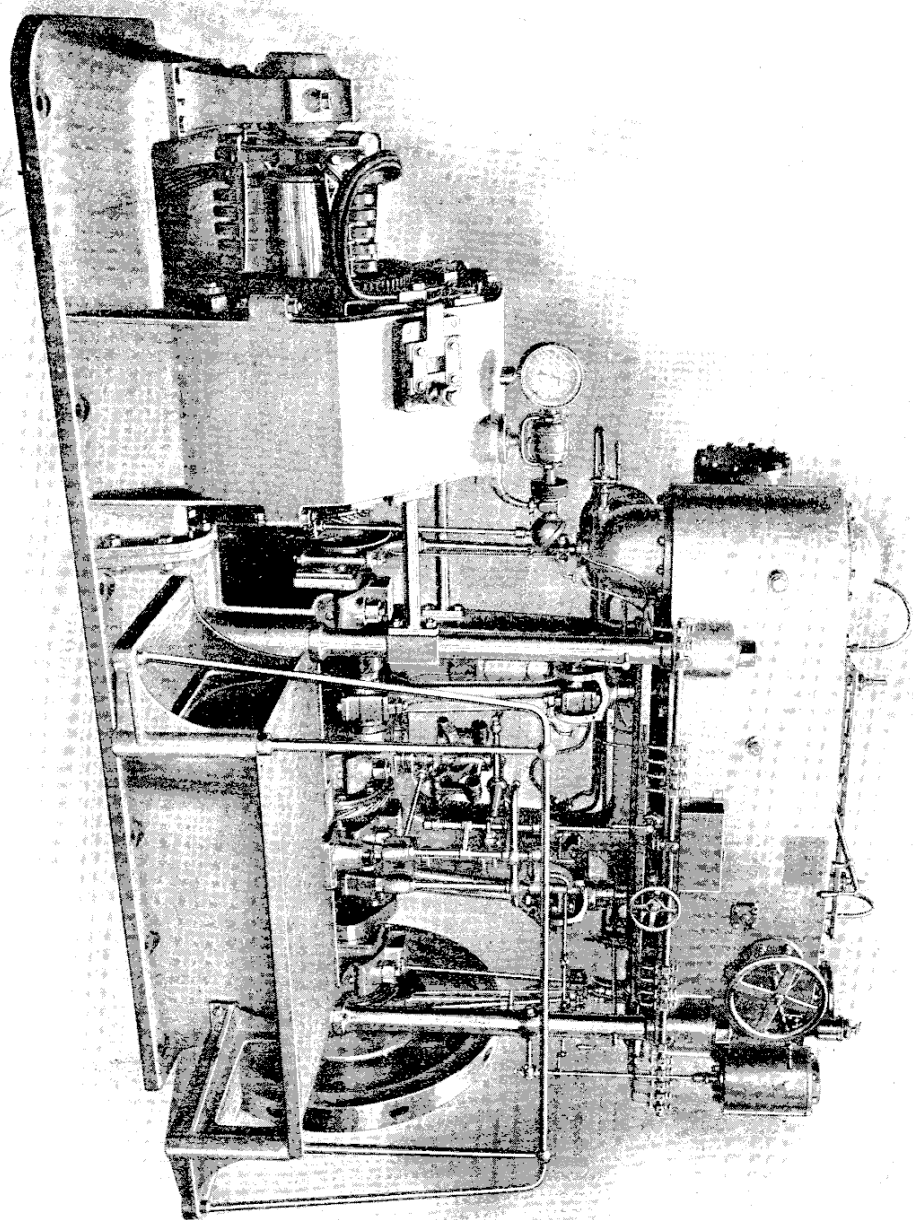


Fig. 35. — Groupe électrolyse à courant continu Sauter-Harle.

le diamètre d'alésage des pièces polaires étant de 80 mm, la longueur d'un entrefer double est de 9 mm.

Le bobinage induit en tambour comprend 21 sections de chacune 24 spires d'un fil de 0,6 mm de diamètre.

Le diamètre du collecteur est de 40 mm et sa longueur utile de 32 mm; il comporte 21 lames.

La figure 36 donne la coupe longitudinale et la coupe transversale de cette dynamo.

La forme compacte de ces machines permet de les loger dans des emplacements très restreints.

Il se construit deux autres modèles de dynamos de ce type pour des puissances de 800 et de 1 650 watts à la vitesse angulaire de 2 000 et de 1 500 t : m.

La dynamo type M_8 (fig. 37) est également bipolaire et a une puissance de 14 300 watts à la vitesse angulaire de 950 t : m; elle donne un courant de 130 ampères sous une différence de potentiel aux bornes de 110 volts.

Le bâti en fonte supporte les paliers à graissage automatique par bagues excentrées.

Le système inducteur est à pôles conséquents; il comprend deux demi-carasses réunies par des boulons suivant le plan vertical qui passe par l'axe de l'induit. Le tout est fixé au bâti. Le bobinage inducteur comprend quatre bobines de chacune 304 spires (19 couches à 16 spires) d'un fil de 1,8 mm de diamètre. L'inducteur est excité en dérivation.

L'induit en tambour a un noyau feuilleté de 280 mm de longueur et de 192 mm de diamètre extérieur. Le diamètre d'alésage des pièces polaires étant de 210 mm, l'entrefer est de 9 mm. Le bobinage de l'induit comprend 45 sections de 2 spires chacune en fil de 2,9 mm de diamètre.

Le diamètre extérieur du collecteur est de 130 mm et sa longueur utile de 110 mm; il comporte 45 lames.

Il se construit cinq modèles de

dynamos de ce type, ayant respectivement des puissances de 3 500, 5 500, 7 700 watts; 10 et 15 kw, à des vitesses angulaires de 1 350, 1 500, 1 200, 1 000 et 950 t : m.

Les dynamos multipolaires Thury sont à six pôles. Elles ont ordinairement trois paliers, mais on les construit aussi avec deux paliers, soit dans le cas de commande par poulie, soit dans celui d'un accouplement direct. La figure 38 montre les détails de construction et se rapporte à une dynamo-type H_a , excitée en dérivation et d'une puissance de 45,1 kw (410 ampères sous 110 volts) à la vitesse angulaire de 650 t : m.

La carcasse inductrice est fixée sur le bâti avec interposition de deux supports en bronze qui servent d'isolants au point de vue magnétique.

Le système inducteur affecte une forme hexagonale: les bobines inductrices correspondent aux côtés de l'hexagone et les pôles correspondent aux sommets. L'inducteur est, par construction, à pôles conséquents; les masses polaires en acier laminé sont soigneusement ajustées et

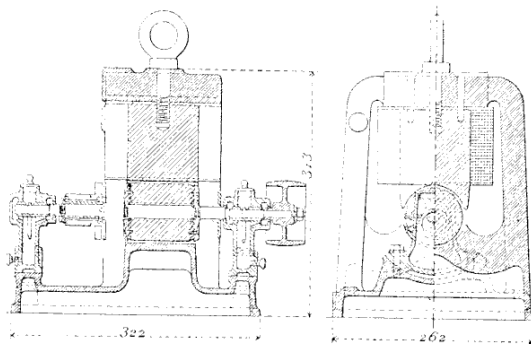


FIG. 36. — Dynamo bipolaire Thury, type M_1 .

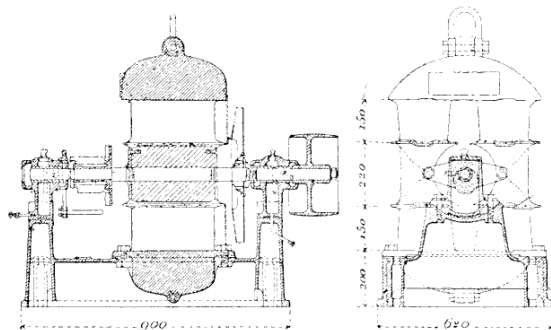


FIG. 37. — Dynamo bipolaire Thury, type M_8 .

rodées sur la partie non bobinée des noyaux inducteurs, contre lesquels elles sont appliquées et fixées au moyen de vis. Chaque pôle conséquent correspond à deux noyaux inducteurs; le rodage diminue considérablement l'augmentation de réluctance due aux points d'assemblage. Chacune des six bobines inductrices comprend 780 spires en fil de 2,8 mm réparties en 11 couches.

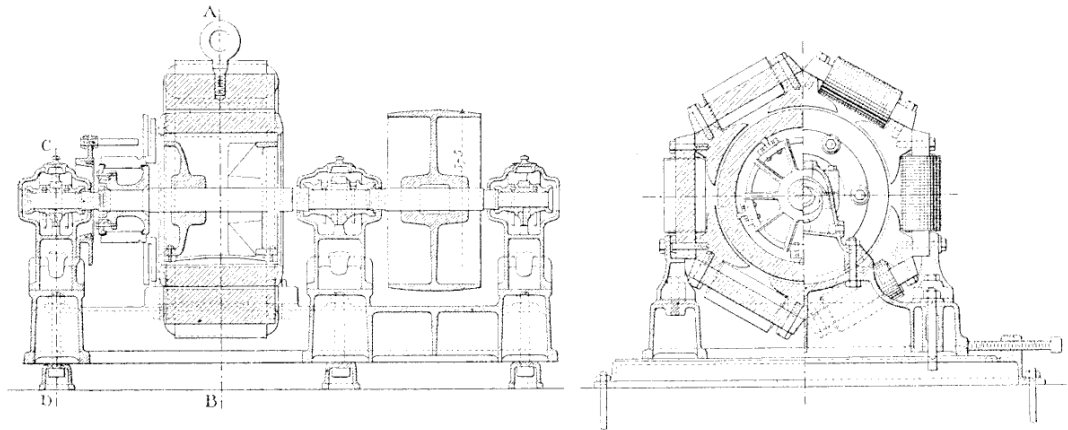


FIG. 38. — Dynamo Thury multipolaire.

La carcasse supportant les pôles de l'induit est constituée par un moyeu en fonte muni d'ailettes radiales; à la périphérie de cette carcasse sont fixées un certain nombre de traverses en bronze sur lesquelles sont enfilées les tôles du noyau, qui sont ainsi isolées magnétiquement de la carcasse.

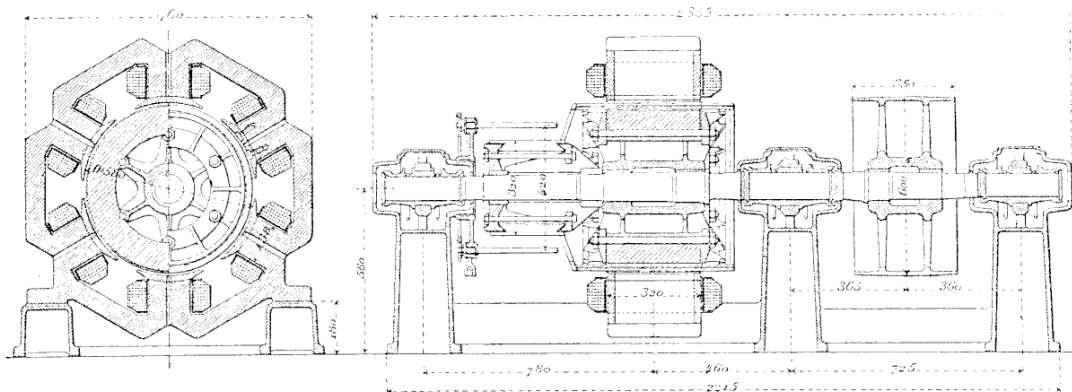


FIG. 39. — Dynamo type S du Creusot.

Le noyau de tôle de l'induit est lisse et a une longueur de 360 mm et un diamètre de 563 mm. L'enroulement induit est du type imbriqué en tambour; il comprend 153 sections de chacune 1 spire d'un câble constitué par un toron de 37 fils de 0,75 mm de diamètre.

Les axes du support des balais sont au nombre de 6; chacun d'eux supporte 6 balais en charbon. La longueur utile du collecteur est de 135 mm et son diamètre de 275 mm; le collecteur comporte 153 lames.

Le diamètre d'alésage des saillies polaires est de 580 mm, ce qui donne un entrefer de 8,5 mm.

Ce type de dynamo se construit pour des puissances de 45, 60, 80, 95, 125, 135, 185, 210 et

325 kw, avec des vitesses angulaires respectives de 650, 530 et 425 t : m et une différence de potentiel de 110 volts.

Elles peuvent être construites pour des différences de potentiel pouvant atteindre 3 500 volts.

Dynamos type spécial du Creusot. — Les dynamos du type spécial du Creusot étaient représentées à l'Exposition par trois machines ayant respectivement une puissance de 20, 65 et 120 kw, une machine à deux collecteurs de 330 kw et une machine dite à induit denté collecteur.

Les types courants de ces dynamos, dont la puissance varie de 20 à 250 kw, sont multipolaires; elles comportent : quatre pôles pour celles de 20 et 30 kw, six pôles pour celles de 45, 65, 90 et 120 kw et huit pôles pour les types de 160 et 250 kw.

La carcasse inductrice est en acier coulé et en deux pièces; les noyaux polaires sont venus de fonte avec la carcasse et les bobines inductrices sont retenues par des épanouissements polaires en fonte qui sont rapportés.

L'induit est du type en tambour avec noyau denté; l'enroulement est constitué par des barres de cuivre interchangeables, façonnées sur gabarit. Le collecteur a ses lames isolées au mica avec des balais en charbon.

La figure 39 donne une coupe transversale et une coupe longitudinale d'une dynamo de ce type de 65 kw.

Le tableau suivant donne les principales données relatives aux dynamos de 20, 65 et 120 kw.

	TYPES		
	S ₂₀	S ₆₅	S ₁₂₀
Différence de potentiel aux bornes, en volts.....	220	220	220
Intensité du courant, en ampères.....	100	300	350
Vitesse angulaire en t : m.....	900	600	450
<i>Induit</i> : Diamètre extérieur du noyau, en cm.....	40,4	56,8	71,3
Longueur du noyau, en cm.....	22,5	32,5	41
Nombre de rainures à la périphérie.....	121	144	144
Largeur d'une rainure, en cm.....	0,46	0,56	0,76
Profondeur.....	1,10	2,80	3,60
Enroulement en tambour.....	en série.	en parallèle.	en parallèle.
Nombre de barres par rainure.....	2	4	4
Dimensions d'une barre, en cm.....	0,28 × 0,28	0,36 × 0,50	0,58 × 0,70
<i>Collecteur</i> : Diamètre, en cm.....	20	32	42
Longueur utile, en cm.....	8,5	17	28
Nombre de lames.....	121	144	144
Nombre de spires par lame.....	1	2	2
Nature des balais.....	charbon.	charbon.	charbon.
<i>Inducteur</i> : Excitation (shunt, toutes les bobines en tension):			
nombre de pôles.....	4	6	6
Nombre de spires par bobine.....	2 100	900	960
Diamètre du fil nu, en mm.....	1,2	2	2,4
Induction dans la carcasse (acier moulé), en gauss.....	12 300	12 300	11 200
Induction dans les masses polaires (acier moulé), en gauss..	13 000	12 600	11 600
Induction dans les épanouissements (fonte), en gauss.....	9 400	8 300	7 300
Induction dans l'entrefer, en gauss.....	7 750	7 100	6 000
Induction dans les dents de l'induit (tôles), en gauss.....	12 800	12 700	12 300
Induit dans le noyau de l'induit (tôles), en gauss.....	10 500	9 100	8 000

La dynamo à induit denté collecteur (*fig. 40*) présente cette particularité que le courant est recueilli directement par les balais sur les barres de l'induit.

La dynamo de ce type qui était exposée débitait normalement 270 ampères sous une tension de 750 volts, à la vitesse angulaire de 300 t : m.

La carcasse inductrice est à huit pôles avec un diamètre d'alésage de 92,5 cm. Les 8 bobines inductrices, montées en série, comportent chacune 2 600 spires de fil de 1,75 mm de diamètre.

L'enroulement de l'induit est en tambour et est constitué par des barres superposées A et B (*fig. 41*), encastrées dans de profondes rainures pratiquées à la périphérie du noyau induit; les parties extérieures A'B', A''B'' de ces barres servent de connexions entre barres sans être rabat-

tues sur les flancs de l'induit. Dans ces conditions, le noyau de l'induit se trouve prolongé de part et d'autre par deux collecteurs cylindriques constitués par les barres du rang supérieur; les balais C de prise de courant (*fig. 42*) frottent sur ces deux collecteurs. Les barres A du rang supérieur sont séparées les unes des autres par des lames de mica; les barres supérieures et inférieures sont réunies et soudées deux à deux à leurs extrémités; dans le voisinage de cette

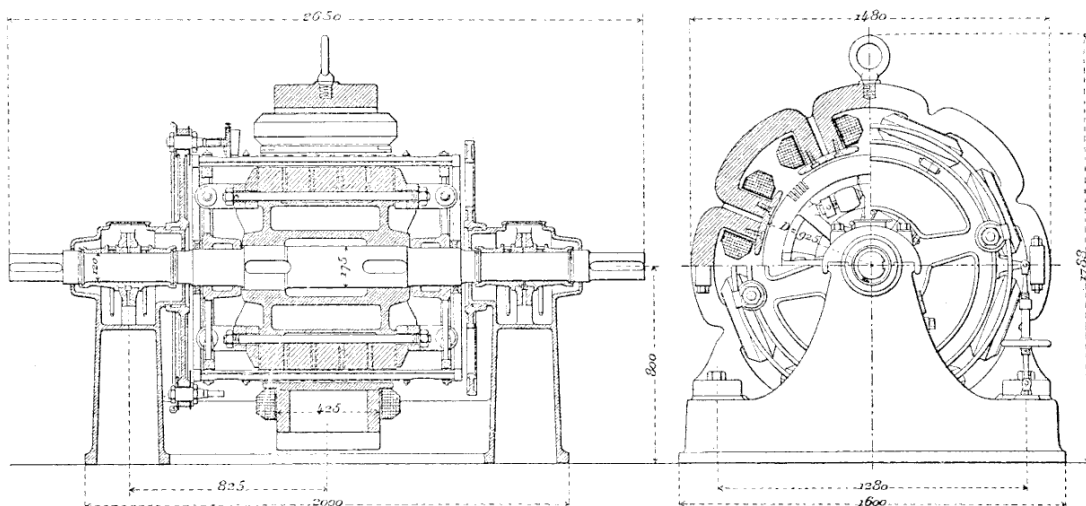


FIG. 40. — Dynamo à induit denté collecteur du Creusot. — Détails de construction.

soudure, les barres sont encastrées, avec interposition d'isolant, dans deux roues dentées en acier qui peuvent pivoter sur l'arbre de l'induit, mais ne peuvent se déplacer latéralement. L'ensemble présente une grande rigidité et permet de tourner la surface extérieure des barres sans aucune difficulté. On obtient ainsi de chaque côté du tambour un collecteur dont les lames sont disposées en hélice.

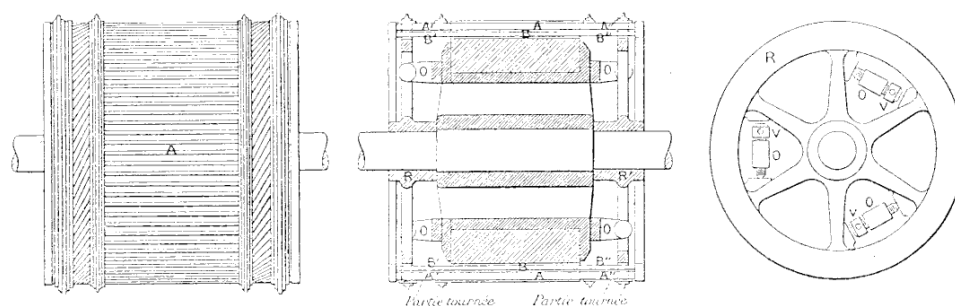


FIG. 41. — Dynamo à induit denté collecteur du Creusot. — Détails de construction.

Dans les dynamos à haute tension, on peut affecter chacun des collecteurs aux balais de même polarité.

Le noyau de l'induit, de 90,8 cm de diamètre et de 57 cm de longueur utile, a 225 rainures de 6,5 mm de largeur et de 43 mm de profondeur recevant chacune deux barres de cuivre superposées. La résistance à chaud de cet enroulement n'est que de 0,042 ohm.

Chacun des deux collecteurs a un diamètre d'environ 90 cm, une longueur apparente de 9 cm et une longueur utile de 20 cm.

MM. Schneider et C^{ie} avaient également exposé une dynamo à deux enroulements distincts

Technical drawings of a steam engine cylinder. The left drawing is a side elevation showing the cylinder body, piston rod, and connecting rod. The right drawing is a cross-section of the cylinder head, showing the internal structure and the piston rod.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau ci-après donne les données utiles concernant ce type de dynamo.

Puissance normale utile, en kilowatts	330
Tension aux bornes, en volts	110
Intensité normale, en ampères.	3 000
Vitesse angulaire, en tours par minute.	260
<i>Induit :</i>	
Diamètre extérieur du noyau, en cm.	173,4
Longueur du noyau, en cm.	27,5
Enroulement : deux enroulements imbriqués indépendants, en parallèle.	
Nombre de rainures.	432
Largeur d'une rainure, en cm.	0,66
Profondeur —	2,60
Nombre de barres par rainure	2
Nombre de lames pour un des deux collecteurs.	216
Diamètre des collecteurs, en cm.	75
Longueur utile d'un des deux collecteurs, en cm.	32,5
Nombre de tiges porte-balais	2×12
Dimensions d'une barre d'induit, en cm.	$0,5 \times 1$
Densité de courant, en ampères par cm ²	250
Poids du cuivre induit, en kg.	350
Résistance à chaud calculée, en ohms.	0,00054
Perte par effet Joule, en kilowatts	5
Pertes calculées par hystérésis et courants de Foucault, en kilowatts.	3,5
<i>Inducteur :</i>	
Diamètre d'alésage des épanouissements polaires, en cm.	175
Largeur de la carcasse inductrice, en cm.	27
Nombre de pôles	12
<i>Excitation shunt :</i>	
Fil nu de $\frac{50}{10}$ mm nu, $\frac{34}{10}$ mm guipé (deux guipages coton). Nombre de spires par bobine.	420
Les douze bobines sont réunies en tension. Résistance à chaud calculée, en ohms	5,25
Courant d'excitation, en ampères	17,2
Perte, en watts	1 550
Poids du cuivre inducteur, en kg.	1 000

Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort. — Les dynamos exposées par cette Société sont de plusieurs types.

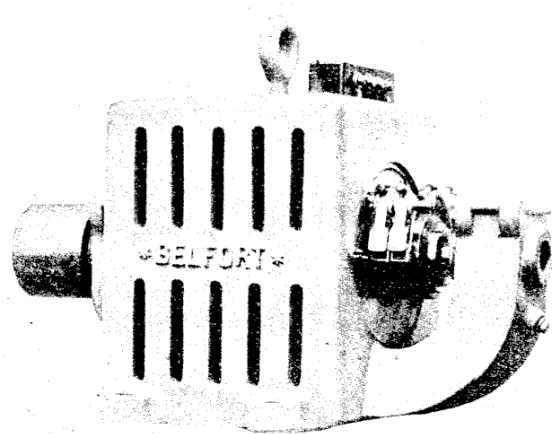


FIG. 44. — Dynamo type G, petit modèle, de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

Les dynamos bipolaires type G (fig. 44), petit modèle, ont une carcasse en fonte, de forme prismatique, fermée de manière à protéger les enroulements. Les noyaux polaires sont rapportés sur les parois inférieure et supérieure et des ouvertures ménagées dans les parois verticales assurent une bonne ventilation.

Les dynamos bipolaires type G, grand modèle (fig. 45), ont une culasse venue de fonte avec le socle et les supports des paliers; les noyaux polaires sont également venus de fonte. Ces

deux types de machines se construisent pour des puissances allant jusqu'à 9 kw.

