

PARTIE C : ETUDE DU MOTEUR DE LEVAGE

(Éléments de correction)

Pour des raisons économiques, ce moteur a été conservé et adapté :

- Par suppression des résistances rotoriques et court-circuitage des enroulements du rotor.

Par hypothèse simplificatrice, ce moteur de levage sera donc considéré comme un moteur asynchrone à rotor en court-circuit.

Le moteur de levage a fait l'objet d'une révision générale comprenant l'échange de roulements et des essais complets permettant de contrôler les caractéristiques de la machine.

Cette partie portera uniquement sur l'étude du schéma équivalent du moteur asynchrone.

ETUDE DU MOTEUR ASYNCHRONE ALIMENTÉ PAR UN RESEAU FIXE.

- La plaque signalétique du moteur porte les indications suivantes :

230 V / 400 V ; 50 Hz ; 250 kW ; 1492 tr.min⁻¹ ; cos φ = 0,89

Le moteur est alimenté par un réseau triphasé équilibré 230 V / 400 V de tensions sinusoïdales de fréquence f ; on note V la valeur efficace des tensions simples et g le glissement.

On néglige toute saturation magnétique, les résistances et les inductances de fuite statoriques ainsi que les pertes mécaniques.

Vérifier l'adéquation du moteur de levage installé avec l'utilisation qui en est faite.

1°) Déterminer le nombre de paires de pôles p du moteur et calculer son glissement g.

$$N_s = f / p \quad \Rightarrow \quad p = 60 f / N_s = 2$$

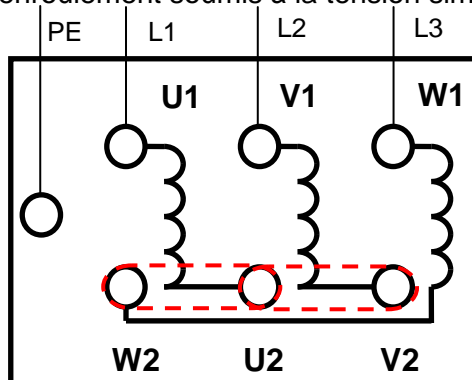
p = 2

$$g = (N_s - N_R) / N_s = (1500 - 1492) / 1500 = 0,0053$$

g = 0,53%

2°) Déterminer le couplage de ce moteur et représenter la plaque à bornes complète (enroulements, alimentations, repères alphanumériques et couplage).

Couplage étoile (chaque enroulement soumis à la tension simple)



3°) Calculer le couple utile Tu du moteur.

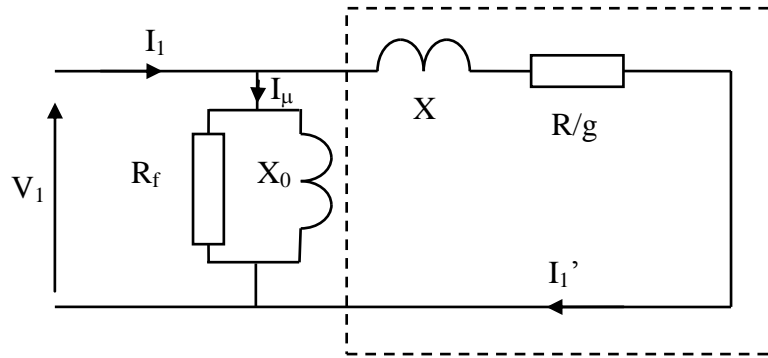
$$P_u = T_u \times \Omega_R \quad \text{alors} \quad T_u = P_u / \Omega_R$$

$$\Omega_R = 156,24 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$T_u = 250.10^3 / 156,24 = 1600 \text{ Nm}$$

Tu = 1600 Nm

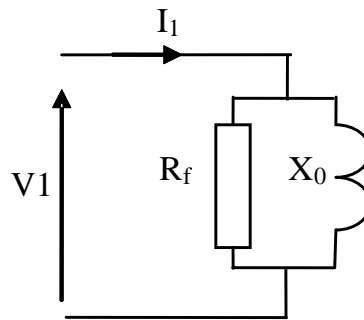
4°) Le schéma équivalent par phases, entre phase et neutre est représenté par la figure ci-dessous.



Les essais effectués à 50 Hz sur la machine ont donné les résultats suivants.

