ÉTUDE SUR LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE RÉGLAGE

DE LA

Tension des Réseaux à Courants alternatifs
(SUIVE)

b) Régulateur triphasé double (figure 15).

Nous avons vu précédemment qu'il existe entre les tensions E_r et E_1 un décalage de phase. On peut compenser très simplement ce décalage par l'emploi de deux régulateurs d'induction dont les enroulements secondaires (stator) sont mis en série et dont les champs triphasés tournent en sens

Fig. 15. — Régulateur double d'induction à commande automatique et à main (type de la Compagnie Electro-Mécanique).

inverse. Les deux axes des régulateurs sont accouplés mécaniquement et influencés simultanément. Les deux champs triphasés de mouvement rotatif inverse produisent dans n'importe quelle position des enroulements des tensions qui, par rapport à la tension principale E_1 sont en avance ou en retard de la même quantité et dont la somme est toujours dans la direction de la tension principale (fig. 16). Les deux champs de rotation inverse produisent également dans les régulateurs des couples de torsion opposés qui se neutralisent dans leur effet extérieur, mais la puissance nécessaire au réglage est la même qu'avec le régulateur simple, car il faut déplacer l'une par rapport à l'autre les deux parties entre lesquelles s'exerce le couple.

La figure 16 représente le diagramme des tensions dans le cas d'un régulateur double d'induction. Comme plus

haut, si nous désignons par $OA = E_1$ la tension du réseau, par $AB = e_2$ la tension induite dans le régulateur N° 1, par $AB_1 = e_2$ également la tension induite dans le régulateur N° 2, tensions faisant toutes deux un angle α avec la tension principale OA , la tension résultante est donnée par la composition du vecteur E_1 avec la résultante géométrique des vecteurs AB et AB_1 . Or, cette dernière résultante est AC , de sorte que la tension résultante est $OA + AC = OC$.

Fig. 16. — Diagramme représentatif des tensions d'un régulateur double d'induction.

Le lieu des extrémités des vecteurs tels que $AB = AB_1 = e_2$ se trouvent sur une circonférence décrite de A comme centre avec e_2 comme rayon. Cette circonférence coupe la droite OA en deux points D et D_1 . Le point D_1 , où les deux vecteurs AB et AB_1 sont confondus et en opposition avec la tension $OA = E_1$, correspond au cas où les enroulements primaires et secondaires des deux régulateurs sont respectivement les uns en face des autres avec magnétisation concordante des pôles. La tension résultante induite dans les stators qui sont en série est égale à $2 AD_1 = 2 e_2 = AC_2$ de sorte que la tension résultante E_r est réduite à son minimum :

$$E_{\min.} = OA - C_2A = E_1 - 2 e_2$$

Par une rotation de 180° des rotors, nous arrivons au point D pour lequel la tension résultante est maximum :

$$E_{\max.} = OA + AC_1 = E_1 + 2 e_2.$$

Les points B_2 et B'_2 d'intersection de la circonférence de centre A et de rayon e_2 avec la perpendiculaire élevée en A sur OA délimitent les zones de survoltage et de dévoltage du réseau.

En effet, pour les points $B_2 B'_2$ la tension induite résultante dans les rotors est nulle (les vecteurs AB_2 et AB'_2 étant égaux et directement opposés) par conséquent la tension résultante sur le réseau est égale à $OA + 0 = OA$.

Lorsque les vecteurs AB' et AB'_1 se déplacent sur les arcs $B_2 B'_2 D$ et $B'_2 B_2 D$, il y a survoltage (la tension E_r étant $> E_1$) inversement lorsque ces vecteurs se déplacent sur les arcs $B_2 B'_2 D_1$ et $B'_2 B'_2 D_1$ (fig. 16) il y a dévoltage (la tension E_r étant $< E_1$).

L'emploi du régulateur double s'imposera donc lorsque l'on voudra obtenir un réglage très étendu et la suppression de tout décalage de la tension résultante sur la tension du réseau à régler.

c) Régulateurs monophasés.

