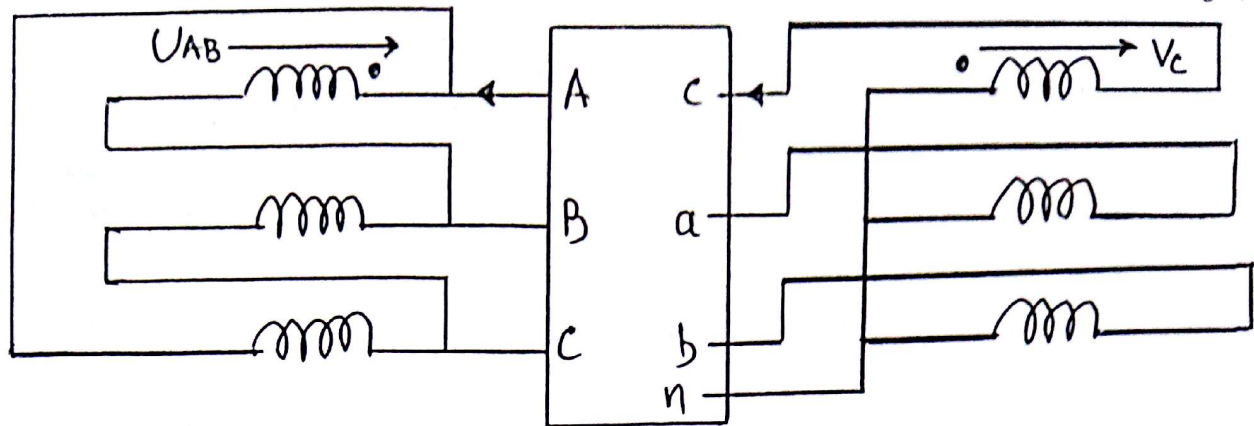
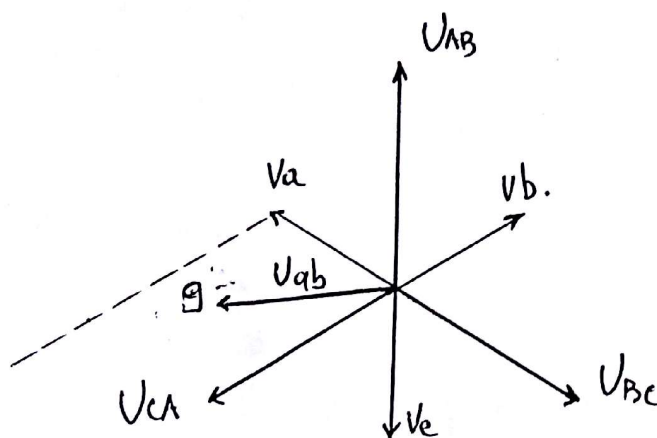


TTA



1. indice horaire du Transformateur TTA.



U_{ab} homologue à U_{AB}

$U_{ab} = V_a - V_b$

$I_h = 9$

2/

2. Denomination complete du Xfo. TTA.

Dy_g 1/

3. paramètres du Xfo TTA par colonne.

$M_e = \frac{V_{20}}{U_1} = \frac{\frac{U_{20}}{\sqrt{3}}}{U_1}$ $M_e = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}U_1}$

AN: $M_e = \frac{395}{15 \cdot 10^3 \sqrt{3}}$ $M_e = 0,0152$ 5/

$P_{10} = 3 \frac{U_1^2}{R_{fe}}$ \Leftrightarrow $R_{fe} = \frac{3U_1^2}{P_{10}}$

AN: $R_{fe} = \frac{3 \cdot (15 \cdot 10^3)^2}{1800}$ $R_{fe} = 375 \text{ K}\Omega$ 5/ (1/9)

$$Q_{10} = 3 \frac{U_1^2}{X_{e4}} \Rightarrow \boxed{X_{e4} = \frac{3U_1^2}{Q_{10}}}$$

$$Q_{10} = \sqrt{S_{10}^2 - P_{10}^2}$$

$$S_{10} = U_1 I_{10} \sqrt{3} = 15 \cdot 10^3 \times 10,9 \times \sqrt{3} = \underline{283,19 \text{ KVA.}}$$

$$Q_{10} = \sqrt{(283,19 \cdot 10^3)^2 - 1800^2} = \underline{283,184 \text{ KVAR}}$$

$$\text{AN: } X_{e4} = \frac{3 \times (15 \cdot 10^3)^2}{283,184 \cdot 10^3} \quad \boxed{X_{e4} = 2,383 \text{ K}\Omega.} \quad 5/$$

