CNC 2019 - Correction

Mr. A. OUAANABI

Partie A - Partie préliminaire

A.1 - Etude de la motorisation des Portes de la motorisation des Portes coulissantes de tramway

l'ouverture et la fermeture des portes se fait par une Mcc.

$$\text{Mcc} \xrightarrow{\Omega_m} \text{Redecteur} \xrightarrow{\Omega_r} \text{Portes}$$

$U_n = 20V$ $\quad r = \frac{1}{7}$ $\quad \Omega_r = 65\ rad/s$

$R = 2\Omega$ $\quad r = \frac{\Omega_r}{\Omega_m}$

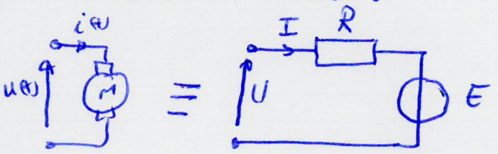
$I_n = 1.62A$

Mcc à excitation séparée à aimant permanent

$\Leftrightarrow \Phi = k I_e = cte$

A.1.1 - Régime permanent $i(t) = I_n = cte$

. le modèle devient:



*** la puissance absorbée**

$P_a = U.I = U_n.I_n \Rightarrow P_a = 20 \times 1.62$

$\hookrightarrow \boxed{P_a = 32.4\ W}$

*** la force électromotrice**

On a: $U = RI + E \Rightarrow E = U - RI$

$\hookrightarrow E = 20 - 2 \times 1.62 \Rightarrow \boxed{E = 16.76\ V}$

*** le couple electromagnétique**

On a: $C_m = \frac{P_{em}}{\Omega_m}$ $\quad \begin{cases} P_{em} = E.I \\ \Omega_m = \frac{\Omega_r}{r} \end{cases}$

d'où: $\boxed{C_m = \frac{E.I}{\Omega_m}.r} \Rightarrow \boxed{C_m = 0.06\ Nm}$

*** le couple de sortie**

$$\xrightarrow[C_m]{\Omega_m, P_m} \boxed{\text{Red}} \xrightarrow[C_s]{P_r, \Omega_r}$$

$$\eta = \frac{P_r}{P_m} = \frac{C_m.\Omega_m}{C_s.\Omega_r} = \frac{C_m}{C_s} \times \frac{1}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{C_m}{C_s} = r.\eta \Rightarrow C_s = \frac{C_m}{r.\eta}$$

aucune idée sur $\eta \Rightarrow \eta = \eta_{max} = 1$

$C_s = \frac{C_m}{r} \Rightarrow C_s = 0.06 \times 7$

$\boxed{C_s = 0.42\ Nm}$

A.1.2 - Eq diff régissant le courant i(t)

Loi des mailles:

$$\boxed{u(t) = R\,i(t) + e(t) + L\frac{di(t)}{dt}}$$

A.1.3 - transformée de laplace

Rappel:

$x(t) \longrightarrow X(p)$

$\frac{dx(t)}{dt} \longrightarrow p.X(p)$

donc:

① $L\frac{di(t)}{dt} + R\,i(t) + e(t) = u(t)$

$\hookrightarrow L\,p\,I(p) + R\,I(p) + E(p) = U(p)$

② $C_m(t) = k\,i(t) \longrightarrow C_m(p) = k\,I(p)$

③ $e(t) = k\,\Omega_m(t) \longrightarrow E(p) = k\,\Omega_m(p)$

④ $J\frac{d\Omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) - f\,\Omega_m(t)$

$\hookrightarrow J.p.\Omega_m(p) = C_m(p) - C_r(p) - f\,\Omega_m(p)$

A.1.4 / schéma bloc du moteur-réducteur

Voir le document Réponse 1

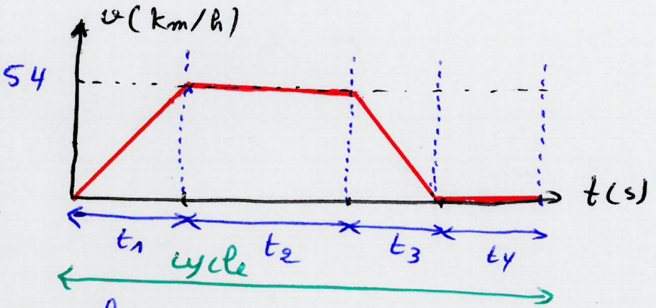
A.1.5/ le schéma bloc de la question précédente ne présente pas le schéma bloc d'un système asservi car

* manque le bloc correcteur
* manque chaine de retour qui possède les capteur
* et bien que l'entrée et la sortie ne sont pas de même nature.

donc il s'agit d'un modèle de la MCC.

A.2- Etude de l'entraînement

- le cycle moyenne de fct du tram



1 - phase d'accélérat $t_1 = 20s$

2 - phase permanent t_2? $d = 450\,m$

3 - phase décélérat $t_3 = 15s$

4 - phase de repos $t_4 = 20\,s$.

données :

→ Masse de tram ⇒ $m = 60\,tn$

→ Force résistant F_R à l'avancement $F_R = 18\,kN$

A.2.1 - Accélération ac et décélérat ad

par définit : $a_c = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$

$v = 54\,km/h \longrightarrow m/s$

↳ $\boxed{v = 15\,m/s}$

d'ou $a_c = \frac{15-0}{t_1} \Rightarrow \boxed{a_c = \frac{15}{20} = 0{,}75\,m.s^{-2}}$

pour ad

$a_d = \frac{\Delta V}{\Delta t} = -\frac{15}{15} \Rightarrow \boxed{a_d = -1\,m.s^{-2}}$

A.2.2/ la durée d'avancement et la durée de cycle.

