Série de TD n°4 (Alternateurs)

Exercice 1 :

Le stator d'un alternateur triphasé à 4 pôles comporte 432 conducteurs actifs en tout, Φ_m=6,6. 10^{-3} wb.
Calculer :

1- La fréquence et la fem efficace théorique par phase, lorsque N = 1800 tr/min.
2- La fem à vide composée si le couplage est étoile.

Correction :

1- On a : $f = \frac{P.N}{60}$ avec : P = 2, ⇒ $f = 60\ Hz$

2- On a : $E_v = E_{eff} = E_{eff.Théo} = 2.22.Z_{ph}.f.\phi_m$ avec Z_{ph} est le nombre des conducteurs actifs par phase statorique. L'exercice donne le nombre total des conducteurs actifs dans tout le bobinage statorique, et puisque l'alternateur est triphasé, on doit diviser par trois pour trouver Z_{ph}.
Donc, Z_{ph} = 144 ⇒ $E_v = E_{eff} = E_{eff.Théo} = 127\ V$

3- Puisque le couplage est en étoile, la fem à vide composée est $E_{v.comp} = \sqrt{3}.E_v = 220\ V$

Exercice 2 :

Soit un alternateur triphasé couplé en étoile, 60 Hz, 900 tr/min. Son bobinage comporte 576 conducteurs actifs en tout avec Φ_m=0.04 wb.

1- Calculer le nombre de pôles ;
2- Calculer la fem théorique par phase ;
3- Calculer la tension à vide entre phase.

Correction :

1- On a : $f = \frac{P.N}{60}$ ⇒ P = 4 (nombre de paires de pôles) ⇒ $\boxed{\text{2P = 8 (nombre de pôles)}}$

2- On a : $E_v = E_{eff} = E_{eff.Théo} = 2.22.Z_{ph}.f.\phi_m$ avec Z_{ph} est le nombre des conducteurs actifs par phase statorique. ⇒ $\boxed{E_v = E_{eff} = E_{eff.Théo} = 1026\ V}$

3- Puisque le couplage est en étoile, la fem à vide composée est $\boxed{E_{v.comp} = \sqrt{3}.E_v = 1777.3\ V}$

Exercice 3 :

Un alternateur monophasé tétra-polaire comporte 100 conducteurs en tout. Le flux par pôle vaut 25 mWb et la fréquence est de 50 Hz. On mesure aux bornes de l'induit une tension de valeur efficace Ev = 267 V.

1- Déterminer le coefficient de Kapp de l'enroulement.
2- Déterminer la vitesse de rotation de l'inducteur.

Correction :

1- Pour trouver le coeff. de Kapp, on doit utiliser l'expression réelle de la fem à vide. On a : $E_{v.réelle} = K.Z_{ph}.f.\phi_m$ avec Z_{ph} = 100 puisque l'alternateur est monophasé. On obtient : $\boxed{K = 2.13}$

2- En utilisant $f = \dfrac{P.N}{60}$ $\Rightarrow$ $\boxed{N = 1500 \text{ tr/mn}}$

Exercice 4 :

Soit un alternateur triphasé. Sa vitesse est constante ainsi que le courant d'excitation. On donne : la tension à vide composée : $E_{v.comp}$ = 120 V, la résistance mesurée entre deux phases : R_{eq} = 1.33 Ω, le courant de ligne en court-circuit est : $I_{L.CC}$ = 17.32 A (pour le même J qui donne E_v).

1- Calculer la réactance synchrone par phase si le couplage est triangle ;
2- Calculer la réactance synchrone par phase si le couplage est étoile.

