Contribution à l'étude du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques

Autor(en): **Chavannes, Roger**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **12 (1886)**

Heft 8

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-12950

12e ANNÉE DÉCEMBRE 1886 No 8

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 8 FOIS PAR AN

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU MAGNÉTISME ET DE LA CONSTRUCTION DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

par Roger Chavannes, ing.

Première Partie

(Avec planche.)

THÉORIE ALGÉBRIQUE

Toute machine dynamo-électrique se compose de deux parties principales : l'induit et l'inducteur.

Les lois qui relient entre elles l'intensité du courant, la résistance, la vitesse et le magnétisme peuvent se déduire pour une machine idéale des lois de l'électro-dynamique.

Ces lois semblent douées à première vue d'un caractère de simplicité qui paraîtrait faire prévoir une analyse facile du fonctionnement et du calcul des dynamos. Il n'en est rien en réalité, par le fait des relations réciproques des fils induits sur eux-mêmes et sur les champs magnétiques voisins.

Le problème se simplifie si l'on s'occupe seulement de rechercher les lois du fonctionnement d'une dynamo dans des limites données, par exemple, entre un courant extérieur égal à 0, ou faible, et un courant d'une certaine intensité, maximum prévu pour l'emploi pratique de la machine.

Nous allons voir que les trois quantités les plus importantes à connaître sont le magnétisme moyen et deux coefficients dépendant de la forme et de la dimension des électros.

Donnons d'abord un tableau de toutes les quantités intervenant dans les calculs ; avec les signes par lesquels nous les désignerons. — Soient :

I L'intensité du courant qui circule dans le circuit extérieur d'une dynamo.

i L'intensité du courant qui circule dans les électros.

E La force électro-motrice.

e La différence de potentiel aux bornes ou aux balais, suivant le cas.

R La résistance de l'anneau.

r_s » des électros en série.

r_d » » dérivation.

ρ » du circuit extérieur.

v La vitesse des fils induits.

L La longueur de chaque spire admise comme longueur utile. (Fig. 4.)

b Le nombre de lames du collecteur.

f Le nombre de spires en série qui aboutissent à deux lames voisines du collecteur.

bf Nombre total de spires en série.

μ Magnétisme.

Y, Z, etc. Nombre de spires d'un électro.

Nous supposerons qu'il s'agisse d'un anneau Gramme ou Siemens (Hefner-Alteneck) dont les fils induits sont parallèles à l'axe de rotation et perpendiculaires à la vitesse. Nous admettrons en outre que les fils placés entre l'armature de fer doux et les masses polaires sont seuls utiles, et que la longueur utile de chaque spire est égale à la longueur de la masse polaire. D'autre part, le nombre de spires utiles sera égal au nombre total de spires en série divisé par le nombre de pôles.

Les lois de l'électro-dynamique nous apprennent que la force électro-motrice d'un fil passant dans un champ magnétique et perpendiculaire à la vitesse et au plan de cette vitesse est proportionnelle :

1o à la vitesse ;

2o à la longueur du fil ;

3o à l'intensité du champ magnétique.

Nous aurons donc :

(1) $$E = \frac{b f L}{2} v \mu$$

pour une machine à deux poles.

Magnétisme d'un électro. — M. Fröhlich a prouvé que l'intensité magnétique d'un électro-aimant, dont le courant est i et le nombre de spires est Y, est représentée très approximativement par la loi :

(2) $$M = \frac{\alpha Y i}{1 + \beta Y i}$$

Nous sommes obligés d'admettre que le magnétisme moyen ou utile d'une dynamo, mesuré au moyen de la formule (1), est proportionnel au magnétisme M que les électros auraient s'il n'y avait pas d'anneau en mouvement. Cette hypothèse n'est exacte que dans les limites pratiques de l'emploi d'une dynamo.

