

ÉTUDE

SUR LES

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE RÉGLAGE

DE LA

Tension des Réseaux à Courants alternatifs

Les progrès remarquables, réalisés dans le domaine de l'électrotechnique et spécialement dans les installations d'usines génératrices de courants alternatifs haute tension, ont permis de transporter économiquement à de très grandes distances des quantités d'énergie considérables.

La facilité avec laquelle l'énergie électrique peut actuellement être transportée et distribuée, grâce aux courants alternatifs polyphasés, en assure l'écoulement dans des régions même très étendues. Ces progrès ont permis de tirer profit des chutes d'eau nombreuses et souvent très importantes qui se trouvent surtout dans les régions alpestres (houille blanche) et de les utiliser comme force motrice ou pour l'éclairage.

La grande extension des réseaux et les pertes en ligne qui en résultent provoquent, toutefois, aux différents points de consommation, des différences de tension. Ces différences de tension peuvent se produire même pour des feeders calculés soigneusement pour les mêmes pertes de charge, l'augmentation graduelle de la consommation n'étant, en réalité, pas toujours conforme aux données admises dans les calculs.

Dans les installations alimentant exclusivement des moteurs, l'influence de ces variations de tension ne se fait presque pas sentir. Par contre, il est de toute importance de maintenir la tension constante, dès qu'il s'agit d'un réseau de lumière ; aussi les Sociétés productrices d'électricité ont-elles amené, depuis quelques années, les constructeurs à étudier des appareils permettant de maintenir constant le voltage des réseaux aux points de consommation et par suite, de faire varier le voltage dans de certaines limites à l'usine génératrice.

Nous allons examiner les différents appareils ou les différentes méthodes permettant de réaliser ces conditions.

1° Transformateurs statiques avec prises.

Lorsque la chute de tension du réseau est relativement faible, l'emploi de transformateurs munis de bornes correspondant à différents voltages, résout facilement le problème. Ce système de réglage suffit parfaitement, si, dans tous les points de consommation, le courant employé comme force motrice et celui consommé par l'éclairage sont sensiblement dans le même rapport, et, en outre, si toutes les lignes sont soumises simultanément à leur charge maximum. Si, au contraire, les différents feeders ne travaillent pas sous la même charge, mais présentent de fortes différences, ce système de réglage ne suffit plus ; il est alors nécessaire, suivant la charge, de régler la tension de chaque feeder à la station génératrice ou au lieu de consommation.

2° Auto-Transformateur, avec insérateur.

Ce dispositif est utilisable pour courants mono, bi, ou triphasés. Il se compose d'une combinaison d'interrupteurs à haute tension, ou « inséreur » et de résistances inductives en connexion avec un auto-transformateur. Ce dernier, qui produit la tension supplémentaire de réglage, est ici, d'un emploi très avantageux ; car, dans aucun cas, les élévations

de tension pour le réglage d'un feeder n'atteignent plus de 10 % de la tension totale. C'est un transformateur à un seul système de bobines dont quelques-unes sont réglables et reliées à l'inséreur ; suivant la position de ce dernier, il se trouve plus ou moins de spires du transformateur en série avec la ligne et fournissant la tension supplémentaire.

L'usage de l'auto-transformateur permet de ne soumettre à la transformation qu'une petite fraction de l'énergie totale du réseau donnée dans chaque cas par la différence de tension et le courant total.

Les explications qui suivent permettent de se rendre compte de la façon dont le réglage peut s'effectuer sans interruption de courant.

La figure 1 donne le schéma de la disposition du régulateur de tension pour courant monophasé établi pour quatre tensions de réglage.

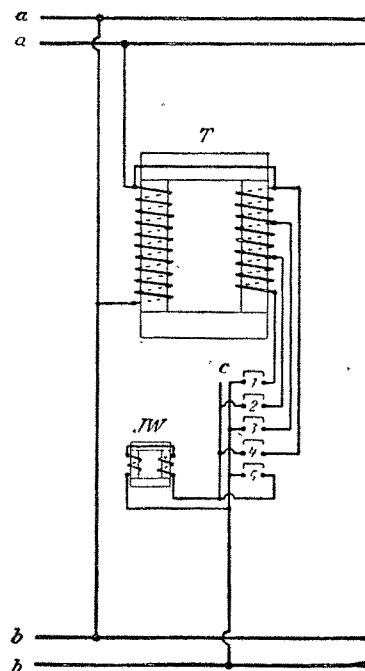


Fig. 1. — Régulateur de tension pour courant monophasé.

Les conducteurs (aa) sont reliés directement à la centrale et possèdent une tension constante ; T représente l'auto-transformateur dont l'enroulement excitateur est connecté aux deux conducteurs (aa) et dont les bobines de réglage sont en série avec l'un de ces deux conducteurs.

L'inséreur combiné à haute tension, composé des interrupteurs 1, 2, 3, 4, est connecté à la ligne sur laquelle on veut élever la tension, par l'intermédiaire de deux barres auxiliaires pouvant être mises en court-circuit au moyen d'un interrupteur. Si l'interrupteur (1) seul est fermé, la totalité des bobines du transformateur (T) se trouve insérée en série avec la ligne (aa) et l'on a sur la ligne (bb) une tension qui est supérieure à celle de la ligne (aa) d'une quantité égale à la tension maxima de réglage.

Pour réduire la tension (bb), il faudrait fermer l'interrupteur 2 au lieu de l'interrupteur 1. Si les barres auxiliaires (c) n'existaient pas et si les interrupteurs 1, 2, 3, 4 étaient branchés sur un seul conducteur relié au circuit b, la commutation ne serait pas possible, car une partie des bobines de réglage serait chaque fois exposée à un court-circuit, ou bien alors il faudrait auparavant couper la ligne.

