8 Exercices corrigés sur l'alternateur

Exercice 1:

Un alternateur hexapolaire tourne à 1000 tr/min. Calculer la fréquence des tensions produites.
Même question pour une vitesse de rotation de 1200 tr/min.

Exercice 2:

Un alternateur triphasé a une tension entre phases de 400 V.
Il débite un courant de 10 A avec un facteur de puissance de 0,80 (inductif).
Déterminer les puissances active, réactive et apparente misent en jeu.

Exercice 3:

Un alternateur triphasé débite un courant de 20 A avec une tension entre phases de 220 V et un facteur de puissance de 0,85.
L'inducteur, alimenté par une source de tension continue de 200 V, présente une résistance de 100 Ω.
L'alternateur reçoit une puissance mécanique de 7,6 kW.

Calculer :

1- la puissance utile fournie à la charge
2- la puissance absorbée
3- le rendement

Exercice 4:

Un alternateur triphasé est couplé en étoile.
Sur une charge résistive, il débite un courant de 20 A sous une tension de 220 V entre deux bornes de l'induit.
La résistance de l'inducteur est de 50 Ω, celle d'un enroulement de l'induit de 1 Ω.
Le courant d'excitation est de 2 A.
Les pertes collectives sont évaluées à 400 W.

Calculer :

1- la puissance utile
2- la puissance absorbée par l'inducteur
3- les pertes Joule dans l'induit
4- le rendement

Exercice 5:

Un alternateur triphasé couplé en étoile alimente une charge résistive.
La résistance d'un enroulement statorique est $R_S = 0,4\ \Omega$.
La réactance synchrone est $X_S = 20\ \Omega$.

La charge, couplée en étoile, est constituée de trois résistances identiques $R = 50\ \Omega$.

1- Faire le schéma équivalent du circuit (entre une phase et le neutre).

2- Sachant que la tension simple à vide de l'alternateur est $E = 240$ V, calculer la valeur efficace des courants de ligne I et des tensions simples V en charge.

3- Calculer la puissance active consommée par la charge.

Exercice 6:

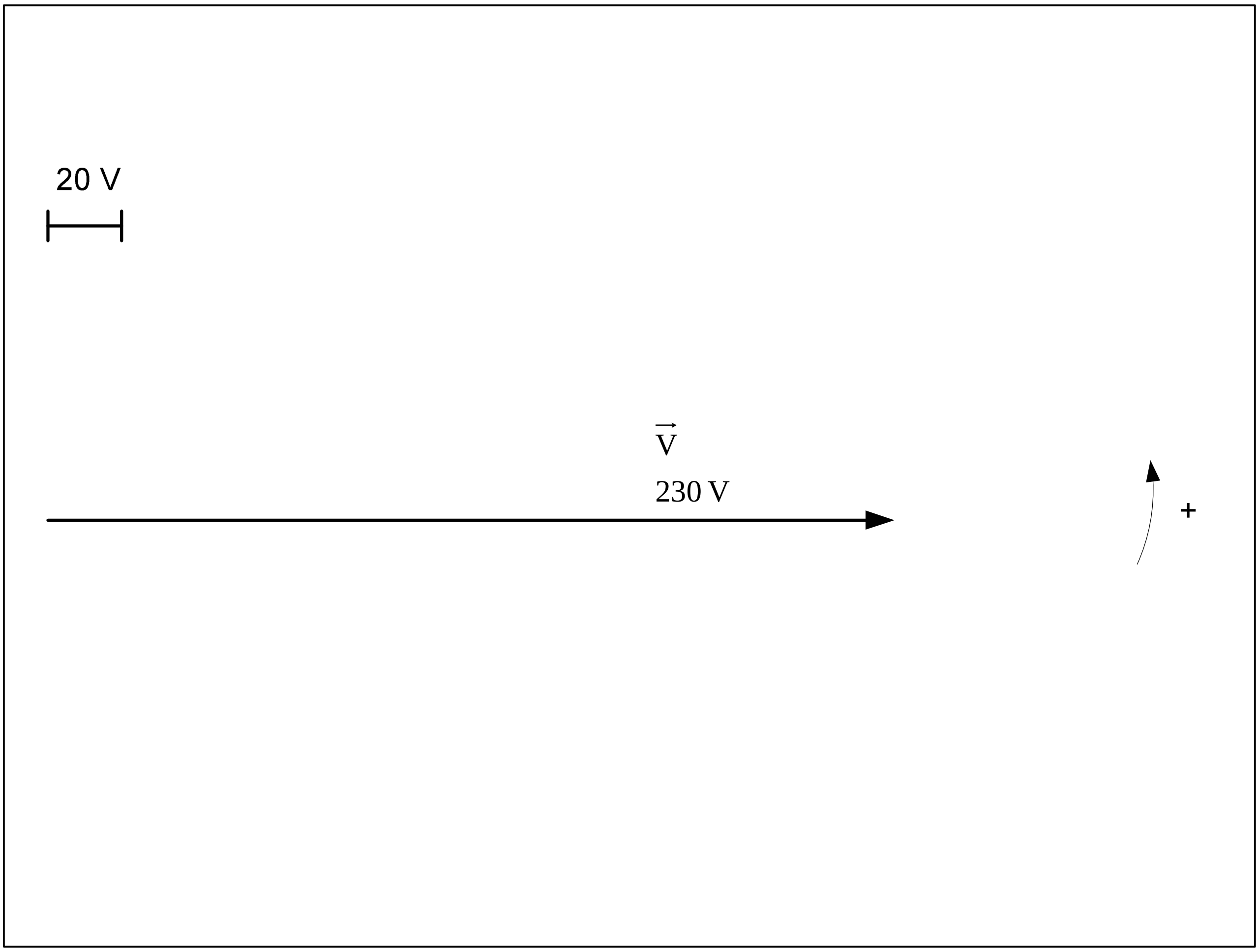
Un alternateur triphasé couplé en étoile fournit un courant de 200 A sous une tension entre phases U = 400 V à 50 Hz, avec un facteur de puissance de 0,866 (charge inductive).

1- Calculer la puissance utile de l'alternateur.

2- La résistance mesurée entre phase et neutre du stator est 30 mΩ.
Calculer les pertes Joule au stator.

3- L'ensemble des pertes collectives et par effet Joule au rotor s'élève à 6 kW.
Calculer le rendement de l'alternateur.

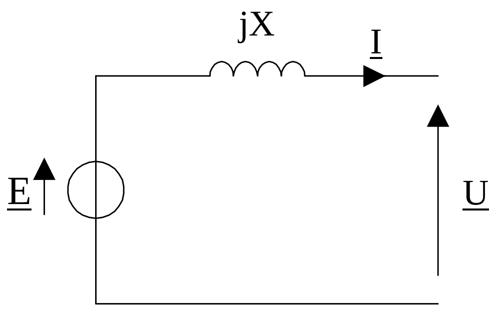
4- La réactance synchrone de l'alternateur est X_S = 750 mΩ.
La tension entre phase et neutre est V = U/√3 = 230 V.
Compléter le diagramme de Behn-Eschenburg :



En déduire la tension à vide (fem) entre phase et neutre E.

Exercice 7 :

Soit un alternateur monophasé produisant une tension sinusoïdale U de fréquence f = 50 Hz. On donne ci-dessous la schéma équivalent simplifié de l'induit (la résistance de l'enroulement est négligeable). La réactance X de l'induit est égale à 1,6 Ω pour une fréquence de 50 Hz :



La caractéristique à vide, pour une fréquence de rotation de 750 tr/min est donnée par :

E(V) = 120 i(A)   avec i le courant d'excitation.

