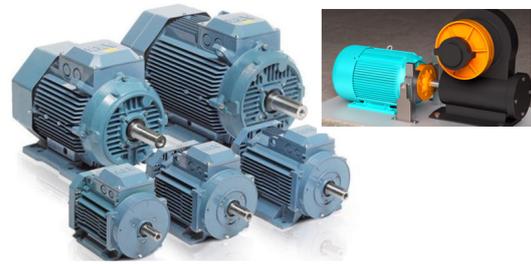


LES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS (Chapitre II)



Mehimmedetsi B

Table des matières



| | |
|--|----|
| Objectifs | 3 |
| I - Chapitre 2 : Modélisation du moteur asynchrone à induction | 4 |
| 1. Circuit de stator | 4 |
| 2. Circuit du rotor | 5 |
| 3. Circuit équivalent par phase complet d'un moteur à induction triphasé. | 6 |
| 4. Caractéristiques du moteur à induction | 7 |
| 4.1. Courant statorique | 7 |
| 4.2. Couple de sortie utile | 8 |
| 4.3. Bilan des puissances – Rendement | 10 |
| 4.4. Point de fonctionnement - stabilité | 11 |
| II - Conclusion | 13 |

Objectifs

A travers ce chapitre suivant nous allons comprendre :

- Les différents caractéristiques du moteur asynchrone triphasé
- Modéliser le moteur asynchrone triphasé par Matlab.

Lorsque la tension statorique V_s est appliquée à l'enroulement statorique de nombre de tours N_s , un courant statorique circule dans l'enroulement, développant une FMM et produit à son tour un flux de stator Φ_s dans l'air

$$\Phi_s = N_s (\Phi_{ls} + \Phi) = L_{ls} i_s + L_m i_m$$

Φ est le flux de magnétisation et Φ_{ls} le flux de fuite.

L_{ls} et L_m respectivement l'inductance de fuite et de magnétisation.

l'équation de la tension de stator en fonction de la fem est :

$$V_s = R_s i_s + L_{ls} \frac{di_s}{dt} + L_m \frac{di_m}{dt} = R_s i_s + L_{ls} \frac{di_s}{dt} + e_s$$

Basé sur l'équation précédente, le circuit équivalent de l'enroulement du stator peut être représenté comme indiqué sur la Figure ci dessous

la valeur efficace de la FEM est donnée par

$$E_s = 4,44 N_s \Phi K_s f_s$$

N_s est le nombre total de tours en série par phase formant un enroulement concentré

à pas complet.

f_s fréquence du réseau et K_s facteur d'enroulement.

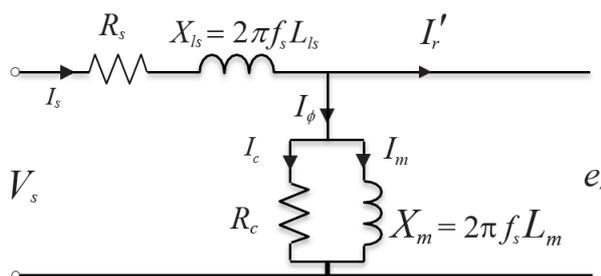


Figure 10 : Circuit équivalent de l'enroulement du stator

2. Circuit du rotor

Le rotor est un noyau cylindrique en fer composé de tôles d'acier avec silicium, le circuit électrique (enroulements ou conducteurs) du noyau en fer du rotor n'est pas alimenté par une source d'alimentation externe mais provient de la FEM engendrée par la variation du flux,

Donc le champ magnétique tournant dans l'entrefer induit des tensions dans le circuit du rotor comme le circuit statorique. Cette FEM induite devient la tension source appliquée au circuit du rotor. la FEM induite dans le circuit du rotor peut être exprimé par :

$$E_r = 4,44 N_r \Phi K_r f_r$$

où N_r est le nombre total de tours par phase, K_r est le facteur d'enroulement du rotor, et f_r est la fréquence de la tension induite dans l'enroulement du rotor.

