Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 1 (1910)

Heft: 1

Artikel: Sur la production d'ondes de forces électromotrices asymétriques à l'aide d'alternateurs et sur les effets que l'on peut obtenir de ces ondes

Autor: Farny, J.L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059679

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Widerstand von 1000 Ohm und eine Empfindlichkeit von 25×10^{-10} Ampère für 1 mm Skalenausschlag bei 1 m Abstand.

Als Grundlage für die Spannungsmessungen dient das innerhalb der Gebrauchstemperaturen von denselben praktisch unabhängige Weston-Element; hievon sind drei vorhanden, die alle von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin beglaubigt sind. Eines der Elemente dient für den Gebrauch, ein zweites für dessen Kontrolle und das dritte als Reserve, so dass von Zeit zu Zeit je eines der Elemente zur Nachkontrolle nach Berlin gesandt werden kann.

Die Strommessungen werden auf Spannungsmessungen an in den Stromkreis eingeschalteten Normalwiderständen aus Manganin zurückgeführt, welche ebenfalls von der Reichsanstalt beglaubigt sind. Die gebräuchlichen Normale $^1/_{1000}$, $^1/_{100}$ und $^1/_{10}$ Ohm für Stromstärken bis 100, 30 bezw. 10 Ampère sind in je zwei gleichen Exemplaren vorhanden, wovon je das eine als Kontrollnormal dient. Daneben ist für höhere Stromstärken bis 1000 Ampère ein Normal von 0,001 Ohm in Petrol mit Wasserkühlung und Rührwerk im Gebrauch. Im übrigen findet sich noch ein vollständiger Satz von acht Widerständen von 0,0001—1000 Ohm, sowie zwei Präzisions-Kurbelwiderstandssätze bis zu 100000 Ohm vor.

Die mitgeteilten Angaben und Erörterungen lassen erkennen, dass die Eichstätte des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins mit den für die Durchführung der ihr übertragenen Aufgaben nötigen Einrichtungen wohl versehen ist und erklärt sich daher auch genügend die rasch steigende Inanspruchnahme, die sie seit ihrer Gründung erfahren hat.

Sur la production d'ondes de forces électromotrices asymétriques à l'aide d'alternateurs, et sur les effets que l'on peut obtenir de ces ondes.

De nos jours, lorsque l'on parle d'un alternateur, il est pour ainsi dire implicitement entendu que la F. E. M. [1]) qu'il fournit est une fonction sinusoïdale simple du temps.

Il serait oiseux de rappeler les nombreuses raisons engageant le constructeur à supprimer les harmoniques supérieurs d'ordre impair, et d'indiquer les moyens par lesquels se réalise cette élimination. A fortiori les harmoniques d'ordre pair, sont-ils bannis, et s'ils figurent dans l'analyse d'une courbe de F. E. M., on peut à coup sûr attribuer leur présence à une cause fortuite. Si donc, conformément à son titre, la présente étude doit porter sur des ondes de F. E. M. renfermant des harmoniques d'ordre pair, le lecteur semble devoir demander, avant tout, quel est l'usage de pareilles F. F. M.

A cet égard, qu'il suffise, pour le moment, de rappeler que les nombreuses applications de la bobine de Ruhmkorff, alimentée par un courant continu interrompu brusquement, ont prouvé depuis longtemps l'utilité de F. E. M. de ce genre.

D'ailleurs, si, en présence de la forme idéale de F. E. M. évoquée au début, on est, de prime abord, tenté de qualifier celle qu'on va voir d'abominable (cri du coeur d'un ingénieur auquel cette forme de F. E. M. fut mise sous les yeux), on se tranquillisera en reconnaissant que les alternateurs suscitant de pareilles F. E. M. ne sont pas destinés à la distribution d'énergie par courant alternatif, aujourd'hui banale, mais qu'ils donnent naissance à des effets en partie inconnus jusqu'ici.

A. Partie descriptive et théorique.

I. Caractères de la F. E. M. produite.

La courbe *2* de la figure 1 rapportée à l'axe des abscisses *1* représente graphiquement la sorte de F. E. M. ondulatoire servant de base à la présente étude, les abscisses étant,

[1]) Afin d'abréger, il sera fait usage de la notation F. E. M. pour „force électromotrice".

comme de coutume, proportionnelles aux temps et les ordonnées aux valeurs successives des forces électromotrices instantanées produites dans un enroulement d'induit.

Ainsi qu'on le verra dans la suite, la portion de flux produisant les F. E. M. dans les bobines, varie, en régime stationnaire, toujours entre les mêmes limites. De là résulte, en vertu de l'énoncé sur la somme de l'intégrale par rapport au temps de la force électromotrice et du flux qui traverse le circuit, que les aires situées de part et d'autre de l'axe des abscisses et limitées à la courbe *2* sont, au signe près, égales entre elles.

On remarque que la demi-onde positive de la force électromotrice atteint presque instantanément son maximum, qu'elle n'est que de courte durée et disparaît très rapidement. Son amplitude est un multiple, beaucoup plus grand que l'unité, de l'amplitude de la demi-onde négative. Par contre cette dernière est de durée plus grande.

