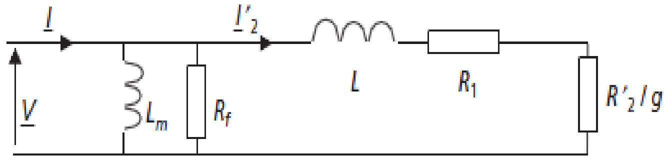
TD N° 02

Exercice N° 01 :

A partir du schéma équivalent du moteur asynchrone modèle à fuitestotalisées au rotor ramené au stator ci-contre.



R_f : résistance équivalente aux pertes fer. Lm : inductance magnétisante.

R_1 : résistance statorique. L : inductance de fuite ramenée au stator.

$\frac{R_2'}{g}$: résistance équivalente aux conducteurs rotoriques ramenée au stator.

On sait que : $P_{jr}=g.P_{tr}$et $P_{jr} = 3R_2'I_2'^2$.

1. Donner l'expression du courant I_2'=f(L, R_1, R_2',V et g)

2. Donner l'expression du couple Ce=f(g).

3. Donner l'expression du couple au démarrageCe_d.

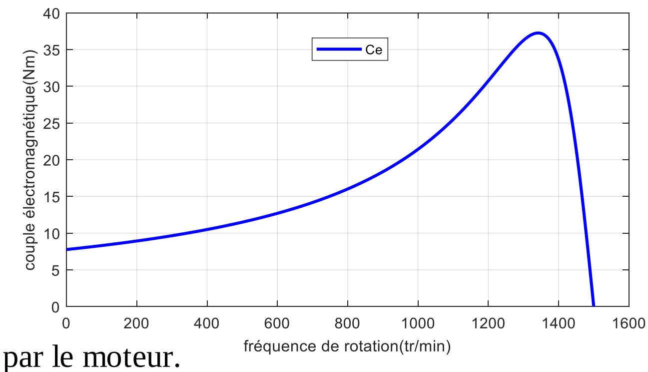
4. Donner l'expression maximale du couple Ce_{max} en déduire g_{max}.

5. Donner la formule de Kloss.

6. Tracer l'évolution du couple en fonction du glissement puis en fonction de la vitesse et montrer sur les figures les points de : Démarrage. Maximal et du synchronisme.

Exercice N° 02 :

La caractéristique mécanique d'un moteur asynchrone (Ns=1500tr/min) est donnée ci-dessous:



I. Ce moteur entraine un compresseur dont le couple résistant est constant et égalà5 Nm.

1. Le démarrage en charge du moteur est-il possible ?

2.Vérifier que la zone utile est donnée par :
Ce = - 0,4623N + 693.45

3.Déterminerle point de fonctionnement de l'ensemble (charge+ moteur).

4. Calculer la puissance transmise au compresseur par le moteur.

II. Ce même moteur est utilisé pour entrainer une pompe dont le couple résistant estdonné en fonction de la vitesse de rotation par la relation suivante :$Cr = 7x10^{-6}.N^2$

Déterminer le point de fonctionnement de l'ensemble.

Exercice N° 03 :

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone porte les indications suivantes :

Pu =Pm=24 kW. Nn=1440tr/min. Vn=230V (simple)

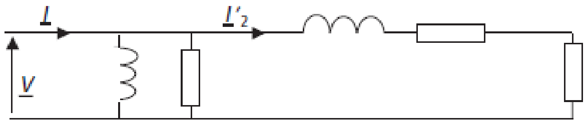
In=43.5A facteur de puissance : $\cos\varphi_n$=0.85 rendement : η=87,15%

Puissance à vide : P_0=1.15kW. Courant à vide I_0=4,15A courant de démarrage : I_d=6.5In

1. Calculer la valeur de la vitesse de synchronisme Ωs (rad/s) et préciser le nombre de paires de pôles qu'elle a?

2.Donner l'expression du glissement *g et calculer sa* valeur nominal : *gn*.

3.Sur la figure ci-dessous est représentéle schéma monophasé équivalent de la machine, mettre les paramètres du moteur et donner leurs nominations.



