Exercice 21

Machine synchrone ED 1

Un moteur synchrone triphasé à 16 pôles, de puissance 250 kVA, est couplé en étoile et alimenté par un réseau 400 V - 50 Hz. La réactance synchrone sera prise égale à 0,2 **Ω** et le rendement sera supposé unitaire.

1° - On règle l'excitation de sorte que $\cos\varphi_S = 1$ et le moteur fournit alors une puissance de 200 kW. Calculer le couple moteur et la f.e.m.

2° - On intègre la machine dans une installation qui absorbe 420 kW avec un facteur de puissance de 0,8. Le moteur synchrone est alors réglé pour être utilisé en compensateur synchrone ($\cos\varphi_S = 0$) au maximum de sa puissance apparente. Calculer le courant I_S consommé par le moteur synchrone ainsi que la f.e.m. E . Déterminer le nouveau facteur de puissance obtenu pour l'ensemble de l'installation ainsi que le courant consommé.

Exercice 21

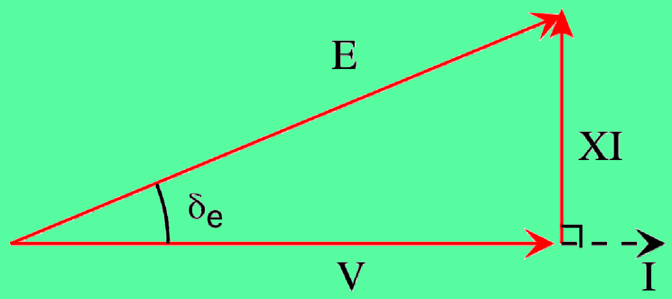
Machine synchrone ED 1

1° 16 pôles et 50 Hz donnent un synchronisme de : $\Omega_S = 2\pi N_S = \dfrac{100\pi}{8} = 12{,}5\pi$

D'où : $C = \dfrac{P}{\Omega} = \dfrac{200\ 000}{12{,}5\pi} = 5093\ N.m$

Nous avons : $\cos\varphi = 1 \Rightarrow I = \dfrac{P}{U\sqrt{3}} = 288{,}7\ A$

et le diagramme vectoriel donne : $E = \sqrt{V^2 + \left(XI\right)^2} = 238\ V$



Exercice 21

Machine synchrone ED 1

2° En compensateur synchrone et au maximum de sa puissance apparente, la machine fournit à l'installation une puissance réactive Q = 250 kVAr et consomme donc un courant :

$$I_S = \frac{250\ 000}{400\sqrt{3}} = 360,8\ A$$

avec $\sin\varphi_S = 1$

Les 3 vecteurs $\overrightarrow{E}, \overrightarrow{V}\ et\ \overrightarrow{XI}$ sont colinéaires, donc : $E = V + XI = 303,1\ V$

L'installation consomme : $Q = 420\tan\left(\cos^{-1}0,8\right) = 315\ kVAr$

Le réseau ne fournit donc plus que :

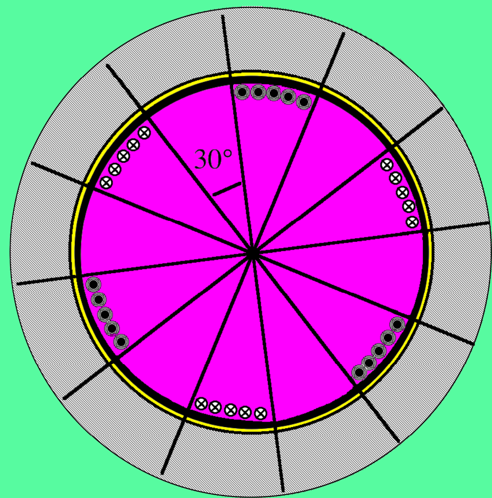
$$Q' = 315 - 250 = 65\ kVAr \Rightarrow \tan\varphi' = \frac{Q'}{P} = 0,155 \Rightarrow \cos\varphi' = 0,988$$

Le courant total absorbé devient donc :

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q'^2}}{U\sqrt{3}} = 613,4\ A \quad \left(contre\ I = \frac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi} = 757,8\ A\ avant\right)$$

Exercice 22

Machine synchrone ED 2



longueur : L = 0,5 m
diamètre entrefer : D = 0,6 m

Soit le rotor d'un alternateur triphasé représenté ci-contre. Il comporte 6 groupes de cinq encoches. Il est entraîné à la vitesse de 1200 tr/mn. La résistance des enroulements statoriques sera négligée.

1° - Pour une intensité d'excitation J = 22 A, si chaque groupe était ramené à une seule encoche, recueillant tous les conducteurs, l'amplitude du fondamental de l'induction générée serait de 1 T. Donner sa valeur réelle et en déduire celle du flux utile par pôle généré par ce fondamental.

On rappelle l'expression du facteur d'enroulement : $K = \dfrac{\sin\left(m\alpha_e/2\right)}{m\sin\left(\alpha_e/2\right)}$

2° - Le bobinage du stator qui comporte un total de 72 conducteurs, est tel que le coefficient de Kapp est de 2,247. Calculer la f.e.m. E dans les conditions du 1°(prendre l'amplitude du flux utile par pôle égale à 85 mWb). Un courant de court-circuit de 50 A étant obtenu pour une excitation J = 10 A, calculer la tension simple V, pour une charge résistive absorbant un courant de 50 A.

3° - Dans ces mêmes conditions de charge, le rendement de l'alternateur est de 96 % et l'excitatrice absorbe 1 kW; donner le couple fourni par le système d'entraînement.