$$P_{icc} = 3 R_{se} I_{zcc}^2 = P_{icc}$$

$$\boxed{R_{se} = \frac{P_{icc}}{3 \cdot I_{zcc}^2}}$$

$$\text{AN: } R_{se} = \frac{9300}{3 \times 520^2}$$

$$\boxed{R_{se} = 11,46 \text{ m}\Omega.} \quad 5/$$

$$\left. \begin{aligned} Z_{se} &= \frac{V_{zcc}}{I_{zcc}} = \frac{M_e U_{ice}}{I_{zcc}} \\ M_e &= \frac{V_{zcc}}{U_{ice}} \end{aligned} \right\}$$

$$\text{AN: } Z_{se} = \frac{0,0152 \times 485}{520}$$

$$\boxed{Z_{se} = 14,18 \text{ m}\Omega.}$$

$$X_{se} = \sqrt{Z_{se}^2 - R_{se}^2}$$

$$\text{AN: } X_{se} = \sqrt{(14,18 \cdot 10^{-3})^2 - (11,46 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$\boxed{X_{se} = 8,351 \text{ m}\Omega.} \quad 5/$$

4- Paramètres par phase.

$$\left\{ \begin{aligned} m &= \frac{V_{20}}{V_1} \\ V_{20} &= \frac{U_{20}}{\sqrt{3}} \\ V_1 &= \frac{U_1}{\sqrt{3}} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \boxed{m = \frac{U_{20}}{U_1}}$$

AN: $m = \frac{395}{15 \cdot 10^3}$

$$\boxed{m = 0,0263.} \quad 1/$$

$$\left\{ \begin{aligned} P_{10} &= \frac{3V_1^2}{R_{fer}} \\ V_1 &= \frac{U_1}{\sqrt{3}} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow P_{10} = \frac{U_1^2}{R_{fer}} \Rightarrow \boxed{R_{fer} = \frac{U_1^2}{P_{10}}}$$

AN: $R_{fer} = \frac{(15 \cdot 10^3)^2}{1800}$

$$\boxed{R_{fer} = 125 \text{ k}\Omega.} \quad 1/$$

Q_f

$$\boxed{X_q = \frac{U_1^2}{Q_0}}$$

AN: $X_q = \frac{(15 \cdot 10^3)^2}{283,184 \cdot 10^3}$

$$\boxed{X_q = 794,536 \Omega.} \quad 1/$$

$$P_{2cc} = 3 R_s I_{2cc}^2$$

$$\Rightarrow \boxed{R_s = \frac{P_{2cc}}{3 I_{2cc}^2}}$$

$$P_{2cc} = P_{2cc}$$

AN: $R_s = \frac{9300}{3 \times 520^2}$

$$\boxed{R_s = 11,46 \text{ m}\Omega.} \quad 1/$$

$$\left\{ \begin{aligned} Z_s &= \frac{V_{2cc}}{I_{2cc}} \\ m &= \frac{V_{1c}}{U_{1c}} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow Z_s = \frac{m V_{1c}}{I_{2cc}} = \frac{m U_{1c}}{I_{2cc} \sqrt{3}}$$

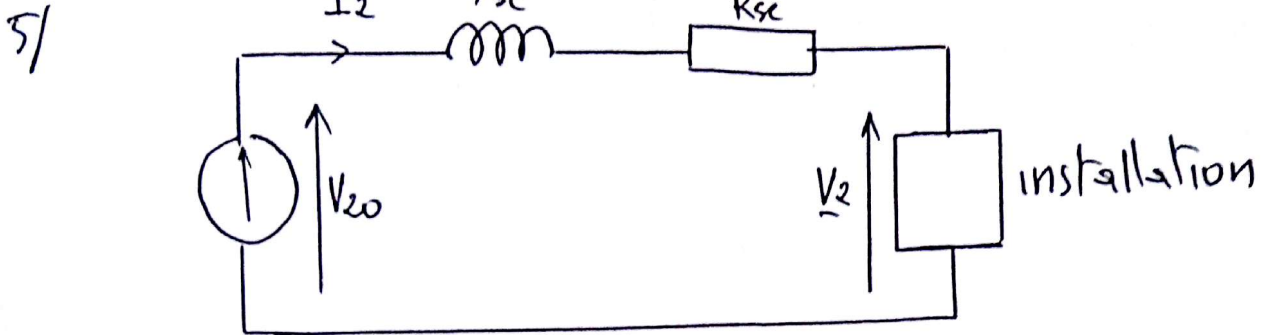
AN: $Z_s = \frac{0,0263 \times 695}{520 \sqrt{3}}$

$$\boxed{Z_s = 14,16 \text{ m}\Omega.} \quad 1/ \quad 13/9$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2}$$

$$\text{AN : } X_s = \sqrt{(14,16103)^2 - (11,46103)^2}$$

$X_s = 8,32 \text{ m}\Omega$



5.1. calcul de V2.

