

Exercices Chapitre II Machine SynchronesExercice 1:

Comment inverser le sens de rotation d'un moteur synchrone (après l'avoir arrêté)?

Exercice 2:

1- Tracer le diagramme vectoriel d'un moteur synchrone à la limite du décrochage. (On néglige la résistance des enroulements $R_s=0$). Préciser la convention utilisée, identifier le sens de l'angle ϕ et vérifier la validité du diagramme en raisonnant sur les échanges de puissance active et réactive entre le moteur synchrone et le réseau.

2- Représenter le diagramme des forces magnétomotrices correspondant au diagramme vectoriel précédent sur le même schéma. Identifier précisément les trois forces magnétomotrices. Vérifier la validité du diagramme en raisonnant sur le couple exercé sur le rotor.

Recopier au propre la version finale, faire un tracé à la règle.

Exercice 3:

1- Tracer le diagramme vectoriel d'une machine synchrone accrochée à un réseau infini qui fonctionne en génératrice avec un facteur de puissance unitaire. (On **ne** néglige **pas** la résistance des enroulements $R_s \neq 0$). Préciser la convention utilisée, identifier le sens de l'angle ϕ et vérifier la validité du diagramme en raisonnant sur les échanges de puissance active et réactive entre la machine synchrone et le réseau.

2- Représenter le diagramme des forces magnétomotrices correspondant au diagramme vectoriel précédent sur le même schéma. Identifier précisément les trois forces magnétomotrices. Vérifier la validité du diagramme en raisonnant sur le couple exercé sur le rotor.

Recopier au propre la version finale, faire un tracé à la règle.

Exercice 4:

Une microcentrale électrique comporte deux groupes identiques formés chacun d'un moteur Diesel qui entraîne une machine synchrone à 4 pôles ($p=2$). Les induits des deux génératrices synchrones sont mis en parallèle et reliés à un réseau 60Hz $U_s=208V$ (ligne à ligne) (cf Fig1). La résistance R_s des enroulements de l'induit est négligée ($R_s=0$), ainsi que les pertes mécaniques et magnétiques dans les machines synchrones.

Les essais à vide et en court-circuit des deux machines synchrones qui sont identiques n'ont pu être réalisées qu'à une vitesse de rotation $N=900\text{rpm}$. Ils ont fourni les résultats suivants:

Essai à vide: Caractéristique à vide (supposée linéaire) relevée à une vitesse $N=900\text{rpm}$
 $E = 60 \cdot I_r$ (E tension ligne-neutre en V, I_r courant inducteur en A).

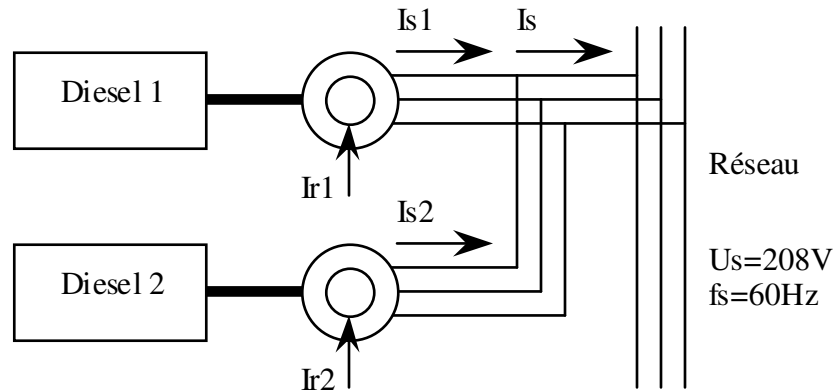


Figure 1

Essai en court-circuit: Caractéristique en court-circuit relevée à la vitesse $N=900\text{rpm}$:
 $I_{sc} = 10 \cdot I_r$ (I_{sc} courant de ligne de court-circuit en A, I_r courant inducteur en A).

1- Calculer la vitesse de rotation N_s (en rpm) des moteurs Diesel à laquelle il faut fonctionner pour que l'on puisse accrocher les groupes au réseau 60Hz. Calculer dans ces conditions la réactance X_s de l'induit de chaque machine synchrone qui intervient dans le schéma monophasé équivalent en étoile. Tracer le schéma monophasé équivalent en étoile de toute l'installation de la figure 1 lorsque les deux groupes sont accrochés au réseau. Identifier sur le schéma les courants I_{s1} , I_{s2} et I_s .

2- On règle l'admission du moteur Diesel 1 pour qu'il fournisse une puissance utile sur l'arbre $P_{u1}=4\text{kW}$ à l'alternateur 1. De même le moteur Diesel 2 fournit une puissance utile sur l'arbre $P_{u2}=4\text{kW}$ à l'alternateur 2. Les courants inducteurs des deux alternateurs sont réglés à: $I_{r1}=2\text{A}$ et $I_{r2}=2\text{A}$. Calculer les puissances actives P_1 et P_2 fournies par chaque alternateur et la puissance active totale P_{tot} fournie au réseau par la microcentrale. Calculer les courants I_{s1} , I_{s2} et I_s . Calculer les facteurs de puissance de chaque machine $\cos\phi_1$ et $\cos\phi_2$, et celui de la microcentrale $\cos\phi$. Calculer les puissances réactives échangées Q_1 , Q_2 et Q et le sens de leur écoulement.