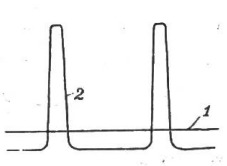


Figure 1. Forme de la force électromotrice produite.

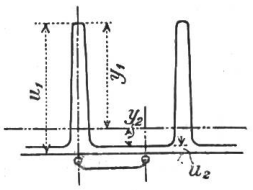


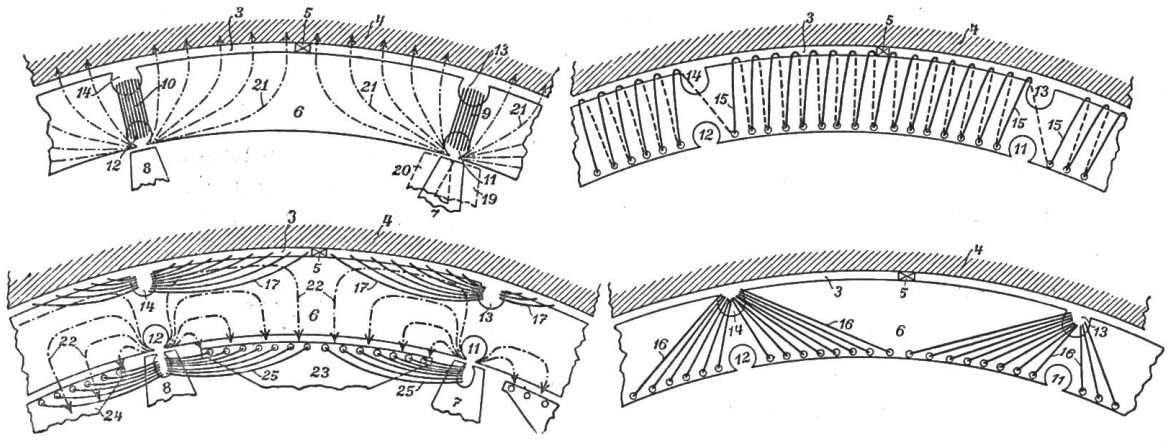
Figure 1*a*. Intensité du champ le long de l'alésage produit par un inducteur homopolaire.

D'après ce qui précède, on peut dire que le produit de la durée d'une demi-onde de F. E. M. par son amplitude est sensiblement constant, abstraction faite du signe. Les principes de construction font prévoir qu'il ne serait par exemple pas difficile d'obtenir une demi-onde positive de F. E. M. cent fois plus grande que la demi-onde négative, la durée de celle-ci étant alors cent fois plus longue que celle de la première.

II. Dispositifs permettant la réalisation de la F. E. M. caractérisée.

On dispose de différents moyens pour obtenir, à l'aide d'une machine dynamo-électrique, une F. E. M. induite satisfaisant à la relation exprimée par la figure 1.

L'inducteur sera soit homopolaire, soit à pôles de noms contraires, et l'induit à anneau ou à tambour avec enroulements spéciaux pour l'un et l'autre cas. Dans la figure 2 on a supposé le type homopolaire, tandis que dans la figure 4 les pôles *7, 2, 3, 8, 24,* sont alternativement nord et sud. Les figures 2, 3 et 5 présentent des enroulements du type à anneau. Enfin dans figure 6 on a des bobines ayant leurs deux côtés actifs à l'alésage. On peut permuter les inducteurs des deux figures 2 et 4, cela va de soi.



Figures $\begin{matrix}2,\ 3,\\ 4,\ 5.\end{matrix}\}$ Types divers d'inducteurs et d'enroulements.

Ce qui caractérise l'inducteur, c'est que la largeur périphérique des pôles homologues *7, 8,* etc., figure 2, est très petite comparée à leur distance, et que, s'il est muni de pôles de polarité inverse, *23, 24,* ceux-ci remplissent presque la totalité du vide compris entre les pôles étroits figure 4.

S'il est question de l'inducteur homopolaire, on supposera les lignes de force s'épanouissant dans l'induit *6* (fig. 2) suivant les lignes *21* formées d'un trait et d'un point. Elles traversent un espace *3,* de perméabilité égale à l'unité, pour se rendre dans la carcasse *4* de la machine, d'où elles passent par exemple dans un second induit, puis un second système de pôles et viennent enfin se fermer dans les pôles *7, 8,* etc.

L'espace *3* a pour effet d'uniformiser la densité des lignes de force à leur entrée dans la carcasse. On évite par ce moyen l'usage d'un anneau lamellé d'induit à grande dimension radiale, auquel on serait sans cela conduit en raison de la grande distance entre pôles. L'espace *3* peut être ménagé à l'aide de taquets métalliques *5* et par suite servir au passage de fils de bobinage (enroulement *15,* fig. 3 et enroulement *17,* fig. 4).

