

Alternateur (machine synchrone)

EXERCICE N° 4 :

Corrigé

Un alternateur, triphasé, couplé en étoile, comporte 26 pôles et doit fournir entre phases une tension de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 5650 V quel que soit le courant appelé en ligne.

Pour simplifier cette étude, on admettra que la machine est non saturée et que la caractéristique interne (tension entre phases à vide E_v en fonction du courant d'excitation i_{ex} et à fréquence de rotation nominale N peut être assimilée à une droite d'équation : $E_v = 10,7 \cdot i_{ex}$, avec E_v en volts et i_{ex} en ampères.

- Une mesure à chaud en courant continu a permis de déterminer la résistance d'un enroulement du stator $R = 5,4 \text{ m}\Omega$
- Un essai en court-circuit à courant d'excitation $i_{ex} = 434 \text{ A}$ a donné $I_{cc} = 2000 \text{ A}$.

1. calculer la fréquence de rotation n de l'alternateur en tr/s
2. calculer la réactance synchrone par phase
3. Déterminer les valeurs à donner au courant i_{ex} (on négligera la résistance des enroulements du stator) pour $I = 3330 \text{ A}$ dans une charge inductive de $\cos \varphi = 0,9$.
4. La résistance de l'enroulement du rotor étant $R_e = 0,136 \Omega$, et la somme des pertes dans le fer et mécaniques valant 420 kW ;

Calculer le rendement pour la charge nominale définie à la question 3.

Corrigé

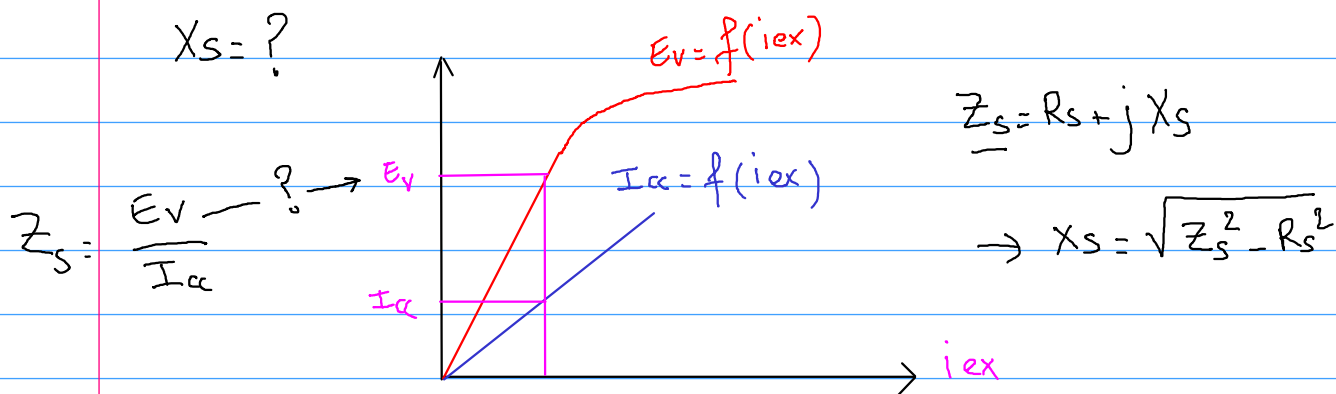
1. calculer la fréquence de rotation n de l'alternateur en tr/s

$$N = \frac{f}{p} = \frac{50}{13} = \underline{3,846 \text{ tr/s}}$$

26 pôles \rightarrow 13 paires de pôles p

$$N = \frac{f}{p} \times 60 = \frac{50}{13} \times 60 = 230,76 \text{ tr/min}$$

2. calculer la réactance synchrone par phase



Un essai en court-circuit à courant d'excitation $i_{ex} = 434 \text{ A}$ a donné $I_{cc} = 2000 \text{ A}$.

