

**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT  
D'INGENIEURS D'ETUDES ET DE FABRICATIONS  
DU MINISTERE DE LA DEFENSE, AU TITRE DE L'ANNEE 2005**

**EPREUVE DE SPECIALITE**

**ELECTROTECHNIQUE**

---

Le mercredi 28 septembre à 8H30

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

---

**AVERTISSEMENTS**

L'épreuve est notée sur 20 points.

Le barème est donné à titre indicatif.

L'épreuve comporte 2 exercices.

Calculatrice scientifique autonome (sans périphérique) est autorisée.

Aucune autre documentation n'est autorisée.

**Le graphique accompagnant l'énoncé du problème n° 2 est à rendre avec la ou les copies.**

Ce sujet comporte 5 pages.

**Problème n°1 : Etude d'appareils alimentés en courant alternatif triphasé (10 points)**

Le problème n°1 comporte 1 page d'énoncé.

**1 Alimentation d'un chauffe-eau électrique [2 points]**

Une installation électrique triphasée 220/380 volts, 50 hertz, alimente un chauffe-eau triphasé comportant 3 résistances identiques prévues pour fonctionner avec une tension de 220 volts. La puissance totale en fonctionnement de l'appareil est égale à 2000 watts.

- a. Dessiner le schéma de branchement de ces 3 résistances au réseau triphasé.
- b. Calculer l'intensité du courant traversant chaque résistance.
- c. Calculer la valeur nominale en ohm de chacune de ces résistances.
- d. Préciser la valeur du déphasage du courant fourni par chaque conducteur de phase secteur par rapport à la tension secteur fournie.

**2 Alimentation nominale d'un moteur électrique [2 points]**

Cette installation électrique triphasée 220/380 volts, 50 hertz, alimente un moteur électrique triphasé délivrant une pleine puissance utile de 1600 watts et dont chaque enroulement est prévu pour supporter une tension de 380 volts.

- a. Préciser à l'aide d'un schéma, le mode de branchement des 3 enroulements de ce moteur aux câbles conducteurs du secteur d'alimentation.
- b. Le moteur présente un facteur de puissance égal à 0,7 et un rendement de 80%. Donner la valeur de l'intensité du courant dans chaque conducteur du secteur lorsque le moteur fonctionne seul.
- c. En déduire la résistance de chaque enroulement de ce moteur.

**3 Alimentation réduite d'un moteur électrique [2 points]**

En modifiant le schéma de branchement des enroulements de ce moteur aux câbles secteur, on désire faire fonctionner ce moteur à une allure réduite.

- a. Préciser dans ces conditions de vitesse de rotation réduite le mode de branchement des 3 enroulements de ce moteur aux câbles secteur d'alimentation.
- b. Calculer alors la valeur de l'intensité du courant dans chaque câble secteur quand le moteur est alimenté seul.
- c. Calculer la puissance totale absorbée par ce moteur et la nouvelle valeur du déphasage de ce courant par rapport à la tension secteur.

**4 Alimentation simultanée d'un chauffe-eau et d'un moteur électrique [4 points]**

Le chauffe-eau et le moteur fonctionnent simultanément. Le moteur étant à plein régime :

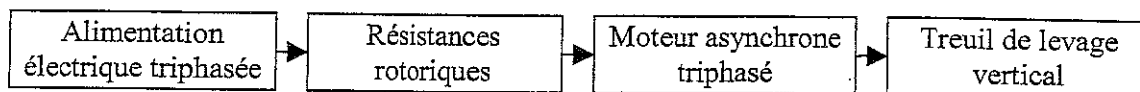
- a. Calculer l'intensité du courant fourni par chaque câble d'alimentation secteur et le facteur de puissance de l'installation.
- b. On ajoute à cette installation une batterie de 3 composants identiques de manière à relever le facteur de puissance de cette installation. Ces 3 composants sont branchés au secteur triphasé en mode triangle. Dire quelle est la nature de ces composants et préciser la valeur de la tension que doit accepter chaque composant de ce montage ? Calculer la valeur nominale de chacun de ces composants de manière à relever le facteur de puissance de l'installation à 0,95 en pleine charge.

*Fin du problème n°1*

## Problème n°2 : Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé (10 points)

Le problème n°2 comporte 3 pages d'énoncé, plus un graphique (à rendre avec la copie une fois renseigné).