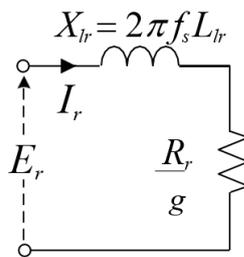


Figure 11 : Circuit équivalent du rotor

ou g est le glissement

R_r Résistance de l'enroulement rotorique

3. Circuit équivalent par phase complet d'un moteur à induction triphasé.

On peut donc combiner le circuit rotorique avec le circuit stator pour obtenir le circuit équivalent du moteur.

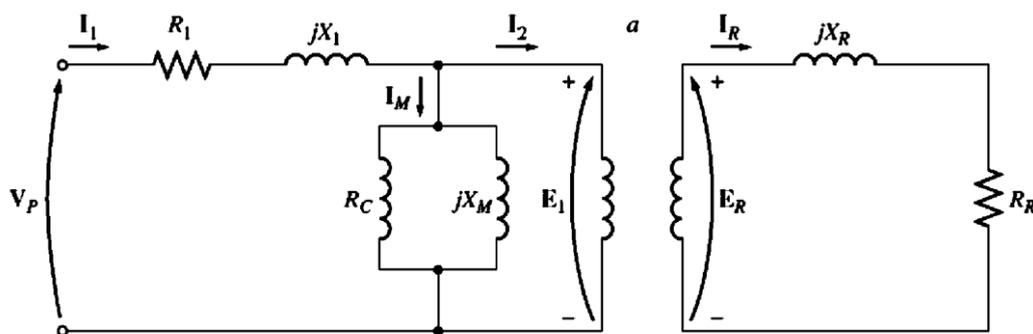


Figure 12 : Modèle de moteur asynchrone à cage comme un transformateur

Le circuit équivalent complet précédant se simplifie à un seul circuit ramené au secondaire par phase d'un moteur à induction triphasé

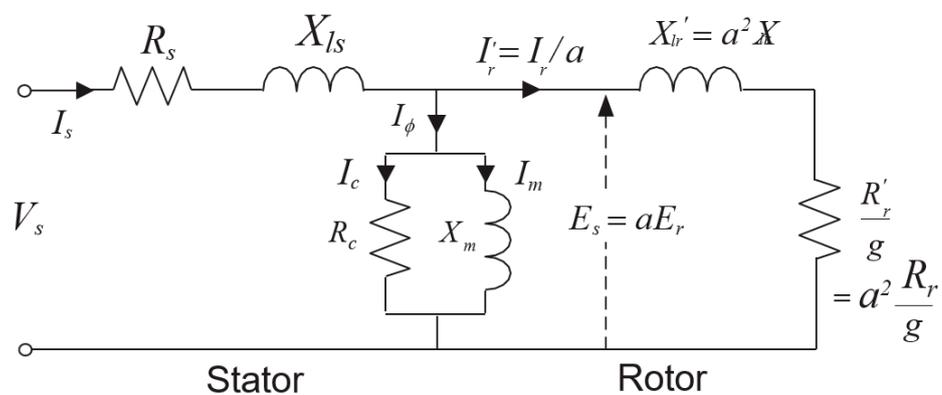


Figure 13 : Circuit équivalent par phase complet d'un moteur à induction triphasé.

Avec :

$$a = \frac{N_s}{N_r}$$

représente le rapport entre l'enroulement statorique et l'enroulement rotorique

R_s : résistance du stator ; X_{ls} inductance de fuite stator ; X_m et R_c : bobine à noyau de fer ; X_{lr} : inductance de fuite rotor ; R'/g : résistance fictive représentant la puissance transmise

Remarque

Le circuit équivalent du moteur asynchrone est similaire à celui d'un transformateur.