3- Calculer les mêmes grandeurs que dans la question précédente si on modifie le réglage des moteurs Diesel de la manière suivante: $P_{u1}=6\text{kW}$ et $P_{u2}=2\text{kW}$. Les courants I_{r1} et I_{r2} sont inchangés par rapport à la question précédente.

4- Pour la même répartition de puissance entre les deux groupes que celle de la question 3, quelles sont les valeurs de I_{r1} et de I_{r2} qui permettent de minimiser les valeurs de I_{s1} et I_{s2} . Pour ce nouveau réglage, calculer les mêmes grandeurs que dans les questions précédentes.

Exercice 5:

- 1- Peut-on inverser le sens de rotation d'un moteur synchrone en inversant le sens du courant inducteur I_f ?
- 2- Tracer le diagramme vectoriel d'un moteur synchrone qui consomme de la puissance réactive en convention générateur sans négliger la résistance de l'induit. Représenter également le diagramme des forces magnétomotrices, sur le même schéma. Recopier au propre la version finale, faire un tracé à la règle, identifier le sens de l'angle φ .

Exercice 6:

Un moteur synchrone triphasé à six pôles ($p=3$), alimenté par un réseau 60Hz $U_S=208V$ (ligne à ligne) entraîne une pompe de puissance nominale $P_u=4kW$. Le moteur synchrone a un rendement $\eta=0.8$. La résistance R_S des enroulements de l'induit est négligée. Les essais à vide et en court-circuit de la machine synchrone ont fourni les résultats suivants:

Essai à vide: Caractéristique à vide (supposée linéaire) relevée à la vitesse synchrone N_S :

$$E = 60 \cdot I_f \quad (E \text{ tension ligne-neutre en V, } I_f \text{ courant inducteur en A}).$$

Essai en court-circuit: Caractéristique en court-circuit relevée à la vitesse synchrone N_S :

$$I_{SC} = 10 \cdot I_f \quad (I_{SC} \text{ courant de ligne de court-circuit en A, } I_f \text{ courant inducteur en A}).$$

- 1- Calculer la vitesse de rotation N_S de la pompe en rpm. Calculer la réactance X_S de l'induit du schéma monophasé équivalent en étoile.
- 2- Calculer le couple résistant utile T_{Ru} exercé par la pompe sur l'arbre de l'entraînement. Calculer le couple électromagnétique T_{em} exercé par le moteur synchrone sur l'arbre (donner les unités).
- 3- Lorsque le moteur entraîne la pompe, calculer la valeur I_{S1} du courant I_S dans l'induit et la valeur I_{f1} du courant inducteur I_f , pour que le moteur présente un facteur de puissance unitaire.
- 4- Lorsque le moteur entraîne la pompe, calculer la valeur I_{S2} du courant I_S dans l'induit et la valeur I_{f2} du courant inducteur I_f , lorsque le moteur est à la limite du décrochage. Le moteur synchrone produit-il de la puissance réactive?
- 5- Lorsque le moteur entraîne la pompe, calculer la valeur I_{S3} du courant I_S dans l'induit, si on règle le courant inducteur I_f à $I_{f3}=3.2A$. Le moteur synchrone produit-il de la puissance réactive?

Exercice 7:

Une turbine éolienne de type hélice bi-pales entraîne une génératrice synchrone triphasée à excitation par aimants permanents, qui débite dans trois éléments de chauffage de résistance $R = 10\Omega$, câblés en étoile.

Les caractéristiques de la machine synchrone à aimants permanents sont les suivantes:

nombre de paires de pôles:

$$p=12$$

valeur efficace du flux inducteur (constante et imposée par les aimants), induisant la force électromotrice à vide ligne-neutre E :

$$\Phi_f = .3183 \text{ Wb}$$

inductance de l'induit:

$$L_s = .015 \text{ H}$$

La résistance R_s des enroulements de l'induit est négligée.

1- La turbine éolienne entraîne la génératrice qui débite dans les éléments de chauffage à $N_1 = 300 \text{ rpm}$ (vitesse nominale de l'aérogénérateur). Calculer la valeur efficace de la force électromotrice à vide ligne-neutre E_1 . Calculer la valeur efficace de la tension V_{R1} aux bornes de chaque élément de résistance R . Calculer la puissance totale P_{R1} dissipée dans les 3 éléments de chauffage.

2- De la même manière calculer E_2 , V_{R2} et P_{R2} avec une vitesse de l'entraînement $N_2 = 150 \text{ rpm}$.

