
PRODUCTION ET CONVERSION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Niveau

Commentaires du jury

- 2014-2017 : Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs, ...) doivent être connus afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.
- 2013 : Dans ce montage, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes.
- 2009 : Le jury souhaiterait voir de réelles mesures de puissance, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal.
- 2008 : Les candidats ignorent généralement l'origine de la loi sur les courants pour le transformateur idéal ainsi que la notion de courant magnétisant. En outre, la visualisation à l'oscilloscope du cycle d'hystérésis est trop souvent assortie d'erreurs de calibration des axes (H, B), conduisant ainsi à des estimations de pertes par mesure d'aires dénuées de sens.
- 2007 : Il s'agit de conversion de puissance, non de conversion de signal.
- 2005 : Les hacheurs (même sous la forme série, la plus simple) ne sont pas utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu.

Bibliographie

—

pré-requis

Expériences

—

Table des matières

1	Production : La génératrice à courant continu	2
1.1	Etude à vide	2
1.2	Étude en charge	2
2	Conversion : étude d'un transformateur	3
2.1	Modèle du transformateur parfait : Étude à vide et en court circuit	3
2.2	Prise en compte de pertes : Étude des pertes fer	3
3	Conversion : De l'alternatif au continu	4

Introduction

On cherche à illustrer le fonctionnement des éléments principaux du réseau EDF : de la production à la conversion, en passant par l'ajustement de la tension.

1 Production : La génératrice à courant continu

1.1 Etude à vide

Equations de fonctionnement :

$$\begin{aligned}U_g &= k\phi_g\omega - r_g I_g \\ C &= k\phi_g I_g + C_r\end{aligned}$$

La première équation se déduit d'un comportement inductif de l'induit de la génératrice ($U_g = k\phi_g\omega$) que l'on vient corriger par des pertes par effet joule $-r_g I_g$. La deuxième équation correspond au couple issu d'un bilan des forces de Laplace selon les boucles de courant de l'induit ($C = k\phi_g I_g$) que l'on vient corriger par un couple résistif du aux frottements.

Mesure à vide de $k\phi_g$ (poly de TP page 36) :

A vide $I_g = 0$ on peut donc relier directement la vitesse de rotation à la tension à vide au borne de l'induit. On alimente les inducteurs de la génératrice et du moteur en parallèle à leur tension nominale ($U_e = 110V$). On utilise un rhéostat pour démarrer le moteur (en effet on a les même équation pour le moteur que pour la génératrice et on observe qu'à $\omega = 0$ il peut y avoir de gros courant qui passe si la résistance est petite (ce qui est le cas). On choisit un rhéostat essentiellement selon le fait qu'il puisse supporter assez de courant. Pour faire varier ω on modifie la tension dans l'induit du moteur. La vitesse est lue sur le tachymètre.

Matériel :

- Le banc Moteur avec les ses deux alimentations, son tachymètre et son couplemètre
- 4 multimètres

On connaît maintenant $k\phi_g \simeq 0.60V.s/rad$ on peut maintenant déduire les autres paramètres :

1.2 Étude en charge

Détermination de I_g et C_r (poly de TP page 36) :

On branche un rhéostat de $100\ \Omega$ sur l'induit de la génératrice. On mesure U_g et I_g . Pour plusieurs valeur de R on modifie la tension aux bornes de l'induit du moteur pour retrouver une fréquence de 10 Hz pour le moteur et on mesure tout : C, U_g, I_g, I_e, U_e (Les deux dernières mesure sont là pour vérifier que cela ne bougent pas trop pour ensuite pouvoir faire le rendement de la génératrice). Prendre garde à ce que l'intensité ne soit pas trop grande et n'endommage pas le rhéostat par exemple. On trace $U_g = f(I_g)$ on retrouve $k\phi_g$ et r_g quelques ohms. On trace $C = f(I_g)$ on retrouve $k\phi_g$ et $C_r \simeq 0.1N.m$.

On peut montrer le rendement :

$$\eta = \frac{P_u}{P_{tot}} = \frac{U_g I_g}{C\omega + U_e I_e}$$

On en déduit le couple nominal de fonctionnement.

En réalité le courant produit par les centrales est alternatif. Pour les transporter on utilise des lignes hautes tensions. en effet si on note R la résistance des câbles, on a

$$\frac{P_{dissipée}}{P_{produite}} = \frac{RI^2}{UI} = R \frac{P_{produite}}{U^2}$$

Donc plus la tension est élevée et moins les pertes représentent une grande part de ce qui est produit (valeur dans le TP page 19) On gagne encore un facteur 3 en étant triphasé. On s'intéresse maintenant à savoir comment passer en haute tension : on utilise un transformateur

Matériel :

- 6 multimètres
- Ensemble MMC + génératrice avec boîtiers de mesure de couple et de vitesse angulaire
- rhéostats réglables de 10 et 100 Ω
- 2 alims Langlois pour inducteur et induit
-

2 Conversion : étude d'un transformateur

Les transformateurs sont utilisés par EDF comme par un grand nombre d'appareils électriques : à la maison, ils permettent d'ajuster la tension secteur à celles des appareils que l'on branche.

2.1 Modèle du transformateur parfait : Étude à vide et en court circuit

On a

$$e_1 = -n_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \text{et} \quad e_2 = n_2 \frac{d\phi}{dt} \quad \implies \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{n_2}{n_1} = m$$

m est appelé rapport de transformation.

