

Locomotive à grande vitesse

POUR HAUTES TENSIONS

On sait que des essais ont été faits à Zossen, il y a presque deux ans par la maison Siemens et Halske de Berlin sur une voiture automotrice pour chemin de fer normal ; on put atteindre la vitesse de 160 kilomètres malgré le poids du véhicule ; 230 kilomètres furent parcourus en 2 h. 45 avec 15 démarrages, sans aucun échauffement appréciable des appareils électriques. Le courant à haute tension était reçu dans des transformateurs dont le secondaire était relié aux moteurs. On poussa la tension d'essai à 15.000 volts ; pendant le fonctionnement normal à 13.800 volts on n'eut à relever aucun accident d'isolant, ni de détérioration des prises de contact.

A la même époque l'« *Allgemeine Electricitätsgesellschaft* » expérimentait une automotrice électrique dans des conditions analogues et réalisait des vitesses de 133 kilomètres à l'heure.

Mais, dans les deux cas, les voies ferrées formées de rails de 33 kilogrammes supportaient mal de telles épreuves, et les constructeurs furent conduits à étudier des véhicules plus légers et dont l'emploi ne forcerait point à une réfection totale des voies existantes. De plus, malgré la bonne tenue de l'appareillage, il pouvait être perfectionné ou simplifié : on arriva à supprimer les transformateurs. M. Walter Reischel, ingénieur de la Société Siemens et Halske décrit dans le *Bulletin des Ingénieurs* sortis de l'Institut Montefiore (1902 n° 2, p. 190) une locomotive électrique qu'il a étudiée dans cet esprit et fait essayer en juin 1901 à Zossen. C'est une voiture à deux boggies, quatre essieux, qui portent une caisse longue de 12 m. 50, divisée en deux compartiments ; les deux extrêmes fort bas (1^m à 1^m,20 d'élévation) contiennent les rhéostats divers, avec certains interrupteurs ou plombs fusibles ; le médian forme une cabine vitrée pour le mécanicien et contient les appareils de direction et de contrôle. La toiture (élévation 2^m30) porte, en son centre, un mât en tube d'acier étiré Mannesmann portant les trois archets de prise de courant.

Chacun des quatre essieux peut recevoir un moteur triphasé ; mais à chaque boggie, un seul en a été pourvu jusqu'ici ; la puissance en est de 400 chevaux ; ils font 885 tours et actionnent des roues de 1^m,25 de diamètre par un train d'engrenage de multiplication 1:2, donnant ainsi la vitesse de 100 kilomètres. Le dispositif de ces moteurs a dû être étudié de fort près pour obtenir la meilleure utilisation de l'espace disponible : les coussinets ont été rejetés à l'intérieur ; ils sont très larges (30 cent.) et revêtus de métal blanc, ce qui a permis de réduire l'entrefer à 1^{mm},5 ou 2^{mm}.

Les engrenages placés dans une caisse sont doubles pour chaque essieu ; fixés aux extrémités de l'axe de chacun des moteurs, ils attaquent l'essieu auprès de chaque roue. A leur vitesse de rotation, l'huilage par immersion est insuffisant ; il faut refouler l'huile au point d'attaque, du côté opposé au mouvement, sous une pression de plusieurs centimètres de mercure ; une petite pompe fait ce service. Avec ce système

les roulements sont très doux et silencieux même aux grandes vitesses de 100 et 105 kilomètres.

La carcasse du « stator » qui cuirasse le moteur est en acier coulé ; le fer actif en est constitué par des tôles minces laminées ; le noyau du « rotor » également ; ces tôles sont assemblées par des plaques de serrage fortement boulonnées ; ces deux parties sont disposées et profilées de façon à être énergiquement refroidies par un courant d'air qu'envoient dans le moteur des ailettes calées sur son axe. Les encoches et rainures destinées à recevoir les bobines des circuits électriques sont très profondes.

Le circuit électrique du rotor est constitué par des lames de cuivre enfermées, 4 par 4, dans les 90 rainures du tambour rotatif et reliées de manière à former un enroulement en étoile : deux des branches sont reliées aux rhéostats de démarrage, à l'aide de deux bagues calées sur l'axe et de collecteurs en charbon ; la troisième est reliée au bâti. Le voltage maximum y atteint 700 volts.