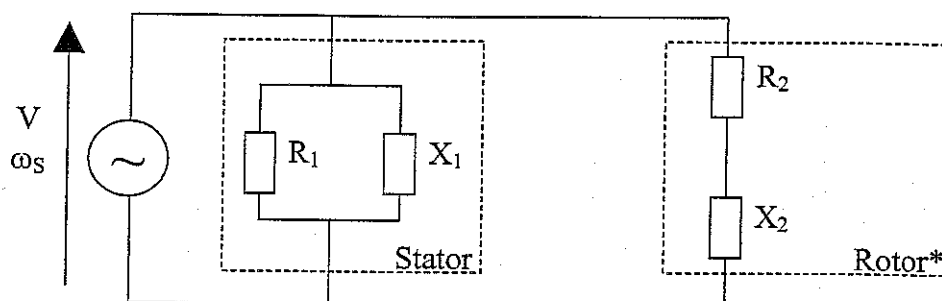
Il a pour objet l'étude des conditions de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé utilisé pour l'entraînement d'un treuil destiné au levage de charges. Le système de démarrage choisi comprend des résistances rotoriques insérées entre le moteur et son alimentation électrique. Le schéma de principe du système est présenté ci-dessous.



### 1 Première partie : Etude du moteur asynchrone triphasé

[5 points]

Le modèle équivalent d'une phase du moteur asynchrone est représenté par le schéma ci-dessous.



\* : vu d'une phase de l'alimentation électrique du moteur.

On note :

$V$  : Tension d'alimentation constante aux bornes du moteur

$\omega_s$  : Pulsation constante de la tension d'alimentation  $V$

$R_1$  : Résistance équivalente aux pertes fer statoriques

$X_1$  : Inductance statorique

$R_2$  : Résistance d'une phase rotor ramenée au stator

$X_2$  : Inductance d'une phase rotor ramenée au stator

$p$  : Nombre de paires de pôles du moteur

#### 1.1 Glissement du moteur

- Exprimer le glissement  $g$  du rotor en fonction de  $\omega_s$  et de la vitesse de rotation du rotor  $\omega$ .
- Préciser les valeurs du glissement lorsque le moteur est à l'arrêt et lorsqu'il fonctionne à la vitesse de synchronisme.
- Définir sommairement le type de glissement recherché pour le fonctionnement du moteur en régime établi de levage.

#### 1.2 Couple électromagnétique

Le moteur fonctionne à tension d'alimentation ( $V$ ,  $\omega_s$ ) constante.

- Déterminer la puissance transmise au rotor  $P_T$ .
- En déduire le couple électromagnétique  $C$  et montrer qu'il s'exprime en fonction de  $R_2$ ,  $X_2$ ,  $g$  et d'une constante  $K$  que l'on déterminera.

- c. Déterminer la valeur de glissement  $g_M$  pour laquelle le couple  $C$  est maximum.
- d. En déduire la valeur  $C_M$  de ce couple maximum en fonction de  $K$  et  $X_2$
- e. Exprimer la valeur du rapport  $C / C_M$  en fonction de  $g_M$  et  $g$ .

### 1.3 Démarrage du moteur seul

On choisit les composants  $R_2$  et  $X_2$  de sorte que  $\frac{R_2}{X_2} = \frac{1}{16}$  et on fixe au moteur un régime établi de levage correspondant au glissement  $g_M$ .

- a. En l'absence de tout système de démarrage, déterminer le couple disponible lorsque le moteur est à l'arrêt, puis lorsque le glissement est égal à  $g_M$ .
- b. Tracer sur le graphique fourni la courbe caractéristique du rapport  $C / C_M = f(g)$  qui correspond au démarrage du moteur seul.

*Nota : les ordonnées seront calculées uniquement pour les abscisses données et la courbe sera assimilée à des segments de droite entre deux points. Les valeurs numériques ne sont pas à mentionner.*

- c. Le moteur entraînant un treuil de levage vertical destiné à diverses charges, expliquer l'intérêt de lui adjoindre un système de démarrage.

## 2 Seconde partie : Etude des résistances de démarrage

[5 points]

Dans cette seconde partie, on conserve  $\frac{R_2}{X_2} = \frac{1}{16}$  et un régime établi de levage correspondant au glissement  $g_M$ .

### 2.1 Démarrage du moteur avec une résistance fixe

Le système de démarrage choisi consiste à modifier la résistance du rotor en insérant sur chacune de ses phases une résistance de démarrage de valeur fixe  $R_D$  qui s'ajoute en série à  $R_2$ .