Les régulateurs monophasés se distinguent des régulateurs polyphasés en ce qu'ils ont en place de champs triphasés, un champ alternatif à un seul axe. Ils n'induisent donc pas dans toutes les positions du stator par rapport au rotor

une tension fixe de phase variable, mais au contraire une tension e_2 de phase constante dont la valeur est proportionnelle au cosinus de l'angle de décalage et qui pourra également varier de $+e_2$ à $-e_2$.

Sans précautions spéciales et cela par suite de grandes chutes de tensions, les régulateurs monophasés ont une grande dispersion dans toutes les positions pour lesquelles les axes des deux enroulements ne coïncident pas. Pour remédier à cette difficulté, les constructeurs munissent leurs régulateurs monophasés d'un enroulement compensateur en court-circuit et décalé de 90° par rapport à l'enroulement d'excitation.

A l'aide de cet artifice on obtient ainsi des régulateurs monophasés dont la chute de tension n'est guère plus élevée que celle des régulateurs polyphasés.

Applications des régulateurs d'induction (fig. 17).

Le régulateur d'induction a son emploi partout où une tension alternative doit être élevée ou abaissée d'une quantité déterminée. Il remplace avantageusement le survolteur statique quand il faut agir par petites fractions sur la tension. Il se distingue de ce dernier par la suppression des contacts qui rendent la construction compliquée et le fonctionnement toujours délicat.

Les principales applications des régulateurs d'induction sont les suivantes :

1° Maintenir constante la tension de régime au bout d'un réseau ;

2° Elévation de la tension en un point d'alimentation, pour la suppression des chutes de tension dans les canalisations à longue distance ;

3° Réglage de la tension continue dans de larges limites en employant des commutatrices devant lesquelles sont montés des régulateurs d'induction. Etant donné qu'on évite ainsi la nécessité de régler la commutatrice par des courants déwattés, cette combinaison reviendra moins cher et sera plus pratique avec combinaison de bobines de réactance.

Les figures 18 et 19 représentent le schéma de montage d'une commutatrice hexaphasée avec régulateur d'induc-

sième fil de la distribution à courant continu, au lieu d'être au point neutre de la commutatrice elle-même, point difficilement accessible, est relié directement au point neutre secondaire du transformateur statique d'alimentation ;

Fig. 17 — Sous-Station de Sainte-Croix. Usine des Clés (Yverdon). Régulateur d'induction automatique et à commande à main triphasé de 450 KVA. Tension moyenne 4900 volts avec un facteur de réglage de $\pm 10\%$ avec régulateur à action rapide et commutateur dans l'huile.

4° Production d'une tension variant de 0 à une valeur maximum, en établissant les enroulements du régulateur d'induction (figure 20 pour simplifier représenté en monó-

Fig. 18. — Schéma de montage d'une commutatrice hexaphasée avec un régulateur d'induction (phases non raccordées).

lion. Dans la figure 18 les phases ne sont pas raccordées entre elles et le côté continu de la commutatrice est prévu pour distribution à deux fils, tandis que dans la figure 19 les phases sont raccordées entre elles et le côté continu de la commutatrice est prévu pour distribution à 3 fils. Il est à remarquer dans le schéma de la figure 19 que le troi-

phasé) de telle façon que la tension secondaire e_2 arrive à égaler la tension primaire E_1 . On voit très bien d'après le diagramme de la figure 14 que l'on peut alors obtenir comme limites des tensions résultantes, les valeurs :

$$E_r = E_1 - e_2 = E_1 - E_1 = 0$$

$$\text{et } E_r = E_1 + e_2 = E_1 + E_1 = 2 E_1$$

On fait usage de ce dispositif par exemple pour le réglage précis de la tension dans les applications électrolytiques (four de fonderie).

- 7° Production de variation de tension et de décalage de phases dans les laboratoires d'étalonnage ;
- 8° Pour la mise en parallèle de différents réseaux.

Fig. 19. — Schéma de montage d'une commutatrice (pour courant continu à 3 fils), avec un régulateur d'induction hexaphasé (phases raccordées).

