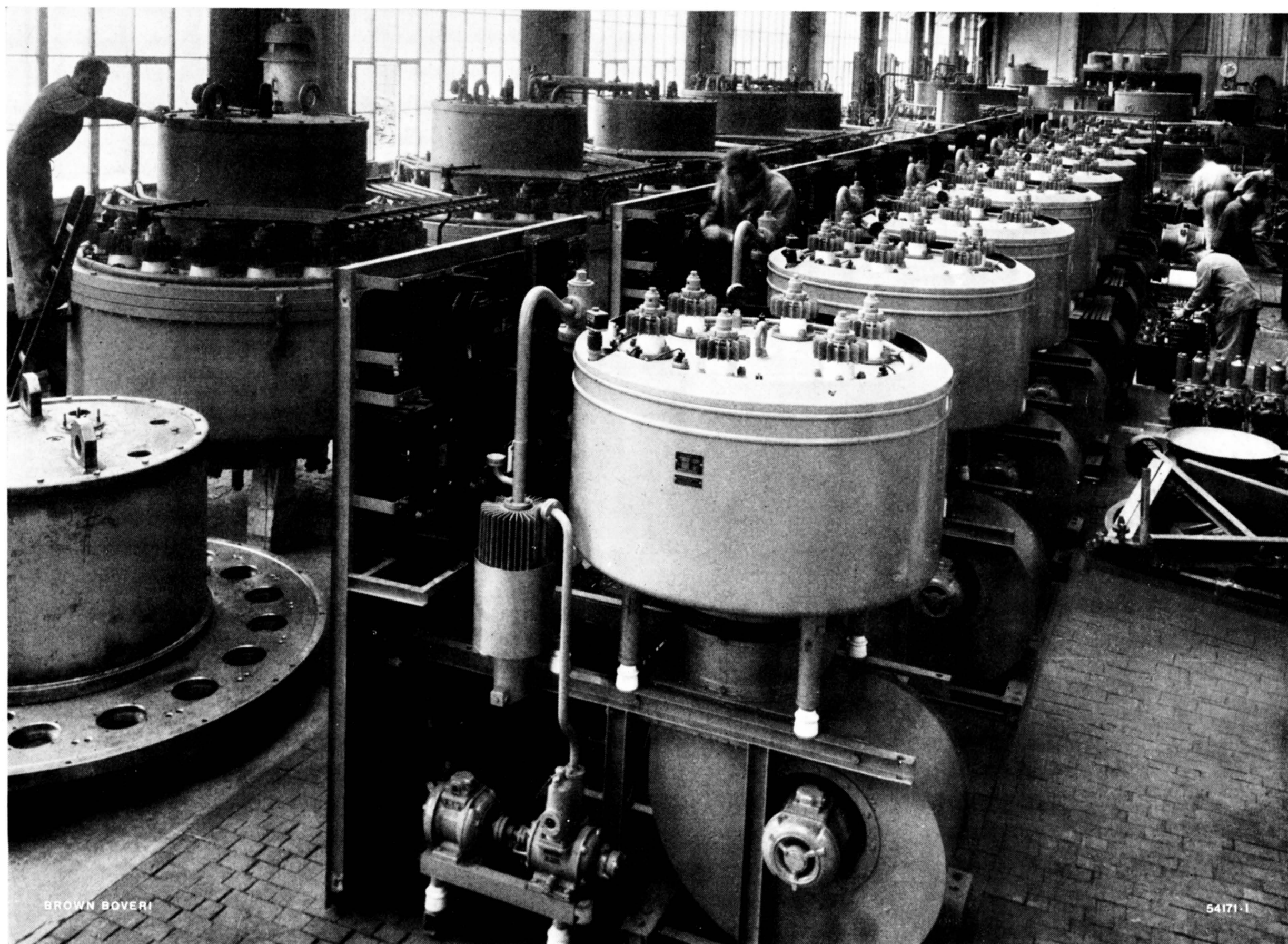


REVUE BROWN BOVERI

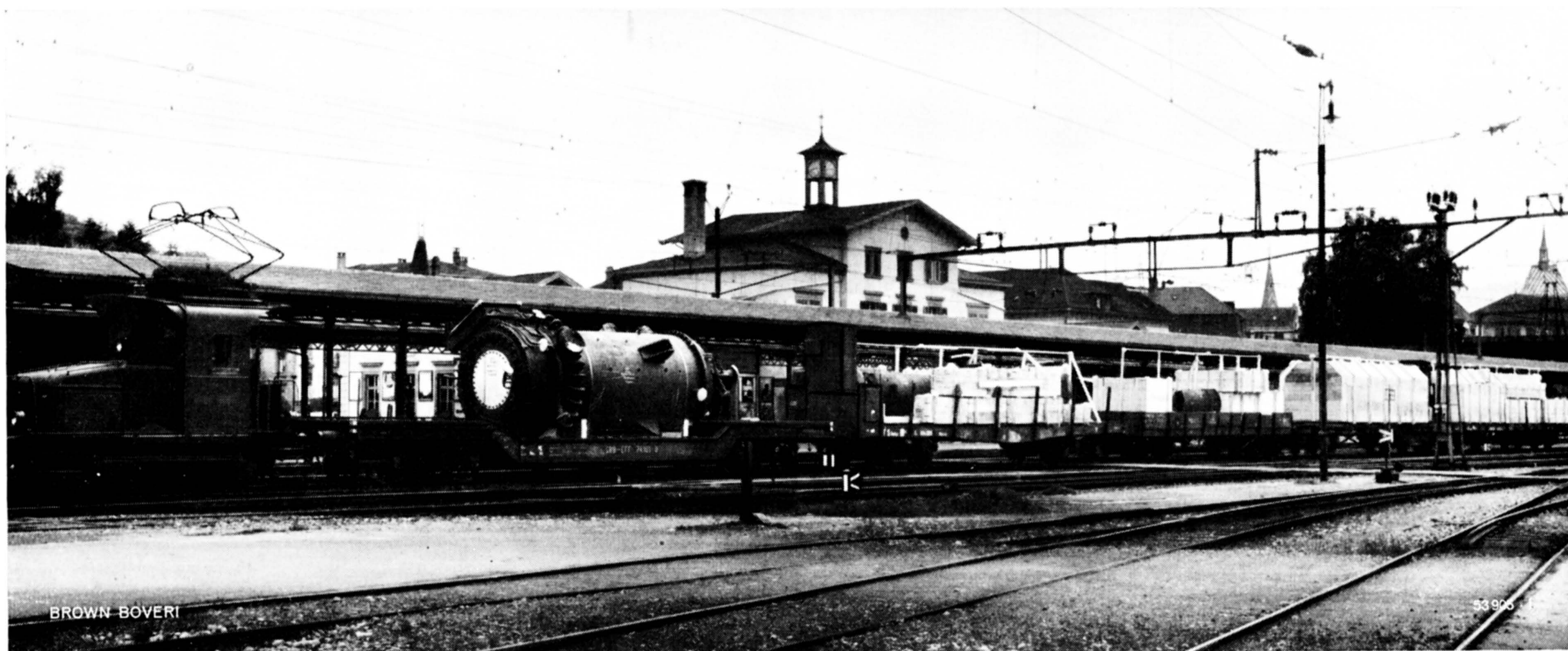


Hall de montage de la fabrique de mutateurs de la Sté An. Brown, Boveri & Cie, Baden.

A gauche, groupes de mutateurs refroidis à l'eau et à droite, blocs mutateurs refroidi à l'air. Cette figure montre nettement que la construction des mutateurs refroidis à l'air a pris de l'extension.

PROGRÈS CONSTRUCTIFS
RÉALISÉS PAR LA SOCIÉTÉ ANONYME BROWN, BOVERI & CIE
AU COURS DE L'ANNÉE 1941.





No. 6031 A. C. F. 3. X. 1939

Chaudière Velox de 80 t/h chargée pour le transport outre-mer.

Malgré les difficultés actuelles, nous faisons tout notre possible pour maintenir le niveau de nos exportations.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages		Pages
AVANT-PROPOS	3	E. Soufflantes et compresseurs	52
I ^o PRODUCTION D'ÉNERGIE	4	1 ^o Compresseurs centrifuges	52
A. Installation Velox	4	2 ^o Soufflantes de hauts fourneaux et d'aciéries	53
B. Turbines à vapeur	7	3 ^o Compresseurs axiaux	54
C. Turbines à combustion	9	4 ^o Soufflantes de suralimentation	54
D. Organes de réglage	10	a) Suralimentation des moteurs Diesel	54
E. Turbo-alternateurs	13	b) Suralimentation des générateurs de gas de bois	56
F. Alternateurs entraînés par moteurs Diesel	14	F. Machines frigorifiques	57
G. Alternateurs pour usines hydro-électriques	14	G. Pompe à chaleur	57
II ^o TRANSPORT, DISTRIBUTION ET TRANSFOR- MATION DE L'ÉNERGIE	16	IV ^o TRACTION	59
A. Transformateurs	17	A. Véhicules auto-moteurs électriques	59
B. Protection des réseaux	18	B. Locomotive à turbine à combustion	70
C. Régulateurs à action rapide et réglage de la tension et de la puissance des réseaux	20	V ^o HAUTE FRÉQUENCE	72
D. Disjoncteurs	24	VI ^o ÉQUIPEMENT POUR LA MARINE	73
E. Postes de distribution	28	A. Chaudières Velox	73
F. Mutateurs	29	B. Turbines marines à vapeur	74
III ^o APPLICATION DU MATÉRIEL		C. Turbines à combustion pour la marine	75
BROWN BOVERI A L'INDUSTRIE ET A L'AGRICULTURE	32	D. Auxiliaires de bord	75
A. Equipements électriques	32	1 ^o Turbines auxiliaires à vapeur	75
B. Soudure électrique	43	2 ^o Entraînement électrique des machines auxiliaires	76
C. Fours électriques	47	E. Condenseurs marins	76
D. Chaudières électriques	51	VII ^o TRAVAUX DE RECHERCHE POUR LA CONSTRUCTION DES MACHINES	76
		VIII ^o LE PROBLÈME DES MATIÈRES PREMIÈRES	78

REVUE BROWN BOVERI

PUBLIÉE PAR LA SOCIÉTÉ ANONYME BROWN, BOVERI & C^{IE}, A BADEN (SUISSE)

XXIX^{me} ANNÉE

JANVIER/FÉVRIER/MARS 1942

N^o 1/2/3

La Revue Brown Boveri paraît mensuellement. La reproduction d'articles ou d'illustrations est permise, à condition de citer leur provenance.
Prix de l'abonnement annuel pour la Suisse Fr. 10.—, prix du fascicule pour la Suisse Fr. 1.—, port et emballage non compris.

PROGRÈS CONSTRUCTIFS RÉALISÉS PAR LA SOCIÉTÉ ANONYME BROWN, BOVERI & C^{IE} AU COURS DE L'ANNÉE 1941.

AVANT-PROPOS.

Commençons ce traditionnel aperçu de notre activité au cours de l'année écoulée par un bref rappel du jubilé du 50^{ème} anniversaire de la fondation de notre entreprise. Cette manifestation débuta les 29 et 30 septembre par une série de démonstrations dans nos ateliers, des derniers résultats de nos travaux de recherches et de perfectionnement dans presque tous les domaines de notre activité. Nos invités, représentants de l'industrie et de l'artisanat, des sociétés d'électricité, des entreprises de transport et des écoles techniques supérieures de notre pays, ont ainsi appris à connaître notre activité. Bien que les numéros spéciaux de l'année passée en aient déjà parlé, nous y reviendrons dans les lignes qui suivent.

Le 2 octobre, date à laquelle, cinquante ans auparavant, notre entreprise était inscrite comme

société en commandite au registre du commerce argovien, le travail fut interrompu dans toute notre usine. Le matin à 10 h 30, tous

les ouvriers et employés, la direction et les invités se réunirent dans le grand hall de montage, où ils entendirent MM. le *Dr. W. E. Boveri*, président de notre conseil d'administration, *K. Killer*, conseiller national et maire de Baden, *E. Beier*, président de la commission ouvrière, parlant au nom de tout le personnel et enfin M. le conseiller fédéral *Stampfli* au nom de l'autorité supérieure de notre pays. Les orateurs

parlèrent de la fondation et du développement de notre entreprise ainsi que de son importance pour la ville de Baden et le pays tout entier. L'après-midi, les employés, les ouvriers et leur famille purent visiter les bureaux et les ateliers. Environ 30 000 personnes, soit



trois fois la population de Baden, visitèrent nos usines ce jour-là.

Les félicitations enthousiastes des participants aux démonstrations techniques et scientifiques, et l'accueil chaleureux fait à la petite brochure « 50 Jahre Brown Boveri » dans laquelle nous avons tracé les grandes lignes du développement technique et financier de notre maison, nous donnent le plaisir de conclure que les spécialistes

apprécient l'apport au perfectionnement de la technique dû à nos efforts continuels depuis le début de notre activité. Nous tenons à exprimer ici notre reconnaissance à tous nos amis proches ou lointains, pour les preuves d'attachement et de confiance qu'ils nous ont données. Elles seront un stimulant à continuer dans la même voie, et à poursuivre notre mission pour le bien de notre pays et de son économie.

I^o PRODUCTION D'ÉNERGIE.

A. INSTALLATION VELOX.

Nous entendons le plus souvent fort peu parler de nos installations Velox après leur réception par le client. En général, cela est bon signe. Parfois nous demandons un rapport, pas des installations servant de réserve ou à couvrir les pointes, mais de celles à fonctionnement continu. Nous avons ainsi reçu dernièrement le journal de deux Velox de la raffinerie de pétrole de San Lorenzo des Yacimientos Petrolíferos Fiscales en Argentine, d'où il ressort que ces chaudières ont été presque sans interruption en service l'année passée. Du 1^{er} octobre 1940 au 30 septembre 1941, l'une des chaudières a travaillé 8356 des 8760 heures de travail possibles et l'autre 8521. Les courtes interruptions de service étaient dues aux révisions de l'ensemble de l'installation. Ce rapport d'exploitation apportait une contribution intéressante à la question de la durée des ailettages des turbines à gaz. Cette durée dépend en général surtout de la teneur en cendre et en scories du combustible, mais aussi des conditions d'écoulement des gaz. Par l'amélioration de ces conditions d'écoulement, c'est-à-dire en empêchant la précipitation et l'accumulation de scories directement devant ou dans l'aubage, ainsi que par un traitement spécial du métal des aubes, on a obtenu une augmentation importante de la durée des aubes. Tandis que pendant la première période d'exploitation, un remplacement partiel des aubes du rotor fut nécessaire après 8248 heures pour une des chaudières et après 4445 heures pour l'autre, et des aubes directrices après 11 796 et 10 796 heures; chacune des deux turbines est maintenant en service plus de 11,5 mille heures sans présenter le moindre besoin d'une révision prochaine. On ne remplace en général jamais toutes les aubes lors de la réfection

d'un aubage. Les aubes s'usent surtout à la pointe, si bien qu'après les avoir raccourcies et leur avoir redonné leur tranchant, elles peuvent être employées pour le rang d'aubes précédent.

Pour éviter encore plus à l'avenir l'effet nuisible des scories, les gaz ne pénètrent plus axialement sur le rotor de la turbine, mais tangentiellement et avec une grande vitesse, ainsi les scories et les poussières sont chassées à l'extérieur par la force centrifuge avant d'avoir atteint la première rangée d'aubes. La vitesse imprimée au gaz pour le centrifugeage subsiste jusqu'à la première rangée d'aubes du rotor où elle est transformée en travail. Il est ainsi possible d'économiser la première rangée d'aubes directrices de la turbine.

