ÉLECTRICITÉ

Des diverses applications du Régulateur automatique à action rapide Brown-Boveri et des Méthodes de Branchement correspondantes.

(SUITE)

Par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

Le Régulateur automatique à action rapide.

RÉSUMÉ

Nous avons exposé, dans la première partie du présent article, les caractéristiques générales du régulateur automatique et avons commencé la description de ses applications comme régulateur de tension. Nous achevons ce chapitre dans le présent numéro ainsi que celui de l'emploi du régulateur comme limitateur d'intensité.

Par la suite, nous nous occuperons des autres applications du régulateur à courant alternatif, pour le réglage de la puissance, du décalage de phase de génératrices, etc. et du régulateur à courant continu.

à l'aide de transformateurs de courant, insérés dans le circuit des différentes génératrices (figure 19) ; leurs enroulements secondaires forment un circuit commun, ayant, généralement, la forme d'un polygone (figure 20). Lorsque l'excitation des génératrices correspond à une bonne marche en parallèle, les tensions induites dans ce circuit se neutralisent complètement. Par contre, lorsque le courant déwatté du réseau n'est pas réparti dans la proportion des kilowatts débités par chaque génératrice, c'est-à-dire, si celles-ci travaillent avec des facteurs de puissance différents, il y aura des courants transversaux circulant dans les dérivation $f/2$, 12-13, c'est-à-dire dans une partie des résistances d'ajustage ; ces courants produisent ainsi

Fig. 19. — Régulateurs de tension pour génératrices triphasées couplées en parallèle (stabilisation en polygone).

Régulateurs stabilisés en polygone.

Pour plusieurs groupes marchant normalement en parallèle, on ne se contentera pas d'un réglage partiellement automatique (comme celui de la figure 15), mais on munira chacun des groupes d'un régulateur. On sait que, par suite de la marche synchrone, le débit d'énergie totale se répartit sur les groupes proportionnellement à l'admission d'eau ou de vapeur, etc., c'est-à-dire d'une façon déterminée par la mise au point des régulateurs de vitesse. La répartition de l'ampérage, par contre, dépend uniquement de l'excitation et il est facile de comprendre que les courants d'excitation doivent être maintenus dans un rapport bien déterminé. Les régulateurs à régime astatique, tels qu'ils ont été caractérisés précédemment, ne suffisent pas complètement à cette condition ; ils doivent être soumis à une influence supplémentaire qui produit une marche stable de tout le système. Nous appelons *régulateurs stabilisés*, les régulateurs soumis à cette influence supplémentaire. Cette influence supplémentaire s'obtient

Fig. 20. — Schéma du polygone de stabilisation.

un effet supplémentaire sur le couple actif des régulateurs, de façon à ramener les secteurs de contact à un point où les courants d'excitation reprennent les valeurs voulues. L'ampérage des génératrices correspond alors à leur charge en KW, et les tensions induites dans le circuit polygonal seront de nouveau neutralisées.

Les régulateurs stabilisés remplissent donc simultanément les deux fonctions de maintenir le voltage à une valeur constante, et de répartir automatiquement l'ampérage sur les différentes machines, de sorte que celles-ci marchent toutes avec un $\cos \varphi$ à peu près égal.

Des commutateurs rotatifs, placés en bout d'arbre des interrupteurs, ont pour but de varier automatiquement les branchements du circuit polygonal suivant le nombre de groupes en service.

Dans certaines installations, il est nécessaire de travailler avec plusieurs régimes de réglage pour s'adapter aux besoins du réseau. A cet effet, on utilise des rhéostats de mise au point insérés dans le circuit du système inducteur de chaque régulateur ; leurs curseurs sont manœuvrés

par un volant commun. On pourra également munir chacun de ces rhéostats d'une commande à main spéciale permettant de le séparer ou de l'accoupler au volant commun.

Fig. 21. — Régulateurs de tension pour génératrices triphasées couplées en parallèle (stabilisation en polygone et compoundage).

Régulateurs compoundés et stabilisés en polygone.

