

LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... 30 francs / Le Numéro : 5 francs
 { Étranger . 40 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

TRACTION ÉLECTRIQUE. — Par la houille blanche ou par la houille noire, l'électrification de nos chemins de fer s'impose. Contrôle et régulation de la puissance absorbée, par J. BOUDET, Ingénieur A. M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France et de l'« Associazione Eletrotecnica Italiana » (Sez. di Torino). — Quelques aperçus sur l'électrification des chemins de fer en France, par J. BARBILLON, Directeur de l'Institut Polytechnique de Grenoble.

HYDRAULIQUE. — Etude des régulateurs de vitesse des turbines hydrauliques au point de vue de leur influence sur le rendement global des installations, par CAYÈRE, Ingénieur A. M. et

I. E. G., Ingénieur en chef aux Ateliers Neyret-Beylier-Piccard-Pictet.

LÉGISLATION. — L'énergie au point de vue juridique (état de la législation actuelle (*suite*), par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

DOCUMENTATION. — La Centrale de Ritom, par E. GARNIER, ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur à la Société Alsacienne et Lorraine d'Electricité. — Quelques propriétés du fer électrobévé, par Auguste BOUCHAYER, Ingénieur A. M.

BIBLIOGRAPHIE.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Par la Houille Blanche ou par la Houille Noire,
l'électrification générale de nos chemins de fer s'impose :

Contrôle et Régulation de la puissance absorbée

Par J. BOUDET, Ingénieur A. M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France
et de l'« Associazione Eletrotecnica Italiana » (Sez. di Torino).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Dans une précédente étude parue dans ces colonnes (1), nous avons exposé, en nous aidant des récentes statistiques américaines adaptées à nos propres communications ferroviaires, qu'en raison de la complexité du problème de l'électrification générale et de la diversité des circonstances entrant en ligne de compte dans sa solution, ce serait une parfaite hérésie que de persister à croire — comme on l'a fait trop longtemps — que cette question de l'électrification de nos chemins de fer est subordonnée à celle de la mise en valeur de nos forces hydrauliques.

Bien au contraire, nous avons démontré que la seule Houille Blanche ne saurait suffire pour assurer — tout au moins rapidement — à la fois les besoins agricoles et industriels du pays et ceux, plus impérieux encore, de ses chemins de fer, et qu'en attendant l'industrialisation de la « Houille Bleue » — encore dans les langes — il y avait lieu d'appeler la Houille Noire, brûlée rationnellement, au secours de la « Houille Blanche », et que, loin de la concurrencer — dans l'avenir, pas plus du reste, que dans le présent — elle peut et doit la compléter harmonieusement dans le cadre d'un vaste réseau national de production et de distribution de force électrique.

Par ailleurs, étudiant (Chap. 3) les besoins en énergie de l'électrification générale ferroviaire et les conditions les plus économiques de les satisfaire normalement, nous avons souligné qu'une amélioration du facteur de charge (estimé seulement à 50% dans notre étude) était tout à la fois désirable et possible, et avons fait allusion aux résultats déjà acquis, dans cette voie, par les Américains qui, sur le réseau du « Chicago Milwaukee and St-Paul Railway », ont réussi à porter à 60%, malgré des charges de pointe formidables, le facteur de charge de l'ensemble de la zone électriifiée, par la seule installation d'indicateurs-régulateurs de puissance, avant laquelle installation, ce facteur s'établissait péniblement aux environs de 40 %...

Pour ne pas allonger inconsidérément l'étude précitée, nous ne nous sommes pas étendu sur cette question, cependant si importante, de l'amélioration du facteur de charge ; mais nous avons annoncé que nous y reviendrions. La présente note a pour objet, d'après M. B. E. Smith (1), l'étude sommaire des dispositions amélioratives adoptées dans cet ordre d'idées, par le « Ch. M. and St-Paul Rly », et généralisées sur ses lignes électriques, depuis bientôt 4 ans, en présence des excellents résultats obtenus, lesquelles dispositions peuvent aujourd'hui être considérées comme des modèles du genre, à adopter en toutes circonstances.