Exercice 22

Machine synchrone ED 2

1° L'amplitude réelle du fondamental de l'induction s'écrit :

$$\hat{B} = K\,B^{*} \;\; avec \;\; K = \frac{\sin\left(m\alpha_e/2\right)}{m\sin\left(\alpha_e/2\right)}$$

Nous avons ici : $B^* = 1$ T = amplitude si tous les conducteurs sont dans une seule paire d'encoches

m = 5 encoches par pôle

$$\alpha_e = p\alpha = 3 \times \frac{30}{4} = 22{,}5°$$

AN : $\hat{B} = 0{,}8524 \;\; T$

Le flux utile par pôle a pour amplitude : $\hat{\Phi} = lR\int_0^{\frac{\pi}{3}} \hat{B}\sin 3\theta\, d\theta = \dfrac{\hat{B}\,l\,D}{3}$

AN : $\hat{\Phi} = 85{,}24 \;\; mWb$

Exercice 22

Machine synchrone ED 2

2° Le bobinage du stator comporte 72/3 = **24 conducteurs par phase**. :

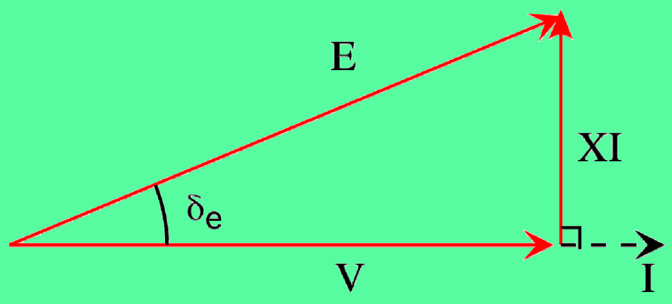
$$E = K\,n\,f\,\hat{\Phi} \;\; avec \;\; f = p\,N = 3 \times 20\left(tr/s\right) = 60 \;\; Hz$$

AN : $E = 2{,}247 \times 24 \times 60 \times 0{,}085 = 275 \;\; V$

Si R ≈ 0 : $X = \dfrac{E}{I_{CC}}\left(J = 22\right) = \dfrac{275}{50 \times \dfrac{22}{10}} = 2{,}5 \;\; \Omega$

Les vecteurs V et XI sont orthogonaux, donc :

$$V = \sqrt{E^2 - \left(XI\right)^2} = 245 \;\; V$$



Exercice 22

Machine synchrone ED 2

3° La puissance mécanique fournie à la machine s'écrit :

$$P_{méca} = C\,.\,\Omega = \frac{3V\,I}{0{,}96} + 1000 \;\; avec \;\; \Omega = 40\pi$$

Il vient : $C = 312{,}6 \;\; N.m$

Exercice 23

Machine synchrone ED 3

On considère un alternateur triphasé couplé en étoile. Par action sur l'excitation, sa tension simple de sortie V est maintenue constante et égale à 127 V pour une fréquence de 50 Hz. La mesure de la résistance entre deux bornes du stator a donné 2,2 Ω

1° - Lorsque l'alternateur débite un courant de 24 A. dans une charge résistive, le décalage angulaire électrique est $\delta_e = 25°$. Tracer le diagramme de Fresnel des tensions et courant pour une phase de l'induit de la machine. En déduire la valeur de la f.e.m. puis celle de la réactance synchrone.

2° - On ajoute, en parallèle sur la résistance du 1°, une charge purement inductive qui absorbe un courant de 18 A. Tracer le nouveau diagramme et déterminer la nouvelle f.e.m. et le nouveau décalage angulaire électrique.

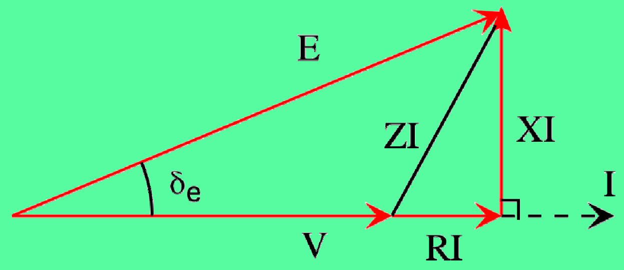
3° - Pour les valeurs du 2°, le couple de décrochage est de 173 N.m. Préciser le nombre de pôles de la machine.

Exercice 23

Machine synchrone ED 3

1° Compte tenu du couplage étoile, la résistance d'une bobine stator est : $R = \dfrac{2,2}{2} = 1,1\ \Omega$

Le diagramme vectoriel est de la forme :



D'où : $\boxed{E = \dfrac{V + R\,I}{\cos\delta_e} = 169,26\ V}$

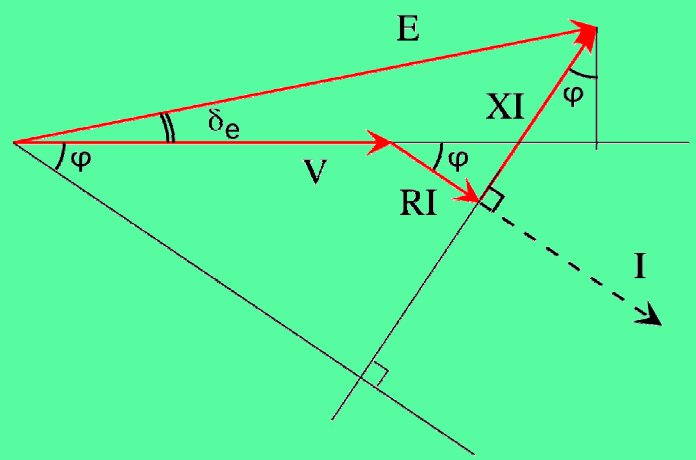
et : $\boxed{X = \dfrac{\left(V + R\,I\right)\tan\delta_e}{I} = 2,98\ \Omega}$