Les dynamos multipolaires (fig. 46) sont à 4, 6 ou un plus grand nombre de pôles. Dans

les dynamos à 4 pôles, de construction analogue à celle des dynamos bipolaires grand modèle, le socle, les supports de palier, la carcasse cylindrique et les noyaux polaires sont venus de

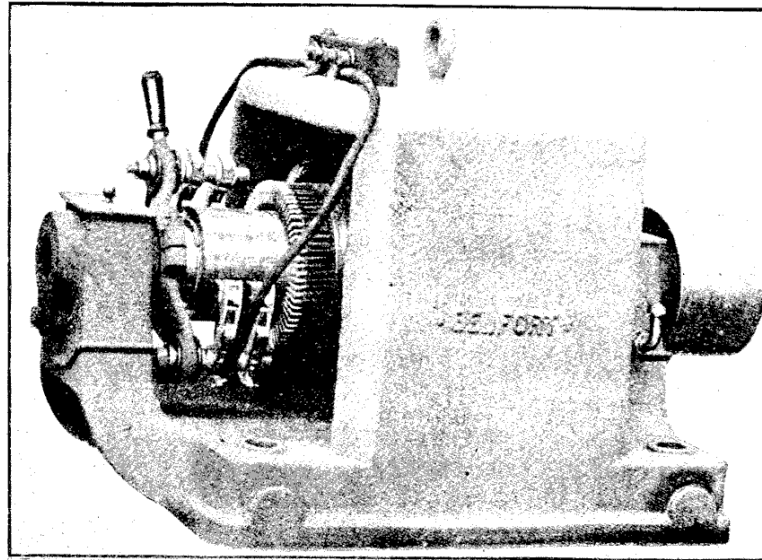


FIG. 45. — Dynamo type G, grand modèle, de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

fonte d'une seule pièce. Dans les dynamos à 6 pôles, la carcasse est en deux pièces se raccordant à la hauteur de l'axe de la machine.

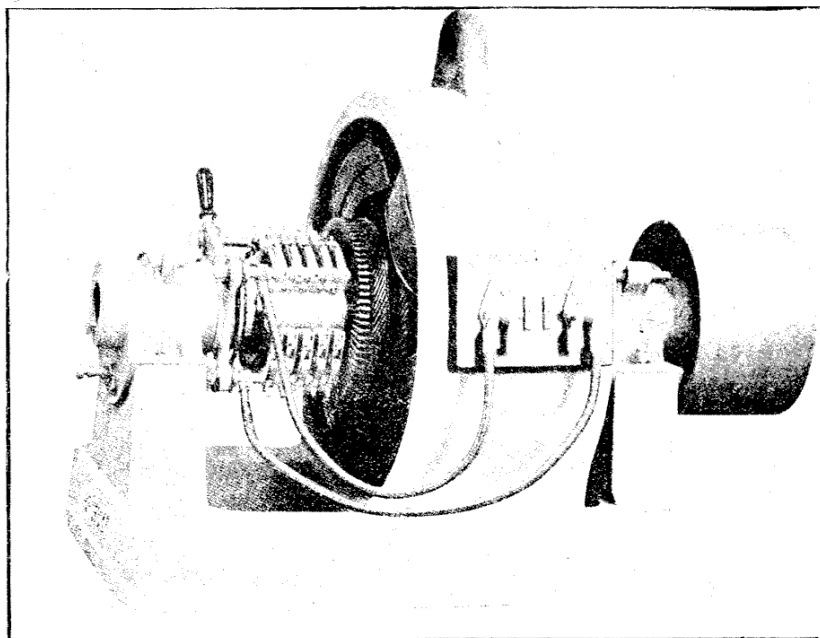


FIG. 46. — Dynamo multipolaire, type E, de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

Dans toutes ces dynamos bipolaires et multipolaires, l'induit est du type en tambour denté et le noyau est feuilleté. L'enroulement dans les dynamos bipolaires est constitué par du fil de

cuivre; dans les dynamos multipolaires, on utilise des barres de cuivre soigneusement isolées et formées sur gabarit. Les spires, toutes identiques entre elles, se recouvrent symétriquement et donnent à l'enroulement induit, en même temps qu'une grande solidité, un aspect des plus réguliers. Des frettes métalliques maintiennent l'enroulement et empêchent tout glissement et arrachement.

Le collecteur, toujours de dimensions largement calculées, a des lames en cuivre électrolytique, isolées au mica et assemblées sur un manchon métallique dont elles sont soigneusement isolées. Les lames sont maintenues soit au moyen d'un disque avec emmanchement conique boulonné sur le manchon, soit au moyen de bagues. Le secteur porte-balais affecte tantôt la forme d'un disque (machines bipolaires petit modèle), tantôt celle d'une étoile en fonte maintenue par un support annulaire fixé au palier de la machine (machine à 4 pôles), tantôt, enfin, la forme d'un anneau fixé au moyen de bras à la culasse du système inducteur. Les balais sont en charbon et calés perpendiculairement à la surface du collecteur.

La Société alsacienne avait exposé également un groupe électrogène à courant continu de 200 kw, composé d'une dynamo, du type à induit intérieur, débitant 364 ampères sous 550 volts à la vitesse angulaire de 125 t : m, et d'un moteur à vapeur à deux cylindres montés en tandem, à condensation, avec distribution du genre Corliss et d'une puissance normale de 300 à 400 chevaux.

Le système inducteur est constitué par une couronne en fonte, en deux pièces, munie de dix noyaux polaires (*fig. 47*) et ayant un diamètre extérieur de 2,60 m et 50 cm de largeur, avec un diamètre d'alésage de 1,716 m. Les bobines inductrices ont une carcasse en tôle portant 1 000 spires de fil de cuivre de 3,2 mm de diamètre; ces bobines sont groupées en tension.

L'induit a un noyau denté et feuilleté supporté par un manchon en fonte claveté sur l'arbre. Ce noyau a 1,70 m de diamètre; l'entrefer est de 8 mm. L'enroulement induit, en tambour multipolaire, est réparti dans 168 rainures de 46 mm de profondeur et de 15 mm de largeur; il est formé de barres de cuivre de 20 mm de hauteur et de 4,5 mm de largeur. Chaque rainure contient quatre conducteurs et le nombre total de spires est de 336.

Le collecteur a 1,07 m de diamètre et 49 cm de largeur utile; les lames sont isolées au mica. Les porte-balais sont fixés sur des tiges portées par une étoile mobile autour du palier de la dynamo.

Société « l'Éclairage Électrique ». — Indépendamment des groupes électrogènes qui fonctionnaient pour fournir de l'énergie électrique aux services de l'Exposition, cette Société avait exposé des types courants de dynamos à courant continu.

Les dynamos bipolaires de 600 watts jusqu'à 3,5 kw ont des inducteurs du type cuirassé; celles dont la puissance varie de 4 à 18 kw ont des inducteurs du type Manchester.

Les dynamos multipolaires se construisent pour des puissances de 22,5 kw et au-dessus.

Toutes ces machines sont caractérisées par un dispositif destiné à diminuer considérablement le flux transversal de l'induit, ce qui leur permet de supporter de grandes variations d'intensité sans qu'il se produise d'étincelles aux balais qui ont un calage fixe. Ce dispositif consiste à sectionner les noyaux polaires de l'inducteur suivant un plan médian, normal à l'entrefer et passant par l'axe de l'induit. Des nervures, aussi éloignées que possible de l'induit, donnent à la carcasse inductrice la solidité nécessaire. Dans ces conditions, la réluctance opposée au flux inducteur demeure la même que celle d'un circuit magnétique de mêmes dimensions, mais non sectionné, tandis que l'espace d'air correspondant au sectionnement oppose une réluctance considérable aux flux transversaux.

Dans les dynamos bipolaires cuirassées, la carcasse inductrice est en acier coulé et l'induit lisse est enroulé en anneau. Dans les dynamos bipolaires du type Manchester, c'est-à-dire à pôles conséquents, l'induit a également un noyau lisse et un enroulement en anneau.

Les dynamos multipolaires ont une carcasse en deux pièces, en acier coulé. Le noyau de l'induit est feuilleté avec enroulement en anneau ou en tambour, suivant les cas. Deux types de

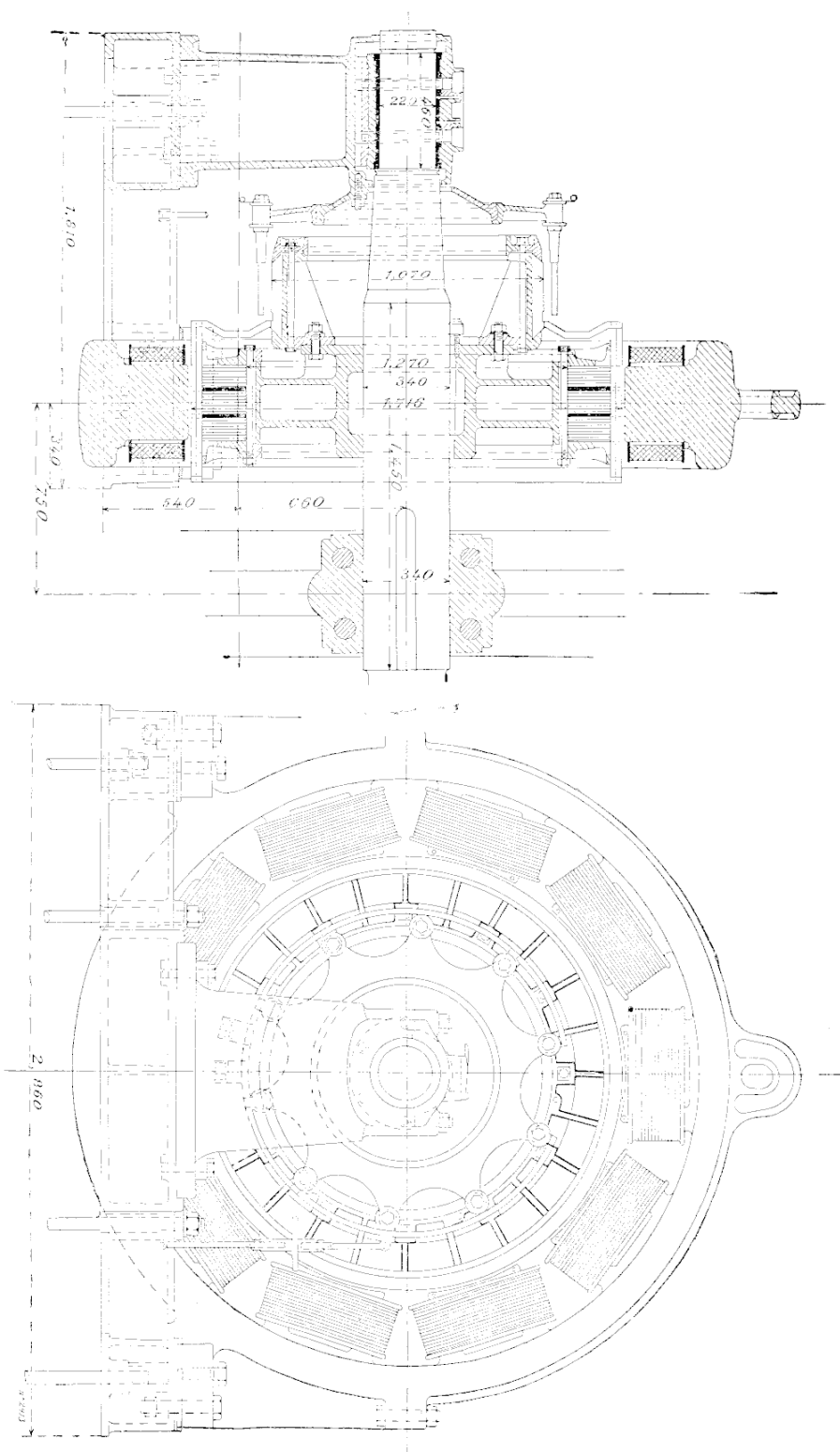


Fig. 47. — Dynamo de 200 kw de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

ces machines figuraient à l'Exposition : une dynamo à quatre pôles, excitée en dérivation et avec induit en anneau, de 42,5 kw, débitant 193 ampères sous 220 volts à la vitesse angulaire

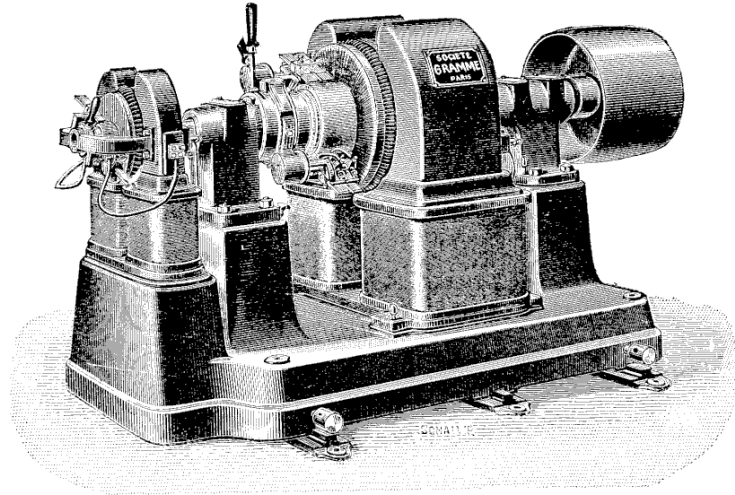


FIG. 48. — Dynamo Gramme bipolaire.

de 600 t : m, et une dynamo à six pôles, excitée en dérivation et avec induit lisse en tambour, de 160 kw, donnant 1 455 ampères sous 110 volts à la vitesse angulaire de 300 t : m.

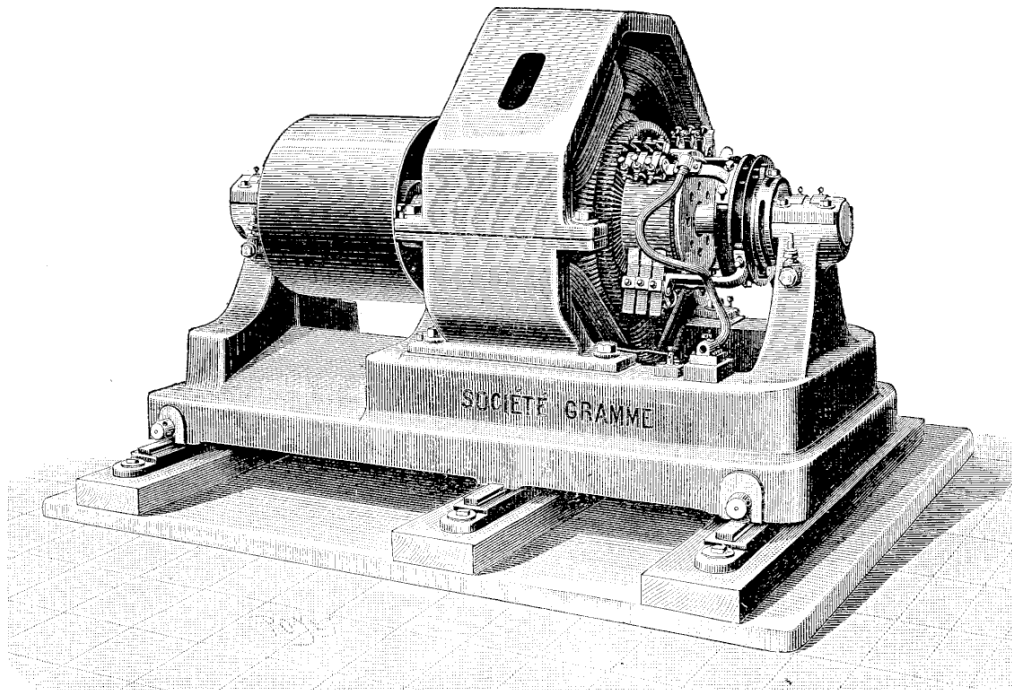


FIG. 49. — Dynamo Gramme multipolaire.

La même Société exposait également des dynamos pour distribution à trois fils, constituées soit par deux dynamos identiques jumelées avec poulie unique, soit par une dynamo à deux

induits calés sur le même arbre et placés côte à côte. Un certain nombre de types spéciaux de dynamos pour électrolyse et électrometallurgie figuraient aussi dans le stand de cette Société.

Société Gramme. — Les dynamos Gramme sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les décrire en détail. Il nous suffira de rappeler que les dynamos bipolaires (*fig. 48*) se construisent en quatorze dimensions différentes pour des puissances depuis 100 watts jusqu'à 34,5 kw. Elles ont une carcasse inductrice en fonte avec pièces polaires en forme de mâchoires, enveloppant l'induit sur les trois quarts environ de sa surface. L'induit est un anneau Gramme avec noyau en fil de fer doux.

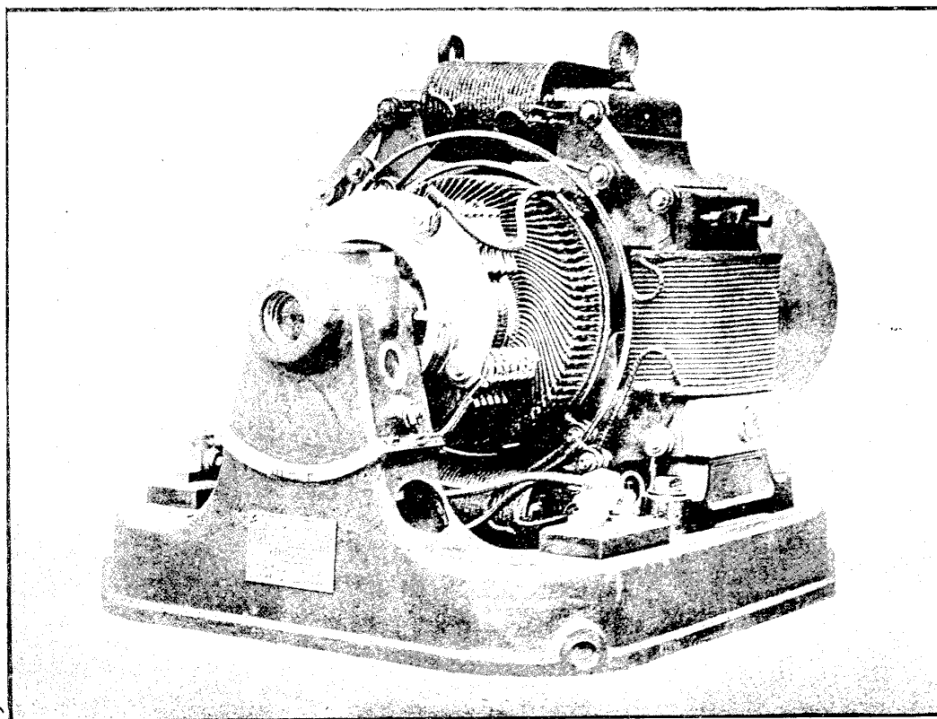


FIG. 50. — Dynamo multipolaire de la Société nouvelle des établissements Decauville aîné.

Les dynamos multipolaires se construisent pour des puissances variant depuis 48 jusqu'à 325 kw. Ces dynamos ont leur système inducteur constitué par une carcasse polygonale en acier coulé avec noyaux polaires disposés radialement. Les machines de 48 à 125 kw comportent quatre pôles (*fig. 49*); celles de 150 kw et au-dessus ont six et dix pôles. L'induit est du type en tambour avec noyau feuilleté et denté et les porte-balais sont montés sur une étoile portée par le palier et commandés par une vis sans fin.

Les dynamos Gramme pour électrolyse et travaux électrochimiques sont du type bipolaire avec collecteur de grande longueur; la série courante de ces machines comprend neuf modèles de puissance variant depuis 600 watts jusqu'à 17,8 kw, pouvant débiter depuis 40 jusqu'à 1 500 ampères sous 5 à 7 volts.

Société nouvelle des Établissements Decauville. — Cette Société avait exposé ses divers types de dynamos à courant continu.

Les dynamos bipolaires du type Manchester se construisent pour diverses puissances comprises entre 800 watts et 20 kw. La carcasse inductrice en acier coulé a une section circulaire. L'induit est en tambour lisse.

Les dynamos multipolaires (*fig. 50*) sont construites pour des puissances de 25 kw et au-dessus. La carcasse inductrice, de forme polygonale à pôles consécutifs, a ses pôles qui correspondent aux sommets du polygone et les bobines inductrices sont placées sur les côtés. Les induits sont du type en tambour à noyau lisse. Jusqu'à 105 kw, les dynamos ont quatre pôles; pour les puissances plus élevées, il y a six pôles.

La même Société avait également exposé des dynamos pour distribution à trois fils constituées par deux carcasses inductrices juxtaposées avec deux induits clavetés sur le même arbre.

Fr. Krizik, de Prague (Autriche). — Cette maison avait exposé un type de chacune des

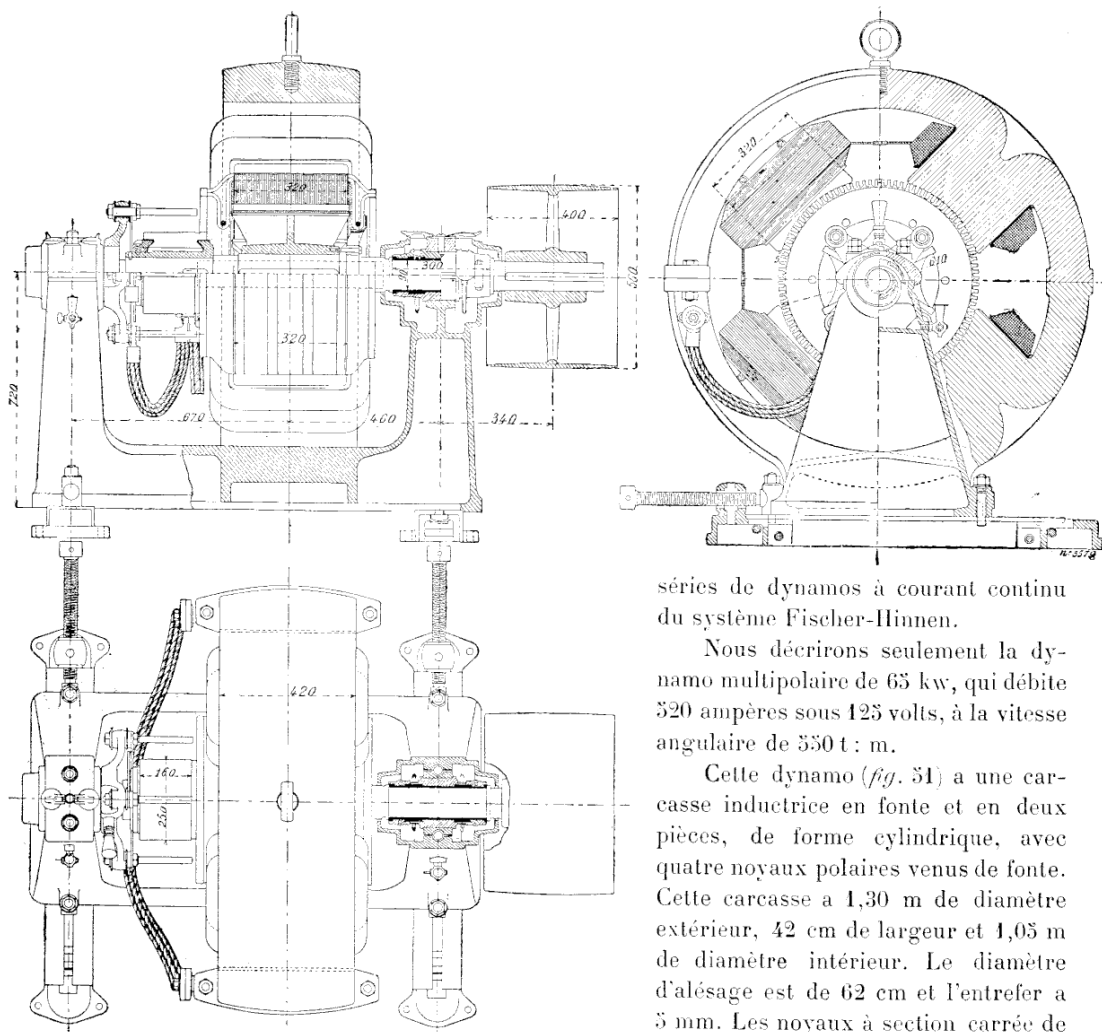


FIG. 51. — Dynamo de 65 kw de F. Krizik, de Prague.

séries de dynamos à courant continu du système Fischer-Hinnen.

Nous décrirons seulement la dynamo multipolaire de 65 kw, qui débite 520 ampères sous 125 volts, à la vitesse angulaire de 550 t. m.

Cette dynamo (*fig. 51*) a une carcasse inductrice en fonte et en deux pièces, de forme cylindrique, avec quatre noyaux polaires venus de fonte. Cette carcasse a 1,30 m de diamètre extérieur, 42 cm de largeur et 1,05 m de diamètre intérieur. Le diamètre d'alésage est de 62 cm et l'entrefer a 5 mm. Les noyaux à section carrée de 32 cm de côté ont des bobines enroulées sur une carcasse en tôle fixée sur eux par des vis; chaque bobine comporte 620 spires de fil de 3,4 mm de diamètre. Les quatre bobines sont reliées en tension.