(1) Voir *La Houille Blanche* N^o 81-82 (septembre-octobre 1923).

(1) Pittsburg, 1920, *Elect. Journal*.

I. — Contrôle et régulation de la puissance.

On sait que sur ce réseau du « Ch. M. and St-Paul », qui — avec plus de 660 milles de grandes lignes électrifiées — est le plus important d'Amérique, la traction est assurée par du courant continu à 3.000 volts, acheté à une société productrice sous la forme de triphasé à haute tension.

Nous avons, d'autre part, exposé dans l'étude susvisée, que, sur la section des Montagnes Rocheuses en particulier, des charges de pointe inusitées autant qu'inquiétantes, perturbaient l'ensemble du système dont le facteur de charge était de ce fait, déplorablement bas.

a) *Réduction des pointes.* — Pour réduire ces pointes formidables on eut alors — après bien des tâtonnements et des essais infructueux — l'idée heureuse de centraliser le contrôle de l'ensemble de la section, en groupant dans le bureau du chef d'exploitation l'indication de la puissance intégrale absorbée à tout instant sur chaque ligne et le réglage automatique de l'émission

II. — Installations de contrôle à fréquence variable.

Quelques années furent nécessaires pour la mise au point des installations telles qu'elles fonctionnent aujourd'hui. Elles furent cependant établies une fois pour toutes et reçurent sur place — en cours d'exploitation — les perfectionnements successifs que nous allons exposer.

a) DESCRIPTION

1° *Installations initiales.* — Dans la sous-station la plus éloignée du bureau du chef d'exploitation : Taunton (fig. 1), un petit alternateur de 1 Kw était commandé de façon à déterminer une fréquence (f_1) proportionnelle à la puissance (P_1) absorbée par la sous-station. La tension développée à fréquence (f_1) était transmise à travers un système de transformateurs (élevateur : 100/2.000 V. et réducteur : 2000/100 V.) à la seconde sous-station recevant l'énergie (Cedar Falls), distante de 160 kms de la précédente.

S-Stations de la ligne

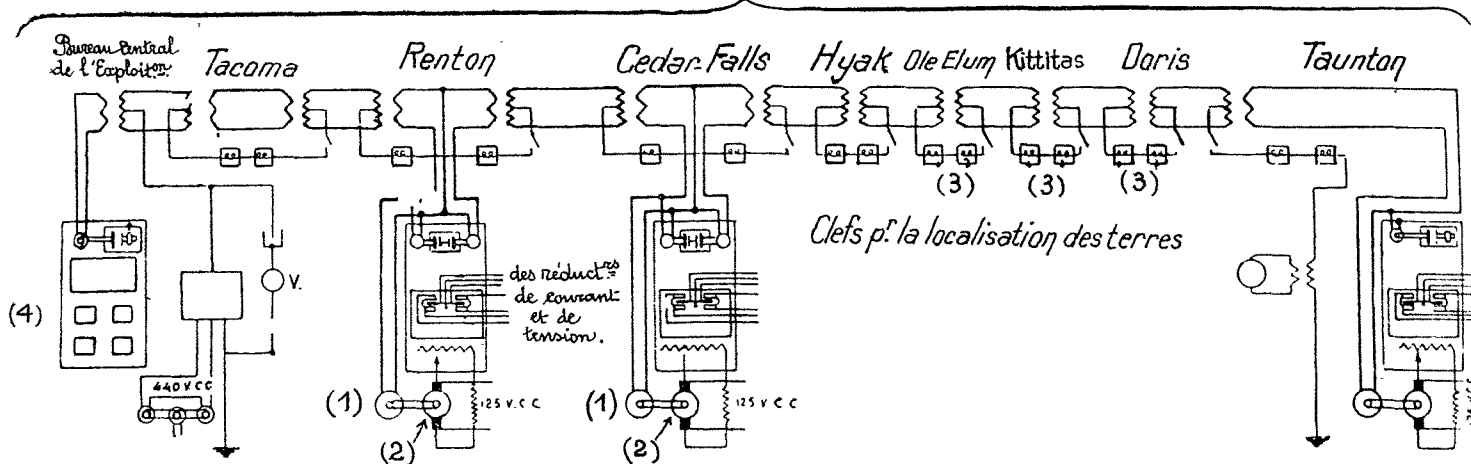


Fig. 1.