- Essai 1 : A vide effectué à la vitesse de synchronisme sous 400 V entre phases.
La puissance absorbée est de $P_0 = 1.5 \text{ kW}$ pour une valeur efficace de l'intensité du courant I_0 de 133 A.
- Essai 2 : Rotor bloqué sous $U_{1cc} = 80 \text{ V}$
Le courant de ligne a pour intensité efficace $I_{1cc} = 430 \text{ A}$ et $P_{1cc} = 1,8 \text{ kW}$.

4.1°) Représenter le schéma équivalent monophasé du moteur lors de l'essai 1.
Que représentent R_f et X_0 dans ce schéma équivalent ?



R_f : Symbolise les pertes fer.

X_0 : Représente la réactance magnétisante.

4.2°) Déterminer les valeurs des éléments R_f et X_0 et en déduire la valeur de l'inductance L_0 .

Le moteur tournant à la vitesse de synchronisme, $g = 0$; La résistance R/g est équivalente à un circuit ouvert donc la puissance active dissipée dans une phase vaut $P_0 / 3$.

$$P_0 / 3 = V_1^2 / R_f$$

$$R_f = 3 V_1^2 / P_0 = 3 \times 230^2 / 1500 = 105,8 \Omega$$

$$R_f = 105,8 \Omega$$

$$X_0 = L_0 \omega = 3 V_1^2 / Q_0 \text{ avec } Q_0 = \sqrt{(3 \times V_1 \times I_0)^2 - P_0^2} = \sqrt{(3 \times 230 \times 133)^2 - 1500^2} = 91757.7 \text{ VAR}$$

$$X_0 = L_0 \omega = 3 \times 230^2 / 91757,7 = 1,73 \Omega$$

$$X_0 = 1,73 \Omega$$

$$L_0 = X_0 / \omega = 1,73 / 314,15 = 5,5 \text{ mH}$$

$$L_0 = 5,5 \text{ mH}$$

4.3°) A partir de l'essai 2, calculer la puissance active P_{Rf} consommée par R_f et la puissance réactive Q_{X0} absorbée par X_0 . Justifier qu'il serait possible de négliger ces puissances.

Le rotor étant bloqué, le glissement $g = 1$

$$P_{Rf} = V_{1cc}^2 / R_f = 46^2 / 105,8 = 20 \text{ W}$$

$$P_{Rf} = 20 \text{ W}$$

$$Q_{X0} = V_{1cc}^2 / X_0 = 46^2 / 1,73 = 1223,1 \text{ VAR}$$

$$Q_{X0} = 1223,1 \text{ VAR}$$

$$P_{Rf} \ll P_o \text{ et } Q_{X0} \ll Q_o$$

4.4°) Calculer le courant magnétisant I_μ et le comparer à I_{1cc} . Conclure.
(On appelle Z l'impédance équivalente à R_f en parallèle à X_0).

$$I_\mu = V_{1cc} / Z \text{ avec } Z = V / I_o = 230 / 133 = 1,73 \Omega$$

$$I_\mu = 46 / 1,73 = 26,6 \text{ A}$$

$$I_\mu = 26,6 \text{ A}$$

$$I_\mu \ll I_{1cc} \text{ (6,2 \% de } I_{1cc} \text{ donc négligeable)}$$

On considérera la valeur efficace du courant traversant R et X équivalent à **430 A**.

4.5°) A partir de l'essai 2, exprimer la puissance active P_R absorbée par R en fonction de P_{1cc} et de R_f . Calculer cette puissance et en déduire la valeur de R.

Le rotor est bloqué, le glissement vaut 1 donc $R/g = R$

$$P_R = P_{1cc} / 3 - (V_{1cc}^2 / R_f) = (R/g) \times I_{1cc}^2 = R \times I_{1cc}^2$$

$$P_R = (1,8 \cdot 10^3 / 3) - (46^2 / 105,8) = 580 \text{ W}$$

$$P_R = 580 \text{ W}$$

$$R = P_R / I_{1cc}^2 = 580 / 430^2 = 0,00313 \Omega$$

$$R = 3,13 \text{ m}\Omega$$

4.6°) A partir de l'essai 2, exprimer la puissance réactive Q_x absorbée par X en fonction de Q_{1cc} et de X_0 . Calculer cette puissance et en déduire la valeur de X.

$$Q_{1cc} = \sqrt{(3 \times V_{1cc} \times I_{1cc})^2 - P_{1cc}^2}$$

$$Q_{1cc} = \sqrt{(3 \times 46 \times 430)^2 - 1800^2} = 59312,7 \text{ VAR}$$

$$Q_{1cc} = 59312,7 \text{ VAR}$$

$$Q_x = Q_{1cc} / 3 - (V_{1cc}^2 / X_0) = X \times I_{1cc}^2$$

$$Q_x = (59,312 \cdot 10^3 / 3) - (46^2 / 1,73) = 18547,7 \text{ VAR}$$

$$Q_x = 18547,7 \text{ VAR}$$

$$X = Q_x / I_{1cc}^2 = 18547,7 / 430^2 = 0,1 \Omega$$

$$X = 100 \text{ m}\Omega$$

$$L = X / \omega = 0,319 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 0,319 \text{ mH}$$

4.7°) A partir des grandeurs déterminées précédemment, indiquer celles qui seraient négligeables en vue d'un dimensionnement industriel.