4. Calculer les valeurs de $R_f$et L_m.
5. Calculer la puissance réactive nominale.
6. Faire alors un bilan des puissances actives et réactives consommées par le moteur au point nominal. En précisant la valeur de la puissance apparente S'_2 de la maille parcourue par le courantI'_2, calculer la valeur de I'_{2n}. Déterminer alors la valeur de R_1, de R'_2et de l'inductance L.
7. Calculer l'expression littérale du courant I'_2 en fonction de **V** et des grandeurs du schéma équivalent.
8. Le couple C_m fourni par le moteur correspond à la puissance consommée par larésistance divisée par la vitesse de synchronisme Ω_s. Calculer alors l'expressionlittérale de ce couple.
9. Que devient cette expression quand le glissement **g** est proche de zéro ? Cetteexpression simplifiée est-elle valable jusqu'au point nominal ?

Solution TD N° 02

Exercice N° 02

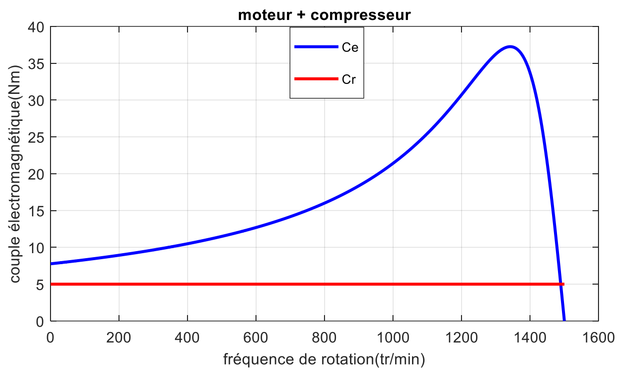
I. 1. le couple de démarrage Cd=8 Nm est supérieur au couple résistant Cr=5Nm. Donc le démarrage en charge est possible.

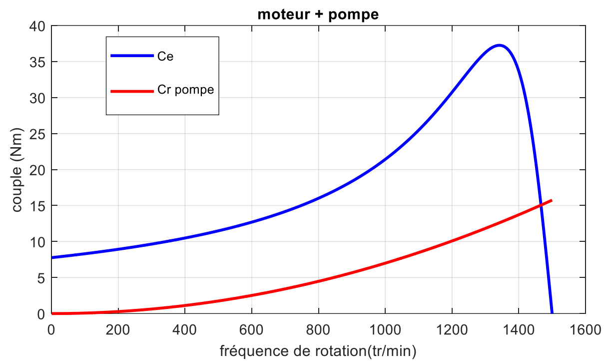
2. d'après le graphe Ce=0 lorsque N=1500tr/min
Ce=8Nm lorsque N=1482.7 tr/min. ces deux points vérifient bien l'équation de la droite :
Ce= - 0.4623.N + 693.45

3. le point de fonctionnement de l'ensemble (charge+moteur) : (Ce=Cr=5Nm, N=1489.2 tr/min).

4. la puissance transmise au compresseur : Pe=Ce.Ω = 5x2πN/60 = 5 x 2πx1489.2/60 =780W

II. le point de fonctionnement de l'ensemble est donné par l'intersection des deux courbes, qui est la solution de : Ce=Cr ⇒ -0.4623.N + 693.45=7x10^{-6}.N^{2}⇒7x10^{-6}.N^{2}+0.4623.N - 693.45=0
Donc N=1467.4 tr/min ; Ce=15Nm.



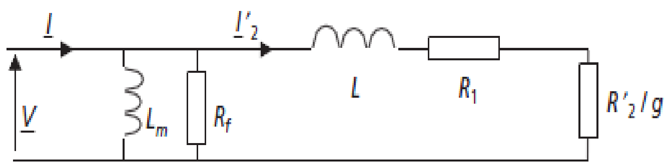


exerciceN° 03

1. La vitesse du synchronisme est donnée par : Ns=60f/p ; la vitesse du rotor Nr=1445 tr/min est toujours légèrement inférieur à la vitesse du synchronisme. Donc Ns ce n'est autre que 1500 tr/min et p=2 (nbre de pair de pôles). Ω_s=2πNs/60 = 157 rad/s.