Nous avons aussi reçu des communications intéressantes concernant une installation Velox en Roumanie. Les chaudières de cette installation sont soumises à de grandes et brusques variations de charge comme en impose le fonctionnement des laminoirs. La charge de chacune des chaudières d'un débit de 25 t/h oscille rapidement entre 1500 et 4000 kW et peut même atteindre 5000 kW. Grâce au dispositif automatique de réglage, ces variations de charge sont couvertes en se jouant par les chaudières, bien que leur contenance en eau soit la même que celle des Velox ordinaires. Le volume d'eau correspond à la production des 7 à 10 % du débit maximum horaire de vapeur. Cela donne à la chaudière une capacité d'accumulation suffisante pour lui permettre d'attendre que le groupe de charge ait pris la vitesse correspondant au nouvel état de charge avant que la pression de la vapeur ait baissé de façon notable.

Les conditions sont un peu différentes avec les chaudières chauffées au gaz de hauts fourneaux. Dans

ce cas, le combustible nécessaire n'est pas en réserve, mais il est fourni, comme l'air de combustion, au fur et à mesure des besoins, par le compresseur qui doit tout d'abord être amené à la vitesse correspondant à la nouvelle charge. C'est le moteur auxiliaire qui en premier lieu accélère le compresseur. Dans les installations de hauts fourneaux à variations brusques de charge, le moteur auxiliaire le plus avantageux est une turbine à vapeur, qui est alimentée pendant les premières variations de charge par un accumulateur de vapeur travaillant dans un domaine de pression étendu. De cette façon, les chaudières chauffées au gaz de hauts fourneaux s'adaptent aussi très rapidement aux fortes variations de charge et n'occasionnent pas de grandes variations de charge au réseau de vapeur du fait de la forte et brusque consommation de vapeur de la turbine auxiliaire.

Le fonctionnement le plus favorable est obtenu avec les gaz riches, spécialement les gaz naturels qui malgré leur forte teneur en méthane brûlent complètement et rapidement dans la Velox. Nous avons livré diverses installations pour gaz naturels. Des rapports intéressants sont ceux provenant de l'installation Ocna en Roumanie où deux Velox, débitant chacune 18 t/h de vapeur, sont depuis plusieurs années déjà en service. Elles travaillent avec de l'eau préparée chimiquement. La plus longue période d'exploitation sans interruption d'une de ces chaudières est de 11,5 mois. Le plus long intervalle entre deux révisions fut de 20 935 heures. Après cette longue durée, il ne fallut remplacer qu'un roulement à billes de la turbine à gaz et le bourrage d'un presse-étoupe de la pompe de circulation. L'une des chaudières avait, au premier octobre 1941, 40 239 heures de service, l'autre qui couvre les pointes et sert de réserve n'en avait que 7 742. Les machines aussi reconnaissent le soin et l'amour avec lesquels on les traite. Le rapport de révision de notre monteur se termine par ces mots: «Tout le personnel est attaché, corps et âme à ses machines».

Diverses expériences ont été faites avec la préparation du combustible liquide. Le combustible le plus utilisé dans les Velox est le mazout. Ces dernières années, ce combustible est devenu de plus en plus mauvais. Pour la préparation de l'huile brute, on emploie dans les raffineries des adjonctions de soude, de chaux, etc. qui restent dans les cendres et les scories du mazout formant des dépôts qui provoquent l'obturation des éléments évaporateurs à surchauffeur incorporé et, dans lesquels les gaz passaient dans l'espace étroit compris entre deux tubes concentri-

ques. Après une certaine durée de fonctionnement, les chaudières devaient être arrêtées et les dépôts, composés surtout de sels solubles enlevés par lavages. En revanche, les évaporateurs à tube unique¹⁾ avec surchauffeur séparé et dans lesquels les gaz parcourent des tubes de grands diamètres ont donné de bons résultats. Toute déviation brusque et obstacle dans le courant de gaz sont supprimés dans l'élément évaporateur à tube unique. Ainsi les gouttes de scories entraînées par les gaz ne frappent plus contre les parois et ne peuvent plus y adhérer. En outre, les relativement grosses sections des canaux des gaz suppriment toute obturation, car avant que la section soit notablement réduite les dépôts seront enlevés par le courant ou se casseront d'eux-mêmes.

Les Velox à éléments évaporateurs à tube unique sont munis de surchauffeurs montés dans une enveloppe séparée et de construction très robuste. Ces surchauffeurs sont parcourus par des gaz dont la température ne dépasse pas 900° C pour les températures usuelles de surchauffe.

Les résultats obtenus avec nos sécheurs de vapeur montés dans la partie supérieure du séparateur de vapeur sont intéressants. Ce sécheur de vapeur est une surface hélicoïdale à filets multiples en tôle ou en fonte; la vapeur s'écoule à grande vitesse dans cette grande vis. Les gouttes d'eau entraînées sont centrifugées et gagnent le long des parois un tube collecteur d'où elles retombent dans le séparateur. De nombreuses mesures ont permis de constater un degré d'humidité très faible de la vapeur saturée (moins de 0,1 %).

Toutes ces nouveautés ont été employées sur les deux Velox de 80 t/h livrées à une compagnie argentine dont nous avons mentionné la commande dans notre rapport sur l'année 1940. Ces deux chaudières ont été terminées au cours de l'année passée et ont été soumises à un bref essai de fonctionnement dans nos ateliers, tout ce que permettaient nos maigres réserves de mazout, puis préparées pour l'expédition.

Les difficultés des transports outre-mer et le manque presque complet de combustible liquide dans la plupart des pays d'Europe, ne furent pas faits pour faciliter la vente de Velox. Toutefois, nous avons reçu la commande d'une Velox pour la Roumanie, elle est passée par un client qui possède déjà une de ces chaudières. La Velox débitant 27 t/h de va-

¹⁾ Appelé à tube unique pour le différencier de l'élément à tubes multiples, en effet chaque tube évaporateur n'a qu'un tube de chauffe (Revue Brown Boveri d'août/septembre 1941, page 221).

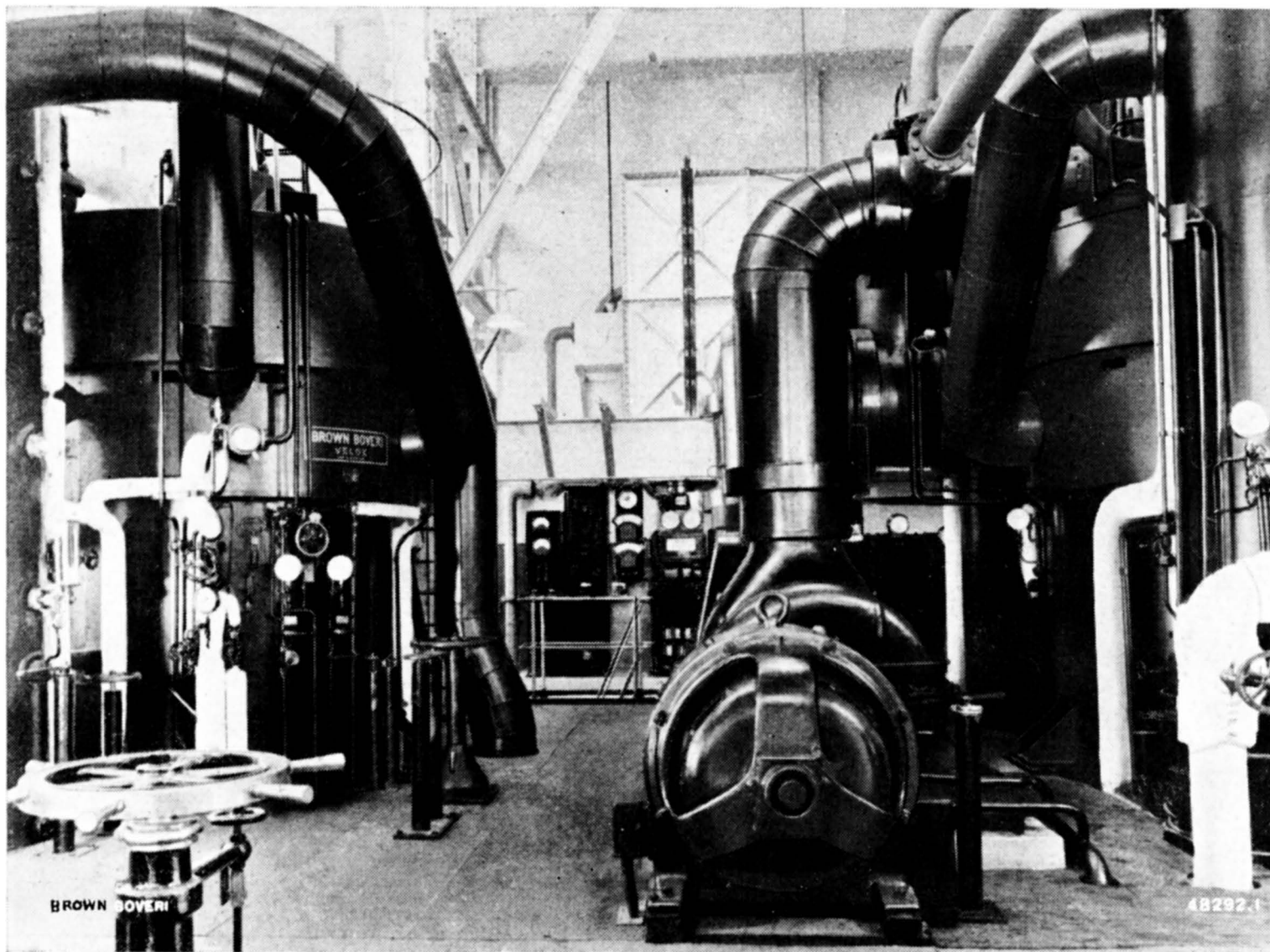


Fig. 1. — Deux chaudières Velox de 45 t/h d'une installation d'outre-mer.
Cette installation Velox construite tout d'abord pour couvrir les pointes est actuellement en service continu.

peur à 38 kg/cm^2 abs et 435°C , commandée par une aciérie en Finlande, est chauffée au gaz de hauts fourneaux, nous devons aussi fournir pour cette installation une turbine à vapeur avec soufflante et une autre turbine avec alternateur.

Une installation d'outre-mer équipée de chaudières Velox a passé à cause des conditions actuelles, comme l'usine d'Oslo qui avait avant la guerre déjà fourni une charge de base, du service d'usine de réserve à celui d'usine à charge permanente. Des rapports nous apprennent que les résultats obtenus sont excellents et que l'on est satisfait du rendement élevé (fig. 1), de ce type de chaudière.

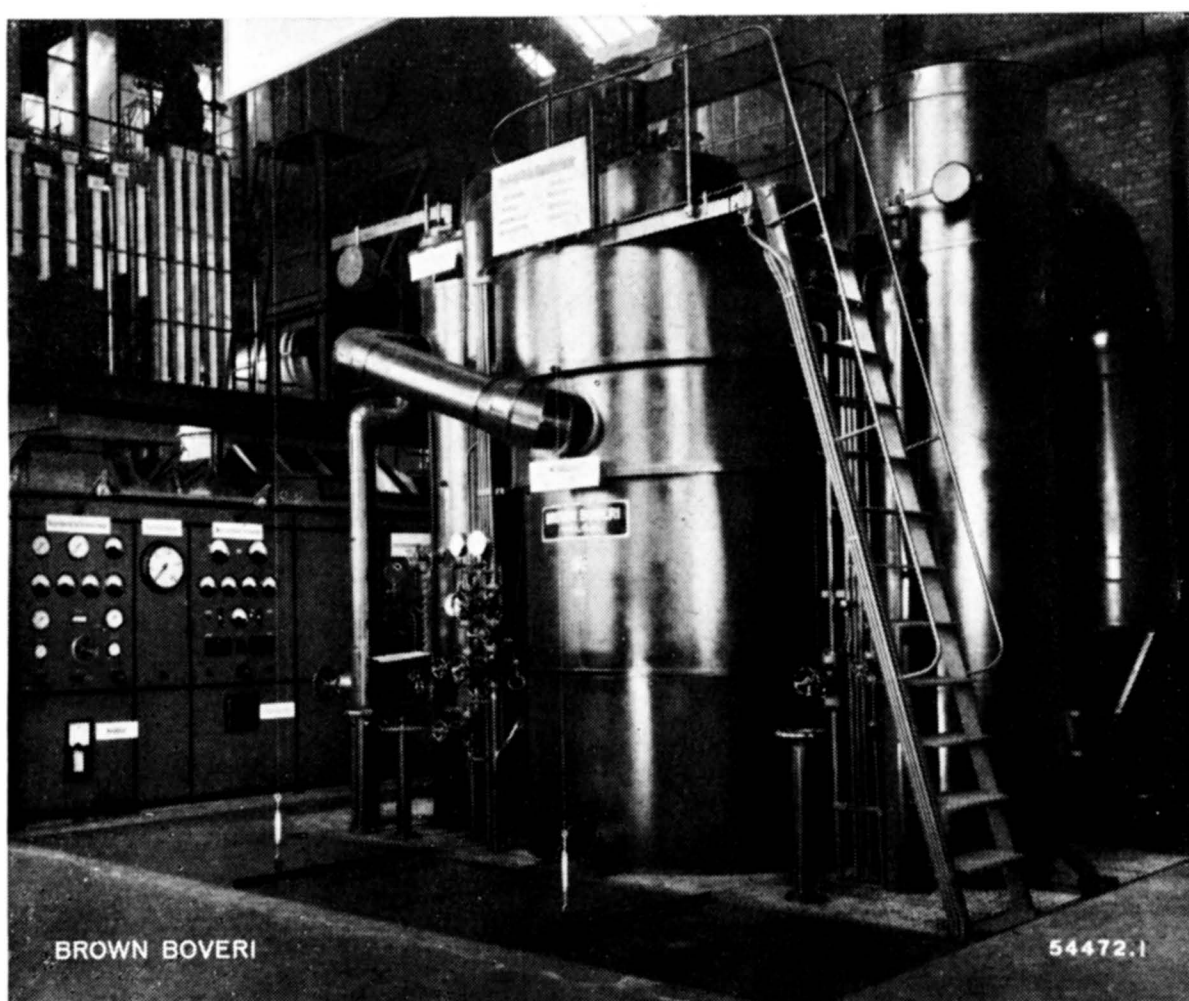


Fig. 2. — Chaudière Velox de 20 t/h, 40 kg/cm^2 , 450°C dans notre chaufferie.

Comme chaudière pour les plates-formes d'essais la Velox offre, par ses démarrages rapides et ses arrêts instantanés, de gros avantages économiques.

Lors des essais des grosses turbines marines à l'atelier, nous avons appris à apprécier nous mêmes les grands avantages des chaudières Velox pour les plates-formes d'essais (fig. 2). Les Velox sont tout de suite prêtes à fonctionner quand on en a besoin et peuvent être arrêtées dès que les essais sont terminés ou doivent être interrompus. Elles suivent automatiquement sans aucune surveillance les variations de charge les plus brusques. On a constaté que la mise en charge d'une chaudière jusqu'à ce qu'elle débite son maximum ne consomme pas plus de combustible que trois minutes en service normal. Une chaudière à vapeur normale à combustion à la pression atmosphérique consomme beaucoup plus pour sa mise en service de l'état froid ou pour son réchauffage après une interruption des essais, si bien que dans des circonstances

normales, une Velox alimentée au mazout est d'un fonctionnement plus économique qu'une chaudière ordinaire au charbon.