D'autre part, étant donné qu'on peut très bien obtenir des tensions variant de 0 à plusieurs 100.000 volts, on fera

Fig. 20. — Schéma de montage d'un régulateur d'induction pour production d'une tension variable de 0 à un certain maximum.

également usage de ce dispositif pour des essais de câbles, en utilisant bien entendu des transformateurs haute tension (voir figure 21);

Fig. 21. — Schéma d'un transformateur monophasé d'essais à 150 000 volts avec régulateur monophasé d'induction

- 5° Dans les grandes centrales pour la mise sous charge de grandes longueurs de câble ;
- 6° Pour équilibrer les phases inégalement chargées des stations polyphasées ;

Mode de construction des régulateurs d'induction

Les régulateurs d'induction correspondent complètement au point de vue de leur construction intérieure aux moteurs d'induction. Ils ont un stator et un rotor à petites encoches dans lesquelles sont logés les enroulements. En général

Fig. 22. — Régulateur d'induction automatique pour une ligne diphasée à 4 fils. 45 ampères par phase. 5500 volts. Ce régulateur diphasé est prévu pour 50 KVA et un réglage de $\pm 19\%$.

l'enroulement d'excitation est placé dans le rotor, ce qui a comme avantage de réduire la section d'amenée de courant et de faciliter les prises.

Le nombre de pôles est généralement choisi égal à quatre; de cette façon, pour un réglage de $+e_2$ à $-e_2$, le déplacement maximum du rotor par rapport au stator ne sera théoriquement que de 90° . D'un autre côté, il est facile de voir sur les diagrammes des figures 14 et 16 que la tension résultante est peu influencée dans les positions extrêmes ($\cos \alpha = \pm 1$) de sorte que les constructeurs limitent le déplacement du rotor par rapport au stator à 75° environ.

Les régulateurs d'induction ne possédant pas de partic tournant d'une façon continue, sont construits avec un entrefer bien plus faible que celui des moteurs d'induction ; les pertes sont donc très faibles et le $\cos \phi$ très élevé.

N'ayant pas de différence bien marquée entre les différents modèles de régulateurs d'induction actuellement sur

le marché, nous décrirons les modèles « Brown-Boveri » qui sont les plus répandus.

1° Les types ouverts avec ventilation artificielle (fig. 10 et 22) ;

Régulateur d'induction type fermé à bain d'huile

2° Les types à bain d'huile, à refroidissement naturel (fig. 23 et 23 bis) ;

Le modèle ouvert se construit jusqu'à une tension de 5.000 volts. Afin de diminuer les pertes, ce régulateur (fig. 22) est muni d'un ventilateur soufflant axialement un puissant courant d'air. Sa disposition est horizontale et semblable à celle d'un moteur d'induction triphasé. Le déplacement du rotor se fait à l'aide d'une vis sans fin qui peut se manœuvrer à la main ou au moyen d'un appareil automatique influencé par le courant du réseau. Nous verrons plus loin, en détail, cette commande automatique.

Fig. 23 — Régulateur automatique d'induction, modèle à axe vertical dans l'huile. Puissance 50 KVA, 48 périodes

Fig. 23 bis. — Régulateur d'induction dans l'huile pour réglage à main. Puissance propre 750 KVA, 3100 volts, 50 périodes. Réglage de 2920 à 3370 volts.

D'après leur construction extérieure, ces régulateurs d'induction peuvent se diviser en deux catégories :

Régulateur d'induction, type ventile, avec commande électrique

Le moteur de commande du ventilateur peut être alimenté par n'importe quel courant à basse tension disponible. Lorsqu'il existe du courant alternatif, on emploie un petit moteur à induit en court-circuit (cage d'écureuil).

Contrairement aux régulateurs refroidis par ventilation artificielle qui sont horizontaux, les régulateurs à bain d'huile sont construits verticalement (fig. 23). Il en résulte un montage simple et une circulation appropriée de l'huile pour le refroidissement de l'enroulement. La construction du modèle à bain d'huile est prévue pour de hautes tensions 5.000 à 12.000 volts. Les régulateurs dans l'huile sont plus

Commande électrique d'un régulateur d'induction, type ventilé

chers, toutes choses égales d'ailleurs, que les régulateurs à ventilation artificielle, il est donc recommandable, dans certains cas, d'employer, au lieu du régulateur à huile haute tension, un régulateur refroidi par ventilateur avec deux transformateurs, l'un alimentant le régulateur (transformateur d'excitation) l'autre transformant l'énergie du régulateur (transformateur série de ligne).