Exercice 23

Machine synchrone ED 3

2° Le courant de ligne total est : $I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = 30\ A$

Il présente un déphasage : $\tan\varphi = \dfrac{I_L}{I_R} = 0{,}75 \Rightarrow \varphi = 36{,}9°$



Par projection sur la direction de I :

$$E = \sqrt{\left(V\cos\varphi + RI\right)^2 + \left(V\sin\varphi + XI\right)^2} = 213{,}4\ V$$

avec : $\tan\left(\varphi + \delta_e\right) = \dfrac{V\sin\varphi + XI}{V\cos\varphi + RI} \Rightarrow \delta_e = 14°$

Exercice 23

Machine synchrone ED 3

3° Le couple de décrochage est : $C_M = \dfrac{3V\,E}{X\,\Omega_S} \Rightarrow \Omega_S = 157{,}7\ rad\,/\,s$

Or : $\Omega_S = 2\pi\dfrac{f}{p} = \dfrac{100\pi}{p} \Rightarrow p = 2\ donc\ 4\ pôles$

Exercice 24

Machine synchrone ED 4

Soit un alternateur triphasé bipolaire couplé en étoile et entraîné à une vitesse de 3000 tr/mn. La résistance d'un enroulement du stator est de 0,3 Ω. L'induction dans l'entrefer est supposée sinusoïdale.

1° - Le stator comporte 72 encoches contenant chacune 10 conducteurs. L'amplitude du flux utile par pôle est de 135 mWb et la f.e.m. à vide a pour valeur efficace E = 3450 V. Donner la valeur du cœfficient de Kapp.

2° - La tension de sortie entre phases est supposée constante et égale à 5500 V. Si l'on connecte une charge inductive consommant un courant de 275 A avec un facteur de puissance de 0,9, le système d'entraînement développe un couple de 8000 N.m. Calculer, pour ce fonctionnement, le rendement de l'alternateur et les différentes pertes dans la machine. Donner la puissance apparente nominale si celle-ci est caractérisée par un rendement maximum.

Exercice 24

Machine synchrone ED 4

1° La machine est bipolaire et tourne à 3000tr/mn; elle génère donc une fréquence de 50 Hz.

Le bobinage stator comporte : $n = \dfrac{72 \times 10}{3} = 240 \; cond \,/\, phase$

Le coefficient de Kapp sera donc : $\boxed{K = \dfrac{E}{n\, f\, \hat{\Phi}} = 2{,}1296}$

Exercice 24

Machine synchrone ED 4

2° La puissance électrique est de : $P_{élec} = 5500\sqrt{3} \times 275 \times 0,9 = 2\ 357\ 754\ W$

La puissance mécanique fournie est de : $P_{méca} = C.\Omega = 8000 \times 100\pi = 2\ 513\ 274\ W$

D'où le rendement : $\boxed{\eta = \dfrac{P_{élec}}{P_{méca}} = 93,8\ \%}$

Les pertes totales s'élèvent à : $Pertes = P_{méca} - P_{élec} = 155\ 520\ W$

La machine est couplée en étoile; les pertes Joule sont donc : $\boxed{P_J = 3RI^2 = 68\ 062,5\ W}$

D'où les pertes constantes, par différence : $\boxed{P_C = Pertes - P_J = 87\ 457,5\ W}$

Le fonctionnement présente un rendement maximum donc $\mathbf{P_J = P_C = 87\ 457,5\ W}$

$$\boxed{P_J = 3RI_n^2 = 87\ 457,5\ W \Rightarrow I_n = 311,7\ A \Rightarrow S_n = UI_n\sqrt{3} = 2,97\ MVA}$$

Exercice 25

Machine synchrone ED 5

Un alternateur triphasé tétrapolaire ($U = 415$ V et $S_n = 36$ kVA) est couplé en étoile et entraîné à la vitesse de 1800 tr/mn. par un moteur à courant continu ($U_c = 400$ V ; excitation fixe et pertes constantes négligées).

1° - L'alternateur fonctionne à son régime nominal sur une charge résistive. Le rendement du moteur est de 90 % et son courant d'induit est alors de 105 A. Déterminer le rendement de l'alternateur et, celui-ci étant maximum, en déduire la résistance d'un enroulement du stator.

2° - Pour un courant d'excitation J = 4 A, le stator, en circuit ouvert, présente une tension entre phases de 440 V alors que, pour J = 1 A, un essai en court-circuit a donné un courant de 50 A. Calculer la réactance synchrone X.

3° - L'alternateur débite un courant de 36 A dans une charge inductive avec un $\cos\varphi = 0{,}8$ et sous sa tension nominale. Tracer le diagramme vectoriel de Behn-Eschenburg et déterminer la f.e.m. en négligeant l'influence de la résistance des enroulements. Préciser la valeur du décalage angulaire mécanique et calculer le courant absorbé par l'induit du moteur à courant continu.

