

EPREUVE D'ELECTROTECHNIQUE

COEFFICIENT: 05

DUREE : 4H

Cette épreuve comporte deux problèmes indépendants

NB : Les calculatrices non programmables sont autorisées

PROBLEME 1(15 pts)

Un moteur à courant continu, dont la réaction magnétique d'induit est supposée parfaitement compensée, est utilisé à la traction en cote.

A 1000tr/min, sa fém E varie en fonction de son courant d'excitation i_{ex} de la manière suivante :

i_{ex} (A)	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	90	100
E (V)	5	24	43	63	82	101	120	140	150	154	161	167

Les résistances de ses enroulements valent $R_a = 0,3\Omega$ pour l'induit et $R_s = 0,2\Omega$ pour l'inducteur.

Le moment du couple résistant total, incluant le couple de pertes collectives du moteur lui-même, peut être représenté en fonction de la fréquence de rotation n par une demi-droite dont on connaît deux points pour les cas suivants :

- $n = 0$, $Tr = 60N.m$,
- $n = 2000tr/min$, $Tr = 120N.m$

Les trois parties (I, II, III) sont indépendantes

I. Le moteur est utilisé en excitation indépendante avec $I_s = 75A$

1. Tracer sur une feuille millimétrée, document réponse 2 page 6/7, la courbe des variations de E en fonction de celles de I_s et justifier la valeur du courant d'excitation choisi ($1cm = 10A$; $1cm = 15V$). **(1 pt)**
2. Calculer l'intensité du courant d'induit I_a nécessaire au décollage et la tension maximale que l'on peut appliquer à l'induit sans que le moteur tourne, freins débloqués **(1 pt)**
3. Calculer les intensités des courants absorbés et les tensions nécessaires à une rotation de 1000tr/min, puis 2000tr/min **(1 pt)**

4. Calculer les rendements électriques du moteur chargé aux fréquences de rotation : 0 tr/min, 1000 tr/min et 2000 tr/min (1,5 pt).

• NB : ne prendre en compte que les pertes par effet joule

II. Le moteur est utilisé en excitation série

1. Tracer la caractéristique électromécanique de couple du moteur série $T_{em} = f(I)$ sur le document réponse 3, page 7/7. On se contentera de calculer T_{em} pour les intensités : 0, 40, 60, 70, 80, 100A (0,5 pt)
2. En déduire les intensités des courants absorbés au décollage, puis aux fréquences de rotation de 1000tr/min et 2000tr/min. (1,5 pt)
3. Calculer les tensions à appliquer au moteur pour obtenir ces trois fonctionnements (au décollage, à 1000 tr/min et à 2000tr/min). (1,5 pt)
4. Calculer les rendements électriques (définis à l'II.2) du moteur lors de ces trois fonctionnements. (1,5 pt)

III. On alimente le moteur par le montage de la figure n°1 page 4/7.

La tension u a pour expression $u = 380\sqrt{2} \sin\omega t$ avec $\omega = 2\pi/T = 100\pi \text{rad/s}$

Les redresseurs sont supposés parfaits, le circuit d'amorçage étant commun aux deux thyristors

La bobine L , supposée pure, présente une inductance suffisante pour que le courant I_s qui la parcourt soit considéré comme constant : soit U_L la tension à ses bornes de valeur moyenne nulle.

1. Calculer la valeur efficace de la tension qui doit être appliquée entre M et N pour faire passer dans l'inducteur du moteur, entre P et Q, un courant de 75A, supposé constant grâce à l'inductance de la bobine inductrice. (0,5 pt)
2. On commande les thyristors par une impulsion à l'instant $t_0 = T/4$
 - a) Quel est le thyristor qui s'amorce ? Pourquoi ? (0,5 pt)
 - b) Tant que U est positive, quelle diode conduit ? Que devient la tension U_{CD} ? (0,5 pt)
 - c) Le thyristor passant cesse-t-il de l'être quand u change de sens ? Que faut-il faire pour le bloquer ? (0,5 pt)
 - d) En attendant quelle diode conduit ? Que devient U_{CD} ? (0,5 pt)
3. On amorce donc les thyristors avec un retard de $T/4$ par rapport à la commutation naturelle ; le courant I_a constant vaut 63A ; représenter en fonction du temps les variations de U_{CD} , i_{TH1} , i_{TH2} , i_{D1} , i_{D2} sur le document réponse 1, page 5/7. (1 pt)
4. Exprimer u_{FD} en fonction du temps ; déterminer la fém du moteur et en déduire sa fréquence de rotation. (1,5 pt)
5. Expliquer comment faire fonctionner le moteur en excitation série. (0,5 pt)

PROBLEME 2 (5 pts)

Un alternateur triphasé tétrapolaire, dont les enroulements statoriques sont couplés en étoile, a une fréquence de rotation nominale : $n = 1500 \text{tr/min}$. Chaque enroulement d'induit a une résistance $R = 0,10 \Omega$ et comporte 500 conducteurs actifs. Le coefficient de Kapp est : $K = 2,25$. La résistance de l'inducteur est : $r = 20 \Omega$

- Un essai à vide à 1500tr/min donne une caractéristique d'équation $E_v = 100 i_{ex}$ ou E_v est la valeur efficace en volts de la fém. induite dans un enroulement et où i_{ex} est l'intensité du courant d'excitation $0 \leq i_{ex} \leq 3 \text{A}$.
 - Un essai en court-circuit a une caractéristique d'équation : $I_{CC} = 20 i_{ex}$ si $0 \leq i_{ex} \leq 1,5 \text{A}$. I_{CC} désigne l'intensité efficace du courant de court-circuit dans un enroulement d'induit. On exprime I_{CC} et i_{ex} en ampères.
 - En charge nominale, cet alternateur autonome alimente une installation triphasée équilibrée, inductive, de facteur de puissance 0,8 ; sous une tension efficace nominale $U_n = 380 \text{V}$ entre phases. L'intensité efficace du courant en ligne est alors $I_n = 20 \text{A}$. L'alternateur n'est pas saturé.
1. Calculer la fréquence f des tensions entre deux bornes du stator. (0,5 pt)
 2. En fonctionnement à vide, pour une tension entre phases égale à 380V , calculer :
 - a) La valeur efficace E_v de la fém. induite à vide dans un enroulement (0,5 pt)
 - b) La valeur du flux maximal embrassé par une spire (0,5 pt)
 3. Tracer le schéma du montage équivalent permettant de mesurer, en charge, la tension efficace U_n entre phases, l'intensité efficace I_n du courant en ligne et l'intensité du courant d'excitation i_{ex} . (0,5 pt)
 4. Calculer la réactance synchrone X du modèle par phase de l'alternateur. (0,5 pt)

Dans la suite du problème (sauf pour le calcul du rendement) on néglige la résistance R de chaque enroulement.

5. Calcul de l'intensité du courant d'excitation :
 - a) Tracer le schéma équivalent d'un enroulement statorique. (0,5 pt)
 - b) Déterminer la valeur de la fém. E , pour le fonctionnement en charge nominale. (0,5 pt)
 - c) En déduire l'intensité i_{ex} du courant d'excitation nécessaire. (0,5 pt)
6. Pour ce fonctionnement, calculer le rendement de l'alternateur si les pertes dites constantes sont de 380W . (0,5 pt)
7. L'alternateur étant auto-excité, calculer le moment du couple exercé par le moteur d'entraînement. (0,5 pt)

FIGURE 1

