



La dynamo de Gramme

La dynamo est une machine qui transforme l'énergie mécanique amenée sur son axe en une énergie électrique recueillie aux bornes des balais.

Cette machine se compose essentiellement de deux parties :

- La carcasse fixe qui supporte des pôles (Nord et Sud) est appelée inducteur ou encore stator.
- La partie tournante est constituée d'un anneau de fer doux sur lequel est enroulé un bobinage aux bornes duquel on recueille le courant induit. C'est la raison pour laquelle on l'appelle induit ou encore rotor.

Dans les petites machines, l'inducteur est constitué d'aimants permanents. Pour les machines plus puissantes, ce sont des électroaimants alimentés par une source auxiliaire ou encore auto-alimentés.

Le bobinage du rotor est divisé en plusieurs sections raccordées aux lames du collecteur sur lequel frottent les balais pour recueillir les courants induits.

La figure 1 donne une vue schématique de la dynamo de GRAMME.

Les pôles Nord et Sud produisent le flux inducteur. Le rotor est un anneau de fer doux qui canalise le flux : une moitié dans la partie supérieure de l'anneau, une moitié dans la partie inférieure.

Les figures 3 à 6 du panneau suivant montrent comment on trouve le sens des courants dans les diverses sections du bobinage.

Pour trouver la valeur de la tension induite dans la dynamo de GRAMME, considérons une spire du rotor qui effectue un tour complet.

Supposons qu'au départ, la spire se trouve en position horizontale et face au pôle Nord : le flux dans cette spire est alors nul. $F = 0$

Dans le sens de rotation indiqué (fig 1), supposons la spire un quart de tour plus loin.

Le flux qui la traverse vaut alors : $\frac{F}{2}$

Un quart de tour plus loin, cette spire se trouve en position horizontale face au pôle Sud : le flux qui la traverse est alors nul. $F = 0$

Encore un quart de tour plus loin, le flux est à nouveau maximum, mais il entre par l'autre face de la spire.

Il aura pour valeur : $-\frac{F}{2}$

Enfin, après le dernier quart de tour, la spire se trouve à nouveau face au pôle Nord et le flux qui la traverse est alors nul : $F = 0$

En valeur absolue et pour un tour complet d'une spire,

la variation de flux est : $DF = \frac{4F}{2}$

La durée d'un tour est : $Dt = \frac{1}{n} \text{sec}$

Si n est le nombre de tours par seconde du rotor.

En appliquant la loi de Faraday pour un spire :

$$e = \frac{DF}{Dt} = \frac{4F}{2} \cdot n$$

On obtient : $e = \frac{1}{n} \cdot 2Fn$ Soit encore : $e = \frac{4Fn}{2} = 2Fn$

Si M est le nombre de spires pour tout le rotor, on constate qu'entre deux balais, il y a $M/2$ spires en série qui contribuent à la production de tension.

$$E = \frac{2FnM}{2} = nMF$$

De plus, pour la dynamo de GRAMME, seuls les conducteurs qui se trouvent à la périphérie du rotor coupent les lignes de flux et sont donc seuls producteurs de force-électromotrice.

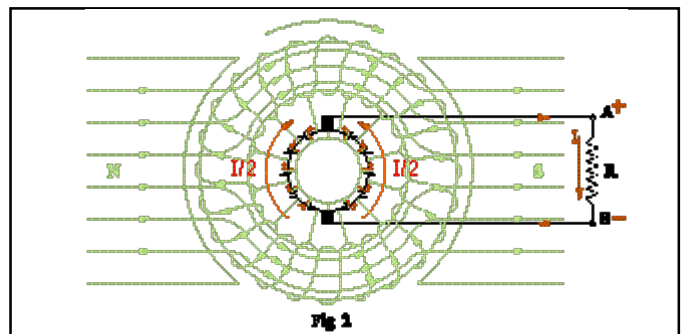
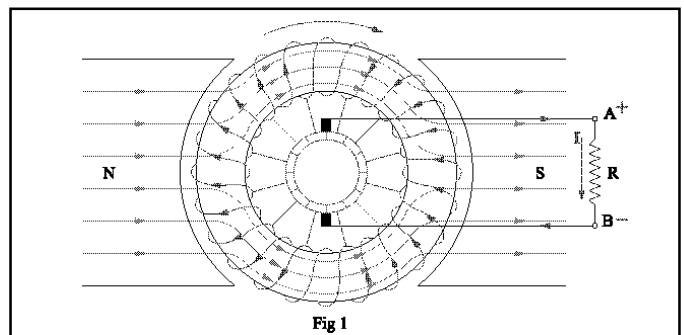
Si N est le nombre de conducteurs utiles, pour la dynamo de GRAMME, ce nombre de conducteurs utiles est donc égal au nombre de spires M . On peut donc écrire : $M=N$