Nous pourrons donc poser :

$$\mu = K M$$

et reporter le coefficient K sur le coefficient α, de telle sorte qu'on ait :

(3) $$\mu = \frac{\alpha Y i}{1 + \beta Y i}$$

Remarquons que dans la formule (1) si l'on pose

$$\frac{b f \mathrm{L}\, v}{2} = 1$$

on aura :

$$\mu' = [\,\mathrm{E}\,]_{\frac{bfL}{2}=1}$$

ce que nous traduirons en disant que *la valeur de μ est mesurée par la force électro-motrice d'un fil parcourant le champ magnétique avec la vitesse 1, la longueur étant 1.*

Nous pouvons donc exprimer la longueur des spires et la vitesse au moyen de telles unités qu'il nous plaira ; *mais α correspondra à ces unités choisies et variera si elles sont changées.*

Les éq. (1) et (2) donnent finalement

$$\mathrm{E} = \frac{b f \mathrm{L}}{2} v \frac{\alpha \mathrm{Y} i}{1 + \beta \mathrm{Y} i} \tag{4}$$

Dynamo-série.

(Fig. 1.)

La dynamo-série étant la plus simple à étudier, nous commencerons par elle.

Le courant total circule dans les électros, on a donc $i = \mathrm{I}$, et

$$\mathrm{E} = \frac{b f \mathrm{L}}{2} v \frac{\alpha \mathrm{Y I}}{1 + \beta \mathrm{Y I}} \tag{5}$$

Appelons $\Sigma\,\mathrm{R}$ la somme des résistances R, r_s et ρ.

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{E}}{\Sigma\,\mathrm{R}}, \tag{6}$$

$$\text{d'où } \mathrm{I} = \frac{1}{\beta}\left(\frac{b f \mathrm{L}}{2} \alpha \frac{v}{\Sigma\,\mathrm{R}} - \frac{1}{\mathrm{Y}}\right) \tag{7}$$

et, éliminant I de l'éq. (3),

$$\mathrm{E} = \frac{1}{\beta}\left(\alpha \frac{b f \mathrm{L}}{2} v - \frac{\Sigma\,\mathrm{R}}{\mathrm{Y}}\right) \tag{8}$$

La différence de potentiel aux bornes, e, étant

$$e = \mathrm{E} - \mathrm{I}\left(\mathrm{R} + r_s\right) = \mathrm{I}\,\rho = \mathrm{E}\frac{\rho}{\Sigma\,\mathrm{R}} \tag{9}$$

on aura

$$e = \frac{1}{\beta}\left(\alpha \frac{b f \mathrm{L}}{2} v \frac{\rho}{\Sigma\,\mathrm{R}} - \frac{\rho}{\mathrm{Y}}\right) \tag{10}$$

L'équation (6) est celle d'une courbe qu'on a nommée la *caractéristique* d'une machine dynamo-série. Les seules variables sont v et $\Sigma\,\mathrm{R}$, et on voit que l'intensité n'est fonction que de leur rapport, fait qui a été remarqué pour la première fois par M. Fröhlich.

Dans la pratique on détermine souvent la caractéristique pour une **vitesse constante,** ce qui est le procédé de M. Marcel Deprez.

Désamorcement. Lorsqu'on a

$$\alpha \frac{b f \mathrm{L}}{2} \frac{v}{\Sigma\,\mathrm{R}} = \frac{1}{\mathrm{Y}} \tag{11}$$

il s'ensuit que I = O,

ce qui signifie que la machine ne commence à donner un courant que lorsque la valeur de $\frac{v}{\Sigma\,\mathrm{R}}$ a atteint une certaine limite qu'on nomme celle du désamorcement. Pour une résistance donnée la machine se comporte comme si un certain nombre de tours ne comptait pas ; on appelle quelquefois ce nombre les *tours morts.*

Les équations précédentes nous donnent les lois de *fonctionnement* d'une dynamo-série ; elles ne nous apprennent rien relativement à sa *construction.*

Pour avoir quelque donnée à cet égard rappelons que nous avons défini le facteur μ comme la force électro-motrice d'un fil parcourant le champ magnétique avec la vitesse un, la longueur du fil étant un.

L'éq. (7) nous donne :

$$\mu = \frac{1}{\beta}\left(\alpha - \frac{\Sigma\,\mathrm{R}}{\mathrm{Y}\, v} \frac{2}{b f \mathrm{L}}\right) \tag{11}$$

en remplaçant E par sa valeur dans l'éq. 1.

