Exercice 1

Un alternateur triphasé porte sur sa plaque signalétique les indications suivantes : 220V/380V ; 50Hz ; 1500tr/min ; couplage étoile.

On entraîne l'alternateur à la vitesse nominale et on relève la caractéristique à vide relative à une phase.

i_e(A)	0	0,25	0,50	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2	2,25	2,50	2,75
E_o(V)	0	75	150	190	211,67	227,50	240	248,83	255,50	262,50	266,67	271,67

- L'essai en court-circuit a donné : $I_e = 0{,}50A$; $I_{cc} = 25A$.
- L'essai sur charge purement inductive a donné : $I_d = 40A$; $I_e = 2A$; $U_d = 363{,}731V$.
- La résistance mesurée à chaud entre deux bornes du stator : $R = 1{,}3\Omega$.

1. On demande de déterminer les éléments $\lambda\omega$ et α de l'alternateur dans l'hypothèse de POTIER.

Dans la suite du problème on adoptera pour les éléments les valeurs suivantes : $\lambda\omega = 0{,}5\Omega$ et $\alpha = 0{,}02$.

2. On envisage d'utiliser cet alternateur pour alimenter sous sa tension nominale une charge qui absorbe un courant de 30A avec un facteur de puissance $\cos\varphi = 0{,}8$ AR.

2.1. On demande de déterminer dans l'hypothèse de POTIER le courant d'excitation i_e.

2.2. Sachant que la tension d'excitation est Ue = 25V et les pertes constantes valent 360W, on demande de déterminer le rendement de l'alternateur à ce régime de fonctionnement.

Exercice 2

Un récepteur triphasé couplé en étoile est constitué de 3 impédances :

- Z1 : résistance de 50Ω entre la phase 1 est le neutre N
- Z2 : résistance de 30Ω en série avec une inductance de 127mH. Z2 entre la phase 2 est le neutre N
- Z3 : résistance de 20Ω en série avec une capacité de 159μF. Z3 entre la phase 3 est le neutre N

Le récepteur est alimenté par un réseau triphasé 230V – 50Hz

1. En prenant $\underline{V}_1$ comme origine des phases

   1.1. Calculer $\underline{I}_1$; $\underline{I}_2$; $\underline{I}_3$; $\underline{I}_N$

   1.2. Calculer P1, P2 et P3 les puissances consommées par Z1, Z2 et Z3

   1.3. Vérifier que P1+ P2 + P3 est différent de W1 + W2 avec W1 et W2 les puissances relevées par la méthode des deux wattmètres

2. On débranche le neutre. En prenant $\underline{U}_{12}$ comme origine des phases

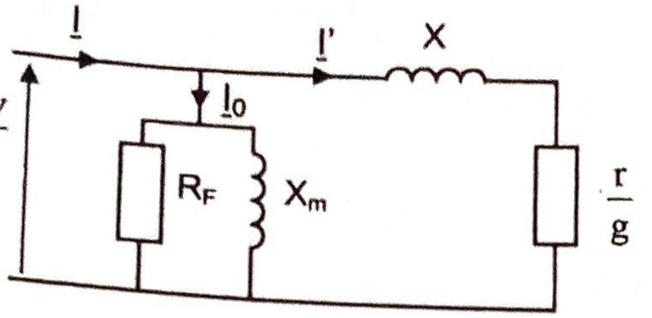
   2.1. Calculer $\underline{I}_1$; $\underline{I}_2$; $\underline{I}_3$

   2.2. Calculer P1, P2 et P3 les puissances consommées par Z1, Z2 et Z3

   2.3. Vérifier que P1+ P2 + P3 est égal W1 + W2 avec W1 et W2 les puissances relevées par la méthode des deux wattmètres

Exercice 3

Un moteur asynchrone triphasé 230V/400V est modélisé pour une phase par le schéma ci-dessous :



- X_m : Réactance magnétisante
- R_F : Résistance des pertes fer
- X : Réactance totale de fuite vue du stator
- r : résistance totale vue du stator
- g : glissement
- V : tension simple du réseau d'alimentation

Deux essais sont réalisés sur le moteur :

- Essai à vide sous tension nominale : P_O = 5,1kW et I_O=86A
- Essai en charge nominale : Les valeurs sont celles de la plaque signalétique, soient P_u=110kW ; 1484 $tr.min^{-1}$; $\cos\varphi$=0,85.