4. Caractéristiques du moteur à induction

| | |
|-------------------------------------|----|
| Courant statorique | 7 |
| Couple de sortie utile | 8 |
| Bilan des puissances – Rendement | 10 |
| Point de fonctionnement - stabilité | 11 |

Nous discuterons les caractéristiques d'un moteur à induction tel que le courant, le facteur de puissance, le couple utile de sortie.

4.1. Courant statorique

Le courant statorique est le courant d'alimentation d'entrée d'un moteur à induction.

en négligeant les pertes fer donc l'impédance d'entrée en fonction du glissement est donnée comme suit :

$$Z_s = R_s + jX_{ls} + X_m \left[\left(\frac{R_s}{g} + jX_{lr} \right) \right]^{-1}$$

Le courant statorique est la somme du courant d'excitation I_ϕ et du courant rotorique I_r .

A tension statorique constante V_s , le courant statorique I_s est fonction de la vitesse

(ou le glissement g)

$$I_s = \frac{V_s}{Z_s} = I_\phi + I_r$$

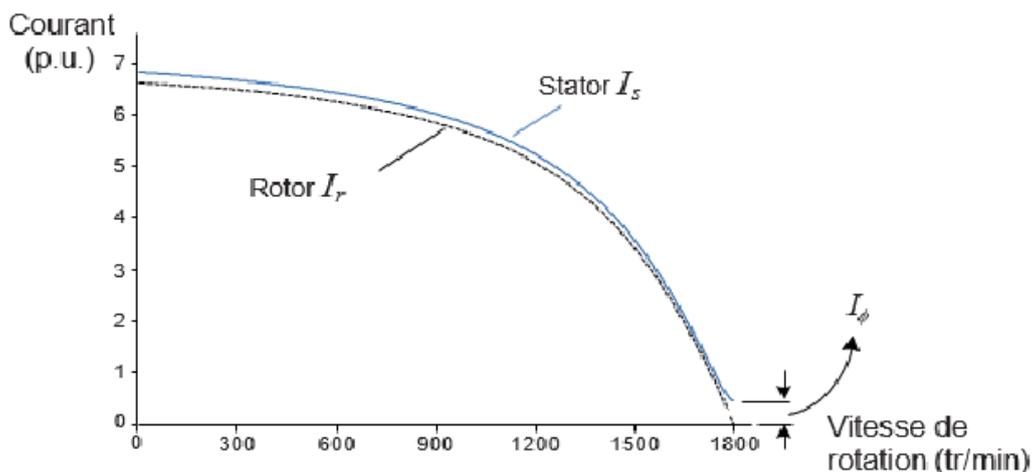


Figure 14 : Courant de stator en fonction de la vitesse de rotation

Au démarrage ($g=1$), l'impédance étant minimale, le courant statorique absorbe la valeur maximale, qui peut être 5 à 8 fois supérieure au courant nominal.

À mesure que la vitesse augmente, le glissement diminue.

À mesure que le glissement diminue, le courant du rotor I_r diminue.

4.2. Couple de sortie utile

On peut déterminer le couple de sortie en utilisant la puissance mécanique P_{mech} . La puissance mécanique est égale au couple de sortie T_{mech} multiplié par la vitesse angulaire Ω_{mech} ; on prend en compte que la vitesse angulaire mécanique en fonction de glissement est

$$\Omega_{mech} = (1 - g)\Omega_s$$

le couple de sortie d'un moteur à induction

$$T_{mech} = \frac{P_{mech}}{\Omega_{mech}} = \frac{1}{\Omega_{mech}} I_r^2 \frac{R_r}{g} (1 - g) = \frac{1}{\Omega_s} I_r^2 \frac{R_r}{g}$$