- (1) Alternateurs à 4 pôles.
 (2) Moteur à C. C. 25 V. ; vitesse variable.

- (3) Relais de contrôle de l'excitation.
 (4) Tableau de mesures du Bureau central de l'exploitation.

des diverses sous-stations. L'énergie étant distribuée et mesurée, en 4 sous-stations, il s'agissait de transmettre et de totaliser les indications des wattmètres installés dans ces dernières. Par ailleurs, la régulation de la puissance absorbée s'obtenant par variation de la tension du continu dans les 8 sous-stations de conversion, il s'agissait d'agir automatiquement sur ces dernières, depuis le poste central.

b) *Circuits de fils-pilotes.* — Lorsque, il y a quelques années, le problème se posa avec une grande acuité, il fut résolu d'abord par l'établissement d'un circuit de fils-pilotes en série, avec lesquels, dans les diverses sous-stations recevant l'énergie, on pouvait insérer une résistance variant proportionnellement avec la charge, de telle sorte que le courant circulant dans un pareil circuit, fourni par une source de force électromotrice constante, aurait dû demeurer inversement proportionnel à la puissance d'ensemble absorbée. Mais, en réalité, les variations de température et de résistance des fils-pilotes, et les dispersions de courant rendaient le système d'un fonctionnement trop incertain. Le problème fut alors repris, et résolu, cette fois, dans d'excellentes conditions, en recourant à une installation à fréquence variable, conçue ainsi qu'il suit.

A Cedar Falls, ainsi qu'on le verra plus loin, un second alternateur identique au précédent, sous le contrôle de la fréquence (f_1) arrivante et de la puissance mesurée au wattmètre local, déterminait une nouvelle fréquence (f_2), proportionnelle à la somme :

$$P_1 + P_2.$$

Cette fréquence (f_2) était transmise à la station suivante (Renton) où l'on utilisait une puissance (P_3) ; la répétition du système conduisait à la détermination d'une fréquence (f_3), proportionnelle à la somme :

$$P_1 + P_2 + P_3 ;$$

et au bureau central de contrôle parvenait alors une fréquence proportionnelle à la puissance intégrale absorbée par la ligne entière.

2° *Perfectionnements (1).* — La seule mesure de la fréquence (f_3) pouvait donc, semble-t-il, donner directement la mesure de la puissance totale ; quoique un fréquencemètre ordinaire eût été inadapté. On recourut pourtant à un petit moteur synchrone qui, tout d'abord, commandait une magnéto, de manière à pro-

(1) La disposition a été répétée une quatrième fois lors de la mise en service de la sous-station supplémentaire de Tacama.

dure une tension continue rigoureusement proportionnelle à la fréquence et par suite à la puissance totale de l'installation entière ; cette tension eût pu être facilement utilisée de diverses façons, aux fins de mesure et de contrôle, mais, la puissance du moteur demandait pour cela, une augmentation très sensible ; on y renonça et de nouvelles recherches aboutirent à la solution adoptée qui comporte un tachymètre, constitué par un aimant permanent qu'entraîne le moteur synchrone et qui agit par induction sur un disque d'aluminium.

B) FONCTIONNEMENT

L'installation fonctionne comme suit :

A Taunton (Fig. 1), la puissance P_1 , reçue, est mesurée à l'aide d'un wattmètre à relais, du type Westinghouse, dont la disposition des bobines est assez semblable aux *balances de Kelvin*, et sous le contrôle des deux contacts commandés par le wattmètre, un petit moteur (*m*) fait varier une résistance mise en série avec le champ d'un moteur à courant continu (*M*), qui commande l'alternateur (*A*) de 1 kw (Fig. 2), dont la fréquence peut ainsi varier entre 25 et 60 périodes.

