

C^{ie} ÉLECTRO - MÉCANIQUE
AGENCE DE TOULOUSE
1, Rue des Redoutes, 1
Téléphone ~~222~~ 200.93

**LES REDRESSEURS
A VAPEUR DE MERCURE**

HEWITTIC

Historique

La date du brevet original de Cooper Hewitt sur le redresseur à vapeur de mercure est de 1902. En France, les premiers redresseurs ont été construits par la Westinghouse Cooper Hewitt. Actuellement la Société Anonyme Hewitt est spécialisée dans la fabrication des redresseurs à vapeur de mercure à enveloppe de verre, qu'elle a développée jusqu'à la construction d'unité de 600 ampères, réalisant en outre la première, d'une façon industrielle, la commande par grilles, source de nombreuses applications nouvelles.

Propriétés fondamentales des ampoules à mercure

Une ampoule de redresseur à vapeur de mercure se compose (Fig. 1) d'un récipient de verre de forme particulière, à la partie inférieure duquel se trouve une masse de mercure C, et un certain nombre d'électrodes telles que A_1 , A_2 , A_3 , a_1 , a_2 , celles-ci étant, de même que C, réunies électriquement d'une manière étanche à des connexions extérieures. A l'intérieur de l'ampoule règne un vide très poussé.

A l'aide d'une source de courant continu, maintenons en permanence un arc dans la vapeur de mercure, entre l'une des électrodes a, servant d'anode, et la masse de mercure C, servant de cathode; appliquons alors entre l'une quelconque des électrodes A et la cathode C une différence de potentiel positive : si celle-ci dépasse une vingtaine de volts, un arc jaillit entre A et C, et un courant circule, limité seulement par le circuit extérieur, la différence de potentiel entre A et C en étant presque indépendant : cette différence de potentiel est connue sous le nom de chute de tension dans l'arc.

Appliquons maintenant entre A et C une différence de potentiel négative, pouvant atteindre des milliers de volts; aucun courant ne circule.

Ainsi, un bras d'anode d'une ampoule à mercure constitue une valve électrique ouverte pour les courants tendant à passer de A à C, et fermée pour les courants de sens inverse. Si donc on applique une différence de potentiels alternative entre A et C, le courant ne peut passer que pendant les alternances pour lesquelles le potentiel de A est supérieur à celui de C de la chute de tension dans l'arc.

Les propriétés précédentes se modifient notablement au cas où l'on intercale sur le trajet de l'arc, et de préférence au voisinage de l'anode, une électrode de commande, désignée généralement sous

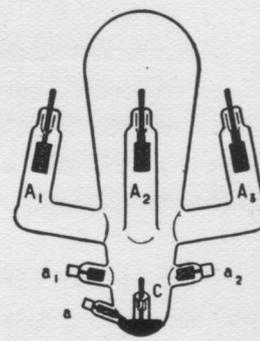


FIG. 1

AMPOULE A VAPEUR DE MERCURE
SANS GRILLES

le nom de « grille », bien que sa forme puisse être pratiquement fort différente de celle d'une grille (Fig. 2).

La grille de commande possède la propriété fondamentale suivante :

Pour une tension donnée positive, appliquée entre anode A et cathode C, et qui serait suffisante, en l'absence de grille, pour entretenir l'arc, la grille G empêche l'amorçage de celui-ci tant que sa tension par rapport à la cathode est inférieure algébriquement à une certaine limite, que nous désignerons sous le nom de tension critique de grille. Elle provoque au contraire l'amorçage lorsque sa tension dépasse la tension critique, et l'arc amorcé ne peut généralement plus être coupé lorsque la tension de grille s'abaisse à nouveau. Si les dimensions de la grille sont choisies judicieusement, sa présence n'augmente la chute de tension dans l'arc que d'une quantité très faible, de l'ordre de 1/2 volt.

La tension critique de grille est généralement faible, mais variable en fonction de la tension anodique, de la température et de la position de la tache cathodique.

Les courants absorbés, par une grille bien construite, pour provoquer l'amorçage restent toujours infimes, de l'ordre d'une fraction de milliampère, de sorte que la puissance mise en jeu est extrêmement faible. Il en résulte qu'un bras d'anode d'une ampoule à mercure, muni d'une grille, constitue une **valve-relais** très sensible, et cette propriété est à la base de nombreuses et intéressantes applications.

Pour que les propriétés précédentes se maintiennent sur chacun des bras d'une ampoule à mercure, il est nécessaire que le courant total dans la cathode ne puisse, même instantanément, descendre au-dessous d'une certaine valeur, voisine de 3 ampères environ. Autrement le redresseur se désamorce.

Nous décrirons d'abord les propriétés générales des montages de redresseurs, en supposant, comme plus haut, qu'un arc d'excitation est maintenu, en courant continu, entre une anode a et la cathode C.

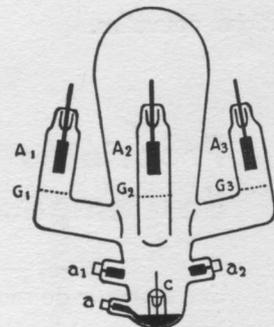


FIG. 2
AMPOULE A VAPEUR DE MERCURE
A GRILLES

Redresseurs pour courants polyphasés

Un redresseur se compose d'un transformateur à courant polyphasé, couplé en étoile, alimentant une ampoule à plusieurs anodes. Le point neutre du secondaire du transformateur constitue alors le pôle négatif du redresseur; la cathode de l'ampoule constitue son pôle positif; les figures 3, 4 et 5 montrent les schémas de principe des redresseurs monophasé, triphasé et hexaphasé, sans commande par grilles.

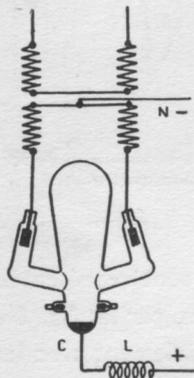


FIG. 3 - SCHEMA DE PRINCIPE
D'UN REDRESSEUR MONOPHASÉ

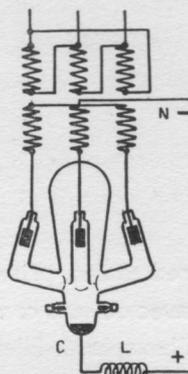


FIG. 4 - SCHEMA DE PRINCIPE
D'UN REDRESSEUR TRIPHASÉ

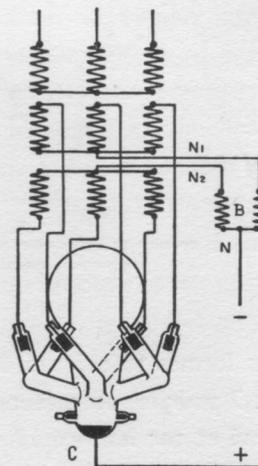


FIG. 5 - SCHEMA DE PRINCIPE
D'UN REDRESSEUR HEXAPHASÉ
AVEC BOBINE D'ABSORPTION

Dans le cas des redresseurs mono et triphasés, on peut utiliser au lieu de transformateurs à double enroulement, des autotransformateurs, moins coûteux : cette solution est intéressante au cas où la tension d'alimentation et la tension anodique ne sont pas trop différentes, et où la présence d'un point commun entre le réseau alternatif et le circuit continu n'offre pas d'inconvénients.

Dans le cas des redresseurs hexaphasés, on peut utiliser deux ampoules trianodiques au lieu d'une ampoule à 6 anodes.

On peut également utiliser une alimentation en courant biphasé, en le transformant préalablement en triphasé ou hexaphasé.

Les mêmes montages s'appliquent sans modification aux redresseurs munis de grilles commandées ; dans ce cas, grâce à des dispositifs décrits plus loin, l'amorçage de chaque anode est retardé d'un angle de phase φ par rapport à la phase d'amorçage du redresseur ordinaire. Cet artifice est utilisé, en particulier au réglage de la tension des redresseurs et à son asservissement.

Formes des tensions redressées

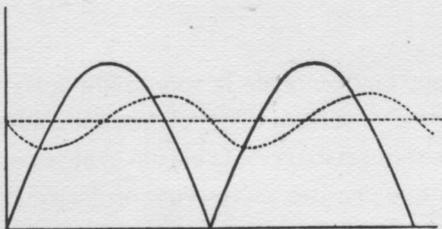


FIG. 6
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
MONOPHASÉ SANS GRILLES

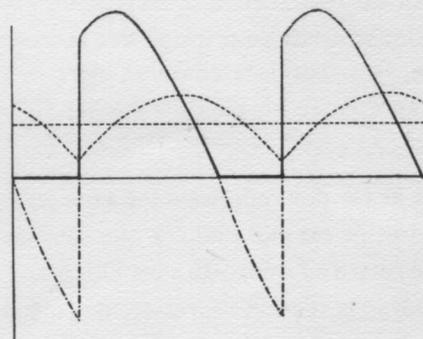


FIG. 7
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
MONOPHASÉ AVEC GRILLES COMMANDÉES

Les formes théoriques des tensions redressées, prises entre N et C sont représentées par les Fig. 6 et 7 pour le redresseur monophasé, avec ou sans commande des grilles, par les Fig. 8 et 9 pour le triphasé et par les Fig. 10 et 11 pour l'hexaphasé. Elles coïncident sensiblement avec les courbes relevées à l'oscillographe, les écarts étant très faibles et dus aux phénomènes de commutation.

On voit que la tension redressée est ondulée à une fréquence égale au produit de la fréquence d'alimentation par le nombre de phases secondaires. Chaque anode débite pendant environ $1/2$ période en monophasé, $1/3$ de période en triphasé; dans le cas de l'hexaphasé, le couplage étant celui de la Fig. 5, chaque anode débite pendant $1/6$ de période aux charges très voisines de la marche à vide, et $1/3$ de période aux charges notables.

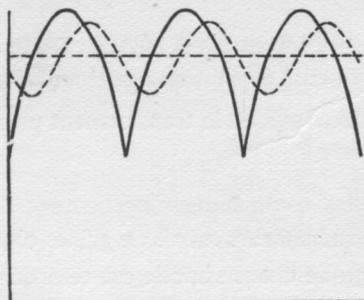


FIG. 8
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
TRIPHASÉ SANS GRILLES

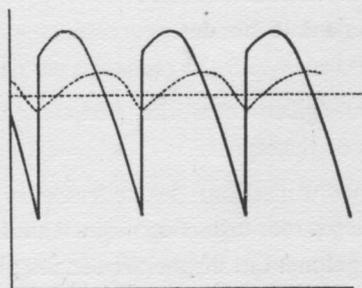


FIG. 9
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
TRIPHASÉ AVEC GRILLES COMMANDÉES

On voit que la courbe de tension redressée obtenue avec le redresseur hexaphasé, sans commande des grilles, est assez peu ondulée, pour qu'on puisse l'utiliser directement, dans la plupart des applications.