$$\left. \begin{aligned} \Delta V_2 &= R_{sc} I_2 \cos \phi_2 + X_{sc} I_2 \sin \phi_2 \\ \Delta V_2 &= V_{20} - V_2 \end{aligned} \right\}$$

	P (w)	Q (VAR)
20 moteurs	187500	130875,8
120 lampes	7200	0
installation	194700 2/	130875,8 2/

$$P = \frac{P_u}{\eta}$$

$$\cos \phi_m = 0,82$$

$$\phi_m = 34,915^\circ$$

$$S = \sqrt{194700^2 + 130875,8^2} = 234598,73 \text{ VA } 2/$$

$$S = U_2 I_2 \sqrt{3} \Rightarrow I_2 = \frac{S}{U_2 \sqrt{3}} = \frac{234598,73}{U_2 \sqrt{3}}$$

$$I_2 = \frac{135445,64}{U_2}$$

$$\left. \begin{aligned} \cos \phi_2 &= \frac{P_2}{S_2} = \frac{194700}{234598,73} = 0,83 \\ \phi_2 &= 22,2^\circ \end{aligned} \right\}$$

(4/9)

$$R_{sc} I_2 \cos \phi_2 + X_{sc} I_2 \sin \phi_2 = V_{20} - V_2$$

$$I_2 (R_{sc} \cos \phi_2 + X_{sc} \sin \phi_2) = V_{20} - V_2$$

$$\frac{135445,64}{U_2} (11,4616^3 \times 0,83 + 8,3716^3 \times 0,57) = V_{20} - V_2$$

$$\frac{1918,28}{U_2} = V_{20} - \frac{U_2}{\sqrt{3}}$$

$$U_2 (V_{20} - \frac{U_2}{\sqrt{3}}) = 1918,28$$

$$U_2 V_{20} - \frac{U_2^2}{\sqrt{3}} = 1918,28$$

$$U_2 V_{20} \sqrt{3} - U_2^2 = 3322,56$$

$$U_2^2 - U_2 V_{20} \sqrt{3} = -3322,56$$

$$U_2^2 - U_2 \cdot 395 = -3322,56$$

$$U_2^2 - 395 U_2 + 3322,56 = 0.$$

$$\Delta = (395)^2 - 4(3322,56) = 142734,76$$

$$\sqrt{\Delta} = 377,8$$

$$U_{21} = \frac{395 + 377,8}{2} = 386,4V$$

$$U_{22} = \frac{395 - 377,8}{2} = 8,6V.$$

on return

$U_2 = 386,4V$	$V_2 = 223V$
----------------	--------------

6/

(5/9)

5.2 Courant Adite'

$$I_2 = \frac{135445,64}{U_2}$$

AN: $I_2 = \frac{135445,64}{386,4}$

$$I_2 = 350,53 \text{ A.} \quad 2/$$

5.3 rendement

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{fer}} + P_j}$$

$$P_j = 3 R_{sc} I_2^2 = 3 \times 11,4610^{-3} \times 350,53^2 = 4224,31 \text{ W}$$