L'enroulement du primaire est formé de fils de cuivre soigneusement isolés, assemblés en bobines de 67 fils dont chacune garnit une des 72 encoches du fer actif ; les connexions sont faites en étoile, et pour épargner la place, elles ont été réalisées « en pointe ». Chaque bobine est entourée, dans son encoche, d'un tube en mica et partout où elle est rapprochée de la carcasse elle est protégée d'un contact par une plaque de mica ; un pareil isolement, calculé pour 15.000 volts a supporté sans dommage des tensions de 22.000 volts et, sous le voltage normal de marche (10.000 volts), il s'est montré irréprochable. Le courant est amené par trois fils qui traversent l'armature à travers un double manchon d'ébonite et de caoutchouc ; les bornes sont fixées sur des isolateurs de porcelaine séparés du bâti par des plaques de mica.

Le moteur ainsi constitué a un poids de 4.090 kilog.

Les appareils de mise en marche, de direction et de contrôle sont : un voltmètre et un ampèremètre placés contre une paroi de la cabine ; un contrôleur de 24 touches, mû à la main par une manivelle verticale ; il agit sur les rhéostats reliés au secondaire ; ceux-ci sont logés dans les chambres avant et arrière de la locomotive : ce sont de simples spirales de maillechort ; les interrupteurs de sûreté, les plombs fusibles à tube placés derrière une vitre sous les yeux du mécanicien ; un petit moteur à 40 volts comprimant l'air qui sert à la manœuvre des commutateurs à tube mise en circuit du primaire, pour la marche avant ou arrière ; ces opérations ne nécessitent ainsi que l'ouverture ou la fermeture d'un robinet d'air.

Le freinage s'opère par un frein Westinghouse commandé lui aussi de la cabine du mécanicien, où se trouve enfin un mécanisme permettant la mise en mouvement du mât et des archets.

Tous les appareils à manœuvrer sont réunis sur une table parallèle à l'axe de la voiture.

Avec tous ses appareillages et son équipement complet, celle-ci atteint à peine le poids de 40 tonnes.

Cette locomotive a effectué à Zossen, sur la voie de Marienfeld, à la fin de juin 1901, des essais de marche sous des voltages et des périodicités variables ; la dernière épreuve a porté sur la traction d'un train de 31 tonnes ; il

fut remorqué à la vitesse de 105 kilomètres à l'heure, avec une consommation de 260 kilowatts, le courant utilisé étant de 11.000 volts avec 95 périodes ; le démarrage d'un train de 133 tonnes se fit sans difficulté.

Ces essais montrent que la question des transports à grandes vitesses et à de longues distances est pratiquement résolue par l'électricité comme par la vapeur. Celle-ci serait même en état d'infériorité sur celle-là, pour une égale rapidité, sous le rapport du poids à déplacer pour un même effet utile. En se basant sur les résultats qu'a donnés l'automotrice de Siemens, M. Reischel a calculé que le poids mort nécessaire au transport d'un voyageur est de 1250 kilogr. par l'électricité, tandis qu'avec le matériel à vapeur il est de près de 1900 kilogr., et cette supériorité est certainement accentuée avec la nouvelle locomotive, beaucoup plus légère.

P. PIERRON,
Ingénieur,
ancien élève de l'Institut Electrotechnique
Montefiore.

Etude de la variation du décalage d'un courant sur la force électromotrice, en fonction de la capacité du circuit.

Dans les transports de force à haut voltage et à longue distance, la capacité de la ligne, qui jusqu'à ces dernières années, n'entraînait guère en ligne de compte, peut, avec ces nouvelles données, acquérir une influence considérable sur la marche des alternateurs et occasionner de graves accidents si l'on n'en a pas sérieusement tenu compte dans le calcul général de l'établissement de la transmission. C'est la capacité qui est la cause d'un courant à vide, décalé de 90° degrés en avant sur la force électromotrice ; c'est la capacité qui occasionne parfois, en certains points, des relèvements de voltage tout à fait anormaux, comme cela a été observé une des premières fois à l'usine Deptford, à Londres, par suite de conditions de résonance avec la self du circuit ; c'est elle, enfin, qui produit au moment d'une rupture en charge ou en cas de fusion des fusibles, des courants de décharge très intenses qui peuvent brûler les tableaux de distribution.