Maximum théorique de μ. — L'éq. (11) montre que le magnétisme μ ne dépend que du rapport $\frac{\Sigma\,\mathrm{R}}{v}$, et sa *limite maxima* correspond à

$$\frac{1}{\mathrm{Y}} \frac{\Sigma\,\mathrm{R}}{v} \frac{2}{b f \mathrm{L}} = 0$$

ou

$$\frac{\Sigma\,\mathrm{R}}{v} = 0$$

ce qui ne peut se réaliser que par

$$\Sigma\,\mathrm{R} = 0 \quad \text{ou} \quad v = \infty$$

ce qui donnerait

$$\mu_{\text{max théor.}} = \frac{\alpha}{\beta}$$

Ainsi le facteur μ a une *valeur théorique maxima finie* et égale au coefficient $\frac{\alpha}{\beta}$.

Magnétisme moyen ou valeur normale du magnétisme moyen. — Ce maximum n'a pas seulement une valeur théorique ; il existe en outre une limite pratique de μ. En effet la vitesse ne dépasse pas ordinairement l'allure normale de la machine, et la résistance est également limitée par l'échauffement. Il existe donc une *limite maxima pratique et réelle* de μ, limite qui correspond à la résistance pour laquelle la machine arrive à l'*intensité maxima pratique du courant, à la vitesse normale.*

Nous avions proposé pour cette limite le nom de *constante caractéristique.* On la désigne plutôt sous le nom de *valeur normale du magnétisme moyen*, ou *magnétisme moyen* tout court, ou encore, sans explication, *magnétisme* de la machine.

Si l'on exprime la longueur des spires et la vitesse en mètres, le nombre d'unités du champ magnétique est donné en unités C. G. S. par la relation

$$\mathrm{M} = \mu \times 10^4$$

ce qu'on peut démontrer par la définition même des unités C. G. S.

Nous emploierons comme unité le *centimètre ;* ce qui donne

$$\mathrm{M} = \mu \times 10^8$$

Exemples : — Choisissons pour exemple la machine Gramme type A, 1873. (Ateliers Sautter et Lemonier.)