Il n'en est pas de même des redresseurs monophasés et triphasés, pour lesquels la tension redressée brute est trop ondulée : dans ce cas, il est nécessaire d'insérer, sur le circuit continu, une bobine de self-inductance L (Fig. 3 et 4), absorbant partiellement les ondulations, lorsque le redresseur débite.

La tension redressée conserve alors la même valeur moyenne qu'à vide, mais prend en charge la forme représentée en pointillé sur les Fig. 6, 7, 8 et 9.

Dans le cas des redresseurs à amorçage retardé sous l'influence de la commande des grilles, la tension redressée est plus ondulée que dans les redresseurs ordinaires, et l'ondulation est d'autant plus forte que le retard à l'amorçage φ est plus grand. Toutefois, si ce retard reste faible, on peut se contenter, pour améliorer la tension redressée, des mêmes artifices que dans les redresseurs ordinaires : bobine

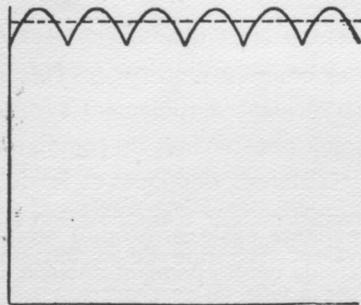


FIG. 10
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
HEXAPHASÉ SANS GRILLES

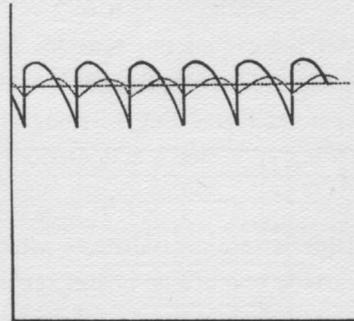


FIG. 11
COURBE DE TENSION D'UN REDRESSEUR
HEXAPHASÉ AVEC GRILLES COMMANDÉES

d'inductance dans le cas des redresseurs mono et triphasés, utilisation de la tension redressée brute dans le cas des redresseurs hexaphasés ; ces derniers peuvent d'ailleurs être munis également d'une bobine d'inductance.

Certaines utilisations des redresseurs simples ou à grilles commandées, nécessitent l'obtention de tensions redressées beaucoup moins ondulées que celles que peuvent donner les bobines d'inductance : telles sont les alimentations de circuits téléphoniques ou radiotéléphoniques. Dans ce cas, le redresseur doit être muni d'un filtre, constitué soit par une ou deux cellules inductance-capacité, soit par l'ensemble d'une inductance et d'un ou plusieurs circuits résonants accordés sur les diverses fréquences gênantes.

Rapports de transformation et Caractéristiques de chute de tension des Redresseurs

La théorie et l'expérience montrent qu'il y a un rapport constant entre la tension secondaire d'alimentation d'un redresseur entre anode et neutre et la somme E de la tension redressée moyenne à vide E_c et de la chute de tension dans l'arc e . En désignant par V_a la tension alternative efficace entre anode et neutre, et n le nombre de phases secondaires, on a la relation :

$$E = E_c + e = \frac{n}{\pi} V_a \sqrt{2} \sin \frac{\pi}{n}$$

Dans le cas d'un redresseur à grilles commandées, l'amorçage étant retardé d'un angle φ , cette relation devient :

$$E = E_c + e = \frac{n}{\pi} V_a \sqrt{2} \sin \frac{\pi}{n} \cos \varphi$$

ce qui donne pour les valeurs usuelles de n :

$$\begin{aligned} n = 2 \quad V_a &= 1,07 (E_c + e) \cos \varphi \\ n = 3 \quad V_a &= 0,85 (E_c + e) \cos \varphi \\ n = 6 \quad V_a &= 0,74 (E_c + e) \cos \varphi \end{aligned}$$

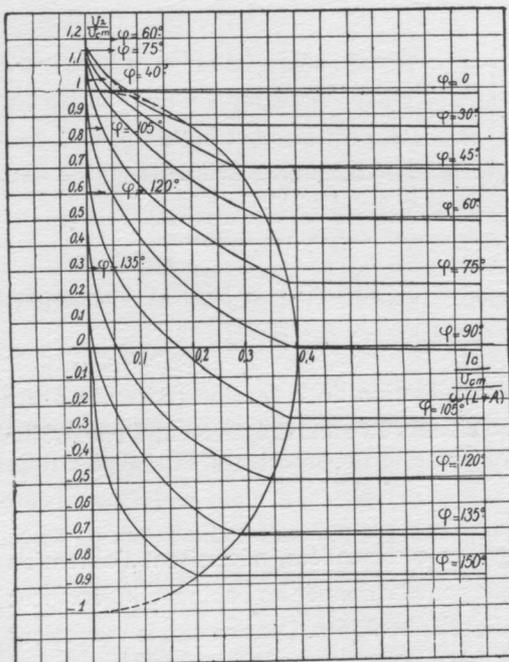


FIG. 12 - CARACTÉRISTIQUES DE CHUTE DE TENSION D'UN REDRESSEUR TRIPHASÉ

Si les résistances ohmiques et les fuites magnétiques du transformateur d'alimentation étaient négligeables, la valeur moyenne de la tension redressée serait la même à vide qu'en charge.

Or il n'en est pas ainsi pratiquement. La théorie montre alors et l'expérience confirme, que les résistances ohmiques et les fuites magnétiques du transformateur introduisent une chute de tension proportionnelle à la charge : la valeur de cette chute de tension à pleine charge varie pour les auto-transformateurs et transformateurs usuels entre 5 et 7 % de la tension à vide.

Dans le cas des redresseurs à grilles commandées, on trouve que le coefficient de proportionnalité est indépendant du retard à l'amorçage, de sorte que toutes les caractéristiques de chute de tension d'un

même redresseur, relatives à diverses valeurs constantes de φ sont parallèles. Les caractéristiques de chute de tension ont l'allure indiquée sur la Fig. 12.

Dans le cas du redresseur hexaphasé, la considération de ces caractéristiques conduit à utiliser le montage spécial représenté sur la Fig. 5, et connu sous le nom de montage avec **bobine d'absorption**.

Le montage normal consisterait à réunir directement les deux points neutres N_1 et N_2 du secondaire du transformateur, et à en former le pôle négatif du redresseur ; dans ces conditions, chaque anode débite pendant $1/6$ de période. Or la théorie et l'expérience, s'accordent à montrer que ce dispositif conduit avec les valeurs normales de résistances ohmiques et inductances de fuite, réalisables dans les transformateurs de construction courante, à des chutes de tension inacceptables, variant de 12 à 15 %.

On remédie à cet inconvénient en intercalant entre les points neutres N_1 et N_2 un autotransformateur B, dont le point milieu N constitue le pôle négatif du redresseur. Cet autotransformateur est désigné généralement sous le nom de bobine d'absorption.

Son rôle est d'obliger en charge chaque anode à débiter pendant $1/3$ de période ; dans ces conditions, le redresseur hexaphasé se comporte comme l'ensemble de deux redresseurs triphasés, fonctionnant en parallèle, et la tension redressée prend la valeur correspondant au redresseur triphasé. Au contraire, au voisinage immédiat de la marche à vide, l'inductance de la bobine d'absorption est trop faible pour intervenir, chaque anode débite pendant $1/6$ de période, et la tension redressée prend la valeur correspondant au redresseur hexaphasé sans bobine d'absorption.

Dans ces conditions, la caractéristique de chute de tension prend l'allure de la Fig. 11 : entre la marche à vide et une charge très faible k_c , désignée sous le nom de charge critique, la tension baisse très rapidement, jusqu'à la valeur correspondant au redresseur triphasé, sensiblement égale à 0,866 de la tension à vide ; entre la charge critique et la pleine charge, le fonctionnement devient celui de deux redresseurs triphasés, et la chute de tension ne dépasse pas 5 à 7 %.

Les caractéristiques de chute de tension de redresseurs hexaphasés avec bobines d'absorption et grilles commandées présentent des formes analogues, représentées par la Fig. 13.

L'élévation rapide de la tension au-dessous de la charge critique, présentée par les redresseurs hexaphasés avec bobine d'absorption n'offre généralement pas d'inconvénient, car la charge critique est si faible (1 % à 2 % au plus de la pleine charge) que le redresseur ne travaille pas au-dessous. Toutefois, dans les cas très rares où il n'en serait pas ainsi (cas d'une sous-station isolée, alimentant un réseau d'éclairage et de force motrice, sur lequel quelques lampes peuvent rester seules en service), des dispositifs spéciaux peuvent être adjoints, en vue de supprimer la première partie de la caractéristique ; les redresseurs à grille se prêtent à une solution particulièrement élégante du problème : il suffit de les munir d'un relais ampèremétrique, rendant négatives au-dessous d'une certaine charge trois grilles corres-

pendant à trois phases triphasées; dans ces conditions, le redresseur fonctionne en triphasé, et sa caractéristique de chute de tension ne présente plus d'élévation brusque, tout en prolongeant celle du redresseur hexaphasé avec bobine d'absorption.

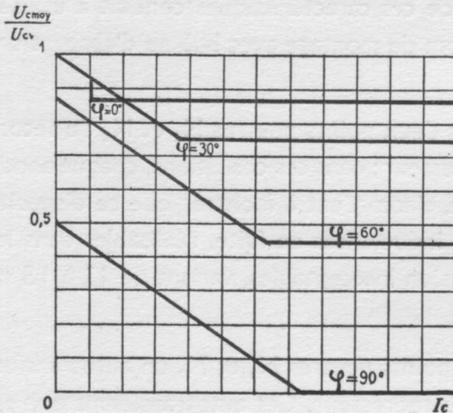


FIG. 13 - CARACTÉRISTIQUES DE CHUTE DE TENSION D'UN REDRESSEUR HEXAPHASÉ AVEC BOBINE D'ABSORPTION

Jusqu'à l'apparition des redresseurs à grilles commandées, on ne possédait guère de moyens simples pour agir sur les caractéristiques de chute de tension des redresseurs; on ne pouvait qu'obtenir un anticompoundage, en insérant, entre le secondaire du transformateur d'alimentation et les anodes, des bobines d'inductance (bobines de self d'anodes); la présence de ces bobines amène une chute de tension redressée supplémentaire proportionnelle à la charge, au prix d'un abaissement du facteur de puissance du redresseur.