Exercice 25

Machine synchrone ED 5

1° L'alternateur reçoit une puissance mécanique : $P_{méca} = 400 \times 105 \times 0,9 = 37\ 800\ W$

Il fournit une puissance électrique : $P_{élec} = 36\,000\ W \quad (\cos\varphi = 1)$

D'où le rendement : $\boxed{\eta = \dfrac{P_{élec}}{P_{méca}} = 95,24\ \%}$

Celui-ci étant maximum, nous avons : $P_C = P_J = \dfrac{37\ 800 - 36\ 000}{2} = 900\ W = 3R\,I_n^2$

$$\boxed{I_n = \frac{36\ 000}{415\sqrt{3}} = 50\ A \Rightarrow R = 0,12\ \Omega}$$

Exercice 25

Machine synchrone ED 5

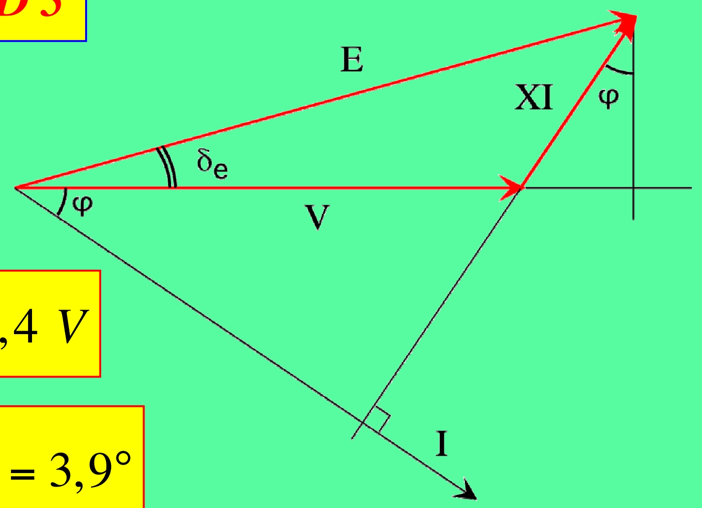
2° Pour J = 4 A, nous avons : $$E = \frac{440}{\sqrt{3}} \Rightarrow Z = \frac{E}{I_{CC}}(J = 4) = \frac{440/\sqrt{3}}{50 \times 4} = 1{,}27\ \Omega$$

Il vient : $$\boxed{X = \sqrt{Z^2 - R^2} = 1{,}265\ \Omega}$$

Exercice 25

Machine synchrone ED 5

3° Le diagramme vectoriel est le suivant :



Il vient : $E = \sqrt{\left(V\cos\varphi\right)^2 + \left(V\sin\varphi + XI\right)^2} = 269{,}4\ V$

$$\tan\left(\varphi + \delta_e\right) = \frac{V\sin\varphi + XI}{V\cos\varphi} \Rightarrow \delta_e = 7{,}77°\ \ soit\ \ \delta = 3{,}9°$$

A vitesse constante et les pertes constantes étant négligées, la puissance sur l'arbre est proportionnelle au courant d'induit. Lors de ce fonctionnement, l'alternateur absorbe une puissance mécanique :

$$P_{méca} = UI\sqrt{3}\cos\varphi + P_C + P_J = 415 \times 36\sqrt{3} \times 0{,}8 + 900 + 3 \times 0{,}12 \times 36^2 = 22\ 068\ W$$

Le courant d'induit sera donc : $I = 105 \times \dfrac{22\ 068}{37\ 800} = 61{,}3\ A$

Exercice 26

Machine synchrone ED 6

Une usine possède une installation électrique connectée à un réseau triphasé 231/400 V - 50 Hz. Elle consomme d'une part un courant de 320 A avec un facteur de puissance de 0,86, et comporte, par ailleurs, un concasseur équipé d'un moteur synchrone triphasé de 90 kVA, couplé en étoile, possédant 12 pôles et dont la résistance mesurée entre deux phases est de 64 mΩ. Sa caractéristique à vide est supposée linéaire.

1° - Déterminer le couple utile sur l'arbre du moteur synchrone, au point nominal, si le rendement est de 96 % avec un $\cos\varphi = 0,9$.

2° - L'excitation de la machine synchrone est réglée pour qu'elle présente un $\cos\varphi = 1$. Calculer le courant qu'elle absorbe pour un couple fourni de 1200 N.m. Tracer le diagramme vectoriel de Behn-Eschenburg et en déduire la f.e.m. E et la réactance synchrone sachant que le décalage angulaire mécanique est de 3°. Préciser le facteur de puissance global obtenu vu du réseau.

3° - Pour le même couple fourni, on augmente l'excitation jusqu'à obtenir un fonctionnement à la puissance apparente nominale. Faire le nouveau diagramme en négligeant l'influence de la résistance des enroulements et donner la valeur de E. Donner le $\cos\varphi$ global obtenu vu du réseau.

4° - En absence de produits à concasser, la machine synchrone, considérée comme à vide, est maintenue connectée sur le réseau et fonctionne en compensateur synchrone. Si on conserve la f.e.m. du 3° et en négligeant toujours l'influence de la résistance des enroulements, donner le facteur de puissance global obtenu vu du réseau.

Exercice 26

Machine synchrone ED 6

1° Le moteur synchrone comporte 12 pôles, donc p = 6 et **$\Omega = 100\pi/6$** :

Le couple utile sur l'arbre sera donc :

$$\boxed{C_U = \frac{\eta P_{abs}}{\Omega} = \frac{0{,}96 \times 90\ 000 \times 0{,}9}{100\pi/6} = 1485\ N.m}$$

Exercice 26

Machine synchrone ED 6

2° Le courant nominal est : $I_n = \dfrac{90\ 000}{400\sqrt{3}} = 129{,}9\ A$

Le couplage étoile donne une résistance d'enroulement : $R = \dfrac{64}{2} = 32\ m\Omega$