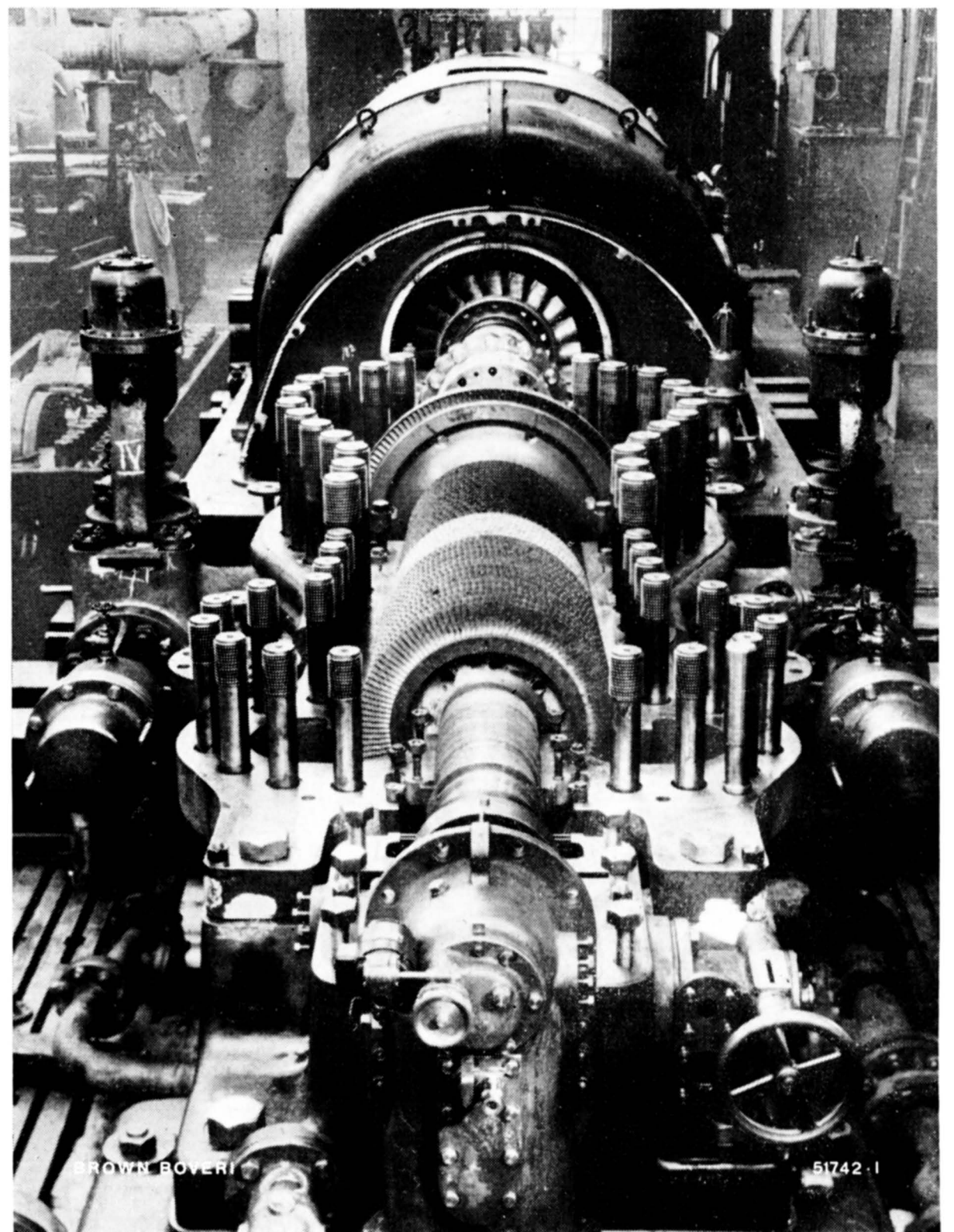


Fig. 3. — Rotor, partie inférieure du cylindre et alternateur d'un groupe de turbines amont à haute pression de 15 250 kW pour une pression de 125 kg/cm^2 , une température de surchauffe de 490°C et une contre-pression de 22 kg/cm^2 .

Jusqu'à présent, 31 turbo-groupes Brown Boveri ont été construits pour des conditions de vapeur vive aussi élevées ($100-130 \text{ kg/cm}^2$ abs et $450-500^\circ \text{C}$).

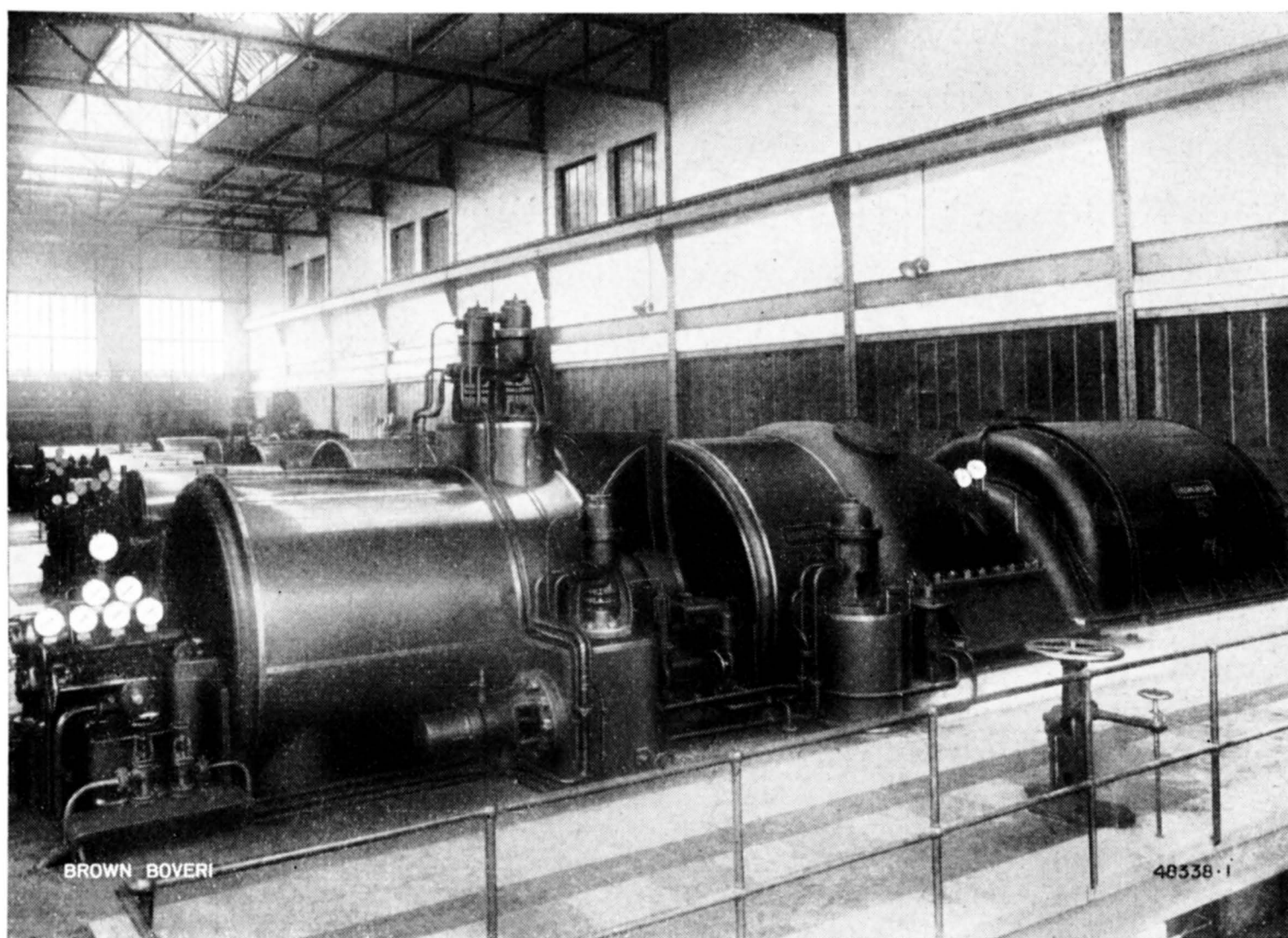


Fig. 4. — Turbine à deux cylindres à condensation et à soutirage d'une papeterie.

Puissance: 22 000 kW avec une pression de 36 kg/cm² et une température de surchauffe de 450° C. Le débit maximum au soutirage est de 52 t/h avec une pression de 2,5 kg/cm². La puissance totale installée dans cette centrale industrielle est de 44 000 kW. Elle est fournie par six groupes tous de construction Brown Boveri.

B. TURBINES A VAPEUR.

Les deux turbines (fig. 3) à contre-pression et à haute pression que nous avons construites pour une usine en Roumanie sont parmi nos plus importantes livraisons de l'année passée. La puissance de chacune de ces turbines est de 15 250 kW pour une pression de vapeur de 125 kg/cm² abs et une température de 490° C. La contre-pression est de 22 kg/cm² abs. Les chaudières sont munies de surchauffeurs intermédiaires dans lesquels la vapeur s'échappant des turbines d'amont est réchauffée à 400° C.

La turbine à soutirage qui a été mise en service l'année passée dans une papeterie est aussi digne d'être signalée. Elle est la plus grande de ce type à deux cylindres (fig. 4). La prise est faite entre les deux cylindres à une pression de 2,5 kg/cm² abs et débite jusqu'à 52 t/h de vapeur. La puissance maximum est de 22 000 kW avec une consommation de 132 t/h de vapeur vive à 36 kg/cm² abs et 450° C. Cette machine est un échantillon typique de notre construction nouvelle de turbines (fig. 5). La vapeur vive fortement surchauffée est amenée aux tuyères dans quatre boîtes de tuyères séparées du bâti de turbine, mais soudées à celui-ci par leur turbulure d'admission. La liaison entre la soupape principale d'admission et les soupapes de tuyères est établie par soudure. Le tout est aussi soudé avec les deux bâtis latéraux qui abritent les soupapes des deux groupes

de tuyères inférieures. Ainsi toutes les brides sont supprimées à part celle sur le plan médian du bâti de la turbine; la construction générale est claire et les organes sont très accessibles. Les surépaisseurs que les brides rendent nécessaires et qui provoquent souvent des tensions thermiques et des déformations entraînant des inétanchéités sont ainsi supprimées. Les aubes des rotors à haute pression sont fixées sur de simples anneaux qui sont liés à l'arbre par des soudures à collerette, les anneaux et l'arbre ont des bourrelets circulaires. Le frettage et les clavettes sont ainsi superflus. Le rotor a alors une forme plus simple qui le rend presque insensible aux variations de température. Le rotor de la partie basse pression est formé de disques pleins soudés à leur périphérie, construction caractéristique des turbines Brown Boveri. Les deux rotors sont pourvus de pistons d'équilibrages, car les poussées axiales varient avec le débit de la prise de vapeur.

A côté d'une bonne fabrication, qui est la première condition indispensable, un montage soigneux et l'essai en fabrique facilitent et accélèrent le travail d'installation comme le montre le cas d'une turbine de 50 000 kW que nous avons livrée en 1941. Cette turbine a été installée et mise en service par un seul de nos monteurs et a tout de suite parfaitement fonctionné.

Nous avons, ces derniers temps, accordé une attention spéciale au perfectionnement de nos *turbines de faible puissance*. Il en existe trois types fondamentaux:

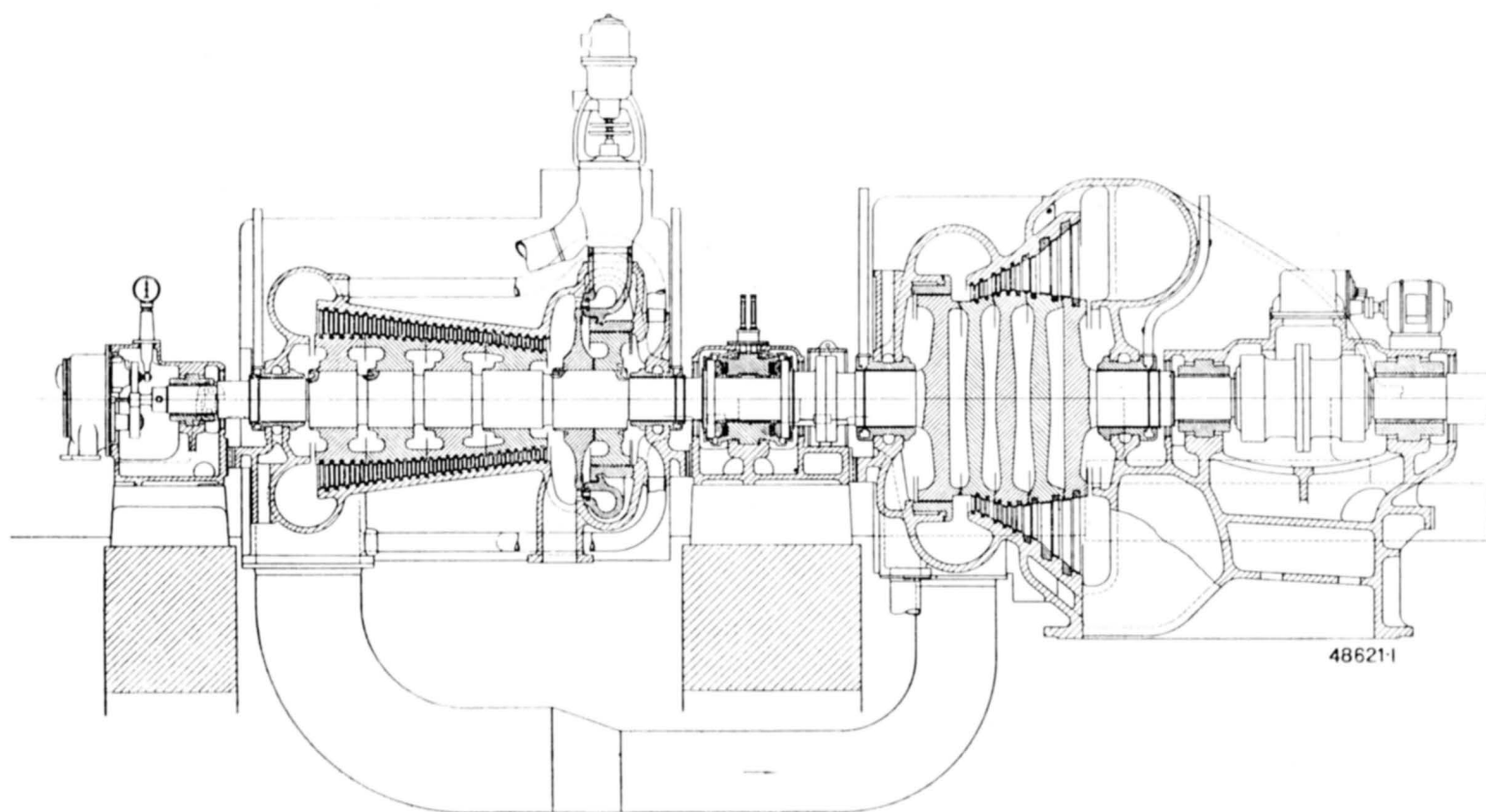


Fig. 5. — Coupe à travers la turbine à condensation et à soutirage de la figure 4.

On remarque les éléments de construction particuliers de Brown Boveri: Boîte de tuyère, soudure de la boîte de soupape, de la boîte de tuyère et de la tuyauterie interne avec le cylindre. Liaison des roues et des tambours avec l'arbre à l'aide de soudure à collerette. Le cylindre à basse pression est formé de disques pleins qui sont soudés les uns aux autres à leur périphérie.