Le moteur est alimenté par un réseau triphasé 230V/400V – 50Hz

On néglige les pertes mécaniques ainsi que les pertes par effet Joule au stator.

On note : P_u : Puissance utile ; P_{tr} : Puissance transmise au rotor ; Ω : vitesse angulaire du rotor ; Ω_S : vitesse angulaire de synchronisme ; N_s : vitesse de synchronisme en tr/min et N : vitesse du rotor en tr/min

1. Déterminer le couplage des enroulements statoriques
2. Déterminer le nombre de pôles du moteur
3. Déterminer les pertes fer
4. Pour le fonctionnement à vide ; calculer
   - 4.1. Le facteur de puissance
   - 4.2. La puissance magnétisante
5. Pour le fonctionnement nominal ; calculer
   - 5.1. Le glissement
   - 5.2. La puissance transmise au rotor
   - 5.3. Le courant absorbé par le moteur
   - 5.4. Les pertes Joules rotoriques
   - 5.5. Le rendement
   - 5.6. Le couple utile
   - 5.7. La valeur efficace du courant I'
6. Calculer la résistance R_F et la réactance X_m
7. Calculer la résistance r et la réactance X
8. A partir de la relation $P_U = T_U \times \Omega$; monter que $P_{tr} = T_U \times \Omega_S$

Electrotechnique

Exercice 3

1/ Couplage du moteur

La tension composé du ~~moteur~~ réseau est égal à la grande tension du moteur donc couplage étoile.

2/ nombre de pôles

$$N_s = \frac{60 f}{p} \Rightarrow p = \frac{60 f}{N_s}$$

$$p = \frac{60 \times 50}{1500}$$

$p = 2$ donc on a $\boxed{4 \text{ pôles}}$

3/ Les pertes fer

$P_0 = P_{js} + P_{fs} + P_m$ or $P_{js} = P_m = 0$

$$\boxed{P_{fs} = P_0 = 5,1 KW}$$

4/

4.1/ facteur de puissance

$$P_0 = \sqrt{3}\, U I_0 \cos\varphi_0 \Rightarrow \cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\, U I_0}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{5.100}{\sqrt{3} \times 400 \times 86} = 0,086$$

$$\boxed{\cos\varphi_0 = 0,086 = \cancel{8,6\%}}$$

4.2/ Puissance magnétisante

$Q_0 = P_0 \tan\varphi_0 = 5,1.10^3 \times \tan(\cos^{-1} 0,086)$

$$\boxed{Q_0 = 59082,613 \text{ VAR}}$$

5/ 5.1/ Le glissement

$$g = \frac{N_s - N_0}{N_s} = \frac{1500 - 1484}{1500}$$

$$\boxed{g = 0,011}$$

5.2/

$P_{tr} = P_u + P_m$ or $P_m = 0$

$P_{tr} = P_u$ or $P_u = (1-g)\, P_{tr}$

$$\Rightarrow P_{tr} = \frac{P_u}{1-g} = \frac{110.10^3}{1-0,011}$$

$$\boxed{P_{tr} = 111223,458 \text{ W}}$$

5.3/ Le courant absorbé par le moteur

$P_a = P_{fs} + P_{tr}$

$= 5,1.10^3 + 111223,458$

$P_a = 116.323,458 \text{ W}$

$P_a = \sqrt{3}\, U I_a \cos\varphi$

$$\Rightarrow I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi} = \frac{116.323,458}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85}$$

$$\boxed{I_a = 197,528 \text{ A}}$$

5.4/ Perte Joule rotorique

$P_{jr} = g P_{tr}$

$= 0,011 \times 111223,458$

$$\boxed{P_{jr} = 1223,458 \text{ W}}$$

5.5) Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{110.10^3}{116323,458}$$