La formule générale qui donne la valeur de la F.E.M. produite s'écrira donc : $E = nNF$

La figure 2 montre qu'on peut assimiler le bobinage du rotor à un ensemble de piles dont la moitié sont branchées en série entre les balais. Chaque pile est représentative de la tension induite dans une section de bobinage raccordée entre deux lames consécutives du collecteur.

Cette figure montre aussi que chaque moitié de l'induit se trouve branchée en parallèle sur l'autre moitié.

Ceci ne change rien à la valeur de la tension recueillie entre les balais mais montre que le courant dans le fil du bobinage ne vaut que la moitié du courant dans le circuit d'utilisation de la dynamo. Ceci est important pour déterminer la section des conducteurs de l'induit.



Zénobe GRAMME (1826-1901) est né à Jehay-Bodegnée près de Huy en Belgique. Il construisit une machine productrice de courant continu dont il fit breveter le collecteur.

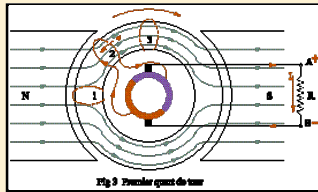


La dynamo de Gramme

Les figures 3 à 6 ci-dessous vont permettre de déterminer les sens du courant dans les spires de l'induit en fonction de leur position ainsi que de définir le rôle du collecteur. Pour cela, nous allons considérer une spire raccordée à un collecteur de deux lames et qui effectue un tour complet de la machine.

Etude du premier quart de tour.

La figure 3 montre une spire qui se trouve au départ dans la position 1. Le flux dans cette spire est nul. Lorsque cette spire tourne dans le sens de rotation choisi, elle passe par les positions 2 et 3. En 3, le flux dans celle-ci vaut alors $F/2$.



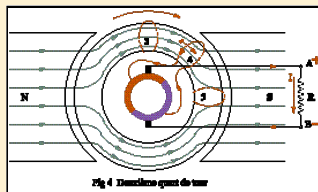
Il y a donc eu une augmentation de flux dans cette spire. Elle est donc le siège d'une f.é.m. induite.

Si le circuit est fermé (ce qui est ici le cas par l'intermédiaire des deux lames de collecteur, des balais et de la résistance du circuit d'utilisation) il y a naissance d'un courant induit qui traverse la spire et produit donc un flux que nous appellerons F' .

En vertu de la loi de LENZ, ce flux F' s'oppose à la cause qui l'a engendré c'est-à-dire ici à l'augmentation du flux principal $F/2$. Pour s'opposer à l'augmentation, le flux F' aura donc le sens contraire du flux principal. La règle du tire-bouchon de MAXWELL appliquée au sens du flux F' donne le sens du courant induit dans la spire (position 2). On constate que dans ce premier quart de tour, le courant vient de l'intérieur de l'anneau pour passer à l'extérieur.

Etude du deuxième quart de tour.

Dans le second quart de tour, la spire passe de la position 3 à la position 5 en passant par 4. Le flux était maximum en 3 pour devenir nul en 5.



Il y a donc dans cette zone une diminution de flux.

Qui dit diminution dit variation de flux.