Lorsqu'il s'agit de l'inducteur à flux alternés (fig. 4) les lignes de force auront sensiblement la forme des lignes à un trait un point *22.* Il est évident que la densité du flux de force est considérablement plus grande dans les entrefers des pôles étroits que dans les autres.

La courbe représentant dans ce cas des pôles alternés, les valeurs du champ magnétique le long de la périphérie de l'induit sera par suite analogue à la courbe 2 (fig. 1). Il suffit, dans cette figure, de considérer les abscisses comme étant proportionnelles aux arcs rectifiés de la périphérie de l'induit, et les ordonnées correspondantes comme proportionnelles aux forces magnétiques, ou intensités du champ, de point en point de la même périphérie.

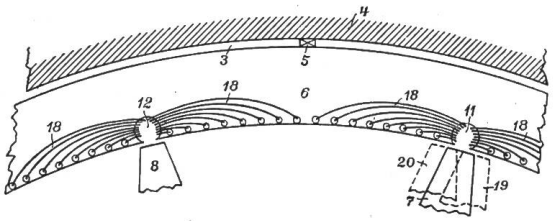


Figure 6. Induit à tambour.

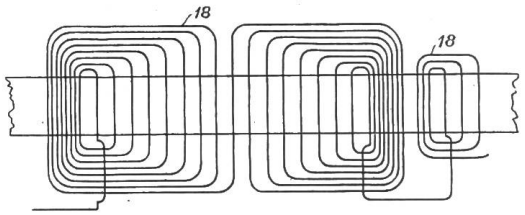


Figure 7. Schéma du bobinage à tambour.

Afin de diminuer la self-induction de l'induit, on peut, sans modification sensible de la courbe en question, augmenter les entrefers situés entre les pôles larges *23, 24,* et l'induit; par contre, il est indispensable de maintenir l'entrefer des pôles étroits au strict minimum requis par la sécurité du fonctionnement mécanique de la machine. En vue des applications, c'est particulièrement pendant la durée de l'onde positive de la F. E. M. qu'il s'agit de favoriser le développement du courant induit. Dans certains cas, on adaptera donc aux pôles un enroulement selon *25* (fig. 4). Cet enroulement sera court-circuité sur lui-même ou mis en série avec le bobinage induit, par l'intermédiaire de bagues et de balais, de sorte que, grâce au sens du courant, les forces magnétomotrices dues à cet enroulement compensent, en majeure partie, les forces magnétomotrices de l'induit.

Si l'on se représente l'axe des abscisses déplacé légèrement en-dessous des sommets négatifs de la courbe *2* (fig. 1), on aura en figure 1*a* la représentation des intensités du champ magnétique le long de la périphérie de l'induit, dans le cas de l'inducteur homopolaire.

III. Comparaison entre induits et inducteurs des différents types, quant à la grandeur et la forme des F. E. M. réalisables.

Les forces électromotrices instantanées produites dans une spire dont les deux côtés actifs sont situés à l'alésage (tambour), sont proportionnelles à la variation, rapportée au temps, de l'aire comprise entre les deux ordonnées correspondant aux côtés en question et limitée à la courbe 2.

D'un coup d'oeil sur figure 1*a* on se rend compte que

$$y_1 + y_2 = u_1 - u_2$$

Il s'en suit que, pour un bobinage en tambour, la forme de la courbe des F. E. M. sera la même, que l'on ait l'inducteur homopolaire ou à pôles alternées, pourvu que les courbes des champs magnétiques des deux inducteurs ne diffèrent que par la position de l'axe des abscisses. Cette dernière condition peut sensiblement s'obtenir au moyen de valeurs d'excitation ad hoc.

Si l'on considère maintenant une spire entourant la section de l'induit et située dans un plan radial (enroulement à anneau), on voit qu'il y a une différence fondamentale dans

la manière dont s'effectue la variation du flux passant au travers d'elle, suivant que ce flux provient d'un inducteur homo- ou hétéropolaire, puisque, dans le cas de l'inducteur de ce dernier type, seul le côté de la spire situé à l'alésage coupe les lignes de force, tandis que, dans l'alternative de l'inducteur unipolaire, les deux côtés de la spire les coupent

On peut évidement faire passer au travers de l'entrefer d'un pôle étroit la même quantité de flux, dans l'une et l'autre des dispositions de l'inducteur figure 2 ou figure 4. Considérons les positions relatives où les becs des pôles entrent dans le plan de la spire *n* figure 8. A-t-on affaire à l'inducteur d'après figure 4, la moitié du flux sortant du pôle traverse la spire dans sa position n. Dans le cas de l'inducteur homopolaire, cette spire ne sera traversée que par la même quantité de flux diminuée de la portion de flux qui franchit la surface correspondant à l'arc o m. Lorsque la spire occupe la position n', le flux qui la traverse est de même valeur, mais inverse. Donc, durant le passage de la spire de l'un à l'autre bec du pôle, la variation active du flux équivaut au flux d'un pôle, ou à ce flux moins celui qui s'échappe de la tranche correspondant a l'arc m o m', suivant que l'on se trouve en présence de l'un ou de l'autre des deux cas d'inducteurs considérés. L'arc m o m' étant très petit par rapport à l'arc mesuré entre deux pôles homologues consécutifs, on voit que, durant sa demi-onde positive, la F. E. M. est sensiblement de même valeur, quel que soit l'inducteur en usage. En résumé: les pôles largement épanouis *23, 24,* ont sur la grandeur de la F. E. M. produite par une spire une influence d'autant plus petite, qu'ils sont relativement plus larges, et cela pour le bobinage à anneau comme pour celui à tambour. On pourra, dans la suite, pour plus de simplicité, faire abstraction de ces pôles larges.

