

sur son territoire, l'emploi des poteaux en bois, par raison d'esthétique, a admis les poteaux en ciment.

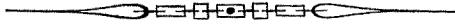
Il est impossible de grimper sur les poteaux en ciment avec les appareils à pointes qui servent d'ordinaire avec les poteaux en bois; ou du moins, si cette ascension reste possible, il faudrait remplacer les pointes presque à chaque opération. D'ailleurs l'emploi des pointes n'est pas sans inconvénient pour les poteaux en bois; les piqûres produites sont un des éléments de détérioration les plus actifs du poteau, et il vaudrait encore mieux user les appareils qui servent à grimper que les poteaux eux-mêmes, et, comme nous venons de le dire, c'est ce qui arriverait avec les poteaux en ciment.

L'administration des Télégraphes, pour éviter la détérioration de ses poteaux par les pointes, a prescrit l'emploi, pour grimper aux poteaux, d'un appareil où le point d'appui obtenu par les pointes est remplacé par l'appui d'une corde enroulée autour du poteau. Ce nouveau système a été essayé sur les poteaux en ciment et y est parfaitement applicable.

La difficulté de monter aux poteaux en ciment sans appareil spécial est même une sécurité de plus contre les accidents dus à ceux qui, par malveillance ou par jeu, tentent l'escalade des poteaux en bois et surtout des poteaux en treillis.

Louis BRUNHES,

Ancien Elève de l'École Polytechnique,
Ingénieur à la Société Electro-Chimique de la Romanche.



Mesure du rendement d'une dynamo de grande puissance (1)

DE L'APPLICATION PRATIQUE DE LA
MÉTHODE DITE « PAR DÉCROISSANCE DE VITESSES »

La détermination du rendement d'une dynamo de grande puissance n'est pas une opération bien facile, surtout lorsque cette détermination se fait lors des essais de réception, la dynamo étant mise en place et accouplée avec son moteur.

Parmi toutes les méthodes connues, celles dites par pertes séparées sont à peu près seules applicables. L'une d'entre elles, fort ingénieuse, est susceptible, malgré de grandes difficultés, d'une application pratique. C'est la méthode dite « par décroissance de vitesse ». Nous rappelons en quelques lignes sa théorie fondée sur la discussion d'une équation de mécanique très simple.

Théorie. — On sait qu'il y a une relation entre le couple C auquel est soumis un corps tournant, à chaque instant, et l'accélération angulaire α . Cette relation est de la forme très simple :

$$C = M \alpha. \quad (1)$$

M est le moment d'inertie $= \int m d^2$.

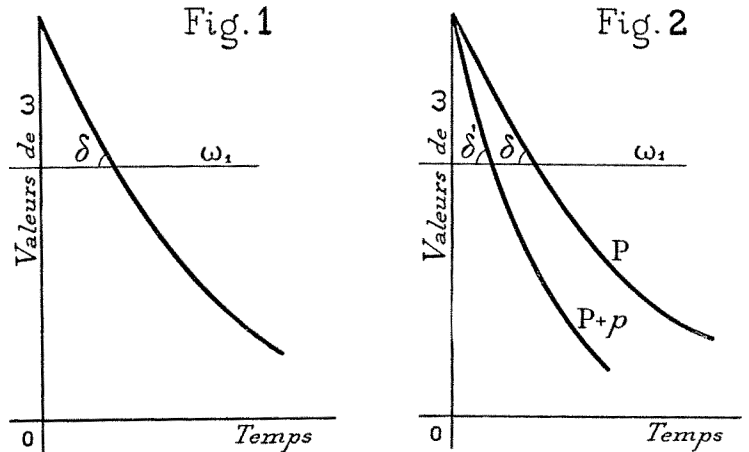
La puissance P s'écrit en fonction du couple : $P = C \omega$.

(1) Suite de l'étude sur : *Les essais industriels des groupes hydro-électriques de grande puissance*. Voir *La Houille Blanche*, n° de mars 1903.