L'induit, de 61 cm de diamètre extérieur et de 32 cm de largeur, est feuilleté et denté. Les 98 rainures de 21 mm de profondeur reçoivent chacune deux fils de 7,8 mm de diamètre: leur ensemble constitue 98 sections d'une seule spire.

Le collecteur a 25 cm de diamètre et 16 cm de largeur. Il y a 4 séries de 3 balais chacune.

Compagnie internationale d'Électricité de Liège. — Les dynamos à courant continu exposées par cette Compagnie appartiennent à trois types différents :

- 1° Type B, dynamos bipolaires ;
- 2° Type R, dynamos tétrapolaires ;
- 3° Type T, dynamos multipolaires.

Les dynamos du type B ont la carcasse de l'inducteur en acier coulé et les pôles de section circulaire sont disposés, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'induit (*fig. 52*). La carcasse

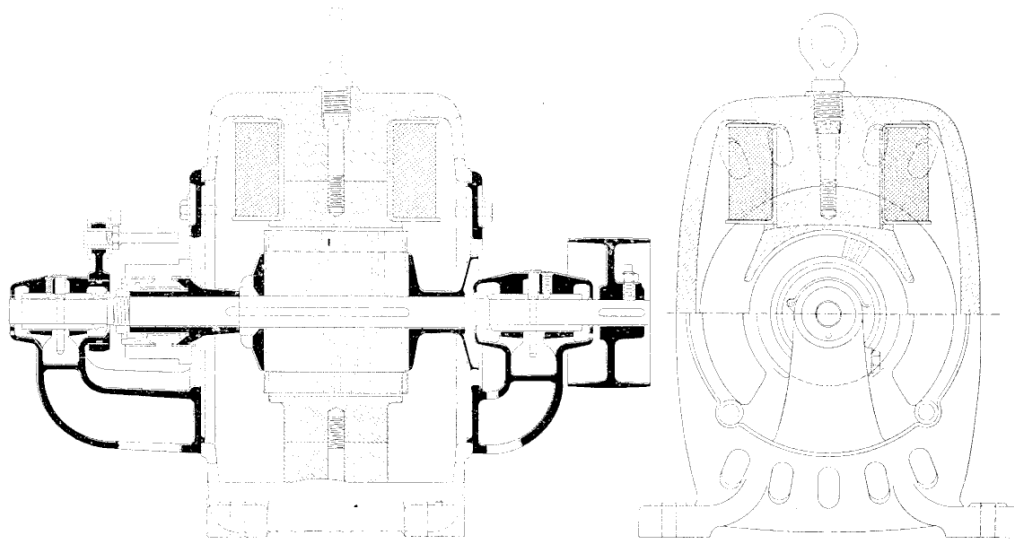


FIG. 52. — Dynamo type B de la Compagnie internationale de Liège.

sert en même temps de cuirasse; elle est ajourée sur les côtés, afin d'assurer une bonne ventilation. Les pièces polaires sont feuilletées et rapportées sur les noyaux au moyen de vis ; elles

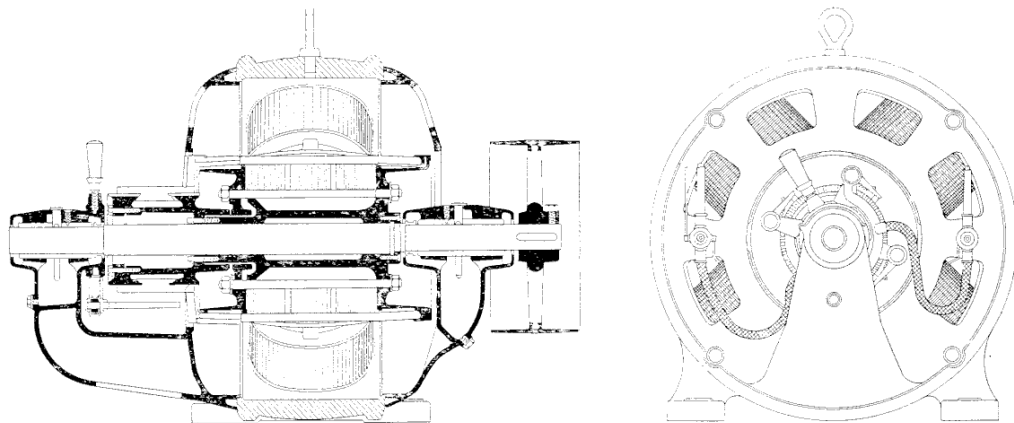


FIG. 53. — Dynamo type R de la Compagnie internationale de Liège.

servent à maintenir les bobines inductrices. Le noyau de l'induit de ces dynamos est feuilleté et denté ; l'enroulement est en tambour. Les tôles du noyau sont directement enfilées sur l'arbre et maintenues par une clavette. Ces dynamos bipolaires ne se construisent que pour de faibles puissances, depuis un demi-cheval jusqu'à 9 chevaux.

Les dynamos du type R (*fig. 53*) ont une carcasse en acier coulé avec 4 pôles de section

circulaire munis de pièces polaires pleines fixées par des vis. Les deux paliers de ces machines sont venues de fonte avec deux flasques circulaires; ils sont fixés et centrés sur les prolongements latéraux de la carcasse inductrice. Les flasques sont ajourées afin d'assurer une bonne ventilation et la carcasse inductrice comporte deux patins venus de fonte qui servent à fixer la dynamo.

L'induit à noyau feuilleté est porté par un croisillon claveté sur l'arbre. Pour assurer la ventilation du noyau, on a ménagé des espaces entre les divers paquets de tôles. L'enroulement est en tambour.

Les dynamos du type R sont de diverses puissances, pouvant respectivement débiter 92, 125, 184 et 250 ampères sous 110 volts.

Les machines du type T étaient représentées à l'Exposition par deux groupes électrogènes, l'un de 135 kw, l'autre de 45 kw, et par une dynamo de 100 kw actionnée par un moteur à courants alternatifs triphasés.

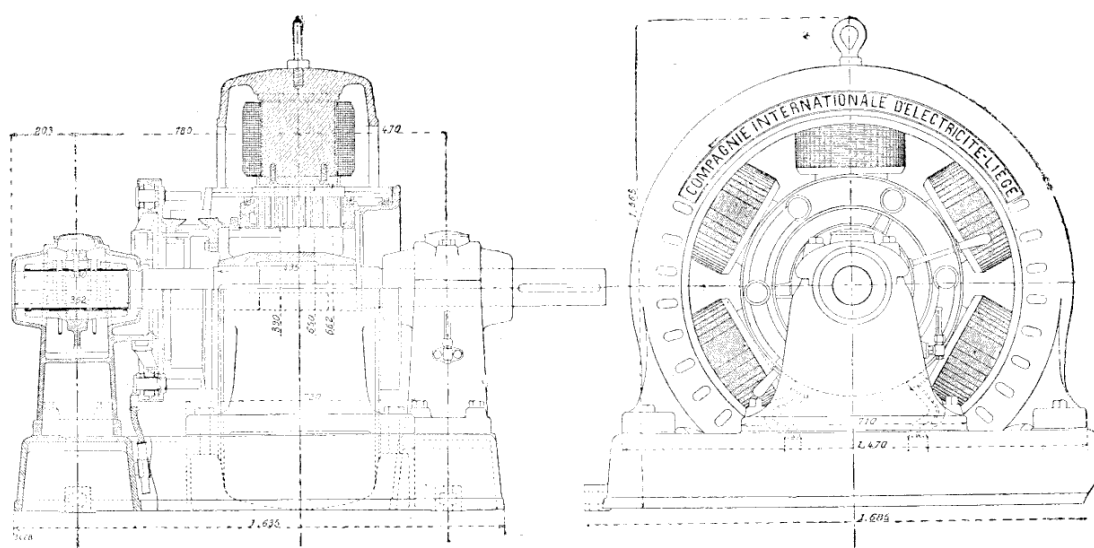


Fig. 54. — Dynamo de 135 kw de la Compagnie internationale de Liège.

Le groupe électrogène de 135 kw se compose d'une dynamo à 6 pôles, type T, actionnée par un moteur à vapeur Willans, construit par les ateliers Van den Kerchove, de Gand.

Cette dynamo (fig. 54) peut débiter 270 ampères sous 300 volts, à la vitesse angulaire de 460 t : m. La carcasse inductrice est une couronne en acier munie de six pôles et de deux flasques ajourées, le tout coulé d'une seule pièce. Le diamètre extérieur de cette carcasse est de 1,55 m, sa largeur de 59 cm et son diamètre intérieur de 1,33 m. Les pôles inducteurs ont 25,5 cm de diamètre et sont munis de pièces polaires en tôles feuilletées, serrées, à l'aide de boulons en laiton, entre deux plaques de même métal. Ces pièces polaires ont 29 cm sur 26 cm. Le diamètre d'alésage est de 74,5 cm et l'entrefer de 7,5 mm. L'enroulement inducteur en dérivation est formé de six bobines comportant chacune 2675 spires de fil de 1,9 mm de diamètre; ces bobines sont reliées en série.

L'induit se compose d'un noyau feuilleté supporté par un croisillon en fonte claveté sur l'arbre. Le noyau comporte quatre paquets de tôle séparés par des événements de ventilation. La surface de ce noyau, de 73 cm de diamètre extérieur, est munie de 100 rainures rectangulaires dans lesquelles est réparti un enroulement en tambour multipolaire série. Quatre barres de cuivre de 48 mm² de section sont logées dans chaque rainure. Il y a 398 conducteurs à la surface du noyau, répartis en 199 sections d'une spire chacune.

Le collecteur a 55 cm de diamètre et 20 cm de largeur utile ; il comporte 199 lames. Les balais sont en charbon et il y a 6 séries de 6 balais chaque.

Le moteur à vapeur est du type normal Willans-Robinson compound à simple effet. Il a trois rangées de deux cylindres disposés en tandem. Sa puissance normale est de 180 chevaux indiqués pour la marche en condensation à la pression de 10 kg : cm².

Le groupe électrogène de 45 kw se compose d'une dynamo de construction analogue à la précédente, débitant 200 ampères sous 225 volts à la vitesse angulaire de 470 t : m, et d'un moteur Willans-Robinson ayant une puissance normale de 90 chevaux indiqués pour la marche à condensation avec une pression de 10 kg : cm².

L'inducteur de la dynamo est constitué par une carcasse circulaire en acier coulé de 1 m de diamètre extérieur et de 34 cm de largeur, muni de 6 pôles, dont les bobines réunies en série sont chacune formées de 1680 spires de fil de 1,8 mm de diamètre.

L'induit à noyau feuilleté porte 110 rainures, dans lesquelles sont logés 440 conducteurs de 28 mm² de section constituant un enroulement en tambour multipolaire série ayant 220 sections.

Le collecteur a 36 cm de diamètre et 11 cm de longueur utile ; le courant est recueilli par 6 séries de 3 balais en charbon.

Société anonyme « Électricité et Hydraulique » de Jeumont (Nord) et de Charleroi (Belgique).

— Les dynamos construites par cette Société sont bipolaires pour les puissances comprises entre 1,5 et 9 kw, tétrapolaires de 12 à 50 kw et hexapolaires de 65 à 125 kw.

La carcasse inductrice est en acier coulé. Elle est venue de fonte avec le bâti pour les dynamos d'une puissance de 20 kw et au-dessous ; pour les machines plus puissantes, cette carcasse est en deux pièces et se fixe sur le bâti à l'aide de boulons. Les bobines inductrices sont roulées sur une carcasse en zinc calibrée.

L'induit est en tambour avec noyau feuilleté et denté. Le noyau est, soit calé directement sur l'arbre, soit fixé sur les bras d'un croisillon calé sur l'arbre.

Le collecteur a ses lames en cuivre dur isolées au mica et les balais sont généralement en charbon.

Le tableau ci-après contient les principales données pratiques relatives aux dynamos construites par cette Société.

	TYPES														
	2 P ₁	2 P ₂	2 P ₃	2 P ₄	4 P ₅	4 P ₆	4 P ₇	4 P ₈	4 P ₉	4 P ₁₀	4 P ₁₁	6 P ₁₂	6 P ₁₃	6 P ₁₄	6 P ₁₅
Puissance utile, en kilowatts,	1,5	3	6	9	12	16	20	25	30	40	50	65	85	105	125
Différence de potentiel aux bornes, en volts,	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
Intensité du courant, en ampères,	13	26	52	80	104	140	174	220	260	350	440	566	740	914	1 090
Vitesse angulaire, en t : m,	1 600	1 400	1 200	1 100	1 000	900	800	750	700	650	600	550	500	450	400
Rendement,	0,80	0,82	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,895	0,90	0,91	0,91	0,91	0,915	0,915	0,92

Bullock Electric Manufacturing Co de Cincinnati (États-Unis). — Cette Compagnie avait exposé plusieurs types de ses dynamos, entre autres : une dynamo multipolaire de 350 kw, type H, qui fonctionnait à l'annexe de Vincennes, et une de 50 kw, type I, qui était en marche dans le Palais du Génie Civil. Dans le Palais de l'Électricité, on pouvait voir dans le stand de cette Compagnie :

1° Une dynamo multipolaire, type H, de 7,5 kw ;

2° Un groupe électrogène de 45 kw, constitué par une dynamo multipolaire, type I, commandée par un moteur à vapeur Forbes ;

3° Un groupe électrogène de 7,5 kw de construction analogue au précédent.

La dynamo type H (fig. 33) est une machine à 4 pôles avec carcasse cylindrique en fonte. Les noyaux polaires en acier coulé sont rapportés et fixés à l'aide de boulons. Cette dynamo compound a les bobines inductrices de l'enroulement en série et celles de l'enroulement en dérivation enroulées sur des carcasses séparées et enfilées l'une au-dessus de l'autre sur chaque noyau polaire. L'induit, à noyau feuilleté et denté, reçoit un enroulement du type en tambour ondulé ; les conducteurs constituant l'enroulement sont maintenus dans les encoches par des cales en matière isolante. Des canaux de ventilation sont ménagés à l'intérieur du noyau. Le collecteur a ses lames isolées au mica.

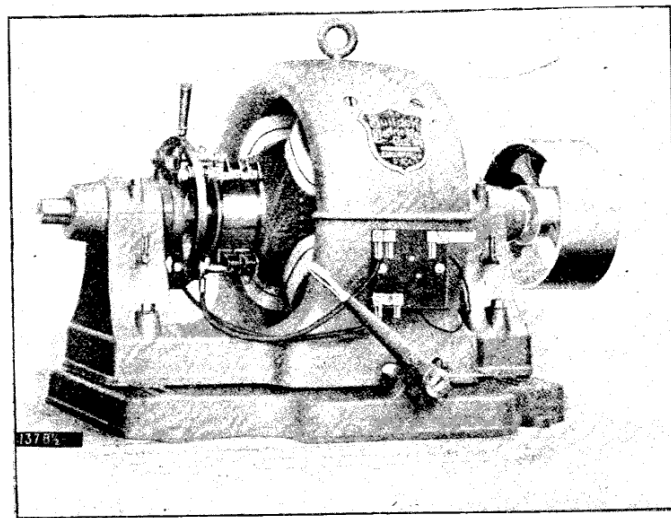


Fig. 33. — Dynamo de 75 kw, type H, de la Bullock Electric Manufacturing Co.

Les dynamos du type I sont de construction analogue à celles du type H et sont établies pour être commandées directement par un moteur à vapeur ou à gaz.

Western Electric Company de Chicago. — Cette Compagnie avait exposé un certain nombre de dynamos à courant continu de sa fabrication.

Ces dynamos ont une carcasse polygonale en fonte avec noyaux polaires rapportés en fer forgé. L'induit en tambour a un noyau feuilleté et denté et les conducteurs de l'enroulement sont des barres de cuivre placées dans des tubes en matière isolante. Le collecteur a des lames isolées au mica et les balais sont en charbon.

Ganz et Cie, de Budapest (Hongrie). — MM. Ganz et Cie avaient exposé plusieurs types de dynamos à courant continu du système breveté par M. de Kando et caractérisé par une faible réaction d'induit, grâce au système particulier de pièces polaires employées. Les types exposés avaient respectivement une puissance de 1, 6, 8, 18 et 60 kw.

La dynamo de 60 kw peut débiter normalement 107 ampères sous 560 à 760 volts, suivant la vitesse angulaire, qui est au maximum de 820 t : m.

La carcasse inductrice, en deux pièces, est en acier coulé et a une section en forme d'U. Les noyaux polaires, au nombre de six, ont une section circulaire et sont fixés à la carcasse par un boulon ; les bobines inductrices, groupées en tension, sont enroulées sur une carcasse maintenue par les pièces polaires de forme particulière qui fait que l'entrefer augmente légèrement en allant de l'intérieur vers l'extérieur. Le diamètre d'alésage de l'inducteur est de 52,5 cm.

L'induit a un noyau feuilleté divisé en trois paquets ; il porte 40 rainures circulaires à demi

fermées. L'enroulement est du type en tambour multipolaire série et comporte 200 sections de deux spires chacune. Le diamètre intérieur de l'induit est de 52 cm.

Le collecteur a 36 cm de diamètre et 8 cm de longueur utile. Les balais sont en charbon ; il y a 2 séries de 3 balais chacune.

Société de l'Elektrotechnische Industrie de Slikerveer (Pays-Bas). — Parmi les divers types de dynamos à courant continu exposées par cette Société, nous prendrons comme exemple le type normal à quatre pôles que représente la figure 36, d'une puissance de 65 kw et débitant 130 ampères sous 460 à 500 volts, à la vitesse angulaire de 600 t : m.

La carcasse inductrice, en deux pièces, est en acier coulé avec noyaux polaires à section rectangulaire venus de fonte, munis de pièces polaires, également en acier, et maintenues à l'aide

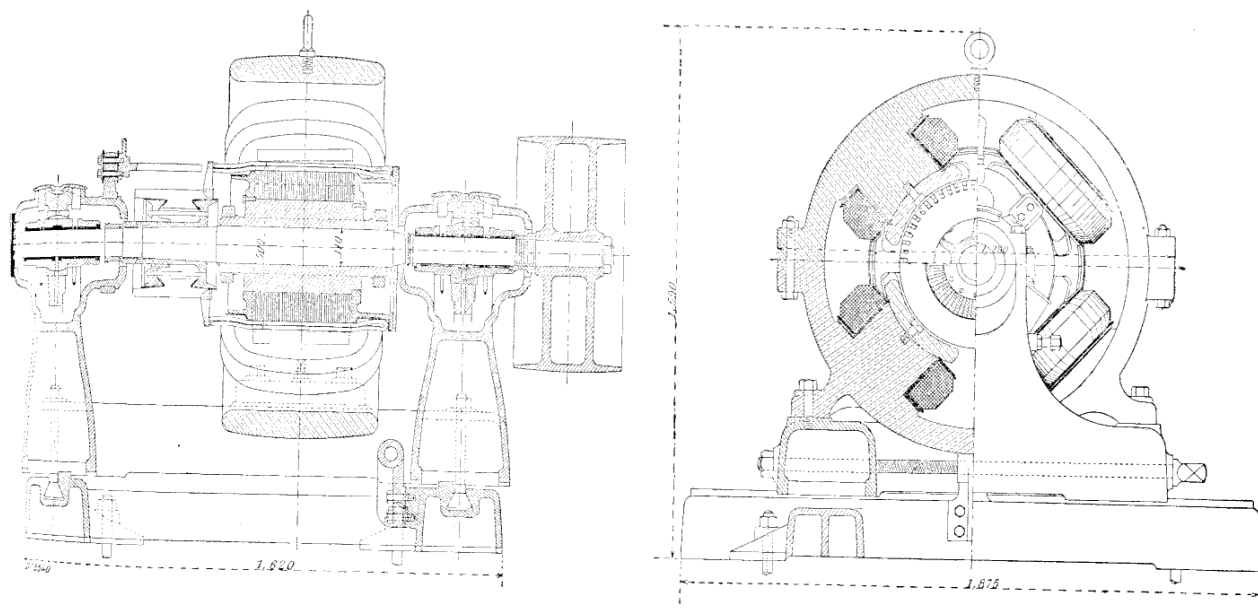


FIG. 36. — Dynamo de 65 kw de l'Elektrotechnische Industrie.

de vis. Les bobines, enroulées sur une carcasse isolante, comportent 4 420 spires de fil de 1,76 mm² de section et sont groupées en tension. Le diamètre d'alésage est de 51,5 cm et l'entrefer de 7,5 mm.

Le noyau de l'induit est feuilleté et comporte trois paquets de tôles séparés par des intervalles de 10 mm destinés à assurer une bonne ventilation. Son diamètre extérieur est de 50 cm et sa largeur totale de 32 cm. L'enroulement, constitué par des lames de cuivre de 10 mm de largeur et de 2 mm d'épaisseur, est du type en tambour multipolaire en série. Il est réparti dans 55 rainures de 27 mm de profondeur et de 13 mm de largeur ; chaque rainure reçoit six lames réparties en deux couches. Il y a 165 sections ayant chacune deux conducteurs.

Le collecteur a 32 cm de diamètre et 22 cm de largeur utile. Il y a 2 séries de 4 balais en charbon chacune. Les supports des porte-balais sont fixés sur un collier en deux parties pouvant tourner autour d'un anneau venu de fonte avec le palier.

Ateliers de construction d'Oerlikon (Suisse). — Cette Société avait exposé comme type normal de ses dynamos à courant continu une machine de 55 kw, donnant 440 ampères sous 125 volts à la vitesse angulaire de 600 t : m (fig. 37).

La carcasse inductrice, en acier coulé, est une couronne en deux pièces de 1.13 m de diamètre extérieur et de 26 cm de largeur, avec quatre noyaux polaires de section circulaire, fixés à la car-

casse par deux vis et munis de pièces polaires de forme rectangulaire. Le diamètre d'alésage est de 48 cm et l'entrefer est de 5 mm. Les bobines inductrices, enroulées sur des carcasses

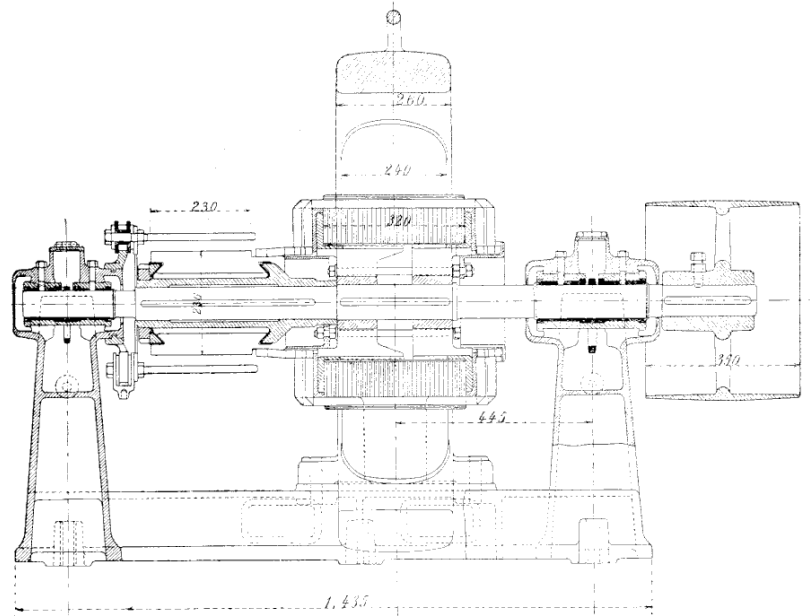


FIG. 57. — Dynamo de 33 kw des ateliers d'Oerlikon.