Au lieu d'influencer les régulateurs par les courants transversaux à l'aide des résistances d'ajustage, on peut, avec le même résultat, faire passer les courants de réglage par un second enroulement (AB) de bobines d'induction dont le circuit primaire (ab) est inséré dans les circuits inducteurs des régulateurs, comme le représente la figure 21. Par l'emploi de ces bobines de stabilisation, la résistance d'ajustage demeure disponible pour le compoundage qui peut avoir lieu simultanément.

Un commutateur tétrapolaire permet de mettre hors circuit le régulateur ; une lame sert à la commutation du circuit polygonal, une autre à celle du circuit de compoundage.

Pour un compoundage relativement faible de plusieurs régulateurs un seul transformateur de courant peut suffire. Quand le compoundage est plus important, on fait usage de deux transformateurs dont les enroulements secondaires sont couplés en série (figure 22).

Fig. 22. Transformateur double d'intensité.

Lorsqu'une station génératrice comprend deux systèmes de barres collectrices destinées à deux services séparés, les schémas des figures 18 et 21 sont maintenus en principe, mais ils s'étendent à deux circuits polygonaux et à deux circuits de compoundage, et nécessitent un commutateur ayant un plus grand nombre de lames.

Si l'on emploie les rhéostats de mise au point, on les construit de façon qu'ils puissent être accouplés à l'un ou à l'autre des volants de commande collective.

Régulateurs à régime statique.

Pour la marche en parallèle de plusieurs stations centrales, on exige non seulement que les régulateurs puissent maintenir la tension à une certaine valeur et répartir, en même temps, la charge en ampères proportionnellement à la charge en kilowatts de chaque groupe, mais

Fig. 23. — Réglage automatique de la tension pour génératrices travaillant en parallèle (régulateurs à caractéristiques statiques).

encore que les tensions de régime de chaque centrale prennent automatiquement des valeurs appropriées à la quantité d'énergie transportée d'une station à l'autre. Le régulateur statique s'adapte tout particulièrement à cet usage ; comme le montre le schéma (figure 23), on n'a pas besoin du dispositif de stabilisation dans ce cas. La mise en circuit ou hors circuit des génératrices se fait sans difficulté. Si le système actif d'un tel régulateur était soumis uniquement à l'influence de la tension, celle-ci devrait avoir une valeur plus élevée pour la marche à vide de la génératrice, et plus basse pour la marche à pleine charge. Par l'adjonction d'un transformateur de courant, cette différence est compensée, pour ainsi dire, complètement.

Fig. 24. — Système actif d'un régulateur limiteur d'intensité pour courant alternatif.

Dans le cas où la centrale alimente un circuit double de barres collectrices, le schéma de couplage ne subit pas de complications notables.

En vue de simplifier les connexions, on donne souvent la préférence aux régulateurs statiques, même pour les stations isolées, car, dans beaucoup de cas, il est absolument superflu d'avoir un régime de tension tout à fait invariable, tel qu'il est réalisé par les régulateurs statiques stabilisés en polygone.

Les mêmes principes s'appliquent aux installations à courant monophasé et biphasé ; nous nous dispensons de reproduire, ici, leurs schémas.

2^o RÉGULATEURS LIMITEURS D'INTENSITÉ ⁽¹⁾

La méthode habituelle de protéger les génératrices par des disjoncteurs automatiques, n'a, généralement, donné que peu de satisfaction, parce qu'elle présente une série d'inconvénients. La pratique a démontré, en effet, que le découplage des génératrices, en cas de court-circuit, produit des surtensions dangereuses. Il prolonge, d'une façon inadmissible, le temps qui s'écoule jusqu'à la reprise de la marche normale, en raison du temps nécessaire pour remettre les machines au synchronisme et pour parer aux perturbations de service pouvant résulter des variations brusques dans la consommation d'eau ou de vapeur. Il est donc nécessaire de laisser les génératrices en circuit, pour ne pas prolonger, outre mesure, l'interruption du service normal et de chercher à atténuer la violence des courts-circuits.