2. le glissement : $g_n = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{1500-1440}{1500} = 0.04 = 4\%$

3. définitions des paramètres du schéma monophasé équivalent :



$\boldsymbol{R_f}$: résistance équivalente aux pertes fer.
$\mathbf{L_m}$: inductance magnétisante.
R_1 : résistance statorique.
L : inductance de fuite ramenée au stator.
$\frac{R_2'}{g}$: résistance équivalente aux conducteurs rotoriques ramenée au stator.

4. calcul de $\boldsymbol{R_f}$ et $\mathbf{L_m}$.

La puissance active à vide : $P_0 = 3\frac{V^2}{R_f} \Rightarrow R_f = 3\frac{V^2}{P_0} = 3\frac{230^2}{1150} = 138\ \Omega$

La puissance réactive à vide : $Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{(3VI_0)^2 - P_0^2} = 2{,}62\ kVAR$

On sait que $Q_0 = 3\frac{V^2}{\omega L_m} \Rightarrow L_m = 3\frac{230^2}{2\pi.50.2622{,}4} = 192.63$ mHΩ

5. la puissance réactive nominale : $\cos(\varphi_n) = 0{,}85 \Rightarrow \sin(\varphi_n) = 0{,}5267$

$Qn = 3 \cdot V \cdot In \cdot \sin(\varphi n)$ = 3 x 230 x 45 x 0,5267= 16354 VAR = 16,35kVAR

6. Bilan des puissances actives consommées par le moteur.

La puissance absorbée par le moteur : $\eta = \frac{P_u}{P_a} \Rightarrow P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{23000}{0.8715} = 26{,}39\ kW$

Ou bien $P_a = 3 * v * In * \cos(\varphi_n) = 26{,}39kW$

Puissance dissipée dans R_f : $P_{rf}=P_0=1{,}15$ kW

Puissance dissipée dans R_1 : $P_{R1} = 3R_1 I_{2n}'^2$(R1= ? I_{2n}' =?)

La puissance transmise au rotor : $P_e = P_{tR} = Pu = 3\frac{R_2'}{g_n} I_{2n}'^2 = 23\ \ kW$

Bilan des puissances réactives consommées par le moteur.

La puissance réactive consommée par le moteur : $Qtot = 3 \cdot V \cdot In \cdot \sin(\varphi n) = 16{,}35$ kVAR

Puissance réactive consommée par L_m : $Q_{Lm}=Q_0=2{,}62\ kVAR$

Puissance réactive consommée par L : $Q_L = 3L\omega I_{2n}'^2$ avec L= ?

La Puissance apparente $S_2' = 3VI_2' = \sqrt{(P_{R1} + P_{tR})^2 + (Q_{tot} - Q_{Lm})^2}$

$P_a=P_{R1}+P_{tr}+P_{rf} \Rightarrow$ $Pa - P_{rf} = P_{tr} + P_{rf}$ = 26,39 -1,15 = 25,24 kW

$Q_{tot} - Q_{Lm}$ = 16,35 – 2,62 = 13,73

$$S_2' = \sqrt{448.5447} = 21.18\ kVA$$

Le courant nominal : $S_2' = 3VI_2' \Rightarrow I_2' = \frac{S_2'}{3V} = \frac{21180}{3*230} = 41{,}65\ A$

Détermination des de R_1 et R_2' :

On a : $P_a= P_{rf}+ P_{R1} + P_{tr} \Rightarrow P_{R1} = P_a - P_{rf} - P_{tr}$ = 26,39 – 1,15 – 24 = 1,24 kW

Puissance dissipée dans R_1 : $P_{R1} = 3R_1 I_{2n}'^2 \Rightarrow R_1 = \frac{P_{R1}}{3I_{2n}'^2} = 238{,}8\ m\Omega$