au régime permanent ⇒ $v = cte = 15\,m/s$

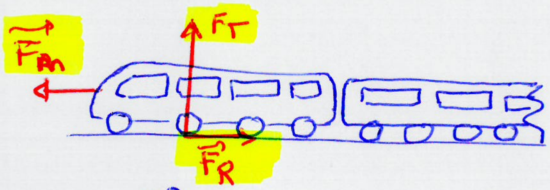
sachant que : $v = \frac{d}{t} = \frac{D_2}{t_2}$

d'où : $t_2 = \frac{D_2}{v} \Rightarrow t_2 = \frac{450}{15}$

↳ $\boxed{t_2 = 30\,s}$

A.2.3/ la phase de récupérat de l'énergie électrique se fait dans la phase de décélérat (Freinage) où le moment d'inertie du Tram se convertie à une énergie électrique

A.2.4 - La force motrice



$\vec{F_m} = \vec{F_R}$

donc la force $\vec{F_m}$ pendant l'accélérat

$F_m = a_c.M + F_R$ et $F_R = M.g.C_{da}$

$F_R = 18\,kN$ coef dynamique d'adhérence.

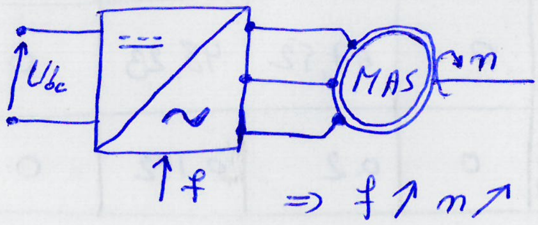
donc :

$F_m = 0{,}75.60.10^3 + 18.10^3$

↳ $\boxed{F_m = 63\,kN}$

Partie B - Etude du convertisseur continu/alternatif

- la fréquence du réseau fait varier la vitesse d'un machine asynchrone
- l'onduleur est un moyen qui fait varier la fréquence d'une alimentation du moteur



$\Rightarrow f \nearrow n \nearrow$

B1- La valeur de la tension V_{a0}

- si K_1 fermé $\Rightarrow$ K_4 ouvert
  ↳ $V_{a0} = U_c \Rightarrow \boxed{V_{a0} = 750V}$
- si K_4 est fermé $\Rightarrow$ K_1 ouvert
  ↳ $\boxed{V_{a0} = 0}$

Soi:

- si K_1 fermé $V_{a0} = U_c$ sinon $V_{a0} = 0$
- si K_2 fermé $V_{b0} = U_c$ si non $V_{b0} = 0$
- si K_3 fermé $V_{c0} = U_c$ si non $V_{c0} = 0$

Voir DR:

B2/ Allure de V_{a0}, V_{b0}, V_{c0}

Voir le DR2

B3/ on montre que: $V_{an} = \frac{1}{3}(V_{ab} - V_{ca})$

On le moteur ayant un fonctionnement équilibré: $V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0$

d'où: $V_{an} = -V_{bn} - V_{cn}$

$\Leftrightarrow 2V_{an} + V_{an} = 2V_{an} - V_{bn} - V_{cn}$

$\Leftrightarrow 3V_{an} = V_{an} - V_{bn} - (V_{cn} - V_{an})$

$\Leftrightarrow 3V_{an} = V_{ab} - V_{ca}$

$\Leftrightarrow \boxed{V_{an} = \frac{1}{3} V_{ab} - \frac{1}{3} V_{ca}}$

B4/ expression de $v_{an} = f(V_{a0}, V_{b0} ..)$

on a:

$$v_{an} = \frac{1}{3} v_{ab} - \frac{1}{3} v_{ca}$$

$$= \frac{1}{3}(v_{a0} - v_{b0}) - \frac{1}{3}(v_{c0} - v_{a0})$$

$$v_{an} = \frac{2}{3} v_{a0} - \frac{1}{3} v_{b0} - \frac{1}{3} v_{c0}$$

d'où:

$$\boxed{v_{an} = \frac{2}{3} v_{a0} - \frac{1}{3} v_{b0} - \frac{1}{3} v_{c0}}$$

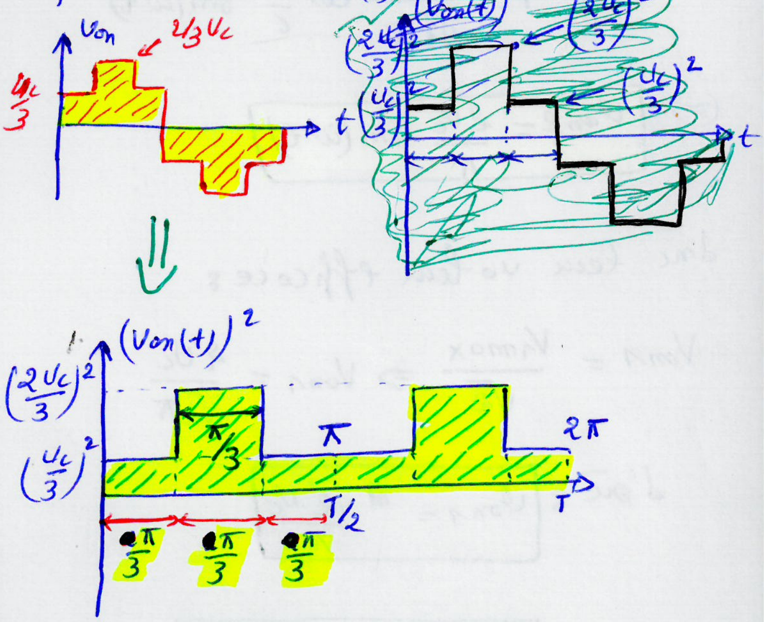
par analogie:

$$v_{bn} = -\frac{1}{3} v_{a0} + \frac{2}{3} v_{b0} - \frac{1}{3} v_{c0}$$

$$v_{cn} = -\frac{1}{3} v_{a0} - \frac{1}{3} v_{b0} + \frac{2}{3} v_{c0}$$

B.5/ la valeur efficace V_{aneff} de la tension $v_{an}(t)$

d'après l'allure $v_{an}(t)$



Par définition:

$$V_{aneff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (V_{an}(t))^2 dt} \Rightarrow \boxed{V_{anef} = \sqrt{\langle V_{an}^2(t) \rangle}}$$

on calcul :

$$\langle Von^2 \rangle = \frac{\text{Surface}}{T}$$

$$\Leftrightarrow \langle Von^2 \rangle = 2 \times \frac{2\times\left(\frac{\pi}{3}\times\frac{U_c^2}{9}\right)+\frac{\pi}{3}\times\frac{4U_c^2}{9}}{2\pi}$$

$$\Leftrightarrow \langle Von^2 \rangle = \frac{1}{\pi}\left(\frac{4}{9}\times U_c^2\right) = \frac{2U_c^2}{9\pi}\times\pi$$

d'où : $\langle Von^2 \rangle = \frac{2}{9} U_c^2$

or $V_{on\,eff} = \sqrt{\langle Von^2 \rangle} \Rightarrow \boxed{V_{oneff} = \frac{\sqrt{2}}{3} U_c}$

A.N : $\boxed{V_{oneff} = 353\,V}$

B.6/ la décomposition en série de Fourier.

B.6.1 / Expression du fondamental V_{onf}.

le fondamental pour $k=0$

donc : $v_{onf} = \frac{4U_c}{\sqrt{3}\pi}\cos\frac{\pi}{6}\sin(\omega t)$

$$\Leftrightarrow \boxed{v_{onf} = \frac{2U_c}{\pi}\sin(\omega t)}$$

donc leur valeur efficace :

$V_{on1} = \frac{V_{1max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{on1} = \frac{2U_c}{\sqrt{2}\pi}$

d'où : $\boxed{V_{on1} = \frac{\sqrt{2}U_c}{\pi}}$

A.N : $\boxed{V_{on1} = 337.61\,V}$

B.6.2/ les valeurs efficaces des harmoniques

pour $k=1$, $k=2$, $k=3$ et $k=4$

par définition

$$V_{keff} = \frac{V_{kmax}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}\times\frac{4U_c}{\sqrt{3}(2k+1)\pi}\left|\cos\frac{\pi}{6}(2k+1)\right|$$

K	1	2	3	4
n	harmonique 3	harmonique 5	harmonique 7	harmonique 9
V_{keff}	0	67,52	48,23	0
$\frac{V_{keff}}{V_{1eff}}$	0	0.2	0.142	0

B.6.3/ le spectre de Von(t)

le spectre Normalisé = on divise tous les harmoniques par la valeur efficace du fondamental.

voir DR3

B.6/ harmonique 3 et multiple de 3

harmonique 3 et ses multiples sont tous nuls, et que l'harmonique le plus gênant et l'harmonique 5

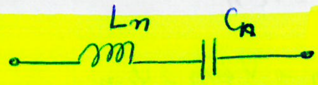
B.6.5 / taux de distorsion harmonique.

on a : $THD = \sqrt{\frac{V_{oneff}^2 - V_{on1}^2}{V_{on1}^2}}$

d'où : $THD = 0.31 \Rightarrow \boxed{THD = 31\,\%}$

B.6.6 / solution pour supprimer l'harmonique gênant.

pour éliminer l'harmonique 5, on utilise un filtre LC :



n : Nombre de harmonique.

la relation en C_n et L_n

la pulsation de coupure de ce filtre :

$$\omega_n = 2\pi . n . f = \frac{1}{\sqrt{L_n . C_n}}$$

$\Leftrightarrow$ d'où : $L_n C_n = \frac{1}{(2\pi . n . f)^2}$

$n = 5$ et $f = 50\ Hz$

donc : $\boxed{L_n C_n = 405\ ns}$

B.7/ le module et argument des impedance Z_5 et Z_7

$$Z_K = Z_{R_K} + Z_{L_K}$$

$\Leftrightarrow Z_K = R + jL\omega_K = R + j2\pi.K.fL$

donc : $\boxed{\begin{cases} Z_5 = R + j2\pi.5f.L \\ Z_7 = R + j2\pi 7fL \end{cases}}$

• le module

$$\begin{cases} |Z_5| = \sqrt{R^2 + (2\pi 5 f L)^2} \Rightarrow \boxed{|Z_5| = 6.69\ \Omega} \\ |Z_7| = \sqrt{R^2 + (2\pi 5 f L)^2} \Rightarrow \boxed{|Z_7| = 9.16\ \Omega} \end{cases}$$

• la phase :

$$\begin{cases} \varphi_5 = arctg\left(\frac{2\pi 5 f L}{R}\right) \Rightarrow \boxed{\varphi_5 = 72.61°} \\ \varphi_7 = arctg\left(\frac{2\pi 7 f L}{R}\right) \Rightarrow \boxed{\varphi_7 = 77,39°} \end{cases}$$

B.8/ Expression de $i_{a5}(t)$ et $i_{a7}(t)$

on a : $i_{a5}(t) = \frac{v_{a5}(t)}{Z_5(t)}$, $i_{a7}(t) = \frac{v_{a5}(t)}{Z_7(t)}$

Pour le courant $i_{a5}(t)$

charge inductive

$$i_{a5}(t) = \frac{V_{a5eff} . \sqrt{2}}{|Z_5|} \sin(5\omega t - \varphi_5)$$

$\Leftrightarrow i_{a5}(t) = \frac{67,52\sqrt{2}}{6,69} \sin(5\omega t - 72.61°)$

$\Leftrightarrow \boxed{i_{a5}(t) = 10,09\sqrt{2} \sin(5\omega t - 1,26)}$

• pour le courant $i_{a7}(t)$

$$i_{a7}(t) = \frac{V_{a7eff}}{|Z_7|}\sqrt{2} \sin(7\omega t - \varphi_7)$$

$\Leftrightarrow i_{a7}(t) = \frac{48.23}{9.16}\sqrt{2} \sin(7\omega t - 77,39°)$

$\Leftrightarrow \boxed{i_{a7}(t) = 5.26\sqrt{2} \sin(7\omega t - 1,35)}$

donc les valeurs efficaces :

$$\boxed{\begin{cases} I_5 = 10,09\ A \\ I_7 = 5,26\ A \end{cases}}$$

B.9/ l'harmonique le plus proche du fondamental est l'harmonique 17, donc l'utilité de cette commande est de supprimer les harmoniques les plus proches du fondamental pour simplifier le filtre par la machine lui même.