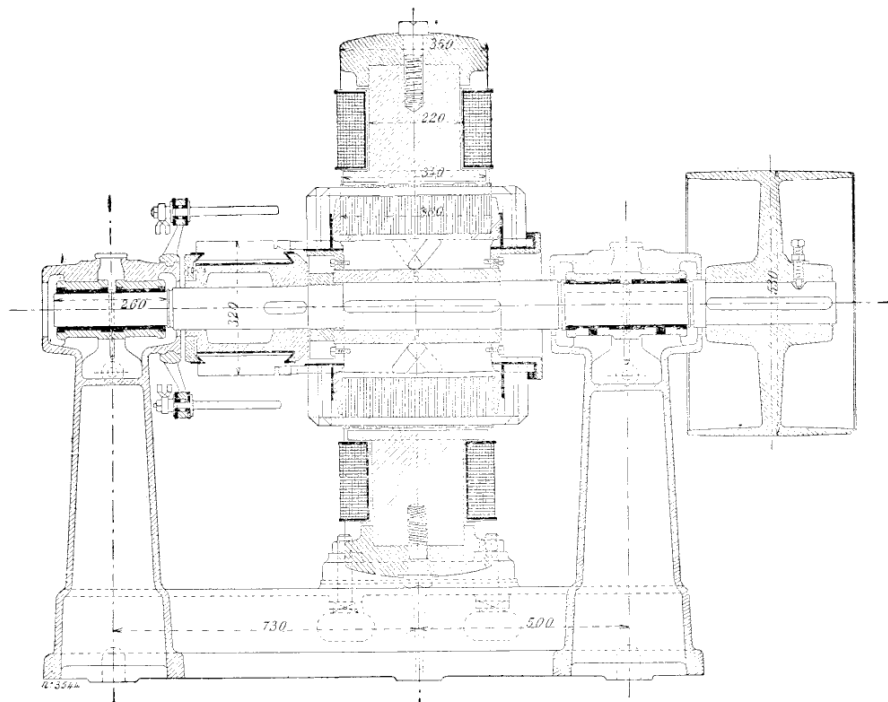
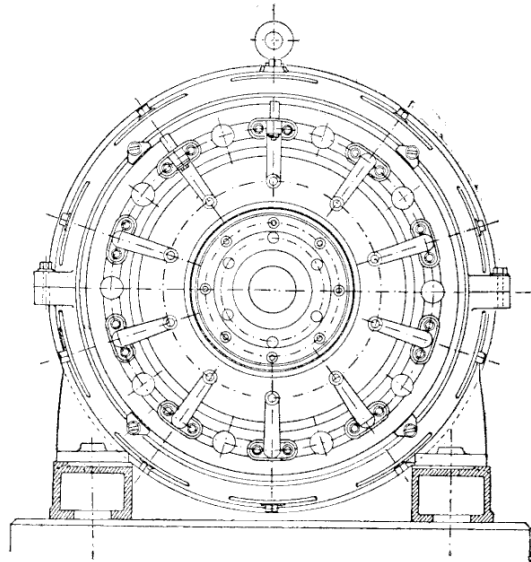
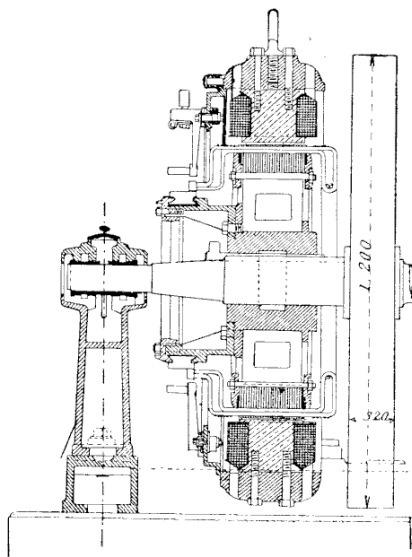


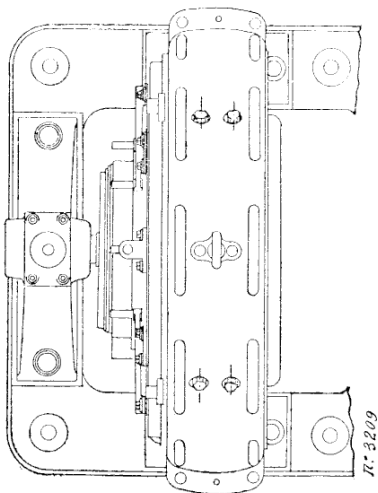
FIG. 58. — Dynamo de 70 kw de la Société Rieter et C°.

en tôle, sont formées chacune de 1500 spires de fil de 2,9 mm de diamètre; elles sont groupées en tension.

L'induit, de 47 cm de diamètre extérieur, est feuilleté et porte 116 rainures, de 22 mm de hauteur et de 6 mm de largeur, qui reçoivent chacune deux barres de 18 mm de largeur et de 1,8 mm d'épaisseur. L'enroulement est en tambour multipolaire série avec 4 circuits en parallèle.



Le collecteur a ses 116 lames isolées au mica; son diamètre est de 23,6 m et sa largeur utile de 23 cm. Quatre séries de chacune 10 balais en charbon servent à capter le courant et les axes des porte-balais sont supportés par un balancier monté sur un anneau venu de fonte avec le palier.



Société anonyme de l'ancienne maison Joh. Jacob Rieter et C^{ie}, de Winterthur (Suisse). — Parmi les nombreuses dynamos exposées par cette Société, nous décrivons seulement celle de 70 kw à tension variable entre 125 et 180 volts et débitant de 388 à 560 ampères; la vitesse angulaire est de 550 t : m (*fig. 38*).

La carcasse inductrice est une couronne de fonte en deux parties assemblées par des boulons. Les six noyaux polaires, à section circulaire, sont en acier; ils sont munis de pièces polaires rectangulaires également en acier. Les bobines inductrices, formées chacune de 800 spires de fil de 3,2 mm de diamètre, sont enroulées sur des carcasses métalliques et retenues par des pièces polaires. La carcasse a 1,30 m de diamètre extérieur et 35 cm de largeur; son diamètre d'alésage est de 59,2 cm et l'entrefer de 6 mm.

Fig. 59. — Dynamo de 30 kw de la Société Alsth. sur des carcasses métalliques et retenues par des pièces polaires. La carcasse a 1,30 m de diamètre extérieur et 35 cm de largeur; son diamètre d'alésage est de 59,2 cm et l'entrefer de 6 mm.

L'induit feuilleté, de 38 cm de diamètre extérieur, porte 150 rainures de 28 mm de profondeur et de 6 mm de largeur, recevant chacune deux lames de cuivre de 25 mm de largeur et de 1,6 mm d'épaisseur. L'enroulement est en tambour multipolaire en quantité et comporte 150 sections.

Le collecteur, de 32 cm de diamètre et de 19 cm de largeur utile, a ses lames isolées au mica. Le courant est capté par six séries de balais en charbon et deux anneaux de cuivre relient les balais de même polarité.

Société d'électricité Alioth de Münschenstein-Bâle (Suisse). — Indépendamment du groupe électrogène en service à l'Exposition, cette Société avait exposé un autre groupe de 50 chevaux, formé d'une dynamo de 30 kw et d'un moteur à vapeur de M. E. Mertz, à simple effet, du type compound vertical avec les deux cylindres disposés en tandem et distribution système Rider.

La dynamo, à 10 pôles, peut débiter 240 ampères sous 125 volts à la vitesse angulaire de 425 t : m.

La carcasse inductrice (*fig. 59*) est une couronne en fonte, coulée en deux pièces, munie de dix noyaux polaires en acier fixés par des boulons. Elle a 1,20 m de diamètre extérieur, 73,3 cm de diamètre d'alésage et un entrefer de 6,5 mm. Les bobines inductrices, groupées en tension et enroulées directement sur les noyaux, comportent chacune 1100 spires de fil de 1,9 mm de diamètre.

L'induit est de construction analogue à celui du groupe électrogène décrit dans la deuxième partie de cet ouvrage. Il a 72 cm de diamètre extérieur et est muni de 161 rainures recevant chacune deux lames de cuivre de 10 mm de largeur et de 4 mm d'épaisseur. L'enroulement est en tambour multipolaire série ondulé.

Sur le collecteur, de 47 cm de diamètre extérieur et de 5 cm de largeur utile avec 161 lames isolées au mica, appuient 10 séries de chacune 2 balais en charbon.

ALTERNATEURS

Compagnie de Fives-Lille. — Indépendamment du groupe électrogène triphasé de 800 kilovolts-ampères que cette Compagnie avait installé pour le service de l'Exposition, elle avait

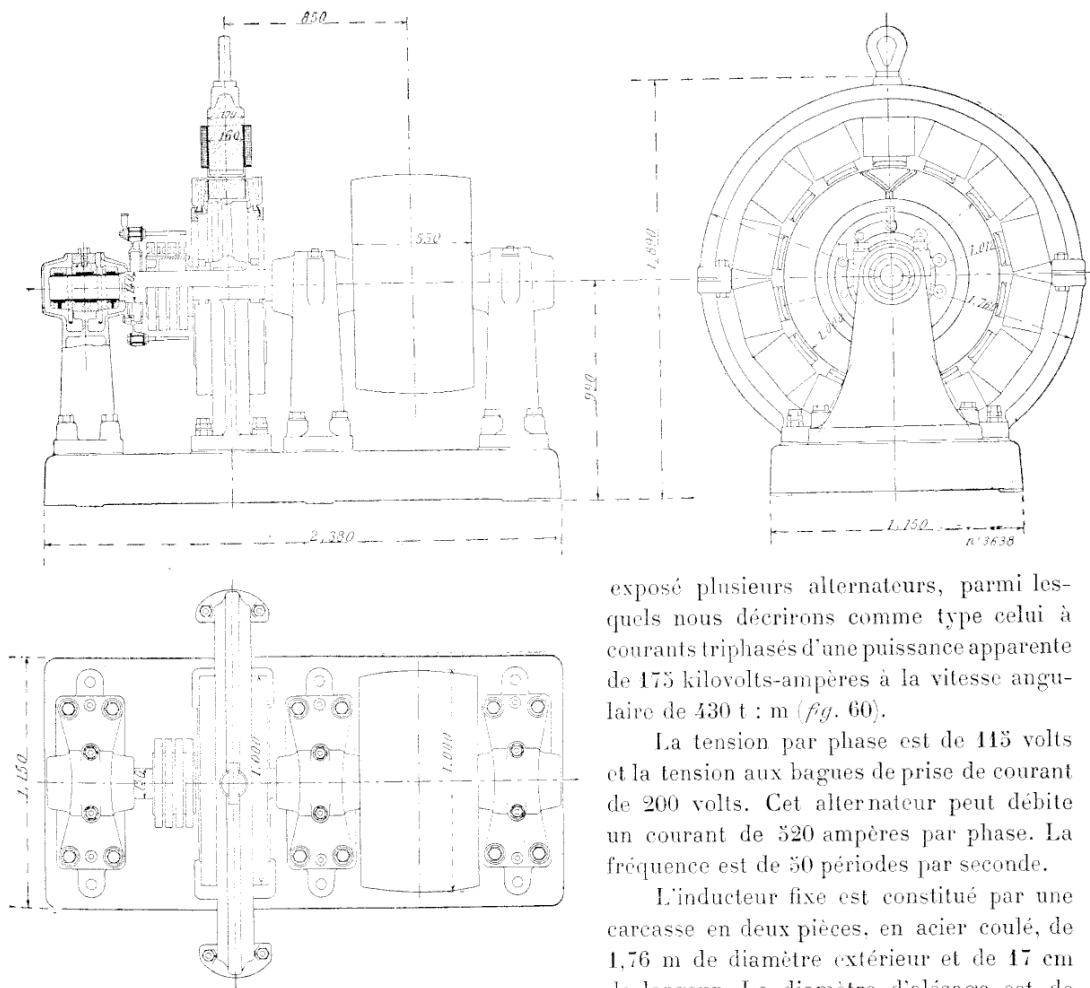


FIG. 60. — Alternateur triphasé de 175 kilovolts-ampères de la Compagnie de Fives-Lille.

laire, venus de fonte et munis d'épanouissements de forme carrée; sur chacun d'eux est une bobine formée de 280 spires de fil de 4 mm de diamètre et enroulée sur une carcasse en matière isolante; ces bobines sont groupées en tension.

exposé plusieurs alternateurs, parmi lesquels nous décrirons comme type celui à courants triphasés d'une puissance apparente de 175 kilovolts-ampères à la vitesse angulaire de 430 t : m (fig. 60).

La tension par phase est de 115 volts et la tension aux bagues de prise de courant de 200 volts. Cet alternateur peut débiter un courant de 520 ampères par phase. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

L'inducteur fixe est constitué par une carcasse en deux pièces, en acier coulé, de 1,76 m de diamètre extérieur et de 17 cm de largeur. Le diamètre d'alésage est de 1,012 m et l'entrefer a 6 mm. Cet inducteur porte 14 noyaux polaires de section circu-

L'induit a 1 m de diamètre extérieur; le noyau est une couronne feuilletée de 10 cm de hauteur radiale, fixée sur une couronne en fonte clavetée sur l'arbre. Ce noyau porte 156 entailles circulaires, légèrement ouvertes, ayant 10 mm de diamètre et recevant chacune une barre de cuivre de 50 mm² de section. L'enroulement comporte 3 circuits formés chacun de 52 barres reliées en tension. Chaque circuit est relié, d'une part, à une bague servant de point neutre et, d'autre part, à l'une des trois bagues isolées constituant les prises de courant.

MM. Hutin et Leblanc. — M. Maurice Leblanc avait exposé, dans le stand de M. Grammont, un alternateur compound fondé sur les principes qu'il a étudiés¹.

Cet alternateur triphasé (*fig. 61*), d'une puissance apparente de 60 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance égal à 0,7, débite par phase 272 ampères sous 110 volts, à la vitesse angulaire de 800 t : m. La fréquence est de 40 périodes par seconde.

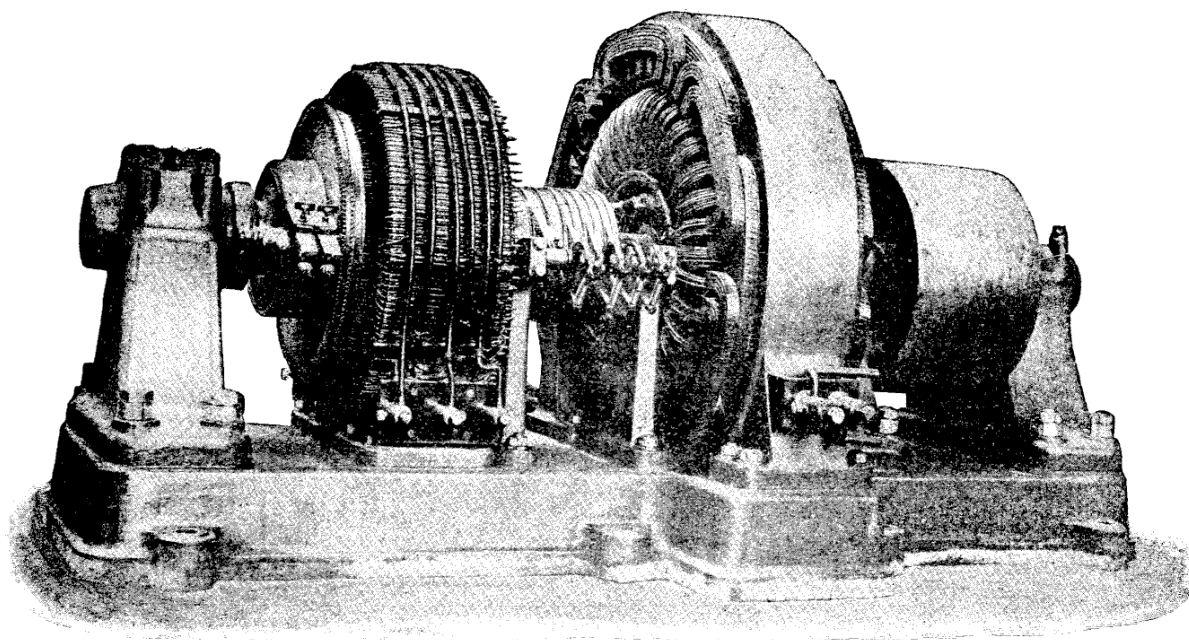


FIG. 61. — Alternateur diphasé de MM. Hutin et Leblanc.

L'inducteur tournant de cet alternateur compound présente des dispositions analogues à celles de l'inducteur d'un moteur asynchrone triphasé; il est constitué par un volant en fonte claveté sur l'arbre; sur les faces de la jante de ce volant sont rapportés deux disques en bronze entre lesquels sont serrées les tôles, de 0,6 mm d'épaisseur, formant le noyau de l'inducteur qui a la forme d'une couronne de 73,3 cm de diamètre extérieur, de 16,5 cm de largeur et de 10,4 cm de hauteur radiale. La surface extérieure de ce noyau porte 36 encoches très peu ouvertes, c'est-à-dire deux par pôle et par phase; ces encoches ont 63 mm de hauteur, 33 mm de largeur et 6 mm d'ouverture. L'enroulement, du type Gramme-Pacinotti, comporte 36 bobines ayant chacune 72 spires de fil de 4 mm de diamètre. Les 12 bobines de chaque phase sont reliées en tension et les trois phases sont montées en triangle.

L'induit fixe a une carcasse cylindrique en fonte à l'intérieur de laquelle sont serrées les tôles constituant le noyau; cette carcasse a 1,025 m de diamètre extérieur et 19,5 cm de largeur. Le diamètre d'alésage de l'induit est de 73,9 cm; l'entrefer a 3 mm.

¹. Voir Guilbert, *les Générateurs d'électricité à l'Exposition de 1900*, p. 321 et suiv.; *Théorie du compoundage de M. Leblanc*.

L'enroulement diphasé est logé dans 48 encoches, de forme analogue à celles de l'inducteur, soit 4 encoches par pôle et par phase : ces encoches ont 48 mm de hauteur, 32 mm de largeur et 6 mm d'ouverture. Cet enroulement comporte une bobine par pôle et par phase : chaque bobine, en barres de cuivre de 23 mm de largeur et de 6 mm d'épaisseur, occupe 4 encoches et a 8 spires. Les six bobines de chaque phase sont groupées en tension.

L'excitatrice est calée sur l'arbre de l'alternateur et a, par conséquent, le même nombre de pôles ; elle a une puissance de 10 kw à la tension maximum de 80 volts.

Cette machine a une carcasse magnétique ressemblant à celle d'un double moteur asynchrone. M. Guilbert en donne la description suivante :

« La partie mobile se compose de deux anneaux de tôles serrés chacun dans un support en bronze formé d'une couronne avec joues, également en bronze, et dont l'une seulement est venue de fonte avec le support.

« Les deux noyaux ont un diamètre extérieur commun de 49 cm. Ces noyaux portent une série de rainures rectangulaires de 11 mm de hauteur radiale et de 4 mm de largeur. Ces rainures, au nombre de 192, sont destinées à recevoir l'enroulement aboutissant au collecteur toutes les quatre rainures ; celles-ci sont terminées, vers l'intérieur, par un trou circulaire de 16 mm de diamètre qui reçoit l'enroulement inducteur polyphasé. Le noyau portant l'enroulement en dérivation a un diamètre intérieur de 39,2 cm, ce qui correspond à une hauteur radiale de 4,9 cm. Sa longueur, parallèlement à l'axe, est de 3,5 cm.

« L'enroulement inducteur diphasé, monté en dérivation, est du genre en anneau ; il comprend 48 bobines, soit 4 par pôle et par phase. Chaque bobine comporte 12 spires de fil de 1,4 mm de diamètre. Toutes les bobines d'une même phase sont groupées en série.

« Les deux circuits ont un pôle commun aboutissant à une bague commune. Les deux extrémités libres aboutissent à deux bagues plus étroites.

« Le second anneau, portant l'enroulement en série avec les circuits induits de l'alternateur, a un diamètre intérieur de 34,2 cm et une hauteur radiale de 7,4 cm. La largeur, parallèlement à l'axe, est de 8,2 cm. Dans les trous est logé un enroulement diphasé du même genre que celui de l'alternateur et formé par des barres de cuivre, de 154 mm² de section, réunies entre elles, par phase, par des lames de même nature. Les extrémités des circuits aboutissent à trois bagues plus larges, dont l'une est commune aux deux circuits.

« L'enroulement induit de l'excitatrice est bobiné sur l'ensemble des deux anneaux. Il est du type Gramme-Pacinotti et comprend 192 sections de 2 spires de fil de 2,4 mm de diamètre chacune.

« Le collecteur est monté sur une douille en fonte emmanchée sur le moyeu portant les supports des deux anneaux ; les lames sont serrées, par un écrou vissé sur l'arbre, entre deux plateaux, dont l'un est venu de fonte avec la douille. Le diamètre du collecteur est de 20 cm et sa largeur de 8 cm. Les lames des collecteurs sont réunies par groupes de 6 à l'aide de développantes de cercle, de façon à réduire le nombre de balais au minimum, avec groupement en quantité de l'enroulement.

« Les balais ont leurs axes supportés par un balancier en fonte pouvant tourner autour d'un anneau venu de fonte avec l'un des paliers. Ces balais sont répartis en 3 séries de 2 chacune et décalés d'un angle de 40°, de façon à recueillir, dans le fonctionnement en génératrice asynchrone, trois courants décalés d'un tiers de période.

« La partie fixe de l'excitation se compose de deux noyaux de tôles feuilletées maintenus dans une caisse en bronze. Ces noyaux ont la même largeur que celle des deux anneaux bobinés. Leur diamètre d'alésage commun est de 49,2 cm. Celui situé en face de l'anneau correspondant à l'enroulement en dérivation a un diamètre extérieur de 52,6 cm et une hauteur radiale de 1,7 cm. Celui correspondant au second anneau a un diamètre extérieur de 60,2 cm et une hauteur radiale de 3,5 cm. Ces deux noyaux portent intérieurement des rainures rectangulaires de 10 mm de hauteur et de 4 mm de largeur. Dans ces rainures est réparti un enroulement du genre Gramme formé de 192 bobines de 2 spires de fil de 2,4 mm de dia-

mètre chacune. Ces bobines sont réparties en 36 sections, 2 par pôle et par phase. Les 12 sections de chaque phase sont montées en dérivation entre deux cercles collecteurs en cuivre et le circuit ainsi obtenu est monté en série avec les 3 conducteurs d'excitation de l'alternateur. Ce dispositif a pour but de créer dans l'anneau fixe un nombre d'ampères-tours égal à celui de l'induit et réparti de la même façon, de manière à annuler la réaction d'induit. »

Sautter, Harlé et Cie. — L'alternateur à flux ondulé exposé par cette maison (*fig. 62*) est à un seul induit avec deux systèmes magnétiques inducteurs conséquents; il a une puissance apparente de 45 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance égal à 0,75 et débite 5 ampères sous 3 000 volts par phase à la vitesse angulaire de 750 t : m. La fréquence est de 50 périodes par seconde et la tension aux bornes de 5 200 volts, l'induit étant monté en étoile.

Le système inducteur (*fig. 63*) consiste en un moyeu claveté sur l'arbre et portant, venues de fonte, quatre saillies polaires. Les deux bobines inductrices, fixes et placées latéralement, sont chacune partagées en deux sections; chaque bobine comporte 400 spires de fil de 5 mm de diamètre.

L'induit est supporté par la carcasse magnétique inductrice dont le circuit magnétique se complète latéralement par des bras courbes radiaux venus de fonte et portant des couronnes à l'intérieur desquelles sont fixés des cylindres en fer forgé, servant de support aux bobines inductrices et entourant les parties extrêmes du moyeu en laissant un entrefer de 2 mm.

Le noyau feuilleté de l'induit, en forme d'anneau, est maintenu serré à l'intérieur de la carcasse par deux disques en bronze. Ce noyau a un diamètre d'alésage de 74 cm et une hauteur radiale de 10,1 cm; sa largeur est de 27 cm. Ce noyau porte 24 rainures de forme sensiblement rectangulaire et peu ouvertes, dans lesquelles est logé l'enroulement triphasé, composé de 12 bobines, soit 4 par phase, ayant chacune 165 spires de fil de 1,3 mm de diamètre. Les bobines d'une même phase sont reliées en série et les trois phases sont montées en étoile.

Le diamètre extérieur de l'inducteur étant de 72 cm, celui d'alésage de l'induit étant de 74 cm, l'entrefer normal est de 10 mm. Il existe aussi un entrefer de 2 mm entre la partie extérieure du noyau de l'induit et la carcasse magnétique de la machine.

L'excitatrice calée sur l'arbre est une dynamo à 4 pôles avec induit en anneau Pacinotti.

Schneider et Cie, du Creusot. — Les génératrices à courants alternatifs exposées par les usines du Creusot comprenaient, entre autres, un alternateur du système Thury et un alternateur système Ganz, sans compter le groupe électrogène qui était en fonctionnement pour le service de l'Exposition et qui a été déjà décrit.

L'alternateur diphasé du système Thury est du type à flux ondulé, étudié spécialement en vue des applications électrométallurgiques et de la fabrication du carbure de calcium. D'une puissance apparente de 460,8 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance minimum de 0,85, il débite par phase, suivant le mode de groupement des divers enroulements, 5 780, 2 880 et 1 440 ampères, sous des tensions respectives de 40, 80 et 160 volts, à la vitesse angulaire de 600 t : m et avec une fréquence de 60 périodes par seconde.

Le système inducteur (*fig. 64*) se compose d'abord d'un volant en acier coulé claveté sur l'arbre et muni de deux séries de chacune six saillies polaires et ensuite d'une bobine inductrice fixe, logée dans la carcasse extérieure entre les deux noyaux d'induit. Cette bobine, divisée en deux sections, a son enroulement en fil de 4 mm de diamètre et comporte au total 700 spires. La partie tournante a un diamètre extérieur de 1,47 m.