La puissance transmise au rotor : $P_e = P_{tR} = Pu = 3\frac{R_2'}{g_n} I_{2n}'^2 = 23\ \ kW \Rightarrow R_2' = g_n \frac{P_e}{3I_{2n}'^2} = 184{,}5\ m\Omega$

7. l'expression du courant I_2' :

Loi des mailles, on meut écrire :

$V = R_1 I_2' + jL\omega I_2' + \frac{R_2'}{g} I_2' = (R_1 + \frac{R_2'}{g} + jL\omega) I_2'$ Le module de ; $I_2' = \frac{V}{\sqrt{(R_1+\frac{R_2'}{g})^2+(L\omega)^2}}$

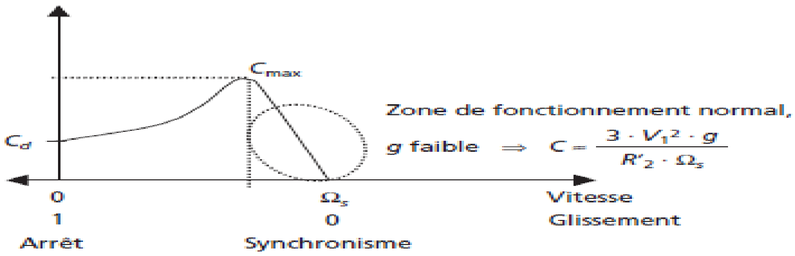
8. calcul du couple Ce=Cm : $C_e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s} I_{2n}'^2 = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s} \frac{V^2}{\left(R_1+\frac{R_2'}{g}\right)^2+(L\omega)^2}$

9. en multipliant le numérateur et le dénominateur de Ce par g^2, on aura :

$$C_e = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s} \frac{V^2 g^2}{g^2\left(R_1 + \frac{R_2'}{g}\right)^2 + g^2(L\omega)^2} = \frac{3R_2' V^2 g}{\Omega_s((gR_1 + R_2')^2 + (gL\omega)^2)}$$

Pour les valeurs du glissement proche de zéro (grandes vitesses), l'expression du couple devient :

$C_e = \frac{3V^2}{\Omega_s R_2'} g$; équation d'une droite, figure ci-dessous.



Exercice N° 01 :

On sait que : $P_{jr}=g.P_{tr}$ et $P_{jr} = 3R_2'I_2'^2$.

1. Expression du courant I_2'=f(L, R_1, R_2',V et g)

D'après le schéma, on a : $V = R_1I_2' + jL\omega I_2' + \frac{R_2'}{g}I_2' = (R_1 + \frac{R_2'}{g} + jL\omega)I_2' \Rightarrow I_2' = \frac{V}{\sqrt{(R_1+\frac{R_2'}{g})^2+(L\omega)^2}}$

2. Expression du couple Ce=f(g).

$$C_e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s}I_{2n}'^2 = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s}\frac{V^2}{\left(R_1+\frac{R_2'}{g}\right)^2+(L\omega)^2}$$

3. Expression du couple au démarrage Ce_d : au démarrage g=Ns-0/Ns = 1

On remplaçant dans l'équation du couple :

$$C_{ed} = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s}\frac{V^2}{\left(R_1+\frac{R_2'}{g}\right)^2+(L\omega)^2} = \frac{3R_2'}{\Omega_s}\frac{V^2}{(R_1+R_2')^2+(L\omega)^2} = ct$$

4. Expression maximale du couple Ce_{max} en déduire g_{max}.

Le couple maximal est obtenu par : $dC_e/dg=0 \Rightarrow g_m = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2+(L\omega)^2}}$

En remplaçant dans l'équation du couple :

$$C_{emax} = \frac{3V^2R_2'}{\Omega_s}\frac{g_m}{(g_mR_1+R_2')^2+(g_mL\omega)^2}$$

Dans le cas où R_1 est négligée et c'est souvent le cas, on aura : $g_m = \frac{R_2'}{L\omega}$

$$C_{emax} = \frac{3V^2R_2'}{\Omega_s}\frac{\frac{R_2'}{L\omega}}{(R_2')^2+\left(\frac{R_2'}{L\omega}L\omega\right)^2} = \frac{3V^2}{\Omega_s}\frac{1}{L\omega}$$

