



e-Learning for Electrical Engineering

## MARCHE EN ISOLÉ

**Thématique :** *Machines électriques*

↪ **Chapitre :** *Machines synchrones*

↪ **Section :**

**Type ressource :**     *Exposé*             *Laboratoire virtuel / Exercice*             *Qcm*

*Le but du laboratoire est d'étudier le fonctionnement d'une machine synchrone à pôles lisses en régime non saturé.*

*Les machines synchrones sont principalement utilisées pour produire de l'énergie électrique sous forme de systèmes de tensions et de courants triphasés équilibrés sinusoïdaux*

*Ce laboratoire est consacré à la marche de la machine synchrone en alternateur isolé.*

*Pour la marche en alternateur isolé, le but est de mettre en évidence les réglages nécessaires pour maintenir constantes la fréquence et la valeur efficace de la tension débitée.*

- *pré requis : 2-deuxième cycle*
- *niveau : 2 - deuxième cycle*
- *durée estimée :*
- *auteur(s) : Francis Labrique (UCL)*
- *réalisation : Sophie Labrique*



*Avec le soutien financier de la Commission Européenne. Le présent document n'engage que son(s) auteur(s). La Commission ne saurait être tenue responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans ce document.*

# Marche en alternateur isolé

## 0. Schéma

La figure 8 schématise le fonctionnement de la machine en alternateur isolé.

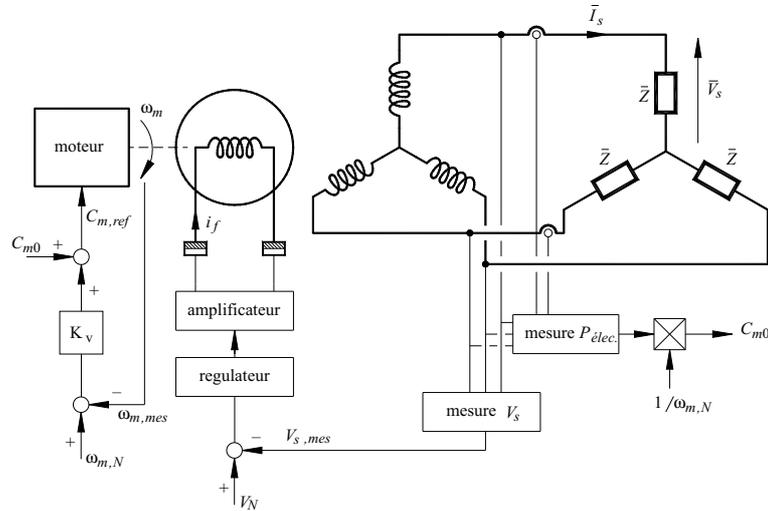


FIG. 1 –

Le moteur d'entraînement est muni d'un régulateur qui maintient la vitesse de rotation constante et égale à la vitesse nominale en ajustant le couple délivré par le moteur. Ce régulateur reçoit comme signaux d'entrée, la vitesse de référence  $N_N$ , la vitesse réelle du groupe  $N_{mes}$ , et la puissance active  $P_{mes}$  débitée par la machine synchrone.

Le circuit d'alimentation de l'inducteur est muni d'un régulateur qui maintient la tension aux bornes des enroulements de l'induit constante et égale à sa valeur nominale. Il fixe la valeur du courant  $i_f$  qui doit circuler dans l'inducteur.

## 1. Point de fonctionnement nominal

Au point de fonctionnement nominal la machine synchrone débite son courant nominal sous son  $\cos \varphi$  nominal.

### Question 1.

Calculez pour les conditions de fonctionnement correspondant au point nominal :

- l'impédance  $\bar{Z}_N$  de charge
- le courant inducteur  $i_f$
- le couple électromagnétique développé par la machine.

### Aide

Tracez le diagramme vectoriel indiquant comment la tension  $\bar{V}_s$  aux bornes de la machine est liée à  $\bar{E}_0$  et  $\bar{I}_s$ .

### Réponse

- $Z = 4,4\Omega$  ;  $36,9^\circ$

- $i_f = 2,5A$
- $C_{em} = 170 \text{ Nm}$

### Justification

Le diagramme vectoriel correspondant au point nominal est représenté à la figure 9.