3- Quelle est la valeur en μF des capacités C que l'on doit mettre en série avec chaque élément chauffant R pour que la tension V_R soit égale à la force électromotrice à vide ligne-neutre E_1 développée dans l'induit, lorsque l'aérogénérateur tourne à sa vitesse de rotation nominale N_1 ? Quelle est alors la puissance dissipée dans les éléments de chauffage? Pour cette valeur de C fixée, quelle est la valeur de V_R lorsque l'aérogénérateur tourne à sa vitesse de rotation nominale N_2 ? Quelle est alors la puissance dissipée dans les éléments de chauffage?

Exercice 8:

1- Tracer le diagramme vectoriel d'un moteur synchrone qui produit de la puissance réactive en convention récepteur. La résistance R_s des enroulements de l'induit est négligée.

Représenter également le diagramme des forces magnétomotrices, sur le même schéma. Recopier au propre la version finale, faire un tracé à la règle, identifier le sens de l'angle φ .

2- Tracer le diagramme vectoriel d'un moteur synchrone qui produit de la puissance réactive en convention générateur. La résistance R_s des enroulements de l'induit est négligée.

Représenter également le diagramme des forces magnétomotrices, sur le même schéma. Recopier au propre la version finale, faire un tracé à la règle, identifier le sens de l'angle φ .

3- Un alternateur de centrale hydraulique comporte 78 pôles. Quelle est la vitesse N en tours par minute de la turbine hydraulique qui l'entraîne, sachant qu'il est relié à une réseau de fréquence 60Hz?

Exercice 9:

Un moteur synchrone triphasé à six pôles ($p=3$), relié à un réseau 60Hz $U_S=208V$ (ligne à ligne) entraîne aucune charge mécanique, il est utilisé en compensateur synchrone. La résistance R_S des enroulements de l'induit est négligée, les pertes mécaniques et les pertes magnétiques sont négligées. Les essais à vide et en court-circuit de cette machine synchrone ont fourni les résultats suivants:

Essai à vide: Caractéristique à vide (supposée linéaire) relevée à la vitesse synchrone N_S :

$$E = 120 \cdot I_f \quad (E \text{ tension ligne-neutre en V, } I_f \text{ courant inducteur en A}).$$

Essai en court-circuit: Caractéristique en court-circuit relevée à la vitesse synchrone N_S :

$$I_{SCC} = 15 \cdot I_f \quad (I_{SCC} \text{ courant de ligne de court-circuit, } I_f \text{ courant inducteur en A}).$$

1- Calculer la vitesse de rotation N_S du moteur en rpm. Calculer la réactance X_S de l'induit du schéma monophasé équivalent en étoile.

2- Calculer les puissances réactives maximales Q_1 et Q_2 que peut absorber et produire ce compensateur synchrone, sachant que le courant inducteur maximal correspondant à l'échauffement nominal est $I_{fmax}=2A$. Dans les deux cas, tracer le diagramme vectoriel en convention récepteur et calculer les courants efficaces dans l'induit I_{S1} et I_{S2} .

Exercice 10:

Un moteur synchrone triphasé à 4 pôles ($p=2$) alimenté en triphasé à 60Hz avec une tension $U_S=208V$ (ligne à ligne) entraîne une installation de ventilation à 1800rpm, qui consomme une puissance de 3kW.

Les caractéristiques de la machine synchrone sont les suivantes:

- La caractéristique à vide (supposée linéaire) relevée à la vitesse $N_S=1800rpm$ est:

$$E = 120 \cdot I_f \quad (E \text{ tension ligne-neutre en V, } I_f \text{ courant inducteur en A}).$$

- La réactance X_S de l'induit du schéma monophasé équivalent en étoile lorsque le moteur tourne à 1800rpm est $X_S=12\Omega$.

- La résistance R_S des enroulements de l'induit, les pertes magnétiques et les pertes de rotation sont négligées.

1- Calculer le couple moteur T_{em} fourni sur l'arbre par le moteur synchrone. Déterminer la valeur I_{S1} du courant I_S dans l'induit, lorsque le courant inducteur est $I_{f1}=1A$. Déterminer le facteur de puissance du moteur et l'angle interne entre V_S et E .

2- Quelle est la valeur minimale du courant inducteur I_f que l'on peut appliquer au moteur synchrone sans modifier la vitesse d'équilibre de l'entraînement? Déterminer le facteur de puissance du moteur, l'angle interne entre V_s et E , le courant I_{s2} dans l'induit dans ces conditions de fonctionnement.

Exercice 11:

Une machine synchrone triphasé à 4 pôles ($p=2$) est entraînée par un moteur Diesel à 1800rpm. Elle présente une caractéristique à vide (supposée linéaire) relevée à la vitesse synchrone $N_s=1800\text{rpm}$ telle que: $E= 60.I_f$ (E tension ligne-neutre en V, I_f courant inducteur en A). L'inductance synchrone L_s de l'induit du schéma monophasé équivalent en étoile est $L_s=.04\text{H}$. La résistance des enroulements de l'induit est $R_s =.5\Omega$. Les pertes magnétiques et les pertes de rotation sont négligées.

1- L'induit de la machine synchrone est court-circuité alors que $I_f=2\text{A}$. Calculer le couple résistant exercé par la machine synchrone sur l'arbre. Calculer le courant de court-circuit I_s dans l'induit.