
DIRECTION GENERALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR (DGES)

DIRECTION DE L'ORIENTATION ET DES EXAMENS (DOREX)

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR / SESSION 2012

FILIERE INDUSTRIELLE : ELECTROTECHNIQUE

EPREUVE : PHYSIQUE APPLIQUEE

Durée de l'épreuve : 5 Heures

Coefficient de l'épreuve : 4

Cette épreuve porte sur quatre (4) parties indépendantes.

Les résolutions des parties doivent être faites sur des copies différentes.

PARTIE 1 : ELECTROTECHNIQUE (60 points)

Nota bene : Dans tout le problème, les expressions complexes des grandeurs électriques lorsqu'elles sont demandées, seront données sous la forme module, argument. La tension simple \underline{V}_1 de la phase 1 de l'alternateur sera prise comme référence dans tout le problème. Le tracé de la caractéristique n'est pas nécessaire.

Le relevé des caractéristiques à vitesse nominale d'un alternateur triphasé a donné les résultats suivants :

- Plaque signalétique :

$S = 160 \text{ KVA}$, $U = 1800 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $N = 1500 \text{ tr/mn}$, couplage étoile.

- Essai à vide dont la caractéristique est rectiligne entre 0 et 580V :

$E_0 \text{ (V)}$	0	580	892	1004	1115	1254	1483	Fem phase-neutre à vide
$J_e \text{ (A)}$	0	10	15,5	19,5	25	34,5	52,5	Courant d'excitation

- Essai en court-circuit :

$I_{cc} \text{ (A)}$	16	48
$J_e \text{ (A)}$	3	9

La résistance d'induit est négligée. On adopte le modèle de Behn Eschenburg.

A . Etude de l'alternateur (13 points)

- 1 . Quel est le nombre de pôles de l'alternateur ? (2 points)
- 2 . Quel est son courant nominal ? (2 points)
- 3 . La partie linéaire de la caractéristique à vide est de la forme $E_0 = KxJ_e$. Calculer la valeur du coefficient K. (3 points)
- 4 . Calculer la réactance synchrone X de Behn Eschenburg. (6 points)

B . Fonctionnement en charge de l'alternateur (21 points)

L'alternateur entraîné à 1500 tr/mn, délivre un système triphasé équilibré direct de tensions simples (V_1, V_2, V_3) dont la valeur efficace est la tension simple nominale. Il débite un courant triphasé dans une charge triphasée équilibrée couplée en étoile, d'impédance $\underline{Z} = 20 + 15j \Omega$.

- 5 . Quel est le facteur de puissance de la charge ? (2 points)
- 6 . Donner l'expression complexe des courants que l'alternateur débite dans la charge. (7 points)
- 7 . Calculer la valeur de la force électromotrice de l'alternateur (8 points)
- 8 . Quel est le réglage de son courant d'excitation ? (4 points)

C. Autre fonctionnement en charge (26 points)

On désire à présent relever à 1, le facteur de puissance de la charge précédente, en installant à ses bornes 3 condensateurs couplés en triangle. La vitesse de rotation de l'alternateur et le système de tensions précédents, restent inchangés.

9. Calculer la valeur de l'impédance d'un condensateur (4 points)
10. Donner les expressions complexes des courants traversant les 3 condensateurs. (5 points)
11. Calculer la valeur du courant appelé par l'ensemble charge – condensateurs (4 points)
12. Calculer la nouvelle valeur de la force électromotrice de l'alternateur. (4 points)
13. Quelle est alors la valeur de réglage du courant d'excitation. (4 points)
14. Pour que le fonctionnement étudié reste le même, quelle doit être la valeur de réglage de la vitesse d'entraînement du moteur si le courant d'excitation est réglé à 25A ? (5 points)

PARTIE 2 : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (20 points)

Une charge continue assimilable à un générateur de courant est alimentée par un pont de Graetz tout thyristors. Voir le schéma ci-dessous. Ce pont est alimenté par le secondaire d'un transformateur monophasé. La tension primaire du transformateur est de la forme : $V_p(\theta) = 400 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\theta)$ avec $\theta = \omega t$ et $f = 50$ Hz. Le rapport de transformation du transformateur est $m = \frac{n_2}{n_1} = 1,5$; n_1 et n_2 désignent respectivement les nombres de spires primaires et secondaires.