Correction :

La réactance synchrone est donnée par : $Xs = \sqrt{Z^2 - rs^2}$ avec : $Zs = \dfrac{Ev\ (tension\,simple)}{Icc\ (courant\,simple)}$

1- **Si le couplage est triangle** :

On aura : $Ev\ (simple) = Ev_{comp} = 120\,V$ et $I_{CC}\ (simple) = I_{L.CC}/\sqrt{3} = 10\ A$ $\Rightarrow$ $Zs = 12\ \Omega$

On sait que : $rs = \dfrac{3}{2} R_{eq} = 2\ \Omega$, On obtient finalement : $\boxed{Xs = 11.8\ \Omega}$

2- **Si le couplage est étoile** :

On aura : $Ev\ (simple) = Ev_{comp}/\sqrt{3} = 69.3\ V$ et $I_{CC}\ (simple) = I_{L.CC} = 17.32\ A$ $\Rightarrow$ $Zs = 4\ \Omega$

On sait que : $rs = \dfrac{1}{2} R_{eq} = 2\ \Omega$, On obtient finalement : $\boxed{Xs = 3.94\ \Omega}$

Exercice 5 :

Le rotor d'un alternateur triphasé, 50 Hz, tourne à la vitesse de 750 tr/min . Son stator comporte 120 encoches régulièrement réparties, chacune d'elles contient 4 conducteurs. Toutes les encoches sont utilisées, les trois enroulements sont couplés en étoile et leur résistance est négligée ; le coefficient de Kapp est 2,14. On donne le flux par pôle en fonction de l'excitation :

J(A)	8	10	11,8	15,4	17	20	26	34
Φ_m(mWb)	50	61	70	85	90	97	105	108

L'alternateur débite 150 A purement inductifs sous la tension de 962 V entre fils de ligne avec une excitation de 15,4 A.

1- Quelle est le nombre de pôles de l'alternateur ?
2- Quelle est la tension à vide pour J = 15,4 A ?
3- Calculer la réactance synchrone par phase pour cette excitation.

Correction :

1- On a : $f = \frac{P.N}{60}$ ⇒ P = 4 (nombre de paires de pôles) ⇒ $\boxed{2P = 8 \text{ (nombre de pôles)}}$

2- On sait que : $E_{v.réelle} = K.Z_{ph}.f.\phi_m$ Selon l'exercice, le bobinage triphasé statorique comporte :

Z_{Tot} = 120 (nombre totale d'encoches) x 4 (nombre de conducteur par encoche)

⇒ $Z_{ph} = Z_{Tot}/3$ =160 conducteur/phase.

En plus, le tableau donne pour J =15.4 A, un flux max Φ_m=85 mWb ⇒ $\boxed{E_v = 1455.2 \text{ V}}$

3- L'équation de tension de B.E. donne (avec rs = 0):

$\overline{E}_v = \overline{V} + jXs.\overline{I}$ Puisque l'alternateur débite sur une charge purement inductive, le diagramme vectoriel correspondant à cette équation devient :

Selon ce diagramme, on peut écrire (en module) :

$$Xs = \frac{Ev - V}{I}$$

Comme le couplage est en étoile, la tension V = 962/√3 = 555.4 V, on obtient $\boxed{Xs = 6\ \Omega}$

Exercice 6 :

Soit un alternateur triphasé entrainé à 360 tr/min, produit E_v = 110 V lorsque J = 2 A et f = 60 Hz. On souhaite que cet alternateur produise une fem à vide de 220 V avec f = 50 Hz. Quelles doivent être les nouvelles valeurs de la vitesse (N) et le courant d'excitation (J) ?

Correction :

L'exercice montre que l'alternateur fonctionne en deux modes différents :

- Mode_1 : Ev_1 = 110 V ; J_1 = 2 A ; f_1 = 60 Hz ; N_1 = 360 tr/mn
- Mode_2 : Ev_2 = 220 V ; **J_2 = ?** ; f_2 = 50 Hz ; **N_2 = ?**

Donc pour augmenter la tension, il faut augmenter le courant d'excitation et pour diminuer la fréquence, on doit réduire la vitesse d'entrainement.

On a : $f = \frac{P.N}{60}$ si on écrit cette relation dans les deux modes, on obtient :

$$f_1 = \frac{P.N_1}{60} \text{ ....(1)} \quad \text{et} \quad f_2 = \frac{P.N_2}{60} \text{ ....(2)}$$

(1)/(2) $\Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{f_2}{f_1}.N_1$, $\Rightarrow$ $\boxed{N_2 = 300 \text{ tr/mn}}$

Même chose pour la tension à vide, on a $E_{v.} = K.Z.f.\phi_m = K.Z.f.k.J$ (le flux est proportionnel au courant d'excitation). On écrit cette relation dans les deux modes, on obtient :