D'après ce qui vient d'être dit, il semblerait que l'on puisse supposer que, pour la puissance $P_1 = 0$, la fréquence déterminée doit être égale à zéro. Il n'en est rien, et cette déduction toute théorique, versant pratiquement dans l'absurde, on a admis comme fréquence de base, la fréquence 25, afin qu'à la puissance P_1 , la différence

$$(f_1 - 25)$$

soit proportionnelle entre la fréquence déterminée par l'alternateur et cette fréquence de base : 25.

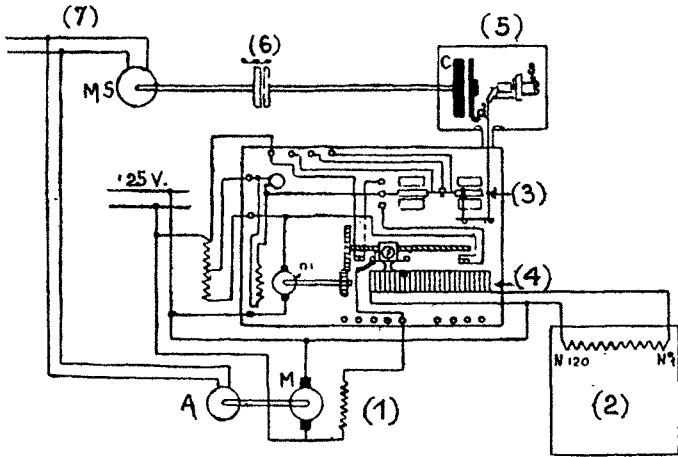


Fig. 2.

- (1) Moteur à C. C. ; vitesse variable.
- (2) Rhéostat, en 128 p.
- (3) Wattmètre.
- (4) Commutateur à 120 touches, reliées aux 120 p. du rhéostat.
- (5) Tachymètre.
- (6) Joint élastique.
- (7) Lignes de départ.

Ce résultat est obtenu par l'alimentation du moteur synchrone (M S) par l'alternateur (A), lequel moteur entraîne alors l'aimant (*c*) du tachymètre (T) ; et l'axe du disque (*d*), de ce dernier, qui, en tournant, commande le système mobile du wattmètre -- par suite, les contacts -- subit alors l'action d'un ressort spiraloidal (S) qui tend à fermer celui des deux contacts assurant l'accélération du groupe moto-alternateur.

Il en est ainsi tant que la fréquence générale de l'alternateur est inférieure à 25 périodes. Mais, dès que $f_1 = 25$, le couple d'entraînement du tachymètre arrive à équilibrer l'action du ressort et ainsi tout le système demeure en équilibre, tant que la puissance absorbée par la sous-station est nulle. Si, maintenant, la puissance croît, le wattmètre ferme encore le contact qui fait accélérer le groupe et la fréquence continue à augmenter

jusqu'à ce que le couple accru développé par le tachymètre ne fasse plus équilibre à l'action électro-dynamique du wattmètre.

Les automotrices fonctionnant à récupération sur le parcours en descente, la puissance peut devenir négative ; et alors dans ce cas, la fréquence (f_1) descend, immédiatement et automatiquement, au-dessous de 25 périodes. De toute manière la différence algébrique

$$f_1 - 25$$

est toujours proportionnelle à la puissance (P).

La tension ainsi développée, à fréquence variable, est élevée, à l'aide d'un transformateur de rapport 100/2.000 V. et transmise à la station de Cedar Falls où se trouve, en contre-partie, un transfo-abaisseur 2.000/100 V. (1).

Arrivée à cette station dans les conditions précitées, la tension à fréquence (f_1) alimente un petit moteur synchrone (M S) = (Fig. 3), qui agit sur un tachymètre semblable à celui déjà décrit, mais d'un type double et dont les deux disques (d_1), (d_2) sont calés sur le même arbre : le dernier de ces disques étant sous l'action de l'aimant tournant (c_2) commandé par le moteur synchrone (M S) alimenté par la fréquence engendrée par le groupe-moteur local à courant continu-alternateur, sous le contrôle du wattmètre qui mesure la puissance absorbée.