En remplaçant C par sa valeur (1), il vient : $P = M \alpha \omega$.

Or, $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ d'où : $P = M \omega \frac{d\omega}{dt}$

Considérons maintenant la masse tournante de la dynamo animée d'un mouvement de rotation. Si nous supprimons brusquement l'agent moteur, la vitesse va décroître suivant une certaine loi, et nous pourrions tracer la courbe de décroissance en portant en abscisses les temps et en ordonnées les valeurs de ω (fig. 1). Cette courbe ne sera pas autre chose que la représentation graphique de l'expression algébrique de ω par rapport au temps.



Considérons sur cette courbe l'ordonnée ω_1 égale à la vitesse angulaire normale de la machine. A ce moment le couple résistant a une valeur C telle que :

$C \omega_1 =$ puissance dépensée par les résistances passives de la masse tournante.

Nous savons que cette puissance a pour expression :

$$P = M \omega_1 \frac{d\omega}{dt}$$

Or $\frac{d\omega}{dt}$ est la dérivée de l'expression de ω par rapport au temps et cette dérivée nous la possédons car elle est égale à la tangente de l'angle que fait la courbe à cet endroit avec l'axe des temps; nous pouvons donc écrire :

$$P = M \omega_1 \operatorname{tg} \delta$$

Nous ne connaissons pas M dont le calcul est presque impossible mais nous pouvons l'éliminer.

Pour cela ajoutons une résistance passive connue, un frein par exemple, dépensant à la vitesse ω_1 considérée une puissance p . Lançons de nouveau la masse tournante et traçons une nouvelle courbe de décroissance qui sera moins inclinée sur l'axe des temps (fig. 2). A la vitesse normale ω_1 la tangente à la courbe sera : $\operatorname{Tg} \delta'$.

et nous écrirons : $P + p = M \omega_1 \operatorname{tg} \delta'$

d'où l'on tire :

$$\frac{P}{P + p} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta'} \quad \text{et} \quad P = p \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\operatorname{tg} \delta' - \operatorname{tg} \delta}$$

Pour déterminer la perte dans le fer il suffira d'exciter convenablement la dynamo et de tracer une troisième courbe. On ajoutera, par cette excitation, une résistance passive f correspondant à la puissance dépensée dans le fer. On me-

surera, à la vitesse normale, une troisième tangente, $\text{tg } \delta''$, et nous écrirons, le frein ayant été enlevé :

$$P + f = M\omega_1 \text{tg } \delta''$$

qui combiné à la première équation de P nous donne :

$$\frac{P}{P + f} = \frac{\text{tg } \delta'}{\text{tg } \delta''} \quad \text{et} \quad f = P \frac{\text{tg } \delta'' - \text{tg } \delta'}{\text{tg } \delta''}$$

Application pratique. — Cette méthode très élégante en théorie puisqu'elle est rigoureuse, présente de sérieuses difficultés au point de vue de son application en pratique.

Elle comporte la construction de trois courbes de décroissance de vitesse, savoir : 1° à vide ; 2° avec le frein ; 3° avec l'excitation.

Pour avoir les tangentes à la courbe, à la vitesse normale, il faut que l'ordonnée de départ soit plus grande que l'ordonnée correspondant à la vitesse normale. En d'autres termes il faut lancer la masse tournante à une vitesse supérieure à la normale, supprimer brusquement le moteur et mesurer à intervalles de temps égaux les vitesses décroissantes.

Or, les dynamos de grande puissance ayant, on le sait, une masse tournante assez importante il n'est rien moins qu'aisé d'animer cette masse d'une vitesse de rotation élevée.