$E_v = 10,7 \cdot i_{ex} \rightarrow E_v = 10,7 \cdot 434 = 4643,8 \text{ V}$

\rightarrow entre phase (couplage Y)

$$E_{ph.N} = \frac{E_v}{\sqrt{3}} = \frac{4643,8}{\sqrt{3}} = 2681,09 \text{ V}$$

$$\text{Donc } Z_s = \frac{E_{ph.N}}{I_{cc}} = \frac{2681,09}{2000} = 1,34 \Omega$$

$$\Rightarrow X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{1,34^2 - (5,4 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$\underline{X_s = 1,339 \Omega \approx 1,34 \Omega}$$

$$Z_s \approx X_s$$

$$R_s \ll X_s$$

3. Déterminer les valeurs à donner au courant i_{ex} (on négligera la résistance des enroulements du stator) pour $I = 3330 \text{ A}$ dans une charge inductive de $\cos \varphi = 0,9$.

selon l'énoncé :

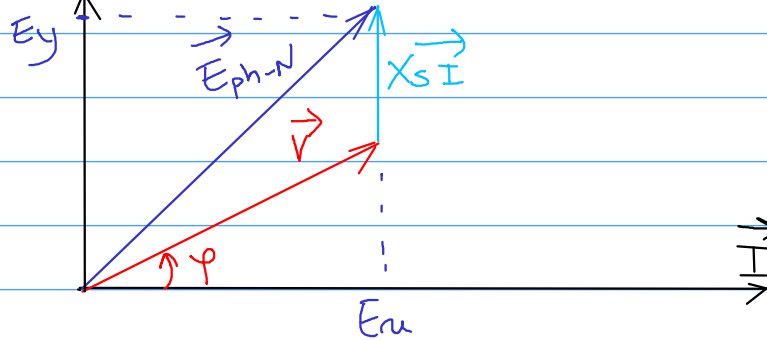
Un alternateur, triphasé, couplé en étoile, comporte 26 pôles et doit fournir entre phases une tension de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 5650 V quel que soit le courant appelé en ligne.

$$\text{Donc } U = 5650 \text{ V} \rightarrow V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{5650}{\sqrt{3}} = 3262,02 \text{ V} \approx 3262 \text{ V}$$

avec R_s négligeable selon les données

$$\vec{E}_{(ph-N)} = \vec{V} + \cancel{R_s \vec{I}} + X_s \vec{I}$$

$$E_{ph-N} = \vec{V} + X_s \vec{I}$$



$$E_{ph-N} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$E_x = V \cdot \cos \varphi$$

et

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

$$E_x = 3262 \cdot 0,9$$

$$E_y = 3262 \cdot \sin(\cos^{-1} 0,9) + 1,34 \cdot 3330$$

$$E_x = 2935,8 \text{ V}$$

$$E_y = 5884,07$$

$$E_{ph-N} = \sqrt{2935,8^2 + 5884,07^2} = 6575,8 \text{ V}$$

$$\text{OR } \frac{E_v}{P_{h-ph}} = 10,7 \cdot i_{ex} \rightarrow i_{ex} = \frac{E_{v-ph-ph}}{10,7} = \frac{E_{ph-N} \cdot \sqrt{3}}{10,7} = 1064,45 \text{ A}$$

$$\underline{i_{ex} = 1064,45 \text{ A}}$$

4. La résistance de l'enroulement du rotor étant $R_e = 0,136 \Omega$, et la somme des pertes dans le fer et mécaniques valant 420 kW;

Calculer le rendement pour la charge nominale définie à la question 3.

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + P_{jI} + P_{fer} + P_{mec} + P_{ex}}$$

$$* P_u = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P_u = \sqrt{3} \cdot 5650 \cdot 3330 \cdot 0,9 = 29328902,93 \text{ W}$$

$$* P_{fI} = P_{fst} = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 5,4 \cdot 10^{-3} \cdot 3330^2 = 179640,18 \text{ W}$$

$$* P_{fer} + P_{mec} = 420 \text{ kW} = 420000 \text{ W}$$

$$* P_{ex} = R_e \cdot i_{ex}^2 = 0,136 \cdot 1064,45^2 = 154095,31 \text{ W}$$

$$\text{Donc } \eta = \frac{29328902,93}{29328902,93 + 179640,18 + 420000 + 154095,31}$$

$$\underline{\eta = 0,9749}$$

$$\underline{\eta = 97,49 \%}$$