D'où les pertes constantes :

$$\boxed{P_C = P_{abs}\left(1-\eta\right) - 3RI^2 = 1620\ W}$$

Le bilan de puissance pour le fonctionnement étudié donne une équation du second degré en I :

$$\boxed{400\, I\sqrt{3} = 1200 \times \frac{100\pi}{6} + 3 \times 0{,}032 \times I^2 + 1620 \Rightarrow I = 94{,}26\ A}$$

Exercice 26

Machine synchrone ED 6

2° Le courant nominal est : $I_n = \dfrac{90\ 000}{400\sqrt{3}} = 129{,}9\ A$

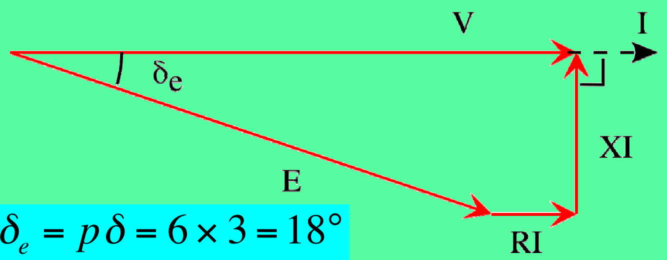
Le couplage étoile donne une résistance d'enroulement : $R = \dfrac{64}{2} = 32\ m\Omega$

D'où les pertes constantes :

$$P_C = P_{abs}\left(1-\eta\right) - 3RI^2 = 1620\ W$$

Le bilan de puissance pour le fonctionnement étudié donne une équation du second degré en I :

$$400\,I\sqrt{3} = 1200 \times \frac{100\pi}{6} + 3 \times 0{,}032 \times I^2 + 1620 \Rightarrow I = 94{,}26\ A$$



$\delta_e = p\,\delta = 6 \times 3 = 18°$

$$E = \frac{V - RI}{\cos\delta_e} = 239{,}65\ V$$

$$X = \frac{E\sin\delta_e}{I} = 0{,}786\ \Omega$$

$$\tan\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{U\sqrt{3}\left(320\sin\left(\cos^{-1}0{,}86\right)\right)}{U\sqrt{3}\left(320 \times 0{,}86 + 94{,}26\right)} = 0{,}442 \Rightarrow \cos\varphi = 0{,}915$$

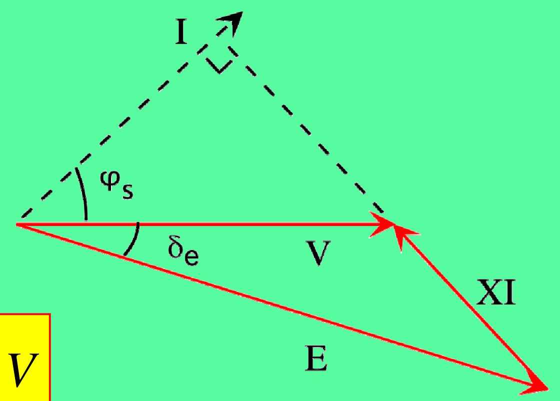
Exercice 26

Machine synchrone ED 6

3° Le bilan de puissance donne, avec I_n = 129,9 A :

$$\cos\varphi_S = \frac{C.\Omega + 3RI_n^2 + P_C}{S_n} = 0,734 \Rightarrow \varphi_S = 42,76°$$

Le diagramme vectoriel est maintenant :



$$E = \sqrt{\left(V + XI\sin\varphi\right)^2 + \left(XI\cos\varphi\right)^2} = 309,5\ V$$

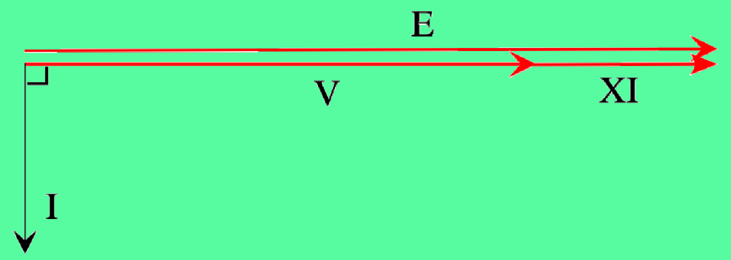
$$\tan\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{U\sqrt{3}\left(320\sin\left(\cos^{-1}0,86\right) - 129,9\sin 42,76°\right)}{U\sqrt{3}\left(320\times 0,86 + 129,9\cos 42,76\right)} = 0,203 \Rightarrow \cos\varphi = 0,98$$

Exercice 26

Machine synchrone ED 6

4° Les vecteurs E, V et XI sont maintenant colinéaires donc : $I = \dfrac{E - V}{X} = 99{,}92\ A$

Le diagramme vectoriel est maintenant :



$$\tan\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{U\sqrt{3}\left(320\sin\left(\cos^{-1}0{,}86\right) - 99{,}92\right)}{U\sqrt{3}\,320 \times 0{,}86} = 0{,}230 \Rightarrow \cos\varphi = 0{,}974$$

Exercice 27

Machine synchrone ED 7

On considère un alternateur triphasé couplé en étoile. Sa tension simple de sortie V est maintenue constante et égale à 231 V par action sur l'excitation. La mesure de la résistance entre deux bornes du stator a donné 2,4 **Ω**. Lorsque l'alternateur débite un courant de 15 A. dans une charge résistive, le décalage angulaire électrique est $\delta_e = 18°$.