Le premier moyen qui vient à l'esprit est de découpler la dynamo d'avec son moteur et de la faire tourner avec un moteur électrique auxiliaire d'une puissance suffisante, à l'aide d'une courroie. Il est alors nécessaire de placer une poulie sur l'arbre de la dynamo si celle-ci n'en possède pas. On dispose un système de débrayage quelconque : une simple perche, maintenue à sa base et tirée contre la courroie, peut suffire. Le moteur auxiliaire devra développer une puissance utile correspondant à la puissance perdue par frottements et ventilation ainsi que dans le fer, soit environ 5 à 6 % de la puissance de la dynamo. Aussi, lorsque celle-ci est de grande puissance on est conduit à employer une force motrice assez importante, que l'on n'a pas toujours à sa disposition. D'ailleurs, quand on la possède, on a plutôt avantage à se servir d'une autre méthode de mesure du rendement de la dynamo. Cette solution n'est donc pas pratique.

Ordinairement, dans une usine hydro-électrique, il existe plusieurs dynamos semblables accouplées directement à leur turbine à axe horizontal, disposées parallèlement. On peut alors se servir du groupe voisin comme moteur de lancement. On démanchonne la dynamo à essayer et on cale une poulie sur son arbre ainsi que sur celui du groupe moteur. Si les manchons d'accouplement sont d'un diamètre suffisant, ils peuvent servir de poulies d'entraînement. On réunit les deux poulies par une courroie suffisamment résistante.

Le lancement doit être opéré lentement et sans à coup, en ouvrant petit à petit la vanne de la turbine motrice. On aide au besoin le démarrage avec un levier. On amène ainsi la vitesse progressivement au point désiré. Il s'agit de débrayer brusquement la courroie. Il serait dangereux d'opérer avec une perche manœuvrée à la main. Dangereux aussi, quoique très pratique, un procédé qui consiste

ménager un joint peu solide sur la courroie et à atteindre la vitesse de rupture. Il vaut mieux installer près du brin qui s'enroule (voir fig. 3) une perche inclinée maintenue à sa base entre des madriers et à son sommet par trois ou quatre cordes lui permettant un seul mouvement en avant. On peut alors débrayer de loin et sans danger en relevant la perche.

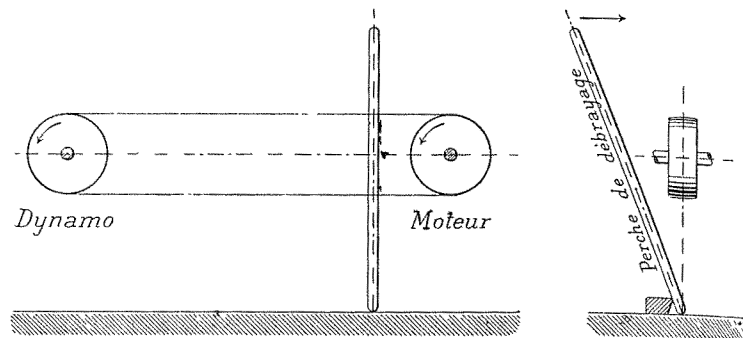


Fig. 3

Lorsqu'on détermine la courbe avec l'excitation, le système démarre difficilement avec l'excitation totale. Il faut démarrer à vide et augmenter progressivement l'excitation en même temps que la vanne de la turbine motrice.

On peut aussi fermer brusquement l'excitation au moment où l'on débraye. Mais les inducteurs sont en danger par suite de la force électromotrice développée au moment de la fermeture. Il en résulte, en outre, une brusque variation du régime de l'excitatrice.