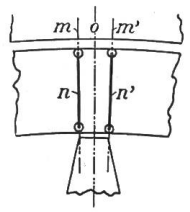


Figure 8. Positions théoriques d'une spire aux moments des maxima de flux.

IV. Production de la F. E. M. dans le cas de l'induit à anneau.

Les bobines *9, 10* (fig. 2), se composent d'un certain nombre de spires situées dans des plans radiaux, et logées dans les alvéoles *11, 13; 12, 14,* dont les unes, *13, 14,* sont complètement ouvertes, tandis que les autres, *11, 12,* ne le sont que jusqu'au point où, en les ouvrant davantage, on ne diminuerait presque plus le coefficient de self-induction mais où, par contre, on accentuerait la déformation de l'onde positive de F. E. M. à son sommet.

Chacune des spires subit la même variation de flux, qui est rapide entre les positions *19* et *20* du pôle *7* et très lente et inverse à partir de la position *20* jusqu'au moment où le pôle *7* entre en prise avec la bobine *10.* On obtient donc bien la forme de F. E. M. selon figure 1.

V. Production du courant dans le cas de l'induit à anneau.

On constate que la disposition des bobines *9, 10,* etc. implique qu'elles seront simultanément parcourues par un courant de même sens par rapport aux différentes sections radiales de l'anneau. Ce dernier constitue donc un circuit magnétique de reluctance quasi nulle sur laquelle agissent, dans le même sens, les forces magnétomotrices de toutes les bobines *9, 10,* etc. En d'autres termes: l'enroulement *9, 10,* etc. forme avec le fer de l'induit une puissante bobine de réactance qui étrangle le courant que les F. E. M. tendent à produire.

Il est donc indispensable d'annuler à chaque instant les forces magnétomotrices des bobines *9, 10,* etc., et cela de manière à ne pas influencer d'une façon désavantageuse les F. E. M. qui s'y développent.

L'enroulement homogène *15,* figure 3, que l'on doit évidement supposer monté sur l'anneau *6,* déjà muni des bobines *9, 10,* etc. satisfait à ces conditions. Cet enroulement ne subit presque pas de variation de flux, puisque, pour ainsi dire, dans chaque position des pôles, il y a autant de spires de part et d'autre de l'axe d'un pôle, et que ces spires sont traversées en sens opposés par des quantités de flux égales. On insérera cet enroulement en série avec l'enroulement *9, 10,* etc. de manière que le courant traversant les deux enroulements, circule autour de la section de l'anneau, dans l'un des enroulements, en sens

direct, et dans l'autre, en sens inverse. Le nombre des spires de l'un des enroulements sera fait égal au nombre des spires de l'autre.

Afin d'annuler le flux partiel de self-induction de ces deux enroulements, qui trouverait un chemin aisé au travers de l'induit et de la carcasse *4*, on peut disposer un enroulement *17* (fig. 4). Cet enroulement n'est cependant pas absolument indispensable, et ce d'autant moins que l'entrefer *3* est grand; il est soit court-circuité sur lui-même, soit mis en série avec les deux enroulements mentionnés tout à l'heure.

Le courant inverse de l'enroulement *15* s'y développera de même, quand on le court-circuitera sur lui-même, en raison de l'effet transformateur. Cet enroulement *15* court-circuité n'en reste pas moins indifférent au flux émanant des pôles, et dans cet état il est alors susceptible d'être exécuté en un nombre quelconque de spires, égal ou différent du nombre des spires de l'enroulement *9*, *10*, etc. Ainsi court-circuité, l'enroulement *15* ne diffère de l'enroulement Gramme que par l'absence de la mise au collecteur, abstraction faite du saut des alvéoles *11*, *12*, etc.

Il y a lieu de rechercher, et dans certains cas d'adopter, un enroulement qui, tout en annulant l'action des forces magnétomotrices du premier enroulement, dégage des forces électromotrices actives, c'est à dire susceptibles de s'ajouter aux F. E. M. du premier. L'enroulement *16* (fig. 5) réalise ce double but, s'il est monté sur l'anneau *6* déjà muni des bobines *9*, *10*, etc. (Il va de soi que l'enroulement *15* a alors fait place à l'enroulement *16*.) Les spires de l'enroulement *16* entourent les sections de l'anneau *6* uniformément dans le même sens.