Nous verrons plus loin que la commande des grilles permet d'asservir à volonté la caractéristique de chute de tension des redresseurs, et qu'on peut obtenir en particulier le compoundage et l'anticompoundage, compensation ou exagération de la chute de tension, avec une facilité bien supérieure à celle donnée par les machines tournantes.

Alimentation du circuit d'excitation en courant alternatif

Comme on l'a vu plus haut, les propriétés des redresseurs à mercure ne se maintiennent que si le courant redressé total instantané, traversant la cathode, ne descend jamais au-dessous d'une valeur critique.

Si le courant redressé total débité par les anodes principales seules répond à cette condition, on peut supprimer l'arc d'excitation sans désamorcer le redresseur.

Au cas contraire, il est nécessaire de maintenir l'arc d'excitation : comme il n'est pas commode d'utiliser dans ce but du courant continu, on constitue entre les deux anodes a_1 et a_2 un petit redresseur monophasé à basse tension, fonctionnant en court-circuit sur lui-même, le courant de court-circuit étant limité par des bobines de self d'anode.

Amorçage des redresseurs

Pour que l'arc puisse s'établir entre les anodes d'un redresseur et la cathode, il ne suffit pas d'y appliquer une différence de potentiels, il faut encore créer à la surface de la cathode le point de départ de l'émission électronique, tache brillante et très mobile désignée sous le nom de **tache cathodique**. Le procédé employé consiste à rompre un courant entre une électrode auxiliaire et la cathode.

L'ancien procédé consistait à placer, un peu au-dessus de la cathode, une électrode auxiliaire E (Fig. 14), reliée à une anode d'excitation, par l'intermédiaire d'une résistance R et d'un interrupteur I. En inclinant l'ampoule, on amène le mercure de la cathode C en contact avec E, puis on ramène l'ampoule à sa position initiale. Si, au moment de la rupture, le mercure est cathode, l'arc s'amorce dans le redresseur. On met alors l'électrode E hors circuit par l'interrupteur I. Cette opération de basculement de l'ampoule pouvait s'effectuer automatiquement par un jeu d'électro-aimants et de relais.

Les redresseurs « Hewittic » sont pourvus depuis longtemps d'un dispositif d'amorçage automatique breveté permettant d'allumer l'ampoule sans la basculer.

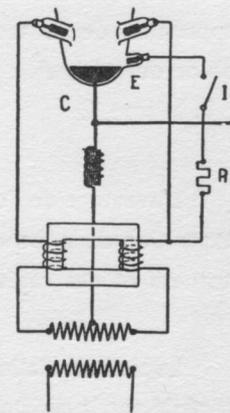


FIG. 14 - CIRCUIT D'EXCITATION
D'UN REDRESSEUR

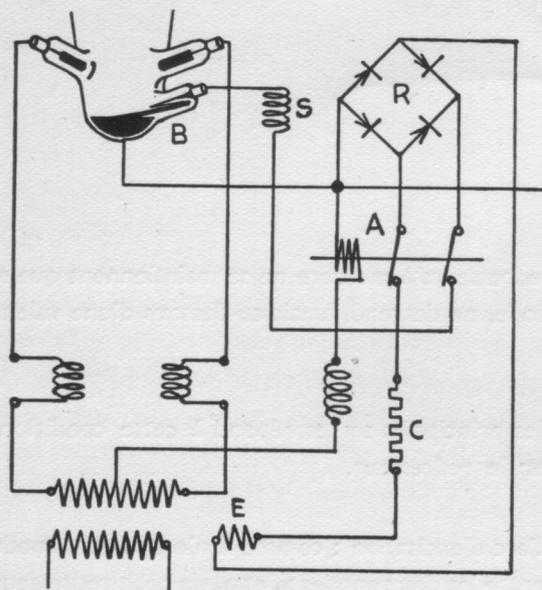


FIG. 15 - ALLUMAGE D'UN REDRESSEUR
PAR ÉLECTRODE BI-MÉTALLIQUE

Le dispositif, représenté par la Fig. 15, consiste à utiliser une électrode d'amorçage en tungstène, plongeant au repos dans le mercure, et fixée à l'extrémité d'une lame bi-métallique B ou bilame, formée de deux épaisseurs de métaux de coefficients de dilatation très différents, susceptible par conséquent de s'infléchir sous l'influence d'un échauffement.

L'appareillage électrique comprend un enroulement spécial E sur le transformateur d'excitation, un redresseur R à oxyde de cuivre, servant à redresser le courant d'allumage, celui-ci étant filtré par la bobine de self-inductance S et un relais à double contact à ouverture A.

Le fonctionnement du dispositif est le suivant ; la tension alternative étant appliquée au transformateur, le courant, redressé par l'élément R et filtré par l'inductance S, échauffe la bilame B qui soulève l'électrode d'allumage ; cette dernière en sortant du mercure, provoque l'apparition de la tache cathodique sur celui-ci ; le courant d'excitation étant établi passe dans la bobine du relais A, qui coupe à la fois le circuit d'alimentation de l'élément redresseur R et le circuit de la bilame B.

L'avantage de l'utilisation d'un courant d'allumage redressé et filtré est de provoquer à coup sûr l'apparition de la tache cathodique sur le mercure. Il n'en serait pas de même si l'on utilisait un courant alternatif et des ratés se produiraient, augmentant la durée d'allumage.

La tension d'alimentation de l'élément redresseur R est d'environ 15 volts ; le courant d'allumage est réglé par la résistance C à une valeur variant de 11 à 12,5 ampères.

Limitation de la puissance et Refroidissement des Redresseurs

Une ampoule, d'un modèle déterminé, fournissant du courant continu sous une certaine tension, dans des conditions de refroidissement données, voit, comme tout appareil électrique, son débit limité par l'échauffement. Lorsque celui-ci devient exagéré, une tache cathodique apparaît sur une anode, produisant un **allumage en retour** ou **court-circuit interne**. Dans le cas des redresseurs à grilles commandées, on assiste de même à la disparition de l'action de celles-ci, qui deviennent incapables de s'opposer à l'amorçage.

Les phénomènes amenant la limitation de puissance des redresseurs ont fait l'objet d'études approfondies dans les Laboratoires de la Société Hewittic, et il en est résulté des perfectionnements importants dans la construction des ampoules, ainsi que dans les dispositifs de refroidissement de celles-ci.

La cause profonde de la limitation de la puissance des redresseurs réside dans l'ionisation résiduelle subsistant à chaque alternance après l'extinction de l'arc. L'anode est alors négative et absorbe un courant d'ions positifs, ou **courant inverse**; ces ions positifs, en bombardant l'anode avec suffisamment d'intensité, peuvent donner naissance à une tache cathodique, point de départ de l'allumage en retour. Quant à la grille, supposée négative, et plongée dans une atmosphère ionisée, la théorie et l'expérience montrent qu'elle s'entoure d'une gaine d'ions positifs, à l'intérieur de laquelle se trouve limité son champ électrique; cette gaine est d'autant plus mince que l'ionisation est plus intense, et comme l'action de la grille est limitée à son intérieur, on conçoit qu'une ionisation suffisamment forte puisse la paralyser complètement.

Il y a donc le plus grand intérêt pratique à mesurer et à diminuer l'ionisation résiduelle présente après le désamorçage de l'arc; cette mesure s'effectue par celle du courant inverse d'ions positifs absorbés par l'anode. L'étude oscillographique de ce courant inverse montre qu'il est dû, pour la plus grande part, au balayage par les courants de vapeur neutre dirigés vers l'anode, de l'ionisation résiduelle subsistant sur le trajet de l'arc, lors du désamorçage de celui-ci.

Le système de refroidissement adopté pour les redresseurs doit donc éviter soigneusement une température trop basse du compartiment de la grille et de l'anode: si en effet ce dernier est trop froid, une condensation abondante de mercure s'y produit, et un courant de vapeur neutre dirigé vers l'anode prend naissance. Le courant inverse augmente alors très fortement et les allumages en retour sont à craindre.

Les dispositifs de refroidissement utilisés varient avec l'utilisation des redresseurs. Les redresseurs pour les débits de courant continu basse tension, inférieurs à 40 ampères sont prévus avec refroidissement naturel de l'ampoule; au-dessus de 40 ampères, on utilise un refroidissement artificiel, par un ventilateur à axe vertical placé au-dessous de l'ampoule; dans les redresseurs hexaphasés, de débit supérieur à 200 ampères, le ventilateur, à rendement aérodynamique élevé, est surmonté d'un déflecteur empêchant la ventilation des extrémités de bras, qui sont en outre calorifugées par une enveloppe d'aluminium. Cette diminution du refroidissement des extrémités de bras permet d'y entretenir une température élevée, et d'éviter par conséquent, selon le principe général énoncé plus haut, les courants de vapeur neutre dirigés vers l'anode.

Le déflecteur de ventilation, ainsi que l'ampoule, sont montés sur un chariot mobile, permettant leur mise en place facile dans la cabine du redresseur. En même temps qu'on entretient une température élevée aux extrémités des bras, il est bon de ventiler aussi énergiquement que possible la chambre de condensation, en l'enveloppant complètement de filets d'air à vitesse élevée, sans aucun décollement de ceux-ci; c'est ce qui a conduit la Société Hewittic, pour les ampoules de 600 ampères, à utiliser pour la chambre de condensation une forme aérodynamique brevetée, inverse de la forme généralement utilisée jusqu'ici, l'extrémité effilée se trouvant du côté opposé à l'arrivée d'air.

Les redresseurs destinés au débit de courant continu haute tension sont refroidis, selon les cas, soit par immersion dans l'huile, soit par ventilation.

Dans les redresseurs munis de grilles, celles-ci exercent sur l'anode une action protectrice contre les allumages en retour : elles agissent en effet en déchargeant le courant de vapeur neutre dirigé vers l'anode, et le courant inverse se trouve diminué dans des proportions importantes, permettant d'augmenter la charge et les surcharges admissibles sur une ampoule de dimension donnée : en fait, l'ampoule du type 350 ampères, munie de grilles, admet un débit permanent de 400 ampères. Les ampoules à grilles Hewittic sont munies d'ailleurs d'un dispositif spécial de calorifugeage du compartiment anodique, décrit au paragraphe suivant, qui renforce encore la protection contre les allumages en retour.