Le seul moyen d'éviter tous ces inconvénients, est de réduire, temporairement, l'excitation et par suite la tension des génératrices à l'aide d'un régulateur à action rapide. Dans ce but, on installe, à côté du régulateur de tension, un deuxième appareil, le limiteur d'intensité. Pour les génératrices triphasées, le système actif du limiteur est branché d'après la figure 24. En employant deux transformateurs de courant, à enroulements secondaires, parallèles et croisés, l'action de l'appareil dépend, à peu près, de la somme des deux courants composants des phases. En service régulier, le couple développé par le système actif sera toujours inférieur

à celui du ressort ; le tambour se trouvera donc dans sa position extrême pour laquelle les secteurs sont en contact avec le dernier plot et court-circuitent les résistances. Au contraire, si l'intensité de courant d'une génératrice vient à dépasser la valeur limite, le couple actif vaincra l'effort du contre-couple. Il en résulte un mouvement des secteurs de contact et une insertion de résistance provoquant la réduction de la tension et de l'excitation jusqu'au point où l'ampérage de la génératrice est réduit à la valeur limite, et cela, même en cas de court-circuit direct. Vu la protection parfaite par le fonctionnement rapide du réglage, l'idée de la disjonction peut être abandonnée complètement. C'est là l'avantage incontestable du régulateur-limiteur, car la pratique a démontré que les génératrices restent au synchronisme et le régime normal de tension se rétablit automatiquement et immédiatement dès que le foyer de per-

turbation a été isolé du réseau par le déclenchement de l'interrupteur du tronçon de ligne avarié.

Le régulateur-limiteur protège, par la réduction de la tension, non seulement les génératrices, mais aussi le réseau tout entier, et, plus particulièrement, les interrupteurs à huile des départs. Si ceux-ci sont munis de relais modernes, à retard de déclenchement indépendant de l'intensité de courant, la disjonction sera précédée d'une réduction considérable de la tension et de l'ampérage et, par conséquent, l'énergie calorifique de rupture sera réduite à une valeur insignifiante.

Le schéma de la figure 25 représente deux centrales

Fig. 25. — Réglage automatique de tension et limitation d'intensité pour génératrices placées dans deux stations centrales travaillant en parallèle. (Régulateurs à caractéristique statique)

LÉGENDE

I Régulateur de tension.	IV Transformateur de courant pour la stabilisation.
II Limitation d'intensité.	V Transformateur de courant pour le limiteur.
III Transformateur de tension avec coupe-circuits.	VI Commutateur d'excitation..

munies de régulateurs de tension et de limiteurs d'intensité. Dans certaines installations, la sûreté du fonctionnement des régulateurs limiteurs a su inspirer une telle confiance que l'on a même renoncé aux disjoncteurs automatiques placés sur les lignes reliant directement différentes centrales. En effet, comme le montre la figure 25, des disjoncteurs automatiques ne sont prévus que pour les lignes de départ.

Protection des Génératrices au moyen de Régulateurs-Limitateurs d'intensité.

Nous résumerons les divers emplois et les avantages des régulateurs-limitateurs d'intensité par les considérations suivantes :

L'expérience montre, de plus en plus, les désavantages et le caractère aléatoire de la protection des génératrices au moyen de disjoncteurs à maxima de courant.

La séparation brusque d'une génératrice présente une série d'inconvénients qui sont d'autant plus désagréables que la puissance de cette génératrice est importante, et que le nombre des machines fonctionnant en parallèle est élevé. C'est pourquoi l'on s'efforce de retarder, autant que possible, l'action des disjoncteurs et de n'y recourir que lors-

(1) Ces appareils viennent d'être employés :

1^o Pour la protection de l'alternateur Schneider de 2.000 Kw. du turbo de secours de l'usine de champ de la Société de Fure et Marge et de Vizille, de Grenoble.

2^o Pour la protection des alternateurs Westinghouse de 2.700 KVA de l'Usine de Chavaroche de la Société des Forces du Fier, à Annecy.

que des accidents très graves ont lieu dans le réseau. Cette façon de procéder n'est pas parfaite, mais elle est, néanmoins, d'un usage assez général.

Le seul moyen qui permet, même sous les effets d'un court-circuit, de laisser les génératrices en service et sans danger immédiat, est la réduction temporaire de l'excitation. Celle-ci peut se faire automatiquement au moyen d'un régulateur-limiteur d'intensité à action rapide. Cet appareil est identique, comme aspect extérieur et comme construction, au régulateur automatique de tension.