Partie C : Étude de la motorisat du tramway

C1 - Étude du fonctionnement nominale du moteur.

C.1.1/ le glissement

$$g_n = \frac{N_s - N}{N_s} \Rightarrow \boxed{g_N = 1.136\ \%}$$

C.1.2 : la puissance absorbée P_N

on a : $P_N = \sqrt{3}\, U_N I_N \cos(\varphi_N)$

$\Rightarrow \boxed{P_N = 26,256\ kW}$

* la puissance transmission au rotor :

$$P_{TR} = P_N - \underbrace{P_{JS}}_{=0} - \underbrace{P_{fs}}_{=0} \Rightarrow P_{TR} = P_N$$

$$\boxed{P_{TR} = 26,256\ kW}$$

C.1.3/ le couple électromagnétique

on a : $P_{TR} = Cem . \Omega_s \Rightarrow Cem = \frac{P_{TR}}{\Omega_s}$

avec $\Omega_s = \frac{2\pi N_s}{60}$

d'où : $\boxed{Cem = 94.97\ Nm}$

C.1.4/ les pertes joules rotoriques

on définit : $P_{JR} = g . P_{TR}$

donc : $\boxed{P_{JR} = 298.26\ W}$

C.1.5/ la puissance utile

$$P_{uN} = P_{TR} - P_{JR} - \underbrace{P_{mec}}_{=0} \Rightarrow \boxed{P_{uN} = P_{TR} - P_{JR}}$$

d'où : $\boxed{P_{uN} = 25,957\ kW}$

C2 - Expression simplifier du moment du couple électromagnétique

C.2.1/ la valeur efficace I_o

On a : $\underline{V_N} = j L_M \omega \underline{i_o} \Rightarrow I_o = \frac{V_N}{L_M . \omega}$

$\omega = 2\pi f$ avec $f = 38\ Hz$ et $V_n = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 337\ V$

d'où : $\boxed{I_o = 22.96\ A}$

C.2.2/ la valeur efficace I_r

on a :

$$\underline{I_r} = \frac{\underline{V_N}}{\frac{R}{g} + j\ell\omega} \Rightarrow I_r = \frac{V_N}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (\ell\omega)^2}}$$

C.2.3/ expression de I_r à faible glissement

$$g \to 0 \Rightarrow \frac{R}{g} \longrightarrow +\infty \Rightarrow \frac{R}{g} >> \ell\omega$$

donc on néglige $\ell\omega$ devant $\frac{R}{g}$

d'où : $I_r = V_N . \frac{g}{R} = \frac{V_N}{R} . g$

C.2.4/ expression de P_{TR}

on a : $P_{TR} = 3 . \frac{R}{g} I_r^2$

C.2.5/ le moment de couple Cem

on a : $Cem = \frac{P_{TR}}{\Omega_s} = \frac{3}{\Omega_s} . \frac{R}{g} . I_r^2$

$\Leftrightarrow Cem = \frac{3}{\Omega_s} \times \frac{R}{g} . \left[\frac{V_n}{R} . g\right]^2$

d'où : $Cem = \frac{3 V_n^2}{\Omega_s R} . g = K\ g$

d'où : $K = \frac{3 V_n^2}{\Omega_s R}$

donc : $\boxed{K = 8420}$

C.3 fonctionnement en tract

$C = 170\ Nm$, $I_0 = 23A$, $I_r = \frac{V_N \cdot g}{R}$

et $C = 8433\, g$

C.3.1/ le glissement

On a : $C = 8433 \cdot g \Rightarrow g = \frac{C}{8433}$

d'où : $\boxed{g = 2\ \%}$

C.3.2 - la valeur de la vitesse de rotat

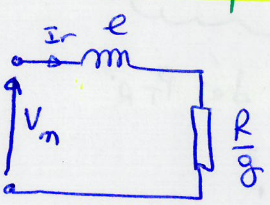
On a : $g = \frac{N_s - N}{N_s} \Rightarrow N = N_s(1 - g)$

d'où : $\boxed{N = 2578\ tr/min}$

C.3.3/ la valeur de Ir

On a : $I_r = \frac{V_N}{R} \cdot g \Rightarrow \boxed{I_r = 45{,}95\ A}$

C.3.4/ le déphasage φ_r



$\Rightarrow Z_N = \frac{R}{g} + jl\omega$

donc : $\varphi_r = \operatorname{arctg}\left(\frac{l\omega}{R/g}\right)$

alors : $tg\,\varphi_r = \frac{l\omega}{R/g}$

$\Leftrightarrow tg\,\varphi_r = \frac{l\omega}{R} \times g$

Partie D : Contrôle de flux de la machine asynchrone.