Pour éviter aussi bien les court-circuits dans les bobines de réglage que l'interruption de courant, on a prévu des barres auxiliaires c reliées à l'interrupteur 5 et à la résistance inductive JW.

L'appareil fonctionne alors de la façon suivante :

Avant d'ouvrir l'interrupteur 1, on peut brancher l'interrupteur 2 sur les barres c, car entre 1 et 2 il n'y a plus de court-circuit possible, puisqu'il s'y trouve intercalée une résistance ohmique établie de façon que le courant dans les bobines réglables court-circuitées par cette résistance atteigne au maximum le courant de charge normale. On peut ensuite ouvrir l'interrupteur 1 sans interrompre le courant, et enfin on ferme l'interrupteur 5 pour retirer du circuit la résistance inductive JW.

Supposons que l'interrupteur 3 soit enclenché et que l'on veuille augmenter la tension ; on devra d'abord également enclancher l'interrupteur 2, puis on ouvrira 3 en le court-circuitant avec l'interrupteur 5.

Si, au contraire, c'est 2 qui est enclenché et que la tension soit également à élever, on déclanchera d'abord l'interrupteur 5, puis on fermera 1, et enfin l'on ouvrira 2.

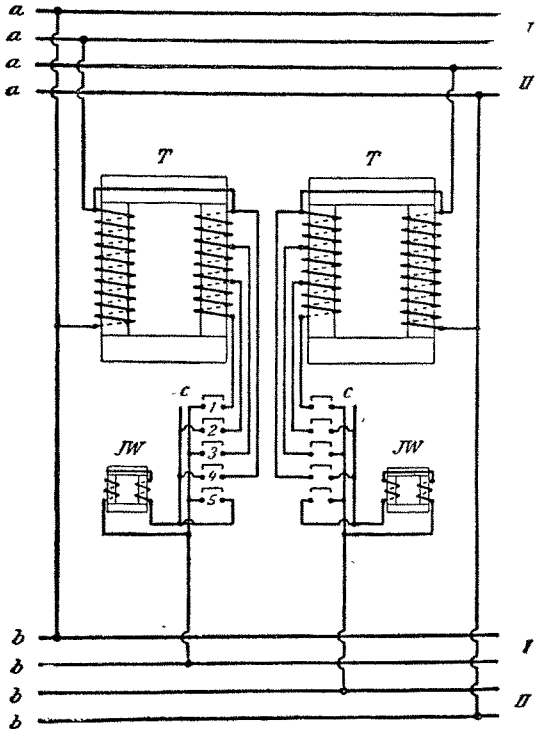


Fig. 2. — Régulateur de tension pour courant biphasé.

Le dispositif de réglage est absolument le même pour courant diphasé pour lequel la figure 2 donne le schéma correspondant, mais il faut deux auto-transformateurs au lieu d'un seul; les interrupteurs unipolaires sont remplacés par des interrupteurs bipolaires ; la résistance inductive devient également bipolaire.

On peut utiliser également ce système de réglage pour courant triphasé, il suffit d'adopter un transformateur triphasé, des interrupteurs et une résistance tripolaires suivant la figure n° 3.

De cette façon on peut pour toutes les élévations de tension nécessaires régler la tension d'un feeder sans interrompre le courant, en adoptant un interrupteur pour chaque intervalle 1-4 et pour tout le système un seul interrupteur auxiliaire 5 avec une résistance inductive.

L'emploi de l'auto-transformateur conduit à un rendement excellent de tout le dispositif en raison du fait qu'il ne transforme qu'une faible partie de l'énergie totale à transporter; d'autre part, l'auto-transformateur n'étant pas autre chose qu'un transformateur à un seul système d'enroulement, cet appareil a déjà, par lui-même, un rendement bien plus élevé qu'un transformateur ordinaire, eu égard au peu d'importance de ses pertes dans le cuivre et dans le fer.

Considérons un feeder devant transporter une puissance de 1.000 kw. sous la tension initiale de 20.000 volts et supposons que, pour compenser la chute de tension en ligne à pleine charge, il soit nécessaire d'élever la tension de 2.000 volts, soit de 10 %.

La puissance de l'auto-transformateur est donnée par l'expression.

$$P_a = \frac{22.000 - 20.000}{22.000} 1.000 = 91 \text{ KVA}$$

Le rendement de ce transformateur étant de 98,5 % il donne donc lieu à une perte de $1,5 \times \frac{91}{100} = 1,36 \text{ kw.}$

Ce qui correspond à : $1,36 \times \frac{1,36}{1000} = 0,13 \text{ % des } 1.000 \text{ kw.}$

En définitive, le dispositif complet travaillera avec un rendement de : $100 - 0,13 = 99,87 \text{ %.}$

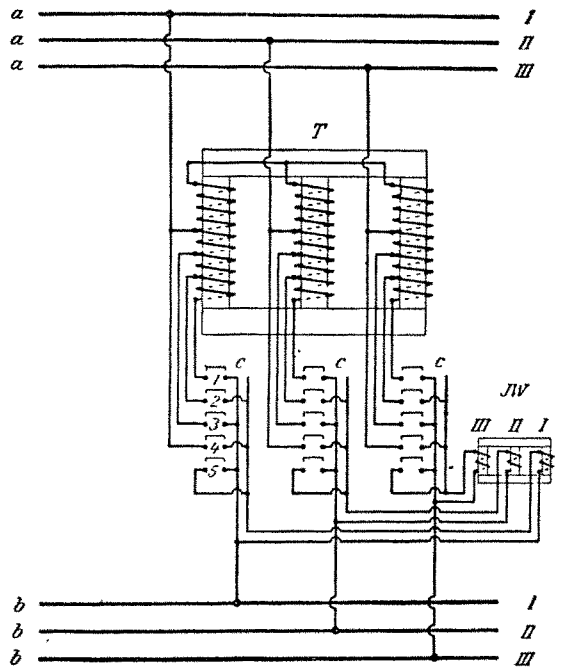


Fig. 3. — Régulateur de tension pour courant triphasé.