Aussitôt que l'intensité du courant de l'alternateur dépasse une certaine limite, le système mobile, influencé par l'intensité de ce même courant, produit un mouvement des contacts mobiles de façon à augmenter la résistance du circuit inducteur de l'excitatrice. Cette réduction de l'excitation n'est que passagère, car les contacts reprennent leur position primitive dès que la surcharge disparaît. En général, il est préférable que le régulateur n'entre pas en action avant que la surcharge atteigne 20 à 30 % du courant normal. C'est surtout en cas de court-circuit que cet appareil fait preuve d'un nombre d'avantages, dont les principaux peuvent être résumés comme suit :

1° Protection des génératrices contre les effets nuisibles des courts-circuits, sans qu'elles doivent être déconnectées du réseau ;

2° Affaiblissement de l'effet du court-circuit et, par suite, diminution des dégâts pouvant en résulter. Probabilité de l'extinction de l'arc par suite de la diminution de la tension ;

3° Possibilité d'augmenter le laps de temps qui s'écoule entre l'apparition du court-circuit et le déclenchement des disjoncteurs automatiques des lignes de départ, ce qui assure leur fonctionnement rationnel ;

4° Réduction à un minimum des manœuvres dans l'usine après un court-circuit ;

5° Synchronisation automatique des génératrices et des centrales après disparition du court-circuit ;

6° Retour aux conditions normales de marche sans l'aide du personnel.

Les remarques suivantes permettent de se rendre compte de la façon dont ces résultats sont obtenus.

1. — En cas de court-circuit, il n'y a aucune difficulté à réduire d'environ 50 % la valeur du courant d'excitation. De cette façon, même en cas de court-circuit franc, l'intensité du courant de l'alternateur ne dépassera, que pendant un temps très court, les limites admissibles. On peut donc, le plus souvent, renoncer sans aucun danger à l'emploi des disjoncteurs automatiques à maxima sur le circuit des alternateurs. Si l'on tient pourtant à conserver, comme réserve, ces relais à maxima, ceux-ci devront être ajustés pour un retard d'action relativement très long (10 à 12"), et mis au point en concordance avec l'intensité du courant à laquelle ces régulateurs-limiteurs sont ajustés. Il va de soi, que l'on ne peut se servir, alors, que de relais à temps indépendant de l'intensité (1).

Lorsque la puissance totale des génératrices travaillant en parallèle sur le même réseau est assez élevée, nous recommandons l'emploi de relais à retour de courant,

agissant sur l'interrupteur à huile et sur un commutateur à cylindre qui provoque un désamorçage complet et rapide de l'alternateur. De cette façon, lorsqu'un court-circuit a lieu dans l'alternateur même ou dans les canalisations ou, le cas échéant, dans le transformateur entre l'alternateur et l'interrupteur à huile, le groupe atteint est immédiatement séparé et désamorcé.

2. — Si l'on désigne par W la résistance ohmique du court-circuit, l'énergie est déterminée par $A = J^2 W$. Par l'emploi des régulateurs limiteurs d'intensité, l'énergie calorifique, c'est-à-dire l'effort destructif développé, est réduit à 1/4 environ. Il s'ensuit, également, une réduction considérable de la tension, de sorte que, dans la plupart des cas, aucun arc ne pourra subsister. Pour la même raison, l'extinction de l'arc, qui pourrait éventuellement subsister après le court-circuit, aura lieu beaucoup plus rapidement.

3. — Pour obtenir une protection efficace de l'ensemble de l'installation, il est nécessaire d'ajuster les disjoncteurs à maxima du réseau extérieur de telle façon qu'ils déclenchent très rapidement, dès qu'un court-circuit ou un accident analogue se produit ; il résulte de cette trop grande sensibilité des automatiques, que très souvent, la chute de tension qui se produit au moment du court-circuit, cause, non seulement le déclenchement des lignes ou du réseau atteint, mais aussi celui des disjoncteurs des autres lignes ou réseaux. Le grand avantage de l'emploi de régulateurs-limiteurs d'intensité de courant réside dans le fait que, la protection des machines étant assurée complètement par eux, on peut augmenter, sans aucun risque, le retard du déclenchement des disjoncteurs des lignes de départ ; on gagne ainsi suffisamment de temps pour que le déclenchement des disjoncteurs dans le réseau extérieur se produise dans l'ordre voulu.