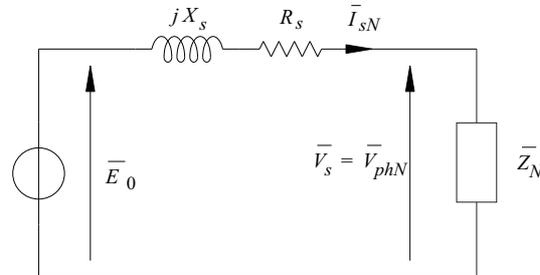


FIG. 2 -

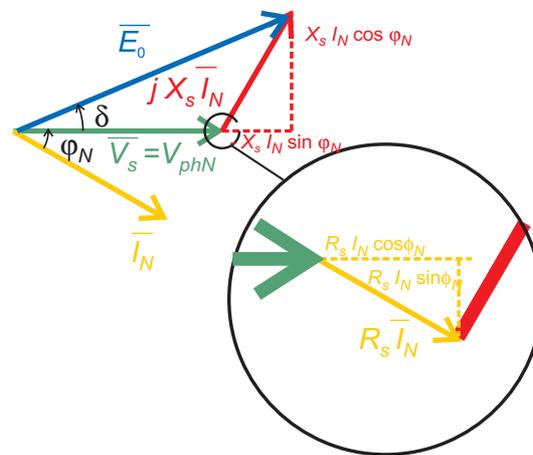


FIG. 3 -

L'impédance  $\bar{Z}_N$  a

- un module  $Z$  égal à  $V_{phN}/I_N$ , d'où

$$Z = \frac{220}{50} = 4,4$$

- une phase  $\varphi$  égale au déphasage de  $V_s$  par rapport à  $\bar{I}_s$  (moins le déphasage de  $\bar{I}_s$  par rapport à  $V_s$ ).  
Comme le point nominal correspond à la marche en inductif, c'est-à-dire à  $\bar{V}_s$  en avant sur  $\bar{I}_s$ , on a :

$$\varphi = \varphi_N = \arccos(0.8) = 36,8^\circ$$

On a

$$E_0 = [(V_{phN} + R_s I_N \cos \varphi_N + X_s I_N \sin \varphi_N)^2 + (X_s I_N \cos \varphi_N - R_s I_N \sin \varphi_N)^2]^{1/2}$$

D'où

$$E_0 = 355V$$

Comme  $E_0 = 142i_f$  :

$$i_f = 2,5A$$

Le couple électromagnétique que la machine développe correspond à la puissance électrique  $P_{elec}$  qu'elle produit.

La puissance  $P_{elec}$  vaut :

$$P_{elec} = C_{em}\omega_{m,N} = 3E_0I_N \cos(\delta + \varphi_N)$$

avec

$$\delta = \arcsin\left(\frac{(X_s I_N \cos \varphi_N - R_s I_N \sin \varphi_N)}{E_0}\right)$$

D'où :

$$C_{em} = \frac{P_{elec}}{\omega_{m,N}} = 170 Nm$$

On n'aurait pas commis d'erreur significative si pour calculer la puissance électrique on avait négligé les pertes Joule  $3R_s I_N^2$  dans les enroulements du stator et on avait écrit :

$$P_{elec} = 3V_{phN}I_N \cos \varphi_N.$$

En effet, en utilisant cette relation, on obtient  $P_{elec} = 26,4 kW$  au lieu de  $26,7 kW$ , soit une erreur de  $1,1\%$ .

## 2. Evolution du courant inducteur en fonction de la charge

Pour étudier comment le régulateur de tension fait évoluer le courant inducteur en fonction de la charge pour maintenir constante la tension aux bornes de la machine on doit tenir compte de deux paramètres (figure 10) :

- le premier correspond au déphasage  $\varphi$  que la charge impose entre la tension à ses bornes et le courant qu'elle absorbe. L'angle  $\varphi$  (déphasage de  $\vec{V}_s$  par rapport à  $\vec{I}_s$ ) est positif si le courant est en retard sur la tension (charge inductive), négatif si le courant est en avance sur la tension (charge capacitive) ;
- le deuxième correspond à la valeur efficace du courant que la charge absorbe (de zéro à  $I_N$ ).