Les régulateurs du modèle Brown-Boveri possèdent, en général, deux planchettes de bornes de connexions, l'une pour l'arrivée du courant avec la mention « Tension non réglée », et l'autre pour le départ du courant avec la mention « Tension réglée ».

Mode de connexion des régulateurs d'induction.

Nous avons vu précédemment dans la description des régulateurs d'induction comment il est possible de produire à l'aide d'une tension non réglée E_1 , une tension réglée E_r variant de la première de $\pm e_2$. A cet effet, on se sert du montage de la figure 11.

On peut, dans ce cas, utiliser un régulateur travaillant jusqu'à ses limites de fonctionnement, si indépendamment de sa position on élève d'une façon constante $\left(\frac{e_2}{2}\right)$ la tension d'arrivée E_1 . On a alors le diagramme (fig. 24) et les limites de réglage obtenus sont alors :

$$E_r = E'_1 + \frac{e_2}{2} = E_1 + \frac{2e_2}{2} = E_1 + e_2$$

$$\text{et } E_r = E'_1 - \frac{e_2}{2} = E_1 + \left(\frac{e_2}{2} - \frac{e_2}{2}\right) = E_1$$

La production de la tension E'_1 pourrait être obtenue par couplage différentiel dans le régulateur lui-même, en ajoutant un enroulement supplémentaire pour la tension $\frac{e_2}{2}$ à l'enroulement primaire et en prenant comme l'indique le schéma (fig. 25), la tension du régulateur entre les points A et B. En vue de simplification, le schéma est tracé en monophasé, mais il peut sans difficulté être transformé en polyphasé. Cependant, ce montage a comme désavantage d'exiger pour la partie primaire en plus de l'enroulement de tension, un enroulement de courant de même grandeur que tout l'enroulement secondaire, ce qui donne des dimensions irrationnelles au régulateur. Il est bien plus simple d'adopter, dans ce cas, le schéma de la figure 26. Dans ce montage, la tension $\frac{e_2}{2}$ est produite par un transformateur séparé et amenée au régulateur d'induction. Ce dernier est enroulé au primaire et au secondaire pour la tension $\frac{e_2}{2}$.

En montant les deux enroulements convenablement, on obtient une tension résultante qui peut varier entre 0 et $\frac{2e_2}{2}$ ou e_2 , tension résultante qui est amenée directement à la ligne non réglée, ou comme représenté dans la figure 26 par l'intermédiaire d'un transformateur du courant. Le régulateur est ainsi utilisé jusqu'à sa pleine limite de travail, et il est calculé pour la moitié de la tension de régulation, c'est-à-dire, également pour la moitié

Fig. 24. — Diagramme représentatif des tensions dans le cas du couplage différentiel.

Un cas assez fréquent qui se présente, est celui où une tension doit être réglée non pas en plus ou en moins d'une certaine valeur, mais uniquement en plus de cette valeur. Si l'on adopte le montage de la figure 11, diagramme figure 14, il est facile de se rendre compte que le régulateur ne sera utilisé que pour la moitié de sa capacité de fonctionnement, c'est-à-dire, de E_1 jusqu'à $E_1 + e_2$.

du débit du réseau. De même, le couplage différentiel pourra être employé si une tension de E_1 à E_2 par exemple devra être maintenue constante à une valeur E_3 qui est supérieure ou inférieure à E_2 .

Fig. 25. — Schéma de montage d'un régulateur d'induction avec enroulement supplémentaire ou primaire.

Par exemple, un courant varie entre 9.000 et 10.000 volts et doit être maintenu constant à 10.500 volts ; cela nécessite une tension additionnelle variant de 500 à 1.500 volts que l'on peut obtenir en utilisant le montage du schéma (fig. 25). L'enroulement primaire du régulateur est prévu pour la tension double de l'enroulement secondaire, par exemple

Primaire pour 1.000 volts.