4. — Il serait superflu de démontrer que les manœuvres nécessitées par un court-circuit sont très simplifiées, lorsqu'une réduction suffisante de l'excitation est introduite en temps utile. En employant ce type de régulateur, on est donc à même d'augmenter de beaucoup la capacité électrique totale des génératrices et des centrales, marchant en parallèle, sans avoir à craindre un dérangement général de la marche synchrone lorsqu'un court-circuit survient.

5. — C'est un fait bien connu que la chute de tension occasionnée par un court-circuit important peut provoquer le décrochage des génératrices et même des centrales, et qu'un retour à la marche synchrone ne peut se faire sans diminuer l'excitation. Cette diminution est automatiquement introduite par le régulateur-limiteur d'intensité, qui a, en outre, l'avantage de ramener l'excitation à sa valeur normale, dès que le court-circuit a disparu. De cette façon, la reprise de la marche en parallèle s'en trouve très facilitée.

6. — Le principe de fonctionnement du régulateur est tel que, dès que l'intensité est redevenue normale, les contacts mobiles, dont le déplacement a causé la diminution de l'excitation, reprennent automatiquement leur position de repos à la butée. Tous les autres systèmes de protection nécessitent, au contraire, des manipulations le plus souvent nombreuses et compliquées, voire même des remises au point de certains appareils de protection pour ramener l'installation à l'état de marche normale dans laquelle elle se trouvait avant que l'avarie se produisît.

(1) Ces relais à réglage du temps indépendant de l'intensité sont construits en France par la Compagnie Electro-Mécanique, 12, rue Portalis, Paris (8°).

RÉGLAGE DE LA TENSION DES GÉNÉRATRICES A COURANT CONTINU

La plupart des génératrices à courant continu possèdent des enroulements inducteurs branchés en dérivation et traversés par un courant relativement faible. Le rhéostat de réglage est inséré directement dans ce circuit, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'une génératrice à courant continu sera munie d'une excitatrice adossée. Dans ce dernier cas, le réglage se fait en agissant sur le circuit inducteur de l'excitatrice, d'après la méthode exposée précédemment pour les alternateurs.

Fig. 26. — Schéma d'un système actif d'un régulateur à courant continu.

L'enroulement inducteur (a), en série avec la bobine mobile (c) et la résistance auxiliaire R sont branchés directement sur les conducteurs (figure 26). Pour des tensions supérieures à 250 V., l'excédent de tension est absorbé par une résistance additionnelle disposée en dehors du régulateur. Un deuxième enroulement (b) alimenté par un shunt, sert au compoundage, dont l'importance peut être réglée par la résistance U'.

Fig. 27. — Réglage automatique de la tension d'une génératrice à excitation shunt marchant isolément.

Le régulateur d'une machine marchant isolément.

Le système actif est branché directement sur les borne de la génératrice (figure 27). Le commutateur d'excitation (II) sert à passer du réglage à main au réglage automatique, et vice-versa. Sa construction est étudiée spécialement en vue d'éviter toute interruption du circuit inducteur.

Le régulateur servant alternativement à plusieurs génératrices.

Lorsque l'installation se compose de plusieurs génératrices, dont les courants d'excitation ne sont pas trop dif-

férents, le rhéostat de réglage est connecté à un nombre correspondant de commutateurs (figure 28). Le régulateur peut servir ainsi à chacune des dynamos, mais il ne peut être utilisé simultanément pour deux génératrices. Pour empêcher que les circuits inducteurs de deux génératrices ne soient reliés simultanément au rhéostat de régulateur, on choisit souvent le dispositif par commutateurs spéciaux, à poignée commune amovible.

Fig. 28. — Réglage automatique de la tension pour génératrices à excitation shunt (montage du régulateur servant alternativement à plusieurs génératrices).

Une génératrice à courant continu, avec régulateur automatique de tension, ne pourra marcher en parallèle avec une génératrice réglée à main que si cette dernière possède une chute de tension appréciable et est actionnée par un moteur à régime de vitesse stable, c'est-à-dire, par un moteur dont la vitesse diminue légèrement avec l'accroissement de la charge.