Ampoules de Redresseurs Hewittic

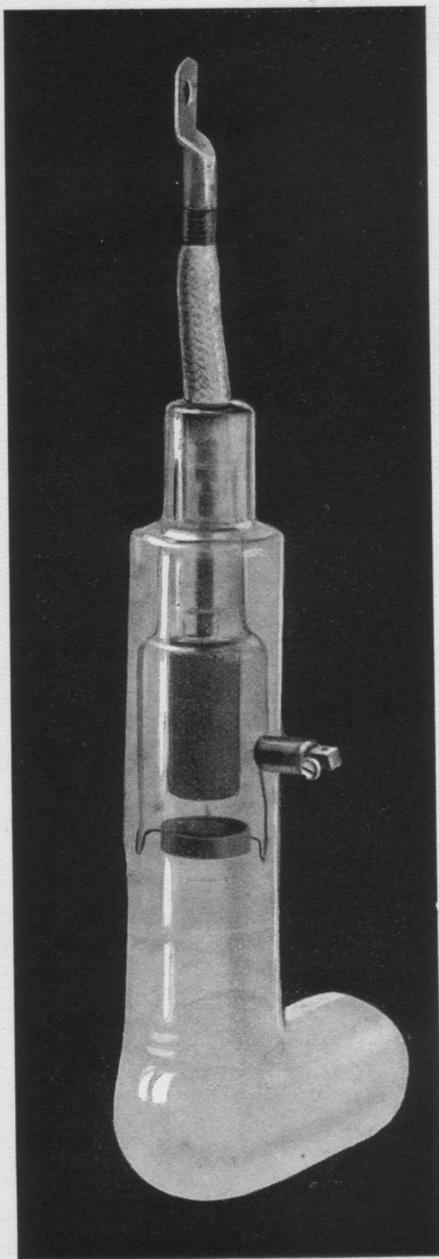


FIG. 17
BRAS D'AMPOULE A GRILLE HEWITTIC

Les ampoules de redresseurs Hewittic sont construites en verres Pyrex et Sibor, dont les faibles coefficients de dilatation permettent une résistance considérable aux variations de température amenées par les fluctuations de la charge.

Les entrées de courant sont constituées par des fils ou des barreaux de tungstène, soudés au verre d'une manière étanche, largement dimensionnées et raccordées à des câbles de cuivre souple par un procédé spécial (brasure au cuivre pur) donnant d'excellents contacts.

Les anodes sont construites en graphite synthétique, qui fait l'objet d'une purification chimique spéciale.

Les diverses pièces des ampoules sont soudées mécaniquement (voir Fig. 16, page 18) sur des machines donnant une précision rigoureuse aux assemblages et permettant l'interchangeabilité indispensable à l'utilisation de déflecteurs pour la ventilation.

Les bras d'ampoules à grille sont construits comme le montre la Fig. 17 : la grille formée d'un ensemble de rubans de nickel radiaux raccordés à un cercle extérieur, est fixée à une enveloppe intérieure soudée intérieurement au col d'anode. L'espace annulaire compris entre l'enveloppe intérieure et l'enveloppe extérieure, et dans lequel règne le vide de l'ampoule, joue le même rôle que celui des bouteilles Thermos et assure un excellent calorifugeage du compartiment anodique. Ce mode de construction breveté permet une mise en place rigoureuse de la grille, et peut être réalisé d'une façon entièrement mécanique. Les ampoules, après construction, sont recuites, et le recuit est contrôlé par examen en lumière polarisée. On y fait ensuite le vide à l'aide de la technique la plus moderne (Fig. 18, page 18).

FIG. 21 - AMPOULE TYPE 100-150-200 AMPÈRES
TRIPHASÉE OU HEXAPHASÉE POUR TOUTES
TENSIONS : AVEC OU SANS GRILLES
D'ANODES.



FIG. 20 - AMPOULE TYPE 40-80
AMPÈRES POUR TENSIONS INFÉ-
RIEURES A 250 VOLTS : AVEC
OU SANS GRILLES D'ANODES.

FIG. 19 - AMPOULE TYPE 40-80 AMPÈRES
POUR TENSIONS INFÉRIEURES A 110 VOLTS.

FIG. 22 - AMPOULE TYPE 350-400 AMPÈRES
POUR TOUTES TENSIONS, AVEC OU SANS
GRILLES D'ANODES.

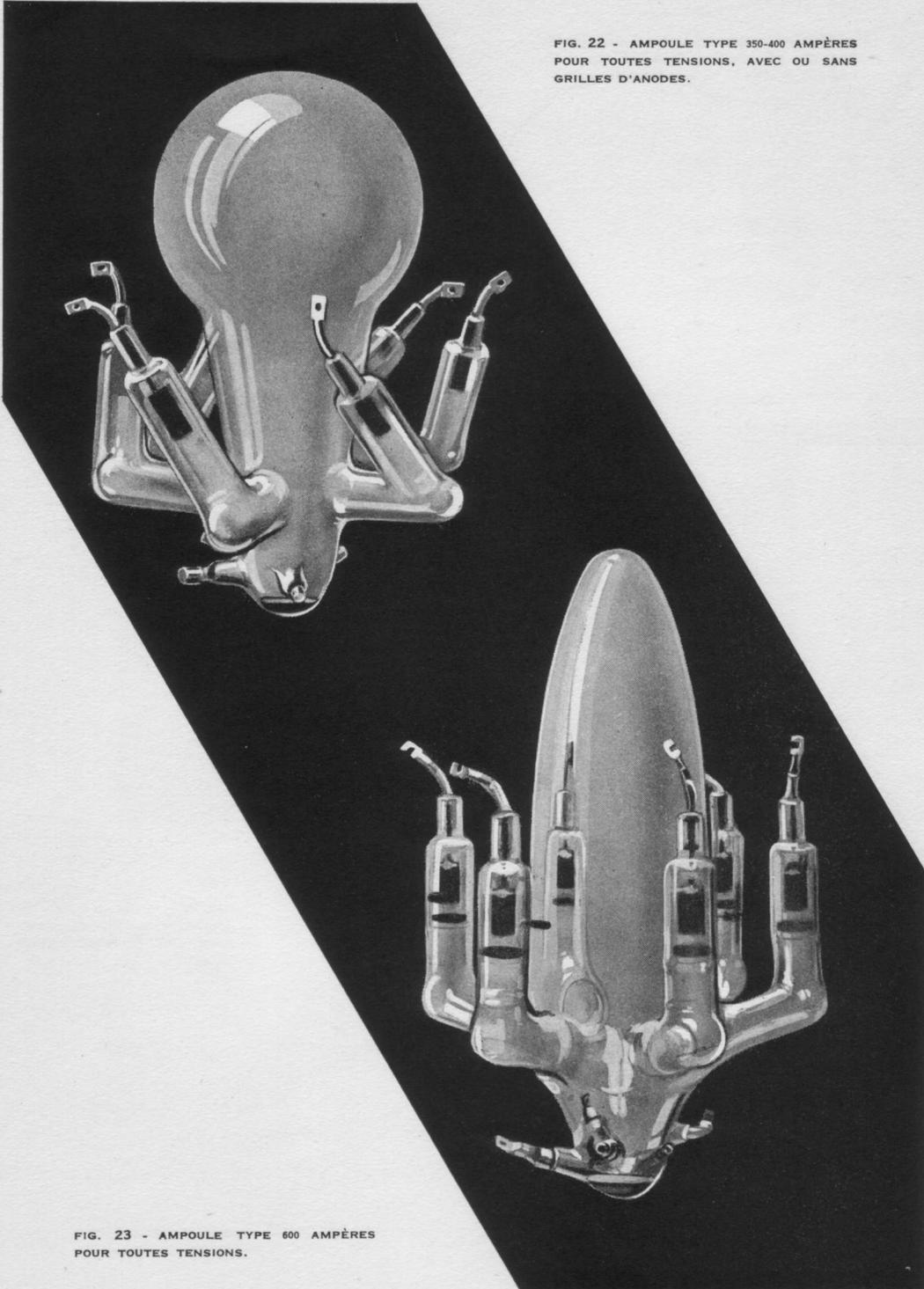


FIG. 23 - AMPOULE TYPE 600 AMPÈRES
POUR TOUTES TENSIONS.



FIG. 16 - FABRICATION
DES AMPOULES

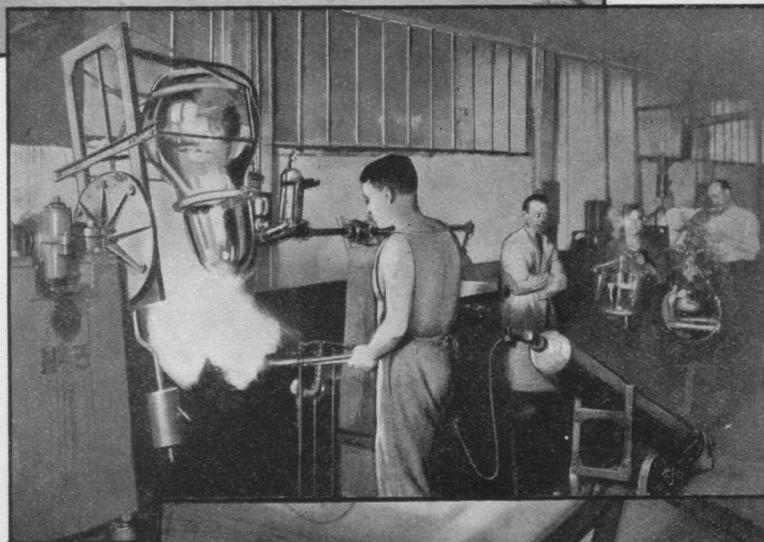
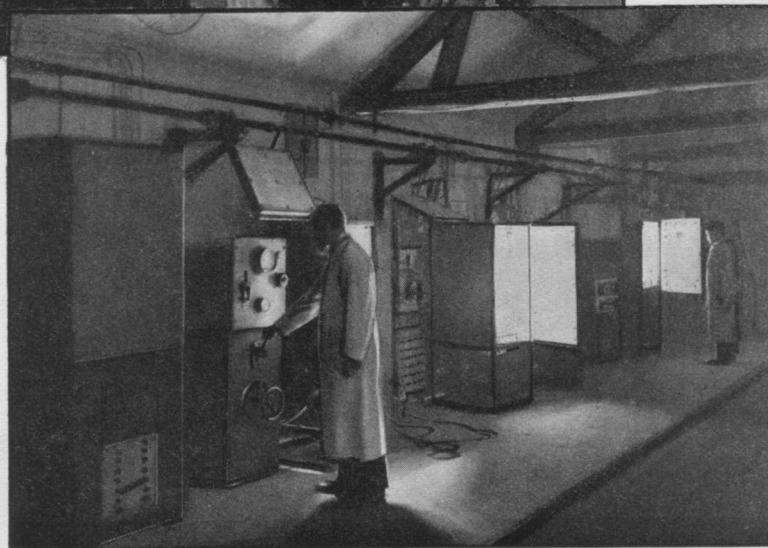


FIG. 18 - TRAITEMENT
DES AMPOULES
FOURS DE POMPAGE



Après pompage et fermeture, les ampoules sont essayées en charge, la ventilation étant effectuée à température constante; on mesure soigneusement le courant inverse relatif à chacune des anodes, et on vérifie le fonctionnement satisfaisant de chacune des grilles. Toute ampoule présentant un courant inverse trop élevé sur une anode, ou une défectuosité de fonctionnement sur une grille est éliminée.