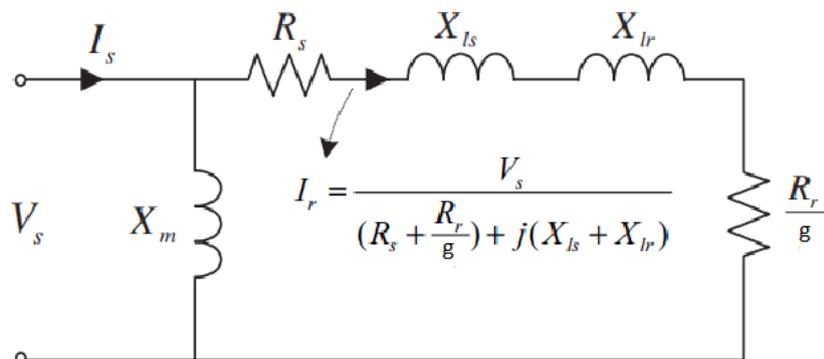


Figure 15 : Circuit équivalent simplifié par phase d'un moteur à induction

le courant du rotor est donnée par :

$$I_r = \frac{V_s}{\left(R_s + \frac{R_r}{g}\right) + j(X_{ls} + X_{lr})}$$

Le couple mécanique par phase est

$$T_{mech} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{V_s^2}{\left(R_s + \frac{R_r}{g}\right)^2 + (X_{ls} + X_{lr})^2} \frac{R_r}{g}$$

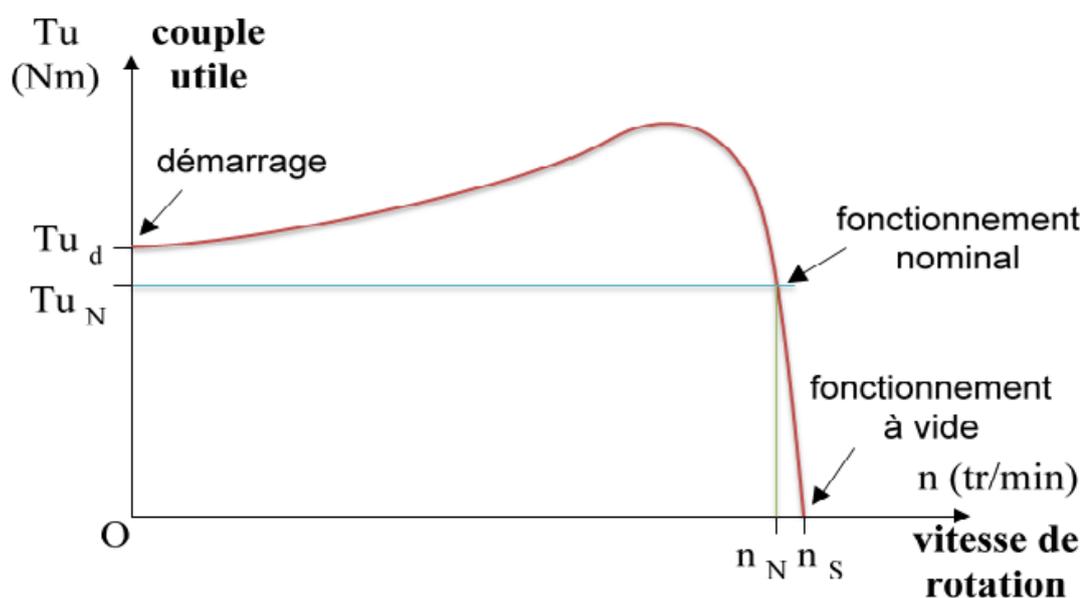


Figure 16 : Courbe vitesse / couple pour un moteur à induction.

Il existe une vitesse à laquelle le couple est maximal, appelé couple décrochage

Le glissement au couple maximum peut être obtenu en dérivant $dT_{mech}/dg=0$

$$g_{max} = \frac{R_r}{\sqrt{R_s^2 + (X_{ls} + X_{lr})^2}}$$

le couple maximum peut être donné comme

$$T_{max} = \frac{1}{2\Omega_s} \frac{V_s^2}{R_s^2 + \sqrt{R_s^2 + (X_{ls} + X_{lr})^2}}$$

La valeur du couple maximum est indépendante de la résistance du rotor, qui détermine la valeur de glissement maximale.

