

## Machines synchrones

## I. Présentation

I.1. Conversion d'énergie

Une machine synchrone est un convertisseur d'énergie. En mode alternateur, il y a conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. En mode moteur, l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique.

I.2. Principe

La machine est constituée de deux parties :

- **le rotor.** Il produit un champ magnétique grâce à un bobinage ou à des aimants permanents. C'est **l'inducteur.**

Remarque : il peut-être à pôles lisses ou à pôles saillants

- **le stator,** constitué de bobinages placés dans des encoches. Il possède  $p$  paires de pôles et constitue **l'induit** de la machine.

I.3. Champ tournant et synchronisme

Les courants alternatifs dans le stator créent un champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme :

$$n_s = \frac{f}{p}$$

$n_s$  : vitesse synchrone de rotation du champ tournant en **tr.s<sup>-1</sup>**.

$f$  : fréquence des courants alternatifs en Hz.  $\omega = 2.\pi.f$

$p$  : nombre de paires de pôles.

Cette relation s'écrit également  $n_s = 60 \frac{f}{p}$  avec  $n_s$  en **tr.min<sup>-1</sup>**.

Le rotor tourne à la vitesse de rotation  $n = n_s$  : ceci explique pourquoi on parle de moteur synchrone.

Remarque : le moteur synchrone ne peut pas tourner à une autre vitesse que la vitesse de synchronisme.

## II. Alternateur synchrone

II.1. Présentation

Lorsque le rotor tourne, chaque bobine du stator est soumise à un flux magnétique variable. Il apparaît alors au niveau de ces bobines une force électromotrice de valeur efficace

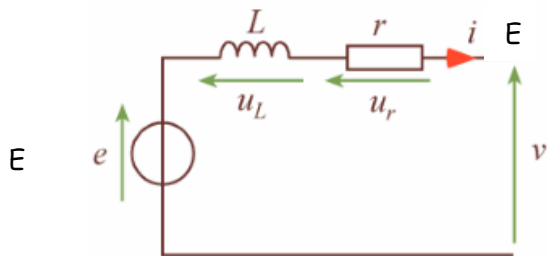
$$E = KN\Phi f$$

avec  $K$  constante de la machine  
 $N$  nombre de conducteurs d'une phase  
 $\Phi$  flux magnétique (Wb)  
 $f$  fréquence (Hz)

En régime non saturé, cette relation s'écrit également  $E = K'NI_e p n_s$  avec  $I_e$  courant inducteur.

## II.2. Schémas électriques équivalents

Une phase du stator peut être représentée par :



$e$  : f.é.m. à vide (V)

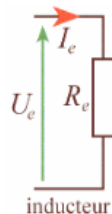
$v$  : tension aux bornes d'un enroulement de la machine (V)

$r$  : résistance de l'enroulement ( $\Omega$ )

$X = L.\omega$  : réactance synchrone ( $\Omega$ )

Le courant est orienté en « convention générateur ».

L'inducteur est modélisé par :

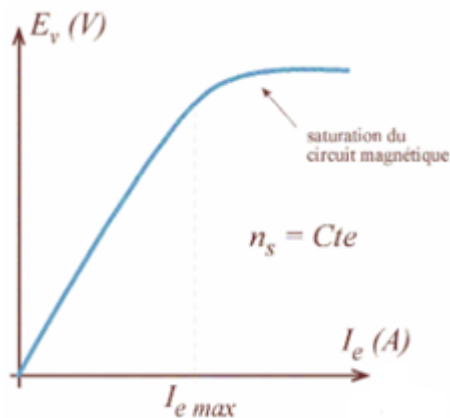


toute l'énergie absorbée par l'inducteur est dissipée par effet joule :  $P_e = U_e I_e = R_e I_e^2$

## II.3. Fonctionnement à vide

A vide (càd qu'on ne branche rien sur la phase du stator),  $i = 0$ . Ainsi,  $E = V$  (un voltmètre placé aux bornes de la phase du stator permet donc de mesurer  $E$ ).

En fixant la vitesse de rotation et en faisant varier le courant inducteur  $I_e$  on obtient la caractéristique interne de l'alternateur :



Pour les faibles valeurs de  $I_e$ , c'est la zone linéaire. Ensuite, le matériau magnétique sature et  $E$  n'est plus proportionnelle à  $I_e$ .

Le fonctionnement à vide permet de déterminer  $E$ .

## II.4. Fonctionnement en court-circuit

En court-circuit,  $v = 0$  donc la loi des mailles dans la phase du stator donne :  $\underline{E} = jX\underline{I} + r\underline{I}$ . La résistance  $r$  est bien souvent négligeable devant la réactance synchrone  $X$  donc  $\underline{E} = jX\underline{I}$ . Comme  $E$  est connue, en mesurant  $I$  avec un ampèremètre on peut en déduire  $X$ .

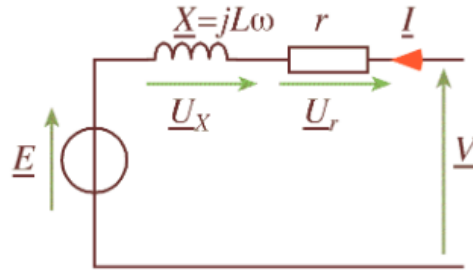
## III. Moteur synchrone

### III.1. Présentation

Lorsque les phases du stator sont alimentées par le réseau, il y a création d'un champ magnétique tournant qui entraîne le rotor à la même vitesse que le celle du champ tournant.

### III.2. Schémas électriques équivalents

Une phase du stator peut être représentée par :



On note juste une inversion du sens de I par rapport à l'alternateur.

## IV. Aspect énergétique

### Alternateur

$\varphi$  imposé par la charge élec

$$P_{abs} = T_M \Omega + u_e j_e$$

$$P_u = \sqrt{3} \cdot UI \cos \varphi$$

$$P_{je} = u_e j_e = r i_e^2$$

$$P_J = \frac{3}{2} R_B I^2 = 3rJ^2$$

$$P_{coll} = P_{méca} + P_{fer}$$

Ne dépendent pas de la charge

### Moteur

$\theta$  et  $\varphi$  imposés par la charge méca

$$P_{abs} = \sqrt{3} \cdot UI \cos \varphi$$

$$P_u = T_M \Omega$$

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{\sqrt{3} \cdot UI \cos \varphi}{\Omega}$$