L'ensemble de ces précautions nous permet de garantir un fonctionnement sûr de nos ampoules, dont la durée moyenne varie de 8.000 à 12.000 heures; plusieurs ampoules d'ailleurs dépassent cette durée, et atteignent 20.000 à 30.000 heures.

Les Figures 19 à 23 (pages 16 et 17) montrent quelques types d'ampoules à 2, 3 et 6 anodes.

Garantie des ampoules

Les ampoules Hewittic sont garanties sous deux formes différentes, le choix de l'une ou de l'autre dépendant du type d'ampoule envisagé et des conditions d'exploitation :

a) Une garantie de durée en heures, avec remplacement au prorata du nombre d'heures de fonctionnement.

b) Un contrat d'entretien par lequel Hewittic s'engage à remplacer toute ampoule, qui cesse de fonctionner par une ampoule en état de fonctionnement, contre le paiement d'une redevance par kilowatt-heure de courant continu débité.

Transport des ampoules

Des procédés spéciaux d'emballage nous permettent de réduire la casse en transport à un pourcentage négligeable : nous avons pu ainsi assurer l'alimentation en ampoules de postes de redresseurs situés en Amérique du Sud, dans les Indes, ou dans les plus difficilement accessibles des colonies françaises.

Un service d'assurance Hewittic met d'ailleurs notre clientèle à l'abri des risques de casse en transport.

Protection des Redresseurs

La construction très robuste des ampoules Hewittic les rend capables de résister, sans détérioration, aux surcharges, à condition que celles-ci soient de valeur et de durée inférieures aux limites fixées; lorsque celles-ci sont dépassées, il peut se produire des allumages en retour, amenant des surintensités considérables, et la protection doit être prévue de manière à empêcher tout effet destructeur de celles-ci.

Dans les redresseurs à très basse tension, où les amorçages en retour sont peu à craindre, la protection est simplement assurée contre les surcharges, par un fusible inséré dans le circuit continu des redresseurs à faible intensité ou par un disjoncteur dans le cas des intensités plus élevées.

Dans les redresseurs de forte puissance et tension élevée, on utilise une double protection : un disjoncteur à soufflage magnétique inséré dans le circuit continu peut déclencher, soit instantanément sous l'action d'un relais à maxima électromagnétique sensible aux fortes surcharges, soit au bout d'un certain temps sous l'action d'un relais thermique sensible aux faibles surcharges; en outre, on insère sur les circuits d'anode, des fusibles à haut pouvoir de coupure, calibrés pour ne sauter qu'en cas d'allumage en retour, et non lors des plus fortes surcharges possibles. Une ampoule ainsi protégée supporte sans avarie les plus violents court-circuits se rencontrant dans la traction électrique.

Dans les redresseurs à haute tension, utilisés pour l'alimentation des radio-émetteurs, les grilles ont été utilisées avec succès dans les redresseurs Hewittic pour effectuer la coupure des court-circuits pouvant se présenter dans l'exploitation : dans ce but, une valve relais électronique rend instantanément les grilles négatives au moment du court-circuit, qui se trouve ainsi coupé en une fraction de période.

Outre la protection contre les surintensités, on doit prendre des précautions contre les surtensions pouvant prendre naissance sur les circuits anodiques des redresseurs, auxquels sont appliquées des surcharges brusques. Ces surtensions sont d'autant plus à craindre que la surcharge est plus importante et le redresseur plus froid; leur cause réside dans l'épuisement rapide par ionisation de la vapeur neutre emplissant les compartiments d'anode, cet épuisement entraînant des ruptures extrêmement brusques des courants anodiques.

La protection contre ces surtensions est assurée de deux manières : réchauffage des ampoules par temps froid, agissant préventivement, et insertion de parafoudres à cornes entre anodes et pôle négatif, ces parafoudres empêchant les surtensions de prendre des valeurs dangereuses pour les isolants.

Transformateurs d'alimentation des Redresseurs

Les transformateurs d'alimentation des redresseurs se distinguent quelque peu des transformateurs ordinaires : leur construction doit être en effet spécialement renforcée, de manière à leur permettre de résister aux surintensités, pouvant prendre naissance lors des allumages en retour, ainsi qu'aux surtensions mentionnées plus haut.

En outre, les puissances apparentes des enroulements primaire et secondaire sont très différentes l'une de l'autre ; on démontre en effet que le facteur de puissance du secondaire est très inférieur à l'unité, alors que le facteur de puissance primaire en diffère peu.

La puissance apparente P d'un transformateur à double enroulement alimentant un redresseur débitant une puissance continue P_c (comprenant celle dépensée dans l'ampoule) est donc plus élevée que celle-ci ; elle est donnée approximativement dans les cas usuels, par les formules :

$$P = 1,34 P_c \text{ pour les redresseurs mono et triphasés.}$$

$$P = 1,25 P_c \text{ pour les redresseurs hexaphasés avec bobine d'absorption.}$$

Cette puissance peut être notablement réduite, lorsqu'on peut utiliser un autotransformateur d'alimentation ; cette solution n'est applicable en général qu'aux redresseurs de faible puissance, mono et triphasés, alimentés en basse tension, lorsque la présence d'un point commun entre le réseau d'alimentation et le circuit continu n'offre pas d'inconvénient.

Réglage et asservissement de la tension des Redresseurs

Avant la réalisation industrielle des redresseurs à grille commandée, on pouvait considérer comme sensiblement constant le rapport entre la tension moyenne débitée par un redresseur et sa tension d'alimentation; le réglage de tension ne pouvait donc s'effectuer qu'en modifiant le rapport de transformation du transformateur d'alimentation.

Divers dispositifs sont utilisés dans ce but :

Dans le cas de l'alimentation par un autotransformateur ou transformateur de faible puissance, on prévoit sur celui-ci diverses prises pour l'alimentation des anodes, qu'on relie aux plots d'un réducteur de tension.

Dans le cas de l'alimentation par un transformateur à bain d'huile, on peut, soit pour les faibles puissances, intercaler entre ses bornes secondaires et les anodes un autotransformateur muni de prises multiples et d'un réducteur de tension, soit pour les fortes puissances, prévoir au primaire diverses prises réunies à un commutateur à gradins dans l'huile.

Dans le cas d'une sous-station de grande puissance, comportant plusieurs redresseurs marchant en parallèle, il peut être plus économique d'insérer sur le primaire du ou des transformateurs d'alimentation un dispositif unique de réglage de tension (autotransformateur muni d'un commutateur à gradins, ou régulateur d'induction).

Tous ces dispositifs peuvent être rendus automatiques par liaison avec un servo-moteur, et asservis à la tension ou l'intensité par des relais. Toutefois, cet asservissement ne peut être rendu instantané et demeure fort compliqué.

La mise au point des redresseurs à grille commandée a permis de simplifier considérablement les dispositifs de réglage et d'asservissement de la tension, ce dernier pouvant être rendu instantané; en outre, les appareils utilisés sont beaucoup moins coûteux que ceux décrits plus haut.

Le principe du réglage de tension des redresseurs par commande des grilles consiste à retarder uniformément d'un angle de phase φ l'amorçage des anodes; dans ces conditions on a vu plus haut que la tension redressée est multipliée par $\cos \varphi$. La variation de tension est alors obtenue par variation de φ .

En même temps que la tension redressée est multipliée par $\cos \varphi$, le facteur de puissance du redresseur est multiplié par le même facteur; c'est là l'inconvénient de ce système de réglage de tension, qui doit par conséquent être limité aux faibles amplitudes ou aux utilisations transitoires à grande amplitude, par exemple pour les mises en charge progressives d'un réseau.

Pour obtenir l'amorçage de l'anode à une phase rigoureusement déterminée, on applique à la grille correspondante une tension variant, brusquement pour cette phase, entre une valeur franchement

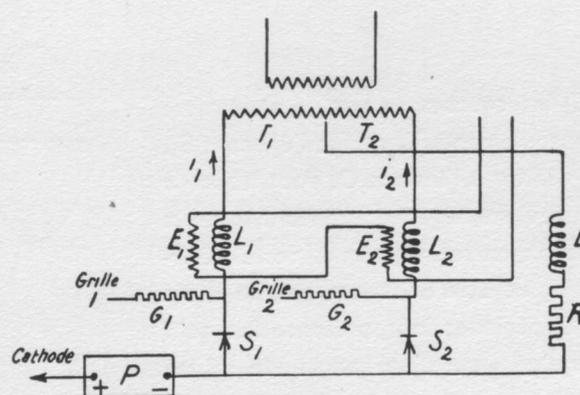


FIG. 24
DISPOSITIF DE COMMANDE DE GRILLES
DES REDRESSEURS HEWITTIC

négative (c'est-à-dire bien inférieure à la valeur minima de la tension critique) et une valeur franchement positive (c'est-à-dire bien supérieure à la valeur maxima de la tension critique); dans ces conditions l'amorçage se produit exactement à la phase prévue, quelles que soient les fluctuations de la tension critique.

Le dispositif breveté, employé dans les redresseurs Hewittic, pour appliquer aux grilles des tensions polyphasées brusquement variables à phase déterminée, et pour faire varier uniformément la phase de la discontinuité de tension, est décrit ci-dessous dans le cas de deux tensions de grilles décalées de 180° .

