

UNIVERSITÉ ECHAHID HAMMA LAKHDAR EL-OUED

Corrigé de l'épreuve : Qualité de l'Energie Electrique
 Spécialité : ELT- Commande
 Enseignant : Chennoufi Hakim
 Nombre de pages : 1

Session: Octobre 2019
 Durée : 1 heure
 Documents : Non autorisés
 Barème : 10 – 10

RECOMMANDATIONS

- Il vous est demandé de répondre aux questions de façon synthétique, claire et précise.
- Les copies illisibles ou rédigées au crayon à papier et au stylo rouge ne seront pas corrigées.

La notation tiendra compte des recommandations ci-dessus.

❖ Partie 1. Compléter les pointillés : 10 points

Dégradation de la qualité de la tension – Phénomènes perturbateurs	
Un creux de tension est défini comme	une baisse soudaine de 10 % ou plus de la tension nominale (Vn), touchant une ou plusieurs, phases, d'une durée comprise entre 10 ms à 1 minute. 2
Citer trois natures des surtensions	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temporaires à fréquence industrielle, 0,5 ➤ De manœuvre, 0,5 ➤ D'origine atmosphérique. 0,5
Dans un système triphasé on a : $I_A = 600 \text{ A}$, $I_B = 630 \text{ A}$, $I_C = 570 \text{ A}$. Calculer le taux de déséquilibre.	Le courant moyenne : $I_{\text{moyenne}} = (600+630+570) / 3 = 600 \text{ A}$ 1 Le courant qui présente le plus grand écart par rapport I_{moyenne} : $\Delta I = 630 \text{ A} - 600 \text{ A} = 30 \text{ A}$ 1 $\sigma_{\text{déséquilibre}} = (30 \text{ A} \div 600 \text{ A}) \times 100 = 5 \%$ (déséquilibre très élevé) 1
Le Flicker se caractérise par deux paramètres selon la durée de mesure, lesquels ?	Le Flicker courte durée Pst (intervalle de temps de 10 minutes) et le Flicker longue durée Plt (intervalle de temps de 2 heures). 2
Citer trois charges non-linéaires qui génèrent des perturbations en harmoniques sur le réseau électrique.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Onduleurs, 0,5 ➤ Gradateurs de lumière, 0,5 ➤ Postes de soudure. 0,5

❖ Partie 2. Cochez vrai ou faux et justifier par une observation ou un calcul : 10 points

	vrai	faux
Un creux de tension peut résulter de phénomènes atmosphériques (foudre, givre, tempête...)	V 0,5	.....
Parmi les origines de déséquilibre, la fusion fusible BT	0,5 V	.....
Concernant l'effet du déséquilibre homopolaire, il faut signaler le risque d'échauffement des phases.	.....	1 F Du conducteur neutre.
Les réseaux de distribution aériens HTA et BT sont les plus affectés par les surtensions et surintensités d'origine magnétique.	.....	1 F atmosphérique
Les surtensions de manœuvre découlent d'une modification de la structure des transformateurs HTA.	.....	1 F Du réseau électrique (bouclage des départs HTA).
Les creux de tension sont des perturbations brèves mais fréquentes qui touchent tous les réseaux électriques et peuvent être évitées totalement.	.....	1 F Ne peuvent être évitées totalement.
Les surtensions temporaires à fréquence industrielle ne sont pas à la même fréquence que celle du réseau.	..... 1,5	F Sont à la même fréquence que celle du réseau.
Plus la fréquence du courant est élevée, moins le courant pénètre au cœur du conducteur. La section utile de conduction étant réduite, il en résulte une augmentation de la résistance du conducteur.	V 1,5 Effet de peau.	.....
Pour les lignes aériennes, le cuivre n'est pas utilisé car il est trop lourd !	V On utilise des alliages plus légers, dont la résistivité est faible.	1,5
Le réseau interconnecté national (RIN) varie de 60 à 400 kV.	0,5 V	.....

UNIVERSITE D- EL OUED

FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : Génie électrique

Filière : ELECTROTECHNIQUE

EXO A)(12pts). Soit le système asservi échantillonné donné par le schéma ci-dessous :

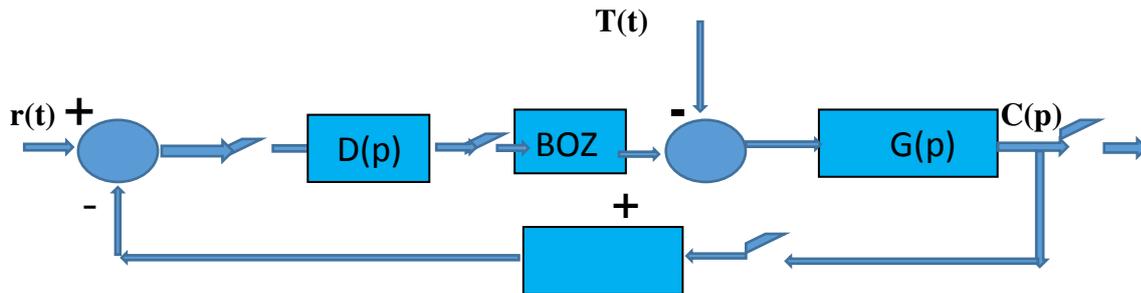


Fig.1

Et on choisit un pas d'échantillonnage $T_e=0.2s$.

a-Déterminer les expressions de la réponse $C^*(p)$ et $C(z)$ et de l'erreur $E(z)$ si on excite le système par le signal d'entrée $r(t)$ et le signal $T(t)$ donnés par tel que

$$r(t) = 1000u(t) \text{ et } T(t) = 5u(t)$$

si on prend :

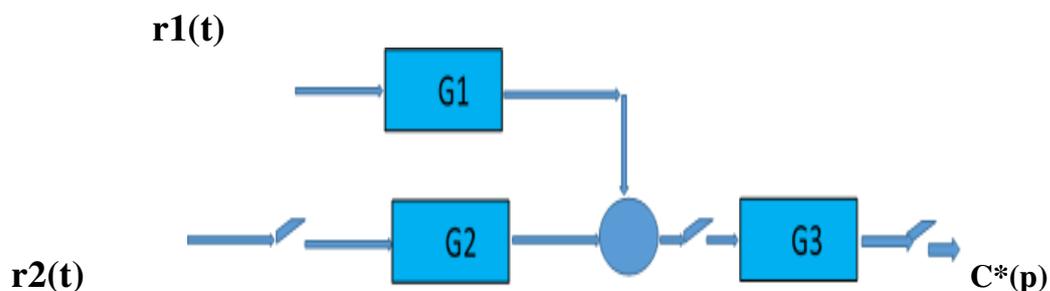
$$D(p) = Ke^{-2p} \quad , \quad BOZ(p) = \frac{1-e^{-T_p}}{p} \quad , \quad G(p) = \frac{K}{(p+4)} \quad \text{et} \quad H(p) = \frac{1}{(p+2)} \quad \text{avec } K=3.$$

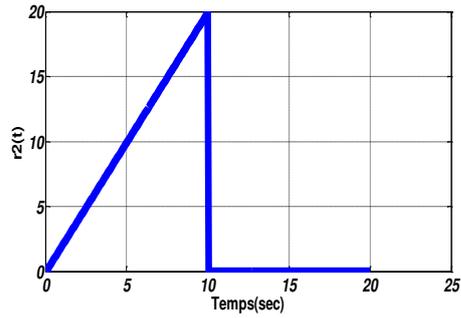
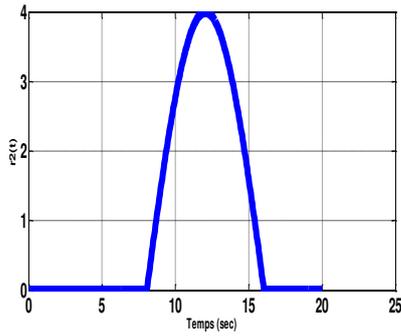
b-Déterminer l'expression de $c(k)$ pour $k=1, 2, 3$ par division polynomiale.

c-Déterminer l'erreur statique $e(\infty)$ du système .