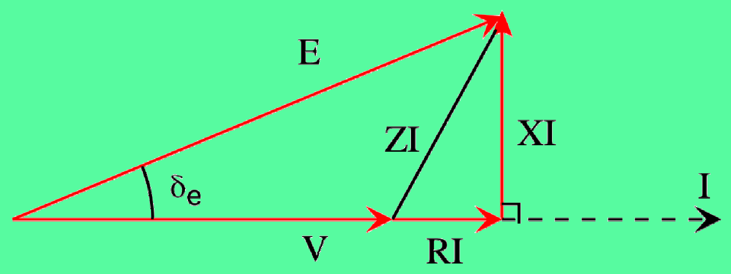
1° - Tracer le diagramme de Fresnel des tensions et courant dans l'induit de la machine. En déduire la valeur de la f.e.m. puis celle de la réactance synchrone et de l'impédance synchrone.

2° - On ajoute, en parallèle sur la première, une charge purement inductive qui absorbe un courant de 10 A. Tracer le nouveau diagramme et déterminer la nouvelle f.e.m. et le nouveau décalage angulaire électrique.

Exercice 27

Machine synchrone ED 7

1° La charge étant résistive, les vecteurs V et RI sont alignés tandis que XI leur est perpendiculaire.
Le diagramme est donc :



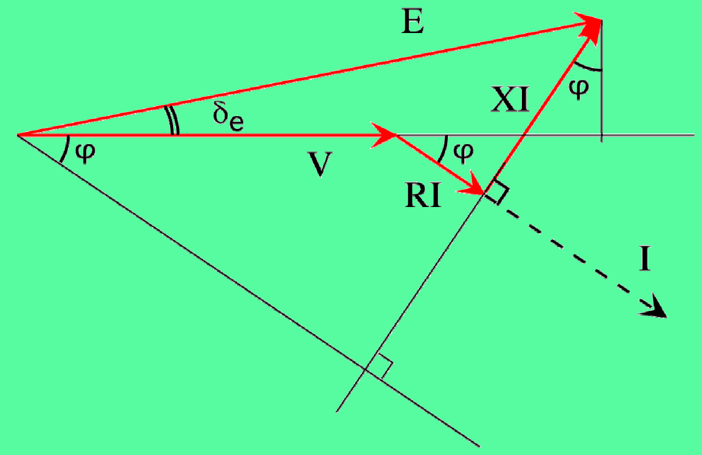
D'où : $$\boxed{\begin{aligned} E\cos\delta_e &= V + RI \\ E\sin\delta_e &= XI \end{aligned}}$$

AN : $$\begin{aligned} E &= 261{,}8\ V \\ X &= 5{,}39\ \Omega \\ Z &= \sqrt{R^2 + X^2} = 5{,}52\ \Omega \end{aligned}$$

Exercice 27

Machine synchrone ED 7

2° Le nouveau diagramme est maintenant :



Le courant s'écrit :

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

Avec un déphasage φ tel que :

$$\tan\varphi = \frac{I_L}{I_R}$$

AN : $I = 18\ A$

$\varphi = 33{,}7\ °$

Par projection sur la direction de I et une direction orthogonale, on peut écrire :

$$E = \sqrt{\left(V\cos\varphi + RI\right)^2 + \left(V\sin\varphi + XI\right)^2}$$

$$\tan\left(\varphi + \delta_e\right) = \frac{V\sin\varphi + XI}{V\cos\varphi + RI}$$

AN : $E = 310{,}5\ V$

$\delta_e = 12{,}8\ °$

Exercice 28

Machine synchrone ED 8

Soit le rotor d'un alternateur triphasé qui comporte 10 pôles et dont l'amplitude de l'induction dans l'entrefer, supposée sinusoïdale, est B_m = 0,9 T. Le diamètre moyen au niveau de l'entrefer est de 800 mm et la longueur du rotor est de 600 mm. Le stator, couplé en étoile, possède 84 encoches contenant chacune 4 conducteurs. Le coefficient de Kapp est égal à 2,17 et la résistance d'un enroulement du stator est de 0,25 Ω.

1° - Pour une vitesse d'entraînement de 720 tr/mn et le stator étant en circuit ouvert, calculer la tension que l'on peut mesurer entre phase et neutre. Le couple fourni par le système d'entraînement est alors de 25 N.m .

2° - Pour cette même vitesse, l'alternateur débite un courant de 50 A, sous une tension simple de 1100 V, avec un $\cos\varphi$ = 0,9. Calculer le rendement de l'alternateur et préciser le couple fourni par le système d'entraînement si l'excitatrice absorbe alors 1500 W.

Exercice 28

Machine synchrone ED 8

1° La tension phase - neutre, dans ce cas est égale à la f.e.m. E : $\boxed{E = K\,n\,f\,\hat{\Phi}}$

$$\boxed{\hat{\Phi} = lr\int_0^{\frac{\pi}{5}} \hat{B}\sin 5\theta\, d\theta = \frac{\hat{B}\,l\,D}{5}}$$

AN : $\hat{\Phi} = 86{,}4\ \ mWb$

AN : $$\left.\begin{array}{l} n = \dfrac{84\times 4}{3} = 112\ \ cond\ /\ phase \\ f = p\,N = 5\times\dfrac{720}{60} = 60\ \ Hz \end{array}\right\} \Rightarrow E = 1260\ \ V$$

Exercice 28

Machine synchrone ED 8

2° Le couple fourni lors du fonctionnement à vide du 1°,
permet de calculer les pertes constantes : $\boxed{P_{Cte} = C_P\,\Omega}$

Les pertes Joule étant : $\boxed{P_J = 3\,R\,I^2}$

La puissance utile est la puissance électrique : $\boxed{P_{élec} = 3V\,I\cos\varphi}$