Il se compose (Fig. 24) de deux enroulements de transformateur T_1 et T_2 , donnant des tensions décalées de 180° , de deux inductances à noyau de fer L_1 et L_2 , de deux redresseurs auxiliaires à

oxyde de cuivre S_1 et S_2 , d'une résistance R et d'une forte bobine d'inductance L ; le rôle de cette inductance est de réduire à une valeur négligeable les pulsations de la somme des courants i_1 et i_2 , débités par les deux redresseurs S_1 et S_2 . Dans ces conditions, on voit facilement que si l'on ajoute, sur les circuits magnétiques des inductances L_1 et L_2 , des enroulements supplémentaires E_1 et E_2 , connectés en série, la f. c. m. totale dont ils seront le siège, sera sensiblement nulle : on peut donc refermer l'ensemble de E_1 et E_2 sur une source de courant continu quelconque, sans agir sur le montage autrement que par la modification de perméabilité des circuits magnétiques, que pourra donner, en les saturant ou désaturant, le courant continu auxiliaire circulant dans E_1 et E_2 .

Cherchons maintenant les formes des tensions recueillies aux bornes des éléments S_1 et S_2 ; ce sont ces tensions qui, superposées à celle donnée par une source auxiliaire de courant continu, constituent les tensions utilisables à la commande des grilles; la tension donnée par P est dite **tension de polarisation** de celles-ci.

Considérons (Fig. 25) les courbes de tension alternative C_1 et C_2 données par les enroulements T_1 et T_2 ; l'élément S_1 , par exemple, commence à débiter à l'instant O , pour lequel la tension C_1 , qui l'alimente, devient négative; pendant toute la durée de son débit, la tension entre ses bornes reste négligeable; si les inductances L_1 et L_2 n'existaient pas, le débit cesserait au bout d'une $1/2$ période; leur présence fait qu'il se prolonge au delà, jusqu'en ωt_0 , d'un angle de phase fonction de la valeur commune de L_1 et L_2 . A partir de ce moment, la tension aux bornes de l'élément S_1 est représentée par la différence entre les ordonnées de C_1 et C_2 , c'est-à-dire par la courbe K_1 .

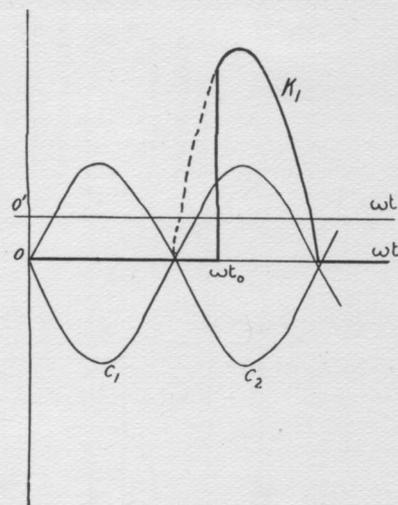


FIG. 25
FORME DES TENSIONS DE COMMANDE
DE GRILLES

La tension aux bornes de S_1 est donc finalement représentée par la courbe en trait gras, présentant un brusque accroissement pour l'abscisse ωt_0 ; la tension de commande de la grille 1 sera représentée par la même courbe rapportée à l'axe de $o'\omega t'$, oo' représentant la tension de polarisation des grilles. La tension de commande de la grille 2 aurait évidemment la même forme, mais déphasée de 180° .

Le montage se généralise facilement à un nombre de phases quelconque; la Fig. 26 en montre l'application à un redresseur triphasé.

L'ampoule 1 a ses anodes 2, 3 et 4 alimentées par un autotransformateur 8, représenté comme dévolteur, mais qui pourrait être aussi bien survolteur, ou à double enroulement. Ce transformateur

est alimenté par les 3 fils 5, 6, 7 d'un réseau triphasé; son circuit magnétique porte un enroulement auxiliaire formé des 3 bobines 9, 10 et 11, couplé en étoile, et correspondant aux enroulements T_1 , T_2 de la Fig. 24, de même que les enroulements 12, 13, 14 et 18 correspondent respectivement aux bobinages L_1 , L_2 et L de la même figure. Les bobinages de saturation E_1 , E_2 sont dédoublés en 2 groupes de bobines : 30, 31 et 32 à fil fin, 33, 34 et 35 à gros fil. La résistance R de la Fig. 24 est constituée par l'ensemble d'une résistance fixe et de 2 résistances potentiométriques 19 et 20. La tension du redresseur principal lui-même, filtrée par l'inductance 28, fournit aux bornes d'une partie de la résistance 27, la tension de polarisation. L'inverseur 37 permet d'alimenter l'ensemble des bobinages de saturation à fil fin 30, 31 et 32, soit par la source de tension indépendante 38,

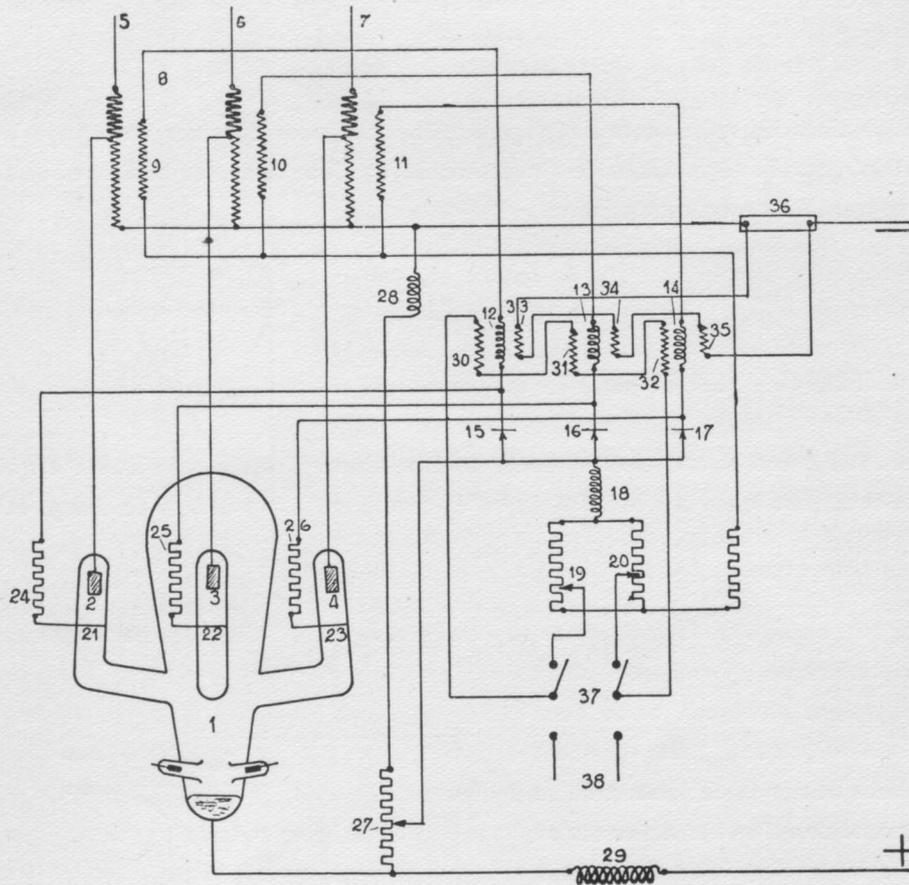


FIG. 26

SCHÉMA D'UN REDRESSEUR UNIVERSEL TRIPHASÉ
A COMMANDE DE GRILLES

soit par la diagonale mobile du pont de Wheastone formé par les résistances 19 et 20. Le circuit de saturation à gros fil, formé des 3 bobinages 33, 34 et 35, peut être à volonté réuni à un shunt 36 placé dans le circuit du redresseur principal, ou laissé à circuit ouvert.

Le montage décrit ci-dessus permet les combinaisons suivantes :

I. — RÉGLAGE MANUEL DE TENSION.

Plaçons l'inverseur 37 dans la position supérieure; dans ces conditions, le contact de la résistance 20 étant fixé à un point convenable, on peut, en déplaçant le contact d'un bout à l'autre de la résistance 19, faire varier à volonté la saturation des circuits magnétiques, et déphaser simultanément de la même quantité l'amorçage des anodes : la saturation agit dans le sens d'une augmentation de tension, et la désaturation dans le sens d'une diminution. On peut obtenir sans difficulté une variation de tension entre la valeur maximum et 0,5 à 0,7 de celle-ci, selon les caractéristiques des montages de commande de grille utilisant des redresseurs auxiliaires à oxyde de cuivre. Ces amplitudes peuvent être encore considérablement augmentées : par l'utilisation de redresseurs auxiliaires à cathode incandescente et à vapeur de mercure, on peut atteindre aisément des déphasages de 0 à 110°, permettant largement le réglage de tension entre zéro et la valeur maxima.

On réalise ainsi des redresseurs à réglage à main local; pour effectuer un réglage à distance, il suffirait de réunir, par l'intermédiaire de l'inverseur 38 et d'une ligne, les bobinages de saturation à une source convenable de courant continu.

II. — ASSERVISSEMENT A LA TENSION REDRESSÉE.

On peut facilement asservir le redresseur à sa tension redressée de manière à maintenir par exemple celle-ci automatiquement constante, quelles que soient les variations de charge et de tension alternative.

Dans ce but, il suffit, conformément au schéma de la Fig. 27, d'alimenter par la tension redressée un pont voltmétrique, formé de deux résistances purement ohmiques, et de deux résistances non ohmiques, telles que des lampes à filament de tungstène; on sait qu'un tel pont donne, selon qu'on est au-dessus ou au-dessous de la tension d'équilibre, aux bornes de sa seconde diagonale, une tension variable positive ou négative. Cette tension, appliquée à l'entrée d'un amplificateur à triodes, agit sur le circuit de saturation et maintient la tension redressée à une valeur constante.

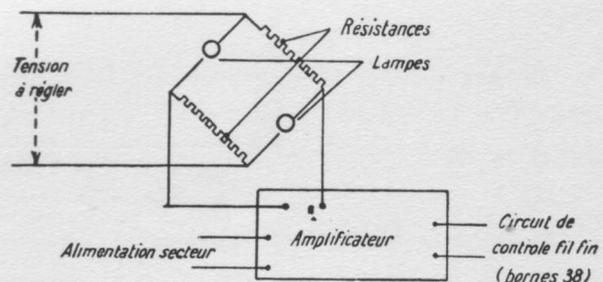


FIG. 27

SCHEMA DE RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE TENSION
D'UN REDRESSEUR A GRILLES

III. — ASSERVISSEMENT AU COURANT REDRESSÉ.

L'asservissement du redresseur à son courant redressé peut être obtenu par alimentation des enroulements de saturation à gros fil 33, 34 et 35 aux bornes du shunt 36, le contrôle manuel par le circuit à fil fin étant conservé.