EXO B)(8pts). En se donnant le système échantillonné qui est présenté par le schéma ci-dessous suivant ayant les fonctions de transferts respectivement :

$$G_1 = e^{-4p} \quad \text{et} \quad G_2 = \frac{10}{p} \quad . \quad G_3 = e^{-6p}$$





Avec un pas d'échantillonnage $T=2s$.

a- Trouver les expressions de $C^*(p)$ et $C(z)$ en se basant sur les formes des entrées $r_1(t)$ et $r_2(t)$.

b- Déterminer l'expression de $c^*(t)$ et donner les valeurs de $c(k)$ pour $k=1,2,3$ par la méthode de division polynomiale.

Note : Les fonctions usuelles données par les tables suivantes :

$f(t)$	$F(z)$	$f(kT)$
$\delta(t)$	$\frac{1}{1}$	$\delta(kT)$
$u(t)$	$\frac{1}{1-z^{-1}}$	$u(kT)$
$tu(t)$	$\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$	$kTu(kT)$
$\sin(\omega t) u(t)$	$\frac{\sin(\omega T) z^{-1}}{1 - 2 \cos(\omega T) z^{-1} + z^{-2}}$	$\sin(\omega kT) u(kT)$
$\cos(\omega t) u(t)$	$\frac{1 - \cos(\omega T) z^{-1}}{1 - 2 \cos(\omega T) z^{-1} + z^{-2}}$	$\cos(\omega kT) u(kT)$
5. $e^{-at} u(t)$	$\frac{1}{1 - e^{-aT} z^{-1}}$	$e^{-akT} u(kT)$

N°	Fonction du temps : $f(t)$	Transformée de Laplace : $F(p)$
1.	$\delta(t)$	1
2.	$u(t)$	$\frac{1}{p}$
3.	$tu(t)$	$\frac{1}{p^2}$
4.	$t^n u(t)$	$\frac{n!}{p^{n+1}}$
5.	$e^{-at} u(t)$	$\frac{1}{p+a}$

Compte-type (Arrièvement échelonné) (1)
 Master I (CE)
 13/10/2020

Exo I: a) Dans le schéma ci-dessus:

$$E^*(p) = \frac{D(1-e^{-Tp}) \left\{ \frac{G}{P} \right\} R - \{T(p)G(p)\}^*}{1 + H^*D(1-e^{-Tp}) \left\{ \frac{G}{P} \right\}^*} \quad (1)$$

$$E^* = \frac{R^* + (T(p)G(p))^* H^*}{1 + H^*D(1-e^{-Tp}) \left\{ \frac{G}{P} \right\}^*} \quad (2)$$

$$(T(p)G(p))^* = 15 \left(\frac{1}{p(p+4)} \right)^* = 15 \left(\frac{ae^{Tp} + be^{Tp}}{e^{Tp}-1 - e^{Tp}e^{-4T}} \right)^* \left(\frac{1}{p+4} \right)^* = \frac{e^{Tp}}{e^{Tp}e^{-2T}} \quad (3)$$

$$\left\{ \frac{G}{P} \right\}^* = \left\{ \frac{3}{p(p+4)} \right\}^* = 3 \left(\frac{ae^{Tp} + be^{Tp}}{e^{Tp}-1 - e^{Tp}e^{-4T}} \right)^* = 3e^{-10Tp} \quad \text{et } b = \dots \quad (4)$$

$$R^*(p) = \frac{e^{Tp}}{e^{Tp}-1} \times 1000 \quad \text{avec } a = \dots \quad \text{et } b = \dots \quad (4)$$

Si on remplace (3) et (4), on obtient:

$$C(z) = \frac{1000z^{-9} [(a+b)z - ae^{-4T} - b] - 15z^{-8} [(a+b)z - ae^{-4T} - b] (z - e^{-2T})}{(z - e^{-2T})(z-1)(z - e^{-4T})} + \frac{1000z^{-8} [(a+b)z - ae^{-4T} - b]}{(z - e^{-2T})(z-1)} \quad (5)$$

$$E(z) = \frac{1000z}{z-1} + \frac{15z^{-8}}{(z - e^{-2T})(z-1)} \quad (6)$$

$$1 + \frac{9z^{-9} [(a+b)z - ae^{-4T} - b]}{(z - e^{-2T})(z - e^{-4T})} \quad (7)$$

Alors $C^*(p) = C(z) \Big|_{z=e^{Tp}}$ et $E^*(p) = E(z) \Big|_{z=e^{Tp}} \quad (7)$

avec $\begin{cases} e^{-2T} = e^{-0,4} \\ (a+b) = \end{cases} ; \begin{cases} e^{-4T} = e^{-0,8} \\ a = \text{et } b = \end{cases} \quad (8)$

b) d'expression de $C^*(z)$ et des valeurs de $C(k)$ pour $k=0,1,2,\dots$

(8) \rightarrow (5), on obtient:

$$C(z) = \frac{a_1 z^{12} + a_2 z^{11} + a_3 z^{10} + a_4 z^9 + a_5 z^8 + a_6 z^7}{b_1 z^{12} + b_2 z^{11} + b_3 z^{10} + b_4 z^9 + b_5 z^8 + b_6 z^7}$$

$$= \frac{a_1}{b_1} + \left(a_2 - \frac{a_1 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1} z^{-1} + \left(a_3 - \frac{a_1 b_3}{b_1} - \frac{a_2 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1} z^{-2} + \dots$$

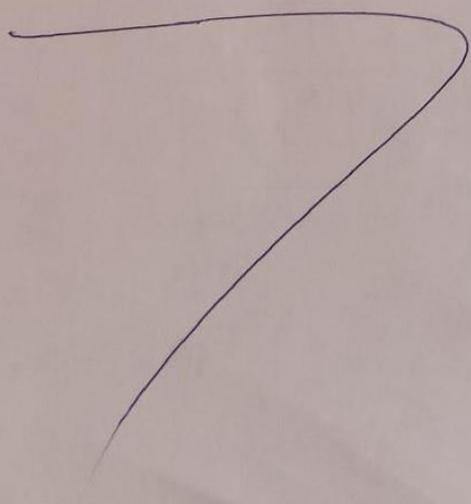
Ainsi $C^*(z) = \mathcal{Z}^{-1}\{C(z)\} = \frac{a_1}{b_1} \delta(t) + \left(a_2 - \frac{a_1 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1} \delta(t-1) + \left(a_3 - \frac{a_1 b_3}{b_1} - \frac{a_2 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1} \delta(t-2) + \dots$

Donc les valeurs de $C(k)$ pour $k=0, 1$ et 2
 $C(0) = \frac{a_1}{b_1}$, $C(1) = \left(a_2 - \frac{a_1 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1}$ et $C(2) = \left(a_3 - \frac{a_1 b_3}{b_1} - \frac{a_2 b_2}{b_1}\right) \frac{1}{b_1}$

c) L'erreur statique $\mathcal{E}(\infty)$
 D'après le théorème \rightarrow Conditions initiales et finales,
 on obtient pour $\mathcal{E}(\infty)$

$$\mathcal{E}(\infty) = \lim_{k \rightarrow \infty} \mathcal{E}(kT) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot FA = \frac{1000 + \frac{15}{1-e^{-2T}}}{1 + \frac{9[a(1-e^{-4T})]}{(7-e^{-2T})(1-e^{-4T})}}$$

avec $T=2$.