L'alternateur alimente une charge résistive traversée par un courant d'intensité efficace I = 30 A. La tension U aux bornes de la résistance a pour valeur efficace U = 110 V et pour fréquence f = 50 Hz.

1- Calculer le nombre de paires de pôles de l'alternateur sachant qu'il doit tourner à 750 tr/min pour fournir une tension sinusoïdale de 50 Hz.

2- Vérifier que la valeur efficace de la fem de l'alternateur E est égale à 120 V.

3- En déduire la valeur de l'intensité i du courant d'excitation.

4- Quelle est la résistance R de la charge ? En déduire la puissance utile fournie par l'alternateur à la charge résistive.

5- Dans les conditions de l'essai, les pertes de l'alternateur sont évaluées à 450 W. Calculer le rendement.

On modifie la vitesse de rotation : 500 tr/min.
On note f ', E', X', U' et I' les nouvelles valeurs de f, E, X, U et I.
Le courant d'excitation de l'alternateur est inchangé : i'= i.

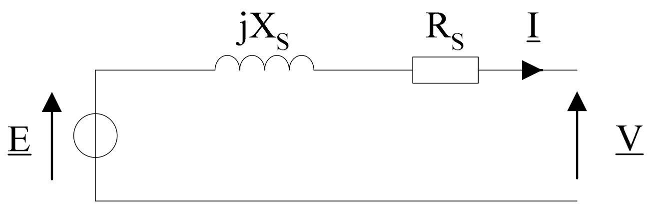
6- Calculer f '. En déduire X'.

7- Calculer E'. En déduire I' le courant dans la charge et U' la tension aux bornes de l'alternateur.

8- Quel doit être le courant d'excitation pour avoir U' = 110 V ?

Exercice 8 :

Le schéma équivalent de l'induit de l'alternateur est :



La résistance de l'enroulement de l'induit est : $R_S = 0{,}3\ \Omega$.
La caractéristique à vide, pour une vitesse de rotation de 1500 tr/min est donnée par :

$E = 200 \cdot i$ avec : i le courant d'excitation (en A)
E la valeur efficace de la fem (en V)

1- Calculer le nombre de paires de pôles de l'alternateur sachant qu'il doit tourner à 1800 tr/min pour fournir une tension sinusoïdale de fréquence f = 60 Hz.

2- Un essai en court-circuit à 1500 tr/min, donne un courant d'induit $I_{CC} = 20$ A pour un courant d'excitation i = 0,4 A.

Montrer que la réactance synchrone (en Ω) peut s'écrire :

$$X_S = \sqrt{\left(\frac{E}{I_{CC}}\right)^2 - (R_S)^2}$$

Faire l'application numérique.

3- L'alternateur alimente une charge résistive R qui consomme un courant d'intensité efficace I = 20 A.
La tension v(t) aux bornes de la résistance a pour valeur efficace V = 220 V et pour fréquence f = 50 Hz.

3-1- Quelle est la vitesse de rotation de l'alternateur (en tr/min) ?
3-2- Calculer la résistance R de la charge.
3-3- Calculer la puissance utile fournie par l'alternateur à la charge.
3-4- Montrer que la fem de l'alternateur E est égale à 240 V.
3-5- En déduire l'intensité du courant d'excitation i.
3-6- Les pertes collectives de l'alternateur sont évaluées à 300 W.
La résistance de l'excitation est r = 200 Ω.
En déduire le rendement de l'alternateur.

Corrigés

Exercice 1 :

Un alternateur hexapolaire tourne à 1000 tr/min. Calculer la fréquence des tensions produites.

$f = pn = 3\times(1000/60) = 50$ hertz

Même question pour une vitesse de rotation de 1200 tr/min.

$f = pn = 3\times(1200/60) = 60$ hertz

Exercice 2 :

Un alternateur triphasé a une tension entre phases de 400 V.
Il débite un courant de 10 A avec un facteur de puissance de 0,80 (inductif).
Déterminer les puissances active, réactive et apparente misent en jeu.