De plus

$$\int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = n_1 i_1 - n_2 i_2$$

or comme la perméabilité relative du μ_r est très grande (≈ 5000) on considère $H = 0$ donc :

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{1}{m}$$

Détermination de m (poly page 21) :

- A vide : Pour différentes tensions au primaire on mesure la tension au secondaire. On trace : $u_2 = f(u_1)$ droite de pente m .
- Étude en court circuit : Pour différents courants d'entrée on mesure le courant de sortie : $i_2 = f(i_1)$ droite de pente $1/m$.

Materiel :

- Transformateur
- Alternostat
- Watt mètre
- multimètre

2.2 Prise en compte de pertes : Étude des pertes fer

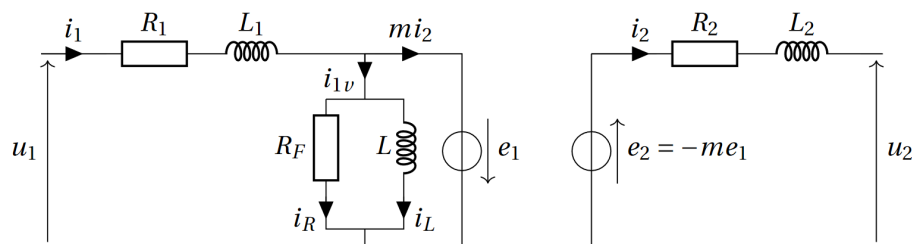


FIGURE 1 – Modèle du transformateur avec pertes. Dans l'étude en circuit ouvert les pertes de la partie de droite ne sont pas visibles car on néglige le courant dans le secondaire.

Dans ce circuit : R_1 représente la résistance des fils de l'enroulement. Cette résistance est pas très grande. L_1 représente les fuites de flux magnétiques hors du noyau. L est l'inductance de l'enroulement, et R_F est une résistance équivalente permettant de modéliser l'énergie perdue par échauffement du noyau magnétique. Dans une première

approche, on va négliger les pertes par effet Joule dans les fils, et les fuites de flux. Les pertes joule sont de la forme $R_1 i_1^2$, tandis que les pertes fer vont en $u_1 i_1$.

L'idée est qu'à priori on ne peut pas négliger l'un par rapport à l'autre. On fait l'hypothèse que le terme des pertes cuivre est petit (et on vérifie cela a posteriori). Du coup on se dit que l'on devrait tout le temps négliger les pertes cuivre dans le primaire. Mais en réalité quand on ferme le secondaire, alors cela "appelle" du courant. Aussi tout le courant passe dans la branche du générateur e_1 et on peut bien négliger les pertes fer dans ce cas. Ici par soucis de temps on ne fait que l'étude des pertes fer mais c'est important de garder l'explication des pertes séparées en tête.

On note $Z_f = \frac{1}{1/R_F + 1/(jL\omega)}$. On a alors la puissance dans le primaire :

$$P_1 = \frac{1}{2} \mathcal{R}(u_1 i_1^*) = \mathcal{R}\left(\frac{1}{Z_f}\right) U_1^2$$

$$I_1 = \left| \frac{1}{Z_f} \right| U_1 = \sqrt{\frac{1}{R_F^2} + \frac{1}{L^2 \omega^2}} U_1$$

Etude des pertes fer : page 23

On mesure U_1 , I_1 et P_1 et on fait des droites avec les équations au dessus.

Ensuite il faut redresser le courant alternatif pour des utilisations telles que la charge d'un téléphone.

3 Conversion : De l'alternatif au continu

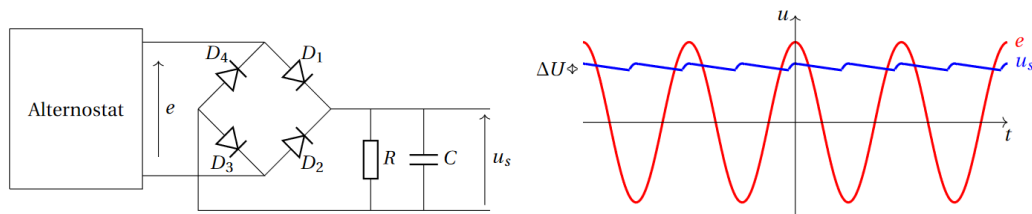


FIGURE 2 – Pont de Graetz

La partie RC sert à lisser, tandis que le pont de Graetz sert à réaliser un redressement double alternance. On distingue 2 cas :

- si $e > 0$: D1 et D3 sont passantes, les autres bloquées. On peut dessiner le schéma équivalent, la tension en sortie du pont est alors e .
- si $e < 0$: D2 et D4 sont passantes, les autres bloquées. On peut aussi dessiner le schéma équivalent, le courant circule dans l'autre sens dans la résistance : on obtient en sortie $-e$.

Lissage par pont de Graetz :

on utilise un boîtier d'isolement.

On trace $\Delta U/E = f(1/C)$ on s'attend à une droite passant par l'origine.

$$\Delta U = \frac{\pi E}{RC\omega}$$

Attention le E correspond à l'amplitude du signal d'entrée (et pas le crête à crête) alors que ΔU correspond à l'amplitude crête à crête des dents de scies. Si par manque de temps on ne peut pas quantifier on peut au moins observer le signal redressé.

Matériel :

- Un alternostat
- 4 diodes
- Un réhostat de 1000Ω

- Un boîtier de capacité chimique (20,30,50 μF)
- un boîtier d'isolement
- un oscilloscope

L'appareil utilisé pour passer du continu à l'alternatif est un onduleur et fonctionne avec des transistors.

Conclusion

On a vu comment caractériser une génératrice à courant continu, comment caractériser un transformateur et comment redresser un signal alternatif. Nous avons ainsi balayé des points importants de la conversion et production d'énergie électrique. Reste le transport...