Entre les positions *19* et *20* du pôle *7* il y a une diminution du flux dans les spires de *16* qui sont situées à droite de l'alvéole *11*, et qui passent dans l'alvéole *13*, mais, comme les lignes de force, occasionnant cette diminution de flux, traversent les spires en question en sens contraire de celles qu'embrasse la bobine *9*, la F. E. M des spires considérées de *16* est dirigée en sens inverse de celle qui naît au même instant dans les bobines *9*, *10*, etc. Dans les spires de l'enroulement *16* situées à gauche de l'alvéole *11*, et qui passent également par l'alvéole *13*, s'effectue durant le même déplacement du pôle *7*, une augmentation du flux et la F. E. M. correspondante est, de même par rapport à la section de l'anneau, dirigée en sens contraire de celle qui se produit au même instant dans la bobine *9*.

Le montage en série des deux enroulements devant mettre en opposition les sens du courant de l'un et de l'autre autour des sections de l'anneau, créera donc un circuit électrique unique, dans lequel les F. E. M. seront de même sens.

Il est aussi loisible, dans la combinaison précitée de l'enroulement *9*, *10* etc. avec l'enroulement *16*, de court-circuiter l'un ou l'autre sur lui-même. Celui qui ne l'est pas devient alors le siège d'une F. E. M. correspondant à la somme des F. E. M. des deux. On obtiendra de même cette somme, si l'on y fait figurer la F. E. M. de l'enroulement court-circuité réduite par le calcul, au nombre de spires de l'enroulement branché sur le circuit d'utilisation, lorsque les nombres de spires des deux enroulements sont inégaux.

VI. Production de la F.E. M. dans le cas de l'induit à tambour.

La demi-onde positive résulte du déplacement du pôle *7* de sa position *19* à sa position *20* parce que, dans la position *19*, tout le flux émanant du pôle en question traverse toutes les spires de l'enroulement *18* (fig. 6 et 7) s'étendant de l'alvéole *11* vers la droite, tandis que ce n'est plus le cas dans la position *20*, et parce que, pendant le même temps, ce même flux s'introduit dans toutes les spires qui ont un côté dans l'alvéole *11* et l'autre à gauche de celle-ci. En remarquant que le sens du bobinage des deux groupes de spires est inverse (fig. 7) on voit que la diminution du flux dans l'un des groupes et son augmentation simultanée dans l'autre groupe engendrent des F. E. M. qui s'ajoutent. On peut, soit dit en passant, considérer la figure 7 non seulement comme étant la surface déroulée de l'induit *6* (fig. 6) avec son bobinage, mais encore comme représentation schématique des enroulements *17* et *25* (fig. 4).

Voyons maintenant comment s'engendre l'onde négative de la F. E. M. A partir de la position *20* du pôle, à mesure qu'il avance vers la gauche, son flux cesse de traverser

les spires de la bobine de gauche de l'alvéole *11* l'une après l'autre. A partir du milieu entre les deux alvéoles *11* et *12*, ce même flux entre successivement dans les spires de la bobine de droite de l'alvéole *12*. En résumé, la demi-onde positive de F. E. M. est très grande parce que la variation de flux a lieu à ce moment dans toutes les spires à la fois, l'onde négative est très faible parce que la variation de flux, dont elle est la conséquence, ne s'effectue que petit à petit dans un petit nombre de spires.

Une limitation excessive du courant induit par de la self-induction n'est pas à craindre, la force magnétomotrice de chacune des bobines d'induit étant perpendiculaire à l'alésage. On a d'ailleurs, au besoin, l'enroulement *25* à disposition.

VII. Expression mathématique de la F. E. M.

Dans le cas plus particulièrement digne d'intérêt où les pôles à forte induction sont relativement très étroits, et si l'on se contente d'une approximation probablement toujours suffisante en pratique, le calcul numérique de la F. E. M. peut se ramener à la même formule, quel que soit l'ensemble d'inducteur et d'induit adoptés.

En effet, on a vu que la grandeur de la variation totale du flux dans une spire de l'enroulement à anneau *9*, *10*, etc. équivalait sensiblement à la quantité de flux émise par un pôle étroit. Il y a lieu, pour le moment, de considérer cette variation comme rectiligne par rapport au temps. Donc, si

s est le nombre total des spires en série,
Φ_1 le flux total d'un pôle étroit,
t la durée jusqu'à ce que le flux Φ soit contenu dans une spire,
t_1 l'espace de temps entre les positions *19* et *20* du pôle *7*, et enfin
e la valeur de l'amplitude de l'onde positive de F. E. M., on a

$$e = s \frac{d\Phi}{dt} = s \frac{\Phi_1}{t_1}$$

Appelant
L la longueur d'armature et v la vitesse périphérique,
H le flux magnétique par cm² dans l'entrefer, il vient:

$$e = v.\ L.\ s.\ H.$$

Passant au bobinage à tambour: on a trouvé les limites de variation, Φ_1 à zéro, pour la première moitié des spires et zéro à Φ_1 pour l'autre moitié, c'est à dire également pour toutes les spires Φ_1. On arrivera donc nécessairement, par le procédé de tout à l'heure, à la même formule:

$$e = v.\ L.\ s.\ H.$$

En résumé, théoriquement, les deux genres d'enroulements sont donc sensiblement équivalents quant à la grandeur de la demi-onde positive de F. E. M. réalisable à vide par un même nombre de spires, ou, ce qui revient au même, de conducteurs situés dans les grandes alvéoles du pourtour de l'induit en regard des pôles.