$P = \sqrt{3}\times UI\times\cos\varphi = \sqrt{3}\times400\times10\times0{,}80 = 5{,}54$ kW
$Q = \sqrt{3}\times UI\times\sin\varphi = \sqrt{3}\times400\times10\times0{,}6 = +4{,}16$ kvar
$S = \sqrt{3}\times UI = \sqrt{3}\times400\times10 = 6{,}93$ kVA

Exercice 3 :

Un alternateur triphasé débite un courant de 20 A avec une tension entre phases de 220 V et un facteur de puissance de 0,85.
L'inducteur, alimenté par une source de tension continue de 200 V, présente une résistance de 100 Ω.
L'alternateur reçoit une puissance mécanique de 7,6 kW.

Calculer :

1- la puissance utile fournie à la charge

$P = \sqrt{3}\times UI\times\cos\varphi = \sqrt{3}\times220\times20\times0{,}85 = 6{,}48$ kW

2- la puissance absorbée

$7600 + 200^2/100 = 7600 + 400 = 8$ kW

3- le rendement

$6{,}48 / 8 = 81$ %

Exercice 4 :

Un alternateur triphasé est couplé en étoile.
Sur une charge résistive, il débite un courant de 20 A sous une tension de 220 V entre deux bornes de l'induit.
La résistance de l'inducteur est de 50 Ω, celle d'un enroulement de l'induit de 1 Ω.
Le courant d'excitation est de 2 A.
Les pertes collectives sont évaluées à 400 W.

Calculer :

1- la puissance utile.

$\sqrt{3} \times UI \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 220 \times 20 \times 1 = 7{,}62$ kW

2- la puissance absorbée par l'inducteur.

C'est aussi les pertes Joule à l'inducteur : $50 \times 2^2 = 200$ W

3- les pertes Joule dans l'induit.

$3 \times 1 \times 20^2 = 1200$ W (couplage étoile)

4- le rendement.

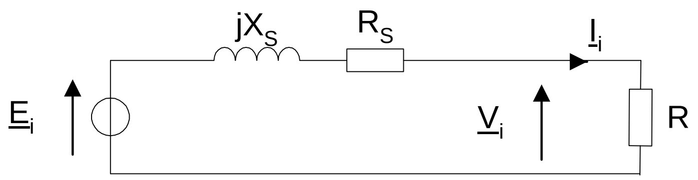
Puissance absorbée par l'alternateur = puissance utile + pertes totales
= 7,62 + (0,2 + 1,2 + 0,4) = 9,42 kW
Rendement = 7,62 / 9,42 = 81 %

Exercice 5 :

Un alternateur triphasé couplé en étoile alimente une charge résistive.
La résistance d'un enroulement statorique est $R_S = 0,4\ \Omega$.
La réactance synchrone est $X_S = 20\ \Omega$.

La charge, couplée en étoile, est constituée de trois résistances identiques R = 50 Ω.

1- Faire le schéma équivalent du circuit (entre une phase et le neutre).



2- Sachant que la tension simple à vide de l'alternateur est E = 240 V, calculer la valeur efficace des courants de ligne I et des tensions simples V en charge.

Impédance complexe totale : $\underline{Z} = (R_S + R) + jX_S = 50,4 + 20j$

Impédance totale : $Z = ((R_S+R)^2 + X_S^2)^{1/2} = 54,2\ \Omega$

Courant de ligne : I = E / Z

$$I = \frac{E}{\sqrt{(R_S + R)^2 + X_S{}^2}} = \frac{240}{54,2} = 4,43\ \text{A}$$

Loi d'Ohm : V = RI = 221 volts

3- Calculer la puissance active consommée par la charge.