Ce dispositif de réglage est breveté par la Société Alioth qui a étudié cet appareil sur la demande de la Société Hydro-Electrique de Montbovon-Fribourg (Suisse).

Un appareil a été installé à Romont, l'un des principaux centres de distribution du réseau de cette Société. La puissance de la ligne sur laquelle est monté l'appareil est de 1.000 kilowatts en triphasé 8.000 volts. L'élévation de tension où le survoltage prévu est de 600 volts, de sorte qu'au départ, la tension peut être élevée à 8.600 volts. Il a été prévu 3 intervalles de réglage de 200 en 200 volts qui occasionnent chacun sur le réseau basse tension de distribution une élévation de 3 volts. Ce système a, toutefois, comme désavantage de ne pas se prêter à un réglage bien grand, puisque pour chaque tension à obtenir il faut un interrupteur ; d'autre part, il ne permet pas d'obtenir des tensions inférieures à la tension normale, c'est-à-dire de faire du dévoltage.

3° Transformateurs statiques avec commutateur réducteur.

Le dispositif de réglage par transformateurs statiques et commutateur réducteur permet d'obtenir un réglage en-dessus et en-dessous du voltage normal. La figure 4 repré-

sente le schéma de montage pour courant, triphasé. Nous avons supposé comme précédemment qu'il s'agissait de courant à haute tension.

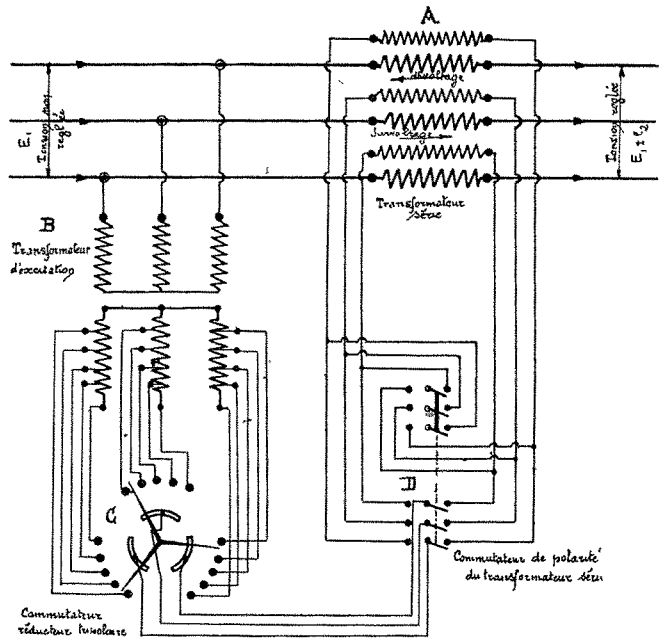


Fig 4 — Schéma du montage d'un régulateur survolteur-dévolteur par transformateurs statiques et commutateur réducteur.

Dans ce cas, ce dispositif se compose d'une combinaison de deux transformateurs ; l'un le transformateur (B) que nous appellerons transformateur d'excitation, l'autre le transformateur (A) que nous appellerons transformateur-série de ligne. Le transformateur (B) a son primaire branché directement sur le réseau à régler, son secondaire à basse tension porte une série de prises aboutissant à un commutateur réducteur triphasé (C). Ce commutateur est du même genre que celui que l'on emploie dans les batteries d'accumulateurs. Il doit être établi, de telle façon, que le courant ne soit pas coupé lorsque l'on passe d'une touche à l'autre ; à cet effet, chaque branche porte deux frotteurs isolés l'un de l'autre et réunis par une petite bobine de self.

Lorsqu'un frotteur quitte un plot actif, l'autre commence à utiliser le plot actif suivant ; le courant n'est donc pas interrompu. Au moment où les frotteurs sont à cheval sur ces deux plots consécutifs, la portion d'enroulement basse tension aboutissant à ces plots se trouve en court-circuit sur la bobine de self qui limite le courant à une valeur convenable (figure 6 et 7). Le primaire du transformateur A reçoit le courant basse tension du transformateur B à une tension variant suivant la position du commutateur ; son secondaire est en série avec la ligne haute tension.

Le commutateur inverseur D permet de donner au transformateur A une polarité telle que la tension induite dans la ligne soit additive ou soustractive de la tension du réseau ; en d'autres termes, il permet de survolter ou de dévolter la tension du réseau.

Pratiquement le commutateur réducteur C et l'inverseur D ne forment qu'un seul et même appareil qui est étudié de telle façon que l'inversion de polarité du transformateur A ait lieu pour une tension nulle au primaire de ce transformateur, ou bien quelquefois il y a deux appareils séparés combinés de telle façon qu'il soit impossible de manœuvrer le commutateur D si le réducteur C n'est pas sur la position de tension nulle.

La figure 5 permet de se rendre compte comment se combinent les tensions : OA représente la tension E_1 du réseau à régler. $AB_1 = AB_2 = e_2$ est la tension induite maximum dans le transformateur A. De sorte que les tensions maxima et minima qu'il est possible d'obtenir sur le réseau sont représentées respectivement par les vecteurs OB_1 et OB_2 ou par $OA \pm e_2$.

Le vecteur AB_1 correspond au survoltage, le vecteur AB_2 au dévoltage.

Supposons, par exemple que l'inverseur D soit dans la position survoltage et que le commutateur C soit à une position telle que la tension induite dans le secondaire du transformateur A soit représentée par le vecteur Ab en phase avec OA ; la tension résultante dans le réseau est la somme de ces deux vecteurs soit Ob . Inversement si l'inverseur était dans la position du dévoltage et que le commutateur C soit dans la même position que précédemment, le vecteur Ab deviendrait Ab' et la tension résultante serait alors Ob' .