AN: $\eta = \frac{194700}{194700 + 1800 + 4224,31}$

$$\eta = 96,99\% \quad 3/$$

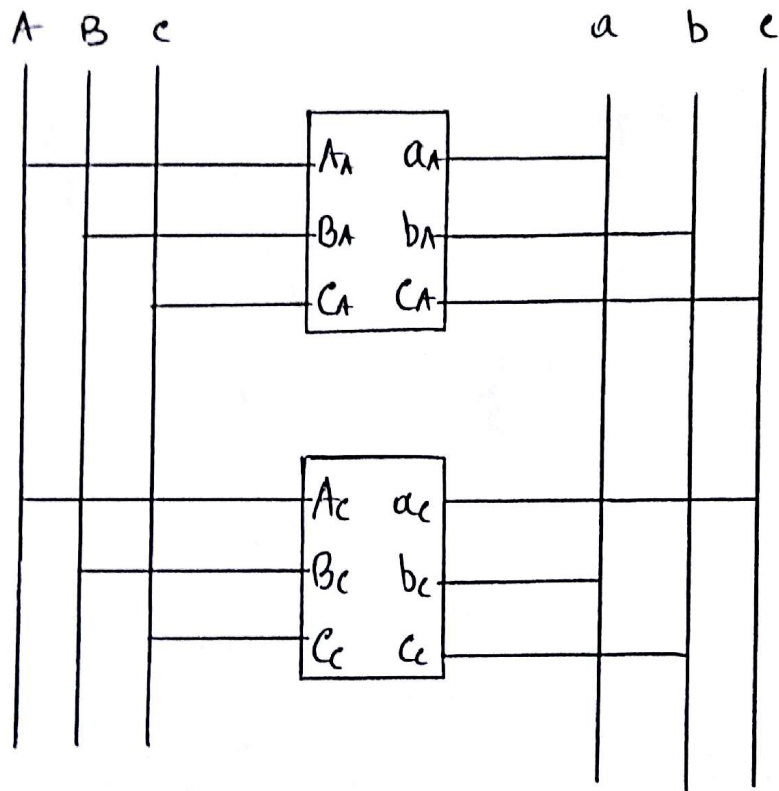
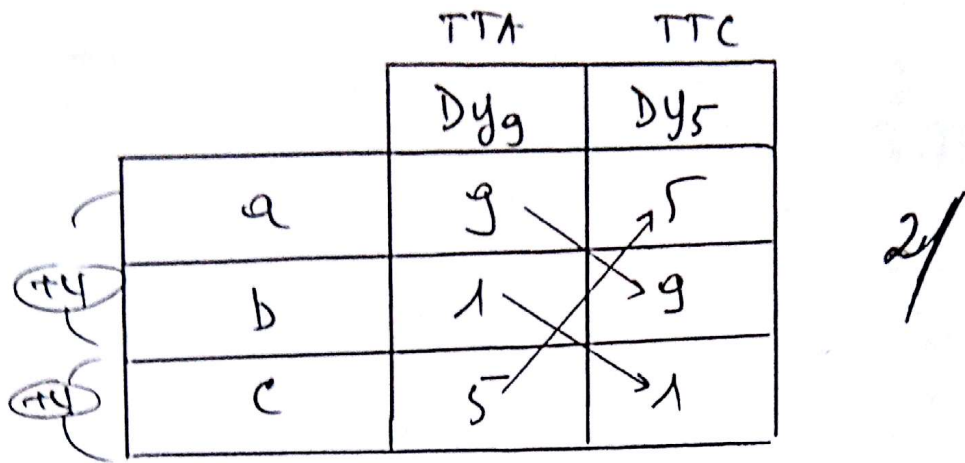
6/ TTB | Dy₁₁ TTC | Dy₅

6.1. on peut monter en parallèle avec le transformateur TTA, le transformateur TTC

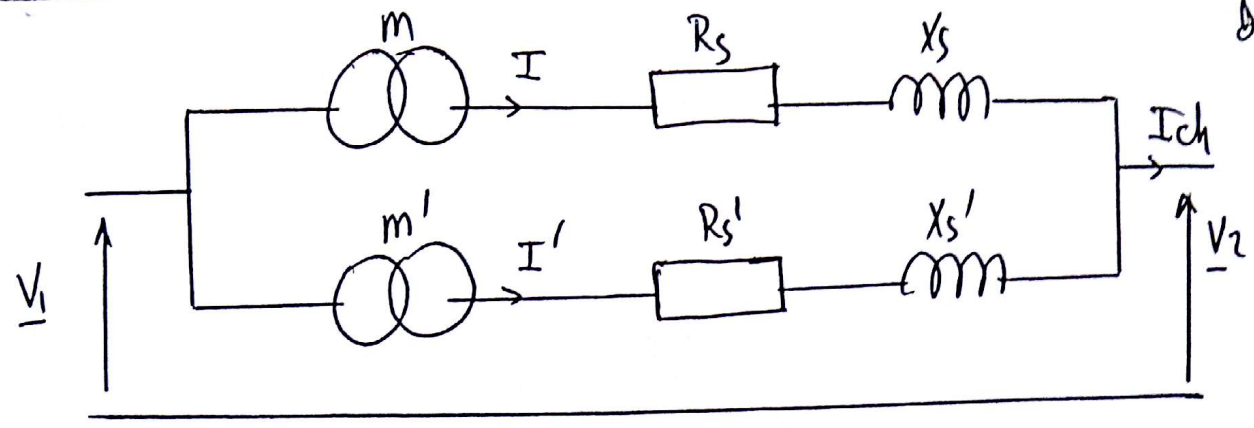
car la différence de leur indice horaire est un multiple de 4. //

(6/9)

6.2 Schema de Connexion



7/



$$\begin{cases} m = m' \\ Z_s' = 2R_s + jX_s' \\ Z_s = R_s + jX_s \end{cases}$$

$$\begin{aligned} R_s &= 11,46 \text{ m}\Omega \\ X_s &= 8,32 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

