

Alternateur (machine synchrone)

EXERCICE N° 3 :

Corrigé

Un alternateur triphasé dont les enroulements du stator sont couplés en étoile, fournit en charge normale, un courant d'intensité efficace $I = 200 \text{ A}$ sous une tension efficace entre phases $U = 5 \text{ kV}$ lorsque la charge est inductive ($\cos \varphi = 0,87$).

La résistance d'un enroulement du stator est égale à $r = 0,20 \Omega$. La fréquence de rotation de la roue polaire est $n' = 750 \text{ tr/mn}$. Le courant et la tension ont pour fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

L'ensemble des pertes dites "constantes" et par effet Joule dans le rotor atteint 55 kW .

Un essai à vide, à la fréquence de rotation nominale, a donné les résultats suivants (ie est l'intensité du courant d'excitation ; E la valeur efficace de la tension entre phases) :

Ie (A)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
E (V)	0	1 050	2 100	3 150	4 200	5 200	5 950	6 550	7 000	7 300	7 500

Un essai en court-circuit a donné, pour un courant d'excitation d'intensité $i_e = 40 \text{ A}$, un courant dans les enroulements du stator d'intensité $i_{cc} = 2,5 \text{ kA}$.

1/ Quel est le nombre de pôles du rotor ?

2/ Calculer la réactance synchrone X_S de l'alternateur lorsqu'il n'est pas saturé ? On supposera X_S constante dans la suite du problème.

3/ En déduire la f.é.m. synchrone E au point nominal

4/ Quelle est la puissance nominale de l'alternateur ?

5/ Déterminer le rendement au point de fonctionnement nominal.

Corrigé

1/ Quel est le nombre de pôles du rotor ?

$$n' = \frac{f}{p} \times 60 \Rightarrow p = \frac{f}{n'} \times 60$$

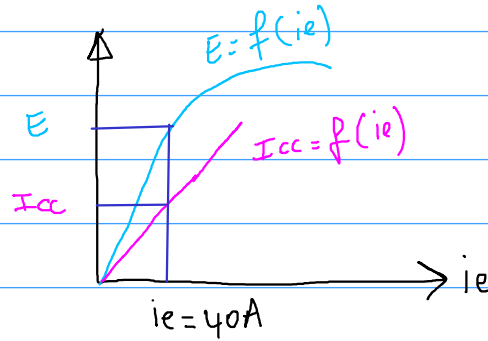
$$p = \frac{50 \times 60}{750} = 4 \text{ paires de pôles}$$

Donc la roue polaire possède 8 pôles

2/ Calculer la réactance synchrone X_S de l'alternateur lorsqu'il n'est pas saturé ? On supposera X_S constante dans la suite du problème.

I_e (A)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
E (V)	0	1 050	2 100	3 150	4 200	5 200	5 950	6 550	7 000	7 300	7 500

Un essai en court-circuit a donné, pour un courant d'excitation d'intensité $i_e = 40$ A, un courant dans les enroulements du stator d'intensité $i_{cc} = 2,5$ kA.



$$Z_s = \frac{E}{I_{cc}} = \frac{4200}{2,5 \cdot 10^3} \quad \text{couplage Y}$$

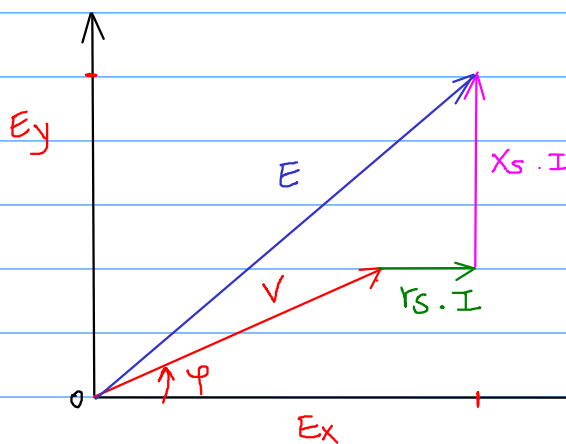
$$Z_s = 0,9699 \approx 0,97 \, \Omega$$

$$\underline{Z}_s = R_s + jX_s$$

$$\rightarrow X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{0,97^2 - 0,20^2} =$$

$$\underline{X_s = 0,949 \approx 0,95 \, \Omega}$$

3/ En déduire la f.é.m. synchrone E au point nominal



$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$(Y) \quad V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{5000}{\sqrt{3}} = 2886,75 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} E_x &= V \cos \varphi + r_s I \\ &= (2886,75 \cdot 0,87) + (0,20 \cdot 200) \\ &= 2551,47 \text{ V} \end{aligned}$$

$$E_y = V \cdot \sin \varphi + X_s \cdot I$$

$$= (2886,75 \cdot \sin(\cos^{-1} 0,87)) + (0,91 \cdot 200)$$

$$E_y = 1613,31 \text{ V}$$

$$\underline{E} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{2551,47^2 + 1613,31^2} = \underline{3018,73 \text{ V}}$$

4/ Quelle est la puissance nominale de l'alternateur ?

$$\underline{S_n} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 5000 \cdot 200 = 1732050 \text{ VA}$$

$$= \underline{1,732050 \text{ MVA}}$$

5/ Déterminer le rendement au point de fonctionnement nominal.

$$\eta = \frac{P_m}{P_a} = \frac{P_m}{P_m + P_{jI} + P_c + P_{ex}}$$

$$P_m = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 5000 \cdot 200 \cdot 0,87 = 1506884,20 \text{ W}$$

$$P_c + P_{ex} = 55 \text{ kW (dans l'énoncé)} \quad P_{ex} = \text{Pertes joules rotor}$$

$$P_{jI} = 3 r I^2 (\gamma) = 3 \cdot 0,2 \cdot 200^2 = 24000 \text{ W}$$

$$\rightarrow \underline{\eta} = \frac{1506884,20}{1506884,20 + 24000 + 55000} = 0,9501 \approx \underline{95\%}$$