La figure 5 permet de se rendre compte qu'un régulateur par transformateurs statiques et commutateur réducteur permet de réaliser les deux problèmes suivants :

- a) Etant donné un réseau à tension constante E_1 faire prendre à cette tension des valeurs bien déterminées comprises entre $E_1 - e_2$ et $E_1 + e_2$.
- b) Etant donné un réseau à tension variable de $E_1 - e_2$ à $E_1 + e_2$ c'est-à-dire de OB_2 à OB_1 maintenir cette tension constante à une valeur déterminée comprise entre OB_2 et OB_1 .

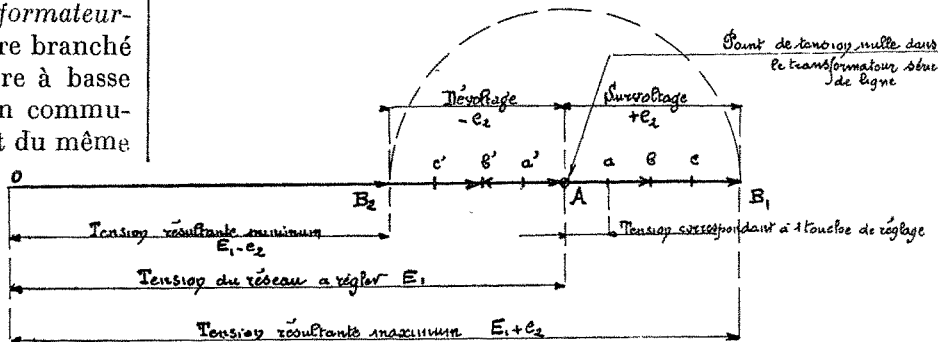


Fig. 5. — Diagramme représentatif des tensions d'un régulateur survolteur-dévolteur par transformateurs statiques et commutateur réducteur.

Ce dispositif se prête très bien à une commande automatique ; il suffit de faire actionner le commutateur triphasé C et l'inverseur D par un régulateur automatique influencé lui-même par le réseau. On peut employer, à cet effet, soit un régulateur Thury (comme représenté par les figures 6 et 7), soit un régulateur Brown-Boveri à action rapide.

Le calcul de la puissance des transformateurs A et B s'effectue très simplement.

- Soit : P la puissance du réseau triphasé,
- E_1 la tension à régler,
- e_2 le survoltage ou le dévoltage à obtenir,
- U la tension résultante $= E_1 \pm e_2$.

Le courant du réseau sous la tension U est donné par :

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{en monophasé,}$$

$$I = \frac{P}{2U} \quad \text{en biphasé,}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U} \quad \text{en triphasé.}$$

Dans le cas du courant triphasé qui nous occupe :

$$P_A = \sqrt{3} I e_2 \text{ ou } \sqrt{3}, \frac{P}{\sqrt{3} U} e_2 = \frac{P e_2}{U}$$

Si nous désignons par (n) le rendement de ce transformateur, la puissance du transformateur B d'excitation sera :

$$P_B = \frac{P_A}{n} = \frac{e_2}{U} P = \frac{e_2 P}{U n}$$

Le rapport de transformation du transformateur d'excitation B sera choisi de telle façon que le secondaire soit à basse tension. Le nombre de plots du commutateur C est déterminé par le plus ou moins grand réglage que l'on veut obtenir et par la considération de ne pas avoir plus de 20 à 25 volts composés entre 2 touches consécutives.

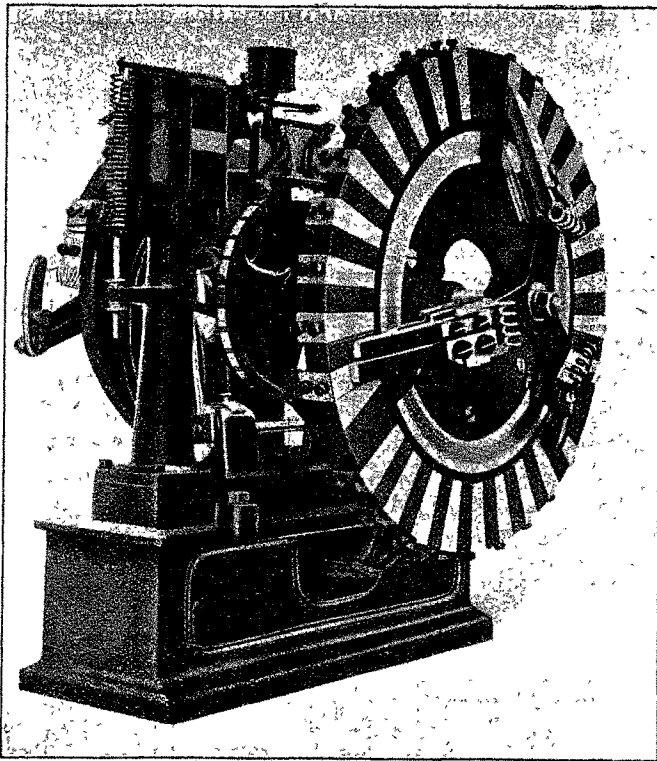


Fig. 6. — Commutateur tripolaire à commande automatique (système Thury) pour transformateur survolteur-dévolteur.