On ne saurait évidemment dire que les deux genres d'enroulements sont équivalents au point de vue de la longueur de fil nécessitée et de la self-induction.

Si l'on songe au surcroît résultant de l'enroulement complémentaire *15* ou *16*, on est tenté de déclarer l'armature à anneau de prime abord inférieure à l'induit selon *18* (fig. 6 et 7). Mais il y a lieu de considérer que les bobines *9*, *10*, etc. se prêtent particulièrement à un bobinage de haute tension, ou à grand nombre de spires de fil fin. On ne peut pas dire cela de l'enroulement *18*. En adoptant l'un ou l'autre des enroulements *15* ou *16* en court-circuit, leur fabrication devient facile, grâce au nombre relativement petit de spires qu'ils exigent. En outre, c'est surtout lorsque l'on veut disposer sur le même induit plusieurs circuits donnant chacun la F. E. M. caractéristique, que l'armature à anneau présente des avantages. Il suffit par exemple d'un seul enroulement *15* fermé sur lui-même, quel que soit le nombre d'enroulements conformes à *9*, *10*, etc., que l'on enroule sur l'induit, et dont chacun fournit, si sa position est décalée par rapport à *9*, *10*, etc., une F. E. M. décalée dans le temps par rapport à celle de *9*, *10*, etc. Suivant les cas il y aura en conséquence avantage à utiliser l'un ou l'autre des deux genres d'armatures.

Mais je dois ajouter que, pratiquement, l'équivalence des F. E. M. considérées ne s'est pas réalisée dans l'exemple vérifié jusqu'ici. Il y a déficit pour l'enroulement à anneau selon *9*, *10*, etc. dans le cas de la machine dont il sera question dans la suite de ce travail. On verra que l'enroulement complémentaire *16* (fig. 5) destiné à annuler la somme des forces magétomotrices le long d'un cercle situé en entier dans le fer de l'induit, permet en outre de regagner ce déficit.

VIII. Remarques concernant les origines et les développements des dispositifs décrits.

Les lecteurs, auxquels les résultats suffisent d'où qu'ils viennent passeront de préférence directement à la partie expérimentale B. D'autres par contre, désireux de connaître un peu les origines d'une chose, ne dédaigneront peut-être pas les parenthèses suivantes.

α) L'enroulement à tambour se déduit de l'enroulement à anneau.

Si l'on considère la combination de l'enroulement *16* (fig. 5) avec l'enroulement *9*, *10*, etc. (fig. 2) quel que soit d'ailleurs le mode de couplage adopté, on constate dans les alvéoles *13* et *14* à chaque instant une somme nulle d'ampères-tours. Géométriquement les axes des alvéoles *13*, *14*, etc. constituent des parties communes aux pourtours des spires de l'un et de l'autre des enroulements *9*, *10*, etc. et *16*. Etant donné les sens inverses de deux spires n'appartenant pas au même enroulement, leur partie commune ne peut contribuer à la délimitation du flux contenu dans leur ensemble. Donc, après avoir prévu le même nombre de spires pour les deux enroulements, il doit être possible de supprimer les barres situées dans les alvéoles *13*, *14*, etc., sans perte de F. E. M. Ce raisonnement me conduisit à l'enroulement *18* (fig. 6 et 7) qui permet d'obtenir la F. E. M. selon figure 1 sans aucun autre enroulement induit.

On réaliserait une variante de cet enroulement en joignant tous les conducteurs situés entre les alvéoles *11* et *12* avec tous ceux qui se trouvent dans l'une de ces alvéoles. Il n'y aurait alors plus que des bobines ayant le même sens d'enroulement.

Quand, à la suite des déductions précédentes, je fus en possession de cet enroulement, je m'aperçus que j'avais ainsi retrouvé, par un détour, un enroulement imaginé déjà vers la fin de 1897 en vue de la génération d'une F. E. M. analogue à celle de figure 1, au moyen d'un inducteur homopolaire à pôles relativement étroits.

Je cite cette date, retrouvée à l'aide de ma correspondance, parce qu'elle marque le premier pas entrepris dans la direction des recherches relatées ici. Comment ce pas fut-il si longtemps isolé? Cette question qui se pose tout naturellement m'amène à dire que, dans ce temps, je m'étais demandé si, en combinant une F. E. M. selon figure 1 avec une self-induction variant synchroniquement avec elle, de manière que les minima de self-induction coïncident dans le circuit avec les ondes positives de F. E. M. et les maxima avec les ondes négatives, on obtiendrait un courant ayant une intégrale par rapport au temps positive. Des intégrations graphiques me fournirent la forme du courant réalisable dans ces conditions et me firent apparaître cette idée comme utopique. Si l'on n'a pas la curiosité de connaître cette forme de courant, on arrive plus rapidement à reconnaître la valeur que doit prendre l'intégral en question en faisant usage de la loi de l'induction mise sous forme d'intégrale du courant par rapport au temps. N'ayant pas, à ce moment, envisagé l'éventualité d'autres applications de cette F. E. M. asymétrique, tout en resta là.