Le premier est issu de notre groupe d'éclairage, bien connu, pour locomotive (fig. 6). Il se compose d'un corps cylindrique ayant en son milieu l'alternateur, tandis qu'à une des extrémités se trouve la roue de la turbine et à l'autre le régulateur. Une tringle située sur le dessus du cylindre transmet le mouvement du régulateur à la soupape de laminage se

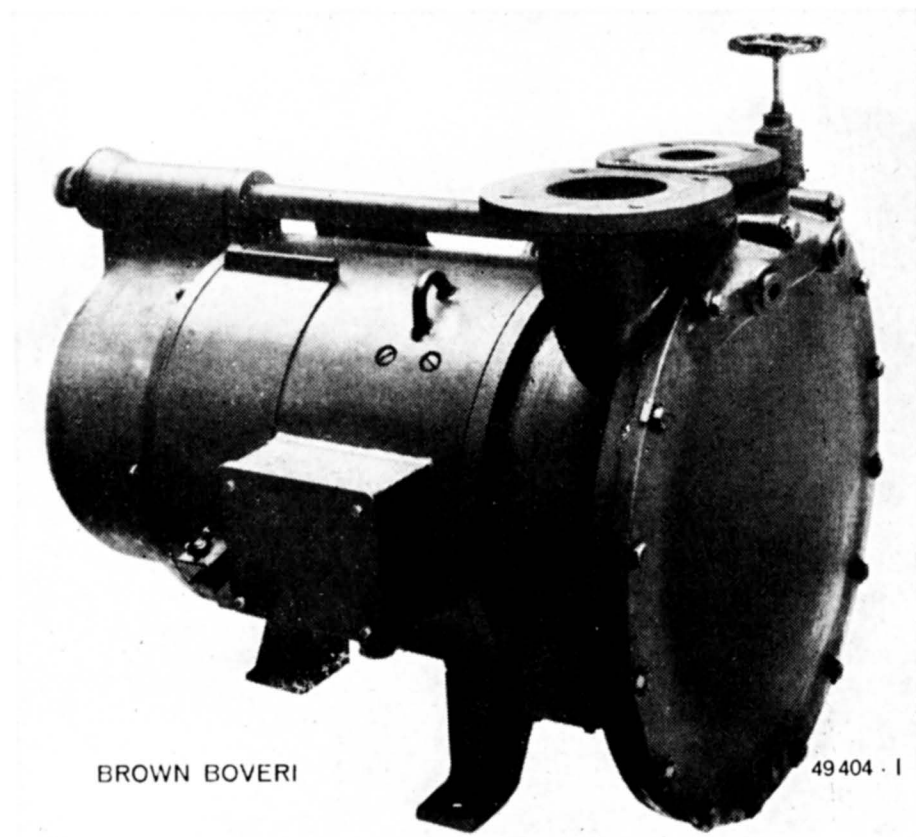


Fig. 6. — Turbine de faible puissance combinée avec la dynamo.

Cette turbine de faible puissance, de construction normale pour une puissance de 25 kW, sert le plus souvent comme machine d'éclairage pour les locomotives, les trains, les bateaux, etc. Elle n'est pas sensible à la pluie et aux intempéries et ne demande aucun entretien. Sous le capot, à gauche, se trouve le régulateur et, dans la carcasse à droite, la roue de la turbine. Le tube horizontal au-dessus de la dynamo protège la tringlerie reliant le régulateur à la soupape de réglage.

trouvant du côté de la turbine. Les grosses unités ont, à côté de cette soupape automatique de laminage ou de réglage, une soupape auxiliaire manœuvrée à la main.

Autrefois ces groupes d'éclairage n'étaient construits que pour des puissances jusqu'à environ 2 kW. Actuellement, nous les construisons jusqu'à 25 kW. Les

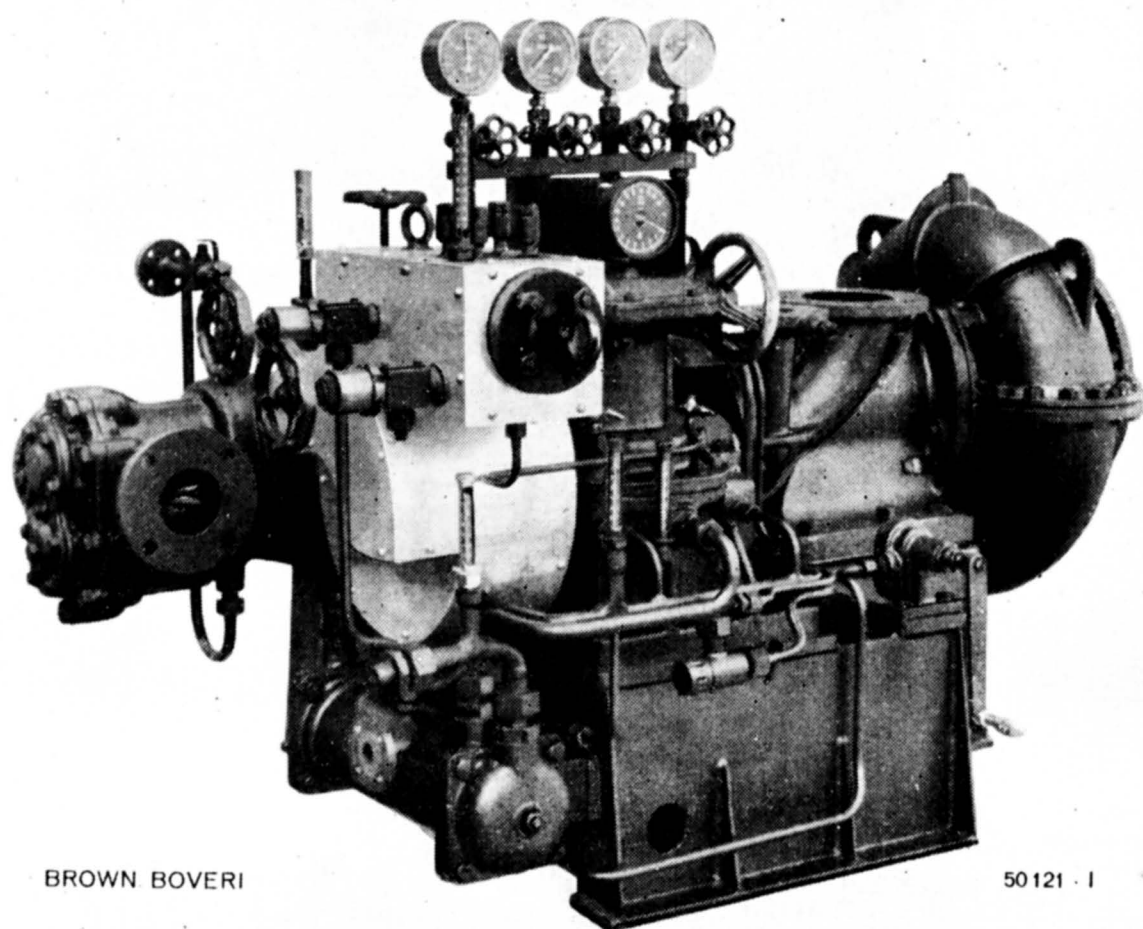


Fig. 7. — Turbine de faible puissance de 40 kW tournant à 13 000 t/min avec tout le groupe de pompes d'une installation de condensation. Les pompes tournant à des vitesses différentes sont reliées à la turbine par un train d'engrenage avec différents pignons. Cette disposition assure le service le plus économique des machines auxiliaires.

plus grosses unités servent à l'éclairage des trains, des bateaux et des bâtiments. Notre construction, insensible aux intempéries et à la pluie et ne demandant presque aucun entretien, permet l'installation de cette

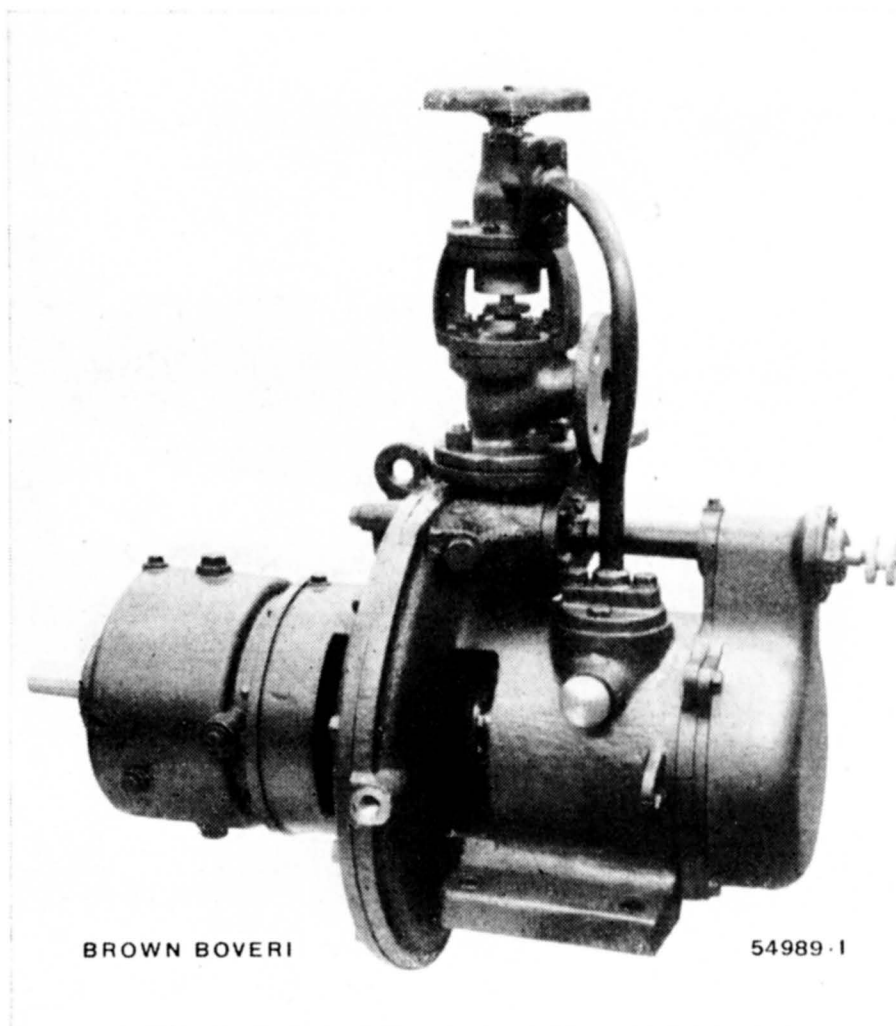


Fig. 8. — Turbine de faible puissance avec réducteur coaxial.

Puissance 20 kW avec une vitesse de 3000/5500 t/min réduite à 900—1650 t/min. Ces groupes servent surtout à l'entraînement de pompes à faible vitesse, de ventilateurs ou de petites génératrices.

machine n'importe où. Dans des conditions normales d'exploitation, le graissage suffit pour une année.

Le deuxième type est semblable au premier en ce qui concerne le réglage, les paliers et la construction du rotor, il ne se distingue du précédent que parce qu'il peut servir à l'entraînement d'une machine quelconque, soufflante, pompe (fig. 7), dynamo ou alternateur, qui est couplée soit directement, soit par l'intermédiaire d'un engrenage au bout d'arbre libre. La puissance maximum de ces turbines est de 45 kW, leur vitesse varie entre 3000 et 5500 t/min. Avec ces turbines, on utilise avec avantage notre nouveau réducteur à engrenages coaxial (fig. 8) lorsque la vitesse secondaire doit atteindre environ 600 t/min.

La figure 9 représente la machine nécessaire à la taille de ces engrenages.

Le troisième type comprend les turbines de faibles puissances dont la construction rappelle tout à fait celle de nos anciennes turbines à condensation de grandes puissances du type turbloc (fig. 10). Elles sont construites pour des puissances jusqu'à 800 kW. On essaya de rendre ces machines plus petites et plus légères en augmentant leur vitesse. La vitesse atteint jusqu'à 10 000 t/min dans les unités puissantes. Les turbines de plus faibles puissances, au maximum 150 kW, tournent à 14 000 et même 17 000 t/min. L'installation de tous les éléments, y compris le réfrigérant d'huile sur une même plaque de base, permet le montage définitif du groupe en fabrique et facilite le transport

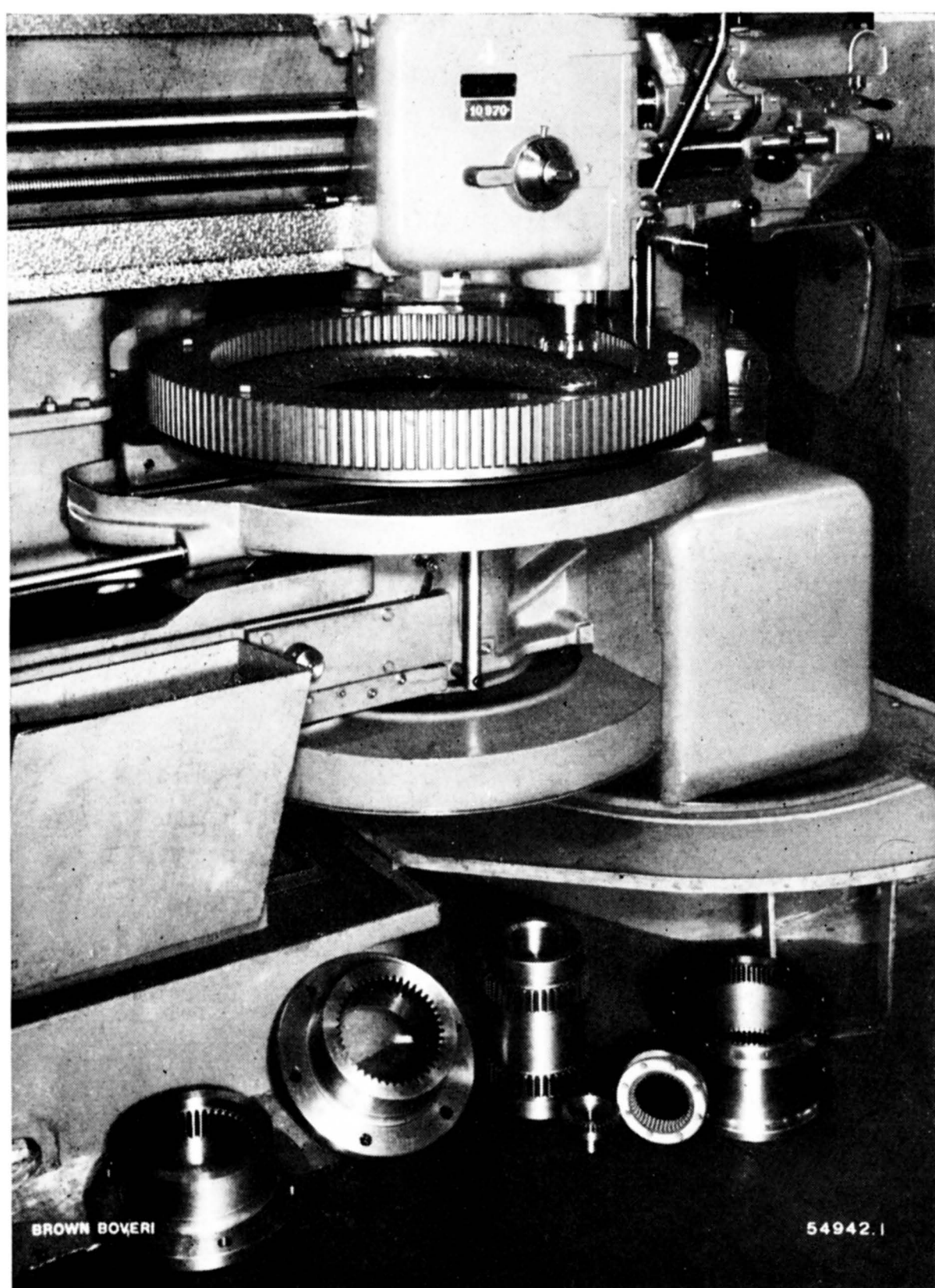


Fig. 9. — Machine à tailler les engrenages.