- La puissance active P_{Rf} consommée par R_f .
- La puissance réactive Q_{X0} absorbée par X_0 .
- Le courant I_{μ} .

4.8°) Exprimer le courant I_1' en fonction de V_1 , de R/g , et de X . Calculer sa valeur.

$$I_1' = V_1 / Z \quad \text{avec } Z = \sqrt{(R/g)^2 + X^2}$$

$$I_1' = V_1 / \sqrt{(R/g)^2 + X^2}$$

$$I_1' = 230 / \sqrt{(3,13 \cdot 10^{-3} / 0,0053)^2 + 0,1^2} = 384,6 \text{ A}$$

$$I_1' = 384,6 \text{ A}$$

4.9°) Exprimer la puissance transmise P_{TR} au rotor en fonction de V_1 , de R/g , et de I_1' .

$$P_{TR} = T_{em} \times \Omega_s = 3 \times (R/g) \times I_1'^2 = 3 \times (R/g) \times V_1^2 / [(R/g)^2 + X^2]$$

$$P_{TR} = 3 \times (R/g) \times V_1^2 / [(R/g)^2 + X^2]$$

$$P_{TR} = 3 \times (R/g) \times V_1^2 / [(R/g)^2 + X^2] = 3 \times (3,13 \cdot 10^{-3} / 0,0053) \times 230^2 / [(3,13 \cdot 10^{-3} / 0,0053)^2 + 0,1^2]$$

$$P_{TR} = 261\,471,5 \text{ W}$$

$$P_{TR} = 261,471 \text{ kW}$$

4.10°) Exprimer le couple électromagnétique T_{em} en fonction de cette puissance. En déduire que ce couple peut s'exprimer par la relation : $T_{em} = K \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2]$

$$P_{TR} = T_{em} \times \Omega_s \implies T_{em} = P_{TR} / \Omega_s = (3 / \Omega_s) \times (R/g) \times V_1^2 / [(R/g)^2 + X^2]$$

$$\Omega_s = \omega / p$$

$$T_{em} = P_{TR} / \Omega_s = (3 p) \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2] \quad \text{avec } p = 2$$

$$T_{em} = K \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2] = 6 \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2]$$

$$K = 6$$

$$T_{em} = 6 \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2]$$

4.11°) Calculer le couple électromagnétique T_{em} .

$$T_{em} = 6 \times (V_1^2 / \omega) \times (R/g) / [(R/g)^2 + X^2] =$$

$$T_{em} = 6 \times (230^2 / 314) \times (3,13.10^{-3} / 0,0053) / [(3,13.10^{-3} / 0,0053)^2 + 0,1^2] = \mathbf{1664,29 \text{ Nm}}$$

$$T_{em} = \mathbf{1664,29 \text{ Nm}}$$

4.12°) Pour quelle valeur de glissement g_{max} le moment du couple est-il maximal.

Donner la valeur du couple maximum C_{max} et la vitesse de rotation correspondante N_{max} .

$$g_{max} = R/X \Rightarrow g_{max} = (3,13.10^{-3} / 0,1) = 0,0313 = \mathbf{3,13 \%}$$

$$g_{max} = \mathbf{3,13 \%}$$

$$N_{max} = N_s \times (1 - g_{max}) = 1500 \times (1 - 0,0313) = \mathbf{1453 \text{ tr.min}^{-1}}$$

$$N_{max} = \mathbf{1453 \text{ tr.min}^{-1}}$$

$$T_{max} = 6 \times (230^2 / 314) \times (3,13.10^{-3} / 0,0313) / [(3,13.10^{-3} / 0,0313)^2 + 0,1^2] = \mathbf{5054 \text{ Nm}}$$

$$T_{max} = \mathbf{5054 \text{ Nm}}$$

4.13°) Conclure sur le couple maximal. Le moteur de levage utilisé est-il adapté à l'utilisation ?

Les différentes caractéristiques (couple, vitesse) correspondent au moteur de levage choisi.