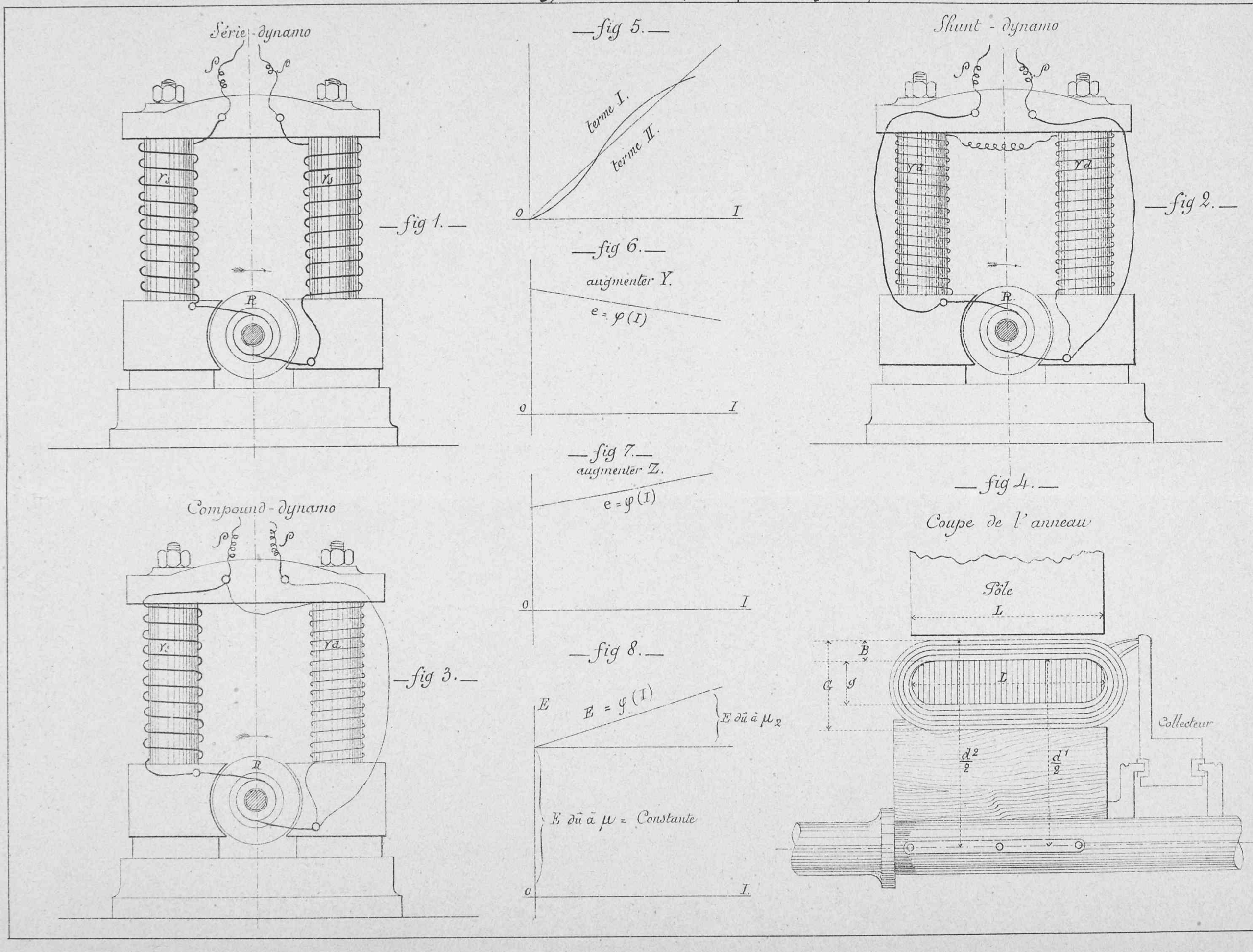
Les constantes sont :

$\mathrm{R} + r_s =$ 1,2 ohms

$\frac{b\,f}{2} =$ 505

$\mathrm{L} =$ 10,5

Étude des machines dynamo-électriques par Roger Chavannes ingr.



Seite / page

leer / vide / blank

Pour l'allure normale on a

$I =$	25	ampères
$e =$ (aux bornes)	50	volts
nombre des tours	900	tours
$v =$	800	cm.

Ce qui donne pour le *magnétisme moyen*

$$\mu = 0,\ 000\ 018\ 9$$

ou en unités C. G. S.

$$M = 1890$$

Pour une autre machine A sortie des ateliers Ducommun à Mulhouse, nous avons trouvé pour les *valeurs particulières :*

$$1600 \text{ tours}$$

$$I = 20 \text{ ampères}$$

$$E = 124 \text{ volts}$$

$$v = 1560 \text{ cm.}$$

$$\frac{b\,f}{2} = 505$$

$$L = 9{,}6 \text{ cm.}$$

$$\mu = 1650 \text{ unités.}$$

Shunt-dynamo.

(Fig. 2.)

Equations du fonctionnement. — Soit i le courant qui circule dans les Y spires des électros. On aura :

$$(12) \qquad i = \frac{E - (I + i)\,R}{r_d}$$

Soit encore $\Sigma\,R$ la résistance réduite des circuits R r_d et ρ, ou par définition :

$$(13) \qquad \frac{1}{\Sigma\,R} = \cfrac{1}{R + \cfrac{1}{\cfrac{1}{r_d} + \cfrac{1}{\rho}}}$$

$$I + i = \frac{E}{\Sigma\,R}$$

ce qui, introduit dans l'éq. (12), donne :

$$(14) \qquad i = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,\frac{v}{r_d}\left(1 - \frac{R}{\Sigma\,R}\right) - \frac{1}{Y}\right]$$

Développons l'expression $1 - \frac{R}{\Sigma\,R}$.