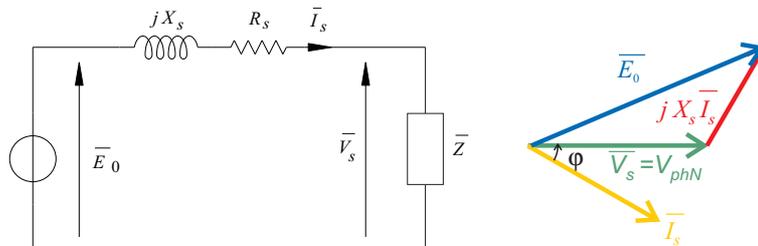


FIG. 4 –

Dans l'animation ci-dessous vous pouvez visualiser comment doit évoluer le courant inducteur  $i_f$  en fonction de ces deux paramètres en agissant sur leurs valeurs.

### Question 2

Calculez, en négligeant la résistance  $R_s$ , l'équation liant  $i_f$  au courant débité  $\vec{I}_s = I_s e^{j\varphi}$  si le régulateur de tension maintient constante la valeur efficace de la tension  $V_s$  constante et égale à la tension nominale de phase  $V_{phN} = 220V$ . Tracez les courbes ( $i_f$ ,  $I_s$ ) pour différentes valeurs de  $\varphi$ .

### Aide

Tracez le diagramme vectoriel liant  $\vec{V}_s$  à  $\vec{E}_0$  et  $\vec{I}_s$  en négligeant le terme  $R_s \vec{I}_s$ . Faites un raisonnement géométrique.

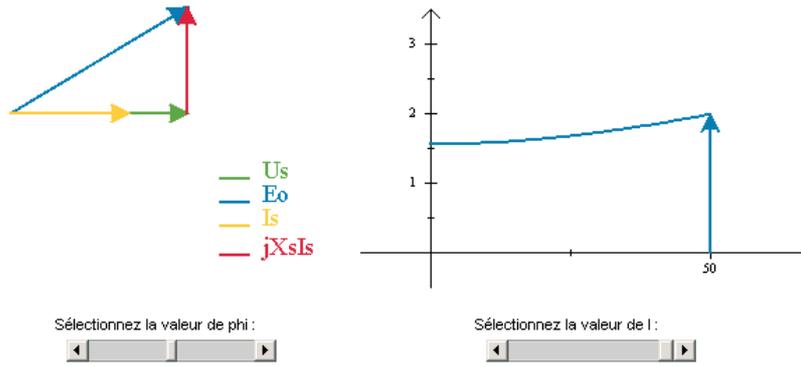


FIG. 5 –

### Réponse

$$i_f = \frac{1}{142} [(V_{phN} + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi)^2]^{1/2}$$

### Explication

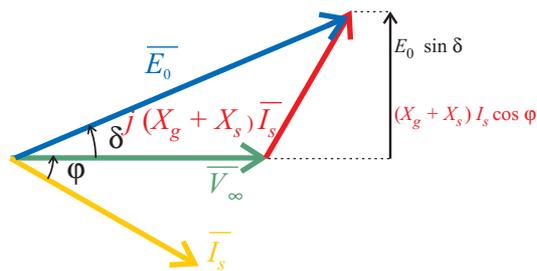


FIG. 6 –

En négligeant  $R_s$ , on obtient le diagramme vectoriel de la figure 12 ; d'où

$$E_0 = [(V_{phN} + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi)^2]^{1/2}$$

Comme  $E_0 = 142 i_f$ , on a finalement :

$$i_f = \frac{1}{142} [(V_{phN} + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi)^2]^{1/2}$$

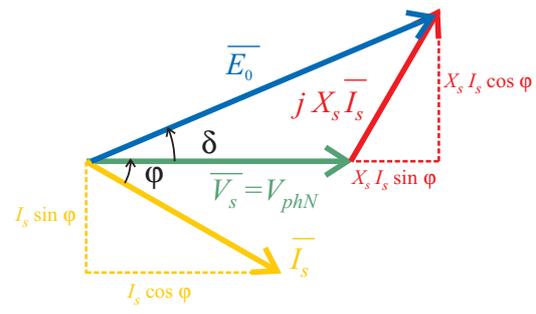


FIG. 7 -