AN : $\left.\begin{array}{l} Pertes = 25\times 24\,\pi + 3\times 0{,}25\times 50^2 = 3760\ W \\ P_{élec} = 148\,500\ W \end{array}\right\} \Rightarrow \eta = \dfrac{P_U}{P_U + Pertes} = 97{,}53\ \%$

$$\boxed{C = \frac{P_U + Pertes + 1500}{\Omega}}$$

AN : $C = 2039{,}3\ N.m$

Exercice 29

Machine synchrone ED 9

Un alternateur autonome tétrapolaire, couplé en étoile, fournit un réseau triphasé de 220 V - 50 Hz lorsqu'il débite son courant nominal, soit I_n = 95 A, dans une charge résistive et pour un courant d'excitation J = 5 A. La résistance mesurée entre deux bornes du stator est de 0,16 Ω. La f.e.m. est supposée proportionnelle à J (E = k.J) et un courant de court-circuit de 90 A est atteint pour J = 2 A.

1° - Déterminer k et X la réactance synchrone.

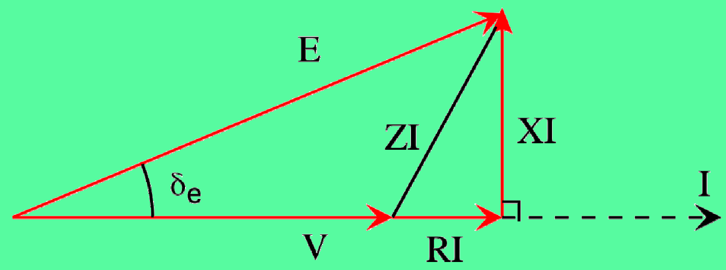
2° - L'alternateur alimente une charge absorbant un courant de 80 A pour un cosφ = 0,9 AR. Donner la valeur de J nécessaire pour maintenir $V = V_n$ et préciser celle du décalage angulaire mécanique réel δ_m. Faire le diagramme vectoriel correspondant.

3° - La charge n'absorbe plus que 20 A avec un cosφ = 0,6 AV. Déterminer la nouvelle valeur de J pour avoir toujours $V = V_n$.

Exercice 29

Machine synchrone ED 9

1° Le couplage étoile donne une résistance d'enroulement : $R = \dfrac{0,16}{2} = 0,08\ \Omega$



La charge étant résistive, les vecteurs V et RI sont alignés tandis que XI leur est perpendiculaire. Le diagramme est donc :

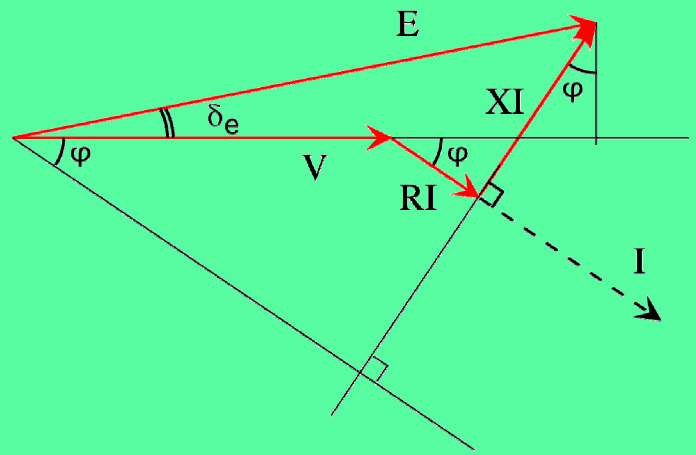
$$\left.\begin{array}{l} Z = \dfrac{E}{I_{CC}} = \dfrac{kJ}{45J} = \sqrt{R^2 + X^2} \Rightarrow X^2 = \left(\dfrac{k}{45}\right)^2 - 0,08^2 \\ E^2 = 25k^2 = \left(V + RI\right)^2 + \left(XI\right)^2 \end{array}\right\} \Rightarrow k = 29,65\ \ avec \begin{cases} V = \dfrac{220}{\sqrt{3}} \\ I = 95\ \ A \end{cases}$$

D'où : $X = 0,654\ \Omega$

Exercice 29

Machine synchrone ED 9

2° Pour I = 80 A et cosφ = 0,9 AR, le diagramme est maintenant le suivant :



$$E = \sqrt{\left(V\cos\varphi + RI\right)^2 + \left(V\sin\varphi + XI\right)^2} = 161{,}77\ V$$

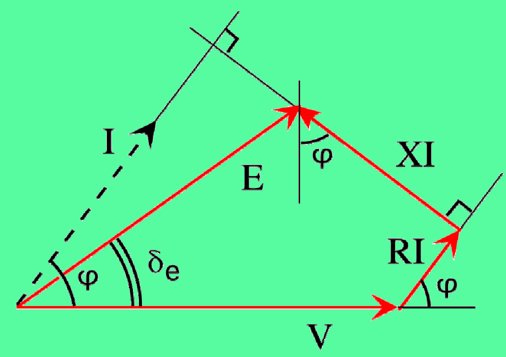
$$E = kJ \ \Rightarrow\ J = 5{,}455\ A$$

$$\tan\left(\varphi + \delta_e\right) = \frac{V\sin\varphi + XI}{V\cos\varphi + RI} \Rightarrow \delta_e = 15{,}9° \Rightarrow \delta = 7{,}95°\ \left(p = 2\right)$$

Exercice 29

Machine synchrone ED 9

3° Pour I = 20 A et cosφ = 0,6 AV (donc **φ < 0**), le diagramme est maintenant le suivant :



$$E = \sqrt{(V\cos\varphi + RI)^2 + (V\sin\varphi - XI)^2} = 117{,}86\ V$$

$$E = kJ \Rightarrow J = 3{,}97\ A$$

Exercice 30

Machine synchrone ED 10

Une machine synchrone triphasée est couplée sur un réseau 20 kV - 50 Hz. Sa puissance apparente nominale est de 240 MVA et sa vitesse de synchronisme de 600 tr/mn.

