



ELECTROTECHNIQUE-ELECTRONIQUE

Le sujet est composé de quatre problèmes (1, 2,3 et 4) pouvant être traités de façon indépendante. Il comporte 4 pages numérotées de 1 à 4.

NB :

- 1 La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements compteront pour une part importante dans l'appréciation de la copie.
- 2 Les différents problèmes sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre qui convient au candidat. Le candidat respectera scrupuleusement la numérotation des questions.
- 3 Toute réponse doit impérativement porter le numéro de la question.

Durée de l'épreuve : 6 heures

L'utilisation des calculatrices électroniques, programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisée, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit fait usage d'aucune imprimante.

Chaque candidat ne peut utiliser qu'une seule machine sur sa table, en cas de défaillance, elle pourra cependant être remplacée, mais nécessairement le candidat devra prévenir le surveillant.

Les échanges de machines entre candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'information par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices sont interdits.

BAREME

Problème 1 : Moteur asynchrone triphasé : **30 points**

1.1) 1pt. 1.2) 1pt. 1.3)1 pt. 1.4)1 pt. 1.5)2 pt.1.6)3 pts. 1.7)3 pts.
1.8) 3pts. 1.9) 3pts. 1.10) 4pts. 1.11) 4pts. 1.12) 4pts.

Problème 2 : Charges électriques : **20 points**

2.1) 2 pts. 2.2)2 pts. 2.3)2 pts. 2.4)5 pts. 2.5) 3pts. 2.6)3 pts. 2.7)3 pts.

Problème 3: Génératrice à courant continu : **30 points**

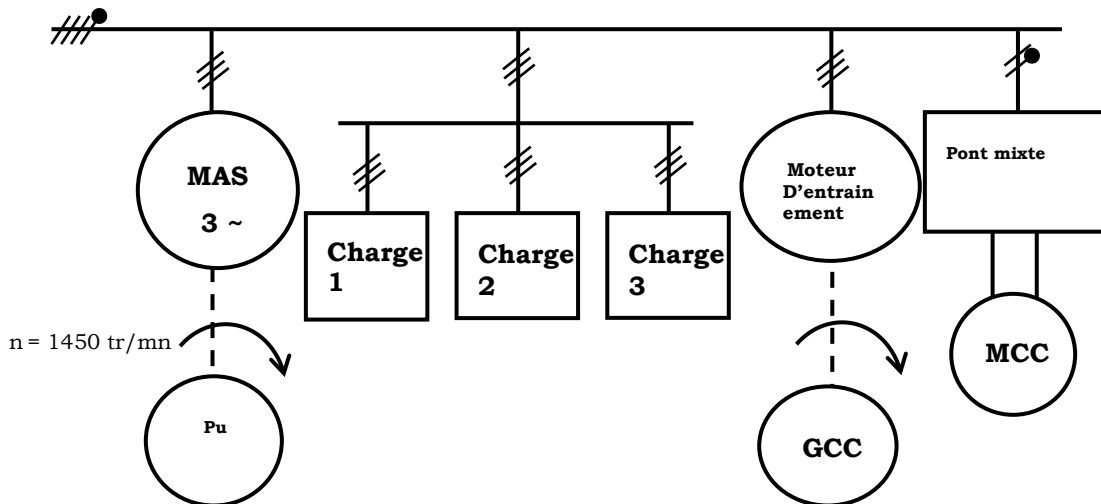
3.1) 1pt. 3.2)1 pt. 3.3) 1pt. 3.4)2 pts. 3.5) 3pts. 3.6)3 pts. 3.7) 3pts.
3.8) 4pts. 3.9) 4pts. 3.10) 4pts. 3.11) 4pts.

Problème 4: Redressement monophasé : **20 points**

4.1) 5pts 4.2) 5pts 4.3) 5pts 4.4)5pts

Le système proposé est celui d'un grand atelier d'installation électromécanique composé de :

- un moteur asynchrone triphasé ;
 - un ensemble de 3 charges électriques ;
 - une génératrice à courant continu ;
 - une source continue à travers un redressement monophasé alimentant un moteur à courant continu.
- (voir figure ci-dessous).