Elle travaille d'après le procédé à développante avec fraise. Nous pouvons, avec cette machine, tailler des engrenages extérieurs jusqu'à un diamètre de 1000 mm et, suivant le module, des engrenages intérieurs jusqu'à un diamètre minimum de 50 mm. Cette machine sert surtout à tailler les accouplements à engrenage qui remplacent nos anciens accouplements à griffe et à plateau, et pour les engrenages coaxiaux que nous utilisons avec nos turbines à faible puissance.

et l'installation chez le client. Pour les installations fixes, l'alternateur est monté sur une plaque de base séparée, pour les installations marines, il est toujours

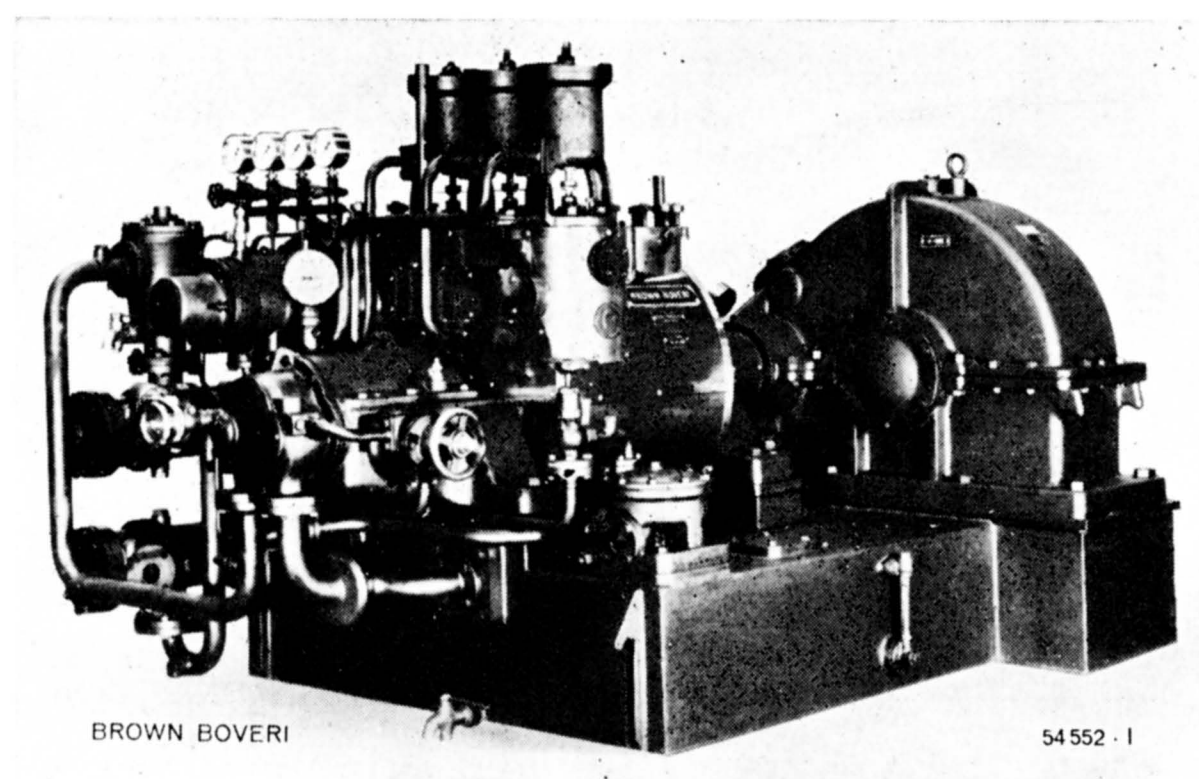


Fig. 10. — Turbine de faible puissance à contre-pression avec réducteur pour une fabrique de sucre.

Puissance aux bornes de l'alternateur 630 kW. L'alternateur entraîné par l'intermédiaire d'un train d'engrenage est installé sur une plaque de base séparée. Vitesse de la turbine 10000 t/min et celle de l'alternateur 1500 t/min. Dans les exploitations qui ont besoin de vapeur de chauffage ces turbo-groupes de faible puissance sont des producteurs d'énergie très économiques.

sur la même plaque de base que la turbine et le réducteur. Les figures 7, 8 et 10 montrent différentes grandeurs et utilisation de ces turbines.

Nous désirons mentionner ici un dispositif que nous avons construit pour l'entretien des installations de turbines (fig. 11). Il sert à la déshydratation de l'huile des réservoirs. L'humidité pénétrant dans les réservoirs produit un vieillissement de l'huile et des dépôts, et entraîne l'oxydation de toutes les pièces métalliques en contact avec l'huile. On peut facilement enlever cette humidité, ainsi que les produits volatils de la décomposition de l'huile en faisant passer au-dessus de

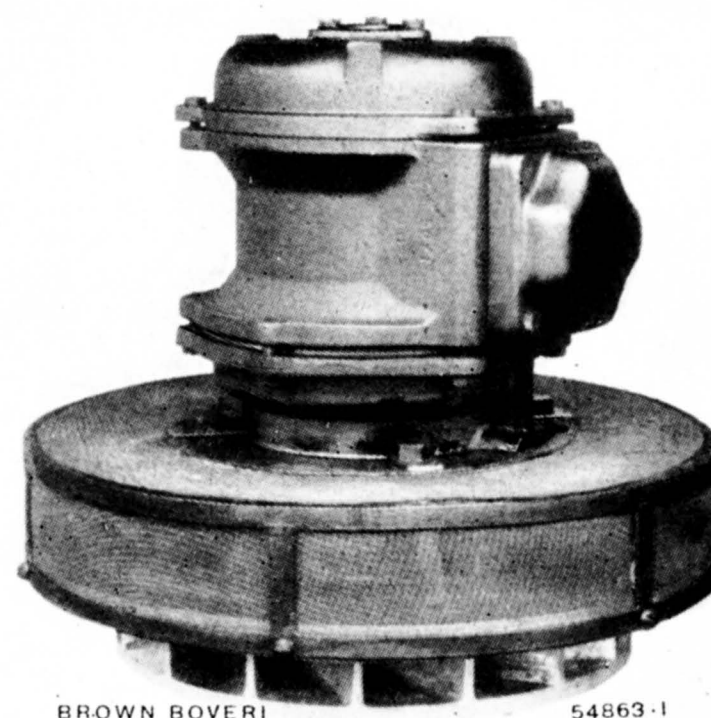


Fig. 11. — Ventilateur avec moteur pour la déshydratation des réservoirs d'huile pour les machines à vapeur et les engrenages.

Une nouveauté intéressante pour l'exploitant: le ventilateur enlève l'humidité et les vapeurs d'huile des réservoirs; une cause de rouille de la turbine est ainsi supprimée et l'huile se conserve plus longtemps.

l'huile et des récipients qu'elle traverse un léger souffle d'air qui entraîne les vapeurs à l'air libre. Ce courant d'air est produit par un petit ventilateur monté sur le bout d'arbre d'un moteur placé sur le réservoir d'huile ou sur la plaque de base servant de réservoir. Le réservoir a, près de la sortie d'air, une plaque de verre, ce qui permet de contrôler constamment l'efficacité du dispositif de déshydratation. Si la plaque est claire, la déshydratation est bonne. S'il y a précipitation, il faut mettre le ventilateur en service et le laisser marcher jusqu'à ce que la plaque soit de nouveau transparente.

On a souvent constaté que dans des installations de puissance moyenne plus d'un litre d'eau par heure a été extrait de l'huile. Pour de faibles quantités de vapeur, l'air peut être évacué dans la salle même. Si la quantité de vapeur est forte, l'air dépose ses vapeurs dans un décanteur.

C. TURBINES A COMBUSTION.

Notre première installation de turbine à combustion de 4500 kW, dont nous avons déjà parlé dans nos deux derniers rapports, est celle de Neuchâtel (Suisse), elle entraîne l'alternateur d'une usine de secours, qui

n'a pas encore dû fonctionner. Son fonctionnement s'est donc limité aux essais mensuels servant à déterminer que l'installation est en ordre et prête à entrer immédiatement en service.

En revanche, nous eûmes souvent l'occasion l'année passée de faire des essais et des démonstrations avec la turbine à combustion destinée à une locomotive, ainsi qu'avec cette dernière. Déjà lors de l'essai dans nos ateliers de nombreux assistants furent témoins du parfait fonctionnement de l'installation. Le nombre des observateurs fut encore plus grand lorsque la turbine fut placée sur son châssis et prête au service de traction. Ces marches d'essai pendant lesquelles des mesures furent faites nous fournirent des renseignements intéressants et confirmèrent l'exactitude des calculs et la bonne adaptation de la construction au but poursuivi. Il ne faut toutefois pas en conclure que la construction d'une turbine à gaz avec un si faible encombrement et un poids prescrit était un problème facile. L'expérience, que nous avons acquise avec des travaux presque semblables, par exemple les groupes de turbines à gaz des chaudières Velox et les groupes soufflante-turbine à gaz des installations de raffinage d'après le procédé Houdry, nous a permis d'obtenir rapidement la solution. Un problème nouveau était d'insérer la turbine à gaz dans le gabarit et de l'adapter aux conditions de service sur une locomotive. La chambre de combustion devait être beaucoup plus courte que sur les installations stationnaires. Une construction soignée de l'injecteur et du corps à tourbillon était donc d'autant plus importante pour obtenir un bon mélange, une bonne inflammation et une bonne combustion du mélange du combustible, ainsi qu'un bon mélange des gaz de combustion avec l'air frais sur le plus court espace. Le préchauffage de l'air pose un nouveau problème ainsi que la disposition judicieuse du préchauffeur sur l'échappement de la turbine à gaz. Dans la Velox presque un quart de la différence de pression produite dans le compresseur est absorbé pour former le mélange et pour vaincre les pertes d'écoulement des gaz. Dans la turbine à gaz, il ne faut perdre qu'environ les 8 % de la différence de pression produite si l'on veut obtenir un rendement un peu convenable. A côté de recherches approfondies avec les injecteurs, les corps à tourbillon et les chambres à combustion, nous avons aussi, l'année dernière, inventé et essayé divers dispositifs qui avaient pour but de rendre maître de la formation du mélange, une distribution indépendante de l'air de combustion et de l'air de refroidissement, l'élévation de l'effet réfrigérant, ainsi qu'une meilleure construction de l'intérieur de la chambre de combustion. Actuellement, trois grandes installations de turbines à combustion se trouvent en fabrication. Deux de celles-ci ont des préchauffeurs d'air dont le projet ne cause pas peu

de soucis, étant donné leurs grandes dimensions, environ 4000 m² de surface chauffante par appareil. Nous décrirons plus en détails ces installations lorsqu'elles auront été mises en service.

Chacun des participants aux démonstrations, lors du jubilé de notre maison, aura remarqué que nous nous occupons toujours activement de rendre la turbine à gaz apte au fonctionnement au charbon pulvérisé. Notre installation d'essai au charbon pulvérisé a une puissance d'environ 2000 kW. Le broyeur est un broyeur à marteaux que nous avons construit selon les plans d'une fabrique anglaise, mais modifiés pour tenir compte du broyage et du tamisage sous pression. La construction de la chambre de combustion était basée sur les expériences acquises lors d'essais préliminaires qui durèrent presque plus de deux ans. Pour les injecteurs, nous avons utilisé les résultats obtenus avec des essais semblables faits sur les Velox. Un chapitre particulier, peut-être le plus important de tous, est celui qui a trait à la précipitation et à la neutralisation des cendres et scories. Une partie de ces cendres est déjà précipitée dans la chambre de combustion, une autre est centrifugée à l'entrée de la turbine et emportée par un courant d'air dans un séparateur centrifuge spécial d'où l'air purifié retourne à la turbine. Comme la précipitation a lieu à haute température et sous une pression élevée, cela complique encore ce problème difficile.

Bien que les essais aient déjà donné des résultats encourageants, on attendra encore quelque temps avant de porter un jugement définitif, car il faut tenir compte du problème de l'érosion des aubes qu'on ne pourra considérer comme résolu qu'après que des essais d'exploitation de longue durée aient donné satisfaction.

D. ORGANES DE RÉGLAGE.

Le grand nombre de nouveautés, les progrès réalisés ces dernières années et les multiples utilisations dans ce domaine nous engagent encore à consacrer un chapitre aux organes de réglage. Il s'agit de notre « Variateur », d'un régulateur de pression de précision et de notre télécommande électrique des turbines. Le « réglage complexe » a déjà été traité en détails dans le numéro de novembre 1941 de la Revue Brown Boveri si bien que nous n'en parlerons pas ici.

Le *variateur* décrit dans notre dernier rapport a été mis depuis en service. On en a équipé deux turbines d'une puissance unitaire de 34 000 kW d'une usine au Danemark. Ces turbines travaillent alternativement sur deux réseaux de caractéristiques fort différentes. L'un des réseaux est très puissant (700 000 kW) et subit continuellement de grandes variations de charge. Il est surtout alimenté par des turbines hydrauliques. L'autre réseau est moins puissant (150 000 kW) sa charge est relativement plus régulière, probablement

parce que d'autres turbines à vapeur, à part les deux dont nous avons parlé, participent au maintien de la fréquence. Les turbines hydrauliques ne suivent, comme on le sait, que lentement les variations de charge. C'est pourquoi lors de la marche en parallèle avec le grand réseau, il est inévitable que les turbines à vapeur à

de plus de 0,5 mm de colonne d'eau. On a encore l'intention de l'améliorer.

Le statisme permanent de ce régulateur et son statisme passager peuvent être réglés : le permanent entre zéro et la grandeur du passager qui peut varier dans la proportion de 1 à 4.