La réactance synchrone est $X = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\Omega$ et la résistance des enroulements statoriques sera négligée.

1° - La machine est entraînée par une turbine hydraulique. Elle fonctionne à sa puissance apparente nominale en fournissant du réactif au réseau de sorte que $\cos\varphi = 0{,}9$. Déterminer le courant de ligne et la f.e.m.

2° - On ferme l'arrivée d'eau, la machine tourne alors en compensateur synchrone. Pour une valeur de la f.e.m. de 15 000 V, calculer la puissance réactive fournie au réseau.

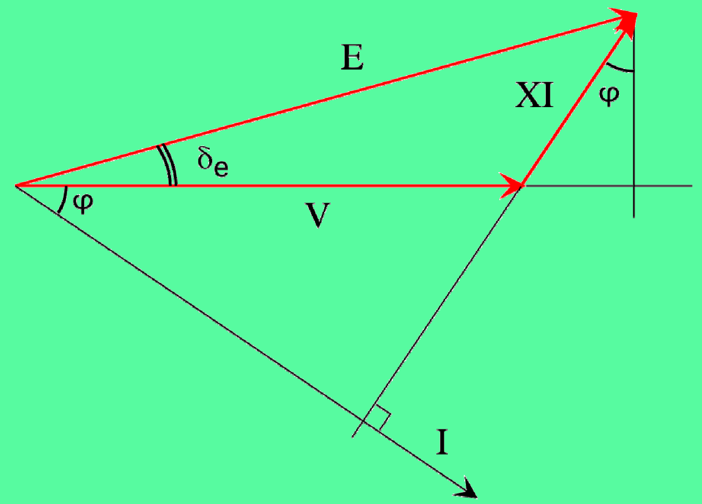
3° - Pendant les heures creuses, le système est prévu pour fonctionner en pompe pour renvoyer de l'eau dans le bassin en altitude. Le réseau présentant alors un excès de réactif, la machine absorbe du réactif tout en consommant une puissance active de 216 MW, la puissance apparente gardant sa valeur nominale. Donner la valeur de la f.e.m. et du décalage angulaire mécanique δ_m.

Exercice 30

Machine synchrone ED 10

1° Fonctionnement en alternateur :

Avec R ≈ 0, le diagramme vectoriel à l'aspect suivant :



Le fonctionnement est à la puissance apparente nominale, d'où :

$$I = I_n = \frac{S_n}{U\sqrt{3}}$$

$$E = \sqrt{\left(V\cos\varphi\right)^2 + \left(V\sin\varphi + XI\right)^2}$$

AN :

$$U = 20\,000\ V \Rightarrow V = 20\,000/\sqrt{3}$$

$$I_n = 6\,928\ A$$

$$E = 13\,770\ V$$

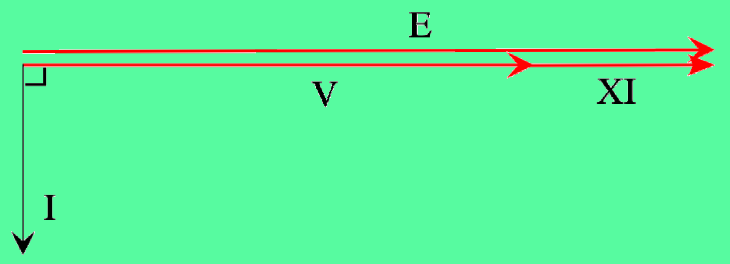
Exercice 30

Machine synchrone ED 10

2° Fonctionnement en compensateur synchrone :

Donc P = 0 , Q = S et les 3 vecteurs V, E et XI sont colinéaires.

Le diagramme vectoriel à l'aspect très simple suivant :



$$I = \frac{E - V}{X}$$

$$Q = U\,I\sqrt{3}$$

AN :

$$I = 5\,981\ A$$

$$Q = 207{,}2\ MVAr$$

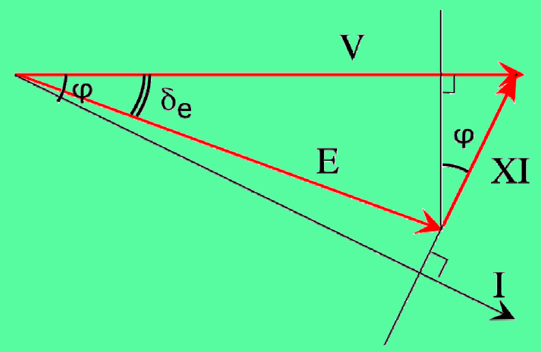
Exercice 30

Machine synchrone ED 10

3° Fonctionnement en moteur synchrone :

Avec $I = I_n$, $S = S_n$, $\cos\varphi = 0{,}9$ AR donc même φ, au signe près, qu'au 1°

Le diagramme vectoriel à l'aspect suivant :



$$E = \sqrt{\left(V\cos\varphi\right)^2 + \left(V\sin\varphi - XI\right)^2}$$
$$E\sin\delta_e = X\,I\cos\varphi$$

AN :

$$E = 10\,444\ V$$
$$\delta_e = 20{,}16° \Rightarrow \delta_m = \frac{\delta_e}{p} = \frac{\delta_e}{5} = 4°$$