PROBLEME 1 : MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

On s'intéresse à un moteur asynchrone triphasé dont les indications de la plaque signalétique sont reportées dans le *tableau* :

Fréquence : 50 Hz	Tensions: 230/400 V	Intensité nominale: $I_n = 2 \text{ A}$
$\cos \phi_n = 0,8$	Vitesse: $N_n = 1450 \text{ tr/mn}$	Nombre de pôles : 4

1.1 Déterminer la vitesse de rotation de synchronisme : N_s (tr/min).

1.2 Calculer le glissement nominal g_n (%).

1.3 Représenter un schéma équivalent monophasé de la machine. On précisera la signification des divers éléments introduits, sachant que la résistance par phase au stator vaut $R = 30 \text{ m}\Omega$.

1.4 Un essai à vide, sous tension nominale, donne les valeurs suivantes :

$P_0 = 130 \text{ W}$, $I_0 = 0,8 \text{ A}$. On supposera que les pertes mécaniques et les pertes fer sont de valeurs égales. Calculer alors le détail de ces pertes et en déduire la valeur des deux éléments introduits dans le schéma.

1.5 Calculer la puissance consommée par le moteur au régime nominal : P_{an} .

1.6 On accepte l'hypothèse que le courant qui la traverse est sensiblement égal à I_n , alors calculer la valeur de la puissance perdue par effet Joule au stator: P_{js} .

1.7 En déduire la valeur de la puissance reçue par le rotor P_r . Calculer alors la puissance perdue par effet Joule au rotor : P_{jr} . En déduire la valeur de la puissance utile fournie par la machine : P_u .

1.8 Représenter l'ensemble des puissances avec leurs valeurs sur un graphe d'écoulement des puissances.

1.9 Calculer la valeur du rendement nominal de la machine. Quel élément pourrait être négligé dans ce schéma équivalent.

1.10 Déterminer également la valeur de la puissance réactive nominale consommée par la machine.

1.11 Calculer alors la valeur de tous les éléments indéterminés du schéma équivalent.

1.12 Calculer la valeur du rendement correspondant à une puissance utile valant le quart (1/4) de celle correspondant au régime nominal et une vitesse de **1 475 tr/min**.

PROBLEME 2 : CHARGES ELECTRIQUES

Charge 1	Charge 2	Charge 3
$P_1 = 20 \text{ kW}$ $Q_1 = 15 \text{ kVAR}$	$S_2 = 45 \text{ kVA}$ $\cos\varphi_2 = 0,6 \text{ A R}$	$S_3 = 10 \text{ kVA}$ $Q_3 = - 5 \text{ kVAR}$

2.1 Calculer pour chaque charge l'ensemble des grandeurs électriques la caractérisant : courant absorbé, puissances active, réactive et apparente, facteur de puissance. On notera ces grandeurs I_1, I_2, I_3, P_1, P_2 , etc.

2.2 En déduire la valeur de la puissance active totale P et de la puissance réactive totale Q consommées par la charge totale (charge 1, charge 2, charge 3). Calculer également la puissance apparente totale S , le facteur de puissance global ainsi que le courant total absorbé : I .

2.3 Représenter dans le plan complexe les courants I_1, I_2, I_3 et I . On réalisera un diagramme sur lequel les amplitudes et déphasages des vecteurs seront notés. On prendra comme référence de phase la tension simple V et l'échelle : **1 mm = 2 A**.

2.4 Représenter la construction du triangle des puissances de l'ensemble de ces 3 charges à une échelle que vous préciserez.

2.5 On désire, en plaçant un condensateur C' en parallèle sur l'installation, relever le facteur de puissance à la valeur : $\cos \varphi' = 0,9 \text{ A R}$. Calculer la valeur de C' .

2.6 Calculer également la valeur C'' d'un condensateur permettant d'obtenir un facteur de puissance $\cos \varphi'' = 0,9 \text{ A V}$.

2.7 Le facteur de puissance ayant la même valeur dans les deux cas, quel condensateur choisit-on en pratique ? Justifier votre choix.