D1 - classe FTBO et erreur statique

On a : $C(P) = k$

donc :

$$FTBO(P) = C(P) \cdot \frac{A}{(1+\tau_1 P)(1+\tau_2 P)}$$

$$\Leftrightarrow FTBO(P) = \frac{kA}{(1+\tau_1 P)(1+\tau_2 P)}$$

→ la classe : $C = 0 \Rightarrow \varepsilon_s \neq 0$

donc : l'erreur statique

$$\varepsilon_s = \lim_{P \to 0} P \cdot \varepsilon(P) = \lim_{P \to 0} P \cdot \frac{\Phi_r^*(P)}{1 + FTBO(P)}$$

avec : $\Phi_r^*(P) = \frac{1}{P}$

d'où : $\boxed{\varepsilon_s = \frac{1}{1+kA}}$

donc l'erreur statique n'est pas nulle pour n'importe quelle valeur de k. pour l'annuler : $k \to +\infty$ (impossible)

D2/ la fonction de transfert en B.O

$$FTBO(P) = k_i \cdot \frac{1+T_i P}{T_i P} \times \frac{A}{(1+\tau_1 P)(1+\tau_2 P)}$$

D3/ l'erreur statique

la FTBO possède une intégrat en B.O ⇒ erreur statique nulle : $\boxed{\varepsilon_s = 0}$

D4/ choix de T_i par rapport à ω_c

un PI ajoute une phase $\varphi = -6°$ à la pulsat ~~...~~ à $\omega = 10\omega_i$

avec $\omega_i = \frac{1}{T_i}$, on le dimensionne dans cette point : pour ne pas affecter la stabilité, il faut : $\frac{1}{T_i} = \frac{\omega_c}{10}$

D5%

D5.1 - la valeur de Ti

afin de minimiser le temps de réponse donc améliorer la rapidité, on compense la constante dominante : $\tau = \tau_1 = 3s$

d'où : $\boxed{T_i = \tau_1 = 3s}$

D.5.1 - la nouvelle FTBO1(P)

d'après la quest D.2 : $T_i = \tau_1 \Rightarrow$

$$FTBO1(P) = \frac{A\,k_i\,(1+T_iP)}{T_iP(1+\tau_2P)(1+\tau_1P)}$$

$$\rightarrow FTBO1(P) = \frac{A\,k_i}{\tau_1P(1+\tau_2P)}$$

D.5.3 - la marge de stabilité

* la marge de gain :

FTBO1(P) est de deuxième ordre $\Rightarrow \boxed{MG = +\infty}$

* la marge de phase $M\Phi \Rightarrow k_i$?

on a :

$$\begin{cases} MP = 180 + Arg(FTBO(j\omega_1)) & (1) \\ \omega_1 / \ |FTBO(j\omega_1)| = 1 & (2) \end{cases}$$

tout d'abord, on exprime : FTBO1(jω)

$$\Rightarrow \boxed{FTBO1(j\omega) = \frac{A\,k_i}{\tau_1 j\omega(1+\tau_2 j\omega)}}$$

⊗ le module :

$$\boxed{|FTBO1(j\omega)| = \frac{A\,k_i}{\tau_1\omega\sqrt{1+(\tau_2\omega)^2}}}$$

* l'argument :

$$\boxed{Arg(FTBO1(j\omega)) = -90 - arctg(\tau_2\omega)}$$

on cherche ω_1 qui correspond à MP ?

d'après (1) : $MP = 180 + Arg(FTBO1(j\omega_1)) = 40$

$\Leftrightarrow 180 - 90 - Arctg(\cancel{FTBO1(j\omega_1)}\ \tau_2\omega) = 40$

$\Leftrightarrow Arctg(\cancel{FTBO1(j\omega_1)}\ \tau_2\omega) = 50$

$\Leftrightarrow Arctg(\tau_2\omega_1) = 50$

$\Leftrightarrow \tau_2\omega_1 = tg(50)$

$\Rightarrow$ donc $\omega_1 = \frac{tg(50)}{\tau_2} \Rightarrow \boxed{\omega_1 = 1{,}59\ rad/s}$

* On remplace ω_1 dans l'éq (2)

on a : $|FTBO1(j\omega_1)| = 1$

$$\Leftrightarrow \frac{A\,k_i}{\tau_1\omega_1\sqrt{1+(\tau_2\omega_1)^2}} = 1$$

$$\Rightarrow k_i = \frac{\tau_1\omega_1}{A} \times \sqrt{1+(\tau_2\omega_1)^2}$$

d'où : $\boxed{k_i = 3.71}$

D.6 -

6.1 - Expression de la FTBF (F(P))

On a :

$$FTBF(P) = \frac{FTBO1(P)}{1 + FTBO1(P)}$$

$$\Leftrightarrow FTBF(P) = \frac{\frac{A.k_i}{\tau_1P(1+\tau_2P)}}{1 + \frac{A\,k_i}{\tau_1P(1+\tau_2P)}}$$

$$\Leftrightarrow FTBF(P) = \frac{A\,k_i}{\tau_1\tau_2P^2 + \tau_1P + A\,k_i}$$

$$\Leftrightarrow FTBF(P) = \frac{1}{1 + \frac{\tau_1}{Ak_i}P + \frac{\tau_1\tau_2}{Ak_i}P^2}$$

D6.1°/ Exprimons : k, ω_n, m

A partir de l'identificat :

$\boxed{K = 1}$ / $\boxed{\omega_n = \sqrt{\frac{A.k_i}{\tau_1 \tau_2}}}$ / $\frac{2m}{\omega_n} = \frac{\tau_1}{A k_i}$

$\Rightarrow$ $m = \frac{1}{2} \times \frac{\tau_1}{A k_i} \times \sqrt{\frac{A k_i}{\tau_1 \tau_2}}$

$\Leftrightarrow$ $m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{A.k_i} \times \frac{\tau_1}{\tau_2}}$

* les valeurs numériques :

$\boxed{K = 1}$ / $\boxed{m = 0{,}367}$ / $\boxed{\omega_n = 1.81 \text{ rad/s}}$

D.6.2 - temps de réponse et dépassement

$\Rightarrow$ temps de réponse à 5% :