Comme dans le premier quart de tour, toute variation de flux engendre une f.é.m. dans la spire. Comme le circuit est toujours fermé, cette f.é.m. induite va produire un courant induit qui produit à son tour un flux F' opposé à la diminution du flux principal en vertu de la loi de LENZ. La règle du tire-bouchon appliquée au sens de F' donne le sens du courant induit dans la spire (position 4).

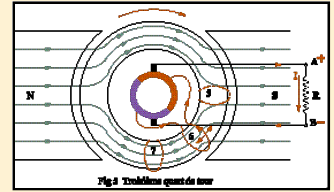
On constate cette fois que le courant vient de l'extérieur de la spire pour aller vers l'intérieur. Il y a donc inversion du sens du courant dans la spire au passage par le point 3.

Toutefois, il y a eu en même temps un changement de lame de collecteur sous un même balai. Il en résulte que dans le circuit extérieur, le courant a gardé le même sens.

C'est là le rôle très important du collecteur : il joue le rôle de redresseur et fait en sorte qu'à chaque changement de sens du courant dans une spire, il y a en même temps changement de lame de collecteur sous un même balai. Le courant dans le circuit extérieur garde le même sens et il s'agit bien de courant continu. C'est la trouvaille de ZÉNOBE GRAMME.

Etude du troisième quart de tour.

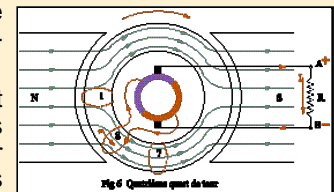
Le même raisonnement que celui effectué dans les deux quarts de tour précédents peut être fait. En position 5, le flux dans la spire est nul. En position 7, le flux est maximum, mais il pénètre par l'autre face de la spire. En valeur absolue, il s'agit d'une augmentation de flux. Les mêmes règles appliquées à la spire qui se trouve en position 6 montrent que le sens du courant induit passe de l'extérieur de cette spire vers l'intérieur.



Il n'y a pas eu d'inversion du sens du courant dans la spire, mais il n'y a pas eu de changement de lame de collecteur sous le même balai. Le courant a donc toujours le même sens dans le circuit extérieur.

Etude du quatrième quart de tour.

Considérons toujours la même spire qui se déplace de la position 7 à la position 1 en passant par 8.



Le même raisonnement que celui fait dans les trois premiers quarts de tour nous montre que cette fois le courant induit passe de l'extérieur de la spire vers l'intérieur.

Il y a donc eu inversion du sens du courant au passage de la spire par le point 7. Comme il y a aussi eu changement de lame de collecteur sous un même balai, le courant dans le circuit extérieur ne s'est pas inversé.

Remarques

- Dans la partie gauche de l'anneau, le courant a gardé le même sens : de l'intérieur vers l'extérieur.
- Dans la partie droite de l'anneau le courant a aussi gardé le même sens, mais il est inversé par rapport à la partie gauche : il est dirigé de l'extérieur vers l'intérieur.
- Le courant s'inverse donc aux points 3 et 7 qui se trouvent sur une verticale appelée LIGNE NEUTRE. C'est la raison pour laquelle les balais sont placés sur cette ligne.
- La section de bobinage raccordée entre deux lames de collecteur aux points 3 et 7 se trouve court-circuitée par le balai qui pose simultanément sur les deux lames. Ceci ne présente aucun inconvénient car cette spire n'est alors soumise à aucune variation de flux et n'est donc le siège d'aucune f.é.m..
- Lorsque la machine est en charge, des phénomènes annexes appelés réaction d'induit et commutation, obligent de décaler les balais dans le sens de rotation de la machine.
- Des pôles auxiliaires compensent les phénomènes de commutation.
- Ces problèmes annexes ne seront pas abordés ici.
- La dynamo est une machine réversible ; lorsqu'elle est entraînée mécaniquement, elle est génératrice mais elle devient moteur lorsqu'elle est alimentée par une source de courant continu.