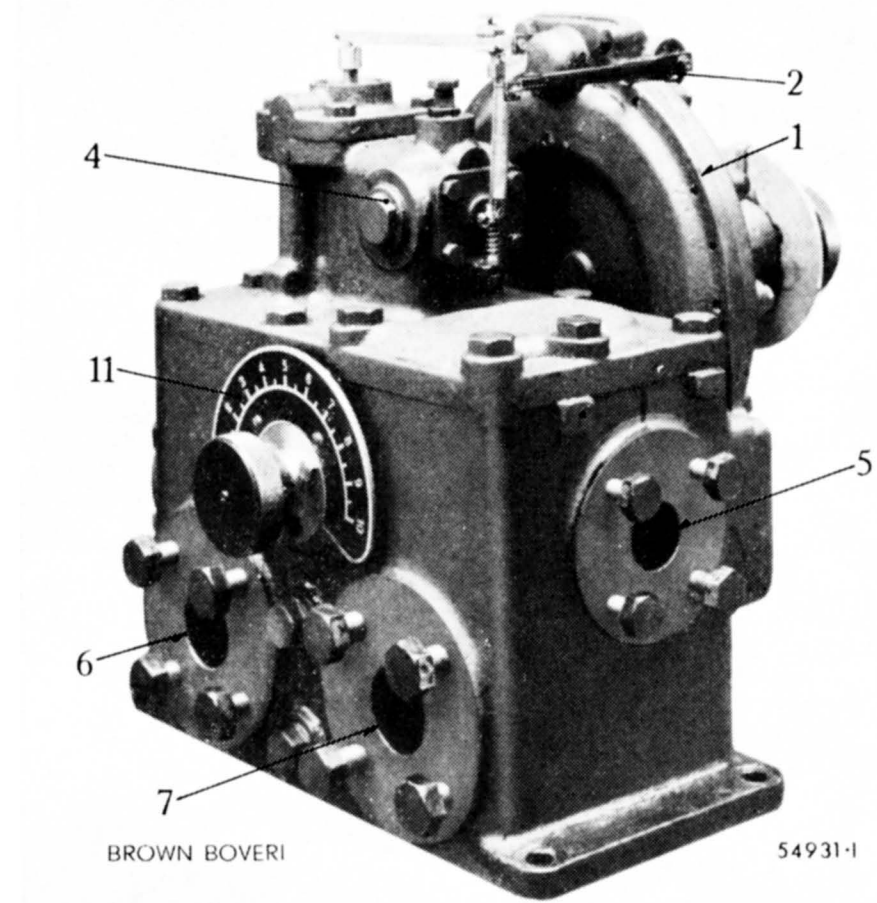
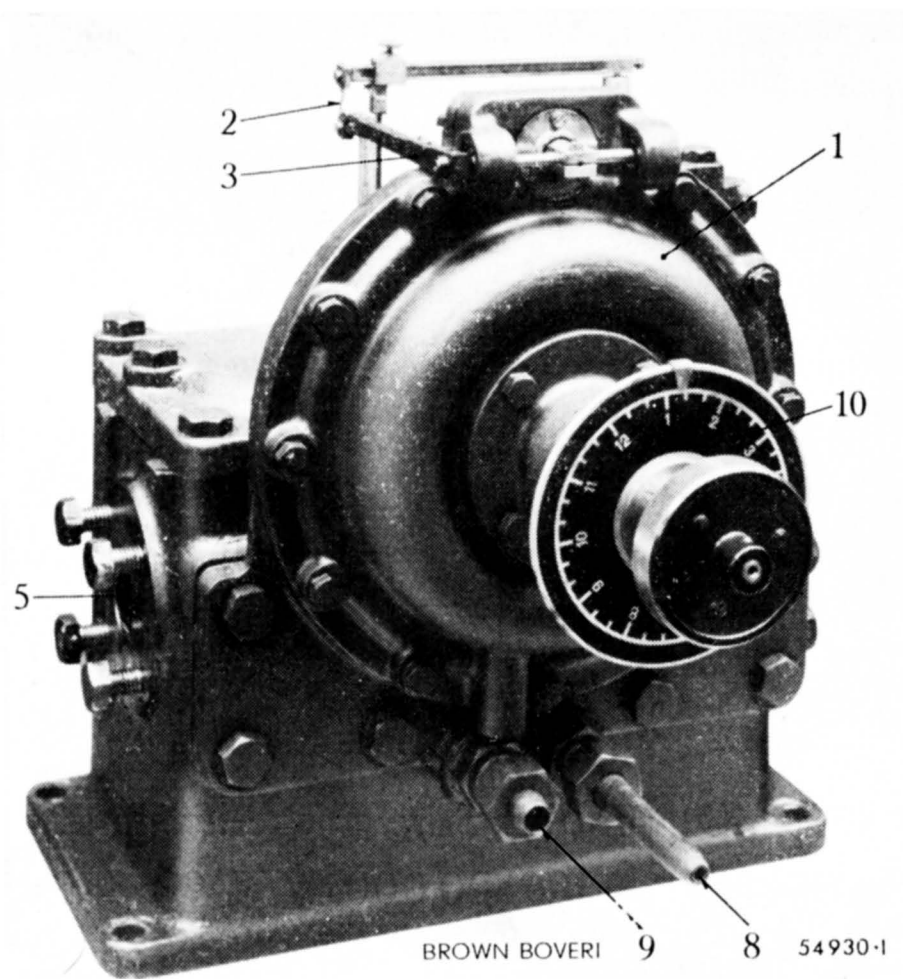


Fig. 12 et 13. — Un nouveau régulateur de pression de très grande précision de réglage.
Pour la légende voir fig. 14.

réaction rapide prennent toutes les variations de charge ou si elles sont adaptées à ces conditions d'exploitation, le réglage aurait une trop grande inertie quand les turbines travaillent sur le réseau de faible puissance.

Le variateur permet une bonne marche en parallèle avec les deux réseaux, une fois il est réglé sur un grand statisme correspondant à la grande inertie du réglage des turbines hydrauliques et l'autre fois avec un plus petit statisme et répond ainsi plus ou moins rapidement aux variations de charge du réseau. Dans l'installation mentionnée le statisme maximum est de 7,5 % et le minimum de 2 %. Le maintien de la fréquence dépend de la vitesse de réglage du variateur comme le montre l'exemple suivant : les irrégularités de la courbe de fréquence disparaissent presque complètement lorsqu'on eut réduit la vitesse de réglage des deux variateurs. Les variateurs ne demandent aucun entretien.

Nous avons aussi construit un régulateur de précision (fig. 12 et 13) pour le maintien exact de la pression. Il est employé lorsqu'on ne dispose que de très faibles impulsions de réglage ou si la faible chute de pression nécessaire au réglage représente déjà une perte importante ou encore lorsqu'une très grande exactitude de réglage est exigée. Un de ces cas est celui des turbines à soutirage ou à contre-pression, si la vapeur soutirée servant au chauffage doit être maintenue à une température déterminée. Déjà les premiers essais de ce régulateur de précision indiquèrent une sensibilité

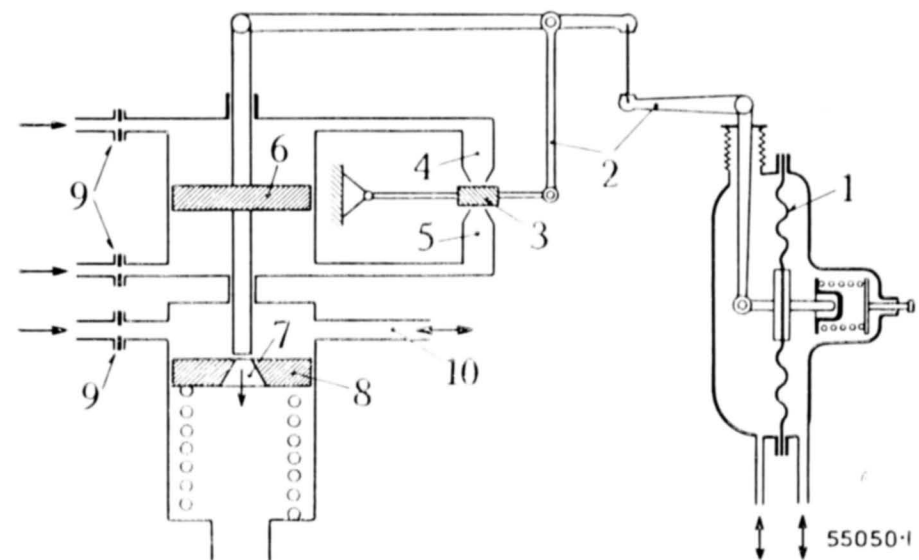


Fig. 14. — Schéma de principe du régulateur de pression de précision.
L'impulsion produite par un écart de la pression agit sur la membrane 1 et est transmise par le levier 2 à la palette 3.

Selon la position de la palette de la soupape hydrodynamique des quantités différentes d'huile s'écoulent des deux tuyères 4 et 5. Cela modifie la pression qui agit sur les deux côtés du piston de commande 6. Celui-ci se déplace et libère plus ou moins l'ouverture 7 du piston secondaire 8. Cet écoulement fait varier aussi la pression de l'huile de commande qui actionne la soupape de réglage de la turbine. La pression de l'huile de commande est maintenue à une certaine valeur par les diaphragmes 9. La soupape de réglage de la turbine est raccordée en 10.

L'organe sensible de ce régulateur est une membrane ayant une très faible rigidité (fig. 14). Les impulsions sont transmises par une tringlerie au levier d'une soupape hydrodynamique.¹⁾ L'extrémité du levier porte une palette qui est frappée par le jet de deux tuyères placées de part et d'autre de la palette. Selon la position de la palette, l'huile s'écoule plus ou moins librement de l'une ou de l'autre tuyère. Cela fait varier la pression d'huile sur les deux faces d'un piston qui forme avec la soupape hydrodynamique la première com-

¹⁾ Revue Brown Boveri de septembre 1940, p. 173.

mande préliminaire de ce réglage. Une seconde commande travaillant sur le même principe agit sur la vanne de réglage proprement dite. Cette vanne de réglage commande le système d'huile sous pression de la soupape de la turbine. Chacune des commandes préliminaires provoque une grande démultiplication de la force excessivement petite, nécessaire au déplacement du levier de la soupape hydrodynamique. Bien que plusieurs démultiplications agissent en série, le temps de réaction du régulateur est de l'ordre de grandeur d'une demi seconde. Dans les cas qui de-

des impulsions de courant qui agissent sur un électro-aimant à bobine plongeante, qui déplace le levier d'une soupape hydrodynamique semblable à celle décrite précédemment. La soupape hydrodynamique agira sur l'huile de réglage des soupapes de la turbine à vapeur comme dans le régulateur de pression. Dans cette commande, l'asservissement demanda une construction spéciale. Il est électrique, c'est un courant continu qui agit contre les impulsions de courant du transmetteur d'ordres et les compense. Le courant continu de compensation est obtenu en faisant passer

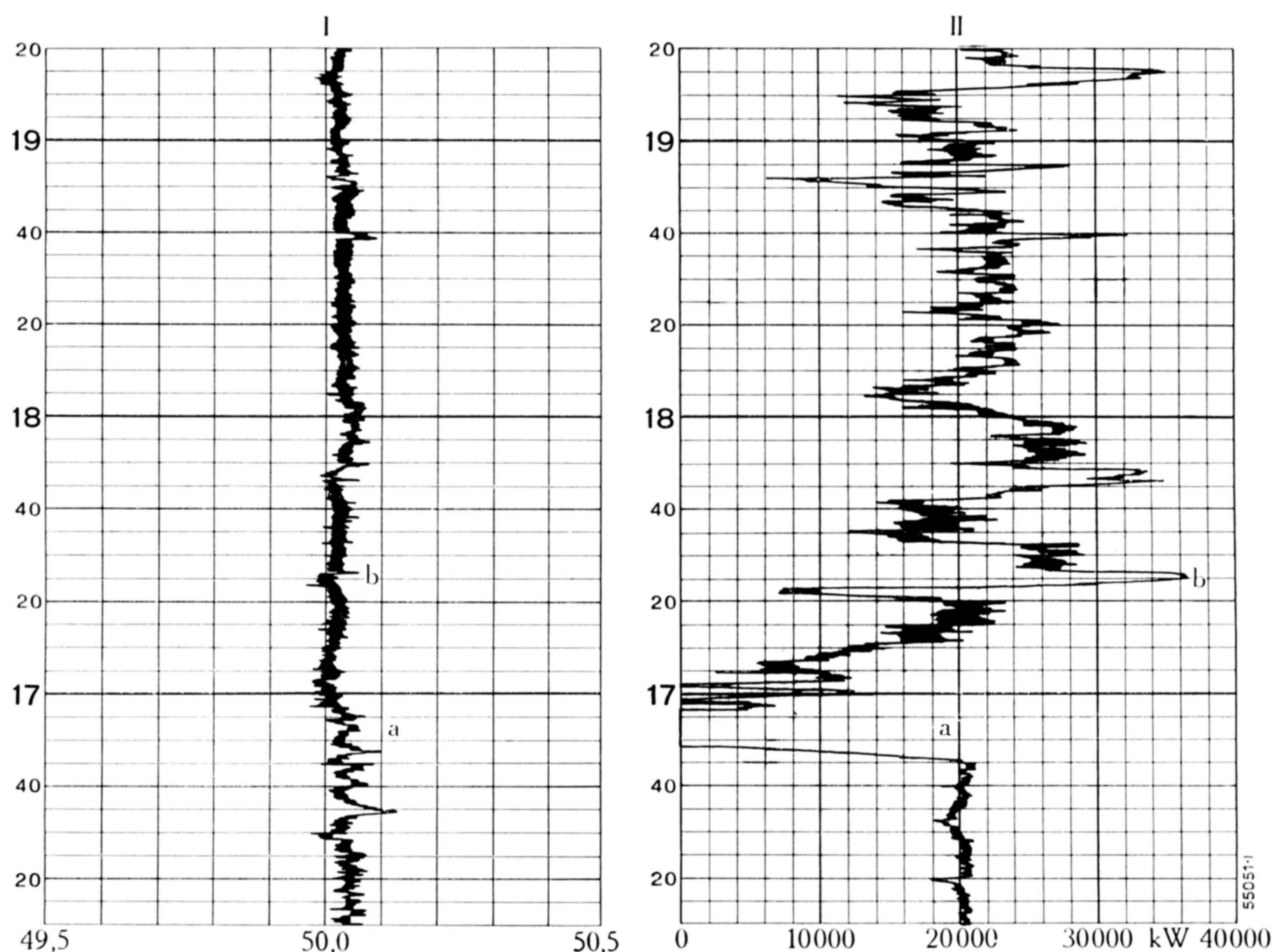


Fig. 15. — Deux bandes de diagrammes qui montrent comment agit notre télécommande électrique pour le maintien de la fréquence en agissant sur un turbo-groupe de 35 000 kW, et son importance pour l'exploitation, selon un programme, de réseaux interconnectés de distribution d'énergie.

I = Variation de la fréquence du réseau.

II = Variation de la puissance de la turbine munie de notre télécommande électrique et servant au maintien de la fréquence. La télécommande est enclenchée en a.

Les variations de fréquence décroissent et la puissance tirée de la turbine prend pour un instant de grandes valeurs. En b, elle dépasse même la puissance maximum de cette turbine. La turbine n'est plus réglée et le maintien de la fréquence n'est plus exact. Il faut toutefois remarquer que toute la largeur du diagramme de fréquence ne représente qu'une pér/s. Les plus grandes variations sont donc inférieures à $\frac{1}{10}$ de pér/s.

mandent une vitesse de réglage très grande, ce temps de réaction peut être encore notablement raccourci. Ce régulateur sert dans tous les genres de réglage de pression et de débit ainsi que pour éviter le pompage des compresseurs.

Nous avons déjà parlé dans notre dernier rapport d'une *télécommande électrique*. Elle a été depuis mise en service. Elle sert à régler, d'un poste de commande éloigné, la fréquence ou la charge d'une turbine en utilisant seulement des courants très faibles, de quelques milliampères. Les variations de fréquence, par exemple, font émettre au transmetteur d'ordres

par un redresseur au sélénium le courant alternatif réglé par un régulateur d'induction. La grandeur du courant est déterminée par la position du piston de commande, qui règle par une came le rapport de transformation du régulateur d'induction.

Le temps de réglage de ce dispositif est très court. Le temps de réaction du régulateur est de 0,6 s. Ce dispositif permet aussi un ajustage du statisme dans un domaine étendu. Les statismes permanent et passager peuvent être modifiés indépendamment l'un de l'autre.