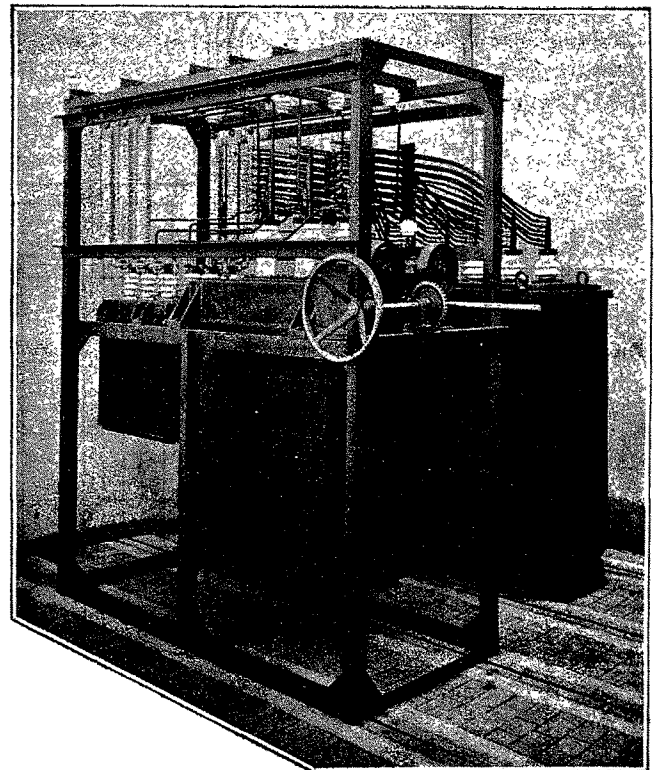


Fig. 8. — Interrupteurs à gradins avec parc-étincelle pour transformateur de réglage (système Brown-Boveri)

Si (e) est la tension secondaire maxima du transformateur d'excitation B, le commutateur réducteur et l'inverseur doivent être prévus pour une intensité I_c donnée par

$$I_c = \frac{P_B}{\sqrt{3} e} = \frac{e_2 P_A}{\sqrt{3} e U n}$$

Exemple :

« Etant donné un réseau à courant alternatif triphasé
 « 50 périodes, dont la puissance est de 200 KVA; la tension
 « constante à 5.000 volts composés (entre fils). Déterminer
 « les constantes des transformateurs et du commutateur de
 « façon à ce que l'on puisse obtenir une variation de tension
 « de 4.250 à 5.750 volts, soit de 5.000 ± 750 volts sur le
 « réseau.

Appliquons les formules précédentes en prenant, toutefois, pour la tension résultante U la valeur moyenne 5.000 volts. Le courant du réseau sous la tension de 5.000 volts est :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U} = \frac{200.000}{\sqrt{3} \times 5000} = 23 \text{ ampères.}$$

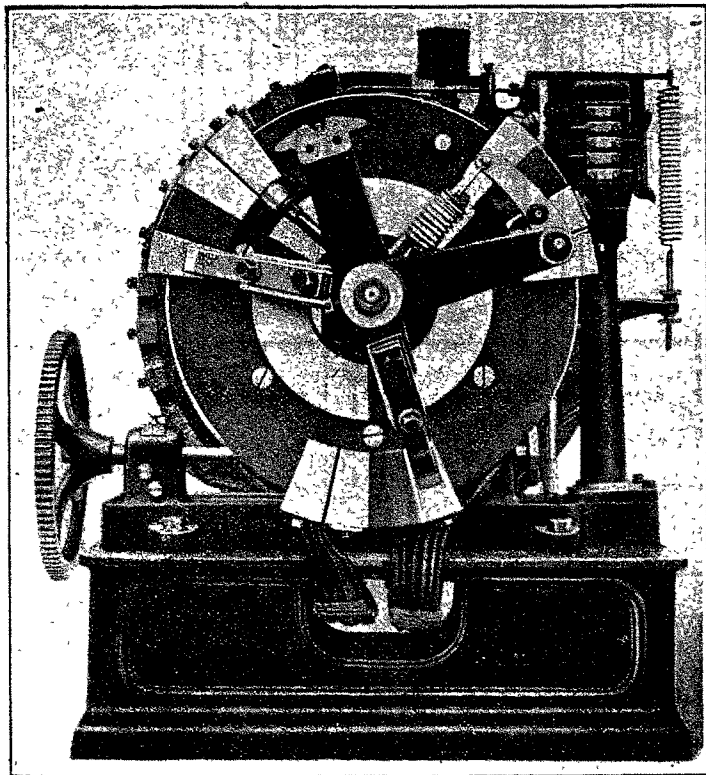


Fig. 7. — Commutateur inverseur de point neutre (système Thury), à commande automatique pour le passage du survoltage au dévoltage.

Le transformateur A (figure 4) doit élever ce courant I à la tension e₂, sa puissance sera donc :

$$\begin{aligned} P_A &= I e_2 \text{ en monophasé,} \\ P_A &= 2 I e_2 \text{ en biphasé,} \\ P_A &= \sqrt{3} I e_2 \text{ en triphasé.} \end{aligned}$$

La puissance du transformateur-série de ligne (A fig. 4) est :

$$P_A = \sqrt{3} I_{e_2} = 1.732 \times 23 \times 750 = 30 \text{ KVA.}$$

Le rendement de ce transformateur à pleine charge et

Si nous convenons que le réglage du réseau doit se faire de 25 en 25 volts le nombre d'intervalles de réglage sera :