$m = 0{,}367 \longrightarrow t_{r5\%} \times \omega_n = 7.8$

$\hookrightarrow$ $t_{r5\%} = \frac{7.8}{\omega_n}$ $\Rightarrow$ $\boxed{t_{r5\%} = 4.3 \text{ s}}$

$\Rightarrow$ Dépassement :

$m = 0.367 \longrightarrow$ $\boxed{D\% = 30\%}$

fin

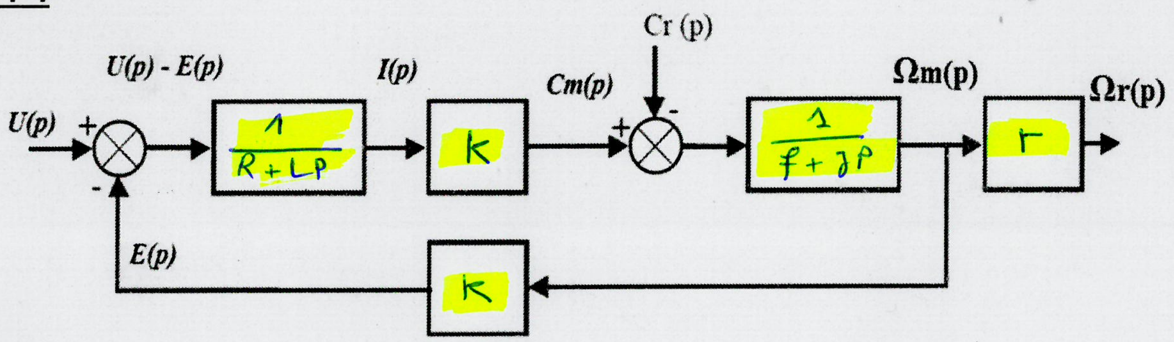
www.autocpge.info