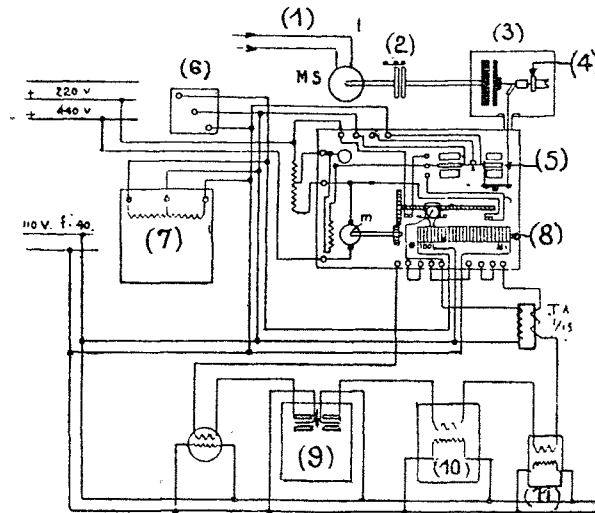


Fig. 3.

- (1) Ligne d'arrivée.
- (2) Joint élastique.
- (3) Tachymètre.
- (4) Ressort correspondant à la fréquence de base.
- (5) Wattmètre.
- (6) Autotransformateur.
- (7) Rhéostat en 120 p.
- (8) Commutateur à 120 touches, reliés aux 120 p. du rhéostat.
- (9) Wattmètre enregistreur.
- (10) Wattmètre de maxima.
- (11) Enregistreur.

La disposition est donc en substance, analogue à celle déjà décrite, de Taunton, avec cependant la différence qu'à Taunton le couple du tachymètre est mis en contraste avec le ressort destiné, comme on l'a vu, à assurer la fréquence de base de 25 périodes alors qu'à Cedar Falls, au contraire, les actions des deux tachymètres contrastent entre elles.

Si l'on suppose, maintenant, que cette station de Cedar Falls n'absorbe aucune puissance et que par conséquent, l'aiguille du wattmètre soit immobile ($P_2 = 0$), sous l'action du moteur synchrone (M S) le disque (d_1) tendra à être entraîné et étant lié au système mobile du wattmètre, fermera le contact accélérateur de vitesse de l'alternateur local. Et lorsque seulement, la

(1) Entre les stations alimentatrices de Taunton et Cedar Falls se trouvent quatre autres sous-stations de conversion simple dans chacune desquelles la tension à fréquence variable est transmise par l'intermédiaire de semblable transfo-abaisseur 2.000/100 V, pour les raisons exposées plus loin.

fréquence de ce générateur aura atteint une valeur identique à celle de (f_1) en provenance de Taunton, les deux couples agissant sur les deux disques du tachymètre se feront équilibre, et l'ensemble du système assumera une condition de régime.

Pourtant, tant que la puissance (P_r) absorbée par Cedar Falls est nulle, le générateur local produit et transmet à la station suivante une fréquence égale à celle provenant de Taunton. Mais, dès que la station de Cedar absorbe de l'énergie, le wattmètre intervenant, ferme le contact d'accélération de l'alternateur local et celui-ci continue à augmenter sa fréquence jusqu'à obtention d'une valeur (f_2) susceptible d'équilibrer, dans le tachymètre, le couple dû à la fréquence (f_1) et celui dû au wattmètre. Il en résulte la fréquence ($f_2 - 25$), toujours proportionnelle à la somme algébrique des puissances (P_1) et (P_2) absorbées à Taunton et à Cedar Falls.

Ensuite, à l'aide des transfos-élévateurs et abaisseurs, la fréquence (f_2) est transmise à la station de Renton où se trouve un dispositif identique et l'on obtient, semblablement, une fréquence (f_3) telle que ($f_3 - 25$) est, comme nous l'avons dit, toujours proportionnelle à la somme ($P_1 + P_2 + P_3$) des puissances absorbées par les trois sous-stations (1).

Enfin, dans le bureau du chef d'exploitation, est installé le même système que dans la première sous-station (Taunton), mais fonctionnant en inversion (Fig. 4) et dans lequel la fréquence d'arrivée agit sur le moteur synchrone (M S) accouplé au tachymètre dont le disque est soumis à un couple antagoniste constant dû à un ressort et correspondant à la fréquence de base (25 p.). L'excédent du couple correspondant à la somme des puissances absorbées est équilibré par le wattmètre, sur lequel agit une puissance dérivée localement d'un circuit monophasé à 110 V — 60 ~ et contrôlé par les contacts mêmes de l'appareil.