$$\frac{750}{25} = 30.$$

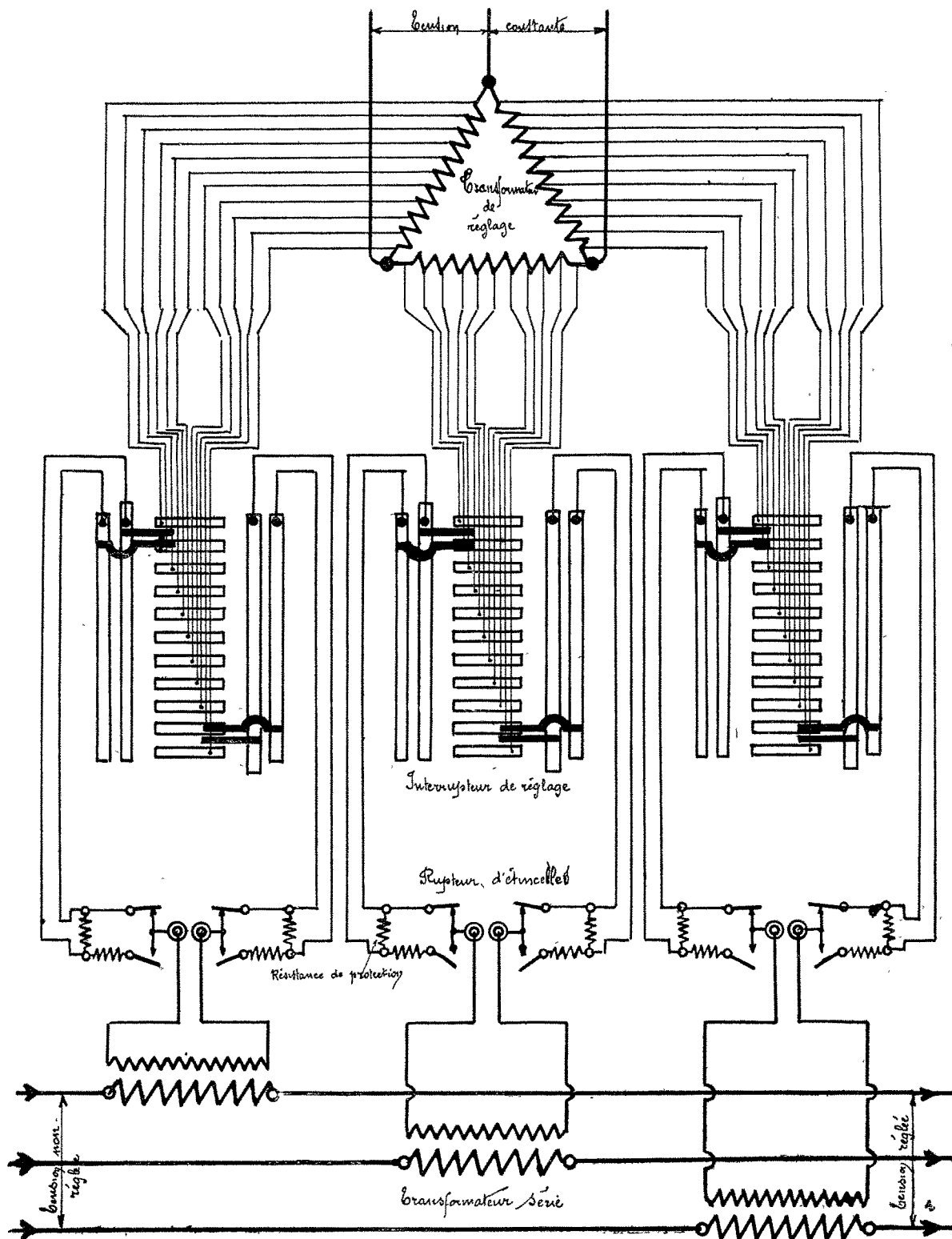


Fig 9 — Schéma des connexions pour réglage d'un réseau triphasé par transformateurs statiques et interrupteur à gradins avec pare-étincelles.

Cos $\varphi = 0,8$ étant de 92 %; la puissance du transformateur d'excitation (B figure 4) est :

$$P_B = \frac{P_A}{0,92} = \frac{30}{0,92} = 33 \text{ KVA environ.}$$

La basse tension de ce transformateur est choisie égale à 270 volts, de sorte que son rapport de transformation est :

$$\frac{5.000}{270} \text{ volts.}$$

La tension par intervalle au secondaire du transformateur B (fig. 4) est :

$$\frac{270}{30} = 9 \text{ volts composés}$$

soit $\frac{9}{\sqrt{3}} = 5,2$ volts simples.

Le courant par phase au secondaire du transformateur B est:

$$I_B = \frac{33.000}{270 \times \sqrt{3}} = \frac{33.000}{469} = 70 \text{ ampères.}$$

Le commutateur réducteur C (fig. 4) est donc parfaitement déterminé ; il doit avoir 3×31 contacts et être dimensionné pour 70 ampères.

Le rapport de transformation du transformateur-série de ligne A est donc de

$$\frac{270}{750} \text{ volts.}$$

La Maison Brown-Boveri de Baden a créé un dispositif qui permet l'emploi de haute tension même dans le commutateur réducteur. Ce dispositif est constitué par un interrupteur à gradins avec rupteur d'étincelles. L'interrupteur à gradins (figure 8) et le pare-étincelles sont complètement dans l'huile et placés côte à côte dans un châssis métallique. Un volant de commande à main permet la manœuvre de l'interrupteur à gradins. A l'arrière plan de la figure 8, on aperçoit le transformateur d'excitation.

Le schéma de la figure 9 indique le montage complet des connexions d'un tel appareil pour le réglage d'un réseau triphasé.

Les différents systèmes que nous venons de voir ont comme désavantage de régler la tension pas saccades ; aussi les constructeurs ont-ils étudié des régulateurs permettant un réglage progressif de la tension entre des limites prévues ; ces appareils se prêtent d'une façon toute spéciale à la commande automatique. On les appelle « Régulateurs d'induction ».

4° Régulateurs d'induction (fig. 10).

a) Régulateur triphasé simple.