Secondaire pour 500 volts.

Il en résulte que l'on peut avoir une variation de 1.000 — 500 = 500 volts à 1.000 + 500 = 1.500 volts.

Fig. 26. — Schéma de montage d'un régulateur d'induction dans le cas de couplage différentiel.

Dans beaucoup de cas, spécialement lorsqu'il s'agit de haute tension, on trouve que l'emploi, tel que nous l'avons vu, d'un régulateur à basse tension prévu pour une partie de la tension avec un transformateur de tension et un transformateur de courant, revient meilleur marché qu'un régulateur haute tension prévu pour la tension totale et qui n'est utilisé qu'à moitié.

Lorsqu'on veut éviter les transformateurs de courant, il est nécessaire, dans le cas de courants polyphasés, d'isoler chaque phase du régulateur d'induction pour la haute tension ou bien d'employer des régulateurs monophasés qui sont à monter isolément.

Dans l'emploi des transformateurs de courant, on choisit de préférence un rapport de transformation tel que la tension de régulation ne soit pas supérieure à 500 ou 600 volts, afin de pouvoir bénéficier des avantages qu'offre le régulateur à basse tension.

Détermination de la puissance des régulateurs d'induction.

La puissance propre d'un régulateur d'induction est déterminée par la puissance qui le traverse, et le survolage ou dévolage qu'il doit réaliser.

Si P est la puissance du réseau,

E_r la tension résultante,

e_2 la tension de survolage ou de dévolage.

Le courant qui traverse le régulateur sous la tension E_r est donné par :

$$I = \frac{P}{E_r} \text{ en monophasé.} \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{2 E_r} \text{ en biphasé.} \quad (2)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E_r} \text{ en triphasé.} \quad (3)$$

La tension de régulateur e_2 produite par le régulateur d'induction est égale à la différence maxima entre la tension réglée E_r et la tension non réglée E_1 ; par suite, la puissance du régulateur d'induction sera :

$$P_r = e_2 I = \frac{e_2 P}{E_r} \text{ en monophasé.} \quad (4)$$

$$P_r = 2 e_2 I = \frac{e_2 P}{E_r} \text{ en biphasé.} \quad (5)$$

$$P_r = \sqrt{3} e_2 I = \frac{e_2 P}{E_r} \text{ en triphasé.} \quad (6)$$

« Prenons comme exemple un réseau triphasé d'une puissance de 1.000 KVA et dont la tension variant de 9.000 à 11.000 volts doit être maintenue constante à 10.000 volts : Le courant qui traverse le régulateur est :

$$I = \frac{1000 \times 10^4}{\sqrt{3} \times 10.000} = 58 \text{ ampères.}$$

La tension de régulation $e_2 = 11.000 - 10.000 = 1.000$ volts.

La puissance du régulateur d'induction triphasé est donc :

$$P_r = \sqrt{3} \times 1.000 \times 58 = 58.000 \times 1,732 = 100.000 \text{ volts-ampères ou 100 KVA.}$$

On trouve également par la formule (6).

$$P_r = \frac{1.000}{10.000} \times 1.000 = 100 \text{ KVA.}$$

Si nous employons le couplage différentiel (fig. 26), le régulateur sera bobiné au primaire et au secondaire pour $\frac{e_2}{2} = \frac{1.000}{2} = 500$ volts. La tension primaire non réglée est constante et égale à 500 volts. La tension réglée varie de 0 à 1.000 volts. La différence maxima entre la tension réglée et la tension non réglée sera donc de :

$$1.000 - 500 = 500 - 0 = 500 \text{ volts.}$$

La puissance du régulateur sera :

$$P_r = \sqrt{3} \times 500 \times 58 = 50 \text{ KVA, c'est-à-dire la moitié de ce qu'elle est pour le régulateur monté suivant le schéma ordinaire (fig. 11).}$$

Rendement et facteur de puissance.