On peut ainsi obtenir les effets suivants :

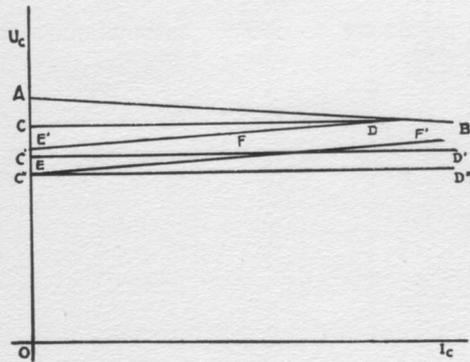


FIG. 28
CARACTÉRISTIQUES DE CHUTE DE TENSION DE REDRESSEURS
COMPOUND ET HYPERCOMPOUND

1° **Compoundage et hypercompoundage** : Cet effet est obtenu lorsque le sens de couplage du shunt est tel que l'augmentation de charge augmente la saturation des inductances 12, 13 et 14; dans ces conditions, la tension a tendance à croître avec la charge et on peut ainsi obtenir selon la résistance du shunt, soit le compoundage, c'est-à-dire la compensation partielle ou totale de la chute de tension (caractéristiques CD, C'D', C'D'' de la figure 28) soit l'hypercompoundage, c'est-à-dire l'augmentation de tension en fonction de la charge (caractéristiques EF, E'F' de la Fig. 28).

2° **Anticompoundage** : Cet effet est obtenu en inversant le sens de couplage du shunt 36, l'augmentation de charge tendant à diminuer la tension. L'anticompoundage ainsi obtenu est limité à un certain dévoltage, au delà duquel les circuits magnétiques, après désaturation totale, se saturent en sens contraire et la tension s'élève à nouveau.

On peut obtenir ainsi les caractéristiques telles que A M D, A' M' D' et A A'' C'' de la Fig. 29, la plus intéressante étant la dernière, qui permet les applications suivantes :

- a) Redresseurs à charge limitée;

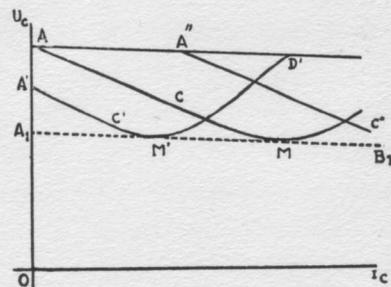


FIG. 29
CARACTÉRISTIQUES DE CHUTE DE TENSION
DE REDRESSEURS ANTICOMPOUND

b) Redresseurs à charge automatique d'accumulateurs : Un tel redresseur aura une caractéristique telle que A (sur la Fig. 30) chargera automatiquement une batterie d'accumulateurs à intensité sensiblement constante, si l'on utilise la branche CD de la caractéristique. Cette intensité est réglable par simple action des potentiomètres 19 et 20, le passage d'une intensité à l'autre pouvant être rendu automatique.

Dans le cas de la charge d'un nombre variable de batteries, et afin d'éviter un trop grand abaissement du facteur de puissance, on fait varier la tension d'alimentation des anodes à l'aide de prises et d'un réducteur à plots.

Ce dispositif s'est montré suffisamment souple pour permettre de charger automatiquement, sans qu'il soit nécessaire de prévoir pour cela des prises supplémentaires, des batteries de natures différentes (Plomb, Fer-Nickel, Cadmium-Nickel) à condition qu'elles soient prévues pour des tensions de décharge sensiblement voisines. Cette solution est particulièrement intéressante dans le cas où l'on doit charger plusieurs batteries de différents types, en série, la proportion des différents types pouvant varier.

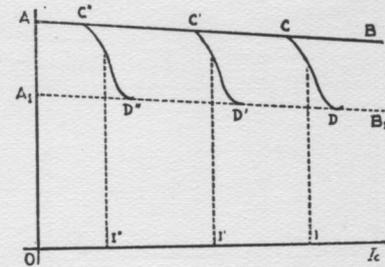


FIG. 30
CARACTÉRISTIQUES DE CHUTE DE TENSION DES
REDRESSEURS A CHARGE AUTOMATIQUE D'ACCUMULATEURS

c) Redresseurs pour alimentation d'arcs : Un redresseur ayant une caractéristique de chute de tension telle que A C D, le point D étant situé près de l'axe de I, convient parfaitement à l'alimentation d'un arc, sans aucune résistance additionnelle, l'intensité étant réglable par simple action sur le circuit de saturation à fil fin.

Rendement des Redresseurs

Comme on l'a vu plus haut, la chute de tension dans l'arc d'un redresseur est sensiblement indépendante du débit ; il en résulte que la puissance dépensée dans l'ampoule est proportionnelle à celui-ci ; il en est de même de la puissance utilisable du côté continu. En conséquence, si les pertes se réduisaient à celles dans l'ampoule, le rendement du redresseur serait rigoureusement indépendant de la charge.

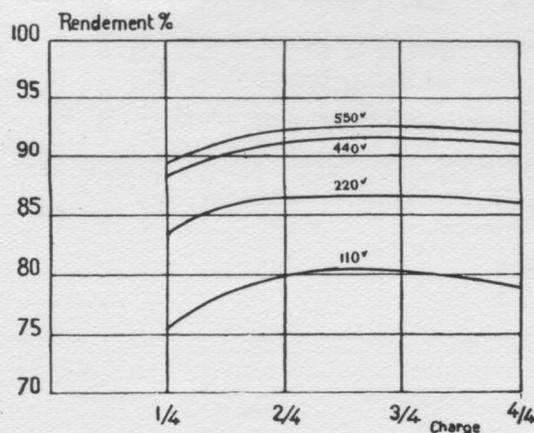


FIG. 31
COURBES DE RENDEMENT DE GROUPES 300-400 A
SOUS DIVERSES TENSIONS CONTINUES

En réalité, les pertes comprennent en outre des pertes fixes (pertes dans le fer du transformateur, pertes dues au circuit d'excitation et au ventilateur) et des pertes proportionnelles au carré de la charge (pertes ohmiques) ; les premières abaissent le rendement aux faibles charges, et les secondes aux fortes charges. Malgré ces influences, le rendement d'un groupe transformateur-redresseur varie encore très peu en fonction de la charge, comme le montrent les courbes de la Fig. 31 ; ces courbes sont relatives à des groupes transformateurs-redresseurs, alimentés en haute tension et débitant 300 à 400 ampères à pleine charge, sous diverses tensions redressées.

Nous avons vu plus haut que la chute de tension dans l'arc des ampoules à grille est très peu différente de celle des ampoules sans grille. Les rendements des redresseurs à grilles commandées sont donc sensiblement égaux à ceux des redresseurs ordinaires.

Facteur de puissance des Redresseurs

Le facteur de puissance primaire des redresseurs diffère de l'unité par suite du fait que le courant absorbé n'est pas sinusoïdal; il est encore influencé par le courant magnétisant du transformateur, et faiblement abaissé par les fuites magnétiques de celui-ci.

En outre, dans les redresseurs à grilles commandées, dont l'amorçage est retardé d'un angle φ , le facteur de puissance primaire est multiplié par $\cos \varphi$, de même que la tension redressée; le réglage

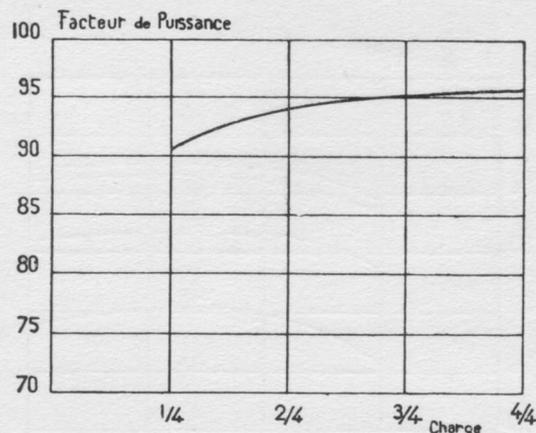


FIG. 32
COURBE DE VARIATION DU FACTEUR DE PUISSANCE
D'UN REDRESSEUR EN FONCTION DE LA CHARGE

de tension par commande des grilles se fait donc au prix d'un abaissement du facteur de puissance, qui oblige à limiter l'emploi de ce procédé à des amplitudes de réglage modérées.

Voici les valeurs des facteurs de puissance primaires des redresseurs de divers nombres de phases, pour un angle φ de retard à l'amorçage :

Redresseur monophasé : $0,90 \cos \varphi$

Redresseur triphasé : $0,83 \cos \varphi$.

Redresseur hexaphasé : $0,95 \cos \varphi$.

Ces valeurs sont celles relatives aux charges suffisamment élevées, pour qu'on puisse négliger l'influence du courant magnétisant du transformateur. L'influence de celui-ci abaisse le facteur de puissance aux faibles charges, comme le montre la Fig. 32, relative à un redresseur hexaphasé sans commande de grilles.

Mise en parallèle des Redresseurs

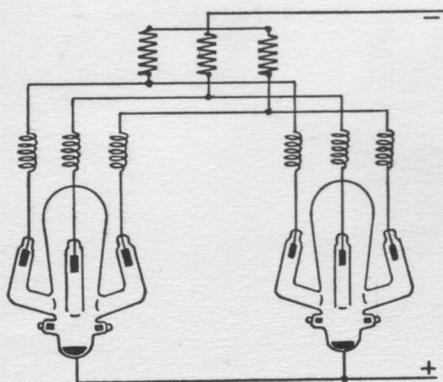


FIG. 33
MISE EN PARALLÈLE DE DEUX AMPOULES
PAR SELFS D'ANODES

Deux ou plusieurs groupes transformateurs-redresseurs de mêmes caractéristiques, alimentés sur le même réseau alternatif, peuvent généralement débiter en parallèle sur le même circuit continu, sans autre artifice. Toutefois, dans le cas des redresseurs à grilles commandées, compound ou hypercompound, il est nécessaire de mettre en parallèle par des circuits spéciaux l'alimentation des grilles des divers redresseurs.

Lorsqu'on veut alimenter en parallèle plusieurs ampoules avec le même transformateur, ou plusieurs bras d'ampoule avec la même phase d'un transformateur, une difficulté se présente du fait que la chute de tension dans l'arc décroît d'abord lorsque la charge croît : il en résulte un hypercompoundage naturel amenant un fonctionnement instable des arcs en parallèle. Il est alors nécessaire de recourir à des dispositifs spéciaux : inductances d'anodes (Fig. 33) ou transformateurs de compensation (Fig. 34).

Dans le cas des redresseurs à grilles, il est en outre nécessaire de prévoir, suivant un dispositif spécial, breveté par la Société Hewittic, des enroulements spéciaux sur les transformateurs de compensation, assurant par les grilles l'amorçage simultané des différents arcs en parallèle (Fig. 35).