On peut entraîner avec la masse tournante de la dynamo, si cela est plus commode, la roue de la turbine. On ajoute de ce fait une perte par frottements et ventilation que l'on peut éliminer. On trace alors quatre courbes au lieu de trois :

$$\text{Turbine} + \text{dynamo} \dots \dots \dots A + P = M\omega \text{tg } \delta$$

$$\text{Turbine} + \text{dynamo} + \text{frein} \dots \dots A + P + p = M\omega \text{tg } \delta'$$

$$\text{Turbine} + \text{dynamo} + \text{excitation} \dots \dots A + P + f = M\omega \text{tg } \delta''$$

$$\text{Turbine} + \text{dyn.} + \text{excitat.} + \text{frein} \dots \dots A + P + f + p = M\omega \text{tg } \delta'''$$

d'où un système de trois équations à trois inconnues :

$$\frac{A + P}{A + P + p} = \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta'} \quad (1) \quad \frac{A + P}{A + P + f} = \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta''} \quad (2)$$

$$\frac{A + P}{A + p + P + f} = \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta'''} \quad (3)$$

Un autre moyen qui supprime radicalement la courroie consiste à lancer la dynamo avec sa turbine, si la vanne de la turbine peut se fermer très rapidement ; mais ce n'est généralement pas le cas. Aussi on a proposé de tourner la difficulté de la manière suivante.

On enlève le manchon d'accouplement et on le remplace par deux poulies en bois de même diamètre que l'on cale respectivement sur chaque bout d'arbre (fig. 4). Ces poulies sont réunies par un morceau de courroie enroulé sur tout le pourtour de leurs limbes et maintenu à l'aide de tire-fonds. On a ainsi un manchon d'accouplement très rustique. Il suffit de faire tourner l'ensemble à la vitesse voulue et de sectionner la courroie suivant A B en présentant tangentielllement au point A un tranchet, une scie à métaux, ou plus sûrement, un fil métallique rougi par un courant intense. Les deux poulies se trouvent alors séparées et la

dynamo est rendue indépendante à la vitesse voulue. Il faut remplacer la courroie à chaque expérience. Le procédé n'a pas été, croyons-nous, expérimenté. Il faudrait l'essayer.

Si l'accouplement est élastique, au moyen de l'entraînement par anneaux de caoutchouc, on peut séparer la dynamo d'avec la turbine par rupture de ces anneaux. Il est nécessaire de déterminer préalablement le nombre des anneaux et de choisir par expérience leur section, de façon à les faire rompre à la vitesse désirée.

Établissement du frein. — Il faut posséder, comme nous l'avons vu, un frein ajoutant une puissance connue. Ce frein peut être quelconque, puisqu'il ne fonctionne que quelques instants. Sa puissance sera de l'ordre de grandeur de la puissance perdue dans la dynamo, soit 2 à 3 % de la puissance normale.

Il peut être constitué (fig. 5) par une série de sabots en bois, reliés entre eux par deux cordes et frottant sur une poulie. On fixe le frein au sol à l'une de ses extrémités par l'intermédiaire d'un peson vertical p et à l'autre extrémité on suspend un plateau portant des poids P . La puissance est donnée par la formule connue :

$$P_{\text{chevaux}} = \frac{2\pi}{60 \times 75} L (P - p)$$

L'excitatrice en bout d'arbre constitue un excellent frein tout placé. Il suffit de fermer son circuit sur une résistance convenable, en l'excitant séparément pour plus de commodité. On relève à intervalles réguliers le produit $V.I$. La puissance du frein est alors : $V.I \times \text{rendement}$.

Ce rendement n'est généralement pas connu directement. Mais on connaît celui des dynamos similaires, construites par le même constructeur. On ne risque donc pas de se tromper de plus de 2 à 3 % sur la puissance du frein et c'est au moins l'approximation que donne le frein ordinaire.