Bon chance ☺

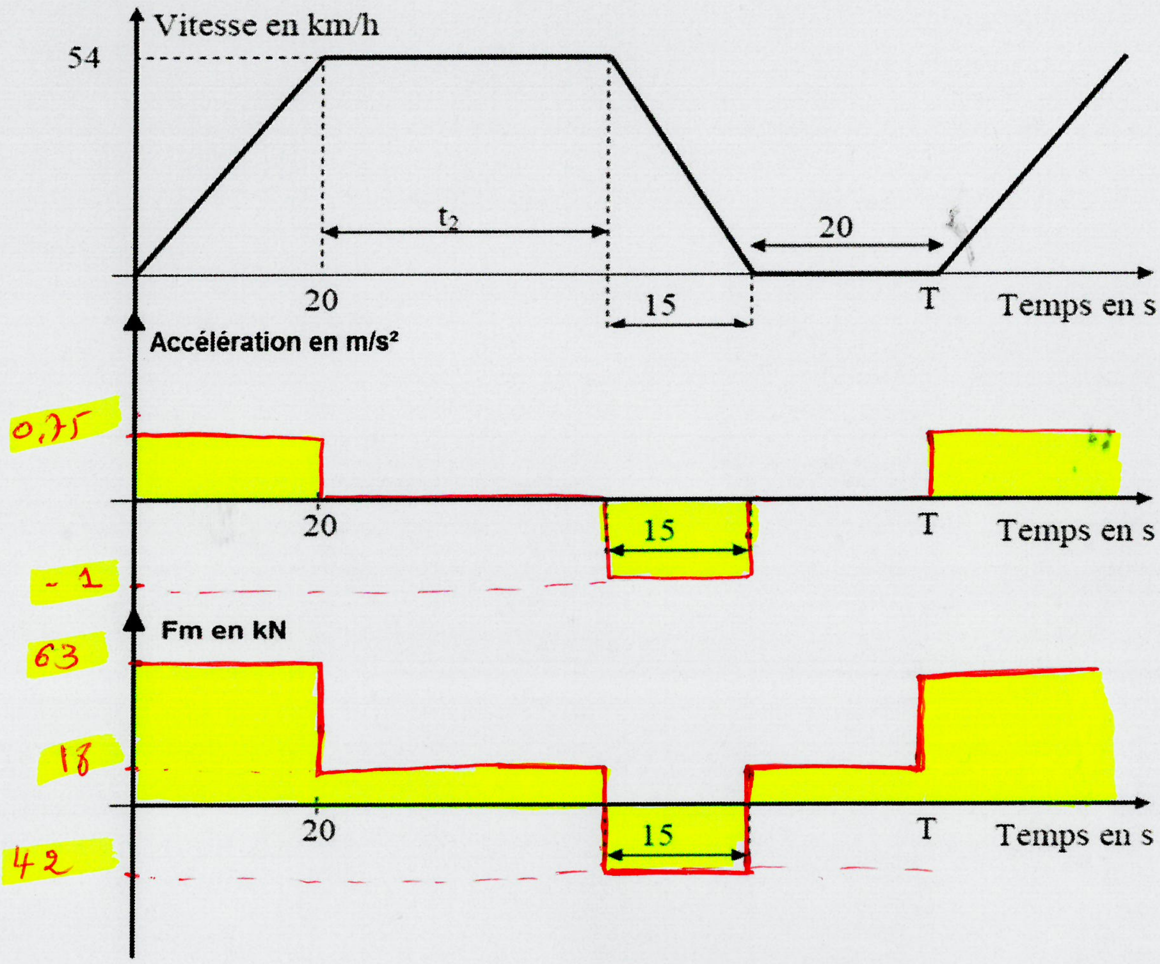
Ne rien écrire dans ce carde

Document Réponse 1

A-1-4

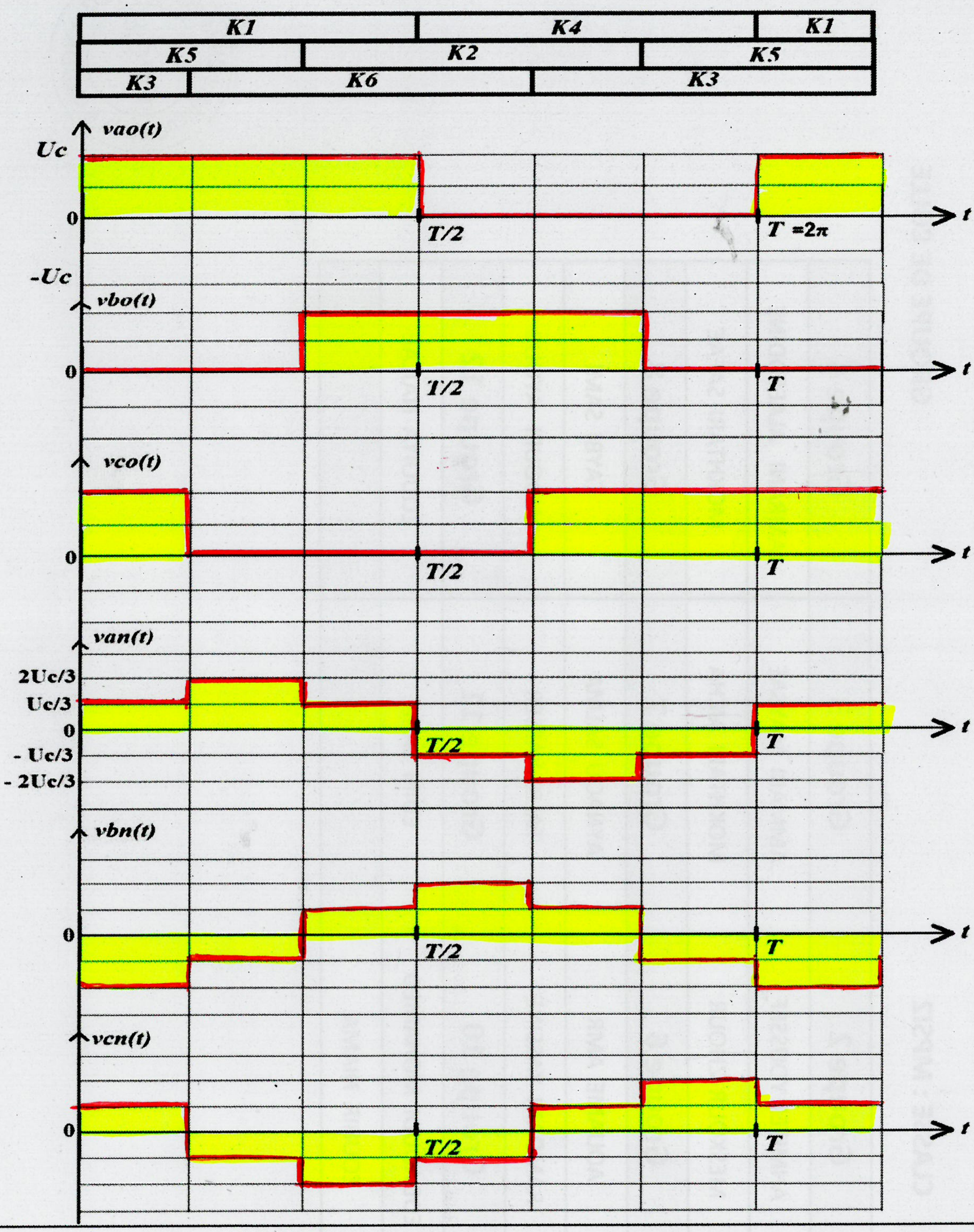


A-2-5



Ne rien écrire dans ce carde

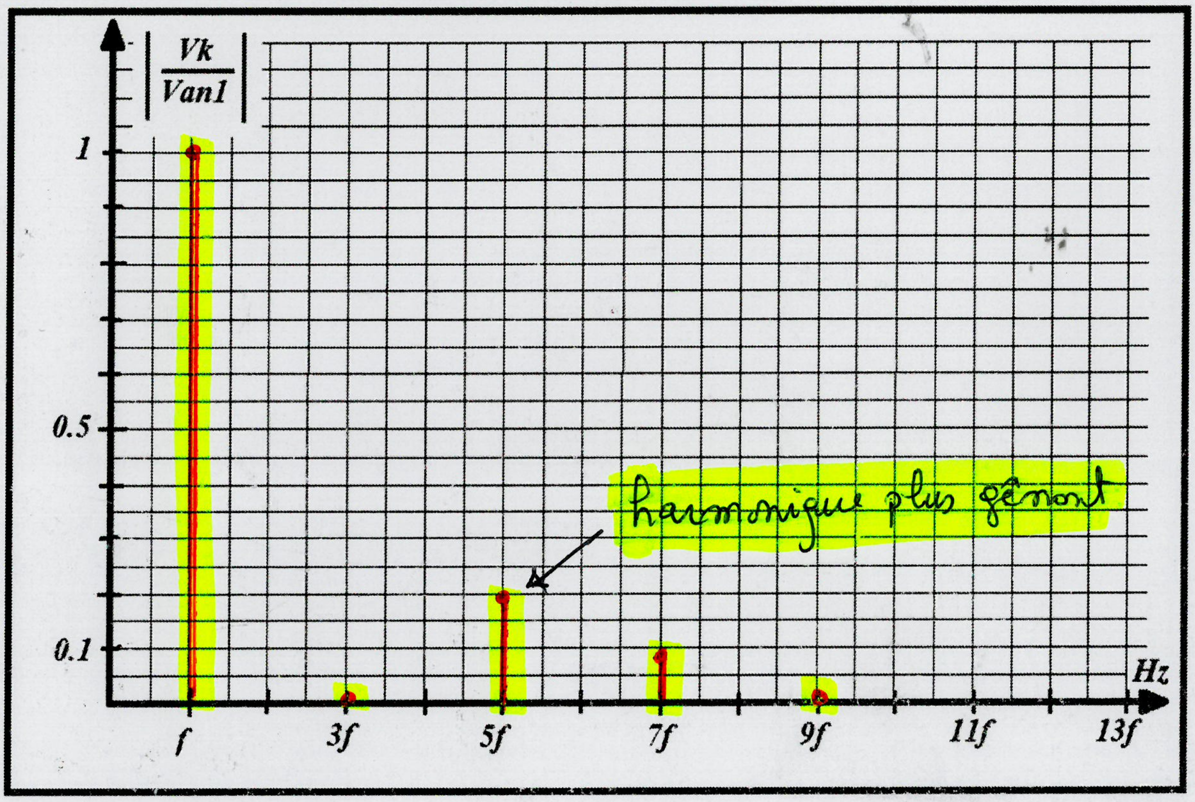
B.2 et B.4 **Document Réponse 2**



Ne rien écrire dans ce carde

