

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2011

ÉPREUVE E4.1

Étude d'un système technique industriel Pré-étude et modélisation

Durée : 4 Heures Coefficient : 3

CORRIGÉ ET BARÈME

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16/11/99. L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

Ce corrigé comporte 5 pages.

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Utiliser les notations indiquées dans le texte, justifier toutes les réponses, présenter clairement les calculs et les résultats.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 1/5

PARTIE A : Détermination de la puissance mécanique disponible (14 points)

A.1. Détermination de la Puissance hydraulique (6 points)

A.1.1. Les points A et B sont au contact de l'atmosphère, donc $P_A = P_B = P_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

A.1.2. Les termes dépendants de la pression et de la vitesse s'éliminent.

On obtient : $P_T = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B) \cdot Q$

A.1.3. $P_{T1} = 4,54 \text{ MW}$ et $P_{T2} = 6,35 \text{ MW}$

A.2. Détermination de la puissance mécanique fournie à chaque alternateur (6 points)

A.2.1. Pour Q_1 : $P_{M1} = P_{T1} \cdot \eta_T \cdot \eta_M / 2 = 2,11 \text{ MW}$
Pour Q_2 : $P_{M2} = P_{T2} \cdot \eta_T \cdot \eta_M / 2 = 2,96 \text{ MW}$

A.2.2. $n = n_T \cdot r = 750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

A.3. Loi sur l'eau (2 points)

Dans le cas le plus défavorable, si la PCH ne fait pas partie de la liste du conseil d'état, le débit minimal doit être supérieur au dixième du débit moyen annuel ($400 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$), soit $40 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$

Les débits prévus ($50 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ et $70 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$) sont bien supérieurs à cette limite, donc ils respectent la loi.

Partie B : Détermination de la puissance électrique disponible (24 points)

B.1. Caractéristiques générales de l'alternateur (6 points)

B.1.1. $n = 750 \text{ tr/mn}$ au synchronisme, donc $p = 4$.

B.1.2. $I_n = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U} = 293 \text{ A}$

B.1.3. $f_n = P_n / S_n = 0,90$

B.1.4. $Q_n = 1,39 \text{ MVAR}$

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 2/5

B.2. Rendement et pertes (8 points)

B.2.1. En fonctionnement nominal, $S = 3200 \text{ KVA}$ et $\cos\varphi=0,9$, donc le rendement vaut $\eta=97\%$. La puissance utile de l'alternateur est $P_n = 2,88 \text{ MW}$.

Les pertes valent $P_n \cdot (1 - \eta) / \eta = 89,1 \text{ kW}$

B.2.2. $P_{JS} = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,08 \cdot 293^2 = 20,6 \text{ kW}$

B.2.3. $P_{Jr} = R_e \cdot I_e^2 = 0,12 \cdot 405^2 = 19,7 \text{ kW}$

B.2.4. $P_J = P_{JS} + P_{Jr} = 40,3 \text{ kW}$.

Ces pertes représentent $40,3/89,1 = 45\%$ des pertes totales.

L'origine des autres pertes : courant de Foucault et hystérésis dans le stator, frottements mécaniques.

B.2.5. Pour Q_1 , la puissance mécanique est $P_1 = 2,11 \text{ MW}$.

Sur la figure 4, on lit un rendement de $97,2\%$.

D'où la puissance électrique produite par un alternateur : $2,11 \cdot 0,972 = 2,05 \text{ MW}$.

La centrale produit alors $4,10 \text{ MW}$.

Pour Q_2 , la puissance mécanique est $P_2 = 2,96 \text{ MW}$.

Sur la figure 4, on lit un rendement de $97,4\%$.

D'où la puissance électrique produite par un alternateur : $2,96 \cdot 0,974 = 2,88 \text{ MW}$.

La centrale produit alors $5,77 \text{ MW}$

B.3. Réglage du point de fonctionnement électrique (10 points)

B.3.1. R est la résistance d'une phase du stator. $R = 80 \text{ m}\Omega$.

B.3.2. On entraîne le rotor à la vitesse de $750 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$.

