

Exercices Alternateurs Triphasés

Ex1 :

La plaque signalétique d'un alternateur triphasé donne: **S = 2 MVA, 2885V/5000V, 50Hz, 1500 tr/min**. Les enroulements statoriques sont couplés en étoile, chaque enroulement d'induit, de résistance **R = 0,20 Ω**, comporte **500** conducteurs actifs. Le coefficient d'enroulement de Kapp est **K = 2,25**. La résistance de l'inducteur est **r = 10 Ω** et l'ensemble des pertes fer et mécaniques valent **65 kW**.

- Un essai à vide à 1500 tr/min donne une caractéristique d'équation **E = 100.Ie** où **E** est la valeur efficace de la fém. induite dans un enroulement et où **Ie** est l'intensité du courant d'excitation : **0 < Ie < 50A**.
- En charge cet alternateur autonome alimente une installation triphasée équilibrée, inductive, de facteur puissance **0,80**, sous une tension efficace nominale **Un = 5000V** entre phases. L'intensité efficace du courant en ligne est alors **In = 200 A** et le courant d'excitation **Ie=32A**.

1. Déterminer le nombre de pôles de la machine.
2. Calculer les courants nominaux qui doivent figurés sur la plaque signalétique.
3. En fonctionnement à vide, pour une tension entre phases égales à **5000 V**, déterminer la valeur efficace **E** de la f.é.m. induite à vide dans un enroulement, le courant d'excitation et la valeur du flux maximal embrassé par une spire.

4. Essai en charge :

a/ Donner le schéma équivalent d'un enroulement et l'équation correspondante. Tracer le diagramme vectoriel et en déduire la réactance synchrone **Xs** de chaque enroulement (**R <<<< Xs**).

b/ Calculer la puissance utile, les différentes pertes, la puissance absorbée totale, le rendement et le moment du couple nécessaire. (Exprimer les puissances en KW)

Réponses : 1/ 4 pôles 2/ 400A/231A 3/ 2886V, 28.86A, 51.32mWb 4/ 1385.64KW, Pjs= 24KW, Pjex=0.32KW, Pa = 1474.96KW, η = 93.94 %, 9390 Nm.

Ex2 :

Un alternateur tétrapolaire (4 pôles) triphasé est couplé en étoile. On néglige sa résistance induit.

La machine est supposée non saturée de sorte que la fem entre phase et neutre peut s'écrire **E = K.Ie.ω** avec **K** constante, **Ie** courant d'excitation et **ω** pulsation. Au fonctionnement nominal **U=380V** et **I=10A**.

1/ Caractéristiques de l'alternateur. Pour **n = 1500tr/min** et un courant d'excitation **Ie = 1A**, la fem **E = 200V**. Pour **n = 1500tr/min** et **Ie = 1,5A** le courant induit de court-circuit **Icc = 10A**. Calculer la constante **K** et la réactance synchrone **Xs**.

2/ Fonctionnement en charge : l'induit débite sur **3** résistances **R** identiques couplées en étoile. La vitesse **n** est constante et égale à **1500 tr/min**. On désire que l'alternateur débite son courant nominal pour sa tension nominale. Calculer le courant d'excitation **Ie**, la résistance **R**, et la puissance **P** fournie par l'alternateur.

Réponses : 1/ 2/π, 30Ω 2/ 1.86A, 22Ω, 6600W.

Ex 3 :

Un alternateur triphasé tourne à la fréquence de rotation **n = 750 tr/mn**. Son stator comporte **120 encoches** régulièrement réparties, chacune d'elles contient **4 conducteurs actifs**. Toutes les encoches sont utilisées. Les trois enroulements sont couplés en étoile, leur résistance est négligeable ; la fréquence des tensions produites est **50 Hz**. Le coefficient de Kapp est égal à : **K = 2,14**. Le circuit magnétique de la machine est tel que, dans la zone utile, l'amplitude **Φ** du flux embrassé à vide par une spire, varie linéairement en fonction du courant d'excitation **Ie**. La courbe représentative de la fonction **Φ(Ie)** est une portion de droite passant par l'origine et le point de coordonnées : **Ie = 15,4 A; Φ = 0,085 Wb**.

L'alternateur débite dans une charge purement inductive, sous une tension efficace de **962 V** entre fils de ligne. On donne : intensité du courant d'excitation **Ie = 15,4 A**, intensité efficace du courant dans l'induit **I = 150 A**.

1/ Déterminer le nombre de pôles de l'alternateur.

2/ Quelle est la tension efficace à vide, entre deux bornes de l'alternateur, pour un courant d'excitation d'intensité **Ie = 15,4 A**?

3/ Calculer la réactance synchrone **Xs** de l'alternateur

4/ L'alternateur débite un courant d'intensité $I = 80 \text{ A}$ dans une charge de nature inductive dont le facteur de puissance vaut $0,8$. L'intensité du courant d'excitation reste égale à $15,4 \text{ A}$. Calculer la tension entre bornes de l'alternateur. Quelle est la puissance fournie à la charge?

5/ Reprendre la question précédente, avec les mêmes valeurs numériques, si la charge est de nature capacitive, en gardant la même hypothèse de non saturation.

Réponses : 1/ 8 pôles 2/ 2520.5V 3/ 10.4 Ω 4/ 1376.73V, 152.61KW 5/ 3106V, 344.3KW.

Ex4 :

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 ($\cos\phi = 0,87$).