Document Réponse 3

B-6-3



Annexe 2

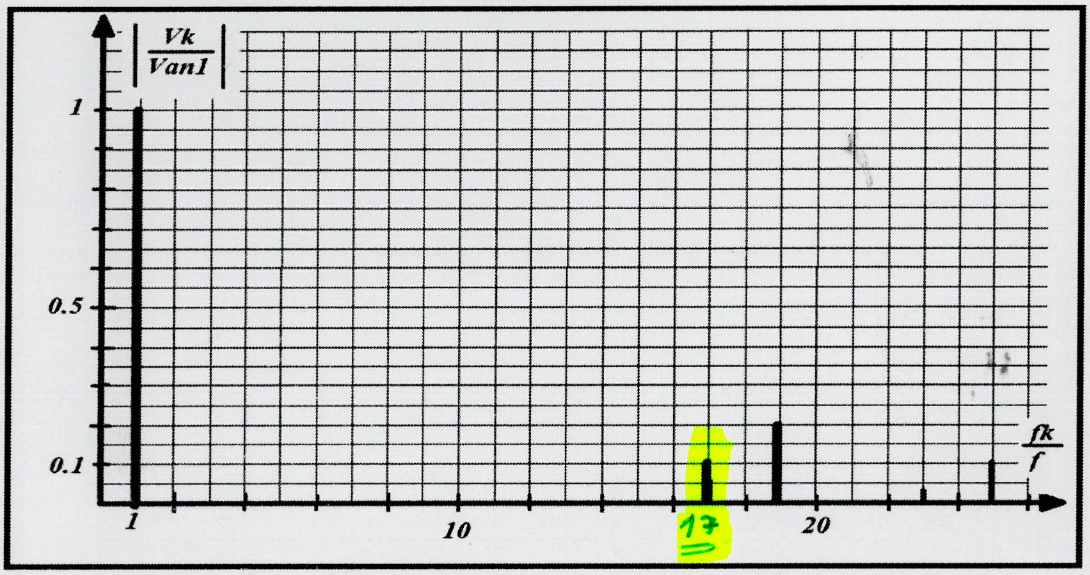


Figure 11 : spectre en amplitude de la tension simple *van(t)*

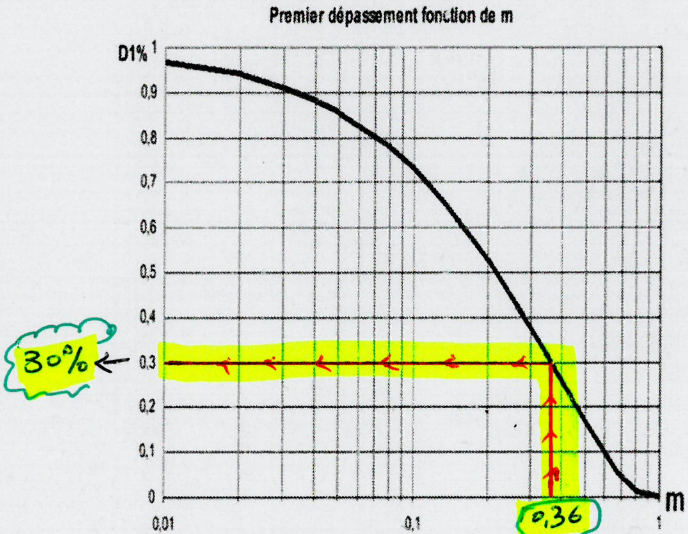


Figure 12 : Dépassement du 2ème ordre

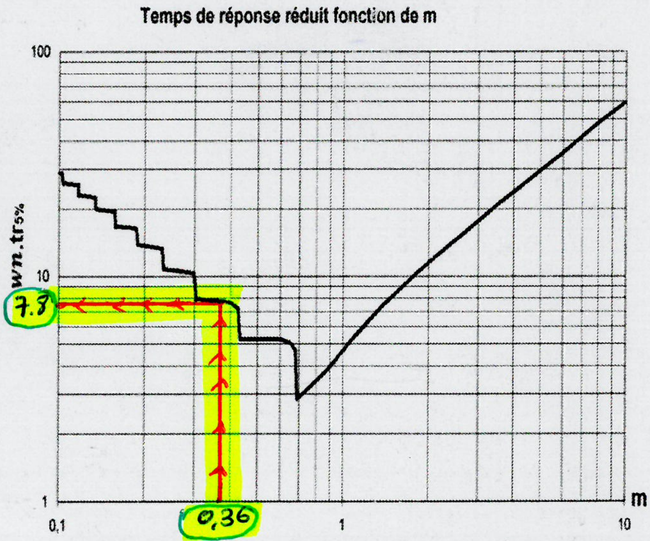


Figure 13 : *Temps de réponse du 2ème ordre*