$$\boxed{\eta = 0,946 \text{ soi } 94,6\%}$$

5.6) Couple utile

$$C_u = \frac{60 P_u}{2\pi N} = \frac{60 \times 110.10^3}{2\pi \times 1484}$$

$$\boxed{C_u = 707,832 \text{ N.m}}$$

5.7) Valeur de I'

$$\underline{I} = \underline{I}_0 + \underline{I}' \Rightarrow \underline{I}' = \underline{I} - \underline{I}_0$$

$$\underline{I}' = 197,528 \angle -\cos^{-1}(0,85) - (86 \angle -\cos^{-1}(0,086))$$

$$\underline{I}' = 161,551 \angle -0{,}110$$

Donc la valeur efficace de I' est

$$\boxed{I' = 161,551 \text{ A}}$$

6) Calculons R_f et X_m

* R_f

$$P_f = 3 R_f I_{0a}^2 \quad \text{avec } I_{0a} = I_0 \cos\varphi_0$$

$$\Rightarrow \boxed{R_f = \frac{P_f}{3(I_0 \cos\varphi_0)^2}}$$

ou

$$\boxed{R_f = \frac{3V^2}{P_f}} \qquad R_f = \frac{3 \times 230^2}{5,1.10^3}$$

$$\boxed{R_f = 31,118\ \Omega}$$

* X_m

$$X_m = \frac{3V^2}{Q_0} = \frac{3 \times 230^2}{59082,619}$$

~~$X_m = 31,118\ \Omega$~~

$$\boxed{X_m = 2,686\ \Omega}$$

7) Calculons r et x

$$P_{tr} = 3 \frac{r}{g} I'^2$$

$$3 r I'^2 = P_{tr}\, g$$

$$r = \frac{P_{tr}\, g}{3 I'^2}$$

$$= \frac{111223,458 \times 0,011}{3 \times (161,551)^2}$$

$$\boxed{r = 0,016\ \Omega}$$

* Pour X

$$I'^2 = \frac{V^2}{\left(\frac{r}{g}\right)^2 + X^2}$$

$$Q_x = 3 X I'^2 \Rightarrow X = \frac{Q_x}{3 I'^2}$$

$$Q_x = Q_a - Q_0$$

$$Q_a = P_a \tan\varphi_0$$

$$= 116323,458 \tan(\cos^{-1}(0,85))$$

$$Q_a = 72090,805 \text{ VAr}$$

$$Q_x = 72090,805 - 59082,619$$

$$Q_x = 13008,186 \text{ VAr}$$

$$X = \frac{13008,186}{3 \times (161,551)^2}$$

$$\boxed{X = 0,166\ \Omega}$$

8) Montrons que $P_{tr} = T_u \Omega_s$

$$P_u = T_u \Omega_R = T_{em} \times \Omega_R$$

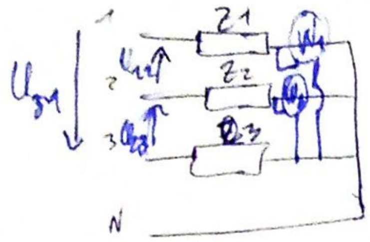
$$T_u = T_{em}$$

$$P_{tr} = T_{em} \Omega_s \text{ d'où } P_{tr} = T_u \Omega_s$$

Exercice 2

1)

1.1)



Calculons $\underline{I}_1$; $\underline{I}_2$; $\underline{I}_3$ et $\underline{I}_N$

$\underline{V}_1 = \frac{230}{\sqrt{2}} \angle 0 = 132{,}79 \angle 0$

$\underline{V}_2 = 132{,}79 \angle -120$

$\underline{V}_3 = 132{,}79 \angle 120$

$\underline{V}_1 = \underline{Z}_1 \underline{I}_1 \Rightarrow \underline{I}_1 = \frac{\underline{V}_1}{\underline{Z}_1} = \frac{132{,}79 \angle 0}{50 \angle 0}$