Les pertes des régulateurs d'induction sont de l'ordre de grandeur des pertes des moteurs d'induction correspondants. Elles varient de 15 % pour les plus petites puissances à 5 % pour les plus grandes. Etant donné que la puissance du régulateur n'est que le 10 % environ de la puissance du réseau et que pour le rendement la puissance du réseau intervient, les pertes resteront en définitive dans les limites de 1,5 à 0,5 %.

Ces pertes extraordinairement faibles jouent un bien petit rôle comparativement au gain en matériel de canalisation que l'on peut réaliser en employant des régulateurs.

Quant au facteur de puissance du réseau, il n'est également influencé que d'une façon très faible par le régulateur d'induction ; car, comme nous l'avons vu plus haut,

l'entrefer du régulateur est très petit et par suite, les courants de magnétisation sont également très faibles.

L'altération du $\cos \varphi$ par l'emploi d'un régulateur réglant la tension à 10 % dans un réseau de $\cos \varphi = 0,8$ sera à peine de 1 %. Dans un réseau de $\cos \varphi = 1$, l'altération du $\cos \varphi$ est sensiblement nulle.

Régulateurs d'induction à commande automatique.

D'après leur principe même, les régulateurs d'induction se prêtent très bien à la commande automatique. Nous allons décrire tout d'abord le dispositif employé par la Cie Electro-Mécanique pour la commande automatique de ses régulateurs d'induction à axes horizontaux avec refroidissement par ventilation artificielle. Ce dispositif qui est d'ailleurs breveté par la Maison Brown-Boveri a donné d'excellents résultats. Il permet de régulariser en une seconde des variations de l'ordre de 10 % de la tension du réseau, ce qui, dans la plupart des cas, est suffisant.

Grâce à cela, ce dernier réseau est parcouru par un courant invariable.

L'induit de l'aimant mobile DR est relié aux deux secteurs mobiles du régulateur à action rapide et dont la position médiane n'est parcourue par aucun courant.

Dans cette position médiane, en effet, les secteurs mobiles sont reliés à deux points équipotentiels.

Si les secteurs de contacts mobiles se déplacent dans un sens ou dans l'autre, de telle sorte qu'ils arrivent en contact avec des points de potentiel différent des résistances de réglage, l'induit de l'aimant mobile sera parcouru dans un sens ou dans l'autre par le courant qui s'établira. Si la tension du réseau tend à s'élever, l'aimant mobile et le disque vont par exemple se déplacer dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans ce mouvement, les contacts du commutateur réversible RSch. du stator du moteur de commande sont entraînés sur les bornes 1—3 ou 2—4 et commutent le réseau de basse tension de façon à ce que le moteur AM

entraîne le régulateur d'induction J dans le sens d'un abaissement de la tension.

De plus, l'appareil possède un mécanisme « dit mécanisme de retour électrique » dont le but est le même que dans les turbines. Ce mécanisme se compose de deux contacts de retour, c'est-à-dire, branchés sur le circuit du transformateur de tension SP.

Une de ces résistances de retour est dans la position médiane de l'aimant mobile, court-circuitée par le contact correspondant (fig. 27).

Ce contact s'ouvre lors du réglage décrit, et introduit la résistance de retour dans le circuit secondaire du transformateur de tension. Dans ce mouvement, la tension s'élève d'environ 1/2 volt, dans le but de ramener le régulateur à action rapide dans sa position moyenne lorsque le réglage est terminé. De cette façon, le réglage nous amène à une valeur de la tension trop élevée (surrégulation). Comme le mécanisme du régulateur à action rapide possède une certaine inertie, il se déplace légèrement jusqu'à dissipation de

l'énergie au-delà de la position d'équilibre, ce qui ramène le régulateur d'induction dans la position de tension normale.

Lorsque le régulateur à action rapide a repris sa position moyenne, l'induit de l'aimant mobile qui n'est parcouru alors par aucun courant, reprend aussi sa position moyenne en isolant le moteur de commande du reste du réseau.

Simultanément, le frein du moteur entre en action et un des contacts de retour est de nouveau court-circuité, de telle sorte que le régulateur à action rapide est ramené dans la position de tension normale.