Ex II: a) L'exercice de $C(p)$ et $C(t)$: D'après le schéma et (3pts)
 la position des interrupteurs, on tire: $C^*(p) = \left\{ \begin{matrix} R_2^* G_2 + R_1 G_1 \\ G_3 \end{matrix} \right\} = R_2 G_2 G_3 + (R_1 G_1) G_3$

On commence par $R_1 G_1$: D'après l'allure de $r_1(t)$ on peut écrire:

a-1: $(R_1 G_1)^*$ tel que $r_1(t) = -4 \sin \frac{2\pi}{16} t [u(t-8) - u(t-16)]$
 $[R_1 G_1]^* = [R_1(p) \cdot e^{-4p}]^* = [R_1(p) e^{-2Tp}]^* = e^{-2Tp} [R_1(p)]^* =$
 $e^{-2Tp} [a_5 e^{-5Tp} + a_6 e^{-6Tp} + a_7 e^{-7Tp}]$ tel que:
 $a_5 = -4 \sin \left(\frac{\pi}{8} \times 8T \right)$, $a_6 = -4 \sin \left(\frac{\pi}{8} \times 6T \right)$ et $a_7 = -4 \sin \left(\frac{\pi}{8} \times 7T \right)$ (1pt)

a-2: on a $[R_1 G_1]^* G_3 = e^{-2Tp} [a_5 e^{5Tp} + a_6 e^{6Tp} + a_7 e^{7Tp}] \cdot e^{-3Tp}$

a-2: $R_2^* G_2 G_3 = ?$ D'après l'allure de $r_2(t)$ tel que:
 $* R_2^* G_2 G_3 = ?$ D'après l'allure de $r_2(t)$ tel que:
 $* R_2^* G_2 G_3 = ?$ D'après l'allure de $r_2(t)$ tel que:
 $r_2(t) = at \cdot [u(t) - u(t-10)] = at \cdot [u(t) - u(t-5T)]$

Donc: $R_2^* G_2 G_3 = \left\{ \begin{matrix} r_2(T) \delta(t-T) + r_2(2T) \delta(t-2T) + r_2(3T) \delta(t-3T) + \\ r_2(4T) \delta(t-4T) + r_2(5T) \delta(t-5T) \end{matrix} \right\} \rightarrow$
 $(4e^{-Tp} + 6e^{-2Tp} + 72e^{-3Tp} + 16e^{-4Tp} + 20e^{-5Tp})$

* $R_2(p) = \frac{10}{p}$
 * $G_2(p) = \frac{10}{p} = 10u(t) = \frac{10(1 - e^{-Tp})}{p}$
 * $G_3(p) = e^{-3Tp} = e^{-3Tp}$ (1pt)
 Alors $R_2^* G_2 G_3 = (b_1 e^{-Tp} + b_2 e^{-2Tp} + b_3 e^{-3Tp} + b_4 e^{-4Tp} + b_5 e^{-5Tp}) \times \frac{10e^{-3Tp}}{1 - e^{-Tp}}$

On peut écrire l'expression de $C(t)$ à partir de $C^*(p)$
 pour $z = e^{pT}$. Alors:
 $C(t) = \frac{z^{-5}}{z-1} \{ a_5 z^{-5} + a_6 z^{-6} + a_7 z^{-7} \} + \frac{z^{-2}}{z-1} \times 10 (b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3} + b_4 z^{-4} + b_5 z^{-5})$ (1pt)

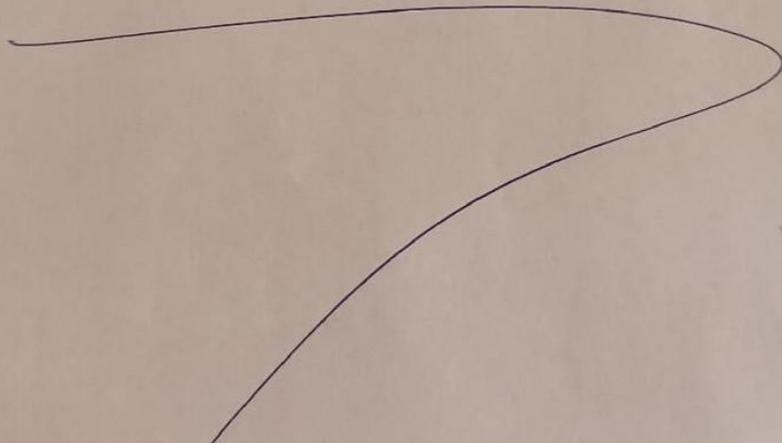
b/ Après l'arrangement de $(4) c(t)$ devient :

$$c(t) = \frac{10b_1 z^9 + 10b_2 z^8 + 10b_3 z^7 + 10b_4 z^6 + 10b_5 z^5 + (a_6 - a_5)z^2 + (a_3 - a_2)z - a_1}{z^{13} - z^{12}}$$

$$= 10b_1 z^{-4} + 10(b_1 + b_2)z^{-5} + \dots$$

Donc $c^*(t) = \frac{z^{-1}}{z} \left\{ c(t) \right\} = 10b_1 \delta(t-4T) + 10(b_1 + b_2) \delta(t-5T) + \dots$ (2pts)

Donc $c(0) = 0; c(1) = 0; c(2) = 0; c(3) = 0;$
 $c(4) = 10b_1$, et $c(5) = 10(b_1 + b_2)$. ← (1pt)



Corrigé de la Partie N° 1 :

- 1- En général, lorsqu'on parle de diagnostic des défauts, on se réfère à la procédure de détection et d'isolation de ces derniers, que l'on retrouve souvent sous le nom : FDI (**Fault Detection and Identification**).
- 2- La panne est l'arrêt total, mais le défaut permet le continu du fonctionnement du système.

L'étude précédente permet de classer les défauts suivant leur localisation [KLI96]:

3-

1) Rotor

- Rupture de barreaux (Cassures partielles ou totales des barres).
- Cassure de l'anneau de court-circuit de la cage (Cassures partielles ou totales des anneaux).
- Excentricité statique ou dynamique.
- Défaut du circuit magnétique (ruptures de tôles).

2) Roulements à billes

- Trous dans les gorges de roulement intérieures et extérieures.
- Ondulation de leur surface de roulement.
- Attaque des billes.
- Corrosion due à l'eau.
- Défaut de graissage, problème dû à la température.
- Décollement, effritement de surface, provoquée par une surcharge.

3) Stator

- Court-circuit entre spires, court-circuit entre bobines de la même phase.
- Ouvertures de phases, court-circuit phase-phase ou phase-terre.
- Coupure d'une phase.
- Défaut du circuit magnétique (ruptures de tôles).
- Défaut de l'isolation de masse.

- 4- A- Analyse du champ magnétique.
- B- Analyse du courant statorique.
- C- Analyse du Couple.
- D- Analyse de la puissance instantanée.
- E- Analyse chimique.

Corrigé de la Partie N° 3 :

Q1 Calculer la vitesse de synchronisme, le glissement, la puissance absorbée au régime nominal et le couple utile nominal développé.

D'après la formule de Ferraris : $N_s = f/p = 60/3 = 20 \text{tr.s}^{-1}$ soit 1200tr.min^{-1}

Le glissement est donc : $g = (N_s - N)/N_s = (1200 - 1140)/1200 = 5\%$

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 6,9 \cdot 0,8 = 4,2 \text{ kW}$

$T_u = P_u / (2\pi n) = 31 \text{ N.m}$

Q2 Calculer les pertes fer au stator et les pertes Joule au rotor.