$E_{v1.} = K.Z.f_1.k.J_1$ ....(3) et $E_{v2.} = K.Z.f_2.k.J_2$ ....(4)

(3)/(4) $\Rightarrow \frac{Ev_1}{Ev_2} = \frac{f_1.J_1}{f_2.J_2} \Rightarrow J_2 = \frac{E_{V2}}{Ev_1}.\frac{f_1}{f_2}.J_1 \Rightarrow$ $\boxed{J_2 = 4.8 \text{ A}}$

Exercice 7 :

Un alternateur triphasé entrainé à 150 tr/min avec f = 60 Hz, J= 5 A et Φ_m = 0.0142 Wb. Chaque bobine statorique comporte 6 spires par paire de pôles. La résistance d'une phase statorique est 3 Ω. Le courant d'une phase statorique lors de l'essai de court-circuit est I_{cc} = 100 A (pour le même courant d'excitation qui donne Ev).

1- Calculer la fem à vide.
2- Calculer la réactance synchrone d'une phase statorique.
3- Quelle est la tension aux bornes lorsque l'alternateur débite 50 A sur une charge résistive ?
4- Quelle est alors la chute de tension en % (on néglige la saturation).

Correction :

1- L'exercice ne donne pas le coefficient de Kapp, donc il faut calculer la fem efficace théorique, qui est donnée par : $E_{v.} = 2.22.Z.f.\phi_m$ le nombre des cond./phase est inconnu, mais l'exercice montre que chaque phase statorique comporte 6 spires par paire de pôles., on peut écrire :

6 spires -----→ 1 paire de pôles

n spires ←----- P paires de pôles $\Rightarrow$ n = 6.P et puisque Z = 2.n $\Rightarrow$ Z = 12.P

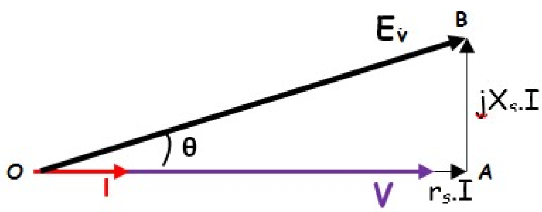
donc, on doit calculer P à travers la relation : $f = \frac{P.N}{60}$, on trouve ; P = 24 paires de pôles.

$\Rightarrow$ Z = 288 cond./phase. Par conséquent, $\boxed{Ev = 544 \text{ V}}$

2- On a : $Xs = \sqrt{Zs^2 - rs^2}$ avec : $Zs = \frac{Ev\ (tension\,simple)}{Icc\ (courant\,simple)}$ $\Rightarrow$ $\boxed{Zs = 4.5\ \Omega}$

3- L'équation de B.E. est donnée par $\overline{E}_v = \overline{V} + rs.\overline{I} + jXs.\overline{I}$

En tenant compte que l'alternateur débite 50 A sur une charge résistive (cosφ = 1). On obtient le diagramme suivant. Le triangle droit OAB permet d'écrire :



$$Ev^2 = (V + rs.I)^2 + (Xs.I)^2 \Rightarrow V = \sqrt{Ev^2 - (Xs.I)^2} - rs.I$$

$\Rightarrow$ $\boxed{V = 346 \text{ V}}$

4- La chute de tension est définie par : ΔV = Ev – V et on obtient : ΔV =198 V

Exercice 8 :

Soit un alternateur triphasé à pôles lisses, couplé en étoile, rs = 0, Xs = 2 Ω. Pu = 800 kW et U_n = 2000 V entre phases. Sachant que la tension à vide composée était 2500 V, calculer :

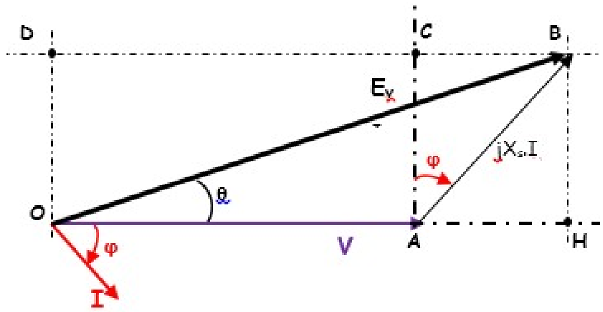
1- L'angle de décalage interne.
2- Le courant délivré par ligne si la charge est inductive.
3- Le facteur de puissance.