L'induit se compose de deux noyaux annulaires symétriques, en tôles minces, logés dans la carcasse de part et d'autre de la bobine inductrice. Chacun de ces noyaux a un diamètre d'alésage de 1,48 m, 45 cm de hauteur radiale et 28 cm de largeur. Par suite, l'entrefer est de 5 mm. Il y a 288 encoches sur chaque noyau; ces encoches, légèrement ouvertes, ont 28 mm de hauteur, 5,5 mm de largeur et servent chacune de logement à une barre de 25,5 mm de hauteur et de 3 mm de largeur. L'enroulement se compose de 12 bobines de 6 spires par induit et par phase.

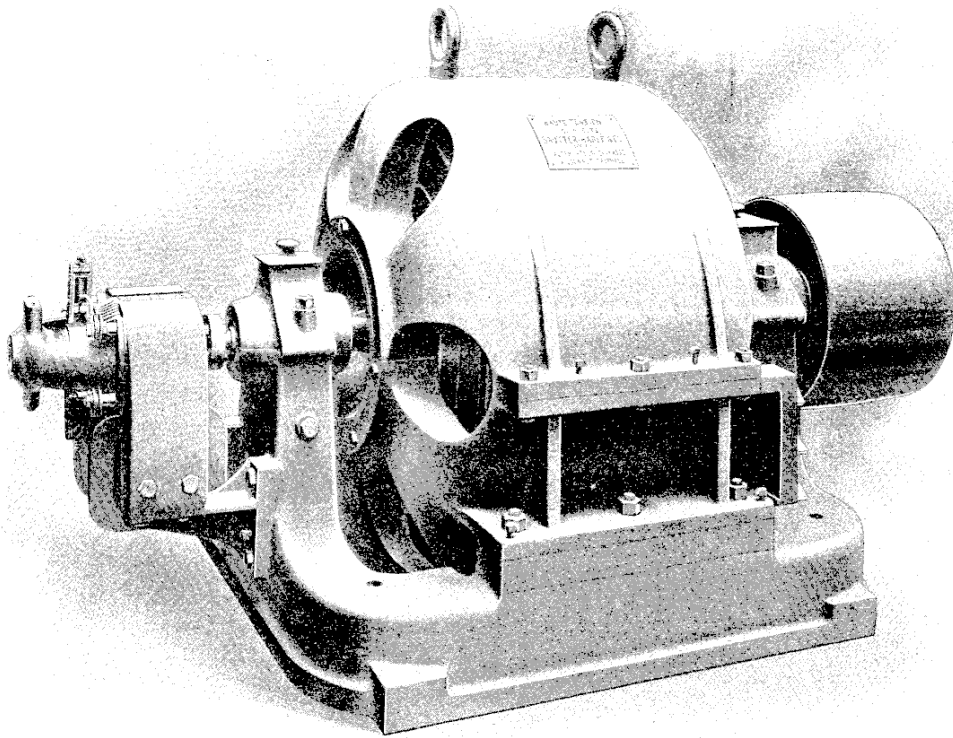


FIG. 62. — Alternateur à flux ondulé de la maison Sautter, Harlé et C^{ie}.

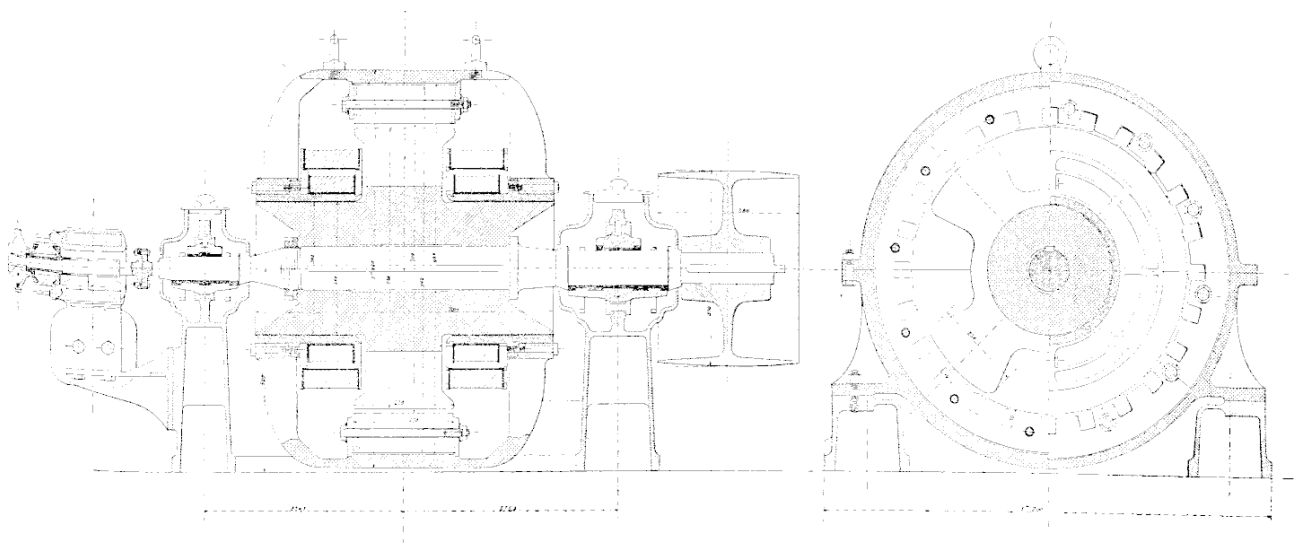


FIG. 63. — Détails de construction de l'alternateur à flux ondulé Sautter, Harlé et C^{ie}.

Normalement les 12 bobines sont groupées par 6 en parallèle. Un dispositif spécial et très simple permet, à l'aide de barrettes, de grouper en tension ou en quantité les deux circuits de chaque induit. De plus, il est facile de relier les deux induits en série ou en parallèle. On a ainsi la faculté, à l'aide de ces trois modes de couplage, d'obtenir les trois tensions différentes indiquées plus haut.

L'alternateur du système Ganz est également à flux ondulé comme le précédent. Il a une puissance apparente de 70,1 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance minimum de 0,8 ; il fournit des courants triphasés, mais ne comporte que deux enroulements suivant le dispositif Scott. La tension aux bornes est de 3000 volts et le débit est de 13,5 ampères dans chacun des deux circuits induits principal et auxiliaire. La vitesse angulaire est de 600 t/m et la fréquence de 50 périodes par seconde.

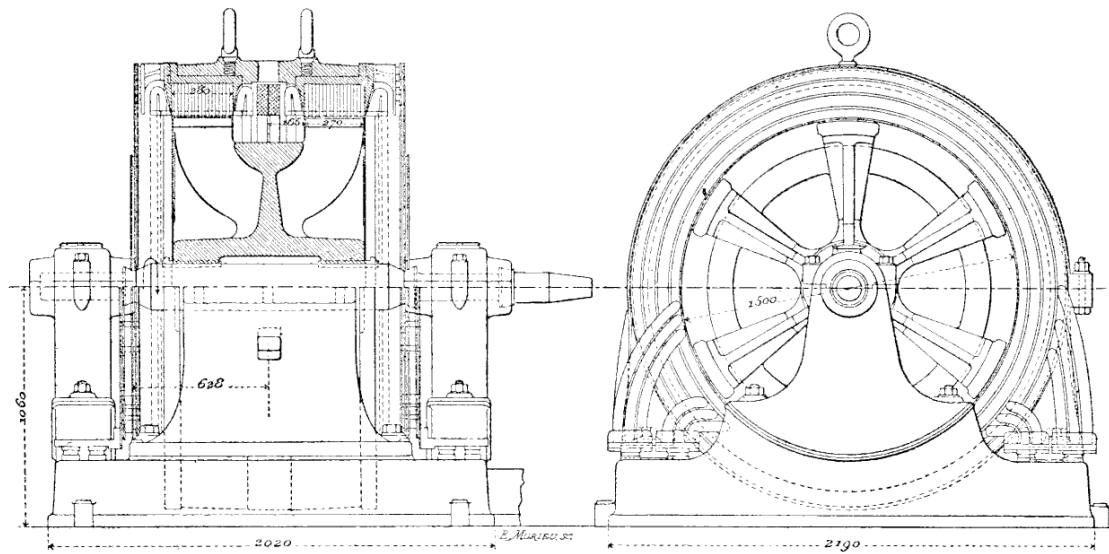


Fig. 64. — Alternateur diphasé, système Thury, des usines du Creusot.

Le système inducteur (*fig. 65*) comprend une partie mobile et une partie fixe; la partie mobile est constituée par un manchon en acier coulé, claveté sur l'arbre et portant deux séries de chacune 5 saillies polaires venues de fonte; ces deux séries de saillies sont décalées l'une par rapport à l'autre d'un angle égal au quart de celui que font entre elles deux saillies consécutives. Ces saillies se prolongent par des épanouissements feuilletés. Cette partie mobile a 79,5 cm de diamètre extérieur et 65 cm de largeur. La partie fixe est la bobine inductrice, logée dans la carcasse extérieure entre les deux noyaux de l'induit; cette bobine, de 1,226 m de diamètre extérieur, de 13 cm de largeur et de 21 cm de hauteur radiale, porte un enroulement formé de 1525 spires de fil de 3,5 mm de diamètre.

L'induit comporte deux noyaux annulaires feuilletés de 80,8 cm de diamètre d'alésage et de 18,6 cm de largeur, logés dans la carcasse extérieure de part et d'autre de la bobine inductrice. Chacun des noyaux porte de très larges rainures légèrement fermées qui reçoivent les conducteurs de l'enroulement, isolés à l'aide de tubes en micanite. Chacun des deux enroulements se compose de 10 bobines; dans l'un, chaque bobine comporte 82 spires de fil de 2,3 mm de diamètre et, dans l'autre, 71 spires seulement de même fil. Une des extrémités du second enroulement est reliée au milieu du premier.

Le diamètre extérieur de la carcasse est de 1,42 m et sa largeur de 71 cm.

L'excitatrice, calée sur l'arbre, est une dynamo de 1,8 kw sous 120 volts; son inducteur est à 4 pôles et son induit denté a un enroulement en tambour.



Société alsacienne de constructions mécaniques. — L'alternateur triphasé exposé par cette Société, et dont l'induit seul figurait dans son stand, a une puissance apparente de 1340 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance égal à 0,9; il débite 140 ampères par phase sous une tension de 3470 volts. L'induit étant monté en étoile, la tension aux bornes est de 5500 volts. La fréquence est de 25 périodes par seconde et la vitesse angulaire normale de 75 t : m.

L'inducteur volant, de 3,378 m de diamètre extérieur, porte 40 noyaux polaires feuilletés dont les bobines sont formées de 24 spires de ruban de cuivre enroulé sur plat.

L'induit a une carcasse en fonte en deux pièces de 6,90 m de diamètre et de 1,15 m de largeur. Les tôles du noyau induit sont serrées entre un anneau venu de fonte avec la carcasse et une cornière, divisée en plusieurs segments et fixée par des boulons. Ce noyau feuilleté a 240 rainures, soit 6 par pôle; l'enroulement comporte 20 bobines pour chaque phase, chaque bobine occupant 4 rainures. Les conducteurs, isolés par de la micanite, sont des bandes de cuivre de 50 mm de largeur et de 1,4 mm d'épaisseur. Toutes les bobines d'une même phase sont reliées en tension et les trois phases sont montées en étoile.

Société « l'Éclairage électrique ». — Cette Société avait exposé un groupe électrogène à courants alternatifs qui alimentait une partie des services de l'Exposition, mais elle avait aussi dans son stand un alternateur simple, étudié par M. Labour pour une tension de 30 000 volts.

Cet alternateur *fig. 66*, d'une puissance apparente de

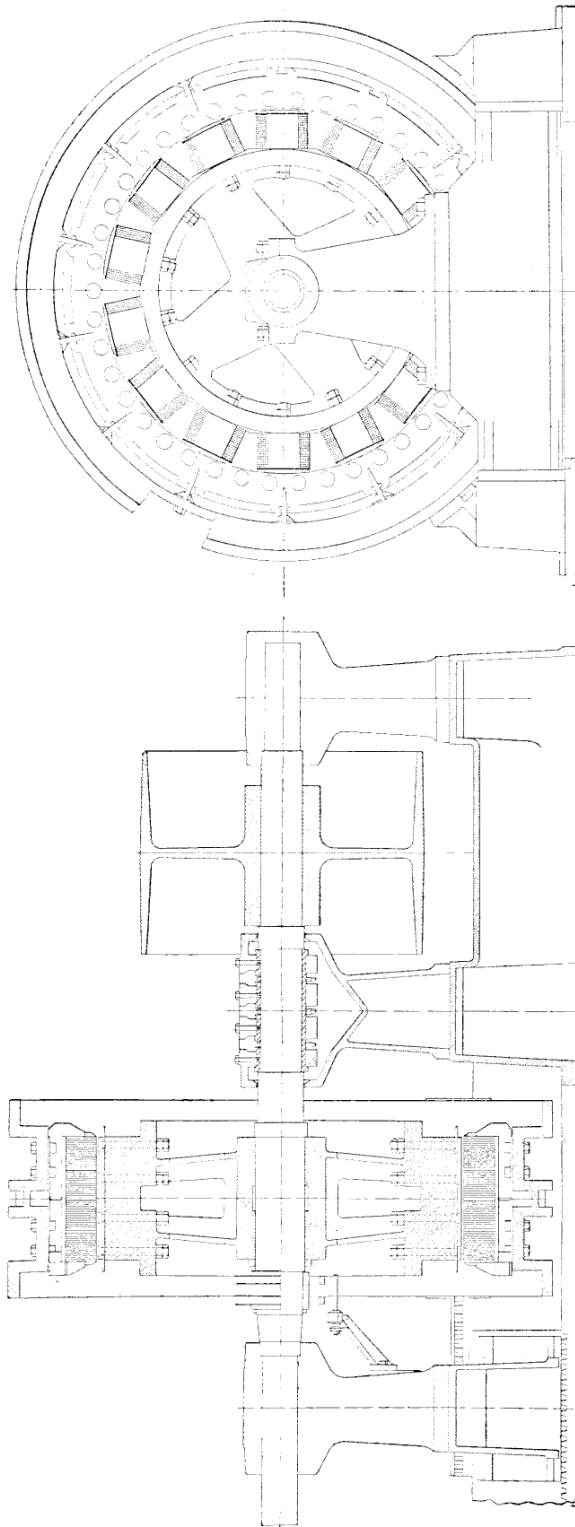


FIG. 66. — Détails de construction de l'alternateur de la Société « l'Éclairage électrique ».

180 kilovolts-ampères, avec un facteur de puissance de 0,7, peut débiter 6 ampères sous 30 000 volts. La fréquence varie de 40 à 60 périodes par seconde, suivant la vitesse angulaire; pour la fréquence de 50 périodes par seconde, la vitesse angulaire est de 428 t : m.

L'inducteur mobile est constitué par une jante polygonale en acier portant 14 noyaux polaires venus de fonte; cette jante, de section en forme d'U, est fixée au moyeu par quatre doubles bras. Les noyaux à section rectangulaire ont des épanouissements polaires en acier coulé, dont la section, perpendiculaire à l'axe, est trapézoïdale; ils sont fixés par des boulons. Les bobines inductrices, enroulées sur des carcasses métalliques, comportent chacune 96 spires de fil de cuivre de 7,1 mm de diamètre. Le circuit inducteur, constitué par les 14 bobines montées en tension, aboutit à deux bagues isolées fixées sur l'arbre.

Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 1,248 m, le diamètre d'alésage de l'induit fixe est de 1,260 m; par conséquent, l'entrefer a 6 mm.

La carcasse de l'induit est une couronne en fonte d'une seule pièce, ayant 1,85 m de diamètre extérieur et 60 cm de largeur. Le noyau, formé de quatre paquets de tôles, porte 42 trous, soit 3 par pôle, mais deux seulement ont été utilisés. Chaque section de l'induit est logée dans deux trous, afin d'embrasser sensiblement la surface d'un pôle de l'inducteur. A l'intérieur de chaque trou est glissé un tube en micanite d'une seule pièce et d'épaisseur suffisante pour obtenir un excellent isolement; les tubes dépassent extérieurement les bords du noyau pour que l'enroulement se trouve assez éloigné de toute partie métallique.

Les 14 sections de l'enroulement induit sont groupées en tension; chacune d'elles est formée de 156 spires de fil de cuivre de 1,6 mm de diamètre réparties en quatre bobines isolées entre elles.

Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft de Berlin. — L'alternateur triphasé exposé par cette Société (*fig. 67*) a une puissance apparente de 3 000 kilovolts-ampères, avec un facteur de puissance de 0,9, ce qui donne une puissance normale de 2 700 kw au minimum.

L'induit a ses phases montées en étoile et la tension aux bornes est de 6 000 volts. Chaque phase, à pleine charge, débite 288 ampères sous 3 465 volts, à la vitesse angulaire de 83,3 t : m, avec une fréquence de 50 périodes par seconde, l'inducteur mobile ayant 72 pôles.

L'inducteur volant est une jante en fonte, en quatre pièces, réunie au moyeu par 12 bras solidement nervurés (*fig. 68*). L'assemblage des quatre parties de la jante a nécessité des dispositions toutes particulières de consolidation, à cause de la vitesse tangentielle assez considérable de 32,2 m par seconde.

Le circuit magnétique de l'inducteur est feuilleté; il constitue une couronne de 56 cm de largeur, formée de segments correspondant à la largeur de trois pôles. Chacun de ces segments est maintenu par des boulons entre une couronne venue de fonte avec le volant et trois grands segments rapportés.

Les noyaux polaires, au nombre de 72, ont une section de 1 344 cm², se terminent en queue d'aronde et sont glissés dans des mortaises; ils sont fortement maintenus par des clavettes et des tiges de fer chassées à force dans des rainures pratiquées à cet effet dans les clavettes.

L'inducteur volant a un diamètre extérieur de 7,39 m et une largeur de 73 cm. L'entrefer est de 10 mm.

Les bobines inductrices ont chacune un enroulement formé de 90 spires de câble de cuivre à section rectangulaire, enroulé sur plat. Les 72 bobines forment deux séries; les 36 bobines de chaque série sont reliées en tension et les deux séries sont groupées en quantité.

Les pôles de cet alternateur sont munis de circuits amortisseurs Hutin et Leblanc, constitués, pour chaque pôle, par six tiges de cuivre de section rectangulaire et deux de section circulaire, placées dans les épanouissements polaires; les huit tiges sont rivées, de part et d'autre du noyau, dans un segment en cuivre.

L'induit, de 7,41 m de diamètre d'alésage, a une carcasse en quatre parties assemblées à

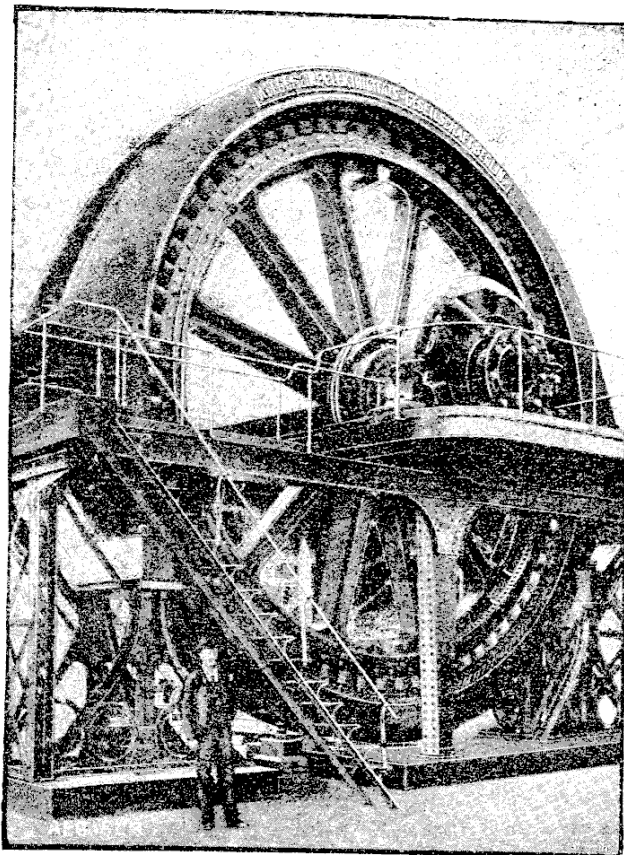


FIG. 67. — Alternateur triphasé de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft.

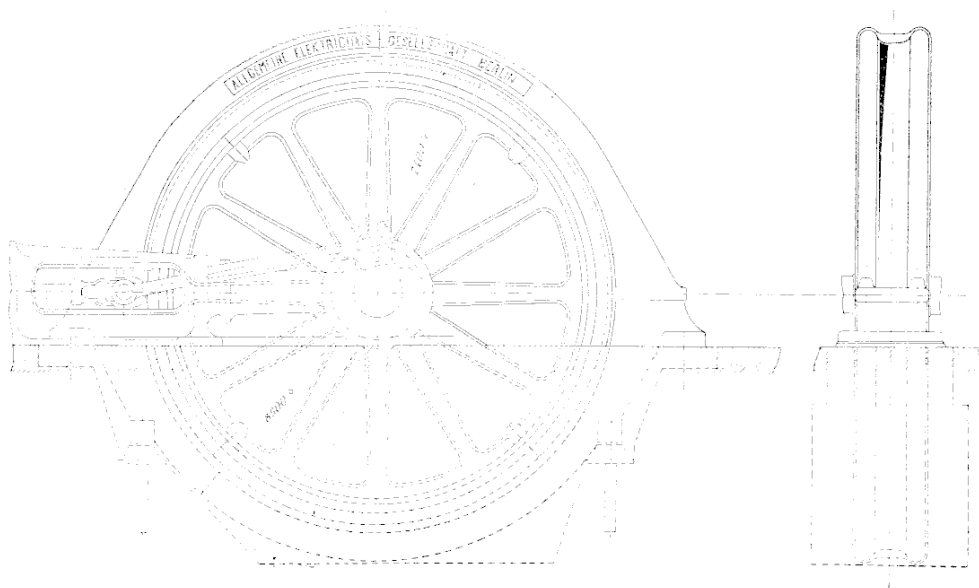


FIG. 68. — Détails de construction de l'alternateur triphasé de l'A. E. G.

l'aide de boulons. Les tôles du noyau de l'induit sont en deux piles, séparées par un intervalle de quelques centimètres ; chaque pile est elle-même divisée en quatre paquets ; ce noyau est serré entre un anneau fixe venu de fonte avec la carcasse et un second anneau formé de plusieurs segments.

Des ouvertures convenablement aménagées dans la carcasse et dans le noyau assurent une bonne ventilation.

Le noyau de l'induit, en forme de couronne, a une hauteur radiale de 25,5 cm et est muni de rainures rectangulaires dont le fond est arrondi ; ces rainures sont au nombre de 1 080, soit 15 par pôle, et ont 11 mm de largeur et 38 mm de profondeur.

L'enroulement est fait en conducteurs ayant 93 mm² de section environ, reliés entre eux par des développantes en forme de V. Un tube de micanite de 3,5 mm d'épaisseur sert à isoler ces conducteurs.

L'enroulement, pour chaque paire de pôles, comporte pour chaque phase une bobine de trois spires et une de deux.

L'inducteur volant pèse environ 70 tonnes et l'induit 80.

L'excitatrice est calée sur l'arbre de l'alternateur.

Société Siemens et Halske de Vienne (Autriche). — Cette Société avait exposé un alternateur triphasé auto-excitateur qui constituait une nouveauté intéressante. Cet alternateur fait partie d'un groupe électrogène dans lequel le moteur à vapeur, construit par MM. Braud et Lhuillier, est du type horizontal compound, à condensation, d'une puissance normale de 150 chevaux.

L'alternateur a une puissance apparente de 150 kilovolts-ampères ; avec un facteur de puissance minimum de 0,8, sa puissance utile est de 120 kilowatts.

A la vitesse angulaire de 120 t/m, la différence de potentiel aux bornes est de 270 volts ; la tension simple, de 156 volts, et le débit par conducteur extérieur, de 320 ampères. La fréquence est de 48 périodes par seconde.

L'inducteur fixe est constitué par une carcasse cylindrique en fonte en deux pièces, munie de 48 noyaux inducteurs, de forme prismatique, venus de fonte. Les bobines inductrices ont chacune 430 spires de fil de cuivre de 3,05 mm de diamètre, enroulées sur des carcasses métalliques. Elles sont groupées en série.