En définitive, le courant I_c dans la charge sera supposé constant et parfaitement lissé. La puissance active nominale est $P_0 = 72$ kw lorsque la valeur moyenne de la tension $U_c = 480$ V.

On désigne par α l'angle d'amorçage des thyristors, cet angle est censé évoluer de 0 à $\alpha_{\max} = 90^\circ$

1. Calculer la valeur moyenne de la tension redressée qu'on notera U_{c10} lorsque l'angle d'amorçage $\alpha = 0$. (2 points)
2. Quelle est la valeur de l'angle d'amorçage qu'on notera α_1 lorsque la valeur moyenne de la tension redressée vaut : $U_{c1\alpha} = 480$ V ? En déduire la valeur moyenne du courant dans la charge qu'on notera $I_{c\alpha}$. (4 points)
3. Pour $\alpha_1 < \alpha < 90^\circ$, le fonctionnement de la charge est à courant constant et égale à $I_{c\alpha}$.

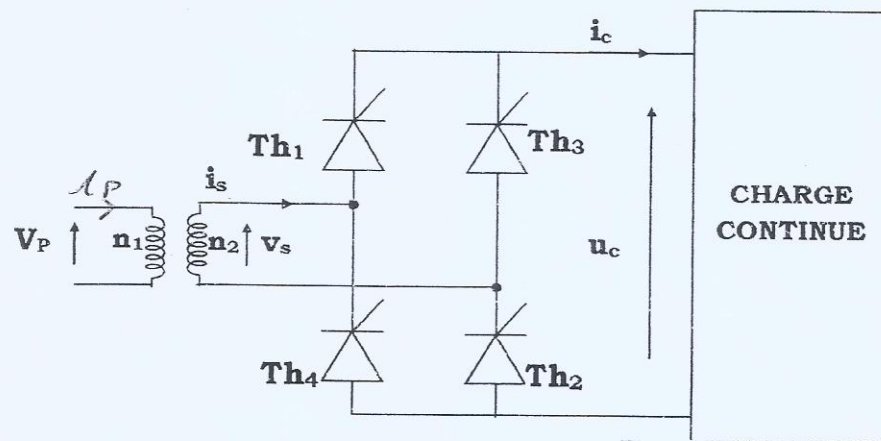
Pour $0 < \alpha < \alpha_1$ le fonctionnement de la charge est à puissance constante et égale à P_0 . Quelle est dans ces conditions la valeur maximale du courant moyen dans la charge ? (2 points)

4 . Sur la gamme de variation précédente de l'angle d'amorçage, calculer :

- 4.1. La valeur moyenne maximale du courant dans un thyristor. (2 points)
- 4.2. La valeur efficace maximale du courant dans un thyristor (1 point)
- 4.3. Quelle est la valeur maximale inverse de la tension aux bornes d'un thyristor ? (2 points)

5 . Pour $\alpha = 45^\circ$ représenter les chronogrammes :

- 5.1 De la tension redressée (1 point)
- 5.2 Du courant dans le thyristor T_{H1} (2 points)
- 5.3 Des courants dans les enroulements secondaire et primaire (4 points)



PARTIE 3 : ELCTRONIQUE ANALOGIQUE (20 points)

Etude d'un chargeur de batteries

La charge des batteries se fait par l'intermédiaire d'un hacheur. La commande varie suivant la valeur de l'intensité du courant dans les batteries. Plus la batterie est faible et plus le courant qui la traverse est élevé. Cette partie est relative au montage de la figure ci-dessous. Les amplificateurs utilisés ici sont considérés comme parfaits et sont alimentés sous la tension unique 0 – 15 V.