Les régulateurs stabilisés

Dans une centrale où la marche en parallèle est de règle, on emploiera des régulateurs indépendants pour chaque génératrice.

Fig. 29. — Réglage automatique de la tension de génératrices à excitation shunt travaillant en parallèle (régulateurs stabilisés).

Les génératrices à courant continu peuvent travailler en parallèle sur un système de barres collectrices, sans qu'il soit nécessaire qu'elles tournent à la même vitesse.

La répartition de la charge est déterminée par les valeurs de l'excitation et de la vitesse propres à chaque génératrice. La précision du réglage obtenue par les régulateurs statiques employés jusqu'à présent, pour réaliser la marche en parallèle de génératrices à courant continu, n'a pas donné entière satisfaction, le réglage étant influencé par les variations de vitesse et de la température des enroulements inducteurs des machines. Un dispositif nouveau, ne présentant pas ces inconvénients, est représenté par la figure 29, et comprend des régulateurs astatiques stabilisés. La méthode de cette stabilisation, qui a donné d'excellents résultats, est d'insérer immédiatement, au point de jonction du conducteur négatif et de la barre collectrice, des shunts II, étalonnés à une chute de tension égale, et de les connecter, d'autre part, à un point commun par l'intermédiaire de l'enroulement (b) du système actif et d'un interrupteur III.

ment série du stator, est semblable à celle d'un survolteur-dévolteur. Comme le réglage dépend de la position réciproque des deux enroulements, le problème consiste à manœuvrer automatiquement le rotor. Ceci peut se faire de deux façons différentes :

a) La commande par moteur d'un régulateur d'induction.

Le rotor est retenu, dans une certaine position, par un levier en bout d'arbre et un écrou mobile sur un support fileté. Les détails de la commande par moteur et l'électro-aimant du frein ont été donnés dans la *Houille Blanche*, N° 43 à 48. Le système actif et le rhéostat du régulateur de tension sont connectés de la même façon que pour le réglage des génératrices ; mais l'insertion et le retranchement automatique d'éléments de résistance, provoqué par les écarts de tension, au lieu d'agir sur l'inducteur d'une génératrice, produit la déviation de l'armature bobinée

- J Régulateur d'induction.
- Am Moteur de commande.
- RscH Inverseur.
- DR Balance électro-magnétique.
- R Régulateur.
- Sp Transformateur de tension.
- ST Transformateur d'intensité.
- T Tableau.
- V Ventilateur.
- SPST Bornes du régulateur.
- AEE automatique BBC.
- EA. Interrupteurs fin de course.

Fig. 30. — Schéma d'un régulateur automatique d'induction à commande électrique par courant triphasé et régulateur automatique Brown-Boveri à action rapide.

En principe, les schémas reproduits sont valables également pour les génératrices à enroulement compound et pour celles munies d'une excitatrice adossée. Pour les installations à trois conducteurs, on emploiera un régulateur de tension pour chacun des deux ponts, si ceux-ci sont alimentés par des dynamos indépendantes, tandis qu'il suffira d'avoir un seul régulateur influencé par la tension entre conducteurs extérieurs, si la génératrice est à deux collecteurs et à champ inducteur commun.

LA COMMANDE AUTOMATIQUE DES RÉGULATEURS D'INDUCTION (1)

Il arrive, fréquemment, que l'on ne désire étendre le réglage automatique qu'à une partie du réseau. Au lieu de transformateurs à enroulement subdivisé avec cadran de plots et curseur que l'on employait jusqu'ici dans ce but, on fait, aujourd'hui, plutôt usage des régulateurs d'induction. L'action du champ magnétique tournant, produit par l'enroulement de tension du rotor et de l'enroule-

d'un électro-aimant D_r (figure 30) utilisé pour la commande bilatérale de l'interrupteur du moteur. Les ressorts du régulateur sont ajustés comme ceux des régulateurs statiques, de sorte que le secteur de contact demeure dans sa position médiane tant que la tension conserve sa valeur normale. Il en est de même pour l'armature de l'électro-aimant qui est contrebalancée de façon à dévier seulement si le secteur du régulateur abandonne sa position médiane. Suivant que l'électro-aimant D_r dévie d'un côté ou de l'autre, le moteur de commande marche dans l'un ou l'autre sens de rotation. Il en résulte un changement dans la position relative des enroulements du régulateur d'induction qui rétablit la valeur normale du voltage.