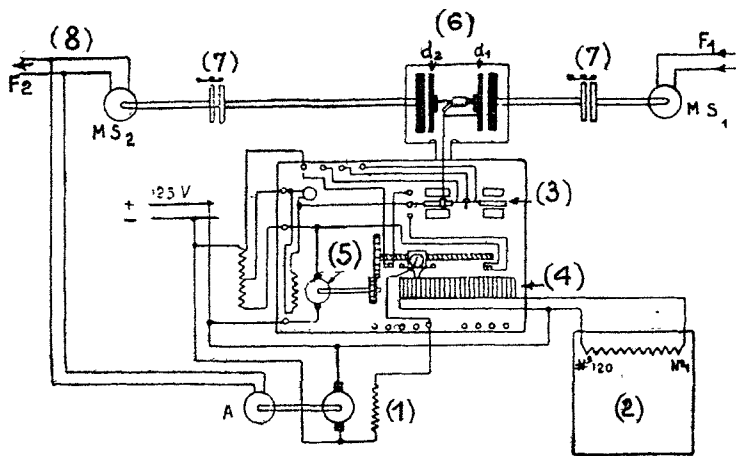


Fig. 4.

- | | |
|---|------------------------------|
| 1) Moteur à C. C. ; vitesse variable. | (5) Servo-moteur. |
| (2) Rhéostat en 120 p. | (6) Tachymètre différentiel. |
| (3) Wattmètre. | (7) Joints élastiques. |
| (4) Commutateur à 120 touches, reliées
aux 120 p. du rhéostat. | (8) Ligne de départ. |

En autres termes, le moteur contrôlé par les contacts du wattmètre agissant sur une résistance en série avec le primaire d'un réducteur de courant (TA) dont le secondaire alimente le wattmètre, maintient dans le circuit local, une puissance proportionnelle à l'excédent de la fréquence d'arrivée sur la fréquence de base, et, par conséquent, à la puissance intégrale absorbée par les diverses sous-stations.

La puissance ainsi obtenue agit sur un wattmètre-enregistreur, sur un indicateur « à maxima » à échelle opportunément graduée et sur un régulateur wattmétrique dont il sera question plus

loin, de manière à placer sous le regard constant du chef d'exploitation tous les éléments de son exploitation électrique.

C) RÉSULTATS D'APPLICATION.

Le contrat régissant la fourniture d'énergie est basé sur la moyenne maximum de la puissance absorbée en 5 minutes consécutives : d'où la nécessité de réduire les pointes à un minimum indépassable. Ce résultat est obtenu par le régulateur alimenté comme il est dit, lequel, quand la charge approche d'une valeur déterminée, ferme le contact destiné à faire diminuer cette charge et envoie, pour cela, à travers le circuit de signalisation, un courant continu qui parcourt en série 8 relais polarisés, montés dans chacune des 8 stations de conversion (1).

Le courant continu pénètre au point milieu de l'enroulement haute tension du transfo à 2.000 V. (Fig. 1), de telle façon que, parcourant les deux moitiés de l'enroulement en sens contraire, il n'a aucune influence sur le fonctionnement du transformateur ; ainsi se trouve réalisée, dans son essence, la disposition — bien connue en téléphonie — des « circuits-fantasmes » : les deux fils de la ligne sont parcourus en parallèle par le courant continu alors que le retour s'effectue par la terre ; et c'est précisément pour assurer la continuité de ce circuit, de même que pour pouvoir y insérer aussi les relais des sous-stations de conversion simple que l'on a installé, dans ces dernières, des transfos de rapport un.

Dans les huit stations de conversion, chaque dynamo est munie d'un rhéostat de champ à commande électrique adjoint au rhéostat ordinaire et dont le rôle consiste simplement à réduire, dans les moments de surcharge, la tension développée (normalement à 3.000 v.). Ces rhéostats à commande électrique sont sous le contrôle d'un relai de maxima à temps inversement proportionnel à la surcharge (2) et taré normalement pour une surcharge de 300 %.