$$1 - \frac{R}{\Sigma\,R} = 1 - \cfrac{R}{R + \cfrac{1}{\cfrac{1}{r_d} + \cfrac{1}{\rho}}} = \cfrac{1}{1 + \cfrac{R}{r_d} + \cfrac{R}{\rho}}$$

ce qui donne à l'éq. (14) une autre forme

$$(14 \text{ bis}) \quad i = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,\frac{1}{r_d}\,\frac{v}{1 + \frac{R}{r_d} + \frac{R}{\rho}} - \frac{1}{Y}\right]$$

La différence de potentiel aux balais sera

$$(15) \qquad e = i\,r_d = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,v\left(1 - \frac{R}{\Sigma\,R}\right) - \frac{r_d}{Y}\right]$$

Le courant extérieur $I = \frac{e}{\rho}$:

$$(16) \qquad I = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,\frac{v}{\rho}\left(1 - \frac{R}{\Sigma\,R}\right) - \frac{r_d}{Y\rho}\right]$$

On trouvera de même le courant total $I + i$ par addition des formules (14) et (16).

$$(17) \quad I + i = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,v\,\frac{1 - \frac{R}{\Sigma\,R}}{\Sigma\,R - R} - \frac{1}{Y}\left(1 + \frac{r_d}{\rho}\right)\right]$$

La force électro-motrice $E = (I + i)\,\Sigma\,R$ aura pour équation en fonction des résistances, et en remarquant que dans le développement on a

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{r_d} = \frac{1}{\Sigma\,R - R}$$

$$(18) \qquad E = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,v - \frac{r_d}{Y}\,\frac{1}{1 - \frac{R}{\Sigma\,R}}\right]$$

ou encore

$$(18 \text{ bis}) \quad E = \frac{1}{\beta}\left[\alpha\,\frac{b\,f\,L}{2}\,v - \frac{r_d}{Y}\left(1 + \frac{R}{r_d} + \frac{R}{\rho}\right)\right]$$

Dans ces diverses équations les seules variables sont la vitesse et les résistances, qui sont les deux quantités les plus faciles à déterminer pratiquement.

Désamorcement. — On voit facilement que si la résistance extérieure $\rho = \infty$ on retombe sur le cas d'une série-dynamo sans résistance extérieure (court-circuit). Il peut donc y avoir désamorcement pour une vitesse déterminée.

Le désamorcement a également lieu si ρ a une valeur très faible. Si pratiquement on met en court-circuit les balais, le courant extérieur s'annule et le travail devient presque 0, les électros n'étant plus magnétisés.

Magnétisme moyen. — En nous reportant à l'équation

$$\mu = \frac{E}{v}\,\frac{2}{b\,f\,L}$$

on aura

$$(19) \qquad \mu = \frac{1}{\beta}\left[\alpha - \frac{2}{b\,f\,L}\,\frac{r_d}{v\,Y}\,\frac{1}{1 - \frac{R}{\Sigma\,R}}\right]$$

ou encore

$$(19 \text{ bis}) \quad \mu = \frac{1}{\beta}\left[\alpha - \frac{r_d}{Y\,v}\,\frac{2}{b\,f\,L}\left(1 - \frac{R}{r_d} + \frac{R}{\rho}\right)\right]$$

Il est facile de voir que μ varie peu ; car dans une bonne machine $\frac{R}{\Sigma\,R}$ doit toujours rester une fraction faible, sous peine d'avoir un faible rendement électrique.

On pourrait donc, sans grande erreur, écrire :

$$\mu = \frac{1}{\beta}\left(\alpha - \frac{2}{Y\,b\,f\,L}\,\frac{r_d}{v}\right)$$

et si r_d est constant (il l'est presque toujours) μ sera constant pour la vitesse de régime ou pour toute autre vitesse constante.

En faisant varier r_d par une résistance additionnelle on fera varier μ et par suite E et on pourra obtenir une différence de potentiel constante au balai. C'est le moyen de réglage employé dans les machines Edison et similaires.

Compound-dynamo.

(Fig. 3.)

Conditions de fonctionnement. — Supposons que nous voulions avoir dans une dynamo donnée une différence de potentiel constante aux bornes, quelle que soit la résistance du courant extérieur, la vitesse étant elle-même constante.