$\sqrt{3}\times UI\times\cos\varphi = 3\times VI\times\cos\varphi = 3\times 221\times 4,43\times 1 = 2,94$ kW
Autre méthode : Loi de Joule $3RI^2 = 3\times 50\times 4,43^2 = 2,94$ kW

Exercice 6 :

Un alternateur triphasé couplé en étoile fournit un courant de 200 A sous une tension entre phases U = 400 V à 50 Hz, avec un facteur de puissance de 0,866 (charge inductive).

1- Calculer la puissance utile de l'alternateur.

$$P_u = \sqrt{3} UI \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 200 \times 0{,}866 = 120 \text{ kW}$$

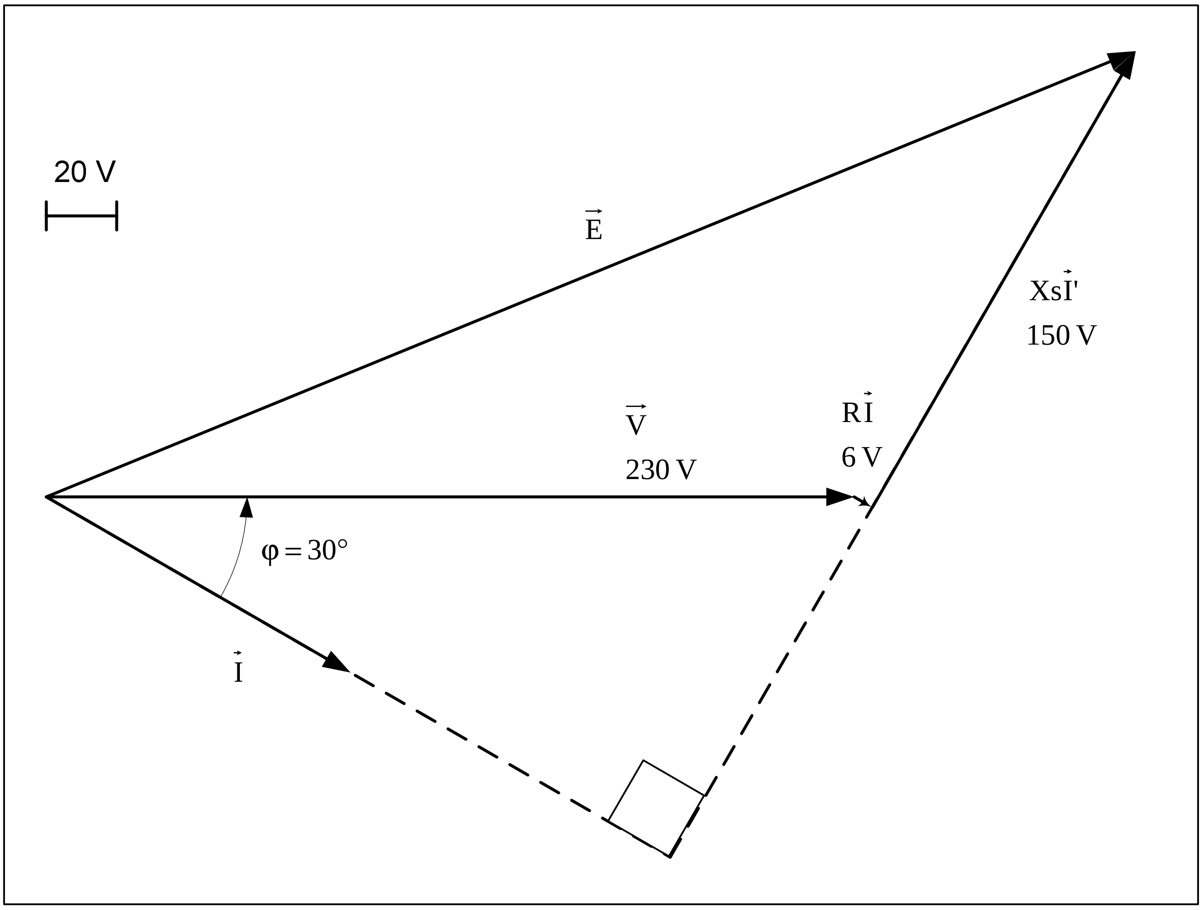
2- La résistance mesurée entre phase et neutre du stator est 30 mΩ.
Calculer les pertes Joule au stator.