Les régulateurs d'induction sont basés sur le principe suivant : Si l'on raccorde le côté primaire d'un moteur asynchrone polyphasé à un réseau et si en même temps on empêche, en la maintenant fixe, la partie rotative de tourner, on obtient du côté secondaire une tension qui est proportionnelle, d'un part, à la tension primaire et, d'autre part, au rapport de transformation de l'appareil, et dont la phase par rapport à la phase de la tension primaire est définie par les positions réciproques des enroulements primaire et secondaire.

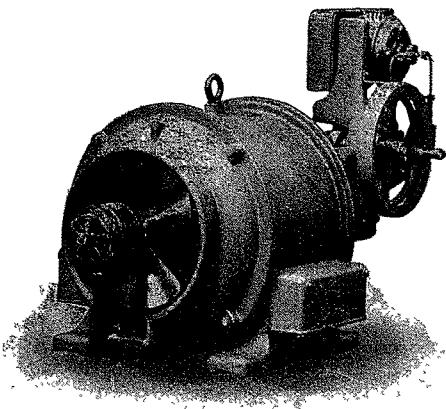


Fig 10. — Régulateur d'induction de 18 KVA à commande à distance par moteur (North Metropolitan Electric Power Co London).

En montant en dérivation l'enroulement primaire (rotor) et en série l'enroulement secondaire sur un réseau triphasé (schéma fig. 11) et si l'on trace le diagramme des tensions (fig. 12) diagramme dans lequel :

- E_1 représente la tension primaire (celle du réseau),
- e_2 la tension induite dans le secondaire,
- α le décalage de e_2 sur E_1

on obtient une tension résultante $OB = E_r$ qui suivant la position relative des tensions E_1 et e_2 est inférieure ou supérieure à E_1 .

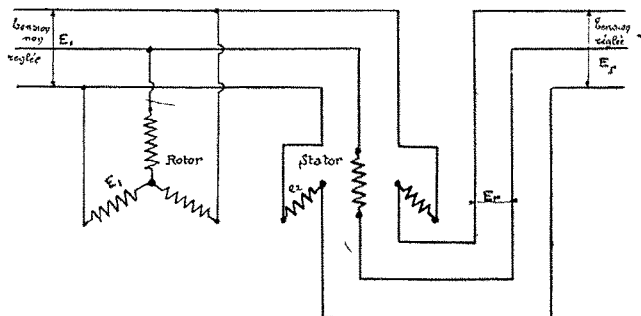


Fig. 11. — Schéma de montage d'un régulateur d'induction.

Il est donc possible d'obtenir par un déplacement constant de l'enroulement primaire par rapport à l'enroulement secondaire, lorsque la tension primaire E_1 est, par exemple, constante, une tension résultante E_r et de donner à cette dernière toutes les valeurs aussi rapprochées que l'on voudra entre les limites.

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

ou bien encore d'obtenir pour une tension primaire variable E_1 une tension constante E_r . Le passage d'une valeur à une autre se fait d'une façon continue et sans interruption de courant.

Les diagrammes (fig. 12 et 13) représentatifs des tensions permettent de calculer la valeur de E_r . Le triangle OAB donne, en effet, pour E_r la valeur

$$E_r = \sqrt{E_1^2 + e_2^2 - 2 E_1 e_2 \cos \alpha}$$



Fig. 12.

Fig. 12. — Diagramme des tensions d'un régulateur d'induction.

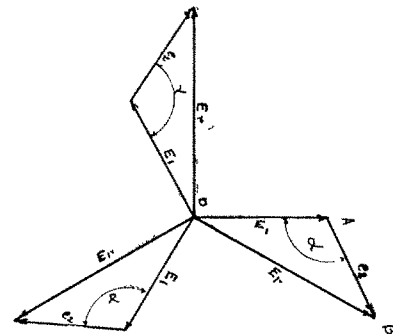


Fig13.

Fig 13. — Diagramme des tensions pour courant triphasé.

Nous avons donné par la figure 14 une forme particulière au diagramme des tensions. Soit $OA = E_1$ la tension du réseau, AB la tension induite e_2 dans le stator et α l'angle de décalage. La tension résultante est OB .

Nous avons vu que la tension induite e_2 est constante en grandeur, en supposant bien entendu que E_1 soit constant ; suivant la position du stator par rapport au rotor le point B se trouvera donc sur une circonférence décrite de A comme centre avec $OB = e_2$ comme rayon.

Cette circonférence coupe la droite OA aux points B_1 et B_2 . Le point B_2 , où AB_2 est en opposition avec OA , correspond au cas où les enroulements primaire et secondaire du régulateur sont en face l'un de l'autre avec magnétisation concordante des pôles. La tension résultante est réduite à son minimum $OB_2 = E_1 - e_2$.

Par une rotation de 180° du rotor les enroulements consi-

dérés sont de nouveau en face l'un de l'autre mais avec des polarités opposées ; la tension résultante est maximum $OB_1 = E_1 + e_2$.

Entre le bobinage primaire et secondaire d'un moteur asynchrone ainsi utilisé comme régulateur d'induction, il existe un couple de torsion qui est proportionnel : au produit du champ magnétique, du nombre d'ampères-tours, du sinus de l'angle compris entre les vecteurs de ces deux facteurs.