Correction :

1- On doit utiliser la relation suivante : $P = \frac{3.V.Ev}{Xs}\sin\theta$

$\Rightarrow$ $\boxed{\theta = 18.62°}$

2- Pour calculer le courant délivré, on doit tracer le diagramme vectoriel correspondant à ce fonctionnement (selon l'exercice, la charge est inductive).



Dans le triangle OAB, on peut écrire :

$$\overline{OA} + \overline{AB} = \overline{OB} \quad \Leftrightarrow \quad \overline{V} + Xs.\overline{I} = \overline{Ev} \quad \Leftrightarrow \quad Xs.\overline{I} = \overline{Ev} - \overline{V}$$

$$\Leftrightarrow \quad \left\|Xs.\overline{I}\right\| = \left\|\overline{Ev} - \overline{V}\right\| \quad \Leftrightarrow \quad (Xs.I)^2 = Ev^2 + V^2 - 2.V.Ev.\cos\theta$$

On obtient : $\boxed{I = 254\ A}$

3- $\cos\varphi = \frac{P}{3V.I}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\cos\varphi = 0.9}$

Exercice 9 :

Soit un alternateur triphasé à pôles lisses, couplé en étoile, 50 Hz, 1500 tr/min. La caractéristique à vide à 1500 tr/min est donnée par Ej (tension composée).

J (A)	2	4	6	8	12	14	16	
Ev (V)	952.6	1853	2473	2892	3516	3706	3845	

La caractéristique en court-circuit passe par le point (J = 6 A , Icc = 225 A).

1- Déterminer pour chaque valeur de J, l'impédance interne et la réactance synchrone par phase (avec rs = 0.2 Ω).
2- Tracer la courbe Z(J).
3- Représenter le diagramme de BE pour le fonctionnement suivant : J = 14 A, I = 150 A et cosϕ = 0.8 (AR). (On néglige rs).
4- En déduire pour ce fonctionnement la chute de tension.

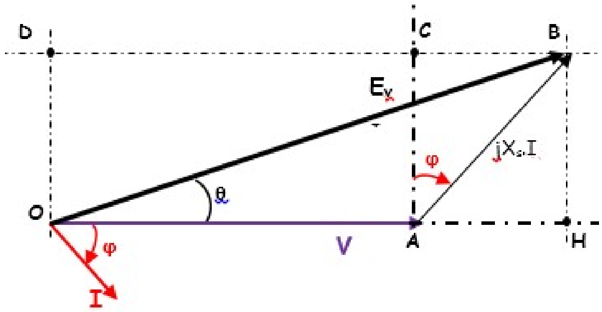
Correction :

1- La réactance synchrone est donnée par : $Xs = \sqrt{Z^2 - rs^2}$ avec : $Zs = \dfrac{Ev\ (tension\,simple)}{Icc\ (courant\,simple)}$

J (A)	2	4	6	8	12	14	16	
Ev (V)	952.6	1853	2473	2892	3516	3706	3845	
Zs (Ω)	**7.33**	**7.13**	**6.36**	**5.57**	**4.51**	**4.08**	**3.7**	
Xs (Ω)	**7.32**	**7.12**	**6.35**	**5.56**	**4.50**	**4.07**	**3.6**	

2- Tracer la courbe X(J)

3- Le diagramme vectoriel pour J = 14 A, I = 150 A et cosϕ = 0.8 (AR). (On néglige rs).



4- Pour calculer la chute de tension ΔV = Ev – V, on doit déterminer V. Selon, le diagramme, on a :

$Ev^2 = Ev_x^2 + Ev_y^2$ avec : $\begin{cases} Ev_X = V + Xs.I.\sin\varphi \\ Ev_Y = Xs.I.\cos\varphi \end{cases}$ $\Rightarrow$ $V = \sqrt{Ev^2 - (Xs.I.\cos\varphi)^2} - Xs.I.\sin\varphi$

L'application numérique donne : $\boxed{V = 1725\ V}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\Delta V = 414.5\ V}$