Le système inducteur a 2,61 m de diamètre d'alésage.

L'induit est mobile et sert de volant au moteur. Il présente cette particularité qu'il est formé de deux enroulements différents, l'un en triangle et l'autre en étoile, calculés pour produire la même tension aux bornes et pouvant être reliés entre eux. Grâce à ce dispositif de double enroulement, dû à M. Ossanna, ingénieur en chef de la Société Siemens et Halske de Vienne, l'alternateur peut alimenter simultanément un circuit d'éclairage à 150 volts et un circuit de transport d'énergie à 250 volts ; en outre, une partie du courant est redressé pour exciter le circuit inducteur.

L'induit est constitué par une jante en fonte d'une seule pièce supportée par une étoile à six branches fixée sur le moyeu de l'arbre. Deux couronnes, dont la section a la forme d'un U, sont fixées de chaque côté du volant et maintenues par des boulons (*fig. 69*). L'une des couronnes a sa branche supérieure prolongée et sert de support au collecteur dont est muni cet alternateur. Le noyau feuilleté de l'induit, en forme d'anneau, est serré entre ces deux couronnes. Ce noyau est muni de 345 encoches demi-fermées dans lesquelles sont répartis les conducteurs de l'enroulement.

M. Guilbert a donné la description suivante de cet enroulement ¹ :

Ces enroulements, au nombre de deux, sont des enroulements multipolaires ondulés en séries parallèles, superposés l'un à l'autre et reliés convenablement entre eux.

1. Les générateurs d'électricité à l'Exposition universelle de 1900, par C.-F. GUILBERT.

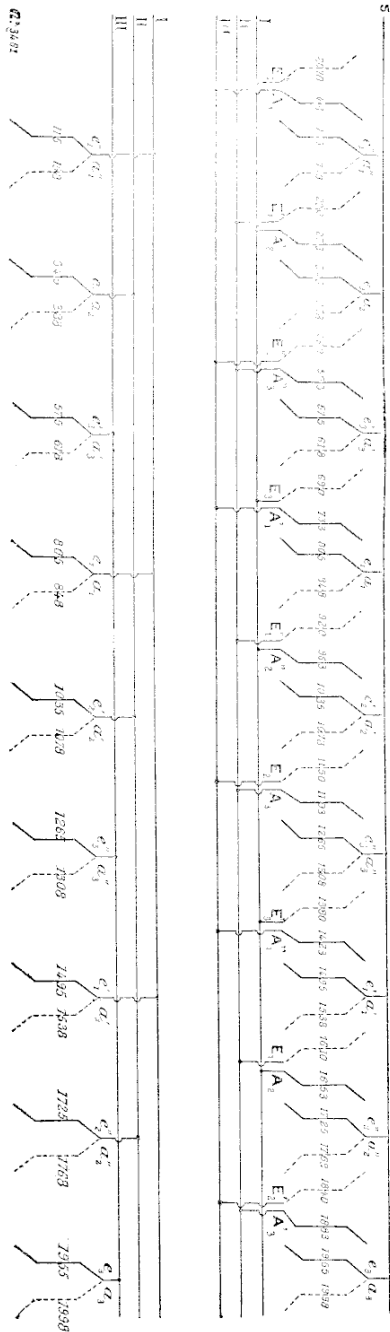


Fig. 70. — Schema des enroulements de l'alternateur auto-exciteur Siemens et Halske de Vienne.

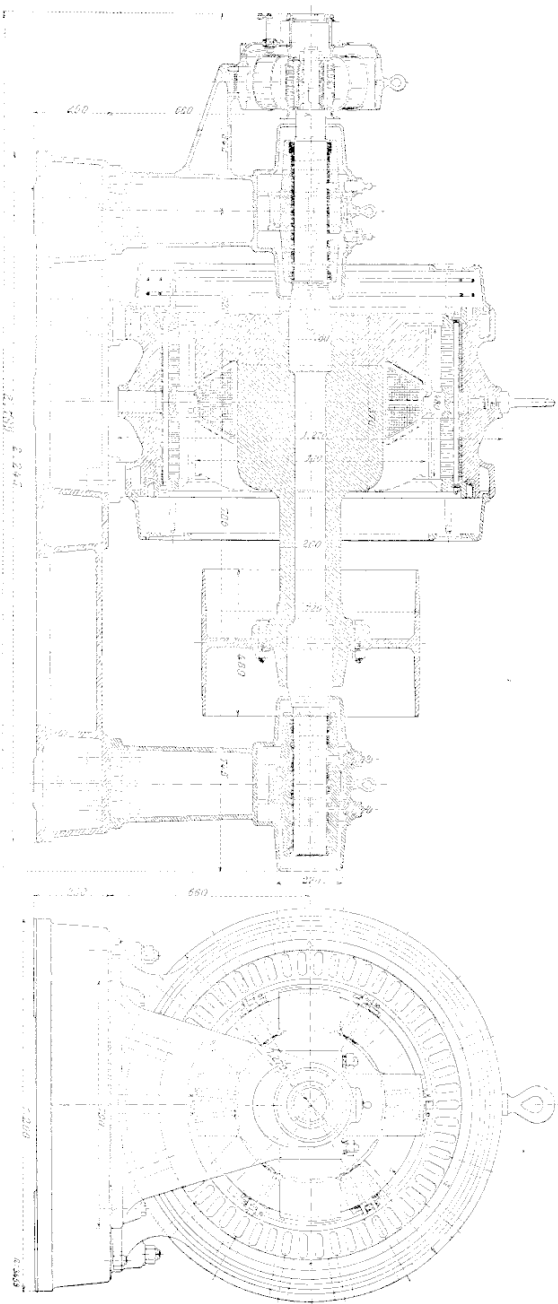


Fig. 71. — Détails de construction de l'alternateur à flux ondule Siemens et Halske de Vienne.

L'enroulement en étoile est placé le premier dans les encoches: c'est un enroulement ondulé séries parallèles, du système Arnold, ayant six circuits en parallèle avec un pas d'enroulement égal à 43. Pour réaliser avec cette disposition l'enroulement triphasé étoilé, on l'a ouvert en des points convenables, reliés à trois conducteurs destinés à réunir les points homologues et aboutissant à trois bagues de prise de courant (*fig. 70*); on a ainsi trois circuits par phase: $A_1E_1 - A'_1E'_1 - A''_1E''_1$ pour la phase I reliée aux conducteurs II et III, dont les points milieux $a_1e_1 - a'_1e'_1 - a''_1e''_1$ sont réunis à un conducteur neutre aboutissant à la quatrième bague qui constitue le point neutre de l'enroulement.

Le nombre de barres par encoche est de six pour cet enroulement, ce qui donne un total de 2070 conducteurs pour tout l'induit, soit 230 conducteurs pour un circuit tel que A_1E_1 . Chaque barre a 4 mm de largeur et 2,5 mm d'épaisseur, soit une section de 10 mm².

Les deux parties constitutives d'un circuit, tel que A_1a_1 et e_1E_1 , ont un nombre égal de conducteurs et donnent lieu à des tensions décalées entre elles de 60°, constituant ainsi un système à 6 phases relié de manière à le transformer en système triphasé.

Le second enroulement est identique au premier et placé dans les mêmes encoches au-dessus de ce dernier; ce second enroulement n'a aucune coupure et est, par conséquent, fermé sur lui-même et relié de la manière ordinaire aux 1 035 lames du collecteur; il constitue un enroulement de dynamo à courant continu en séries parallèles.

Les courants triphasés produits par cet alternateur sont captés par des balais métalliques sur quatre bagues calées sur l'arbre. Le courant continu est recueilli par 4 balais qui appuient sur le collecteur de 2,6 m de diamètre et de 3 cm de largeur utile.

Le moteur à vapeur de MM. Braud et Lhuillier est du type horizontal compound jumelé et à condensation. Il a une puissance normale de 150 chevaux et une vitesse angulaire de 120 t : m. La pression de la vapeur est de 10 kg : cm².

La Société Siemens et Halske de Vienne avait également exposé un alternateur triphasé à flux ondulé de 122 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance minimum de 0,82, débitant 33,5 ampères par phase sous 1210 volts, la tension aux bornes étant de 2 100 volts et les trois phases étant montées en étoile. La fréquence est de 50 périodes par seconde et la vitesse angulaire de 750 t : m.

Le système inducteur (*fig. 71*) consiste en une sorte de moyeu en acier coulé portant l'une des séries de saillies polaires. Ce moyeu se prolonge d'un côté par une partie de diamètre plus faible se terminant par un plateau sur lequel se fixe la poulie de commande. La seconde série de saillies polaires est portée par une couronne qui a été glissée sur la partie tournée du moyeu, après la mise en place de la bobine inductrice. Les saillies de deux séries sont décalées l'une par rapport à l'autre d'un angle égal à la moitié de celui qui sépare deux saillies consécutives d'une même série. Le circuit inducteur placé entre les deux séries de saillies polaires est formé de deux bobines disposées l'une à côté de l'autre et fixées à la carcasse de l'induit.

Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 76 cm; l'entrefer est de 10 mm.

L'induit fixe est constitué par une carcasse en fonte d'une seule pièce et un noyau feuilleté, formé de deux couronnes de tôle dont la surface intérieure porte 48 encoches demi-fermées, soit 4 par saillie et par phase, dans lesquelles est réparti l'enroulement comportant 4 bobines par phase, bobines enroulées à la fois sur les deux noyaux. Chaque bobine, formée de deux sections ayant chacune 21 spires de fil de 10 mm² de section, est enroulée dans 2 encoches des deux noyaux.

L'excitatrice est une dynamo de 1,5 kw sous 45 volts. L'inducteur a 4 pôles et l'induit a un noyau denté avec enroulement en tambour multipolaire série.

Vereinigte Elektrizitäts Gesellschaft de Vienne (Autriche). — Le groupe électrogène exposé par cette Société se compose d'un alternateur, type volant, et d'un moteur à vapeur compound conjugué à cylindres horizontaux, construits par MM. Märky, Bromovsky et Schulz.

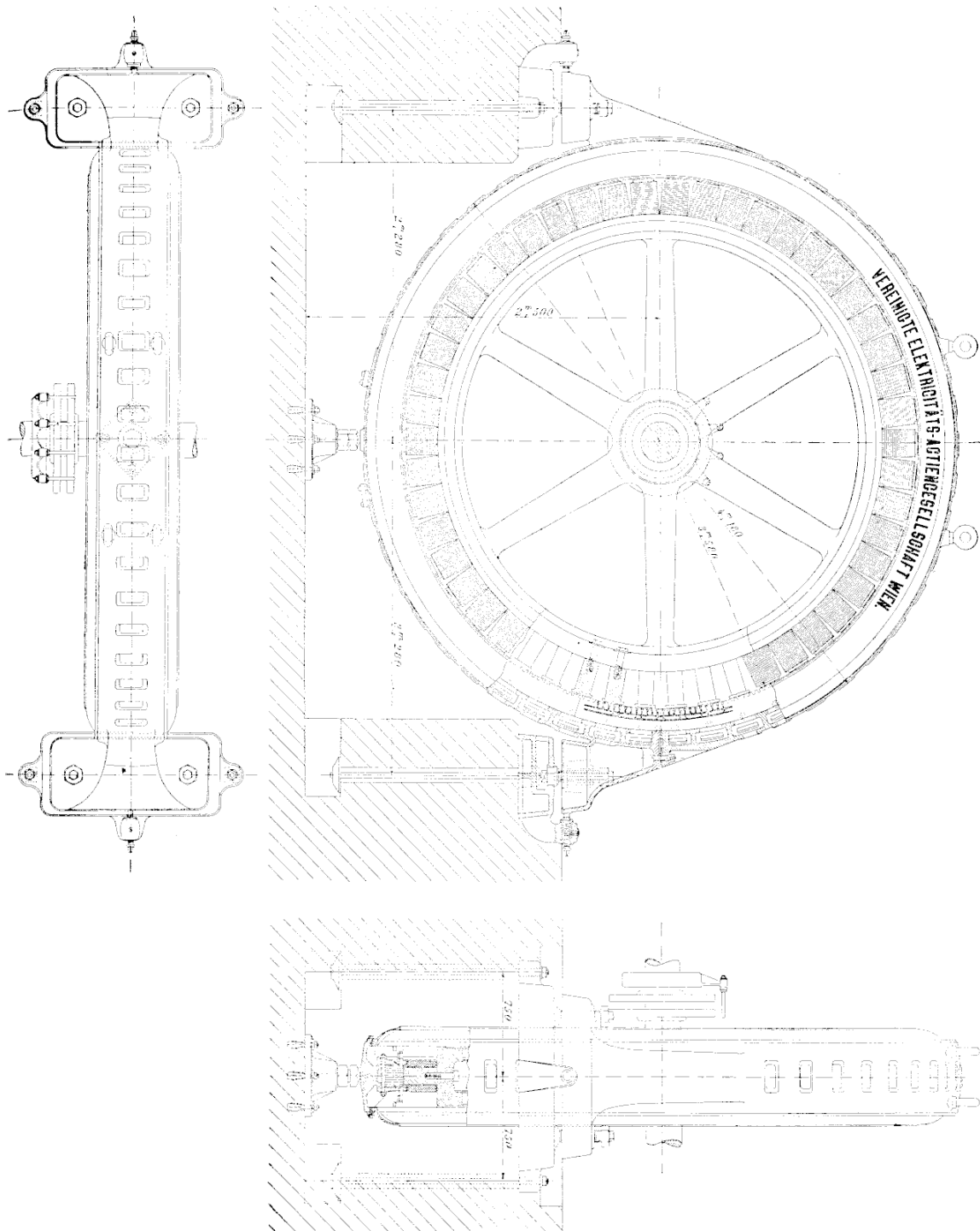


Fig. 72. — Détails de construction de l'alternateur de la Vereinigte Elektrizitäts-Aktiengesellschaft.

L'alternateur triphasé à basse tension a une puissance apparente de 220 kilovolts-ampères. A la vitesse angulaire de 110,4 t : m, il peut débiter 525 ampères par phase, sous une tension simple de 127 volts, l'induit étant monté en étoile. La fréquence est de 46 périodes par seconde.

Le système inducteur mobile est constitué par un volant en fonte (*fig. 72*), coulé d'une seule pièce, sur la jante duquel sont fixés des noyaux polaires au nombre de 50. Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 3,580 m. Les noyaux polaires, de section circulaire, sont munis d'épanouissements de forme carrée. Chaque bobine inductrice comporte 42 spires de ruban de cuivre nu enroulé sur champ et sans autre isolant que l'air entre les spires.

L'inducteur a 3,580 m de diamètre extérieur et pèse 10 000 kg.

L'induit fixe a une carcasse en deux pièces, circulaires et parallèles, reliées par des nervures assez espacées pour assurer une ventilation suffisante et servant en même temps de support à un troisième anneau sur lequel est placé le noyau feuilleté de l'induit. Cette carcasse a un diamètre de 4,18 m. Le noyau, en feuilles de tôle de 0,6 mm, a 15 cm de largeur et 15 cm de hauteur radiale; il est muni de 300 encoches rectangulaires de 19 mm de largeur et de 24 mm de profondeur, soit 6 par pôle. L'enroulement est constitué par des barres de cuivre de 300 mm² de section, sectionnées en deux parties isolées à la gomme laque, afin de diminuer la production des courants de Foucault. Il y a une seule barre par encoche; chaque barre est isolée du noyau par du papier et est maintenue par des cales en fibre vulcanisée qui ferment l'ouverture de l'encoche. Les barres de chaque phase sont reliées en tension à l'aide de lames de cuivre. Le diamètre extérieur étant de 3,60 m, l'entrefer a, par suite, 10 mm.

L'excitatrice, commandée par une contre-manivelle, est une dynamo à six pôles de 5,5 kw à la tension de 30 volts avec induit feuilleté et denté, enroulé en tambour multipolaire série.

Fr. Krizik, de Prague (Autriche). — Le groupe électrogène exposé par ce constructeur se compose d'un alternateur triphasé, du type volant, et d'un moteur à vapeur sortant des ateliers de l'ancienne maison Ruston et Cie, de Prague, actuellement Prager Maschinenbau Actien Gesellschaft.

L'alternateur, d'une puissance de 150 kw avec un facteur de puissance minimum de 0,7, débite 565 ampères par phase. L'induit est monté en étoile et la tension aux bornes est de 220 volts à la vitesse angulaire de 120 t : m. La fréquence est de 32 périodes par seconde.

L'inducteur est un volant en fonte en deux pièces, sur la jante duquel sont fixés 32 noyaux polaires maintenus à l'aide de vis (*fig. 73*); ces noyaux, de section circulaire, ont 14,5 cm de diamètre et se terminent par un épanouissement polaire rectangulaire. Les bobines inductrices, montées en tension, sont en ruban de cuivre de 20 mm de largeur et de 3,8 mm d'épaisseur enroulé sur champ; chaque bobine a 50 spires. Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 2,664 m et le diamètre d'alésage de l'induit de 2,684 m; l'entrefer a donc 8 mm.

La carcasse de l'induit est constituée par deux caisses boulonnées ensemble et munies d'ouvertures pour la ventilation; entre ces deux caisses se trouve serré l'anneau de tôles formant le noyau. Cette carcasse a 3,32 m de diamètre extérieur. Le noyau a 25 cm de largeur et 17 cm de hauteur radiale; il porte 96 rainures circulaires, de 47 mm de diamètre, ayant une ouverture de 8 mm du côté de l'entrefer. Chaque bobine induite a 9 spires de fil de cuivre de 8,2 mm de diamètre; chacune des trois phases comprend 16 bobines enroulées chacune dans deux encoches. Les 46 bobines de chaque phase sont groupées en quatre séries de quatre bobines; ces quatre séries sont reliées en parallèle et les trois phases sont montées en étoile.

L'excitatrice est commandée, à l'aide d'engrenages, par le plateau manivelle du moteur. C'est une dynamo à 4 pôles, de 8,5 kw sous 12 volts, excitée en dérivation. Les bobines inductrices ont chacune 632 spires de fil de cuivre de 3 mm de diamètre. L'induit denté est bobiné en tambour; il comporte 37 sections de 4 spires, logées dans 37 encoches.

Compagnie internationale d'Électricité de Liège. — Indépendamment du groupe électrogène à courants alternatifs triphasés qui était utilisé pour le service de l'Exposition et déjà décrit, cette Société avait exposé un alternateur triphasé, pour commande par courroie, d'une puissance de 80 kilovolts-ampères, ce qui correspond à 68 kilowatts avec un facteur de puissance égal ou supérieur à 0,85.

Cet alternateur, dont l'induit est monté en étoile, peut débiter 87 ampères par phase sous une tension de 530 volts, à la vitesse angulaire de 600 t : m. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

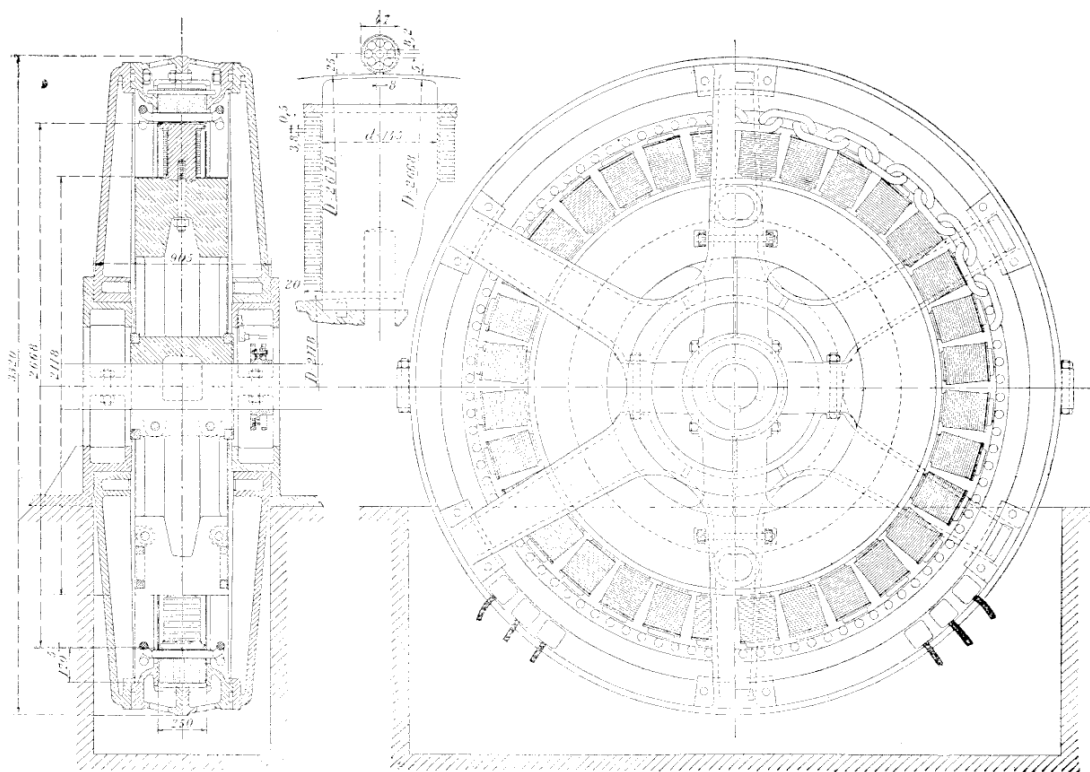


Fig. 53. — Détails de construction de l'alternateur Krizik.

L'inducteur mobile est constitué par une carcasse polygonale en acier, coulée d'une seule pièce, reliée par six bras au moyen claveté sur l'arbre et portant, venus de fonte, 10 noyaux polaires de section rectangulaire avec épanouissements en fer qui servent, en même temps, à retenir la bobine inductrice. Cette carcasse a 63,9 cm de diamètre extérieur et 25 cm de largeur. Les 10 bobines inductrices sont reliées en série et les extrémités de ce circuit sont amenés à deux bagues de prise du courant; chaque bobine a 260 spires de fil de cuivre de 3,2 mm de diamètre.

L'induit fixe a un noyau feuilleté en forme de couronne, serré entre deux anneaux, dont l'un est venu de fonte avec la carcasse et l'autre fixé à l'aide de boulons sur cette même carcasse. Dans le noyau, ont été pratiquées 60 rainures, très légèrement ouvertes, dans lesquelles sont logés les conducteurs de l'enroulement. Chacune des trois phases comporte 10 bobines. Chaque bobine a 7 spires de fil de 24,6 mm² de section. Les bobines de chaque phase sont reliées en série et les trois phases sont montées en étoile.

La carcasse a 1,10 m de diamètre extérieur et 50 cm de largeur; le diamètre d'alésage de l'induit est de 65 cm, laissant un entrefer de 5,5 mm.

L'excitatrice, montée à l'extrémité de l'arbre, est une dynamo de 2,2 kw, débitant 20 ampères sous 110 volts.

Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi (Belgique). — Indépendamment des

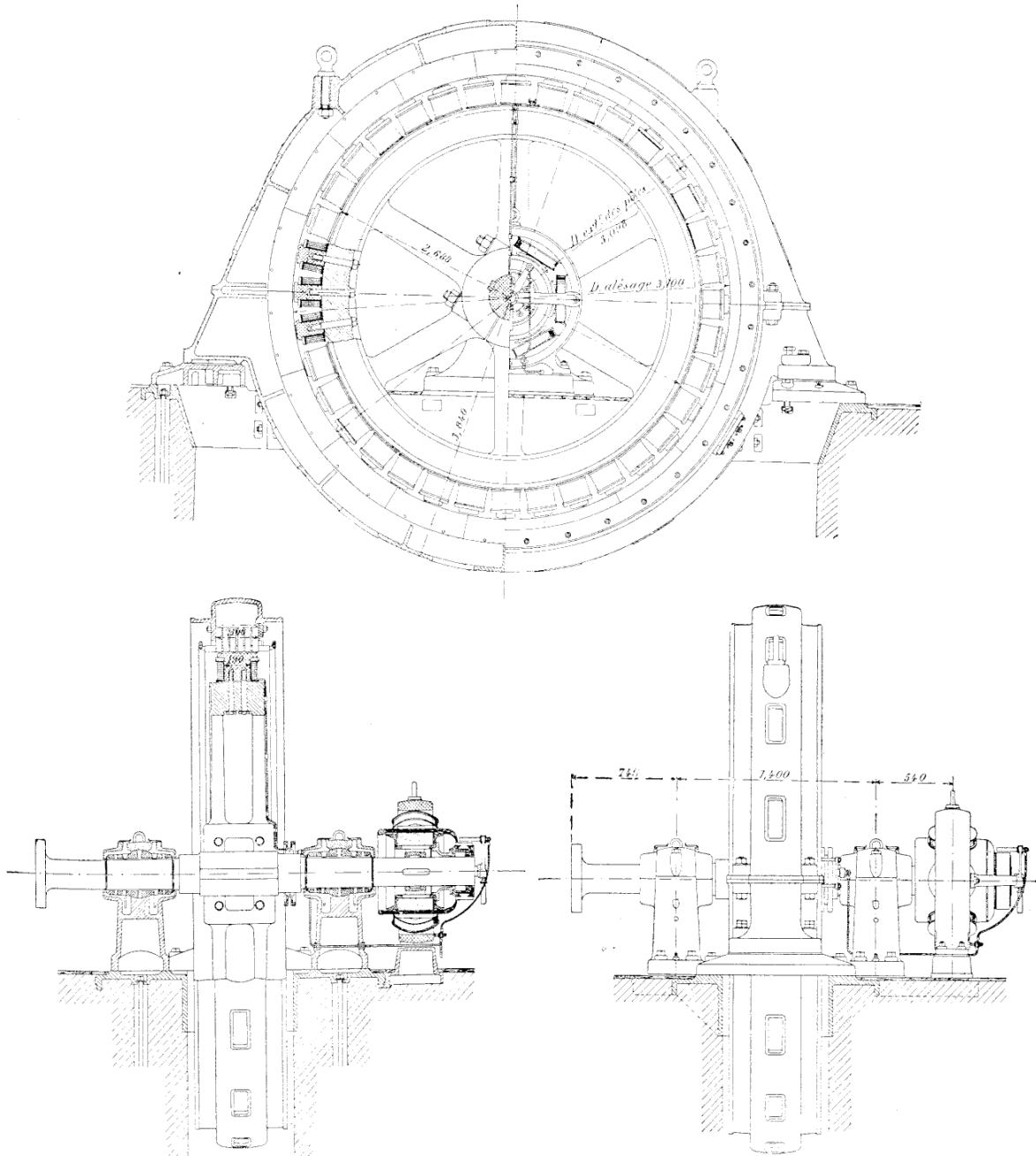


FIG. 74. — Détails de construction de l'alternateur de la Société « Électricité et Hydraulique ».

deux groupes électrogènes qui ont fonctionné pour alimenter les services de l'Exposition, cette Société avait également exposé un groupe électrogène formé d'un alternateur simple et d'un

moteur à vapeur construit par la Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

L'alternateur a une puissance vraie de 350 kw avec un facteur de puissance voisin de l'unité. Il débite 175 ampères sous 2 000 volts à la vitesse angulaire de 142 t : m. La fréquence est de 42,5 périodes par seconde.

L'inducteur est un volant en fonte coulé d'une seule pièce et relié au moyeu par six bras doubles. Sur la jante, de section presque rectangulaire, sont fixés 36 noyaux polaires en acier, de section ovale ayant un grand diamètre de 23 cm et un petit diamètre de 10 cm, munis d'épanouissements rectangulaires venus de fonte (*fig. 74*). Les bobines inductrices, montées en tension, comportent chacune 176 spires de fil, de 3,2 mm de diamètre, enroulées sur des carcasses en bronze.

Le diamètre extérieur de l'inducteur, à l'extrémité des pièces polaires, est de 3,088 m, sa largeur est de 39 cm.

La carcasse de l'induit a un diamètre extérieur de 3,85 m et une largeur de 65 cm. Le diamètre d'alésage du noyau de l'induit est de 3,10 m; l'entrefer a 6 mm.

La carcasse de l'induit est en deux parties; le noyau est formé par trois paquets de tôles, chacun en deux parties, séparés par des cales. Ce noyau porte 72 trous, de section presque rectangulaire, terminés du côté de l'entrefer par un demi-cercle et ayant 43 mm sur 34 mm. L'enroulement comporte 36 sections, une par pôle, réparties chacune dans deux encoches. Chacune d'elles est constituée par 11 spires d'un câble formé de 49 fils de 1,5 mm de diamètre, isolé par des tubes en micanite. Toutes les sections sont montées en série.

L'excitatrice, calée en porte-à-faux sur l'arbre de l'alternateur, est une dynamo de 9 kw pouvant débiter 45 ampères sous 200 volts. L'inducteur est à 6 pôles et l'induit denté a un enroulement en tambour multipolaire série.

Le moteur à vapeur est du type vertical à triple expansion, d'une puissance normale de 500 chevaux pour une pression de 11 kg : cm². La distribution se fait par tiroirs.

Ganz et C^{ie}, de Budapest (Hongrie). — Indépendamment de deux groupes électrogènes qui étaient en fonctionnement à l'Exposition, cette Société avait exposé un alternateur triphasé de 100 kilovolts-ampères de puissance apparente.

Cet alternateur, établi pour un facteur de puissance minimum de 0,7, a, par conséquent, une puissance utile de 70 kilowatts. A la vitesse angulaire de 420 t : m, son débit par phase est de 173 ampères sous 191 volts. La fréquence est de 42 périodes par seconde.

L'inducteur mobile se compose d'une couronne en fonte portée par deux séries de bras fixés sur un manchon claveté sur l'arbre. Les noyaux polaires, au nombre de 12, sont fixés sur la surface extérieure de la couronne; ils ont une section circulaire, sont en acier coulé et ont des pièces polaires rapportées. Les bobines inductrices sont en ruban de cuivre, de 18 mm de largeur et de 2,2 mm d'épaisseur, enroulé sur champ. Les 65 spires de chaque bobine sont isolées entre elles par interposition de papier Japon. Les 12 bobines sont reliées en tension et l'une des extrémités du circuit inducteur est reliée à la masse et l'autre à une bague de contact fixée sur l'arbre.

Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 1,02 m et le diamètre d'alésage de l'induit de 1,028 m; par conséquent, l'entrefer est de 4 mm.

L'induit est constitué par une carcasse formée de deux couronnes, en fonte, entre lesquelles est serré le noyau feuilleté en forme d'anneau. Les deux couronnes de la carcasse sont réunies par des nervures qui laissent entre elles des ouvertures suffisantes pour assurer une bonne ventilation de la machine. La hauteur radiale du noyau est de 17 cm et sa largeur de 14 cm, y compris l'espace de 10 mm ménagé pour la ventilation entre les deux paquets de tôles. Ce noyau porte 108 encoches à demi fermées, soit 9 par pôle, dans lesquelles sont logés les câbles de l'enroulement. Cet enroulement en étoile est en câble souple de 60 mm² de section. Il y a 6 bobines de 9 spires chacune par phase.

L'excitatrice a son enduit calé sur une des extrémités de l'arbre de l'alternateur. C'est une dynamo à 4 pôles de 2.2 kw, pouvant débiter 100 ampères sous 22 volts. L'induit denté a un enroulement en tambour multipolaire série, constitué par des barres de 6 mm de largeur et de 2,3 mm d'épaisseur, réparties en 29 sections de 3 spires chacune. L'un des balais est relié à la masse et l'autre à la bague de prise de courant de l'inducteur de l'alternateur.

Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget de Vesteras (Suède). — L'alternateur triphasé qu'avait exposé cette Société a une puissance apparente de 270 kilovolts-ampères et une puissance utile de 202.5 kw, lorsqu'il fonctionne sur un circuit dont le facteur de puissance est égal ou supérieur à 0,75.

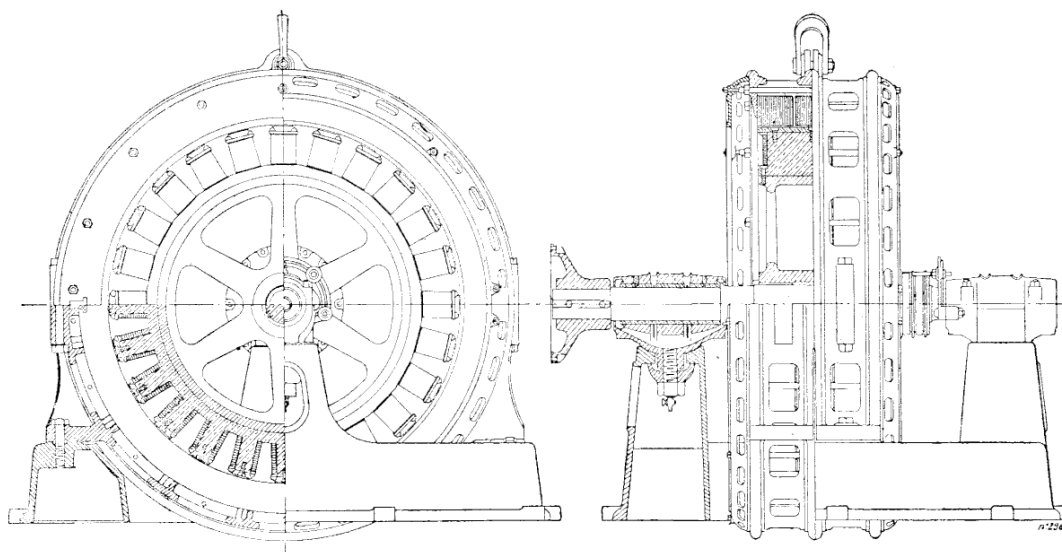


Fig. 75. — Détails de construction de l'alternateur de l'*Allmänna Svenska*.

Cet alternateur, à la vitesse angulaire de 250 t : m , peut débiter 195 ampères par phase sous la tension simple de 462 volts, l'induit étant monté en étoile. La fréquence est de 50 périodes par seconde.

Le système inducteur mobile se compose d'une couronne en acier coulé fixée sur la jante d'un volant en fonte claveté sur l'arbre. Les noyaux polaires, au nombre de 24, sont venus de fonte avec la couronne et sont munis d'épanouissements rapportés (*fig. 75*). Les bobines inductrices comportent chacune 110 spires de ruban de cuivre, enroulé sur champ; ce ruban a 17 mm de largeur et 1,1 mm d'épaisseur. Le diamètre extérieur de l'inducteur est 1,592 m: le diamètre d'alésage de l'induit étant de 1,60 m, l'entrefer est de 4 mm.

Le noyau de l'induit est un anneau feuilleté, en tôles de 0,7 mm d'épaisseur, divisées en trois paquets; ce noyau, placé à l'intérieur de la carcasse en fonte, a 144 encoches, soit 6 par pôle, dans lesquelles sont logés les conducteurs de l'enroulement. L'enroulement est constitué par des barres de section rectangulaire de 13 mm de largeur et de 4,5 mm d'épaisseur. Il y a deux barres dans chaque rainure et, par conséquent, 288 conducteurs reliés en série, dans chaque phase, à l'aide de barres affectant la forme d'un V.

L'excitation est fournie par une dynamo indépendante.

Brown, Boveri et C^{ie}, de Baden (Suisse). — Cette Société avait exposé deux groupes électrogènes.

Le premier de ces groupes se compose d'un alternateur du type normal triphasé de cette

maison accouplé à un moteur à vapeur à triple expansion sortant des ateliers de MM. Sulzer frères, de Winterthur.

L'alternateur (fig. 76), d'une puissance apparente de 1 760 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance de 0,85, fournit, à la vitesse angulaire de 83,3 t : m, un courant de 170 ampères sous 3 463 volts dans chaque phase. La fréquence est de 50 périodes par seconde et la tension aux bornes de 6 000 volts.

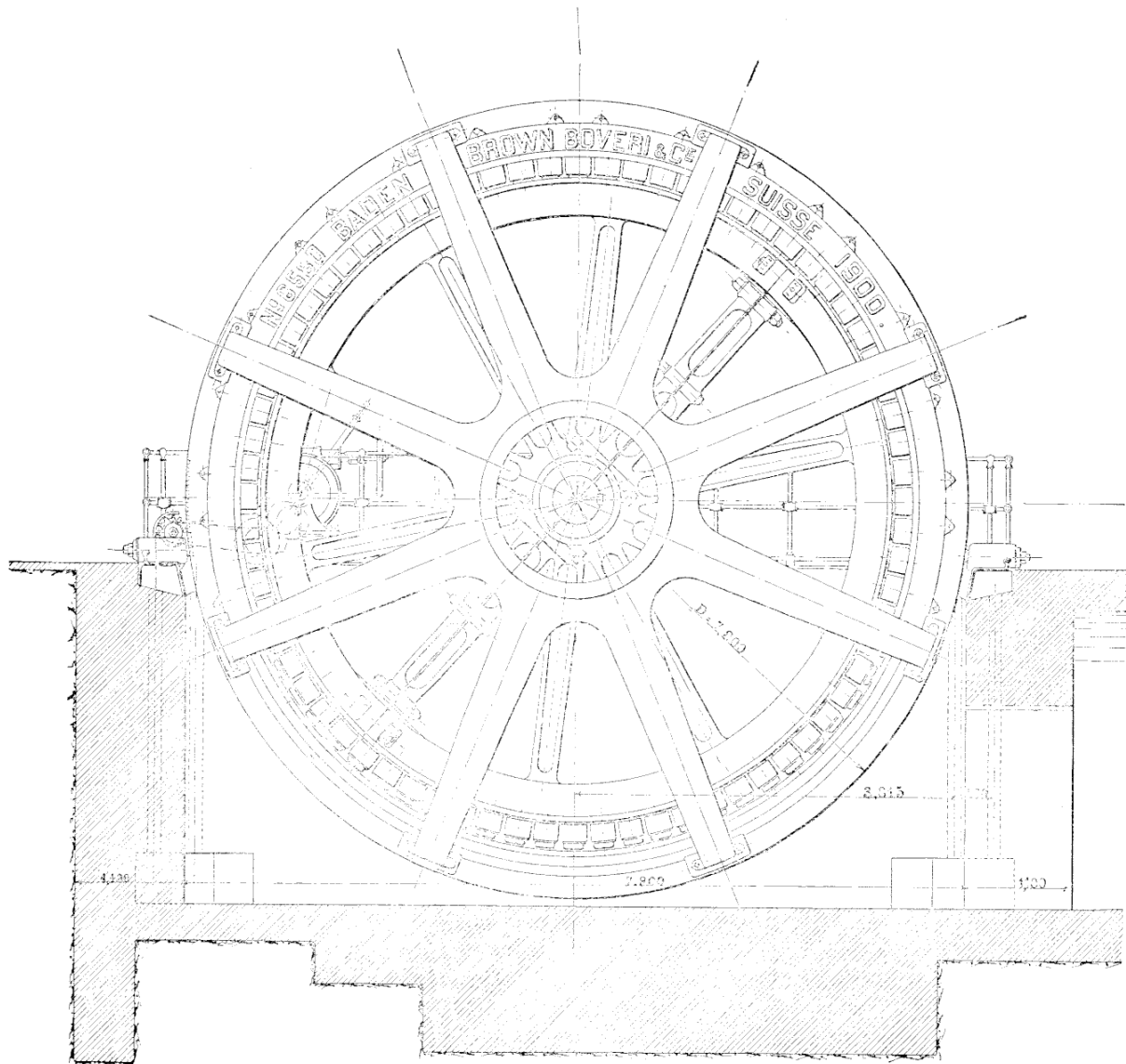


FIG. 76. — Alternateur de 1 760 kilovolts-ampères de MM. Brown, Boveri et C^{ie}.

L'inducteur est en deux parties assemblées par des boulons; les deux demi-couronnes qui le constituent sont reliées au moyeu par huit paires de bras. La jante, à section en U, porte 72 pôles en fer, fixés par des vis; les noyaux polaires sont cylindriques et surmontés d'une pièce polaire de forme rectangulaire à bords légèrement arrondis.

Le diamètre de la jante est de 6,30 m et le diamètre total, à l'extrémité des épanouissements polaires, est de 6,90 m. L'entrefer est de 40 mm.

L'enroulement des bobines inductrices est en bandes de cuivre enroulées sur champ. Chaque bobine comporte 45 spires. Les 72 bobines sont reliées en tension.

L'induit se compose d'une carcasse constituée par une caisse en fonte supportée par deux séries de bras rayonnants lui assurant une grande rigidité. Cette carcasse comporte deux flasques entre lesquelles sont placées et serrées les tôles du noyau qui ne les dépassent que du côté de l'intérieur où sont logés les enroulements. Ces flasques sont supportées par deux étoiles.

La carcasse de l'induit a un diamètre extérieur de 7,86 m : le diamètre d'alésage est de 6,92 m et la largeur des tôles composant le noyau, 33 cm. Des canaux de ventilation sont ménagés à l'intérieur de l'induit.

L'enroulement est logé dans des trous oblongs assez allongés et très rapprochés de l'entrefer. La surface intérieure du noyau a 432 trous, soit 6 par pôle. Chaque phase comporte une bobine complète de 12 spires par paire de pôle, soit 36 au total : il y a 6 spires par bobine simple ou par encoche. Des tubes en micanite assurent l'isolement de cet enroulement.

Le moteur à vapeur à triple expansion a quatre cylindres horizontaux : un à haute pression de 60 cm de diamètre, un à moyenne pression de 85 cm de diamètre et deux à basse pression de 1025 mm de diamètre. La course commune des pistons est de 150 cm. A la pression de 11 kg : cm² et avec une admission de 3/10, la puissance indiquée est de 1 700 chevaux. La vitesse angulaire est de 80 t : m. La distribution se fait par soupapes Sulzer à double siège.

L'excitation de l'alternateur est obtenue par une dynamo à courant continu de 25 kw sous 110 volts. C'est une dynamo à 4 pôles avec l'induit denté enroulé en tambour série. L'excitatrice est commandée directement par un moteur à vapeur vertical à un seul cylindre et à distribution par tiroirs à piston, marchant à la vitesse angulaire de 300 t : m.

Le second groupe électrogène se compose d'un alternateur triphasé à inducteur mobile extérieur actionné par un moteur à vapeur construit par MM. Bromley frères, de Moscou.

L'alternateur a une puissance apparente de 440 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance égal ou supérieur à 0,85. Cet alternateur, dont l'induit est monté en étoile, peut débiter 1 200 ampères par phase et sa tension aux bornes est de 200 volts à la vitesse angulaire de 92,5 t : m. La fréquence est de 40 périodes par seconde.

L'inducteur est constitué par un volant à large jante, à l'intérieur duquel sont fixés les 52 pôles inducteurs en fer. Le volant est relié au moyeu par une série de bras doubles désaxés. Le diamètre extérieur de la jante est de 4,70 m et sa largeur totale de 70 cm ; le diamètre d'alésage est de 3,60 m et l'entrefer a 6 mm. Les bobines inductrices sont montées en série et comportent chacune 80 spires de fil.

L'induit, d'un diamètre extérieur de 3,588 m, est constitué par une carcasse circulaire en deux pièces, formée d'une sorte de caisse annulaire supportée par une étoile.

La largeur du noyau en tôles feuilletées est de 30 cm et l'enroulement, logé dans des trous pratiqués au voisinage de l'entrefer, est en barres de cuivre rigides et isolées. Le noyau porte 156 trous, soit 3 par pôle, et les 52 barres d'une même phase sont reliées en série à l'aide de lames de cuivre.

La puissance nécessaire pour exciter l'alternateur est de 40 kw environ.

Le moteur à vapeur de MM. Bromley est du type horizontal à triple expansion et à trois cylindres. La puissance normale est de 350 chevaux indiqués, la pression de 10 à 12 kg : cm² et la vitesse angulaire normale de 92 t : m. La distribution se fait par soupapes sans déclat.

Compagnie de l'Industrie électrique de Genève (Suisse). — Cet alternateur diphasé est du système Thury ; sa puissance apparente est de 468 kilovolts-ampères avec un facteur de puissance minimum de 0,9, à la vitesse normale de 350 t : m. La tension normale est de 5 000 volts par phase et le débit de 46 ampères. La fréquence est de 46,66 périodes par seconde.

Cet alternateur faisait partie d'un groupe électrogène et était accouplé à un moteur à vapeur, de la maison Escher, Wyss et Cie de Zurich, du type vertical à triple expansion et à

condensation. Sa puissance est de 260 à 300 chevaux effectifs à la pression normale à l'admission de 12 à 13 kg : cm² ; la vitesse angulaire est de 175 t : m. Dans ces conditions de vitesse, la puissance apparente de l'alternateur n'était que de 230 kilovolts-ampères.

L'inducteur volant (*fig. 77*) comporte une couronne en fonte fixée, à l'aide de boulons, à un disque venu de fonte avec le moyeu. Cette carcasse a 1,12 m de diamètre et 65 cm de largeur. Les noyaux polaires, au nombre de 16, portent, près de l'entrefer, une fente radiale destinée à diminuer l'importance du flux transversal dû aux ampères-tours de l'induit. Les bobines induc-trices sont en fil de cuivre de section carrée et enroulées sur une carcasse. Le diamètre total de l'inducteur étant de 1,49 m, celui d'alésage de l'induit étant de 1,50 m, l'entrefer a 5 mm.

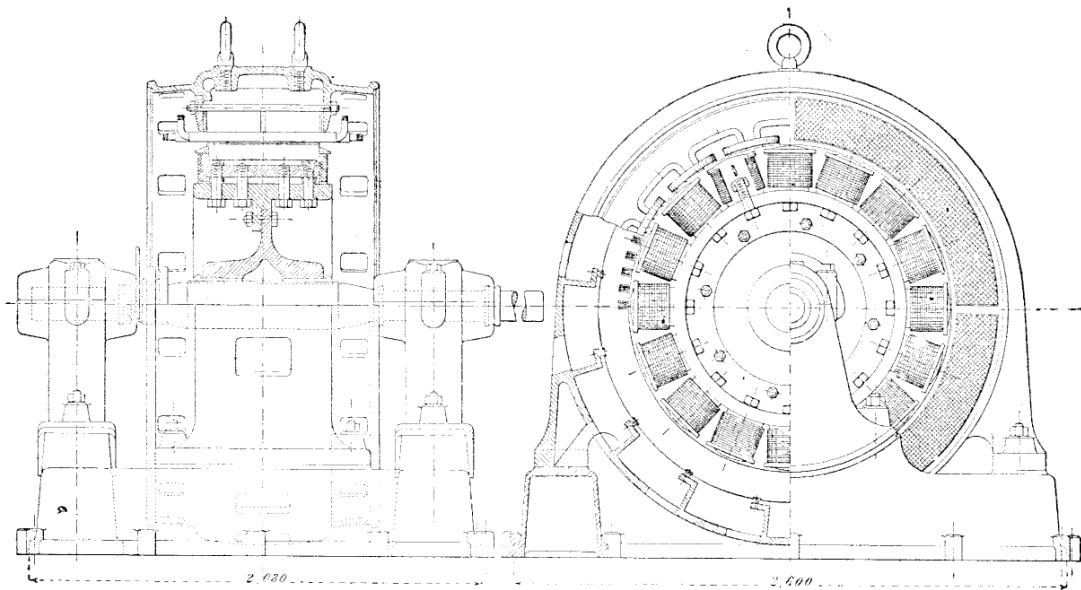


FIG. 77. — Alternateur Thury de la Compagnie de l'Industrie électrique.

L'induit a une carcasse circulaire en fonte, de 2,20 m de diamètre et de 1,09 m de largeur, portant des nervures radiales sur lesquelles appuient des clavettes le long desquelles sont disposées les tôles du noyau, divisées en deux paquets et serrées entre un disque venu de fonte avec la carcasse et un anneau rapporté, également en fonte. Ce noyau est muni de rainures légèrement fermées, au nombre de 64, soit 4 par pôle. Chaque phase comporte 16 bobines de 24 spires, réparties chacune dans deux rainures et isolées par des tubes en micanite.

Société d'Électricité Alioth, de Bâle (Suisse). — La Société Alioth avait exposé un alternateur triphasé à flux ondulé de 190 kilovolts-ampères de puissance apparente avec un facteur de puissance minimum de 0,8, pouvant débiter à pleine charge 36,5 ampères par phase sous 1 730 volts, la tension étoilée aux bornes étant de 3 000 volts. La vitesse angulaire est de 375 t : m et la fréquence de 50 périodes par seconde.

La partie mobile de l'inducteur (*fig. 78*) est constituée par un volant en acier coulé que supportent deux anneaux, munis chacun d'un manchon fixé sur l'arbre. Ce volant porte deux séries de chacune 8 saillies polaires, décalées l'une par rapport à l'autre d'un angle égal à celui qui sépare deux saillies consécutives; ces saillies se prolongent par des épanouissements feuilletés. Le diamètre extérieur de cette partie mobile est de 1,293 m; l'entrefer est de 3,5 mm.

La partie fixe de l'inducteur est la bobine, fixée à la carcasse extérieure et placée entre

les deux noyaux d'induit. Son enroulement consiste en 700 spires de fil de 4,6 mm de diamètre.