$$p_{JS} = 3R_S I^2 = 3 \times 0{,}03 \times 200^2 = 3{,}6 \text{ kW}$$

3- L'ensemble des pertes collectives et par effet Joule au rotor s'élève à 6 kW.
Calculer le rendement de l'alternateur.

$$\eta = \frac{120}{120 + 3{,}6 + 6} = 92{,}6\%$$

4- La réactance synchrone de l'alternateur est X_S = 750 mΩ.
La tension entre phase et neutre est V = U/√3 = 230 V.
Compléter le diagramme de Behn-Eschenburg :



En déduire la tension à vide (fem) entre phase et neutre E.

Graphiquement : E = 335 V

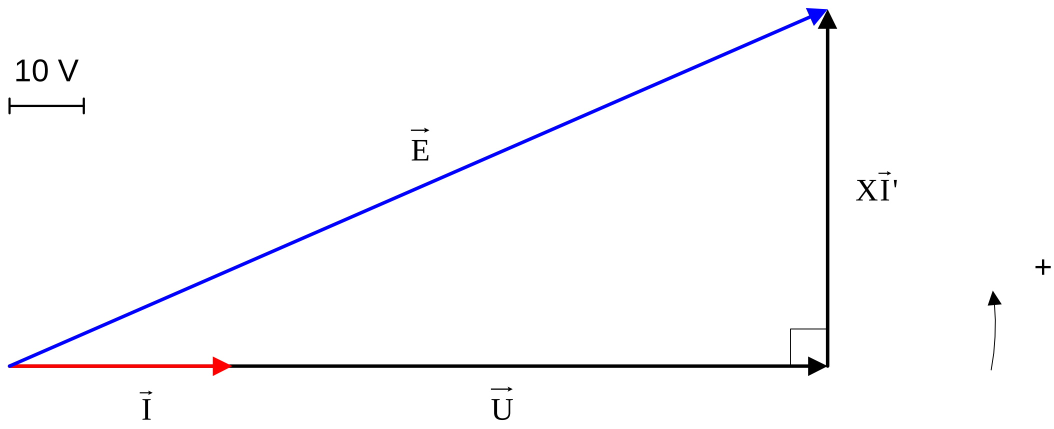
Exercice 7 :

1- Calculer le nombre de paires de pôles de l’alternateur sachant qu’il doit tourner à 750 tr/min pour fournir une tension sinusoïdale de 50 Hz.

$p = 50 / (750 / 60) = 4$

2- Vérifier que la valeur efficace de la fem de l’alternateur E est égale à 120 V.

Construisons le diagramme vectoriel de Behn-Eschenburg :



Théorème de Pythagore :

$$E = \sqrt{U^2 + (XI)^2} = 120V$$

3- En déduire la valeur de l’intensité i du courant d’excitation.

$i = 120 / 120 = 1$ A

4- Quelle est la résistance R de la charge ? En déduire la puissance utile fournie par l’alternateur à la charge résistive.

$R = U / I = 110 / 30 = 3{,}67\ \Omega$
$P_u = RI^2 = 3300$ W

5- Dans les conditions de l’essai, les pertes de l’alternateur sont évaluées à 450 W. Calculer le rendement.

3300 / (3300 + 450) = 3300 / 3750 = 88 %

On modifie la vitesse de rotation : 500 tr/min.
On note f ’, E’, X’, U’ et I’ les nouvelles valeurs de f, E, X, U et I.
Le courant d’excitation de l’alternateur est inchangé : i’= i.

6- Calculer f ’. En déduire X’.