7.1/ I et I' en phase $\Leftrightarrow \text{tg}\phi = \text{tg}\phi'$

$$\frac{X_s}{R_s} = \frac{X_s'}{2R_s}$$

$$\Rightarrow X_s' = X_s \cdot \frac{2R_s}{R_s}$$

$$\boxed{X_s' = 2X_s} //$$

7.2 a/ $Z_s I = Z_s' I'$

$$\begin{cases} I' = \frac{Z_s}{Z_s'} I \\ Z_s = R_s + jX_s \\ Z_s' = 2R_s + 2jX_s \end{cases} \Rightarrow I' = \frac{Z_s}{2Z_s} I$$

$$\Rightarrow Z_s' = 2Z_s$$

$$\boxed{I' = 0,5 I} //$$

$$\begin{cases} I = \frac{Z_s'}{Z_s' + Z_s} I_{ch} \\ I = \frac{2Z_s}{3Z_s} I_{ch} \end{cases}$$

$$I = \frac{2}{3} I_{ch}$$

$$\boxed{I_{ch} = 1,5 I} //$$

c- Smt $Z_a = R_a + jX_a$ Impedance \bar{z} a joule:

$$Z_s + Z_a = Z_{s'}$$

$$R_s + jX_s + R_a + jX_a = 2R_s + jX_{s'} \\ = 2R_s + 2jX_s$$

$$R_a + jX_a = R_s + jX_s$$

$$\boxed{Z_a = R_s + jX_s = Z_s}$$

1/

BTS 2018/

CORRIGE PA ELT 2018
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Dexco
ELT

DEXCO:

CORRIGE

1°) L'angle de retard à la conduction est pris à partir
(1pt) de l'instant de conduction naturelle des diodes.

2°) Remplissage du tableau du document réponse n°1
(voir feuille document réponse n°1) (5pts)

3°) Tracé des chronogramme de V_c, U_{k1} et i_s . (3pts)
(voir feuille document réponse n°1.)

4°) Expression de $V_c = f(V)$.

$$\bar{V}_c = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V_{cas} \quad (2pts)$$

5°) Etude du signe de V_c .

a) $\in [0; 90^\circ]$ $\bar{V}_c > 0$ et l'énergie transite de la source vers la charge. (1pt)

b) $\in [90^\circ; 180^\circ]$; $\bar{V}_c < 0$ et l'énergie transite de la charge vers la source. (1pt)

6°) $\bar{I}_{k1} = \frac{\bar{I}_c}{g}$ avec $g =$ nombre de générateurs de la source d'alimentation.

$$\bar{I}_{k1} = \frac{\bar{I}_c}{3} = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{2\pi}{3}}^{\frac{6\pi}{3}} \bar{i}_c d\omega$$

(2pts)

$$\bar{I}_{k_1} = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ A}$$

$$\bar{I}_{k_1} = 3,33 \text{ A}$$

7 - Calcul de \bar{I}_{eff} :

$$\bar{I}_{\text{eff}} = I_c \sqrt{\frac{1}{9}} \quad \text{F. } \frac{1}{9}$$

$$\bar{I}_{\text{eff}} = 10 \sqrt{\frac{1}{9}} \quad \bar{I}_{\text{eff}} = 5,7735 \text{ A} \quad (2 \text{ pts})$$

8 - Expression de la puissance réactive fournie à la source = $f(V, \alpha)$.

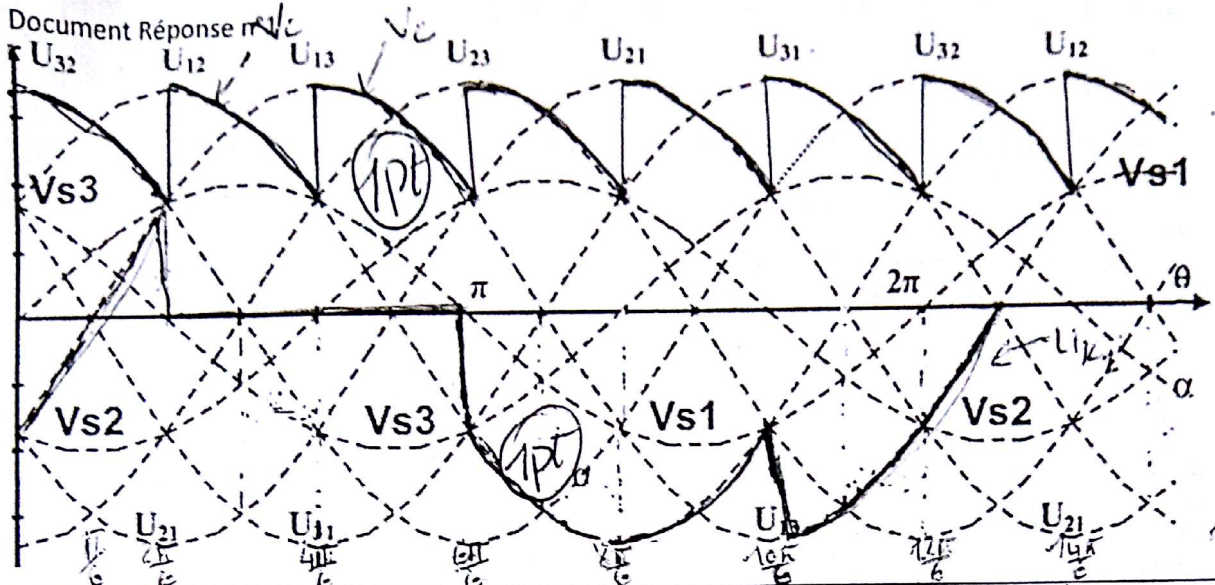
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