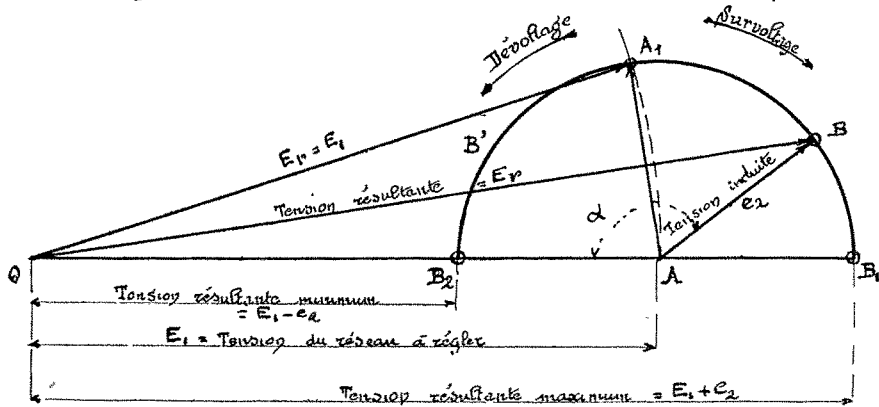


Fig. 14 — Diagramme représentatif des tensions d'un régulateur simple d'induction

Le point A_1 correspondant à l'intersection de la demi-circconférence $B_1 A_1 B_2$ avec l'arc de cercle décrit de O comme centre avec $OA = E_1$ comme rayon, est le point pour lequel $E_r = E_1$ c'est-à-dire pour lequel la tension résultante est juste égale à celle du réseau. Par conséquent pour tous les points B situés sur l'arc $A_1 B B_1$ il y a survoltage du réseau, pour tous ceux situés sur l'arc $A_1 B' B_2$ il y a dévoltage du réseau. Il ressort également des figures 12 et 14 que les tensions E_r sont, en général, en décalage de phase.

Etant donné que d'après les figures 12 et 14, la tension e_2 est proportionnelle au champ, que le courant I est proportionnel aux ampères-tours du bobinage secondaire de plus que la fonction angulaire peut être au maximum égale à 1 ; il en résulte que le couple de torsion maximum qui peut se produire est proportionnel au produit $e_2 I$, c'est-à-dire, à la puissance propre du régulateur d'induction en volts-ampères. Le couple de torsion maximum qui peut se produire dans un régulateur d'induction à 4 pôles, 50 périodes (vitesse de synchronisme $n = \frac{f}{p} 60$, d'où

$n = \frac{50}{2} 60 = 25 \times 60 = 1.500$ tours) se calculera donc de la façon suivante :

$$\text{Couple de torsion maximum} = \frac{716}{1.500} \times \frac{\text{KVA}}{0.736} \text{ ou approximativement égale à } : \frac{\text{KVA}}{1,5} \text{ mètre/kilogrammes.}$$

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

IMPRÉGNATION, SÉNILISATION ET IGNIFUGATION DES BOIS D'INDUSTRIE (SUITE)

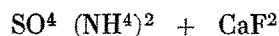
FLUORURES. — L'acide fluorhydrique très dilué a été employé pour la conservation des bois, mais actuellement on lui substitue de plus en plus ses sels, et notamment le fluorure de zinc. Les résultats obtenus jusqu'ici sont satisfaisants, mais il y a de grandes divergences dans la quantité de liquide absorbé par les divers bois et aussi pour un même bois suivant les échantillons. Pour le pin, l'absorption est en moyenne de 70 kilogrammes de liquide par mètre cube après sept jours d'immersion et de 90 kilogrammes après onze jours. Pendant les mêmes intervalles, pour le sapin, l'absorption n'est que de 29 et 37 kilogrammes de liquide. En général, le bois débité en planches ou en poutres absorbe beaucoup plus de solution que celui en billes.

Les solutions à faible teneur en fluorure sont plus facilement absorbées que les solutions concentrées ; cependant, avec ces dernières, il y a en définitive davantage de matière active absorbée. La solution à 10 degrés Baumé semble la plus favorable. La température ne paraît pas avoir une influence sensible jusque vers 50 degrés. Le degré de siccité joue au contraire un grand rôle dans l'aptitude des bois à l'injection et la quantité de liquide absorbé. Aux Etats-Unis, où ce procédé d'imprégnation est appliqué en grand, on a reconnu qu'il fallait laisser s'écouler au moins trois ou quatre mois entre l'abatage et l'emmagasinage des bois avant de les soumettre à l'opération du trempage.

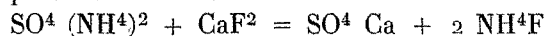
Le fluorure de sodium, utilisé d'une façon importante depuis quelques années, se prépare de la façon suivante (procédé Hulin) :

Dans une cornue horizontale, en fonte, chauffée extérieu-

rement et munie d'une large tubulure de dégagement, agencée et disposée dans un four comme celles de ce type qui servent à la préparation de l'acide fluorhydrique, on charge, au tiers ou à la moitié de la capacité, et on chauffe un mélange intime de sulfate d'ammonium et de fluorure de calcium préalablement broyés, dans les proportions correspondant à la réaction :



Le chauffage étant poussé graduellement jusque vers 400° C., il se produit dans la cornue du fluorure d'ammonium d'après la réaction :



Ce fluorure étant volatil se dégage en vapeurs par la tubulure de sortie, maintenue chaude, et il est conduit à la partie supérieure d'un récipient de condensation convenablement clos. Ce récipient, en fonte ou en tôle doublée de plomb, est développé en surface et muni de moyens de refroidissement ; il est rempli aux-trois-quarts d'une solution de chlorure de sodium dans laquelle les fumées de fluorure d'ammonium viennent se dissoudre. Un agitateur assure l'absorption et le mélange.

La quantité de chlorure sodique, dissoute et admise dans le récipient de condensation, est établie pour présenter, avec la tolérance pratique inévitable, une molécule de NaCl à chaque molécule de NH_4F qui fournira la charge de la cornue.

La condensation des vapeurs ou fumées de fluorure d'ammonium, dans la solution de chlorure de sodium, donne lieu à la réaction :



Il est évident que le fluorure d'ammonium pourrait être, en tout ou en partie, condensé à sec, récolté à l'état sublimé, et mis ensuite en dissolution avec le chlorure de sodium.

Par refroidissement de la solution, en cours de réaction