Cette télécommande a été utilisée pour la première fois dans une installation où une turbine de 35 000 kW

devait maintenir constante la fréquence d'un réseau de 400 000 kW. Comme les variations de fréquence du réseau étaient relativement faibles, une puissance relativement faible suffit à maintenir assez exactement la fréquence. La figure 15 reproduit la courbe de fréquence relevée par un fréquencesmètre-enregistreur. La partie inférieure de la courbe montre les variations de fréquence sans réglage de fréquence, la supérieure avec. Comme on le voit, les variations sont notablement plus faibles. La courbe II représente la puissance fournie par la turbine chargée de maintenir la fréquence. Le courant de commande n'était dans ce cas que de 4 mA et le temps de réaction de 0,6 s. L'appareil commence à réagir pour un courant de 0,1 mA et il est construit pour un courant maximum de 10 mA.

Dans cette installation, une machine de puissance relativement faible devait maintenir la fréquence d'un réseau puissant. Dans de nombreux cas, plusieurs tur-

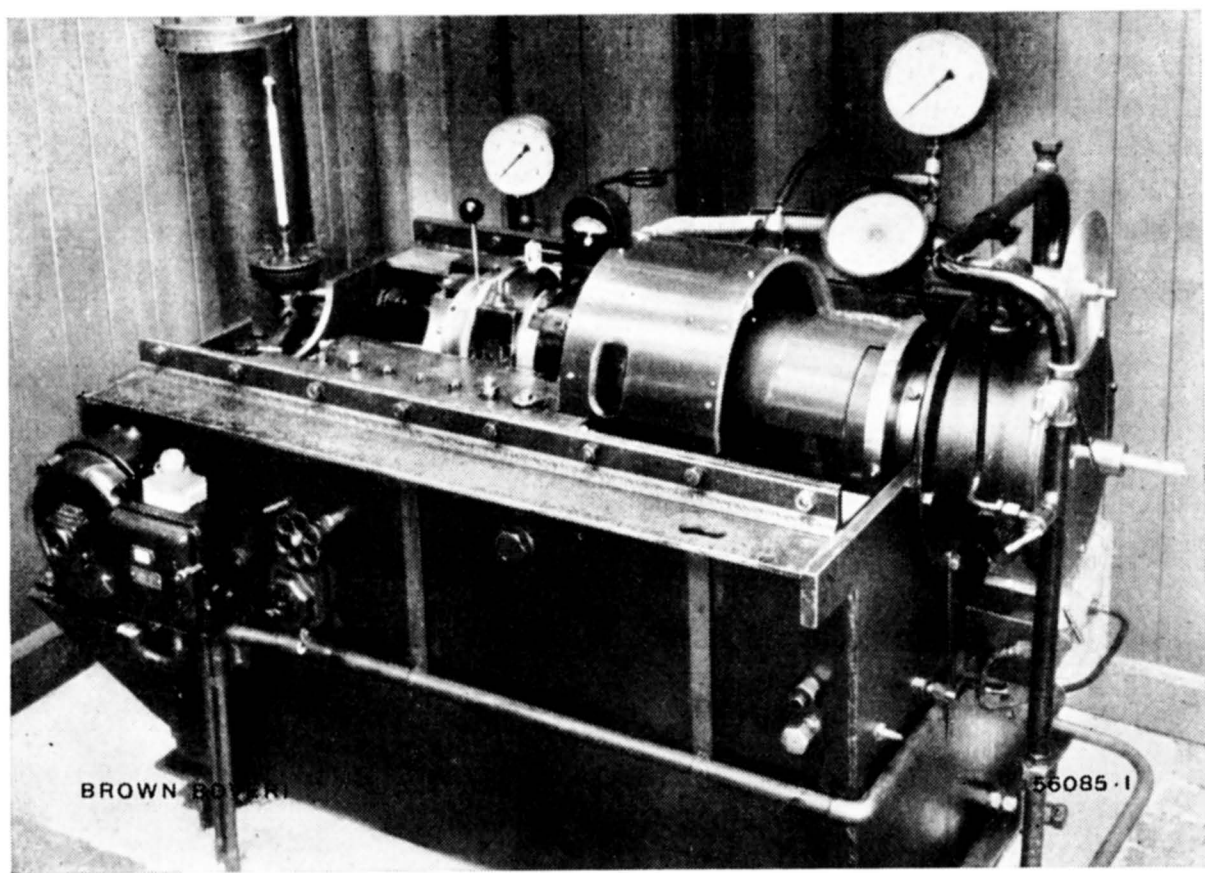


Fig. 16. — Appareil de contrôle des régulateurs de vitesse.

Cet appareil permet de reproduire exactement les conditions d'exploitation. Même les éléments les plus simples de nos turbines sont soigneusement contrôlés avant leur montage.

bines sont équipées d'un régulateur de fréquence, non seulement cela facilite le maintien de la fréquence du réseau, mais encore réduit la contribution de chacune des machines au réglage.

Pour le *contrôle des régulateurs de vitesse*, nous avons construit un appareil (fig. 16) qui permet d'essayer n'importe quel régulateur de vitesse, de contrôler son fonctionnement mécanique et de déterminer sa caractéristique sans monter ce régulateur dans sa turbine et sans mettre celle-ci en service. L'appareil de contrôle reproduit parfaitement les conditions de fonctionnement sur la turbine, il commande aussi la pression d'huile en modifiant par le manchon du régulateur la section d'écoulement; la position du manchon est fixée par la vitesse du régulateur. Les vitesses sont mesurées

par un tachymètre de précision qui est une application des courants de Foucault et n'a donc aucun frottement. Une particularité de cet appareil est qu'il ne détermine pas la levée, mais la pression d'huile obtenue. Ainsi sont supprimés les mécanismes de mesures introduisant en général des frottements. La caractéristique de levée déterminée avec cet appareil pour une vitesse croissante et décroissante donne l'hystérèse réelle ou l'insensibilité du régulateur; elle n'est pas influencée par des frottements additionnels. Ce nouvel appareil de contrôle nous a permis de déceler des causes d'erreur du régulateur de vitesse et de les supprimer.

E. TURBO-ALTERNATEURS.

Les pertes des turbo-alternateurs dont la puissance est comprise entre 50 et 60 MVA n'atteignent plus actuellement à pleine charge qu'à peine 1,5 %. La suppression des causes de pertes, entre autres la réduction des pertes par ventilation obtenue par une observation rigoureuse des lois de l'aérodynamique, semble permettre d'atteindre un rendement de 99 % avec les turbo-alternateurs de grande puissance refroidis à l'air. L'emploi pour ces alternateurs de l'hydrogène comme agent réfrigérant ne paraît pas être avantageux, car la réduction des pertes qu'il permet n'est pas en rapport avec les complications qui en résultent pour la construction. Nous avons tout de même étudié ce genre de construction et spécialement le problème de l'étanchéité qui est le plus difficile, car il est probable que le prix élevé du charbon conduira, comme après la dernière guerre, à la construction de grandes unités pour lesquelles le refroidissement à l'hydrogène peut être intéressant.

Un des premiers résultats de cette étude est la mise au point d'un presse-étoupe de construction beaucoup plus simple que ceux employés en Amérique et assurant quand même une étanchéité parfaite de l'arbre de transmission. Ce nouveau presse-étoupe n'est en somme qu'une construction améliorée de celui que nous employons avec succès depuis des années pour les frigiblocs entraînés par turbines à vapeur ou par moteurs à courant continu et pour les soufflantes à gaz ou à vapeur. Les pertes d'huile de ces presse-étoupe sont actuellement moins de 1 % de celles des presse-étoupe de construction américaine; nous espérons pouvoir encore les réduire.

Nous avons poursuivi systématiquement nos travaux sur les enroulements des alternateurs à très haute tension. Nous avons prétendu, il y a deux ans, qu'il

serait possible d'établir pour 50 kV des enroulements d'alternateur présentant toute sécurité. Ces enroulements ont été construits l'an dernier. Nous sommes arrivés à exécuter un alternateur pour une tension nominale de 50 kV et une tension d'essai de 100 kV, sans artifice téméraire, en utilisant les barres subdivisées cylindriques qui ont déjà donné de bons résultats

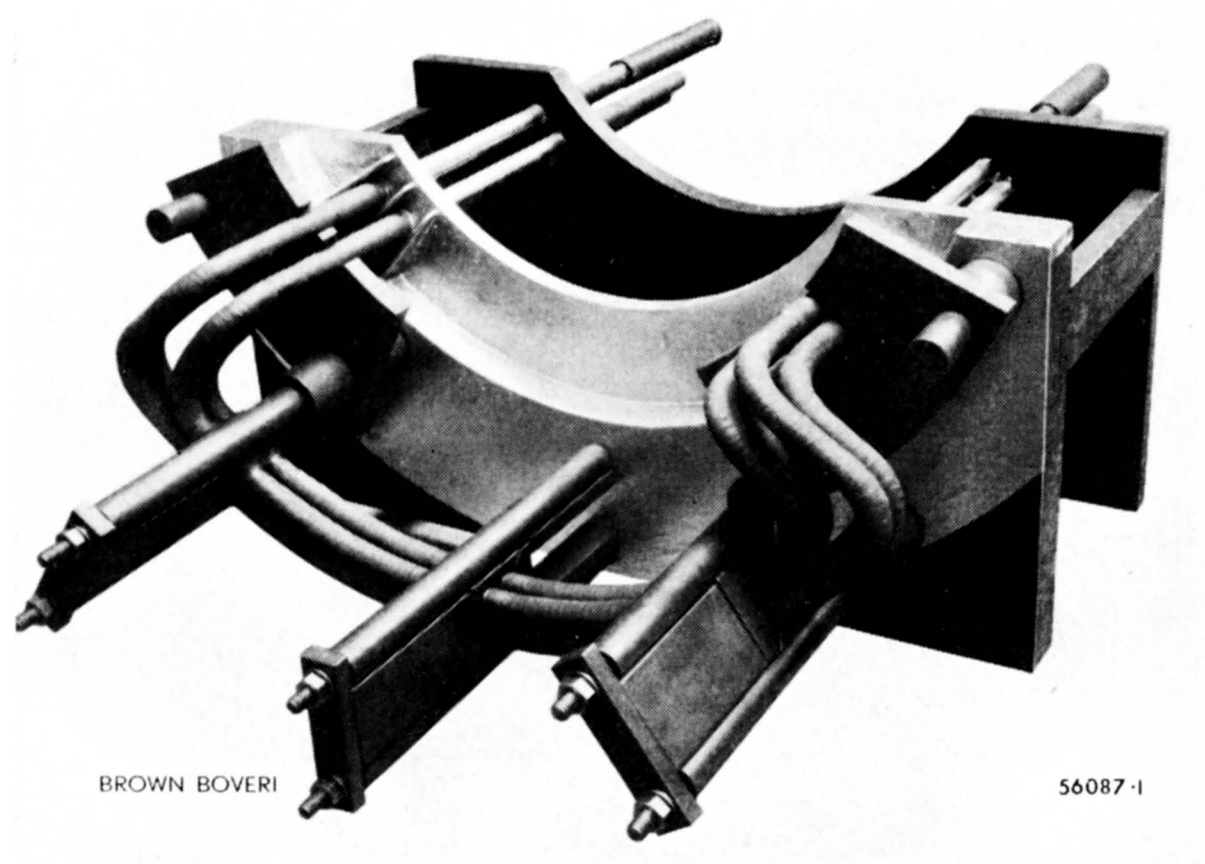


Fig. 17. — Modèle de l'enroulement d'un turbo-alternateur pour une tension aux bornes de 50 000 V.

Les tensions aux bornes aussi élevées sont intéressantes au point de vue économique pour les alternateurs de grande puissance si les conditions du réseau sont telles que l'on peut se passer de transformateur. Les pertes dans le transformateur sont ainsi supprimées. Ces tensions si élevées exigent des précautions spéciales pour la construction des conducteurs et de leur isolation.

avec notre premier alternateur à haute tension de 36 000 V. Nous avons présenté, lors des manifestations du jubilé des 29 et 30 septembre, un modèle de cet enroulement à 50 kV (fig. 17) qui a une isolation parfaite résistant même aux ondes de tension à front raide. Nous sommes donc à même de construire maintenant des alternateurs de 50 kV avec isolement excellent du point neutre et pouvant donc ainsi alimenter des réseaux à neutre isolé.

F. ALTERNATEURS ENTRAÎNÉS PAR MOTEURS DIESEL.

Il y a quelques années déjà que les exigences de l'heure nous avaient engagés à construire des groupes de secours devant fournir l'énergie immédiatement, en cas de panne du réseau local. Une telle usine électrique en miniature est relativement coûteuse; elle n'est que rarement rentable parce que fonctionnant exceptionnellement. C'est pourquoi on en vint à l'idée de rendre ces groupes mobiles pour augmenter leurs possibilités d'emploi et leur durée d'utilisation. Nous avons construit en commun avec la Maison Merz Frères de Dulliken près d'Olten des groupes de secours mobiles

qui ont l'avantage, grâce à leur transport facile, de pouvoir être mis partout rapidement en service. Ils sont montés sur une remorque à deux roues jusqu'à une puissance de 60 ch du moteur Diesel et sur une remorque à quatre roues pour les puissances de 60 à 250 ch. Ainsi, les possibilités d'utilisation sont beaucoup plus grandes, ce qui permet d'amortir l'installation plus rapidement. Ces groupes mobiles ont pris

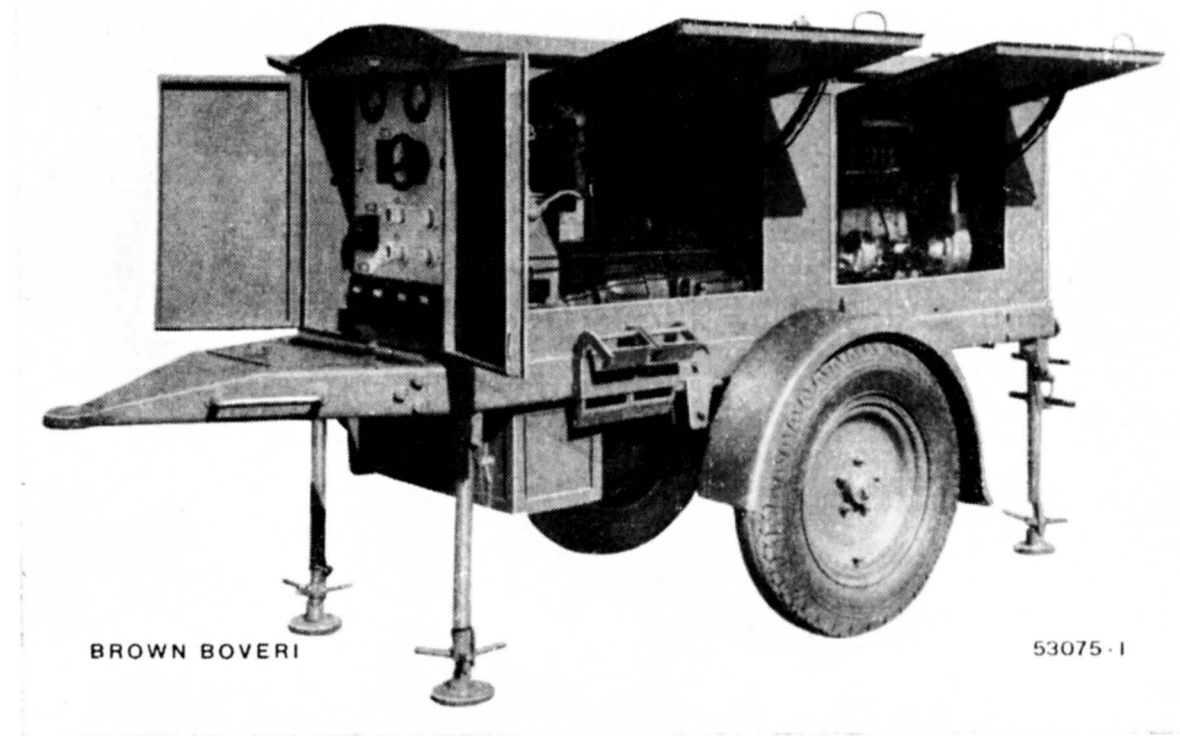


Fig. 18. — Groupe de secours mobile avec moteur Diesel ou à benzine d'une puissance jusqu'à 60 ch. (Le chariot est construit par la maison Merz Frères à Dulliken.)