(3 pts)

$$P = \frac{3\sqrt{6}V}{\pi} I_c \cos \alpha; \quad S = 3V \bar{I}_s = 3V I_c \sqrt{\frac{1}{3}}$$

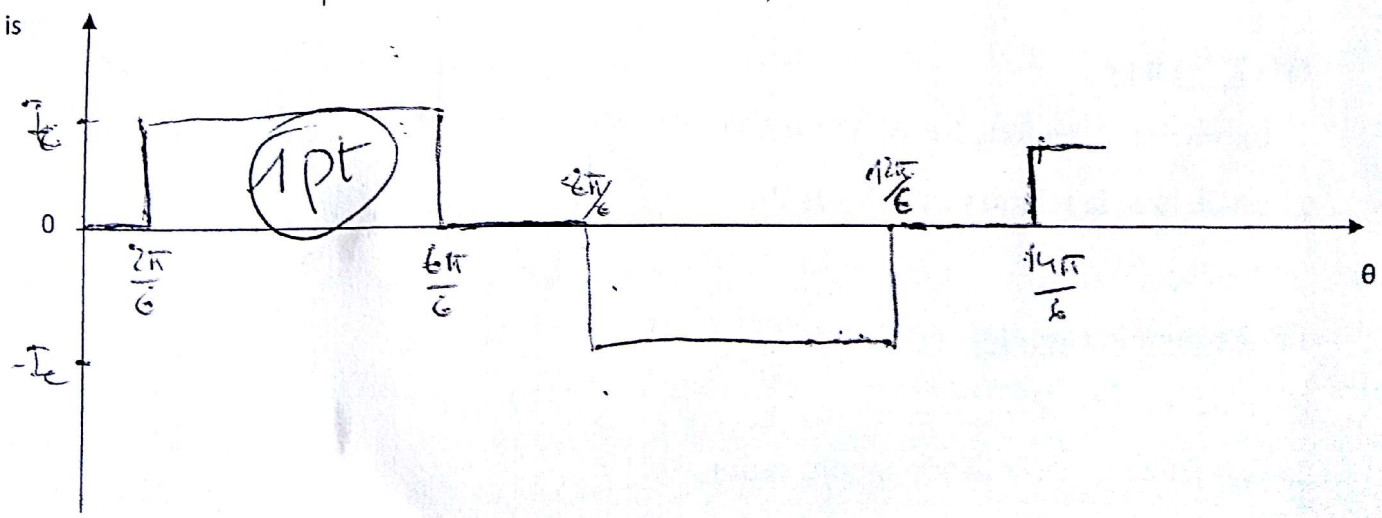
$$Q = \sqrt{9V^2 I_c^2 \frac{1}{3} - \frac{9 \times 6}{\pi^2} V^2 \times I_c^2 \cos^2 \alpha}$$

$$Q = 30V \sqrt{\frac{1}{3} - \frac{6}{\pi^2} \cos^2 \alpha}$$



K1		1	1					1	
K2				1	1				
K3	1					1	1		
K'1					1	1			
K'2	1	1					1	1	
K'3			1	1					
Vc	U32	U12	U13	U23	U21	U31	U32	U12	
Uk1	U13	0	0	U12	U12	U13	U13	0	
ik1	0	Ic	Ic	0	0	0	0	Ic	
ik'1	0	0	0	0	Ic	Ic	0	0	
is	0	Ic	Ic	0	-Ic	-Ic	0	Ic	

5pts



Problème 3: Electronique Analogique

120

Exercice 1 (14 pts)

I - Régime linéaire car l'entrée inverseuse est reliée à la sortie (contre-réaction) (3 pts)

II-1 - Expression de I

$$I = \frac{V}{R_4} \quad (1 \text{ pt})$$

$$I = \frac{V'}{2R_3 + R_4} \quad (1 \text{ pt})$$

II-2 Relation entre V et V'

$$\frac{V}{R_4} = \frac{V'}{2R_3 + R_4} \Rightarrow V' = \frac{2R_3 + R_4}{R_4} V \quad (1 \text{ pt})$$