$f' = p\, n_S' = 4\times(500 / 60) = 33{,}3$ Hz
$X = L\omega$
$X' = L\omega'$
$X' = X f' / f = 1{,}07\ \Omega$

7- Calculer E’. En déduire I’ le courant dans la charge et U’ la tension aux bornes de l’alternateur.

L’excitation est constante donc la fem est proportionnelle à la vitesse de rotation.
$E' = E \times 500 / 750 = 80$ V

$$E' = \sqrt{U'^2 + (X'I')^2}$$
$$= \sqrt{(RI')^2 + (X'I')^2} = \sqrt{R^2 + X'^2} \cdot I'$$
$$I' = \frac{E'}{\sqrt{R^2 + X'^2}} = 20{,}95\ \text{A}$$
$$U' = RI' = 76{,}8\ \text{V}$$

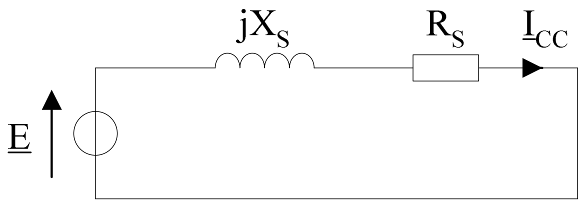
8- Quel doit être le courant d’excitation pour avoir U’ = 110 V ?

$$U' = R\frac{E'}{\sqrt{R^2 + X'^2}}$$
$$\text{avec} : E' = 80 \cdot i$$
$$i = \frac{U'\sqrt{R^2 + X'^2}}{80 \cdot R} = 1{,}43\ \text{A}$$

Exercice 8 :

1- $p = f / n = 60 /(1800/60) = 2$ paires de pôles.

2-



Impédance complexe de court-circuit : $\underline{Z} = R_S + jX_S$

$E = Z\, I_{CC} = \sqrt{R_S^2 + X_S^2}\, I_{CC}$

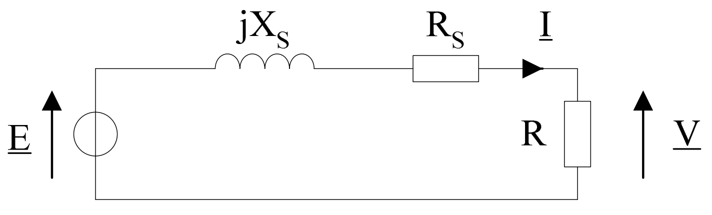
D'où : $$X_S = \sqrt{\left(\frac{E}{I_{CC}}\right)^2 - (R_S)^2}$$

Application numérique :

$E(V) = 200 \cdot i(A) = 200 \times 0,4 = 80$ volts

$$X_S = \sqrt{\left(\frac{80}{20}\right)^2 - (0,3)^2} = 4\,\Omega$$

3-



3-1- $n = f / p = 50 / 2 = 25$ tr/s $= 1500$ tr/min

3-2- Loi d'Ohm : $R = V / I = 220 / 20 = 11\ \Omega$

3-3- $P_{utile} = VI\cos\varphi = 220 \times 20 \times 1 = 4,4$ kW

Autre méthode : $RI^2 = 11 \times (20)^2 = 4,4$ kW

3-4- Impédance complexe : $\underline{Z} = (R + R_S) + jX_S$

$E = Z\, I = \sqrt{(R + R_S)^2 + X_S^2}\; I$

$= \sqrt{(11 + 0,3)^2 + (4)^2} \cdot 20 \approx 240$ volts

3-5- $i = 240 / 200 = 1,2$ A

3-6- Pertes Joule de l'excitation : $r\, i^2 = 200 \times (1,2)^2 = 288$ W

Pertes Joule de l'induit : $R_S\, I^2 = 0,3 \times (20)^2 = 120$ W

Rendement : $4400/(4400 + 288 + 120 + 300) = 4400 / 5108 = 86\ \%$