$\boxed{\underline{I}_1 = 2{,}656 \angle 0}$

$\underline{I}_2 = \frac{\underline{V}_2}{\underline{Z}_2}$

$\underline{Z}_2 = R_2 + L\omega j$

$= 30 + (0{,}127 \times 100\pi) j$

$\underline{Z}_2 = 49{,}919 \angle 53{,}060$

$\underline{I}_2 = \frac{132{,}79 \angle -120}{49{,}919 \angle 53{,}060}$

$\boxed{\underline{I}_2 = 2{,}660 \angle -173{,}06}$

$\underline{I}_3 = \frac{\underline{V}_3}{\underline{Z}_3}$

$\underline{Z}_3 = R_3 + \frac{1}{jC\omega}$

$= 20 - \left(\frac{1}{159 \cdot 10^{-6} \times 100\pi}\right) j$

$\cancel{\underline{Z}_3 = 28{,}298 \angle -45{,}016}$

$\underline{Z}_3 = 28{,}298 \angle -45{,}028$

$\underline{I}_3 = \frac{132{,}79 \angle 120}{28{,}298 \angle -45{,}028}$

$\boxed{\underline{I}_3 = 4{,}693 \angle 165{,}028}$

$\underline{I}_N = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3$

$= 2{,}656 \angle 0 + 2{,}660 \angle -173{,}06 + 4{,}693 \angle 165{,}028$

$\boxed{\underline{I}_N = 4{,}605 \angle 168{,}844}$

1.2)

Calculons P_1 ; P_2 et P_3

$\cancel{P_1 = \sqrt{3}\, U I_1 \cos\varphi_1}$

$\cancel{= \sqrt{3} \times 230 \times 2{,}656 \cos(0)}$

$\cancel{\boxed{P_1 = 1058{,}075\ W}}$

$P_1 = R I_1^2$

$= 50 \times 2{,}656^2$

$\boxed{P_1 = 352{,}717\ W}$

$\cancel{P_2 = \sqrt{3}\, U I_2 \cos\varphi_2}$

$\cancel{= \sqrt{3} \times 230 \times 2{,}66 \cos(-173{,}06)}$

$P_2 = R_2 I_2^2 = 30 \times 2{,}66^2$

$\boxed{P_2 = 212{,}268\ W}$

$\cancel{P_3 = \sqrt{3}\, U I_3 \cos\varphi_3}$

$\cancel{= \sqrt{3} \times 230 \times 4{,}693 \times \cos(165{,}028)}$

$P_3 = R_3 I_3^2$

$= 20 \times 4{,}693$

$\boxed{P_3 = 440{,}485\ W}$

1-3) Vérifions $P_1 + P_2 + P_3 \neq W_1 + W_2$

$W_1 = \underline{U}_{13} \underline{I}_1$ et $W_2 = \underline{U}_{23} \underline{I}_2$

$W = W_1 + W_2$

$= (\underline{U}_{13} \times \underline{I}_1) + (\underline{U}_{23} \times \underline{I}_2)$

$= (\underline{V}_1 - \underline{V}_3)\underline{I}_1 + (\underline{V}_2 - \underline{V}_3)\underline{I}_2$

$W = \underline{V}_1 \underline{I}_1 + \underline{V}_2 \underline{I}_2 - \underline{V}_3(\underline{I}_1 + \underline{I}_2)$

selon la loi des maille

$\underline{I}_N = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 \Rightarrow \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \underline{I}_N - \underline{I}_3$

donc

$$W = \underline{V}_1 \underline{I}_1 + \underline{V}_2 \underline{I}_2 - \underline{V}_3(\underline{I}_N - \underline{I}_3)$$
$$= \underbrace{\underline{V}_1 \underline{I}_1}_{P_1} + \underbrace{\underline{V}_2 \underline{I}_2}_{P_2} + \underbrace{\underline{V}_3 \underline{I}_3}_{P_3} - \underline{V}_3 \underline{I}_N$$
$$=$$

Par identification on a :