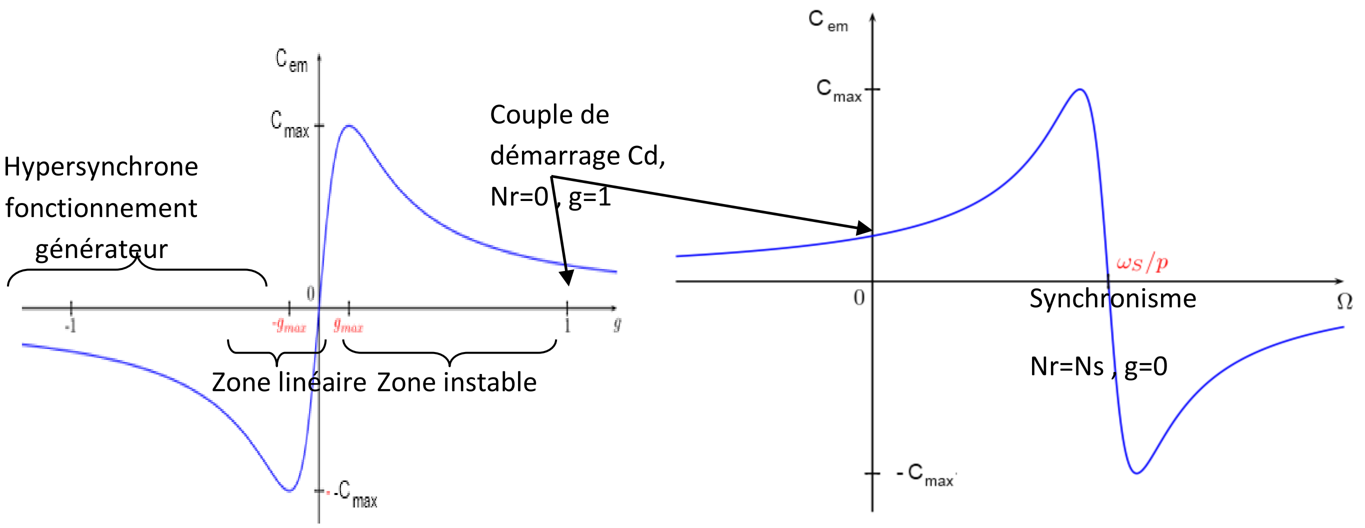
Et on a : $\Omega_s = \frac{\omega}{p}$; p : nombre de pair de pôle

$$C_{emax} = \frac{3V^2}{\omega}\frac{p}{L\omega} = \frac{3.p}{2.L}\left(\frac{V}{\omega}\right)^2$$

5. la formule de Kloss, R_1 négligée :

$$C_e = \frac{3R_2'}{g.\Omega_s}\frac{V^2}{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2+(L\omega)^2} = \frac{3V^2}{\mathrm{p}\omega}.\frac{R_2'}{g\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2+g(L\omega)^2} = \frac{3V^2}{\mathrm{p}\omega}.\frac{1}{\frac{R_2'^2}{gR_2'}+\frac{g}{R_2'}(L\omega)^2} = \frac{3V^2}{\mathrm{p}\omega}.\frac{1}{L\omega(\frac{R_2'}{gL\omega}+\frac{gL\omega}{R_2'})}$$
$$= \frac{3V^2}{\mathrm{p}L\omega^2}.\frac{1}{(\frac{g_m}{g}+\frac{g}{g_m})} = \frac{2C_{emax}}{(\frac{g_m}{g}+\frac{g}{g_m})}$$

6. Tracer l'évolution du couple en fonction du glissement puis en fonction de la vitesse.


Cem
Cmax
Hypersynchrone
fonctionnement
générateur
Couple de
démarrage Cd,
Nr=0 , g=1
0
-1
-gmax
gmax
1
g
-Cmax
Zone linéaire
Zone instable
Cem
Cmax
ωs/p
0
Synchronisme
Ω
Nr=Ns , g=0
- Cmax