III-1 Expression de V₁

$$V^- = V_c \times \frac{R_5}{R_5 + R_5} \Rightarrow V^- = \frac{V_c}{2}$$

$$V^+ = \frac{\frac{V_D}{R_5} + \frac{V_1}{R_5}}{\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_5}} \Rightarrow V^+ = \frac{V_D + V_1}{2}$$

$$V^- = V^+ \Rightarrow \frac{V_D + V_1}{2} = \frac{V_c}{2} \Rightarrow V_1 = V_c - V_D \quad (2 \text{ pts})$$

III-2 V' en fonction de V₁

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= V_c - V_D \\ V_1 &= V_1 - V_D \end{aligned} \right\} \Rightarrow V' = V_1 \quad (2 \text{ pts})$$

IV-1 Expression de A_V

(2/4)

$$A_V = \frac{V_1}{V} \quad \text{or } V' = \frac{2R_3 + R_4}{R_4} V \quad \text{et } V' = V_1 \quad \text{d'acc}$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{2R_3 + R_4}{R_4} V \Rightarrow \boxed{A_V = \frac{2R_3 + R_4}{R_4}} \quad (2 \text{ pts})$$

IV-2 Valeur de R_4

$$A_V = \frac{2R_3 + R_4}{R_4} \Rightarrow R_4 = \frac{2R_3}{A_V - 1}$$

$$R_4 = \frac{2 \times 10}{5 - 1} \quad \boxed{R_4 = 5 \text{ k}\Omega} \quad (2 \text{ pts})$$

Exercice 2 (6 pts)

1. Type de transistor :

T_1 : Transistor PNP car flèche entrant

T_2 : Transistor NPN car flèche sortant) (1 pt)

2. Valeur de R_{E1}

$$V_{BE1} = -R_1 I_{R1} + R_{E1} I_{E1} \Rightarrow R_{E1} = \frac{V_{BE1} + R_1 I_{R1}}{I_{E1}}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \Rightarrow I_{B1} = \frac{2}{100} \Rightarrow I_{B1} = 0,02 \text{ mA}$$

$$I_{E1} = I_{C1} \left(\frac{1}{\beta_1} + 1 \right) \Rightarrow I_{E1} = 2 \left(\frac{1}{100} + 1 \right) \Rightarrow I_{E1} = 2,02 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = R_2 (I_{R2}) + R_1 I_{R1} \quad \text{et} \quad I_{R2} = I_{R1} + I_{B1}$$

$$\rightarrow V_{CC} = R_2(I_{R_1} + I_{B_1}) + R_1 I_{R_1} \Rightarrow I_{R_1} = \frac{V_{CC} - R_2 I_{B_1}}{R_1 + R_2} \quad (3/4)$$

$$I_{R_1} = \frac{12 - 4,7 \cdot 10^3 \times 0,02 \cdot 10^{-3}}{22 \cdot 10^3 + 4,7 \cdot 10^3} \Rightarrow I_{R_1} = 0,446 \text{ mA}$$

$$R_{E_1} = \frac{-0,112 + 22 \cdot 10^3 \times 0,446 \cdot 10^{-3}}{2,02 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_{E_1} = 4,80 \text{ k}\Omega \quad (2 \text{ pts})$$

3- Valeur de V_{CE_1}

$$V_{CC} = R_{E_1} \times I_{E_1} + V_{CE_1} + R_C I_{R_C} \Rightarrow V_{CE_1} = V_{CC} - R_{E_1} I_{E_1} - R_C I_{R_C}$$

$$I_{R_C} = I_{C_1} - I_{B_2} \text{ avec } I_{B_2} = \frac{I_{C_2}}{\beta_2} \Rightarrow I_{R_C} = I_{C_1} - \frac{I_{C_2}}{\beta_2}$$

$$I_{R_C} = 2 - \frac{3}{60} \Rightarrow I_{R_C} = 1,95 \text{ mA}$$

$$V_{CE_1} = 12 - 4,80 \cdot 10^3 \times 2,02 \cdot 10^{-3} - 3,3 \cdot 10^3 \times 1,95 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{CE_1} = -4,131 \text{ V} \quad (1 \text{ pt})$$

4- Valeur de V_{BE_2}

$$V_{BE_2} = R_C I_{R_C} - R_{E_2} I_{E_2}$$

$$I_{E_2} = I_{B_2} + I_{C_2} \Rightarrow I_{E_2} = 0,05 + 3 \Rightarrow I_{E_2} = 3,05 \text{ mA}$$

$$V_{BE_2} = 3,3 \cdot 10^3 \times 1,95 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^3 \times 3,05 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{BE_2} = 1,555 \text{ V} \quad (1 \text{ pt})$$