Pour qu'on puisse, en effet, couper un circuit sans qu'il se produise la plus petite étincelle, il suffirait qu'au moment de la rupture, le courant soit nul ainsi que la force électromotrice, et que, pendant tout le temps que met la partie mobile de l'interrupteur à s'éloigner de la partie fixe, la différence de potentiel entre ces deux parties soit inférieure à celle qui pourrait faire naître un arc. En général, ces conditions ne sont pas remplies. En premier lieu, le courant n'est pas en phase avec la force électromotrice, de sorte que l'on ne pourrait opérer la rupture que, soit pour un courant nul, soit pour une force électromotrice nulle, ce qui donnerait dans le premier cas une décharge de capacité ; dans le second cas, un extra courant de self. Dans le cas général,

on coupe à un instant quelconque, de sorte que les deux phénomènes se superposent, donnant ainsi des résultats variables.

L'étude que nous proposons aujourd'hui a pour but d'étudier la variation du décalage d'un courant sur la force électromotrice en fonction de la capacité de la ligne que nous prenons pour variable indépendante ; elle peut servir de préface à une étude complète des perturbations apportées par la capacité à la marche normale d'un transport de force.

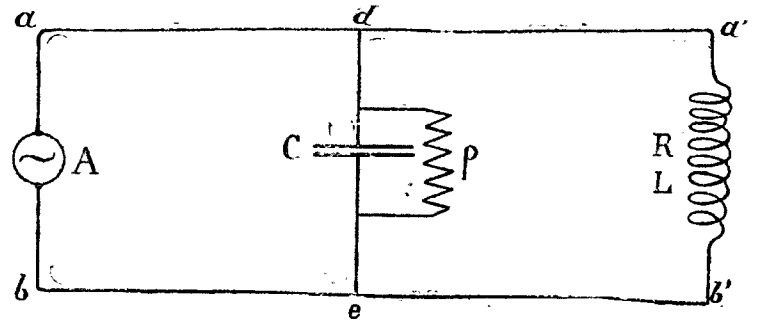


Fig. 1

Considérons un alternateur de force électromotrice E débitant un courant I dans un circuit contenant à la fois de la résistance, de la self-induction et de la capacité ; cette dernière étant fournie, par exemple, par une canalisation souterraine avec câbles concentriques, l'isolant entre câbles jouant le rôle de diélectrique ; ou encore plus simplement par les fils aériens à haute tension de la transmission.

Nous allons chercher comment varie le décalage φ du courant sur la force électromotrice, lorsque les conditions de la distribution restent les mêmes, on fait seulement varier la capacité de la ligne.

Pour plus de généralité et pour nous rapprocher des conditions de la pratique, nous supposons que le diélectrique du condensateur n'est pas un isolant parfait ; il aura donc une certaine résistance ρ qui ne sera pas infinie ; ce sera la résistance d'isolement de l'installation considérée entre les conducteurs.

Pour mettre le problème en équation et éviter de trop longs calculs, nous aurons recours à la représentation des fonctions alternatives sinusoïdales, au moyen des quantités imaginaires. Nous supposons donc que la force électromotrice et le courant de l'alternateur peuvent se mettre sous la forme :

$$E = E_{\max} \sin \omega t$$

$$I = I_{\max} \sin(\omega t - \varphi)$$

Sur la figure 1, nous avons représenté en A un alternateur monophasé ; aa' et bb' sont les deux fils de distribution, dont les appareils d'utilisation ont été figurés entre a' et b' ; soit R la résistance et L la self-induction de ces appareils. En dérivation des deux fils de la ligne, nous avons placé en C la capacité de tout le réseau et comme le diélectrique présente des fuites, nous avons figuré en ρ , en dérivation de la capacité, la résistance d'isolement du diélectrique.

En remplaçant les diverses parties du circuit par les résistances imaginaires correspondantes, on trouve les résultats suivants où i est égal à $\sqrt{-1}$.

Le circuit d'utilisation RL est équivalent à la résistance imaginaire : $R - iL\omega$.