Remarque

- La plage de fonctionnement normal d'un moteur à induction est proche de la vitesse synchrone.
- Le couple du moteur est nul à vitesse synchrone.
- La courbe couple/vitesse est presque linéaire entre à vide et à pleine charge. Dans cette plage, la résistance du rotor est beaucoup plus grande que la réactance du rotor. Ainsi, le courant du rotor augmente linéairement. le couple utile est proportionnel au glissement : $T_u \propto g$
- Il y a un couple maximal possible qui ne peut pas être dépassé (appelé couple de décrochage) égal à 2-3 fois le couple nominal à pleine charge.
- Le couple de démarrage sur le moteur est légèrement supérieur à la pleine charge.
- Le couple sur le moteur pour un glissement donné varie comme le carré de la tension appliquée.

Attention

Si le rotor du moteur à induction est entraîné plus rapidement que la vitesse synchrone, la direction du couple induit dans la machine s'inverse et devient générateur.

4.3. Bilan des puissances – Rendement

Les pertes Joule au rotor sont :

$$P_{jr} = P_{tr} - T_{em} \Omega_s = T_{em} (\Omega_s - \Omega) = g T_{em} \Omega_s = g P_{tr}$$

Les pertes fer sont essentiellement localisées au stator (elles sont négligeables dans le rotor) car la fréquence des courants rotoriques est généralement faible (g.f).

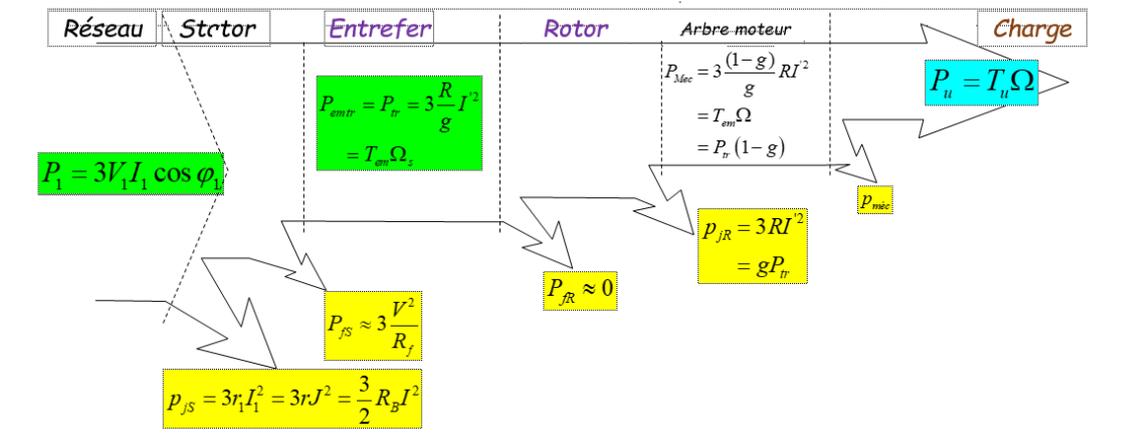


Figure 17 : Arbres des puissances

La puissance absorbée :

$$P_{ab} = \sqrt{3} U_{eff} I_{eff} \cos \varphi$$

Les pertes joules statoriques :

$$P_{Js} = \frac{3}{2} R I_{eff}^2$$

Les pertes joules rotoriques :

$$P_{Jr} = g P_{tr}$$

La puissance mécanique :

$$P_{mec} = (1 - g) P_{tr}$$

La puissance mécanique utile :

$$P_{ut} = T_{ut} \Omega$$

Rendement :

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_{ab}} = \frac{(P_{ab} - (P_{Js} + P_{Fs} + P_{Jr} + P_{mec}))}{P_{ab}} = \frac{((P_{ab} - P_{Fs} - P_{Js})(1 - g) - P_{mec})}{P_{ab}}$$

Remarque

Si on néglige toutes les pertes, on a : $[\eta = 1 - g]$ est qui représente le rendement du rotor , limite supérieure au rendement global.