On fait varier le courant inducteur de 0 à 900 A .

On mesure à l'aide d'un voltmètre la valeur efficace de la tension entre phase ou par phase (réglage AC).

B.3.3. Essai en CC : $I_e = 300 \text{ A}$ pour $I_{cc} = 400 \text{ A}$

Essai à vide : $E = 4875 \text{ V}$ pour $I_e = 300 \text{ A}$

$X = 4875/400 = 12,2 \text{ Ohm}$

B.3.4. On peut négliger la résistance ($80 \text{ m}\Omega$) devant la réactance ($12 \text{ }\Omega$).

Ce qui justifie le modèle de la figure 6.

B.3.5.

B.3.5.1. Point A : $V_x = 2254 \text{ V}$

Point B $V_x = 2508 \text{ V}$

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 3/5

B.3.5.2. $E_A = 4280V$ et $E_B = 5250V$

B.3.5.3. $I_{eA} = 261A$ et $I_{eB} = 322 A$

Partie C : Réglage du courant d'excitation (22 points)

C.1. Ondulation du courant d'excitation (10 points)

C.1.1. $T = 4 \text{ ms}$ et $f = 250 \text{ Hz}$.

C.1.2. On lit sur le chronogramme $V_M = 50 \text{ V}$.
On calcule la valeur moyenne : $46,8 \text{ V}$

C.1.3. ω_1 est la pulsation du fondamental qui est à la fréquence 250Hz .
 $\omega_1 = 2\pi \cdot 250 = 1571 \text{ rad.s}^{-1}$

V_0 est la valeur moyenne de la tension : $V_0 = 46,8 \text{ V}$

V_{1M} est l'amplitude du fondamental, lue sur le spectre : $V_{1M} = 4V$

C.1.4. $I_{e0} = V_0/R_e = 390 \text{ A}$.

C.1.5. On lit sur l'annexe 1 : $E_0 = 6,36 \text{ kV}$

C.1.6. L'amplitude I_{1M} du fondamental du courant i_e est :

$$I_{1M} = \frac{V_{1M}}{\sqrt{R_e^2 + (L_e \omega_1)^2}} = 7,7 \text{ mA}$$

Cette intensité est très faible devant la valeur moyenne I_{e0} .

On peut considérer que la fem E_0 ne dépend que de la valeur moyenne I_{e0} .

C.2. Asservissement du courant d'excitation (12 points)

C.2.1. $K_e = 1/R_e$ et $T_e = L_e/R_e$

K_e s'exprime en Siemens.

T_e s'exprime en seconde.

C.2.2. L'erreur statique est nulle grâce à la correction intégrale.

$$U_m = U_c \text{ et } I_e = U_m/B = U_c/B = 392 \text{ A}$$

C.2.3.
$$H(p) = \frac{AK_p K_e (1 + T_i p)}{T_i p (1 + T_e p)}$$

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 4/5

C.2.4. $H(p) = \frac{AK_p K_e (1 + T_e p)}{T_e p (1 + T_e p)} = \frac{AK_p K_e}{T_e p}$

On a bien $H(p) = \frac{K}{p}$ avec $K = \frac{AK_p K_e}{T_e}$

C.2.5. $T_{BF}(p) = \frac{H(p)}{1 + B.H(p)} = \frac{1}{B} \left(\frac{1}{1 + 1/BH(p)} \right) = \frac{1}{B} \left(\frac{1}{1 + p/KB} \right)$

La fonction de transfert en boucle fermée est bien du type $T_{BF}(p) = \frac{1}{B} \frac{1}{(1 + T.p)}$

Avec $T = \frac{1}{K.B} = \frac{T_e}{K_p . A.B.K_e}$

C.2.6. La fonction de transfert en boucle fermée est un premier ordre de constante de temps T. Le temps de réponse à 95% est obtenu au bout de 3T.

$$\frac{3T_e}{K_p . A.B.K_e} = 20.10^{-3} \text{ s, soit } K_p = \frac{3T_e}{0,02 * A.B.K_e} = 225$$