On dispose d'un système de commande de la résistance  $R_D$  qui est programmable en fonction de différentes valeurs de  $g$ . Ce système peut provoquer via un relayage adapté soit :

- la mise en série de la résistance  $R_D$  avec le rotor ;
- le shunt de la résistance  $R_D$  (la résistance insérée devient nulle).

- a. Calculer  $R_D$  en fonction de  $R_2$ , de sorte que le couple  $C_M$  soit obtenu lorsque le moteur initie le mouvement de levage à partir de sa position d'arrêt.
- b. Tracer sur le graphique fourni la courbe caractéristique du rapport  $C / C_M = f(g)$  qui correspond au démarrage du moteur avec une résistance  $R_D$  en série sur chaque phase du rotor.

*Nota : les ordonnées seront calculées uniquement pour les abscisses données et la courbe sera assimilée à des segments de droite entre deux points. Les valeurs numériques ne sont pas à mentionner.*

- c. Expliquer comment le système de commande de  $R_D$  doit être utilisé (valeur de glissement et nature de la commande à programmer) de façon à garantir l'obtention d'un couple maximum durant toute la phase de démarrage.
- d. Calculer le couple maximum  $C_D$  (correspondant au glissement  $g_D$ ) utilisable pour le levage d'une charge avec une commande appropriée de la résistance  $R_D$ . Exprimer  $C_D$  en fonction de  $C_M$  et le comparer avec le couple maximum  $C_0$  utilisable sans résistance de démarrage. Identifier sur le graphique les points correspondants aux valeurs  $C_0$  et  $C_D$ .

## 2.2 Démarrage du moteur avec une résistance variable

Le système de démarrage initial est modifié pour rendre variable la résistance insérée sur chaque phase du rotor.

Une commande potentiométrique permet ainsi de donner à cette résistance 3 valeurs prédéfinies :

- $R_D$  (valeur maximale calculée ci-avant) ;
- $R_I$  (valeur intermédiaire  $< R_D$ ) ;
- 0 (valeur nulle).

Cette commande est programmable en fonction de différentes valeurs de  $g$ .

- a. Expliquer l'intérêt de cette résistance variable par rapport à une résistance fixe et son principe d'utilisation.
- b. Calculer la valeur de la résistance  $R_I$  de sorte que le couple limite  $C_I$  auquel le moteur peut être utilisé pour le levage d'une charge soit maximum. Exprimer  $R_I$  en fonction de  $R_2$
- c. Calculer la valeur de  $C_I$  en fonction de  $C_M$  et la comparer à celle de  $C_D$  (couple obtenu avec une résistance  $R_D$ ).
- d. Tracer sur le graphique fourni la courbe caractéristique du rapport  $C / C_M = f(g)$  qui correspond au démarrage du moteur avec une résistance  $R_I$  en série sur chaque phase du rotor. Identifier sur ce graphique les points correspondant au couple limite  $C_I$ .
- e. Mettre en évidence la courbe enveloppe du couple disponible pour le mouvement de levage avec une utilisation optimale des 3 valeurs de la résistance variable et préciser comment le système de commande de la résistance variable doit être utilisé (valeurs de glissement et nature des commandes à programmer) de façon à garantir la permanence d'un couple disponible au moins égal à  $C_I$  durant toute la phase de démarrage.

*Nota : les ordonnées seront calculées uniquement pour les abscisses données et les caractéristiques seront assimilées à des segments de droite entre deux points. Les valeurs numériques ne sont pas à mentionner.*

*Fin du problème n°2*

VILLE : \_\_\_\_\_

Signature du candidat <sup>(1)</sup> \_\_\_\_\_

A <sup>(2)</sup> \_\_\_\_\_

Composition de \_\_\_\_\_

Nom et prénoms du candidat : \_\_\_\_\_

Visa de l'autorité déléguée  
pour la surveillance  
de la séance :

N° d'inscription <sup>(4)</sup>
1 _____ 5

<sup>(3)</sup> \_\_\_\_\_

Établissement ou Service : \_\_\_\_\_

N° d'anonymat <sup>(5)</sup>
5 _____ 7

**NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE QUADRILLÉE**

Note /20	Clé
1 _____ 4	5 _____ 8

Composition de \_\_\_\_\_

Notateur	Anonymat
9 _____ 10	

### Graphique du problème n°2

A rendre à l'issue de l'épreuve une fois renseigné

