

Machine asynchrone

Par : Pr TAIBI Soufiane

1. Constitution et principe de fonctionnement de la machine asynchrone

2. Aspect électrique de la machine asynchrone

2.1. Schéma électrique équivalent

Fonctionnement avec rotor ouvert

Fonctionnement avec rotor en court circuit et bloqué (à l'arrêt)

Fonctionnement en rotation à vide

Fonctionnement en rotation en charge

Schéma électrique simplifié de la machine asynchrone

3. Bilan de puissance

4. Etude de la courbe du couple électromécanique

5. Utilisation d'un rhéostat de démarrage

6. Extension du fonctionnement

2. Aspect électrique de la machine asynchrone

2.1. Schéma électrique équivalent

Aspect électrique de la MAS. Schémas électriques équivalents. 3 Fonctionnement à vide (Rotor ouvert).

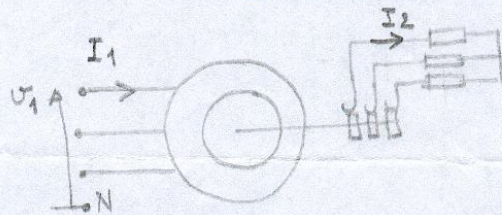
Dans le cas d'un rotor bobiné, triphasé (l'étude peut s'étendre aux autres cas rotor à cage).

1er cas: bagues ouvertes \Rightarrow rotor à l'arrêt. \rightarrow

- On alimente le bobinage statorique (primaire) \Rightarrow création dans l'entrefer d'un champ tournant d'amplitude Φ_M .
- pendant cet essai la MAS consomme du réseau un courant très faible I'_{10} Courant à vide.

Rotor ouvert $\Rightarrow [I_2 = 0]$.

- Nous allons avoir création d'une fem E_2 au borne de chaque phase de l'enroulement rotorique.



Cette fem s'exprime (vu au chapitre I). par :

$$E_2 = K_b2 \cdot 4,44 \cdot f \cdot n_2 \cdot \Phi_M \quad \text{en complexe: } \bar{E}_2 = -j K_b2 \cdot 4,44 f n_2 \bar{\Phi}_M$$

E_2 : fem efficace induite au niveau des phases du rotor.

f : fréquence ^{de courant} d'alimentation.

n_2 : Nbr de spires par pôle et par phase du rotor

Φ_M : l'amplitude de champ tournant résultant.

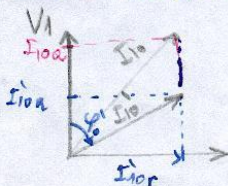
- A cette fem correspond au stator une fem E_1 qui s'écrit :

$$E_1 = K_b1 \cdot 4,44 f \cdot n_1 \cdot \Phi_M \quad \text{Formule de l'app.$$

$$\Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{K_b2 n_2}{K_b1 n_1} = \frac{n_2}{n_1} = m_1$$

On trouve les résultats du transformateur à vide.

RQ: Le courant d'intensité I'_{10} absorbé à vide a une composante à vide active et une composante réactive. Figure



I'_{10a} correspond aux pertes :

- joule statorique
- fer stator
- fer rotor

L'ensemble des pertes à vide $P'_{10} = 3 V_1 I'_{10a}$
 $= 3 V_1 I'_{10} \cos \phi_0$

2em Cas: Rotor en CC (Lignes fermées) et bloqué (à l'arrêt). $[I_2 \neq 0]$.

L'enroulement rotorique, dans ce cas, permet d'écrire pour une phase:

$$\bar{V}_2 = \bar{E}_2 - R_2 \bar{I}_2 - j X_2 \bar{I}_2$$

R_2 : Résistance d'une phase du rotor
 X_2 : Réactance de fuite d'une phase du rotor
 ($X_2 = \omega l_2$).

Au stator: $\bar{V}_1 = R_1 \bar{I}_1 + j l_1 \omega \bar{I}_1 + \bar{E}_1$

$$\bar{E}_2 = R_2 \bar{I}_2 + j X_2 \bar{I}_2$$

R_1 : Résistance d'une phase statorique
 $l_1 \omega$: Réactance de fuite d'une phase statorique.

schéma équivalent (Rotor en CC, Bloqué).
 Le schéma est identique à un transformateur