β) L'observation d'une F. E. M. dans un enroulement à anneau sous l'action d'un inducteur homopolaire: avant-coureur de la présente étude.

Si je ne craignais pas d'allonger par trop ces lignes, j'indiquerais l'enchaînement d'idées qui, en 1899, à la mise en service d'un alternateur homopolaire de 1500 chevaux, me conduisit à la certitude de l'existence, dans un bobinage à anneau, d'une F. E. M. supérieure même, en valeur efficace, à celle que l'on obtient à l'aide de bobines usuelles.

A cette date je pensais (comme aujourd'hui) qu'un tel bobinage n'offrirait dans les applications alors familières aucun avantage pratique sur l'enroulement à tambour, ce qui

l'excluait d'un usage industriel, et j'étais des plus certain qu'à l'égard de la génération du courant, il présenterait une notable infériorité en face de l'enroulement à tambour.

Sur ce dernier point le bobinage d'essai, exécuté sur place, en fil de voltmètre, ne m'avait cependant pas permis de recueillir des données expérimentales; aussi ma conviction ne reposait-elle que sur les considérations théoriques suivantes, qui d'ailleurs auraient conservé leur valeur pour le type homopolaire ordinaire, alors en question (dans lequel il ne s'agissait pas d'une F. E. M asymétrique), s'il se construisait encore. Dans ce cas, les forces magnétomotrices des bobines impaires, telles que *9*, *10*, etc., pourraient, sans enroulement *15* ou *16*, être compensées dans leur action magnétisante le long de l'anneau par celles d'un même nombre de bobines paires, identiques à *9* et *10*, situées au milieu de l'intervalle laissé libre entre les bobines impaires; les bobines des deux parités étant alors montées en série de telle sorte, que le courant d'une bobine paire circule autour de la section de l'anneau en sens inverse de celui d'une bobine impaire. Indépendamment de cette compensation, une partie des lignes de force du flux de self-induction trouverait, cela saute aux yeux, un chemin trop facile au travers de la carcasse dans laquelle elle engendrerait des courants parasites. Un enroulement allant à même fin que l'enroulement *17* (fig. 4) rendrait service, mais compliquerait les choses sans profit par rapport à l'enroulement habituel.

Bien avant l'essai auquel je viens de faire allusion, j'avais entendu dire qu'en raison de la double coupe simultanée des lignes de force par les deux conducteurs de la spire d'un enroulement à anneau, la F. E. M. du conducteur d'aller se trouvant contrebalancée par celle du conducteur de retour de la spire, il serait impossible de construire un alternateur homopolaire à induit bobiné en anneau. Mon expérience étant en désaccord avec ceci, du moins quant au dégagement de la F. E. M., je me promis d'étudier incidemment la chose de plus près dès que cela serait possible.

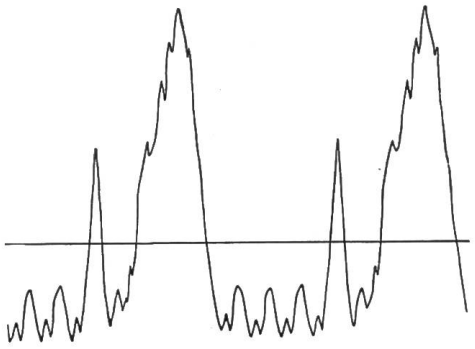


Figure 9. Reproduction de l'oscillogramme d'une force électromotrice induite dans une spire d'anneau Gramme par un inducteur homopolaire spécial.

Dans une machine homopolaire construite en vue d'une autre étude que celle-ci, je disposai, à cet effet, quelques spires d'investigation enveloppant la section de l'induit. Je me proposais de déterminer, à l'aide de l'oscillographe, la forme de la F. E. M. qui s'y dégagerait. J'obtins l'oscillogramme (fig. 9) qui faisait apparaître des ondes nettement asymétriques.

Allant plus loin qu'en 1899 je me demandai, cette fois, s'il y aurait, en accentuant l'asymétrie, des applications de cette F. E. M., et je fus conduit à penser qu'on pourrait utiliser une machine donnant cette forme de F. E. M., à l'alimentation d'une bobine de Ruhmkorff. Il n'était pas difficile, en effet, de voir que le courant, qu'une telle machine enverrait dans la bobine, serait théoriquement, en négligeant les petites sinuosités dues aux dentelures, de la forme *26* (fig. 11) c'est à dire analogue au courant que fournit à cet appareil une tension continue interrompue périodiquement, abstraction faite de la position de l'axe des abscisses (fig. 10). En ce qui concerne ce dernier point, il était clair qu'il serait sans influence sur la F. E. M. de haute tension de la bobine. Les dérivées des deux fonctions (représentées par les figures 10 et 11) ayant à peu près la même allure, on pouvait s'attendre à des F. E. M. de formes semblables induites par ces courants, pourvu, bien entendu, que celui selon figure 10 parvint à son développement. On a vu, sous titre V, comment, quant à ce dernier point, toute crainte, d'ailleurs justifiée dans le cas de l'induit à anneau, fut d'emblée bannie.