5 - Valeur de V_{CE2}

$$V_{CC} = V_{CE2} + R_{E2} I_{E2} \Rightarrow V_{CE2} = V_{CC} - R_{E2} I_{E2}$$

$$V_{CE2} = 12 - 1,6 \cdot 10^3 \times 3,05 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{CE2} = 7,12 \text{ V} \quad (1 \text{ pt})$$

120

Problème 4: Automatique1a) Expression $F(p)$

$$F(p) = R(p) \times G(p)$$

1,5 pts

1b) Expression $H(p)$

$$H(p) = \frac{R(p) \times G(p)}{1 + R(p) \times G(p)}$$

1,5 pts

2a) L'erreur statique de position ϵ_{sp}

$$E(p) = \frac{1}{1 + G(p)} E(p) \Rightarrow E(p) = \frac{1}{1 + \frac{400}{p(p+4)}} E(p)$$

$$E(p) = \frac{p(p+4)}{400 + p(p+4)} E(p)$$

$$\epsilon_{sp} = \lim_{p \rightarrow 0} p E(p) \text{ avec } E(p) = \frac{1}{p}$$

$$\epsilon_{sp} = 0$$

2 pts

2b) L'erreur statique de vitesse ϵ_{sv}

$$\epsilon_{sv} = \lim_{p \rightarrow 0} p E(p) \text{ avec } E(p) = \frac{1}{p^2}$$

$$\epsilon_{sv} = \frac{4}{400}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{sv} = 0,01$$

2 pts

2-c) Etude de la stabilité

(2/4)

$$1 + G(p) = 0 \Rightarrow 1 + \frac{400}{p(p+4)} = 0 \Rightarrow \frac{p(p+4) + 400}{p(p+4)}$$

L'équation caractéristique est $p^2 + 4p + 400$
Les coefficients de l'équation caractéristique étant de même signe donc le système est stable (2pts)

3a) Type de régulation

C'est une régulation avec correcteur proportionnel (ou type P) (2pts)

3b) L'erreur statique de position ϵ_{sp}

$$E(p) = \frac{1}{1 + R(p) \times G(p)} E(p) \Rightarrow E(p) = \frac{1}{1 + \frac{400 \times K}{p(p+4)}} E(p)$$

$$\Rightarrow E(p) = \frac{p(p+4)}{400K + p(p+4)}$$

$$\epsilon_{sp} = \lim_{p \rightarrow 0} p E(p) \text{ avec } E(p) = \frac{1}{p}$$

$$\epsilon_{sp} = 0 \quad (1 \text{ pt})$$

3c) L'erreur statique de vitesse ϵ_{sv}

$$\lim_{p \rightarrow 0} p E(p) = \epsilon_{sv} \text{ avec } E(p) = \frac{1}{p^2}$$

$$\epsilon_{sv} = \frac{4}{400K} \quad (1 \text{ pt})$$

3d) Etude de la stabilité

(3/4)

Done

$$1 + R(p)G(p) = 0 \Rightarrow 1 + \frac{400K}{p(p+4)} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{p(p+4) + 400K}{p(p+4)}$$

l'équation caractéristique est $p^2 + 4p + 400K$
le système est stable si $K > 0$ (1pt)

4a) Type de Régulation

Régulation par correcteur PID (Proportionnel -
Intégral - Dérivé) (2pts)

4b) Expression de R(p)

$$U(p) = 8E(p) + pE(p) + \frac{16}{p}E(p)$$

$$R(p) = \frac{U(p)}{E(p)} \Rightarrow R(p) = 8 + p + \frac{16}{p} \quad (1pt)$$

4c) l'erreur de position E_{sp}

$$E(p) = \frac{1}{1 + R(p)G(p)} E(p)$$

$$E(p) = \frac{1}{1 + \left(8 + p + \frac{16}{p}\right) \times \frac{400}{p(p+4)}} E(p)$$

$$E(p) = \frac{P(P+4)}{P(P+4) + 400(8+P+\frac{16}{P})} E(P)$$

$$E_{SP} = \lim_{P \rightarrow 0} P E(P) \text{ avec } E(P) = \frac{1}{P}$$

$E_{SP} = 0$ | 1 pt

4d) - l'erreur statique de vitesse E_{SV}

$$E_{SV} = \lim_{P \rightarrow 0} P^2 E(P) \text{ avec } E(P) = \frac{1}{P^2}$$

$E_{SV} = 0$ | 1 pt

4e) Etude de la stabilité

$$1 + R(P)G(P) = 0 \Rightarrow 1 + (8+P+\frac{16}{P}) \times \frac{400}{P(P+4)} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{400(P^3 + 12P^2 + 48P + 64)}{P(P+4)} = 0$$

l'équation caractéristique est $P^3 + 12P^2 + 48P + 64 = 0$

P^3	1	48
P^2	12	64
P^1	42,66	0
P^0	64	

le système est stable | 1 pt