L'induit comporte deux noyaux annulaires feuilletés en tôles de 0,4 mm ; chacun d'eux porte 48 encoches de section rectangulaire. L'enroulement comporte 8 bobines par phase, chacune d'elles ayant 28 spires de fil de 4,2 mm de diamètre. Les bobines de chaque phase sont reliées en tension et les trois circuits sont montés en étoile.

Le diamètre d'alésage de l'induit est de 1,30 m.

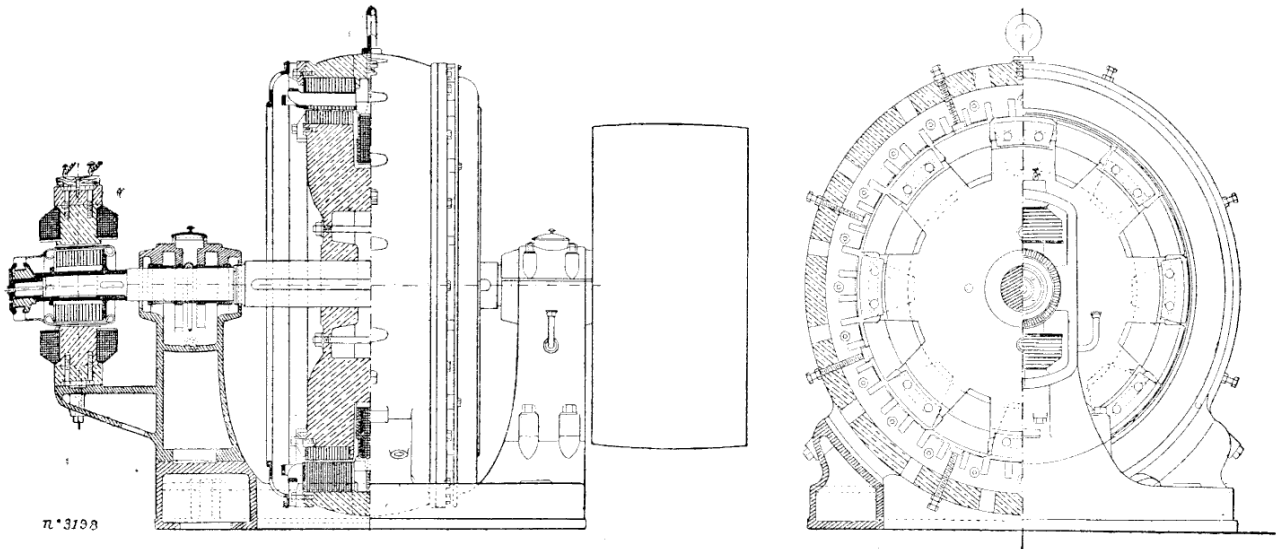


FIG. 78. — Alternateur à flux ondulé de la Société Alioth.

L'excitatrice, montée en porte-à-faux à l'extrémité de l'arbre, est une dynamo de 2 kw sous 70 volts, avec inducteur à 4 pôles, dont deux seulement sont pourvus de bobines ; l'induit est en tambour avec enroulement en série multipolaire.

Société des Ateliers d'Oerlikon (Suisse). — Cet alternateur triphasé à flux ondulé a une puissance apparente de 650 kilovolt-ampères, avec un facteur de puissance minimum de 0,8 ; il débite 50 ampères par phase sous 4330 volts, la tension étoilée aux bornes étant de 7500 volts à la vitesse angulaire de 250 t : m ; la fréquence est de 50 périodes par seconde.

L'inducteur mobile est une couronne en acier coulé portant deux séries de chacune 12 saillies polaires feuilletées, placées en face les unes des autres. Entre les deux séries de saillies est placée la bobine inductrice, fixée à la carcasse extérieure et divisée en deux parties : l'enroulement est constitué par une bande de cuivre de 60 mm de largeur et de 2 mm d'épaisseur. Chaque partie comporte 83 spires, et les deux demi-bobines sont reliées en série. Le diamètre extérieur de l'inducteur est de 2,192 m. L'entrefer a 4 mm.

L'induit comporte deux noyaux annulaires feuilletés, fixés de part et d'autre de la bobine inductrice à l'intérieur de la carcasse extérieure.

Ces noyaux ont chacun 2,54 m de diamètre extérieur, 17 cm de hauteur radiale et 25 cm de largeur. Chaque induit porte 36 encoches, une par pôle et par phase, dans lesquelles sont logés les enroulements : il a 12 bobines par phase, formées chacune de 33 spires de deux fils de 3,2 mm de diamètre enroulés en parallèle. Dans chaque phase, les 12 bobines sont reliées en série. L'enroulement est isolé du noyau par des gaines en mica et maintenu dans les encoches par des cales en fibre.

Société J.-J. Rieter et C^{ie}, de Winterthur (Suisse). — Comme type d'alternateur à inducteur mobile extérieur, cette Société avait exposé un groupe électrogène de 700 kilovolts-ampères de puissance apparente, actionné par un moteur à vapeur de MM. Sulzer frères, de Winterthur.

Cet alternateur (*fig. 80*) de 700 kilovolts-ampères, avec un facteur de puissance égal ou supérieur à 0,8, débite à pleine charge 123 ampères par phase à la tension simple de 1 900 volts, soit une tension aux bornes de 3 300 volts à la vitesse angulaire de 100 t : m et avec une fréquence de 50 périodes par seconde.

L'inducteur mobile extérieur sert de volant au moteur à vapeur. La jante, reliée au moyeu par l'intermédiaire de quatre paires de bras, à 5,80 m de diamètre extérieur et 97,5 cm de largeur; la partie qui supporte les bobines inductrices est en porte-à-faux. Les noyaux polaires,

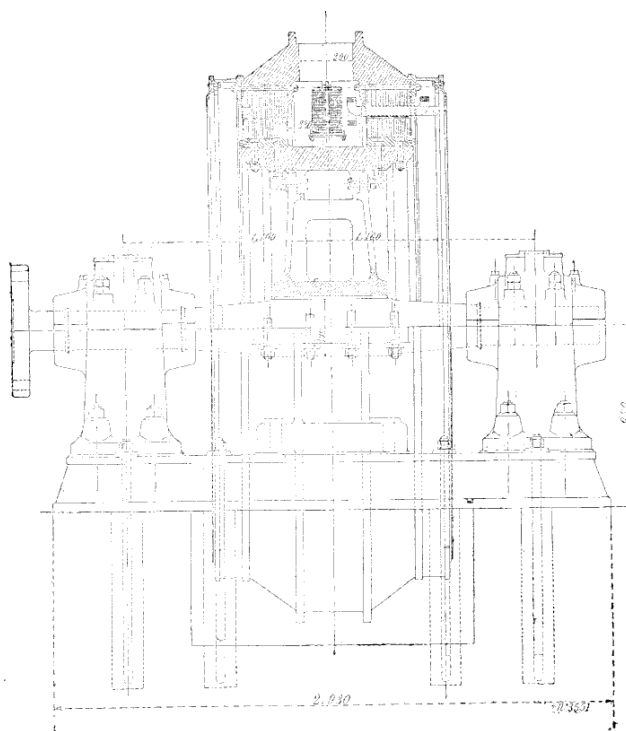


FIG. 79. — Alternateur des ateliers d'Oerlikon.

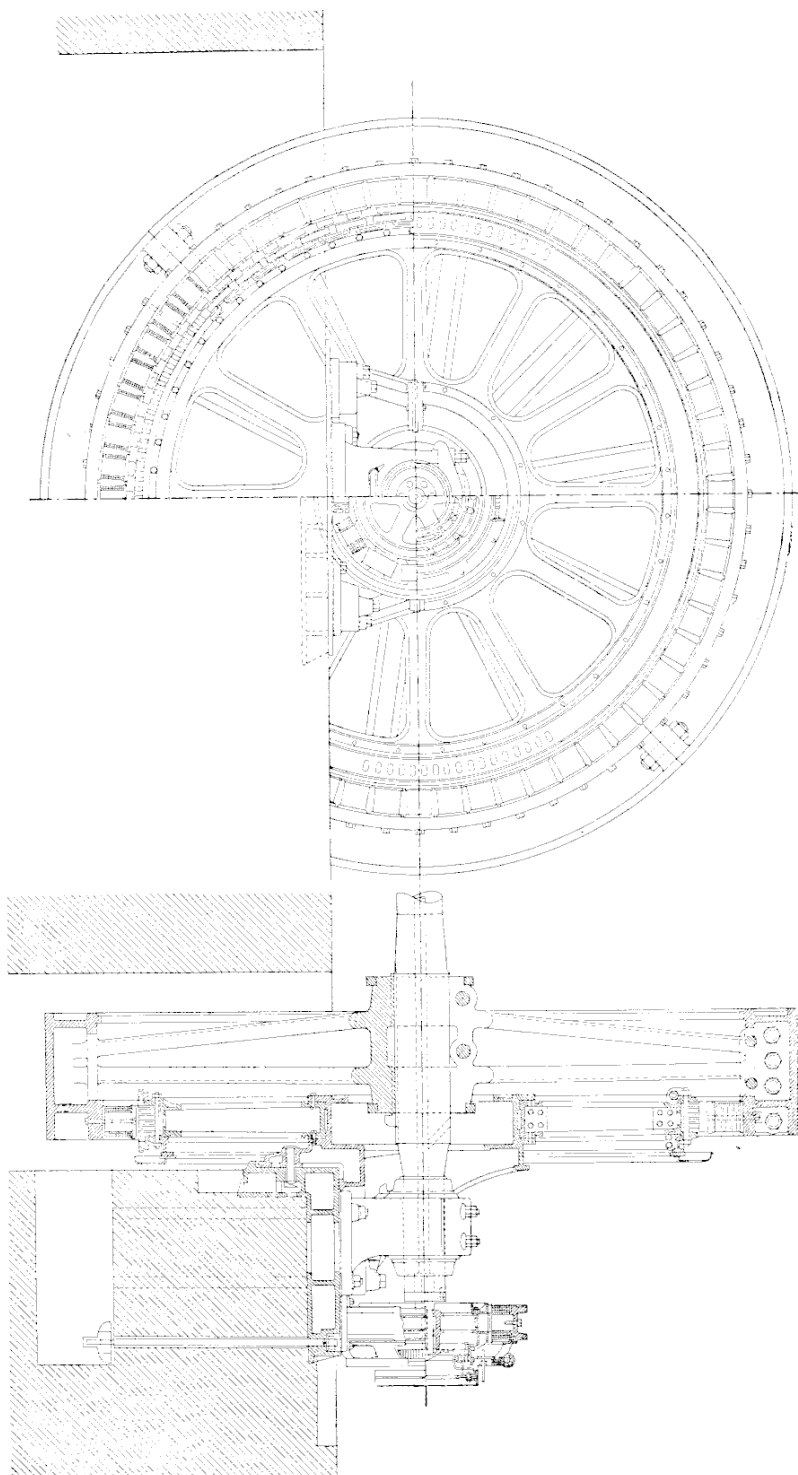
au nombre de 60, ont une section cylindrique de 14,5 cm de diamètre et sont munis d'épanouissements polaires rectangulaires de 24 cm sur 13 cm. Les bobines inductrices ont un enroulement formé de 137 spires de fil carré de 36 mm² de section ; elles sont reliées en tension. Le diamètre d'alésage de l'inducteur est de 4,422 m et l'entrefer a 5,5 mm.

Le support de l'induit, boulonné sur la plaque de fondation de l'un des paliers du moteur à vapeur, est une caisse annulaire en fonte, ouverte sur sa surface extérieure pour recevoir le noyau annulaire en tôles de 0,5 mm d'épaisseur; ce noyau porte 180 trous, de 55 mm sur 28 mm, soit 3 par pôle. L'enroulement comporte 30 bobines par phase, soit une par paire de pôles; chaque bobine est formée de 12 spires de 3 fils, de 4,2 mm de diamètre, enroulés en parallèle. L'induit a 4,411 m de diamètre extérieur et 24 cm de largeur.

L'excitatrice, montée sur l'une des extrémités de l'arbre, est une dynamo à 12 pôles de 10 à 12 kw, avec induit denté enroulé en tambour série et débitant le courant sous 160 à 170 volts de tension.

Le moteur à vapeur est du type horizontal compound tandem à condensation; il sort des

Fig. 80. — Alternateur à inducteur mobile extérieur de la Société A.-J. Heiler.



ALTERNATEURS

3-81

ateliers de MM. Sulzer frères. A la pression d'admission de 11 kg : cm² et à la vitesse angulaire normale de 100 t : m, sa puissance est de 730 chevaux indiqués, soit 650 chevaux effectifs, pouvant être portée à 1 000 chevaux indiqués ou 900 chevaux effectifs avec une admission de 0,4 dans le petit cylindre. Ce moteur est muni d'un système spécial de distribution par soupapes, étudié en vue de la commande des alternateurs, afin d'obtenir une grande régularité de marche, même pour de très faibles charges.

PILES HYDROÉLECTRIQUES

Le nombre de piles figurant à l'Exposition était relativement assez restreint et rien de bien nouveau dans cette catégorie de générateurs d'électricité ne frappait l'attention.

Piles à liquide immobilisé. — Les piles à liquide immobilisé, dont l'usage tend à se répandre de plus en plus, dérivent toutes de la pile Leclanché et ne diffèrent entre elles que par la nature de la matière absorbante employée pour immobiliser le liquide, par des détails de construction et par le sel ajouté pour éviter la formation d'oxychlorures se déposant sur l'électrode en zinc.

Les piles à liquide immobilisé ont le grand avantage de ne pas exiger d'entretien et aussi d'être transportables. Il s'en construit de différentes capacités et elles sont très employées pour les sonneries, la télégraphie, la téléphonie, l'allumage des moteurs à explosion, etc.

Parmi les piles exposées, nous citerons la pile Etoile de la Société anonyme Le Carbone, la pile Bloc, la pile Hydra, la pile Leroy, etc., pour la France; la pile Hellesen, exposée par la Société Siemens et Halske de Berlin, et plusieurs types américains dans la section des États-Unis.

Pile Jeanty. — La pile, système Jeanty, exposée par la Compagnie électro-chimique de Paris, est un perfectionnement de la pile au sulfate de cuivre qui seule permet d'obtenir un débit constant.

Cette pile, à grand débit, a été principalement étudiée en vue de la charge de petites batteries d'accumulateurs.

Comme on le voit sur les figures 81 et 82, l'élément se compose d'une cuve horizontale en bois, rendue étanche au moyen d'un enduit isolant approprié, et d'une pièce intérieure, également en bois et étanche, comprenant un auget, destiné à recevoir une provision de sulfate de cuivre en cristaux, et une série de gouttières mises en communication avec l'auget par l'intermédiaire de cuves en bois.

L'électrode positive est constituée par une série de lames minces de cuivre repliées deux fois à angle droit, de manière à épouser exactement la forme intérieure des gouttières; chacune de ces dernières est garnie d'une lame de cuivre qui repose sur une autre lame plate, fixée à demeure au fond de la gouttière et portant, du côté de l'auget, un contact qui traverse le bois et sert à relier entre elles et avec la borne positive toutes les lames d'un même élément par l'intermédiaire d'un conducteur isolé afin d'éviter toute dérivation.

L'électrode négative est formée d'une série de bandes plates en zinc ordinaire, non amalgamé, placées de champ au milieu de l'espace libre qui existe entre les diverses gouttières. De petits tasseaux, fixés sur les côtés de la pièce intérieure en bois, servent à maintenir les lames de zinc dans une position invariable. Sur la face antérieure de l'auget est fixée une lame de cuivre munie de bornes en nombre égal à celui des lames de zinc; cette lame sert de collecteur et se termine sur le côté de l'auget par une borne de prise de courant.

Ce dispositif de pile au sulfate de cuivre présente sur les autres modèles l'avantage d'empêcher le mélange des solutions de sulfate de zinc et de sulfate de cuivre. Cela permet d'utiliser complètement les produits employés et de récupérer la totalité du cuivre métallique provenant de la réduction du sulfate.

L'absence de cloison poreuse et la grande surface que présente l'ensemble des électrodes, très rapprochées les unes des autres, fait que la résistance électrique intérieure de l'élément est très faible, ce qui permet d'obtenir un débit intense et constant jusqu'à usure complète des zincs.

La constance du débit est due à ce fait que la solution de sulfate de cuivre se trouve toujours saturée par suite de la dissolution des cristaux qui se trouvent en excès dans l'auge. De plus, les deux solutions restent toujours bien séparées et les lames de zinc, baignant seulement dans la partie supérieure de la solution de sulfate de zinc contenue dans la cuve, se trouvent, par suite, dans la partie la moins saturée

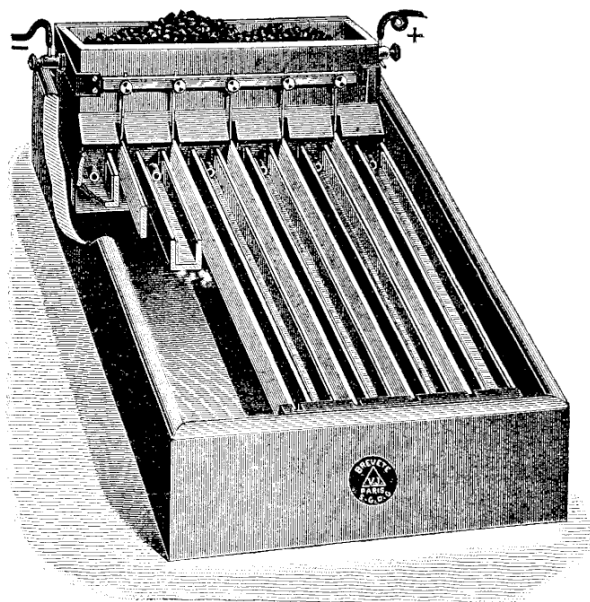


FIG. 81. — Pile Jeanty. — Vue de face d'un élément.

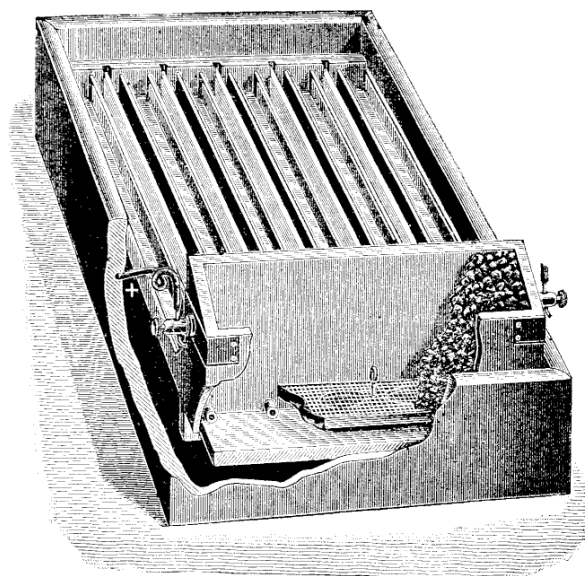


FIG. 82. — Pile Jeanty. — Vue d'arrière d'un élément.

Le liquide employé se prépare en faisant dissoudre 35 kg de sulfate de zinc cristallisé dans 100 litres d'eau. On verse de cette solution dans l'intérieur de l'auge jusqu'au moment où les gouttières qui communiquent avec lui commencent à déborder dans la cuve. Cela fait, on ajoute de l'eau à la solution qui n'a pas été employée jusqu'à ce que la densité soit telle que l'aréomètre Baumé marque 10°. On verse alors cette solution étendue dans la cuve par la partie laissée libre entre le devant de la cuve et l'arrière de l'auge, afin qu'elle ne se mélange pas avec celle qui se trouve dans les gouttières. Il faut que le niveau du liquide dans l'élément dépasse d'environ 5 millimètres la partie supérieure des gouttières et des lames de zinc.

Les éléments une fois garnis de liquide, il n'y a plus qu'à remplir les auges de cristaux de sulfate de cuivre. La pile entre alors en fonctionnement après environ 15 minutes, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la solution de sulfate de cuivre alimente les gouttières sur toute leur longueur.

L'entretien de ces piles consiste simplement à remettre des cristaux de sulfate de cuivre dans les auges sans attendre leur disparition complète et à remplacer les lames de zinc usées.

Il résulte d'essais effectuées au laboratoire d'électricité de l'Ecole de Physique et de Chimie de la ville de Paris que cette pile consomme, par ampère-heure débité :

4,80 gr de sulfate de cuivre.

1,37 gr de zinc.

L'on obtient un dépôt de cuivre électrolytique de 1,055 gr.

Dans ces conditions, la dépense par kilowatt-heure utile serait de 6 550 gr de sulfate de cuivre et de 1 867 gr de zinc, de laquelle il faut déduire la valeur des 1 312 gr de cuivre déposé, ce qui met le prix de production de l'énergie électrique à 1,50 fr environ le kilowatt-heure.

Piles du D^r Fontaine-Agier, de Paris. — Le D^r Fontaine-Agier avait exposé deux types de pile : l'un dit à *dépolarisation automatique par treillis de fer*, l'autre dit à *double excitation*.

Le premier est constitué par un couple zinc-fer plongeant dans une dissolution de soude caustique. L'électrode fer est une longue bande de treillis de fer à mailles moyennes, enroulée ou repliée plusieurs fois sur elle-même de manière à offrir une très grande surface et qui assure une dépolarisation parfaite. Malheureusement cet élément a une force électromotrice assez faible, 0,45 volt ; par contre, sa résistance intérieure initiale n'est que de 0,04 ohm.

Le second type est à deux liquides ; le liquide excitateur est une solution de soude caustique dans laquelle plonge l'électrode zinc ; le liquide dépolarisant est un mélange nitreux, de composition tenue secrète, qui aurait l'avantage de ne pas dégager de vapeurs acides. Les deux liquides sont séparés par un vase poreux formé d'une carcasse centrale en ébonite ou en celluloïd perforée, d'une enveloppe intermédiaire en carton et enfin d'une enveloppe extérieure en toile. La force électromotrice de cet élément est de 2,30 à 2,35 volts.

TABLE DES MATIÈRES

TROISIÈME PARTIE

GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Classification	3
I	
Machines d'induction électrostatique	
Machine F. Carré.....	4
Machines du type Wimshurst.....	4
II	
Machines magnéto-électriques	
Machines magnéto-électriques pour appels téléphoniques.....	11
Machines magnéto-électriques pour l'inflammation des mines.....	14
III	
Machines dynamo-électriques à courant continu	
Maison Breguet.....	15
Compagnie de Fives-Lille.....	21
Compagnie française Thomson-Houston.....	23
Compagnie générale d'Electricité de Creil.....	24
Compagnie générale électrique de Nancy.....	26
Farcot frères et C ^o , de Saint-Ouen.....	27
Henrion (Fabius), de Nancy.....	29
Sautter-Harlé et C ^o	31
Jacquet frères, de Vernon.....	32
Schneider et C ^o , du Creusot.....	32
Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.....	40
Société « l'Éclairage électrique ».....	42
Société Gramme.....	43
Société nouvelle des Établissements Decauville.....	45
Fr. Krizik, de Prague.....	46
Compagnie internationale d'Electricité de Liège.....	47
Société anonyme « Électricité et Hydraulique ».....	49
Bullock Electric Manufacturing C ^o , de Cincinnati.....	49
Western Electric Company de Chicago.....	50
Ganz et C ^o , de Budapest.....	50
Société de l'Elektrotechnische Industrie.....	51
Ateliers de construction d'Oerlikon.....	51
Société Joh. Jacob Rieter et C ^o	53
Société d'électricité Alioth.....	54

IV

Alternateurs

Compagnie de Fives-Lille.....	55
MM. Hutin et Leblanc.....	56
Sautter-Harlé et C ^o	58
Schneider et C ^o , du Creusot.....	58
Société alsacienne de constructions mécaniques.....	63
Société « l'Éclairage électrique ».....	63
Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft.....	64
Société Siemens et Halske de Vienne.....	66
Vereinigte Elektrizitäts Gesellschaft.....	69
Fr. Krzik.....	71
Compagnie internationale d'Électricité de Liège.....	72
Société « Électricité et Hydraulique ».....	73
Ganz et C ^o	74
Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget.....	75
Brown, Boveri et C ^o	75
Compagnie de l'Industrie électrique.....	77
Société d'électricité Alioth.....	78
Société des ateliers d'Oerlikon.....	79
Société J.-J. Rieter et C ^o	80

V

Piles hydroélectriques

Piles à liquide immobilisé.....	83
Pile Jeanty.....	83
Piles du Dr Fontaine-Agier.....	85