Les pertes mécaniques sont négligées, on peut écrire :

$$P_{em} = g \cdot P_{em} + P_u \rightarrow P_{em} = \frac{P_u}{1 - g} = \frac{3700}{1 - 0,05} = 3,9 \text{ kW}$$

$$\rightarrow P_{JR} = g \cdot P_{em} = 0,05 \cdot 3,9 \cdot 10^3 = 195 \text{ W}$$

Calculons les pertes joules au stator, celui-ci étant connecté en étoile :

$$P_{JS} = 3 \cdot R_S \cdot I^2 = 3 \cdot \frac{0,9}{2} \cdot 6,9^2 = 64 \text{ W}$$

Et donc :

$$P_{fS} = P_{abs} - P_{JS} - P_e = 4,2 \cdot 10^3 - 64 - 3,9 \cdot 10^3 = 248 \text{ W}$$

Q3 Calculer entre quelles valeurs varie le couple utile au démarrage lorsque la tension d'alimentation varie de $\pm 5V$.

Sur la partie linéaire de la caractéristique mécanique, l'expression approchée du couple

électromagnétique est : $T_{em} = k \cdot \frac{V_1^2}{R_2} \cdot g$

On peut obtenir un résultat approché en utilisant les différentielles :

$\Delta T_{em} = \frac{k}{R_2} \cdot g \cdot 2 \cdot V_1 \cdot \Delta(V_1)$ or $\frac{k}{R_2} \cdot g \cdot V_1 = \frac{T_{em}}{V_1}$, donc :

$$\Delta T_{em} = \frac{T_{em}}{V_1} \cdot 2 \cdot \Delta(V_1) = \frac{31}{440} \cdot 2 \cdot \frac{5}{\sqrt{3}} = 0,4 \text{ N.m}$$

Le couple devient donc : $31 - 0,4 = 30,6 \text{ N.m}$ si la tension diminue de $5V$ ou $31,4 \text{ N.m}$ si elle augmente de $0,5V$.

Q4 Calculer la vitesse de rotation lorsque, le couple résistant restant constant et égal au couple nominal, la tension d'alimentation chute de $5V$.

Le couple restant constant, les valeurs du couple pour une tension nominale et pour une tension diminuée de $5V$ sont égaux soit :

$$k \cdot \frac{V_1^2}{R_2} \cdot g = k \cdot \frac{\left(V_1 - \frac{5}{\sqrt{3}}\right)^2}{R_2} \cdot g' \rightarrow g' = g \cdot \left(\frac{V_1}{\left(V_1 - \frac{5}{\sqrt{3}}\right)}\right)^2 = 0,05 \cdot \left(\frac{\frac{440}{\sqrt{3}}}{\frac{440 - 5}{\sqrt{3}}}\right)^2 = 0,051$$

La vitesse de rotation correspondant à ce glissement est donc :

$N = N_s \cdot (1 - g') = 1200 \cdot (1 - 0,051) = 1138,6 \text{tr.min}^{-1}$

Partie N° 1 :

- 1- Définir le mot « **Diagnostic** » pour les systèmes électriques.
- 2- Quelle est la différence entre un défaut et une panne ?
- 3- Quels sont les défauts qui peuvent affecter la MAS ? **Expliquer** clairement 03 défauts.
- 4- Citer et expliquer 03 techniques de diagnostics des machines électriques (ME).
- 5- Noter et nommer précisément les points de mesures du champ magnétique extérieur d'une machine électrique tournante.
- 6- Quelle est la différence entre une MSAP à pôles lisses et une MSAP à pôles saillants ?
- 7- Expliquer clairement le rôle d'un spectre du courant pour le diagnostic d'une MSAP ou d'une MAS.
- 8- Quels sont les défauts qui peuvent affecter une GADA à base d'un système éolien ?

Partie N° 2:

Soit une MAS qui a les caractéristiques suivantes: Nombre de barres rotoriques $N_r=28$, un glissement de $g=0.048$, un nombre de paires de pôles $p=2$, fréquence d'alimentation $f_s=50\text{Hz}$, nombre des billes du roulement $N_b=9$.

Question : Choisir 03 défauts puis calculer les fréquences caractéristiques apparaissent dans le courant statorique pour chaque défaut.

Partie N° 3 :

Un moteur asynchrone triphasé, à rotor en court-circuit, possède des enroulements statoriques hexapolaires branchés en étoile. Sa plaque signalétique porte les indications suivantes :

- tension d'alimentation : 440 V, 60Hz ;
- puissance utile : 3,7 kW;
- vitesse : 1140 tr/min ;
- $\cos\phi = 0,8$.

À la charge nominale le moteur absorbe un courant en ligne d'intensité 6,9 A. La résistance, mesurée à chaud, entre deux bornes du stator est de $0,9\Omega$. Au démarrage, le moteur développe un couple utile de 85 Nm.

On considérera la caractéristique mécanique $C = f(n)$ comme une droite dans sa partie utile et on négligera les pertes fer rotor ainsi que les pertes mécaniques et par ventilation (le couple utile sera donc égal au couple électromagnétique).

Q1 Calculer la vitesse de synchronisme, le glissement, la puissance absorbée au régime nominal et le couple utile nominal développé.

Q2 Calculer les pertes fer au stator et les pertes Joule au rotor.

Q3 Calculer entre quelles valeurs varie le couple utile au démarrage lorsque la tension d'alimentation varie de $\pm 5\text{V}$.

Q4 Calculer la vitesse de rotation lorsque, le couple résistant restant constant et égal au couple nominal, la tension d'alimentation chute de 5 V.

Q5 Quelles sont les principales causes qui assurent les valeurs importantes du démarrage de la MAS (au niveau du couple et du courant statorique) ?

Q6 Expliquer le phénomène électromagnétique qui introduit à l'oscillation du couple à cause d'une cassure des barres rotoriques.

Q7 Expliquer le rôle du THD en diagnostic des systèmes de commande.

BONNE REUSSITE

بالتوفيق للجميع



Matière : Techniques de la Commande Electrique

Proposé par : Dr. Zoheir TIR

Date 04/10/2020

Durée 01H00

Calculatrice Autorisée

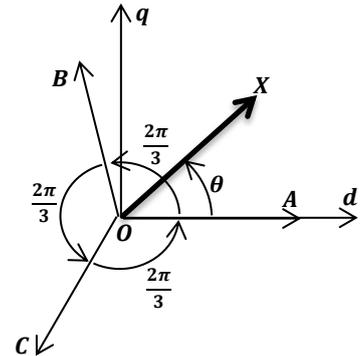
Nombre de Pages 1/1

Documents non Autorisés

N.B : Il sera compte d'un point pour la présentation de la copie et de la qualité de la rédaction.

Exercice 1 ⁽¹⁾ (4 pts)

Considérons un système triphasé formé de trois axes (A, B, C) et un autre diphasé (d, q) comme la montre la figure ci-contre. Projétons le vecteur X sur les axes triphasés (A, B, C) et sur les axes diphasés (d, q).



- Déterminer la matrice qui donne les composantes diphasés (X_d, X_q) du vecteur résultant X en fonction de ces composantes triphasées (X_A, X_B, X_C).