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 (I_e est l'intensité du courant d'excitation ; E la valeur efficace de la tension entre phases) :

$I_e \text{ (A)}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$E \text{ (V)}$	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.

Réponses : 1/ 8 pôles 2/ 0.95 Ω 3/ 5227.6V 4/ 1506.88KW 5/ 95%.

Ex5 :

Un alternateur triphasé, dont les enroulements sont montés en étoile, alimente, sous une tension composée de valeur efficace 380 V , un récepteur triphasé équilibré, inductif, de facteur de puissance $\cos\phi = 0,80$.

Le courant en ligne a une intensité efficace $I = 40 \text{ A}$. L'impédance synchrone d'une phase du stator a pour expression complexe : $Z = 0,20 + 2,0 j$ (en ohms).

1/ Quelle est la fem synchrone E d'un enroulement?

2/ Calculer les pertes par effet Joule dans le stator.

3/ Le rotor de l'alternateur ainsi que celui de l'excitatrice se trouvant en bout d'arbre de l'alternateur, sont entraînés par un moteur à courant continu M traversé par un courant d'intensité 100 A sous une tension de 260 V . Le rendement de M pour cette charge est de 88% .

a) Calculer le rendement de l'alternateur pour le point de fonctionnement choisi (380 V - 40 A , $\cos\phi = 0,8$).

b) Déterminer le rendement du groupe.

Réponses : 1/ 280.71V 2/ 960W 3/ a/ 0.92 b/ 0.81.

Ex 6 :

Un alternateur triphasé, dont les enroulements statoriques sont couplés en étoile, est entraîné à sa fréquence de rotation nominale $n' = 1500 \text{ tr/mn}$. Sa puissance apparente nominale est : $S_n = 3,2 \text{ kVA}$.

La tension entre phases a pour valeur efficace : $U_n = 220 \text{ V}$ et pour fréquence 50 Hz . Le relevé de la caractéristique à vide $E(I_e)$ à fréquence de rotation nominale a fourni les résultats suivants : (I_e : intensité du courant d'excitation ; E : tension efficace mesurée entre deux bornes)

$E \text{ (V)}$	0	40	80	120	160	200	240	260
$I_e \text{ (A)}$	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,52	0,72	0,90

Pour un courant d'excitation $I_e = 0,40 \text{ A}$, un essai en court-circuit a montré que le courant dans un enroulement statorique a pour intensité efficace $I_{cc} = 8 \text{ A}$. La résistance du stator est négligeable.

1. Quel est le nombre de pôles du rotor?

2. Calculer l'intensité efficace I_n du courant nominal que peut débiter l'alternateur.
 3. Déterminer la réactance synchrone X_S de l'alternateur quand celui-ci n'est pas saturé.
 4. L'alternateur débite un courant d'intensité efficace $I = 8,4 \text{ A}$ dans une charge inductive de facteur de puissance $\cos \varphi = 0,5$. L'intensité du courant d'excitation étant réglée à la valeur $I_e = 0,9 \text{ A}$, estimer la tension entre phases en justifiant votre estimation.
 5. On suppose que l'estimation précédente correspond à la réalité. On mesure la puissance absorbée par la charge en utilisant la méthode des deux wattmètres.
 - a) Donner le schéma du montage.
 - b) Calculer les indications des wattmètres.
- Réponses :** 1/ 4 pôles 2/ 8.4A 3/ 11.54Ω 4/ 100.7V 5/ b/ $P_1=732.36\text{W}$, $P_2=0\text{W}$.

Ex7 :

On admet que la réactance synchrone d'un alternateur triphasé, tétrapolaire, est égale à 49Ω et qu'elle est constante. Les enroulements statoriques sont couplés en étoile.

A la fréquence de rotation nominale, dans sa zone utile, la caractéristique à vide $E(I_e)$ est assimilable à une droite passant par l'origine et le point $I_e = 20 \text{ A}$; $E = 15 \text{ kV}$ (I_e : intensité du courant d'excitation ; E : tension efficace mesurée entre deux bornes). La résistance de l'induit est négligeable.

1. Quelle est la fréquence de rotation de la roue polaire si la fréquence du courant débité par l'induit est égale à 50 Hz ?
2. L'alternateur débite dans une charge triphasée résistive. Les tensions entre phases sont équilibrées et chacune d'elles est égale à 10 kV . La f.é.m. synchrone E par phase a pour valeur efficace $6,35 \text{ kV}$.
 - a/ Calculer l'intensité efficace du courant en ligne.
 - b/ Quelle est la puissance utile de l'alternateur?
3. Dans un autre essai l'alternateur fournit une puissance de 1 MW . Les tensions entre phases sont équilibrées et chacune d'elles est encore égale à 10 kV . L'intensité du courant dans une phase est déphasé de $\pi/4$ en retard par rapport à la tension aux bornes de cette phase.
 - a/ Quelle est la f.é.m. synchrone de l'alternateur?
 - b/ Déterminer l'intensité du courant d'excitation.
4. Calculer le rendement de la machine pour les conditions de fonctionnement de la question 3, sachant que la puissance de l'excitation est égale à $1,0 \text{ kW}$ et que la puissance fournie par le moteur d'entraînement est de 20 kW quand l'alternateur tourne à vide.

Réponses : 1/ 1500tr/min 2/ a/ 54A b/ 934.5KW 3/ a/ 9055.75V b/ 12A 4/ 97.94%.