$W = P_1 + P_2 + P_3 - V_3 I_N$ donc

$W_1 + W_2 \neq P_1 + P_2 + P_3$

2/

$$\begin{cases} \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 0 \\ \underline{U}_{12} - \underline{Z}_1 \underline{I}_1 + \underline{Z}_2 \underline{I}_2 = 0 \\ \underline{U}_{23} - \underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = -(\underline{I}_2 + I_3) & (1) \\ \underline{U}_{12} + \underline{Z}_1 \underline{I}_2 + \underline{Z}_1 \underline{I}_3 + \underline{Z}_2 \underline{I}_2 = 0 & (2) \\ \underline{U}_{23} - \underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = 0 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \underline{I}_1 = -(\underline{I}_2 + \underline{I}_3) \\ \underline{U}_{12} + \underline{I}_2(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{I}_3 = 0 \\ \underline{U}_{23} - \underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \underline{I}_1 = -(\underline{I}_2 + \underline{I}_3) & (1) \\ \underline{I}_2(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{I}_3 = -\underline{U}_{12} & (2) \times \underline{Z}_3 \\ -\underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = -\underline{U}_{23} & (3) \times (-\underline{Z}_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \underline{Z}_3 \underline{I}_2(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = -\underline{U}_{12} \underline{Z}_3 & (1) \\ \underline{Z}_1 \underline{Z}_2 \underline{I}_2 - \underline{Z}_1 \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = \underline{U}_{23} \underline{Z}_1 & (2) \end{cases}$$

$(1) + (2)$: $\underline{Z}_3 \underline{I}_2(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{Z}_2 \underline{I}_2 = \underline{U}_{23} \underline{Z}_1 - \underline{U}_{12} \underline{Z}_3$

$$\underline{I}_2(\underline{Z}_3(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{Z}_2) = \underline{U}_{23} \underline{Z}_1 - \underline{U}_{12} \underline{Z}_3$$

$$\boxed{\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{23} \underline{Z}_1 - \underline{U}_{12} \underline{Z}_3}{\underline{Z}_3(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{Z}_2}}$$

~~Rem~~
$$\begin{cases} (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \underline{I}_2 + \underline{Z}_1 \underline{I}_3 = -\underline{U}_{12} & \times (\underline{Z}_2) \\ -\underline{Z}_2 I_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_3 \underline{I}_3 = -\underline{U}_{23} & \times (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \end{cases}$$

$$\underline{Z}_2 \underline{Z}_1 \underline{I}_3 + \underline{Z}_3(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1) \underline{I}_3 = -\underline{U}_{12} \underline{Z}_2 - \underline{U}_{23} (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)$$

$$\underline{I}_3(\underline{Z}_2 \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1)) = -\underline{U}_{12} \underline{Z}_2 - \underline{U}_{23}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)$$

$$\boxed{\underline{I}_3 = \frac{-\underline{U}_{12} \underline{Z}_2 - \underline{U}_{23}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)}{\underline{Z}_2 \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1)}}$$

$\underline{I}_1 = -(\underline{I}_2 + \underline{I}_3)$

$$\underline{I}_1 = -\left[\frac{\underline{U}_{23} \underline{Z}_1 - \underline{U}_{12} \underline{Z}_3}{\underline{Z}_3(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) + \underline{Z}_1 \underline{Z}_2} + \frac{(-\underline{U}_{12} \underline{Z}_2 - \underline{U}_{23}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2))}{\underline{Z}_2 \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1)}\right]$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\overbrace{(1\angle 180)}^{-1}\overbrace{(28{,}298\angle -45{,}028)}^{Z_3} \times \overbrace{230\angle 0}^{U_{12}} + \overbrace{50\angle 0}^{Z_1} \times \overbrace{230\angle -120}^{U_{23}}}{(1414{,}9\angle -45{,}028) + (1412{,}608\angle 8{,}082) + 2495{,}95\angle 53{,}060}$$

$\underline{I}_2 = 2{,}86 \angle -169{,}64$

$\underline{I}_3 = 3{,}11 \angle 93{,}468$