4.4. Point de fonctionnement - stabilité

Lorsqu'un moteur entraîne une charge mécanique, le moteur fonctionnera de manière stable en régime permanent à une vitesse à laquelle le couple développé par le moteur est égal au couple requis par la charge, lorsque le couple moteur T_{moteur} dépasse le couple de charge T_{Charge} , la vitesse du moteur augmente aussi. Lorsque le couple moteur est inférieur au couple de charge, la vitesse du moteur diminuera. Ainsi, le point d'équilibre ou point de fonctionnement sera la vitesse à laquelle le couple moteur est égal au couple de charge.

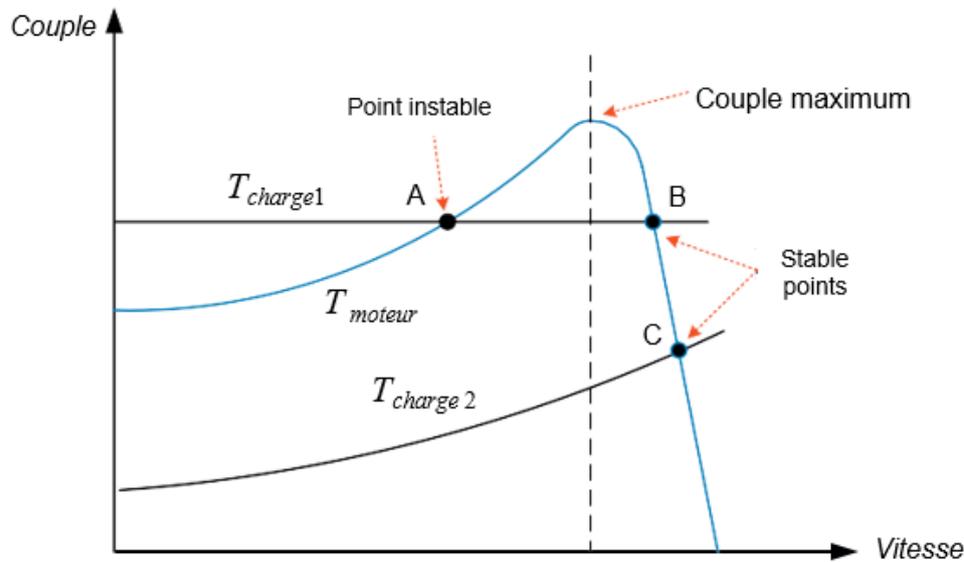


Figure 18 : Points de fonctionnement moteur charge

Il existe deux types de point de fonctionnement d'équilibre: point stable et point instable. Au point de fonctionnement stable, la vitesse sera rétablie après un petit écart par rapport au point d'équilibre d'origine en raison d'une perturbation de la tension d'entrée ou la charge. Cependant, au point de fonctionnement instable, la vitesse ne peut être restauré et le moteur s'emballé.

$$T_{moteur} - T_{charge} = (J_{moteur} + J_{charge}) \frac{d\Omega}{dt}$$

Le critère de stabilité est donné par

$$\frac{d(T_{charge} - T_{moteur})}{d\Omega} > 0$$

Un fonctionnement stable nécessite donc les conditions suivantes: lorsque la vitesse diminue, le couple moteur développé doit être supérieur au couple de charge.

Conclusion



Les moteurs asynchrones garantissent maintenant nos besoins de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique, cette dernière est très utilisée dans plusieurs domaines tels que la production électrique, les trains et véhicule électrique etc...

- La première partie d'étude a été consacré au principe de fonctionnement et constitution d'un moteur asynchrone à cage et à rotor bobiné.
- La deuxième partie d'étude a été consacré à la modélisation du moteur asynchrone, calcul du couple électromagnétique, calcul du courant absorbé, le rendement .