PROBLEME 3 : GENERATRICE A COURANT CONTINU

Une machine à courant continu à aimants permanents est utilisée en génératrice, entraînée par un moteur d'entraînement non étudié, à la vitesse $N_n = 3000 \text{ tr/min}$. La tension nominale de la génératrice est : $U_n = 220 \text{ V}$, la puissance nominale $P_n = 20 \text{ kW}$ et le rendement nominal: $\eta_n = 0,8$.

3.1 Représenter un schéma équivalent de la génératrice et de sa charge (utiliser une convention adaptée).

3.2 Calculer la valeur du courant nominal fourni par la génératrice.

3.3 En négligeant les pertes mécaniques, calculer la valeur de la résistance d'induit.

3.4 Calculer alors la valeur de la tension à vide dans ces conditions.

3.5 Lorsqu'on fait fonctionner la machine à demi-charge, c'est-à-dire pour une puissance fournie $P = \frac{P_n}{2}$, la vitesse augmente car le rotor est moins « freiné » par la charge. Ainsi, on relève la nouvelle vitesse $N_2 = 3100 \text{ tr/m}$. Alors, calculer la nouvelle valeur de la tension à vide.

3.6 Calculer la nouvelle valeur de la tension d'induit et du courant fourni.

3.7 Calculer alors le rendement de la machine à demi-charge obtenu en négligeant les pertes mécaniques. Commenter ce résultat.

En réalité, les pertes mécaniques liées aux frottements de la machine sont loin d'être négligeables et sont estimées par la formule : $P_m = 0,36.N + 2,69.10^{-4}.N^2$ (où N est la vitesse de rotation en tours par minutes).

3.8 Au régime nominal, en tenant compte de ces pertes, calculer la nouvelle valeur de la résistance d'induit.

3.9 En déduire la nouvelle valeur de la tension interne de la machine en régime normal.

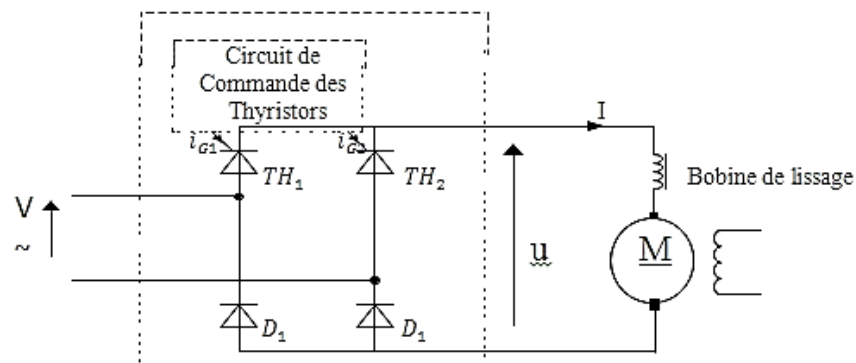
3.10 Dans le cas d'une demi-charge, calculer la nouvelle valeur de la tension interne, de la tension d'induit et du courant fourni par la machine.

3.11 Calculer ainsi la valeur du rendement de la machine à mi-charge et commenter ce nouveau résultat.

PROBLEME 4 : REDRESSEMENT MONOPHASE

Un pont mixte monophasé alimente un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante.

Il délivre une tension $u(t)$ de valeur moyenne $\langle u \rangle = 169 \text{ V}$, l'angle de retard à l'amorçage des thyristors étant réglé à 45° . Le courant dans le moteur est parfaitement lissé par une bobine de résistance interne $r = 0,1\Omega$. Son intensité I est égale à 25 A .



4.1 Le pont est alimenté avec une tension sinusoïdale de fréquence **50 Hz**. Représenter en concordance de temps la tension $u(t)$ et la tension $v(t)$. Préciser les intervalles de conduction de chaque thyristor et de chaque diode sur une période.

4.2 Calculer la valeur efficace de la tension $v(t)$.

4.3 La résistance de l'induit du moteur est $R = 0,4\Omega$.

Calculer la f.c.é.m. du moteur et en déduire la puissance électromagnétique P_{em} du moteur et la puissance absorbée par l'induit du moteur.

4.4 La charge du moteur variant, le moment T_{em} de son couple électromagnétique est doublé. Dans ce cas déterminer la nouvelle valeur de la f.c.é.m. du moteur et en déduire la vitesse de rotation. Expliquer le changement intervenu.