Lors d'un abaissement de la tension, le régulateur agit de façon analogue, mais les déplacements se font en sens inverse.

Fig. 27. — Schéma d'un régulateur automatique d'induction à commande électrique par courant triphasé et régulateur automatique à action rapide système Brown Boveri.

LÉGENDE

I = Régulateur d'induction	Sp = Transformateur de tension.
AM = Moteur de commande.	St = Transformateur de courant
$RSch$ = Commutateur-inverseur.	T = Tableau de distribution.
R = Relais.	V = Ventilateur.
J = Régulateur.	Sp, St, A, E, E = Bornes du régulateur

Le principe et le fonctionnement de cette commande automatique se trouvent résumés par le schéma de la figure 27 (voir aussi fig. 22).

Le régulateur d'induction J est monté directement sur la ligne à régler, celle-ci est dans ce cas triphasée.

L'aimant mobile DR, qui est fixé sur le moteur de commande AM du régulateur J, porte à l'une de ses extrémités un disque plat et l'interrupteur du moteur de commande. L'autre extrémité est rattachée à un système de freinage qui permet de libérer l'axe de l'aimant.

Les deux résistances de réglage du régulateur à action rapide R (fig. 27) sont couplées en parallèle et mises en série avec l'enroulement fixe de l'aimant mobile au réseau basse tension alimentant le moteur de commande.

Le commutateur réversible échange deux phases du moteur de commande (relié par exemple 1 et 4 ou 2 et 3).

Fig. 27 bis. — Régulateur à action rapide Brown-Boveri.

Ce dernier entraîne le régulateur d'induction dans le sens voulu, c'est-à-dire, dans le sens d'une élévation de tension

Fig. 28. — Réglage automatique de la tension au moyen d'un régulateur à action rapide et d'un régulateur d'induction.

du réseau. Le mécanisme de retour travaille cette fois de telle manière que la deuxième résistance de retour insérée dans le circuit du transformateur de tension est court-

Fig. 29. — Réglage à la main.

circuitée par le contact correspondant ; de ce fait, la tension d'équilibre s'abaisse d'environ $1/2$ volt.

Quand le régulateur d'induction a de nouveau ramené la tension à la normale, la partie mobile du régulateur à action rapide retourne dans sa position moyenne en ramenant tout le système en équilibre.

Il est à remarquer que les deux interrupteurs EA (fig. 27) dont est pourvu le régulateur d'induction ont le but suivant :

Si le rotor du régulateur d'induction s'approche d'une de ses positions limites, un des interrupteurs EA s'ouvre automatiquement et empêche le passage au travers de l'aimant mobile du courant du moteur de commande.

Détail de la commande électrique.

Comme chacun des interrupteurs ci-dessus ne permet de couper le courant du moteur de commande que dans un sens, le moteur se met en marche dans l'autre sens dès que l'aimant mobile fait commuter dans la direction de rotation opposée. Le régulateur à action rapide R (fig. 27 et 27 bis) sert non seulement à maintenir la tension constante, mais aussi si on le désire, à compounder en même temps la chute de

tension dans les lignes de départ. Ce compoundage se produit automatiquement à l'aide d'un transformateur de courant St (fig. 27).

L'enroulement compound du régulateur R agit de telle sorte que la tension du ré-

seau s'élève proportionnellement à la charge. Une résistance réglable permet de graduer le compoundage à volonté.

Enfin, il est possible de mettre hors service le régulateur

à action rapide R et de passer à volonté de la commande automatique à la commande à main à l'aide d'un volant de manœuvre. Les figures 28. et 29 donnent les résultats obtenus par un tel régulateur

d'induction à commande électrique. La figure 29 donne la courbe de la tension obtenue par un réglage soigneux effectué à la main. La figure 28 représente la courbe de tension obtenue dans les mêmes conditions de service en utilisant la commande électrique automatique.

(A suivre.)

V. SYLVESTRE,
Ingénieur A. M. et I. E. G.,
Ingénieur à la C^{ie} Electro-Mécanique