Deux ou plusieurs groupes transformateurs-redresseurs de mêmes caractéristiques, alimentés sur le même réseau alternatif, peuvent généralement débiter en parallèle sur le même circuit continu, sans autre artifice. Toutefois, dans le cas des redresseurs à grilles commandées, compound ou hypercompound, il est nécessaire de mettre en parallèle par des circuits spéciaux l'alimentation des grilles des divers redresseurs.

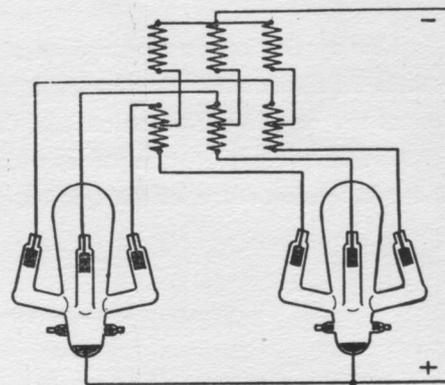


FIG. 34
MISE EN PARRALLÈLE DE DEUX AMPOULES
PAR TRANSFORMATEURS DE COMPENSATION

L'utilisation des grilles commandées permet d'assurer à volonté la marche en parallèle d'un redresseur avec un autre redresseur, ou une machine quelconque. On utilise dans ce but l'asservissement par le circuit de saturation à gros fil.

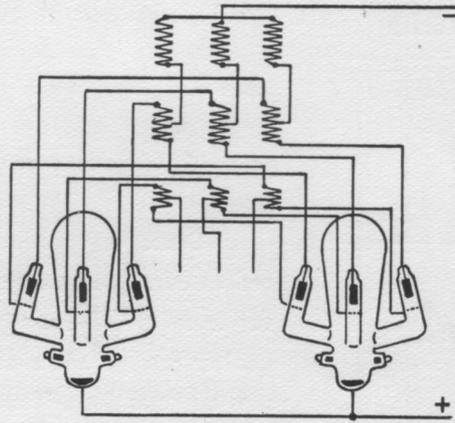


FIG. 35
MISE EN PARALLÈLE DE BRAS D'ANODE
DE REDRESSEURS A GRILLES

Mise en série des Redresseurs

La mise en série des redresseurs à vapeur de mercure ne présente aucune difficulté; elle peut s'effectuer sur des redresseurs alimentés soit par des systèmes polyphasés identiques, soit par des systèmes polyphasés décalés.

Une application du montage en série des redresseurs est la réalisation de groupes équilibreurs destinés à l'alimentation de réseaux à trois fils à courant continu; cette disposition présente sur les groupes tournants à excitation croisée, l'avantage d'un appoint de puissance. Toutefois, le problème n'a reçu sa solution complète que par les redresseurs à grilles commandées, qui permettent de partager également la tension entre les deux ponts, grâce au montage de la Fig. 35.

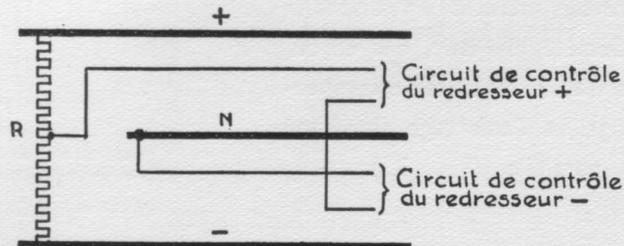


FIG. 36
SCHÉMA DE LA COMMANDE D'UN GROUPE REDRESSEUR
ÉQUILIBREUR A 3 FILS

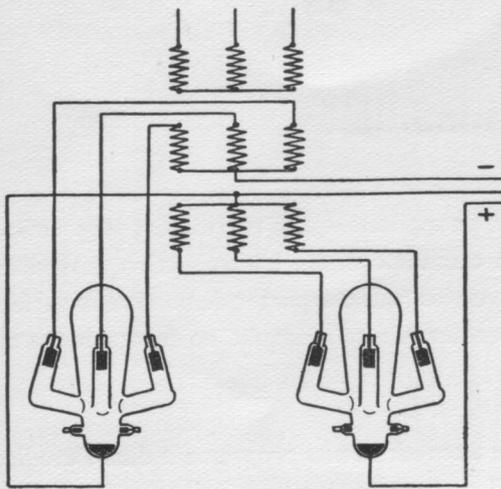


FIG. 37

SCHÉMA DE COUPLAGE HEXAPHASÉ-SÉRIE

montage hexaphasé-série, Fig. 37), soit quatre redresseurs triphasés, décalés entre eux de $1/12$ de période (montage dodécaphasé-série, Fig. 38). Ces deux montages ont reçu de nombreuses applications à l'alimentation des postes radio-émetteurs.

Une résistance R est connectée entre les fils extrêmes; on applique la tension recueillie, entre le point milieu de cette résistance et le point neutre du réseau, à l'ensemble des deux circuits de saturation à fil fin, ces circuits étant inversés l'un par rapport à l'autre. Le sens des connexions est prévu de telle sorte que si, par exemple, la tension du redresseur + tend à baisser au profit du redresseur - les courants de contrôle varient dans des sens tendant à rétablir l'équilibre. Les résultats ainsi obtenus sont très satisfaisants.

Une autre application du montage en série des redresseurs est l'obtention de tensions continues très élevées : on utilise alors soit deux redresseurs triphasés décalés entre eux de $1/6$ de période (mon-

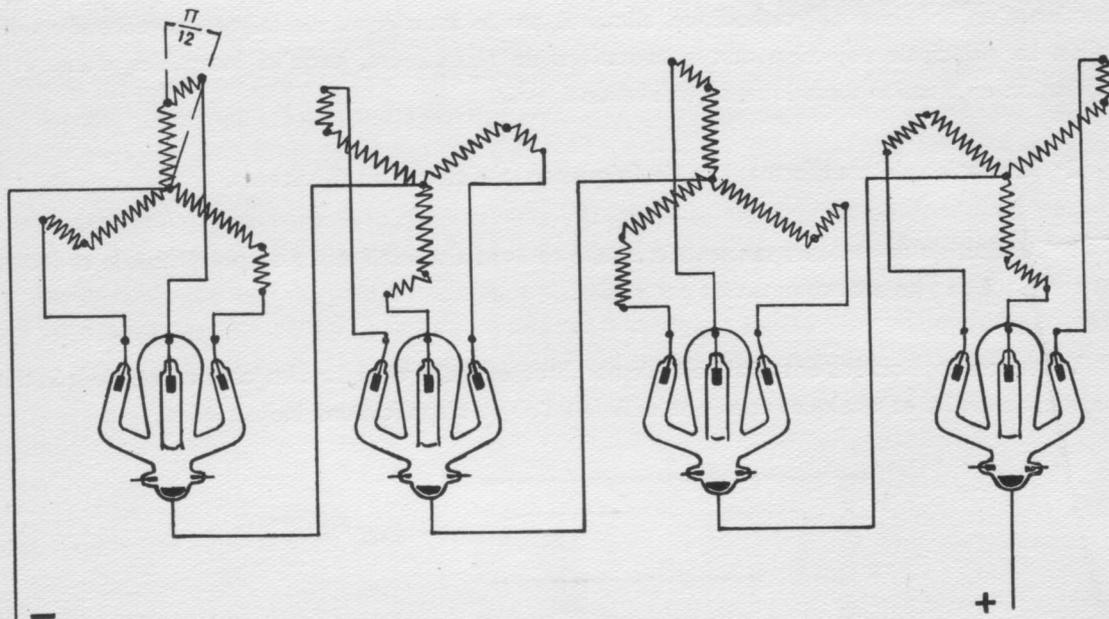


FIG. 38

SCHÉMA DE COUPLAGE DODÉCAPHASÉ-SÉRIE

Applications nouvelles des Redresseurs à grilles commandées

Nous avons examiné seulement jusqu'ici le principe et les applications des redresseurs proprement dits, destinés à la transformation du courant alternatif en courant continu. L'introduction des grilles commandées a permis, non seulement comme nous l'avons vu plus haut d'apporter de nombreux perfectionnements à ces redresseurs, mais encore d'aborder des problèmes restés jusqu'ici en dehors du champ d'applications de ces redresseurs.

Il n'entre pas dans le cadre de cette notice, consacrée aux redresseurs proprement dits, d'étudier en détail ces applications nouvelles. Nous nous bornerons à leur énumération :

1° Réalisation d'onduleurs, réalisant la transformation statique du courant continu en courant alternatif. L'association d'un redresseur et d'un onduleur permet d'obtenir un convertisseur statique réversible.

On peut même, selon un brevet de la Société Anonyme Hewittic, transformer une sous-station existante de redresseurs à mercure en verre ou métallique en sous-station réversible, par simple adjonction d'un onduleur polycathodique, alimenté par le transformateur même des redresseurs déjà installés. La principale objection aux sous-stations de redresseurs, jusqu'ici incapables d'assurer la récupération en traction électrique, se trouve ainsi levée.

2° Réalisation de transformateurs de fréquence, abaisseurs ou élévateurs.

3° Réalisation de moteurs sans collecteurs, à courant alternatif mono ou polyphasé, le collecteur étant remplacé par les arcs commandés par grilles.

Toutes ces applications ont fait l'objet de nombreuses recherches dans les laboratoires de la Société Anonyme Hewittic, et quelques-unes ont déjà fait l'objet d'applications industrielles.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Historique	3
Propriétés fondamentales des ampoules à mercure	3
Redresseurs pour courants polyphasés	5
Formes des tensions redressées	6
Rapports de transformation et caractéristiques de chute de tension des redresseurs.....	8
Alimentation du circuit d'excitation en courant alternatif	11
Amorçage des redresseurs.....	11
Limitation de la puissance et refroidissement des redresseurs	13
Ampoules de redresseurs Hewittic	15
Garantie des ampoules	19
Transport des ampoules	19
Protection des redresseurs	20
Transformateurs d'alimentation des redresseurs	21
Réglage et asservissement de la tension des redresseurs	22
Rendement des redresseurs	29
Facteur de puissance des redresseurs	30
Mise en parallèle des redresseurs.....	31
Mise en série des redresseurs	32
Applications nouvelles des redresseurs à grilles commandées.....	34

HEWITTIC

Société Anonyme au Capital de 2.000.000 de Francs

11, Rue du Pont, SURESNES
(Seine)

Tél. WAGRAM 86-10 - LONGCHAMP 10-92

Adresse Télégraphique : HEWITTIC-SURESNES

R. C. Seine 213.706 B