1-

1-1 Quel est le montage réalisé par l'amplificateur opérationnel n° 2. (3 points)

1-2 En déduire son régime de fonctionnement et la valeur de V_4 , tension de commande du hacheur en fonction de la tension différentielle d'entrée $V_d = V_3 - V_R$. (4 points)

2 - Pour $V_3 = 6 \text{ V}$ tracer la forme de la tension de commande V_4 , sur la feuille réponse 1 (3 points)

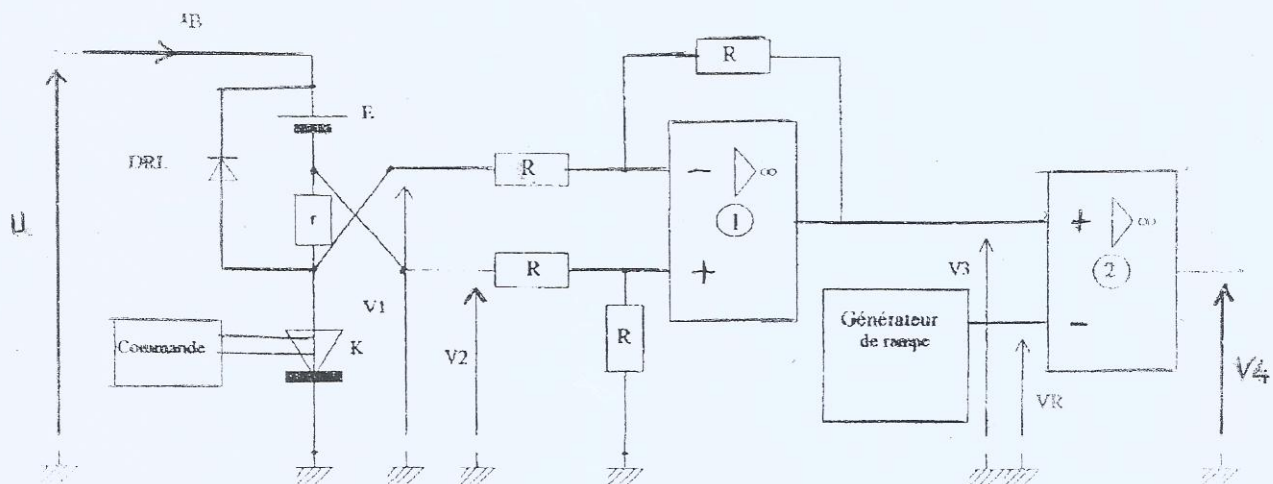
3- V_3 garde la valeur précédente ($V_3 = 6 \text{ V}$)

3-1 Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel n° 1 ? (2 points)

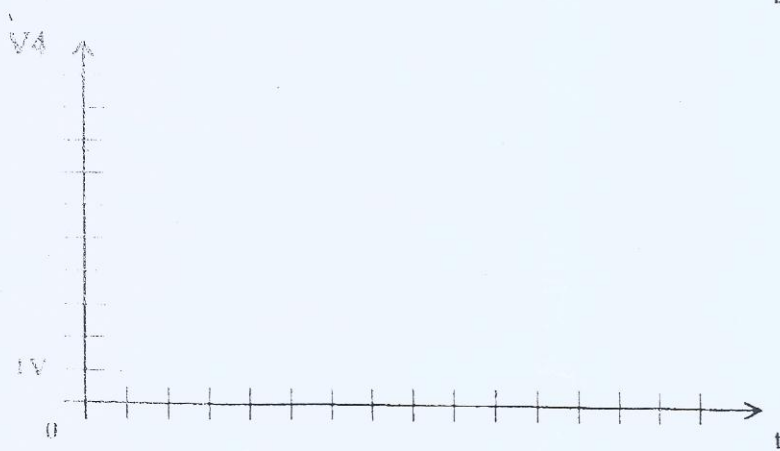
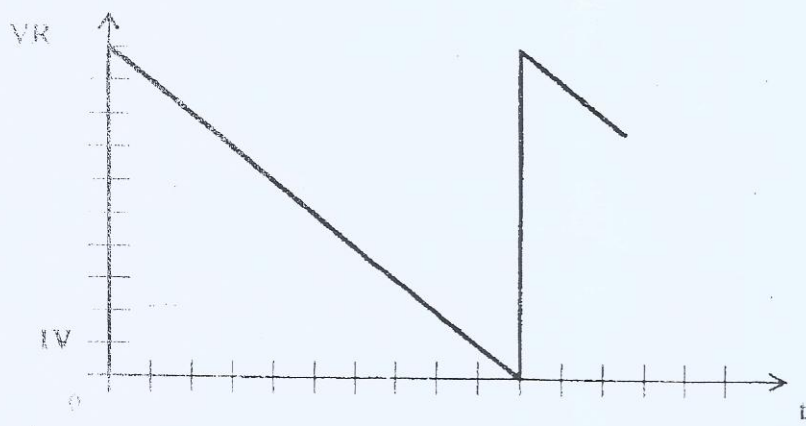
3-2 Montrer que $V_3 = V_2 - V_1$ (2 points)