L'électro-aimant et l'interrupteur-inverseur adossé font ressortir nettement la came qui sert à produire une déviation par à-coups, ainsi que les contacts et résistances d'asservissement ayant pour but de ramener le tambour du régulateur dans la position neutre (position moyenne) avant que la tension normale ne soit rétablie complètement. Ceci permet d'éviter tout excès de réglage. Arrivé à bout de course du rotor, le moteur est déconnecté automatiquement.

(1) Voir *Houille Blanche* nos 43 à 48, juillet à décembre 1920, et *Revue B. B. C.*, novembre 1917.

Le réglage par moteur n'est pas très rapide ; par contre, l'appareillage est peu encombrant et relativement bon marché.

b) La commande à pression d'huile d'un régulateur d'induction (figure 31).

Lorsqu'un régulateur d'induction a besoin d'être manœuvré très rapidement, on se sert d'un servo-moteur à pression d'huile, ressemblant à celui des turbines hydrauliques, et on remplace le régulateur centrifuge par un électro-aimant à torsion M_g , commandé, lui-même, par un régulateur à action rapide.

Fig. 31. — Schéma d'un régulateur d'induction à commande automatique par huile sous pression.

L'huile mise sous pression par une petite pompe à engrenage, actionnée par un moteur électrique, agit sur l'un ou l'autre côté d'un piston. Les mouvements du piston sont transmis à l'axe du rotor par la bielle et la manivelle. Le servo-moteur est muni d'un dispositif d'asservissement qui permet de commencer toutes les variations de la tension avec une rapidité très grande.

RÉGLAGE DE LA VITESSE DE MOTEURS A COURANT CONTINU

Le régulateur à action rapide peut servir au réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu, si on le fait agir sur le circuit inducteur du moteur. Une petite dynamo-lachymètre à excitation série, capable d'alimenter le système actif du régulateur, est accouplée au moteur directement ou par transmission (figure 32). Il s'ensuit que la bobine mobile du régulateur sera en équilibre pour un nombre de tours déterminé et qu'elle déviara, si la vitesse s'accroît ou diminue. Si le rhéostat du régulateur est branché de façon à augmenter le courant d'excitation du moteur sous l'effet d'un accroissement de vitesse et

de le diminuer sous l'effet contraire, on comprendra que la vitesse sera maintenue constante malgré les variations de la tension d'alimentation ou de la charge du moteur.

Fig. 32. — Schéma de montage d'un régulateur de vitesse d'un moteur à courant continu.

Lorsque l'on désire que le réglage puisse se faire, au choix à des vitesses différentes, on insère un rhéostat de mise au point dans le circuit du système actif.

RÉGLAGE DE LA CHARGE ET DE LA DÉCHARGE DE BATTERIE D'ACCUMULATEURS (1)

Pour atténuer les pointes de charge d'un service ayant à subir des à-coups fréquents, on emploie souvent une batterie d'accumulateurs travaillant en parallèle avec des génératrices à courant continu. Toutefois, l'effet tampon est généralement insuffisant, parce que les accumulateurs ne participent pas, dans la mesure voulue, aux variations du débit. Par l'augmentation artificielle de la

Fig. 33. — Schéma du réglage d'intensité pour la charge et la décharge de batterie tampon.

Fig. 34. — Schéma du régulateur de tension pour la charge et la décharge de batterie tampon.

chute de tension des génératrices par un enroulement contre-compound, on peut améliorer l'effet tampon, à condition d'accepter l'inconvénient de variations considérables de voltage. C'est pourquoi on préfère souvent intercaler un survolteur-dévolteur dans le circuit de la batterie ; cette solution permet, seule, de répartir la charge à vo-

(1) Voir aussi *Revue B. B. C.*, décembre 1917, page 259.

lonté, tout en assurant un régime de tension stable. Par l'emploi d'une excitatrice spéciale adossée au survolteur, dont le champ magnétique était soumis à l'influence du courant débité, on paraissait avoir épuisé les possibilités de perfectionnement pour ces dispositifs. Cependant, grâce au régulateur à action rapide, une nouvelle méthode de réglage a pu être développée, qui comporte, comme avantage essentiel, la possibilité d'utiliser des machines à caractéristiques normales et de passer très facilement, suivant le besoin, d'un régime de réglage à un autre.