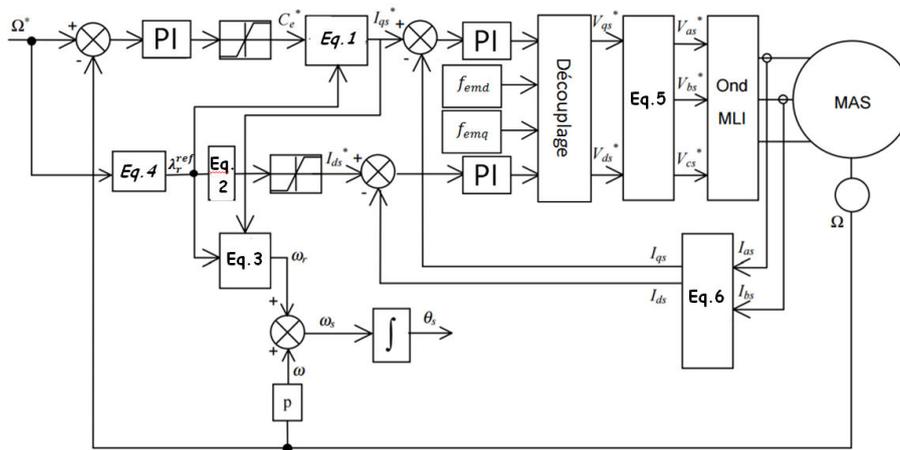
Exercice 2 (15 pts)

Dans cette partie, une commande vectorielle par orientation du flux rotorique ($\lambda_{rq} = 0$) d'une machine asynchrone (MAS) triphasée est étudiée dans un repère lié au champ tournant.

Les caractéristiques de la MAS sont ⁽¹⁾:

$R_s = 2.25 \Omega, R_r = 0.7 \Omega, L_s = 0.1232 H, L_r = 0.1232 H, M = 0.1118 H$, le nombre de paire de poles $p = 2$ et $J = 0.038 \text{ kg m}^2$.

- Donner le modèle de Park qui régit le fonctionnement de la MAS. (2 pts)
- Trouver les équations : 1, 2, 3, 4, 5 et 6. Aussi, les termes de découplage (f_{emd} et f_{emq}). (8 pts)



- Dans le cas du régime permanent du fonctionnement de la MAS et pour $I_{sd} = 8A$. Calculer le module du vecteur flux rotorique. ⁽¹⁾ (2 pts)
- Quelle est la valeur maximale du couple électromagnétique que peut générer la machine sans dépasser les limites si maximums des courants à appliquer sont $I_{sd,max} = 8A$ et $I_{sq,max} = 15A$. ⁽¹⁾ (2 pts)
- La vitesse de la machine ne dépend que du couple électromagnétique ; c'est-à-dire qu'il n'a pas de frottement. Combien de temps met la machine pour atteindre les 500 tr/min en développant le couple électromagnétique maximum ? ⁽¹⁾ (1 pts)

⁽¹⁾ Sujet d'examen (ISET de Kairouan Tunisie Année 2017)

EX 1

On remarque que l'axe d est repéré par rapport à l'axe A par l'angle ~~($\psi=0$)~~ nulle on l'appelle ($\psi=0$).

~~Les valeurs de~~

Donc, par la projection de la somme $\vec{X}_A + \vec{X}_B + \vec{X}_C$ respectivement sur les axes d et q, on obtient les relations suivantes :

$$X_{Ad} = X_A \cos(\psi) \quad / \quad \psi=0 \Rightarrow X_{Ad} = X_A$$

$$X_{Bd} = X_B \cos(\psi - \frac{2\pi}{3}) \quad / \quad \psi=0 \Rightarrow X_{Bd} = \left(-\frac{1}{2}\right) X_B$$

$$X_{Cd} = X_C \cos(\psi - \frac{4\pi}{3}) \quad / \quad \psi=0 \Rightarrow X_{Cd} = \left(-\frac{1}{2}\right) X_C$$

$$X_{Aq} = X_A \sin(\psi) \Rightarrow X_{Aq} = 0$$

$$X_{Bq} = X_B \sin(\psi - \frac{2\pi}{3}) \Rightarrow X_{Bq} = X_B \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$X_{Cq} = X_C \sin(\psi - \frac{4\pi}{3}) \Rightarrow X_{Cq} = X_C \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

\Rightarrow

$$X_d = X_{Ad} + X_{Bd} + X_{Cd}$$

$$= X_A + \frac{X_B}{2} - \frac{X_C}{2}$$

$$X_q = X_{Aq} + X_{Bq} + X_{Cq}$$

$$= 0 + \frac{\sqrt{3}}{2} X_B - \frac{\sqrt{3}}{2} X_C$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} X_d \\ X_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \end{bmatrix}$$

4 pts

1/61

Exo 2

① modèle de Park qui régit le fonctionnement de l'AS
modèle Équation électrique

$$V_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d\lambda_{sd}}{dt} - \omega_s \lambda_{sq} \quad \text{--- (1) } \textcircled{0,25}$$

$$V_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d\lambda_{sq}}{dt} + \omega_s \lambda_{sd} \quad \text{--- (2) } \textcircled{0,25}$$

$$0 = R_r i_{rd} + \frac{d\lambda_{rd}}{dt} - \omega_r \lambda_{rq} \quad \text{--- (3) } \textcircled{0,25}$$

$$0 = R_r i_{rq} + \frac{d\lambda_{rq}}{dt} + \omega_r \lambda_{rd} \quad \text{--- (4) } \textcircled{0,25}$$

Équation de flux

$$\lambda_{sd} = L_s i_{sd} + L_m i_{rd} \quad \text{--- (5) } \textcircled{0,25}$$

$$\lambda_{sq} = L_s i_{sq} + L_m i_{rq} \quad \text{--- (6) } \textcircled{0,25}$$

$$\lambda_{rd} = L_r i_{rd} + L_m i_{sd} \quad \text{--- (7) } \textcircled{0,25}$$

$$\lambda_{rq} = L_r i_{rq} + L_m i_{sq} \quad \text{--- (8) } \textcircled{0,25}$$

Équation du couple électromagnétique

$$C_{em} = p \frac{L_m}{L_r} (\lambda_{rd} i_{sq} - \lambda_{rq} i_{sd}) \quad \text{--- (9) } \textcircled{0,25}$$

Équation mécanique

$$J \dot{\omega} + f \omega = C_{em} - C_r \quad \text{--- (10) } \textcircled{0,25}$$

2/6

Eq 17 \Rightarrow avec $\lambda r_q = 0$

de l'eq (9) \Rightarrow $C_{em}^* = p \frac{L_m}{L_r} \lambda r^* I_{sq}^*$ (10)

Eq. 2? $\lambda r_q = 0 \Rightarrow$ de l'eq (3) et (2)

On obtient,

$$\lambda r + T_r \frac{d\lambda r}{dt} = L_m I_{sd}^*, \text{ avec } T_r = \frac{L_r}{R_r}$$

Si on considère que $\lambda r = \text{cte}$

\Rightarrow $\lambda r^* = L_m I_{sd}^*$ (11)

Eq. 3? de l'eq (4) et (8) \Rightarrow

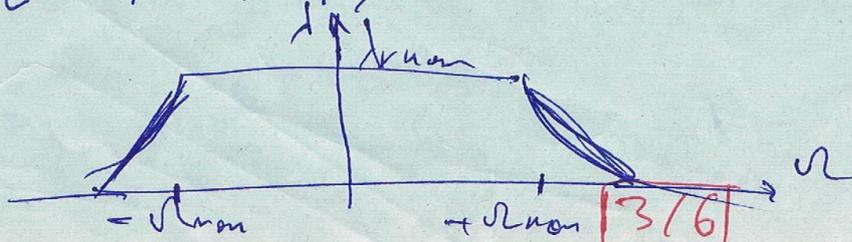
$$\frac{d\lambda r}{dt} = 0 = \frac{L_m R_r}{L_r} I_{sq}^* - \underbrace{(\omega_s - \omega)}_{\omega_r} \lambda r$$

\Rightarrow $\omega_r^* = \frac{L_m R_r}{\lambda r^* L_r} I_{sq}^*$ (12)

Eq. 4) ce bloc de defluxage est défini par la fonction linéaire suivante:

$\lambda r^* = \lambda r_{nom}$ pour $|\Omega| \leq \Omega_{nom}$

$\lambda r^* = \frac{\lambda r_{nom} \Omega_{nom}}{\Omega}$ pour $|\Omega| > \Omega_{nom}$ (13)



Eq. 5 c'est l'équation de Park utilisée

$$\begin{bmatrix} V_{as}^* \\ V_{bs}^* \\ V_{cs}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{qs}^* \\ V_{ds}^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eq. 6 Pour $I_{cs} = -I_{as} - I_{bs}$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} I_{qs} \\ I_{ds} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{as} \\ I_{bs} \\ I_{cs} \end{bmatrix} \quad (2)$$

fund et fang ?