3-3 L'interrupteur commandé K est fermé, quelle est la valeur de V_1 ? (2 points)

3-4 En déduire la valeur de V_2 . Sachant que $r = 1 \Omega$; quel est alors la valeur de l'intensité I_B du courant dans la batterie en supposant celui-ci parfaitement constant ? (4 points)

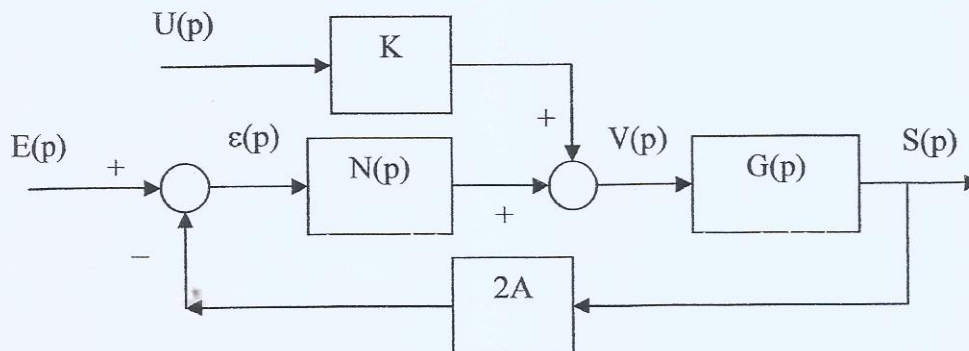


DOCUMENT REPONSE N° 1
(A RENDRE AVEC LES COPIES)



PARTIE 4 : AUTOMATIQUE (20 points)

Le schéma fonctionnel d'un système à deux entrées ($E(p)$ et $U(p)$) et une sortie ($S(p)$) est donné ci-dessous avec K et A , nombres réels.



1. $U(p) = 0$ et $E(p) = 1/p$.

1.1 Déterminer la fonction de transfert $H(p) = S(p)/E(p)$ du système. (2 points)

1.2 $N(p) = 1$ et $G(p) = \frac{1}{\frac{p}{2} + 1}$

1.2.1 Quel est l'ordre de $H(p)$? (1 point)

1.2.2 Quel est son temps de réponse à 5 % à une entrée échelon ? (2 points)

1.2.3 Exprimer en fonction de A l'erreur statique de position. (3 points)

1.2.4 Déterminer A pour que cette erreur soit égale à 0,1. (2 points)

2. $U(p) \neq 0$ et $E(p) = 0$.

2.1 Déterminer la fonction de transfert $F(p) = S(p)/U(p)$ du système. (2 points)

2.2 $U(p) = 1/p$, $N(p) = 1$ et $G(p) = \frac{1}{\frac{p}{2} + 1}$.

2.2.1 Donner l'expression de $S(p)$. (2 points)

2.2.2 En déduire l'expression de $s(t)$ si $A = 1/4$ et $K = 2$. (3 points)

3. $U(p) \neq 0$ et $E(p) \neq 0$.

En appliquant le principe de superposition, déduire des questions précédentes, l'expression de $S(p)$ en fonction de $E(p)$ et de $U(p)$. (3 points)