Toutes les pièces essentielles sont facilement accessibles. Si l'on dispose de peu de place, le timon servant de boîte à outils peut être enlevé. Ces groupes sont supérieurs aux installations fixes à cause de leurs utilisations multiples.

actuellement une importance particulièrement grande à cause de la défense aérienne passive. Ils conserveront leur utilité en temps de paix pour fournir le courant à des chantiers de construction éloignés, pour alimenter, lors de disparition de la tension du réseau, des installations de première nécessité telles que hôpitaux, stations de pompage, bâtiments d'administration, etc., ou pour couvrir les pointes de charge locales ou passagères. Les groupes peuvent aussi être mis en service dans un local fermé s'ils sont munis d'un long tuyau d'échappement flexible. La figure 18 montre l'un de ces groupes sur une remorque à deux roues; le capot relevé permet de voir la disposition claire, sur le cadre du châssis, de tout l'équipement mécanique et électrique.

G. ALTERNATEURS POUR USINES HYDRO-ÉLECTRIQUES.

La pénurie du charbon et le renchérissement qui s'ensuivit pendant la guerre de 1914—1918 et l'après-guerre ont entraîné une plus grande utilisation des forces hydrauliques et un développement des alternateurs entraînés par turbines que l'on n'a pas revu depuis.

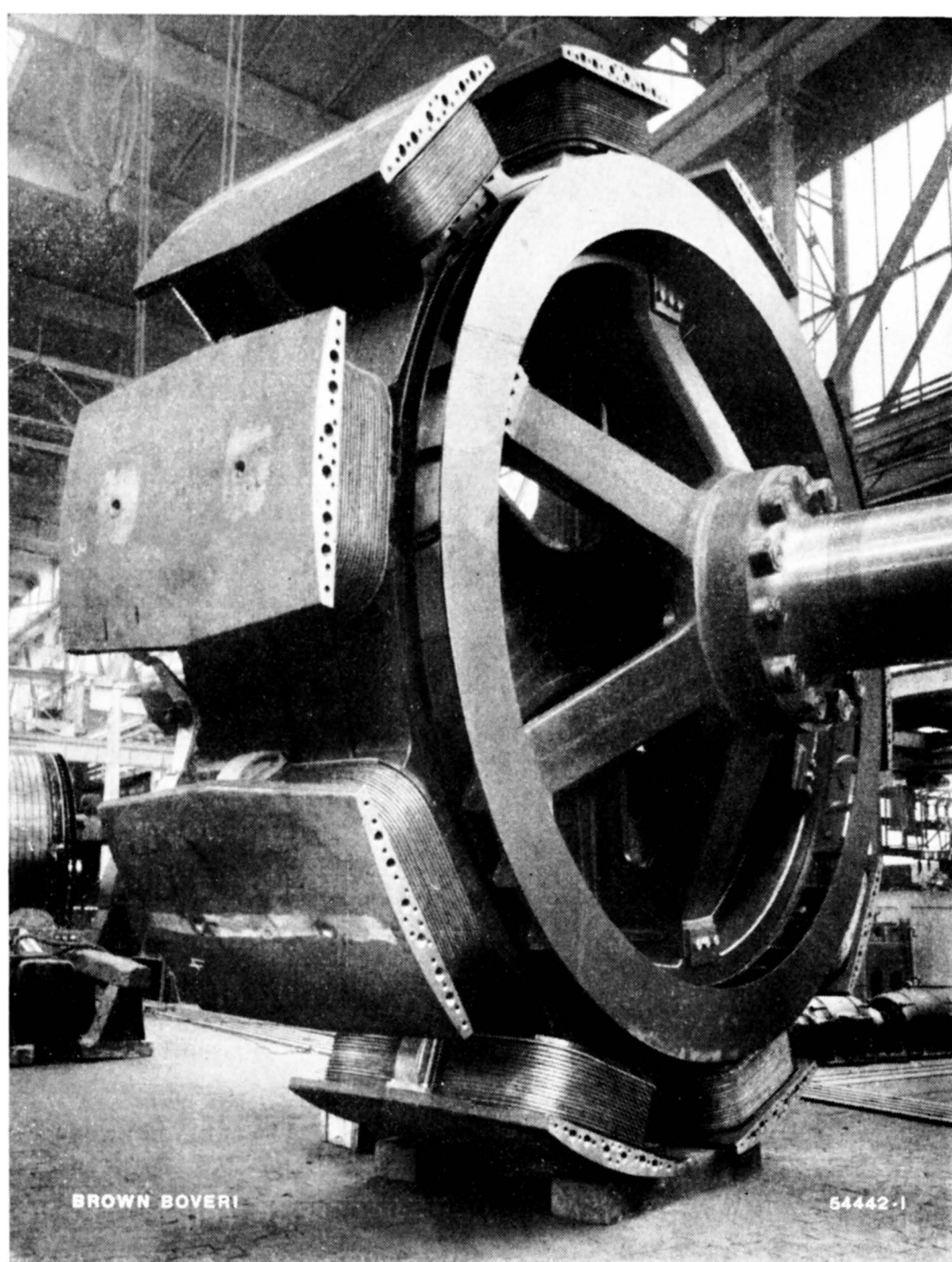


Fig. 19. — Roue polaire d'un alternateur triphasé de 24 500 kVA, 15 000 V, 300 t/min, 25 pér/s.

Les semelles des pôles sont percées de façon à pouvoir mettre plus tard un enroulement amortisseur si c'est nécessaire. L'emploi de fonte d'acier de qualité permet de maintenir les courts délais de livraison malgré les difficultés dues à l'économie de guerre.

Une conjoncture analogue se dessine actuellement et la construction peut s'appuyer maintenant avec avantage sur les expériences faites depuis lors dans la construction des alternateurs de grande puissance, à axes verticaux et horizontaux. C'est ce que nous avons fait en construisant l'an dernier les nombreux alternateurs de moyenne et de grande puissance dont l'exécution nous a été confiée (fig. 19 et 20).

D'autre part, on s'intéresse de nouveau à l'utilisation des forces hydrauliques de faible importance pour couvrir des consommations locales d'énergie. Nous avons eu l'occasion de construire un grand nombre de ces installations qui se sont révélées très économiques aussi au point de vue hydraulique depuis l'introduction de l'automatisme avec l'appareillage spécial que nous avons de nouveau perfectionné.

Fig. 21. — Alternateur triphasé de 135 kVA, 375 t/min, 50 pér/s, devant être accouplé à une turbine Kaplan.

Cet alternateur a été livré à un moulin qui, jusqu'à présent, entraînait mécaniquement à l'aide d'une transmission et de sa propre force hydraulique ses différentes machines.

L'exploitation est devenue beaucoup plus économique grâce à la commande électrique. Des améliorations semblables peuvent être apportées à d'autres installations industrielles ayant leur propre énergie hydraulique, en y remplaçant les anciens groupes alternateurs.

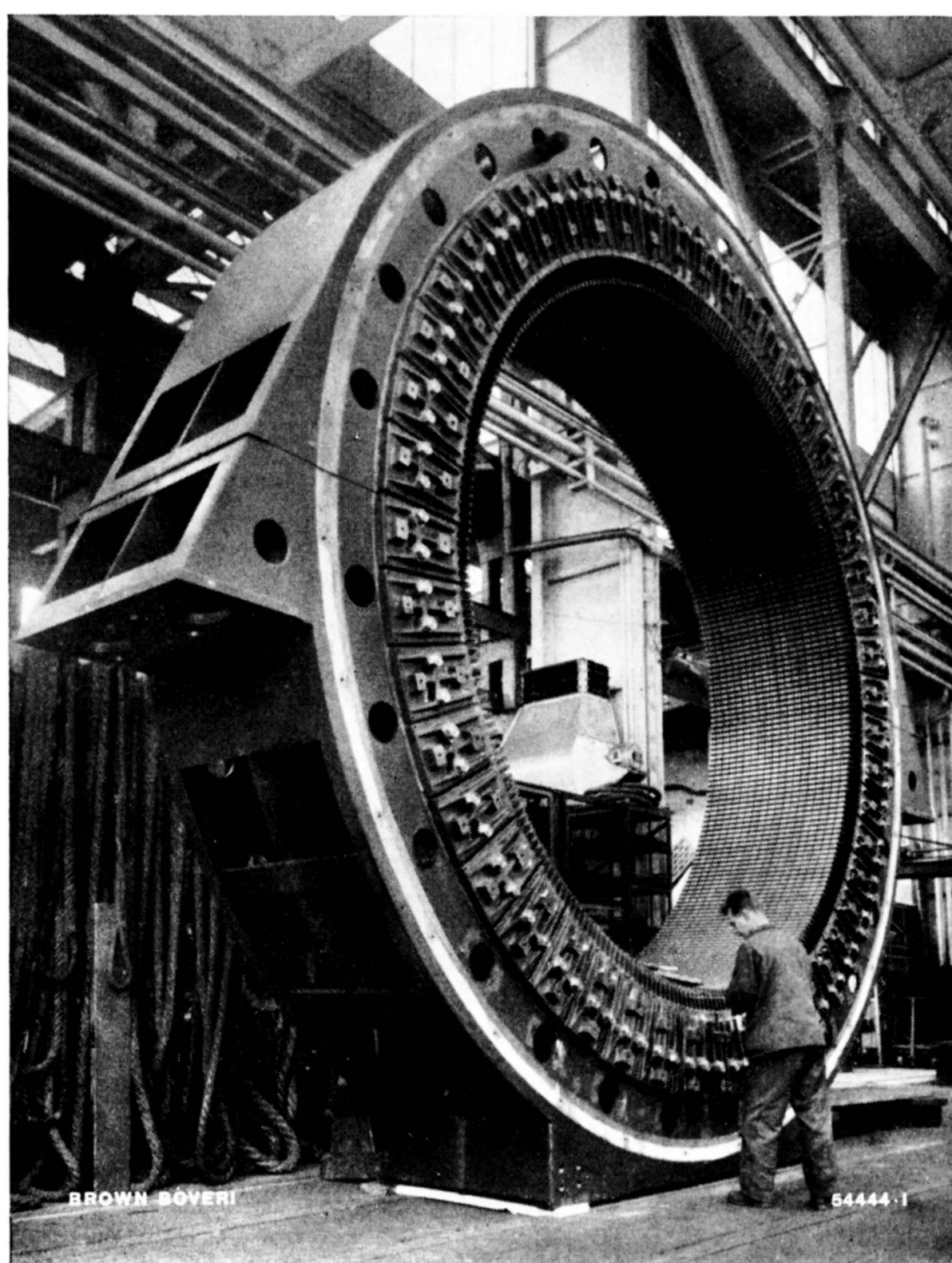
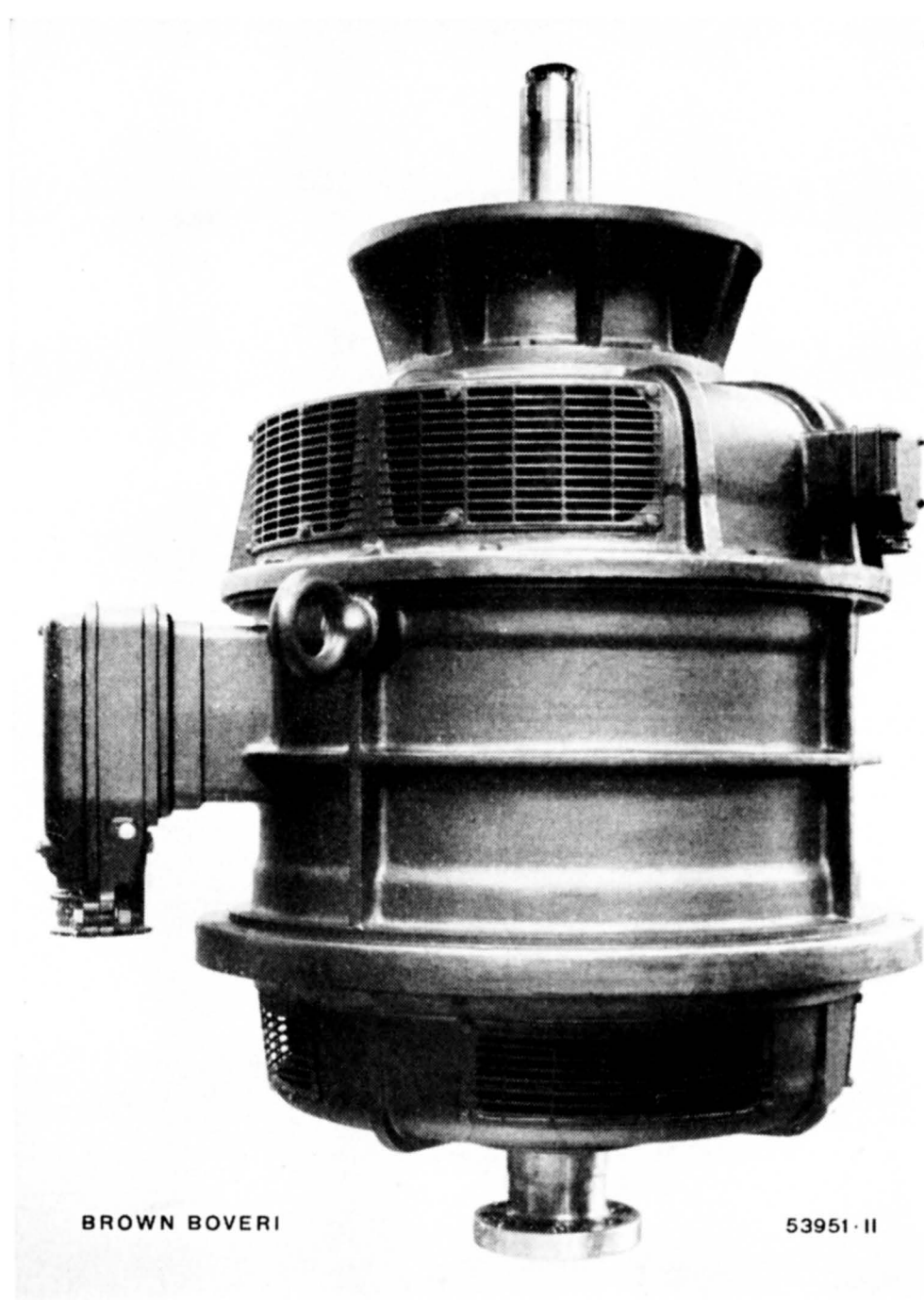


Fig. 20. — Stator de construction soudée d'un alternateur triphasé de 24 500 kVA, 15 000 V, 300 t/min, 25 pér/s.

L'année passée, de nombreux alternateurs semblables ont été terminés en un très court délai.

La figure 21 montre un alternateur de 135 kVA, 400 V, 375 t/min, 50 pér/s que nous avons construit l'an dernier pour une de ces installations.





Editeur: Sté An. Brown, Boveri & Cie, Baden (Suisse). Imprimé par Kreis & Co., à Bâle.
En vente exclusivement aux librairies F. Rouge & Cie, à Lausanne et A. Francke A. G., à Berne;
pour la France, à la librairie Gauthier-Villars & Cie, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.