Posons donc $\qquad e =$ constante.

L'équation de la force électro-motrice en fonction de e et des résistances est pour une série-dynamo :

$$E = e + I(R + r_s) = e\left(1 + \frac{R + r_s}{\rho}\right)$$

équation d'une ligne droite. E est proportionnel à I

Posons maintenant

$$e = \frac{b f L}{2} v \mu_1 \tag{20}$$

$$E - e = \frac{b f L}{2} v \mu_2 \tag{21}$$

ce qui revient à supposer deux sources de magnétisme μ_1 et μ_2.

Puisque e est constant μ_1 sera constant pour une vitesse déterminée.

Le magnétisme μ_2 sera dû à l'induction des électros par le courant principal.

Nous pourrons donc écrire :

$$E - e = \frac{b f L}{2} v \frac{\alpha Y I}{1 + \beta Y I} \tag{22}$$

ou, en remplaçant e par sa valeur

$$E = \frac{b f L}{2} v \left(\mu_1 - \frac{\alpha Y I}{1 + \beta Y I}\right) \tag{23}$$

d'où on tire e

$$e = \frac{b f L}{2} v \mu_1 + \frac{b f L}{2} v \frac{\alpha Y I}{1 + \beta Y I} - (R + r_s) I \tag{24}$$

Le premier terme de cette équation étant lui-même égal à e, il s'ensuit que

$$\frac{b f L}{2} v \frac{\alpha Y I}{1 + \beta Y I} - (R + r_s) I = 0 \tag{25}$$

Si l'on admet v constant l'éq. (25) ne peut être satisfaite, car le premier terme peut être représenté par la courbe I (fig. 5) et le second par la droite II.

Cette équation de condition ne pourrait donc être satisfaite que si $\frac{\alpha Y I}{1 + \beta Y I}$ pouvait être remplacé par un terme proportionnel à I, ou si l'on pouvait écrire :

$$\mu_2 = \frac{b f L}{2} v_1 \alpha' Y I \tag{26}$$

v_1 étant une vitesse déterminée (celle du régime). L'éq. (26) veut dire que dans un intervalle $I = 0$ à I_0, soit dans les limites du fonctionnement de la machine, le magnétisme est proportionnel au courant, ou que *dans l'intervalle considéré les électros se maintiennent très loin de leur saturation.*

Nous pouvons résumer ce qui précède en disant que les conditions réclamées par une dynamo pour avoir une différence de potentiel constante aux bornes sont les suivantes :

a) e sera constant pour une **vitesse critique** et constante v_1, et pour cette vitesse seulement.

b) L'induction devra être développée :

1° par une **aimantation permanente** à laquelle correspond le terme μ_1 ;

2° par une **aimantation due au courant principal**, induisant des électros tels qu'ils soient éloignés de leur point de saturation jusqu'à la limite pratique du courant I_0.

Si ces conditions sont réalisées on pourra écrire :

$$\frac{b f L}{2} v_1 \alpha' Y I = (R + r_s) I \tag{27}$$

d'où

$$v_1 = \frac{R + r_s}{Y \alpha'} \frac{2}{b f L} \tag{28}$$

$$\alpha' = \frac{R + r_s}{v_1 Y} \frac{2}{b f L} \tag{29}$$

$$e = v_1 \mu_1 \frac{b f L}{2} \tag{30}$$

La vitesse critique peut donc se déterminer par l'équation (28) si l'on connaît Y et α'.

Y est donné par la construction même des électros, et le coefficient α' par l'étude de la caractéristique correspondante.

En pratique on peut s'imposer une vitesse de régime et chercher Y par une première expérience faite à l'aide de bobines auxiliaires et mobiles.

On ne pourrait pas réaliser les conditions énoncées plus haut en faisant les électros en acier trempé, car alors l'équation

$$\mu_2 = \frac{b f L}{2} \alpha' I$$

ne serait plus exacte, puisque l'aimantation serait relativement voisine de la saturation.