Le relai polarisé, excité par le continu provenant du bureau du chef d'exploitation, a pour effet, de permettre de faire varier le tarage du relai de maxima par abaissement de la charge normale, jusqu'à 50 % seulement ; de telle sorte que, lorsque, pour une surcharge sur l'ensemble du réseau, le régulateur wattmétrique de Tacoma intervient, ainsi qu'on l'a vu, les relais des sous-stations réduisent la tension et, par suite la charge des groupes donnant plus de 50 % de la puissance normale, mais de ceux-ci exclusivement, en même temps que, par le dispositif à temps inversement proportionnel, ils se trouvent successivement désexcités en commençant par les groupes les plus chargés.

Ainsi, en quelques secondes, la charge du réseau se trouve réduite et le régulateur wattmétrique retourne à sa position de repos. Toutefois, les conditions d'excitation ne changent pas jusqu'à ce que la charge de l'ensemble soit descendue au-dessous de la valeur assignée : le régulateur agissant en sens contraire, envoie alors dans la ligne un courant de sens inverse au précédent lequel détermine le renversement de la position des relais polarisés d'après lequel le tarage des relais de maxima est ramené aux conditions normales.

* * *

Avec ce système de régulation, on arrive, en général, à maintenir la charge moyenne entre des limites acceptables, dans les périodes successives de 5 minutes. Dans le cas, cependant, de très fortes surcharges accidentelles, on pourrait encore, toutefois

(1) Ce jeu de transmission se répète à Tacoma, depuis la mise en service de la nouvelle sous-station installée dans cette localité.

(2) « Inverse-time relays ».

atteindre des valeurs susceptibles de peser défavorablement sur la tarification de l'énergie. Pour y parer, le compteur indicateur et enregistreur de maxima est pourvu d'un contact auxiliaire qui ferme le circuit de commande à courant continu en excluant une résistance, de telle sorte que le courant y circulant soit environ le quadruple de la normale. Ce courant ainsi intensifié, actionne, dans les sous-stations, un second relais polarisé qui fait immédiatement déclencher les interrupteurs.

D). PARTICULARITÉS DIVERSES.

Beaucoup d'autres particularités qui, pour être d'ordre quelque peu secondaire, par rapport aux précédentes, n'en sont pas moins fort intéressantes, seraient à décrire ; mais cela nous entraînerait trop loin. Nous indiquerons seulement les quelques-unes ci-après :

La continuité du trafic, assurée malgré la mise hors service d'une sous-station : et cela quelle que soit la raison de la mise hors service. Dès que cette circonstance se produit, les petits moteurs synchrones sont automatiquement détachés et les deux secondaires des transfos d'arrivée et de départ reliés directement entre eux, de façon à assurer la continuité de la transmission entre les autres stations, au moyen d'un commutateur automatique spécial qui est maintenu dans la position normale par le courant émis de la sous-station et, par suite, se déclenche si celui-ci vient à manquer pour une cause quelconque.

La localisation des terres : Dans le cas d'une « terre » sur le circuit de signalisation, il se manifeste immédiatement, dans le « circuit fantôme », un déséquilibre qui lui fait assumer un notable potentiel alternatif vers la terre. Le petit courant alternatif qui, par voie de conséquence, parcourt les relais polarisés peut les rendre temporairement inactifs ; mais cela n'empêche pas, toutefois, la transmission régulière de la fréquence variable, hormis que la « terre » se transforme en véritable court-circuit. Et, vice-versa, la tension alternative qui se manifeste dans le « circuit-fantôme » permet de déceler et de localiser facilement la « terre » (1).

La plupart des appareils utilisés dans l'installation décrite ci-dessus sont de types normaux et ne subissent, en dehors de quelques adaptations aux circonstances locales, aucune modification constructive.