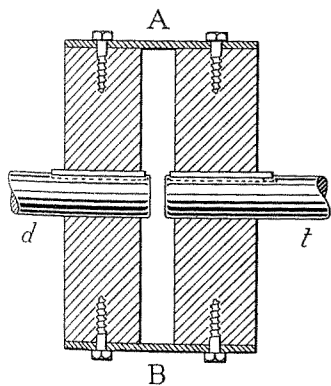


Fig. 4

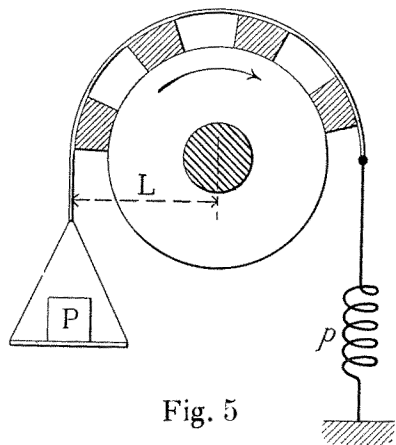


Fig. 5

Lecture des vitesses. — Les lectures de vitesses peuvent se faire au tachymètre placé en bout d'arbre ou relié à celui-ci par une courroie. Dans les deux cas il faut éviter les glissements et étalonner préalablement l'appareil dont on se sert, la graduation étant fort souvent inexacte. Une liaison rigide de l'arbre au tachymètre est toujours plus sûre qu'une transmission par frottement ou courroie.

Conclusion. — Cette méthode si ingénieuse présente donc, ainsi que nous venons de le voir, de sérieuses difficultés d'application pratique. C'est cependant à peu près la seule

qui ait quelque valeur dans le cas que nous avons considéré, c'est-à-dire dans le cas d'une machine de grande puissance mise en place au lieu d'utilisation.

Il faut dire aussi que l'on ne détermine, en pratique, le rendement de la dynamo, que si le rendement trouvé pour l'ensemble du groupe hydro-électrique est inférieur au produit des rendements garantis : Rt pour la turbine et Rd pour la dynamo. Il importe alors de savoir comment se répartissent les pertes dans l'ensemble du groupe et il faut, de toute nécessité, déterminer le rendement de la dynamo. Lorsque, au contraire, le rendement global déterminé par l'expérience est supérieur au produit $Rt \times Rd$ on est en droit de se déclarer satisfait car le but pratique est atteint : savoir combien le cheval électrique coûte de chevaux hydrauliques bruts. La détermination du rendement de la dynamo, longue et pénible est ainsi évitée dans la plupart des cas.

Philippe GIRARDET,
Ingénieur I. E. G.

LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

en France et à l'Étranger

INFORMATIONS DIVERSES

Texte de l'exposé des motifs présentés à la Chambre des Députés, à l'appui du projet de loi sur les Distributions d'énergie.

On a souvent demandé à la revue *La Houille Blanche* de donner le texte intégral du projet de loi sur les distributions d'énergie. Il semble, en effet, que la curiosité se réveille, aujourd'hui, de ce côté, après avoir été un instant captivée, d'une façon presque exclusive, par l'étude de la Législation des chutes d'eau.

« Et cependant, comme le fait très exactement remarquer notre collaborateur Paul Bougault, dans son nouvel ouvrage (1), qui contient une analyse complète du projet de loi, si la création d'une chute est intéressante, son utilisation industrielle ne l'est pas moins ; une fois qu'elle est entrée, comme dérivation, dans le domaine des faits accomplis, il faut lui trouver des débouchés pour la faire vivre commercialement : or, les succès relatifs de l'électrochimie et l'électrometallurgie ont poussé les industriels à se lancer dans la distribution de l'éclairage et de la force ; d'où, la nécessité de connaître les formalités à accomplir, pour obtenir des autorités compétentes les autorisations ou les contrats nécessaires, et installer sur les grandes routes, comme sur les moindres chemins de campagne, les conducteurs nécessaires au transport de la lumière et de l'énergie. »

En s'inspirant, d'une part, des circulaires ministérielles, d'autre part des arrêts du Conseil d'Etat et des décisions des Conseils de Préfecture, on peut arriver à constituer de toutes pièces la jurisprudence administrative et faire un guide certain.

(1) Autorisation et concession administratives pour l'occupation de la voie publique. Manuel pratique sur les formalités à accomplir, les difficultés des concessionnaires entre eux, etc. Grenoble, librairie A. Gratier et Jules Rey, 23, Grande-Rue.