Des équations précédentes on tire :

$$\mu_2 = E \frac{b f L}{2} \frac{R + r_s}{v_1 \Sigma R} \tag{31}$$

$$E = \frac{b f L}{2} v_1 \left(\mu_1 + \frac{\Sigma R}{\rho}\right) \tag{32}$$

et l'équation de E peut se mettre sous la forme voulue :

$$E = \text{constante} + I(R + r_s)$$

La fig. 8 représente le rôle relatif joué par les deux sources d'induction.

Machine compound proprement dite. — Puisque nous avons vu que μ_1 doit être constant, on pourra réaliser l'aimantation permanente que ce terme représente par un courant constant. Il est facile d'en obtenir un par la machine même, puisque e = constante.

Nous pourrons donc construire une *compound dynamo* — c'est le nom qu'on a donné aux machines à double circuit — à différence de potentiel constante, en enroulant autour des électros un circuit en série et un circuit en dérivation parcouru par un courant d'intensité :

$$i = \frac{e}{r_d}$$

Les connexions étant faites comme dans la fig. 3 — *longue dérivation* — il est facile de voir que les équations de condition restent les mêmes. En effet, posant

$$\frac{1}{\Sigma \rho} = \frac{1}{\rho} + \frac{1}{r_d}$$

nous aurons

$$\mu_1 = \frac{1}{\beta}\left[\alpha - \frac{2}{b f L} \frac{R + r_s + \Sigma\rho}{(Y + Z) v_1}\right] \tag{33}$$

et nous serons obligés de poser μ_1 = constante, comme précédemment.

Quand le courant dans le circuit extérieur est nul, la machine est dans les conditions d'une série-dynamo. Le circuit des électros en série est alors, ainsi que celui des électros en dérivation, parcouru par le courant i.

M. S. Thompson fait remarquer que, en remplaçant ρ par r_d dans l'éq. (9), on a :

$$(34)\quad e = \frac{1}{\beta}\left[\alpha \frac{b\,f\,L}{2} v_1 \frac{r_d}{R + r_d + r_s} - \frac{r_d}{Y + Z}\right]$$

et, en remplaçant v_1 par sa valeur dans l'éq. (28) :

$$(35)\qquad e = \frac{1}{\beta}\left[\frac{R + r_s}{Y\left(1 + \frac{R + r_s}{r_d}\right)} - \frac{r_d}{Y + Z}\right]$$

Comme on doit, dans une bonne machine, avoir $\frac{R + r_s}{r_d}$ très petit, on pourra écrire

$$(36)\qquad e = \frac{1}{\beta}\left(\frac{R + r_s}{Y} - \frac{r_d}{Y + Z}\right)$$

M. S. Thompson fait remarquer que β étant très petit, on peut écrire

$$\beta e = 0$$

$$\text{ou } \frac{R + r_s}{Y} = \frac{r_d}{Y + Z} \text{ et}$$

$$(37)\qquad \frac{Z}{Y} = \frac{r_d - (r_s - R)}{R + r_s}$$

Cette équation serait fort commode pour déterminer par une première approximation le rapport du nombre des spires en série et en dérivation ; mais nous n'avons pas trouvé qu'elle se vérifiât en pratique, au moins pour les machines que nous avons eues entre les mains.

Au reste, il ne faudrait pas se faire de grandes illusions sur le calcul des machines compound. En effet, il faut admettre :

1° que les électros sont loin de leur point de saturation, ce qui permet de poser $\beta = 0$ (ce n'est pas toujours le cas) ;

2° que la différence de potentiel aux bornes suit bien la loi

$$E = \text{constante} + (I + i)(R + r_s)$$

ce qui revient à supposer nulle la réaction du magnétisme de l'anneau sur celui des inducteurs.

Aussi, si l'on veut se servir des équations précédentes, le mieux est-il de calculer ces machines comme dynamos-shunts pour $I = 0$, et après avoir déterminé $\frac{Z}{Y}$ et la vitesse critique v_1, de construire la machine et de vérifier par l'expérience le calcul.