Pour une MAS alimentée en tension V_{sq} et V_{sd} qui représentent les variables de commande en orientant le flux rotatoire qui permet d'écrire

de eq (1) \rightarrow (8) \Rightarrow

$$V_{sd} = R_s I_{sd} + (L_s - \frac{L_m^2}{L_r}) \frac{dI_{sd}}{dt} - \omega_r (L_s - \frac{L_m^2}{L_r}) I_{sq} + \frac{L_m}{L_r} \frac{dI_{dr}}{dt}$$

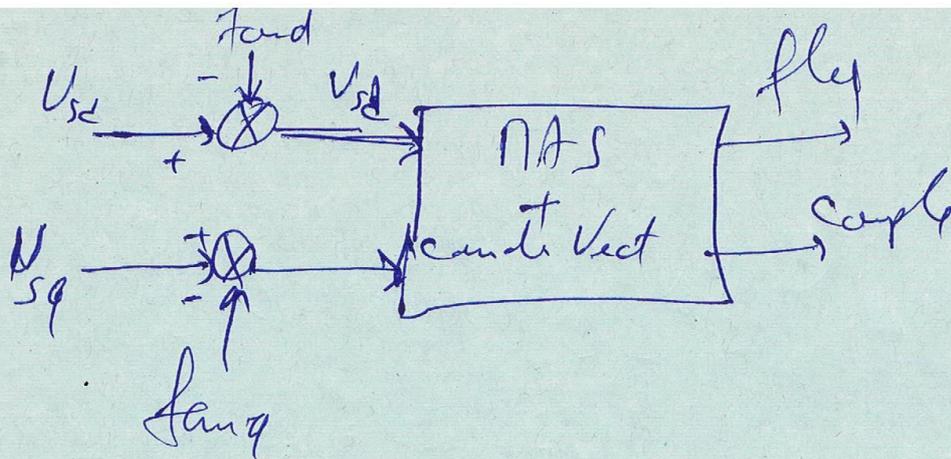
$$V_{sq} = R_s I_{sq} + (L_s - \frac{L_m^2}{L_r}) \frac{dI_{sq}}{dt} + \omega_s (L_s - \frac{L_m^2}{L_r}) I_{sd} + \omega_s \frac{L_m}{L_r} I_{dr}$$

en utilisant la loi de découplage $f_{sq} = \omega_s$ on obtient :

$$V_{sd} = U_{sd} - f_{end}$$

$$V_{sq} = U_{sq} - f_{ang}$$

4/6



③ en régime permanent du fonctionnement de la NAS \Rightarrow $i_r = cte$

$$|i_{sd}| = 8A \Rightarrow \text{de l'éq 2} \Rightarrow$$

$$|i_r^*| = L_m |i_{sq}^*| = 0,1118 \cdot 8A$$

$$|i_r^*| = 0,8894 \text{ Wb} \quad (2)$$

④ $C_{em-NAX} \Rightarrow$ de l'éq ① et ② \Rightarrow

$$C_{em-NAX}^* = p \frac{L_m}{L_r} i_{r-NAX}^* i_{sq-NAX}^*$$

$$= p \frac{L_m}{L_r} i_{sd-NAX}^* i_{sq-NAX}^*$$

$$C_{em-NAX} = (2) \cdot \frac{(0,1118)^2}{(0,1232)} (8) \cdot (15) = 24,3492 \text{ Nm}$$

5/6

(5) En suivant l'éq de mécanique (10)

$$\Rightarrow J \frac{d\Omega}{dt} + f \Omega = C_{em} - C_r$$

Si la vitesse de la machine ne dépend que du couple électromagnétique $\Rightarrow 0$

$$J \frac{d\Omega}{dt} = C_{em}$$

t? Pour atteindre les 500 tr/mi

$$\begin{aligned} \Omega &= 500 \text{ tr/m} = 500 \cdot \left(\frac{2\pi}{60}\right) \text{ rd/s} \\ &= 52,36 \text{ rd/s} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow J \frac{d\Omega}{dt} = C_{em \text{ MAX}}$$

$$J \cdot \frac{\Omega_1 - \Omega_0}{t_1 - t_0} = C_{em \text{ MAX}}$$

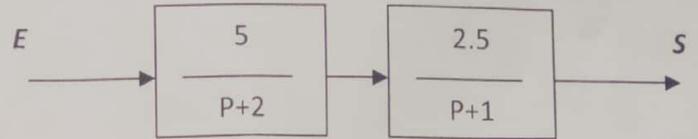
$$\Rightarrow t_1 = \frac{J \Omega_1}{C_{em \text{ MAX}}} = \frac{0,038 \cdot 52,36}{24,3492}$$

$$t_1 = 0,0817 \text{ s}$$

16/61

Examen

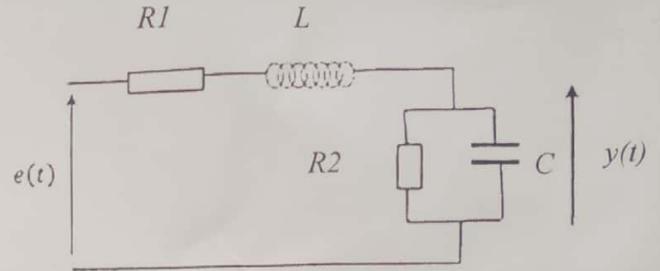
Exercice 01: On considère un système d'entrée E et de sortie S donnée par le schéma suivant:



1. Déduire la fonction de transfert du system
2. Trouver $S(t)$ pour l'entre $E(t)=2$. les **conditions initiales** sont nulles

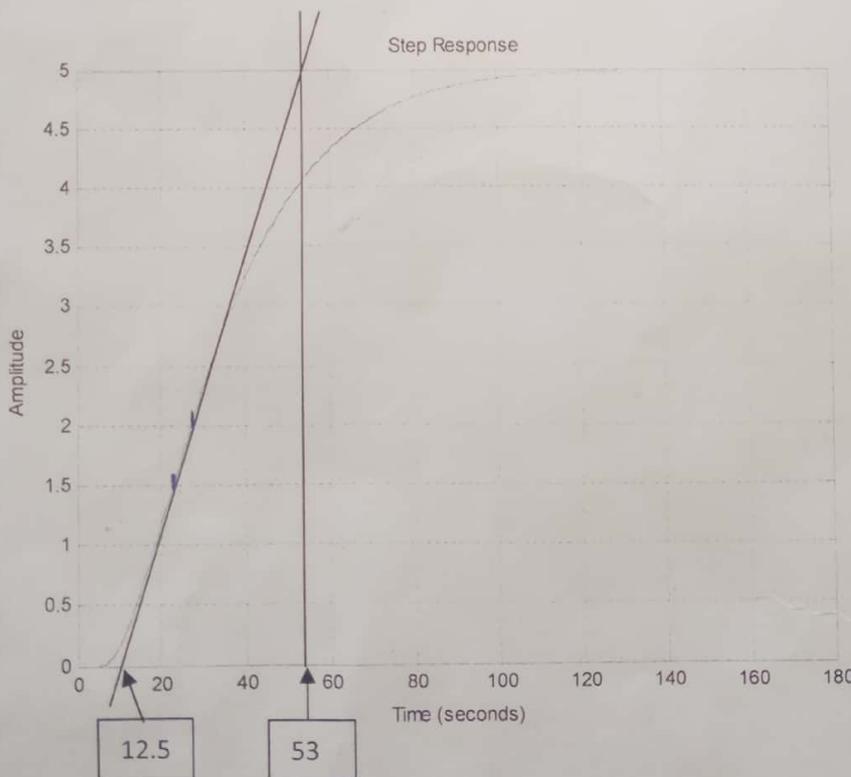
Exercice 02: modéliser le système électrique par:

1. La fonction de transfert
2. Equation différentielle.
3. La représentation d'état



Exercice 03:

La figure donne la réponse du système $y(t)$ obtenue lors d'un échelon de commande $e(t)$ d'amplitude 10



η	$\frac{T_u}{T}$	$\frac{T_a}{T}$	$\frac{T_u}{T_a}$
1	0	1	0
2	0.28	2.72	0.1
3	0.8	3.7	0.22
4	1.42	4.46	0.32
5	2.10	5.12	0.41
6	2.81	5.70	0.49

1. Donner la fonction de transfert du systeme en appliquant la méthode de STERJC
2. Donner la fonction de transfert du systeme en appliquant la méthode de BROIDA

Correction d'examen

Exercice 01 (0,5 pt)

$$1/ F.T = \frac{5}{P+2} \times \frac{2,5}{P+1} = \frac{12,5}{P^2 + 3P + 2} \quad \text{--- } (1)$$

$$2/ S(P) = E(P) \cdot F.T$$

$$= \frac{2}{P} \cdot \frac{12,5}{P^2 + 3P + 2} = \frac{25}{P^3 + 3P^2 + 2P} \quad (0,5)$$

$$\star S(t) = L^{-1}(S(P)).$$

$$S(P) = \frac{A}{P} + \frac{B}{P+2} + \frac{C}{P+1} \quad (\text{des éléments simples}). \quad (0,5)$$

détermination de A, B et C.

$$A = \lim_{P \rightarrow 0} (P S(P)) = 12,5 \quad (0,25)$$

$$B = \lim_{P \rightarrow -2} [(P+2) S(P)] = 12,5 \quad (0,25)$$

$$C = \lim_{P \rightarrow -1} [(P+1) S(P)] = 25,5 \quad (0,25)$$

$$\text{On peut écrire } S(P) = \frac{12,5}{P} + \frac{12,5}{P+2} - \frac{25,5}{P+1}$$

$$\frac{12,5}{P} \xrightarrow{L^{-1}} 12,5 \quad (0,25)$$

$$\frac{12,5}{P+2} \xrightarrow{L^{-1}} 12,5 \cdot e^{-2t} \quad (0,25)$$

$$\frac{25,5}{P+1} \xrightarrow{L^{-1}} 25,5 e^{-t} \quad (0,25)$$

$$\Rightarrow S(t) = 12,5 + 12,5 e^{-2t} - 25,5 e^{-t} \quad (1,5)$$

Exo 2 (5pt)

$$H(p) = \frac{Y(p)}{E(p)} = \frac{Z_C \parallel Z_{R_2}}{Z_{R_1} + Z_C + (Z_C \parallel Z_{R_2})} \quad (0,5)$$

$$(Z_C \parallel Z_{R_2}) = \frac{R_2}{R_2 C p + 1}$$

$$H(p) = \frac{\frac{R_2}{R_2 C p + 1}}{R_1 + pL + \frac{R_2}{R_2 C p + 1}} = \frac{R_2}{(R_1 + pL)(R_2 C p + 1) + R_2}$$

Après simplification:

$$H(p) = \frac{k}{p^2 + a_1 p + a_0} \quad \text{tel que}$$

①

$$\begin{cases} k = \frac{1}{LC} \\ a_0 = \frac{R_1 + R_2}{LC \cdot R_2} \\ a_1 = \frac{L + R_1 R_2 C}{LC \cdot R_2} \end{cases}$$

2/ Equation différentielle:

application de Laplace inverse:

$$\mathcal{L}^{-1}(H(p)) = y'' + a_1 y' + a_0 y = k \cdot e \quad \text{①}$$

3/ La forme d'état

$$y'' + a_1 y' + a_0 y = k e \quad \text{①}$$

$$\begin{matrix} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ x_2 & x_1 & x_1 \end{matrix}$$

On obtient:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ a_0 & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix} e \quad ; \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

①,5

Exo3 10pt.

Modèle de STERX:

$$H(p) = e^{-\tau p} * \frac{k}{(Tp+1)^n} \quad (0,25)$$

On trouve k, τ, T et n .

$\tau = 5s$ à partir du graphique. (0,25)

$$T_0 = 12,5 - 5 = 7,5s \quad (0,25)$$

$$T_a = 53 - 12,5 = 41,5s \quad (0,25)$$

Calcul de $\frac{T_0}{T_a}$

$$\frac{T_0}{T_a} = \frac{7,5}{41,5} = 0,18 \quad (\text{Projection de cette valeur au Tableau}).$$

$\frac{T_0}{T_a} = 0,18$ entre (0,1 et 0,22) on prend 0,1. (0,25)

Donc $n = 2$ (0,25)

n	$\frac{T_a}{T}$	$\frac{T_0}{T_a}$
2	2,72	0,1

Calcul de T :

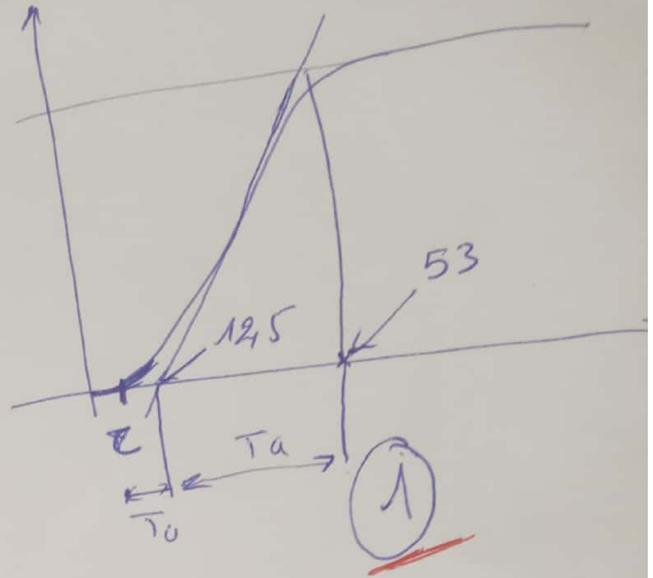
$$\left(\frac{T_a}{T}\right)' = 2,72 \Rightarrow T = \frac{T_a}{2,72} = \frac{41,5}{2,72} = 15,25s \quad (0,25)$$

Calcul τ

$$\tau = d \cdot T_a ; d = \frac{T_0}{T_a} \left(\frac{T_0}{T_a}\right)' = 0,18 - 0,1 = 0,08$$

$$\tau = 0,08 \times 41,5 = 3,32 \quad (0,25)$$

$$k = \frac{S(\infty)}{E} = \frac{5}{10} = 0,5 \quad (0,25)$$



Le modèle de Strejc

$$H(p) = e^{\frac{-3,32p}{0,5}} \frac{0,5}{(15,25p + 1)^2}$$

1,75

2/ Modèle de Broïda:

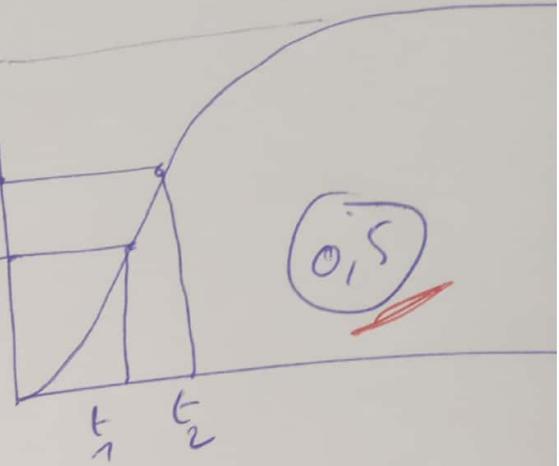
Calcul de

$$y_1 = 0,28 \times 5 = 1,4 \quad (0,25)$$

$$y_2 = 0,4 \times 5 = 2 \quad (0,2)$$

$$0,4 \cdot 5 = y_2$$

$$0,28 \cdot 5 = y_1$$



Apartir de courbe on trouve t_1, t_2 correspondant à y_1, y_2 .

$$t_1 = 21 \text{ s} \quad (0,28)$$

$$t_2 = 24 \text{ s} \quad (0,4)$$

$$H(p) = e^{-Tp} \frac{K}{(Tp + 1)} \quad (0,5)$$

Calcul de K.

$$K = \frac{S(\infty)}{E} = \frac{5}{10} = 0,5 \quad (0,5)$$

$$T = 2,8 t_1 - 1,8 t_2 = 2,8 \times 21 - 1,8 \times 24 = 15,6 \text{ s} \quad (0,5)$$

$$T = 5,5(t_2 - t_1) = 5,5(24 - 21) = 16,5 \quad (0,8)$$

donc $H(p) = e^{\frac{-15,6p}{0,5}} \frac{0,5}{(16,5p + 1)}$ 1,5



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الوادي

الاسم:.....
اللقب:.....
التخصص:.....

EMD Implémentation d'une commande
numérique en temps réel

كلية التكنولوجيا
قسم الهندسة الكهربائية
شعبة الالكتروتقني

1. ما هو الأردنيو؟ ..هو الوحدة الالكترونية صغيرة تعمل كمتحكم بين المكونات المبرمجة (118)
 2. ما هي أهم مميزات الأردنيو؟ ..الخصائص المبرمجة بسهولة الاستخدام ..كثرة الإضافات (118)
 3. ما هي أهم عيوب الأردنيو؟ ..القدرة البرمجية الأقل بكثير من الكمبيوتر ..تباين الخرج بين المنافذ (118)
 4. اذكر ثلاثة أنواع مختلفة من الأردنيو؟ ..أينو ..ميكرو ..ميكرو (118)
 5. كم تبلغ سرعة المعالج في الأردنيو اينو؟ ..16 MHz (1)
 6. كم تبلغ سعة الذاكرة RAM في الأردنيو اينو؟ ..8 KB (1)
 7. كم تبلغ سعة الذاكرة EEPROM في الأردنيو اينو؟ ..1 KB (1)
 8. كم عدد المنافذ الرقمية و ما هي أعلى قيمة لجهددها و تياراتها في الأردنيو اينو؟ ..14 منفذ ..5V ..20mA (2)
 9. كم عدد المداخل التماثلية؟ ..6 ..مداخل (1)
 10. كم عدد المخارج PWM في الأردنيو اينو؟ ..6 ..مخارج (118)
 11. من أي منفذ يتم تغذية الأردنيو اينو بالطاقة الكهربائية؟ ..منفذ USB ..مخارج jack ..المنفذ Vin و GND (2)
 12. هل يمكننا تغذية الأردنيو بجهد 24 فولط؟ (علل إجابتك) ..لا ..لا ..لا ..أقصى جهد يمكن توفيره (2)
 13. هل يمكن تغذية حزمة ذات استطاعه كبيرة مباشرة من الأردنيو؟ (علل إجابتك) ..لا ..لا ..لا ..أقصى تيار يمكن (2)
- للإردو وينو ..لا يمكن اجهه ..بين المنافذ هو 5V و هذا لا يكفي
لتنفيذ محرك أو محرك عادة .

لإجابة النموذجية لأخلاقيات المهنة

الجواب الأول : (5 نقاط) مقسمة كما يلي (0.5 نقطة) على الإجابة بـ لا و (0.5 نقطة) على التعليل

- {لا} المبادئ الأساسية لأخلاقيات المهنة هي : الاستقامة ، الموضوعية ، السرية ، الكفاءة:..... (1 نقطة)
- {لا} يجب على المهنيين في الموضوعية مراعاة التقييم المتوازن لكل الظروف ذات الصلة:..... (1 نقطة)
- {لا} القصد الجنائي لا تقوم الجريمة إلا إذا تعهد الفاعل إفشاء السر فلا تحصل إن تم الإفشاء على إهمال أو عدم احتياط :..... (1 نقطة)
- {لا} تنازع المصالح وهي الوضعية التي يوجد فيها موظف عمومي له مصلحة خاصة ، من شأنها أن تؤثر على السير الموضوعي والعاقل لمهامه الرسمية:..... (1 نقطة)
- {لا} يجب على المهنيين في السرية عدم الإفصاح عن المعلومات بدون الإذن بالتفويض اللازم:..... (1 نقطة)

الجواب الثاني :..... (5 نقاط) نقطة كاملة على كل إجابة صحيحة بـ نعم أو لا

- {لا} وهو إجراء تنص عليه سياسات منع تضارب المصالح
- {نعم} يعد الحق مانع على أن الحق الفكري مقصور على صاحبه
- {لا} إن من أساليب محاربة السرقة العلمية يتم عن طريق إصلاح أنظمة الترقية والتقييم
- {لا} إباحة الإفشاء: وبياح السر المهني في حالات مثل التصريحات الإدارية
- {نعم} تتميز المصنفات الأصلية بطابع الإبداع الأصلي وخاصية الابتكار عن طريق بجداد إبداعي وعمل خلاق

الجواب الثالث:..... (4 نقاط)

- من أسباب عدم الالتزام المهني بأخلاقيات المهنة - ضعف الوازع الديني:..... (1 نقطة)
- تمنح براءة الاختراع صاحبها حق حصري وتمنع - لحق الآخرين من البيع:..... (1 نقطة)
- مرحلة التصور أو ميلاد الفكرة - تسمى المرحلة بالفكرة العامة المجردة:..... (1 نقطة)
- الضرر المؤثر على الدول - هو تراجع حجم الإيرادات الناتجة عن الضرائب المحصلة:..... (1 نقطة)

الجواب الرابع

لمصنفات المشتقة :..... (6 نقطة)

يقصد بها تلك المصنفات التي يتم إبداعها استنادا إلى مصنفات سابقة وتظهر أصالة المصنف المشتق إما في التركيب أو التعبير كليهما معا من أنواعها:..... (2 نقطتان)

الاستقامة

استقامة المهنيين من شأنها إرساء دعائم الثقة وهذا ما يشكل الأساس للاعتماد على آرائهم وأحكامهم:..... (2 نقطتان)

تنازع الاختصاص

ويتمثل بالحالة التي يكون فيها أحد الأشخاص رئيسا لجماعة محلية ومكتريا لملك من أملاكها ويتعاضد عن أداء مستحقات الكراء فيكلف محاميا من أفراد عائلته برفع دعاوى قضائية ضد المكتري هو نفسه من أجل أداء الوجبات الكرائية لفائدة الجماعة المذكورة:..... (2 نقطتان)