On eut, néanmoins, au début, quelques difficultés résultant de ce que, dans les moments de rapides et notables variations de fréquence, les moteurs synchrones perdaient parfois le pas, du fait surtout, du formidable moment d'inertie de l'aimant permanent du tachymètre qu'ils commandent. Et, après divers essais tentés pour remédier à cet inconvénient, on tourna la difficulté d'élégante façon, en interposant un ressort entre moteur et aimant : cette transmission élastique assure désormais au moteur toute la promptitude nécessaire pour suivre fidèlement et strictement toutes les variations de fréquence.

(1) Dans le bureau du chef d'Exploitation, il a été nécessaire d'interposer un condensateur entre le voltmètre (*v*) et la terre (Fig. 1) pour ne pas mettre en court-circuit la ligne à courant continu. Au contraire, à Taunton, le « circuit fantôme » sortant du relais polarisé va à la terre, et, pour cela, le voltmètre est alimenté par le secondaire d'un transformateur inséré sur la connexion.

III. — Conclusions.

L'intérêt que présentent les installations de contrôle et de régulation ci-dessus décrites ressort assez nettement des considérations dont nous avons accompagné la description, au fur et à mesure de son développement.

A vrai dire, on pourrait se demander si les brusques et temporaires abaissements de tension, provoqués par ce système de régulation sur la ligne de contact, ne déterminent pas, dans le mouvement des trains sur les voies, des perturbations équivalant à de véritables « chocs ». Bien que les données que nous possédons en la matière soient muettes sur ce point de détail, il nous semble impossible qu'il n'en soit pas ainsi ; mais il est juste d'ajouter que cela se produirait également avec n'importe quel autre système de régulation poursuivant le même objet, d'amoinrir les pointes.

En outre, il faut bien reconnaître que l'inconvénient qui en résulte est relativement minime et qu'il est par ailleurs, bien des fois compensé par les avantages énormes découlant de la meilleure utilisation de l'énergie que le système permet de réaliser.

L'augmentation du temps d'utilisation ainsi obtenu est considérable et compense très largement, de ce côté aussi, la réduction de vitesse qui, par intermittences, peut être imposée aux convois circulant sur la ligne.

A l'heure, où parmi tant d'autres considérations auprès desquelles tout en conservant son importance intrinsèque, elle peut paraître plus ou moins secondaire, la question de consommation d'énergie — évidemment liée à celle de la production — semble peser fâcheusement sur la réalisation de nos programmes d'électrification ferroviaire (pourtant si modestes et timides qu'on les pourrait dire « indigents »), il nous paraît que tous enseignements sont bons à prendre, d'où qu'ils viennent, pourvu qu'ils tendent à nous permettre, le jour où succèdera enfin à celle des expériences, l'heure des vraies réalisations (1), de faire plus et mieux que ceux qui, pour le moment encore, nous devancent.

C'est pourquoi les récentes installations américaines de contrôle et de régulation, qui, par leur influence sur la consommation d'énergie, exercent sur les résultats de l'exploitation, une action aussi heureuse que considérable, nous paraissent devoir s'imposer désormais, dans toute exploitation ferroviaire.

C'est pourquoi, la question étant intimement liée à celle traitée dans notre précédente étude, laquelle démontre que la Houille noire (2) doit aider, dès maintenant — et cela dans des conditions faciles — à réaliser une électrification ferroviaire rationnelle, dans le cadre y-exposé de l'électrification générale du pays, qui s'impose chaque jour davantage, il nous a paru que cet exposé descriptif avait ici sa place marquée, en une étude annexe de la précédente.

Si, comme nous l'espérons, il peut constituer pour nos techniciens dont les réalisations sont si en retard, un utile enseignement, voire même une simple suggestion, nous nous estimerons heureux d'avoir apporté, fût-ce indirectement, notre modeste pierre à l'édifice.

(1) Nous distinguons ici l'actualité qui n'a encore vu que des électrifications partielles, décousues et sans méthode — que nous appelons encore des EXPÉRIENCES — de l'avenir qui, fatalement, doit voir, sur une très grande échelle, LA RÉALISATION rationnelle et méthodique de ce grand œuvre de progrès et d'affranchissement national qu'est l'électrification ferroviaire.

(2) En attendant la « Bleue » (et peut-être même après l'industrialisation de celle-ci).