Fig. 35. — Schéma du réglage de la puissance d'arrivée par charge et décharge d'accumulateurs.

Le rhéostat de réglage est connecté aux barres collectrices en deux branches parallèles et permet le réglage de l'excitation du survolteur entre zéro et la valeur maximum, soit pour l'un, soit pour l'autre sens du courant. L'enroulement inducteur du survolteur est relié aux secteurs de contact.

Le choix du couplage du système actif est imposé par les conditions particulières des installations. Nous reproduisons, ci-après, à titre d'exemple, trois schémas représentant des solutions différentes (figures 33, 34, 35).

Fig. 36. — Système actif d'un régulateur d'intensité à courant continu.

Fig. 37. — Système actif d'un régulateur de tension pour courant continu.

Fig. 38. — Schéma d'un système actif wattmétrique pour courant triphasé.

a) Réglage de l'intensité de courant des dynamos

Le système actif est construit en ampèremètre (figure 36) et alimenté par le shunt II placé dans le courant total des génératrices (figure 33). Le rhéostat d'ajustage sert à limiter la valeur maximum de l'excitation. Le rhéostat V sert au réglage à main qui peut devenir nécessaire pour des conditions de service exceptionnelles. Le commutateur tétrapolaire IV établit la connexion du circuit inducteur, soit avec le rhéostat à main, soit avec le rhéostat du régulateur.

Un réglage de ce genre maintient constante la charge des génératrices, et régularise en même temps, indirectement, la tension.

b) Réglage de la tension des dynamos.

Le système actif est constant en voltmètre (figure 37), et branché sur les barres collectrices. Le régulateur agit sur l'excitation du survolteur-dévolteur au moyen du rhéostat. Si la vitesse des groupes génératrices ne varie pas, ceux-ci débitent une quantité d'énergie constante. Pour chaque période de service, on peut, par la mise au point de l'excitation des génératrices, donner à cette quantité d'énergie constante une valeur assurant une recharge suffisante des accumulateurs. Le réglage de la tension de la batterie peut servir également pendant les périodes de service où le réseau est alimenté uniquement par les accumulateurs. Il faut alors actionner le groupe survolteur-dévolteur par un moteur alimenté par les accumulateurs.

La figure 37 laisse entrevoir comment on peut ajouter le compoundage à ce réglage. La résistance U' servira alors à l'ajustage de l'effet du shunt.

L'adjonction du shunt placé dans la ligne d'alimentation présente une certaine importance pour les installations à récupération d'énergie.

c) Réglage de la puissance d'arrivée.

Ce problème se pose souvent pour les sous-stations isolées, et pour les stations centrales à courant continu alimentées en partie par des groupes moteurs-générateurs. Quelquefois, c'est en raison du prix à forfait et du tarif de dépassement que le client trouve avantage à limiter sa demande d'énergie parce que, dès que sa consommation dépasse la quantité fixée dans le tarif, le prix unitaire du courant augmente rapidement. D'autre fois, cette énergie est à disposition à prix fixe durant certaines heures de la journée seulement, pendant lesquelles on cherche à l'utiliser complètement. Dans ce but, on fait absorber par les accumulateurs (survoltage) la partie de l'énergie qui n'est pas nécessitée par le réseau à courant continu. Par contre,

les accumulateurs se déchargent (dévoltagage) dès que la demande du réseau devient supérieure à la quantité limitée du tarif. Le dispositif de survolteur-dévolteur et du rhéostat du régulateur est semblable à celui des deux schémas précédents. Le système actif est connecté en wattmètre pour charge équilibrée des phases (figure 38). Il possède un enroulement (a) branché sur deux collecteurs, et un enroulement (b) alimenté par un transformateur de courant. Le commutateur de mise au point IV (figure 35), dont les plots correspondent aux subdivisions de l'enroulement secondaire du transformateur de courant, sert à varier la valeur de régime de la puissance d'arrivée.

(A suivre).