En général, et quelle que soit la méthode de détermination des éléments de la machine, on trouve que la différence de potentiel aux bornes atteint un maximum pour un certain débit. On cherchera à ce que ce maximum se produise pour le débit le plus fort, afin de parer aux pertes dues aux câbles du circuit extérieur.

Il est facile de comprendre que lorsque la courbe $e = (I)$ monte (fig. 7), il faut augmenter Z ou diminuer Y, autrement dit donner plus de prépondérance au courant inducteur en dérivation — et inversement si la courbe descend (fig. 6). On fait facilement ces corrections en enroulant ou déroulant du fil de l'un des circuits, ou encore, si la valeur absolue d' e n'est pas celle qu'on cherche, en modifiant la vitesse de régime v_1.

Plus les électros sont volumineux, moins il faut de fil enroulé en série. On l'a même supprimé comme pratiquement inutile dans la plupart des machines Edison.

L'avantage pratique des shunts-dynamos est que les échauffements nuisibles sont beaucoup moins à craindre, le magnétisme diminuant avec ρ, et variant par conséquent en sens inverse du courant.

Une compound-dynamo mise en court-circuit se trouve dans les conditions d'une série-dynamo, et l'échauffement de la machine peut devenir dangereux. Pour la shunt-dynamo la mise en court-circuit annule presque le courant.

LES DÉPOTS SALINS DANS LE DISTRICT D'AIGLE

ET LEUR EXPLOITATION

par E. de Vallière, ingénieur.

Première partie

Les anciennes mines de sel.

Les mines actuelles de Bex, malgré l'importance des travaux qui les composent, ne sont qu'une faible partie du réseau des anciennes mines ouvertes pour la recherche du sel sur le territoire vaudois.

Dans ce but, d'immenses travaux ont été exécutés dont il ne reste plus aucune trace visible. La plupart des habitants même de la contrée les ignorent.

Les travaux plus facilement accessibles, situés près de Bex, ont dès leur origine excité la curiosité et l'admiration de nombreux visiteurs et attiré l'attention de savants distingués. Ces mines, uniques en Suisse dans leur genre, méritent en effet d'être visitées aussi bien à cause de l'immense développement de leurs travaux souterrains que comme étude d'un problème géologique encore difficile à résoudre.

L'étendue du bassin salifère vaudois comprend toute la contrée située entre la Grand'Eau, le col du Pillon, la montagne d'Arpille, l'Avançon et le Rhône. On peut y ajouter les dépôts gypseux de Villeneuve dans lesquels on a trouvé en 1810 de l'eau salée à 19 %.

En dehors du canton de Vaud, ce bassin se prolonge par le haut Simmenthal jusqu'au bord du lac de Thoune et dans la direction opposée jusqu'à Moutiers en Tarentaise.

Par ordre d'ancienneté, les mines suivantes ont été ouvertes sur le territoire vaudois.

1° La mine de Panex, sur la commune d'Ollon, commencée en 1554.

2° La mine du Fondement, sur le territoire des communes d'Ollon et de Bex, ouverte en 1684.

3° La mine du Bouillet, commencée en 1726, sur la commune de Bex, abandonnée en 1730 et reprise en 1811.

4° La mine de Fontaine-salée, ouverte en 1755 au pied nord de la pointe de Chamossaire, sur le territoire d'Ormont-dessous.

5° La mine d'Entre deux Gryonnes, sur la commune d'Ollon, ouverte en 1775.

6° La mine du Dard ouverte en 1790.

7° La mine des Vauds » 1790.

8° La mine d'Arveye » 1790.

Ces trois dernières sur la commune d'Ollon.

Outre ces travaux principaux, diverses galeries de sonde furent ouvertes sur différents points de ce vaste territoire. Celle de Sublin près du Bévieux, commencée vers 1745 et abandonnée après un cheminement de 150 m. environ, a été reprise en 1880. Elle est destinée à devenir bientôt la principale galerie des mines actuelles. Très importante déjà par sa proximité de la saline du Bévieux qui n'est qu'à 400 m. de son entrée, cette galerie a de plus le très grand avantage d'éviter le dangereux voisinage de la Gryonne.

Les cinq premières de ces mines doivent leur origine à la