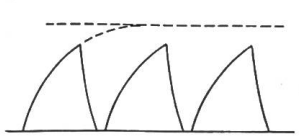


Figure 10. Forme théorique du courant d'alimentation d'un inductorium.

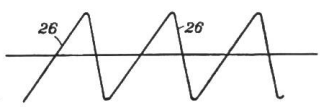


Figure 11. Forme théorique du courant fourni à un inductorium par une machine du type décrit.

Quelque temps après avoir fait ces réflexions, j'assistai à une conférence sur les appareils construits par la maison Siemens et Halske en vue de la production des rayons X. Il me parut que, si l'on réussissait à dégager ces rayons à l'aide d'un transformateur mis

sous tension par une machine telle que décrite dans ce qui précède, les réglages d'intensité et de fréquence s'effectueraient plus aisément que dans le cas de la création de ces rayons au moyen de l'inductorium.

Pensant au surplus, qu'au moyen de porte-étincelles et de condensateurs il serait probablement possible de produire du courant continu de haute tension sans l'intermédaire d'un collecteur, je crus intéressant d'entreprendre l'étude dont les premiers résultats d'expérience seront consignés dans ce qui suit.

J'ignorai jusqu'à ces derniers temps la tentative de production et d'utilisation d'une F. E. M. à ondes asymétriques faite en 1903 par la Société anonyme Westinghouse de Paris. Il est aisé de reconnaître qu'une machine selon le brevet Westinghouse ne fournirait, à égalité de dimensions, qu'environ la centième partie du courant qui peut être obtenu de la machine décrite ci-dessus.

(A suivre.) J. L. FARNY.

Vereinsnachrichten.

Protokoll
der
XXII. ordentl. Generalversammlung
des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins
Sonntag den 26. September 1909
im Kasino-Theater in La Chaux-de-Fonds.

Traktanden:

1. Wahl der Stimmenzähler.
2. Genehmigung des Protokolls der ausserordentlichen Generalversammlung vom 13. Dezember 1908 in Olten.
3. Jahresbericht des Vorstandes über das Vereinsjahr 1908/09.
4. Jahresbericht der Aufsichtskommission der Technischen Prüfanstalten über das Geschäftsjahr 1908/09.
5. Bericht der Rechnungsrevisoren über die Vereinsrechnung und über die Rechnung der Technischen Prüfanstalten.
6. Budget des S. E. V.
7. Antrag der Aufsichtskommission betr. Verwendung des Ueberschusses der Rechnung der Techn. Prüfanstalten.
8. Budget der Techn. Prüfanstalten 1909/10.
9. Festsetzung der Jahresbeiträge.
10. Statutarische Wahlen:
    a) Drei Mitglieder des Vorstandes des S. E. V.;
    b) Zwei Rechnungsrevisoren.
11. Berichterstattungen:

I. Kommissionspräsidenten:
    a) Kommission für Masseinheiten und einheitliche Bezeichnungen;
    b) Kommission für Normalien;
    c) Kommission für Erdrückleitung von Starkströmen;
    d) Kommission für das eidgen. Wasserrechtsgesetz;
    e) Kommission für Ueberspannungsschutz.

II. Der Vertreter des S. E. V. in der Schweiz. Studienkommission für elektr. Bahnbetrieb.

III. Aus der eidgen. Kommission für elektr. Anlagen.

12. Wahl des Festortes für 1910.
13. Diverses.

Anwesend sind 153 Mitglieder und Gäste; unter letztern möchten wir die HH. Generaldirektor Sand der Schweiz. Bundesbahnen und Dr. Bonzon, Sekretär des eidgen. Eisenbahndepartementes, speziell aufführen.

Der Präsident, Hr. Ingenieur K. P. Täuber, eröffnet die Generalversammlung um 8½ Uhr und heisst die Mitglieder im gastlichen Chaux-de-Fonds herzlich willkommen.

1. Zu Stimmenzählern werden vorgeschlagen die HH. Henri Payot und A. de Montmollin.

2. Das Protokoll der ausserordentlichen Generalversammlung vom 13. Dezember 1908 in Olten (Bulletin Nr. 51) wird ohne Diskussion genehmigt.

3. Der Jahresbericht des Vorstandes liegt in deutscher Sprache gedruckt vor; er ist unter die Mitglieder verteilt. In französischer Uebersetzung ist das Manuskript vorhanden.

Die französische Uebersetzung wird verlesen und hierauf der Jahresbericht ohne Diskussion genehmigt.

Hr. Bonzanigo, Bellinzona, frägt an, ob die neuen Vereinsvorschriften nicht auch in italie-