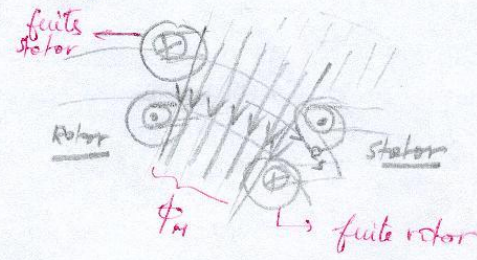
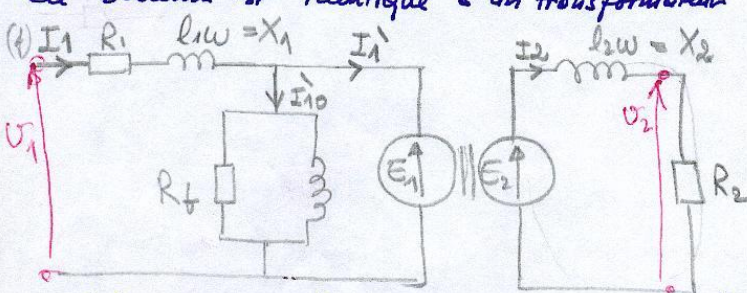


schéma équivalent d'un moteur à rotor bloqué à l'arrêt.
 (chargé au secondaire en CC).

Conclusion:

Le MAS triphasé se comporte à l'arrêt ($g=1$) comme un transformateur triphasé classique. Il est le plus souvent abaisseur de tension.

3em Cas: Moteur Asynchrone en rotation à vide.

- A vide le glissement est très faible ($g \approx 0$)
- L'intensité I_{10} du courant à vide statorique

Le courant I_{10a} correspond aux pertes fer du stator seulement car le flux dans le rotor a une très faible valeur (g proche de 0) et lentement variable.

ici on a { les pertes fer stator
 les pertes mécanique
 pertes joules statoriques

$$P_{10} = 3V_1 I_{10a} = 3V_1 I_{10} \cos \phi_0'$$

Remarque:

Très souvent I_{10a} est $> I'_{10a}$ ce qui signifie que les pertes fer dans le rotor à $g=1$ sont inférieures aux pertes mécaniques à $g \approx 0$.

4em Cas: Moteur Asynchrone en charge:

5

- Ici le rotor entraîne une charge mécanique, le glissement vaut g .
- le champ tournant ϕ_m tourne à une vitesse $= \Omega_s$.
 - le rotor tourne dans le même sens du champ à la vitesse Ω .
- \Rightarrow le bobinage rotorique voit le champ tournant ϕ_m à la vitesse $(\Omega_s - \Omega)$

\Rightarrow La fréquence des courants rotoriques induits vaut: f_r

$$f_r = \frac{P(\Omega_s - \Omega)}{2\pi}$$

comme: $g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} \rightarrow g\Omega_s = (\Omega_s - \Omega)$

$\rightarrow f_r = \frac{P g \Omega_s}{2\pi} = \frac{g \omega}{2\pi} = g \cdot f$ donc $f_r = g \cdot f$

\Rightarrow la pulsation des courants rotoriques vaut: $\omega_r = g \omega$

- La réactance X_2 devient alors $X_2' = g X_2$.
- La fem par phase au rotor devient en valeur efficace $E_2' = g E_2$.

On obtient alors, par phase, au rotor:

$$\bar{V}_2 = \underbrace{\bar{E}_2'}_{g \bar{E}_2} - R_2 \bar{I}_2 - j \underbrace{g X_2}_{X_2'} \bar{I}_2 \rightarrow \text{fréquence } (g \cdot f).$$

bobinage du rotor en cc $\Rightarrow \bar{V}_2 = 0$.

$$\Rightarrow \bar{I}_2 = \frac{g \bar{E}_2}{R_2 + j g X_2} \rightarrow \text{fréquence } (g \cdot f).$$

$$I_2 = \frac{g E_2}{\sqrt{R_2^2 + (g X_2)^2}}$$

pour les moteurs à rotor à cage ou bobiné.

Si dans le cas du moteur à rotor bobiné les flux rotoriques peuvent être débités par un rhéostat de démarrage $R \Rightarrow$ dans ce cas:

$$\bar{I}_2 = \frac{g \bar{E}_2}{\underbrace{(R + R_2)}_{R_R} + j g X_2}$$

schéma équivalent de la MAS en rotation

6

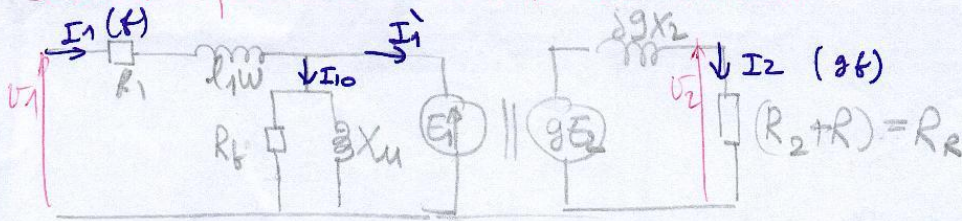
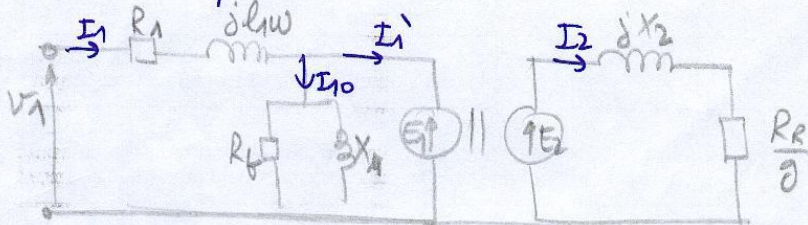


schéma équivalent de la MAS à rotor bobiné en rotation

Le courant \bar{I}_2 à pour fréquence $g \cdot f$.

$$\bar{I}_2 = \frac{g \bar{E}_2}{R_r + jgX_2} \Rightarrow \bar{I}_2 = \frac{\bar{E}_2}{\frac{R_r}{g} + jX_2}$$

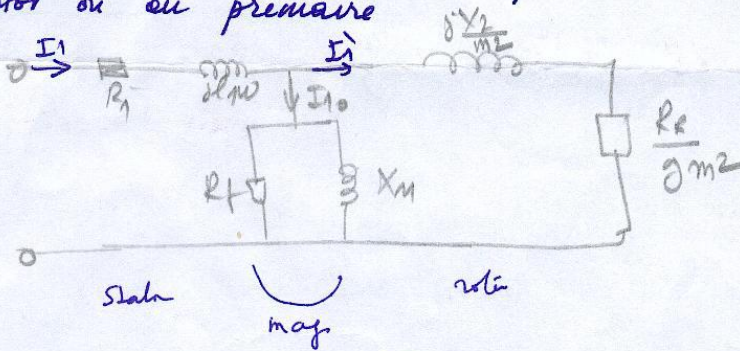
Le résultat permet d'obtenir un nouveau schéma équivalent



Si on ramène le secondaire au primaire

- la résistance $\frac{R_r}{g}$ devient $\frac{R_r}{m^2}$
- la réactance jX_2 devient $\frac{jX_2}{m^2}$

On obtient donc le schéma équivalent de la MAS ramenée au stator ou au primaire



$$\frac{I_1'}{I_2} = m$$

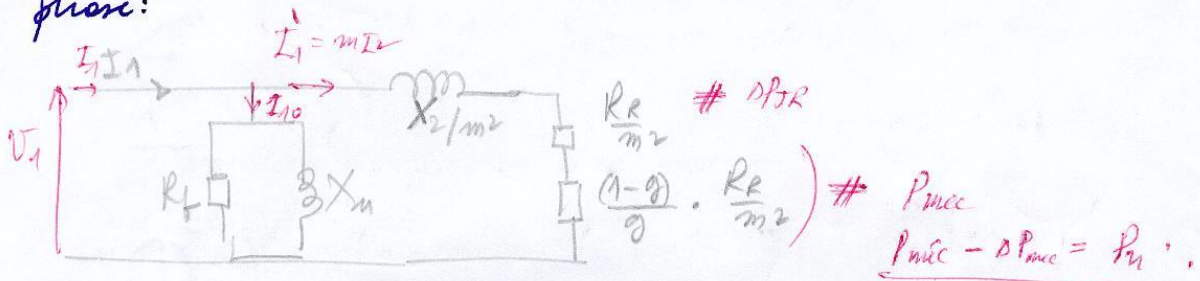
$$I_1' = m I_2$$

On peut décomposer la résistance ramenée au primaire $\frac{R_R}{g m^2}$ comme suit:

$$\frac{R_R}{g m^2} = \frac{(2-g)}{g} \frac{R_R}{m^2} + \frac{R_R}{m^2}$$

Résistance correspondant aux pertes Joule rotoriques

- On peut donc modifier le schéma équivalent de la MAS pour séparer les pertes Joule rotoriques (ΔP_R) et la puissance mécanique.
- On peut aussi négliger l'influence de R_1 et L_2 (résistance de la phase statorique et l'inductance de fuite statorique) ce qui permet d'obtenir le schéma équivalent simplifié par phase:



R_f : résistance équivalente des pertes fer

X_m : réactance à vide ou réactance magnétisante

$\frac{X_2}{m^2}$: réactance de fuite rotorique ramenée au stator

$\frac{R_R}{m^2}$: résistance correspondant aux pertes Joule rotor

$\frac{R_R}{m^2} \left(\frac{2-g}{g} \right)$: résistance équivalente correspondant aux pertes à la puissance mécanique.