

Ⓐ Etude de la chaîne cinématique :

A1 Détermination de la durée d'un cycle de déplacement

A11 : accélération $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{7} = \boxed{0,143 \text{ m s}^{-2}}$ $v_p = 60 \text{ m min}^{-1}$
 $v_p = 1 \text{ m s}^{-1}$

A12 $v = a \cdot t$ $d_a = \int_0^{t_1} a t dt = \left[a \frac{t^2}{2} \right]_0^{t_1}$

A13 Puisque les phases d'accélération et de freinage sont "égales" alors
 $d_f = d_a = \boxed{3,5 \text{ m}}$

A14 $d_p = d - d_f - d_a = 20 - 2 \times 3,5 = \boxed{13 \text{ m}}$

A15 $(t_2 - t_1) = \frac{d_p}{v_p} = \frac{13}{1} = \boxed{13 \text{ s}}$

A16

ETAPE	durée accélération + freinage	Distance parcourue à vitesse constante	Durée de la phase à vitesse constante	durée totale de l'étape
1	7s+7s=14s	13	13	27
2	14s	3	3	17
3	14s	33	33	47
4	14s	3	3	17
5	14s	3	3	17
6	14s	43	43	57

A17 Durée de déplacement

$T = 27 + 17 + 47 + 17 + 17 + 57 = \boxed{182 \text{ s}} = 3 \text{ min } 2 \text{ s}$

A2 Performance en régime établi :

A21 : $v_p = 60 \text{ m min}^{-1} = 1 \text{ m s}^{-1}$ $\omega_c = \frac{v_p}{R} = \frac{1}{0,4} = \boxed{2,5 \text{ rad s}^{-1}}$

A22 $\omega_n = r \cdot \omega_c = 39,6 \times 2,5 = \boxed{99 \text{ rad s}^{-1}}$

A23 $F = e \cdot M_p \cdot g_p = 0,004 \times 90 \cdot 10^3 \times 9,81 = \boxed{3532 \text{ N}}$

A24 $T_G \cdot \omega_c = \frac{F \cdot v_p}{2}$ $T_G = \frac{F \cdot v_p}{2 \cdot \omega_c} = \frac{3532 \cdot 1}{2 \cdot 2,5}$

$T_G = \boxed{706,4 \text{ Nm}}$

A25 $P_G = T_G \cdot \omega_p = 706,4 \cdot 2,5 = \boxed{1766 \text{ W}}$

A26 $P_n = \frac{P_G}{\eta} = \frac{1766}{0,94} = \boxed{1879 \text{ W}}$

A27 $T_H = \frac{P_M}{\Omega_n} = 18,98 \text{ Nm} \approx \boxed{19 \text{ Nm}}$

A3 Performances dynamiques: couple de démarrage

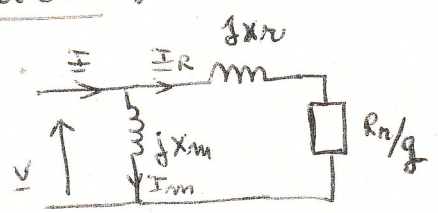
A31 $J \frac{d\Omega}{dt} = T_e - T_r$ $T_r = 19 \text{ Nm}$
 $J = 4,6 \text{ kg m}^2$

A32 au démarrage $T_e = T_d = J \times \frac{\Delta \Omega}{\Delta t} + T_r$
 $T_d = 4,6 \times \frac{99}{7} + 19$
 $\boxed{T_d = 84,06 \text{ Nm}}$

A33 si on change la durée de démarrage
 $T_d = 4,6 \times \frac{99}{3,5} + 19 = \boxed{149,1 \text{ Nm}}$

B Etude Energetique de la solution actuelle:

B1: Demarrage et freinage du moteur:



B11 Les pulsations de synchronisme dependent du nombre de paires de poles.

$\Omega_s = \frac{\omega}{p} = \boxed{104,7 \text{ rad s}^{-1}}$

Il doit y avoir 3 paires de poles car $\Omega_n = 99 \text{ rad s}^{-1}$ en fonctionnement

B12 $I_r = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{g}\right)^2 + (X_r)^2}}$

B13 valeur de I_r

B131 au demarrage $g=1$ $I_r = \frac{V}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}} = \frac{230}{\sqrt{17^2 + (0,033)^2}}$

B132 $g=2$ $I_r = \frac{230}{17} = \boxed{13,5 \text{ A}}$

$I_r = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{17}{2}\right)^2 + (0,033)^2}} \approx \frac{230}{17/2} = \boxed{27 \text{ A}}$

B14 Etude du couple

B141 $T_{em} = \frac{P_k}{\Omega_s} = \frac{3 \frac{R_r}{g} \times I_r^2}{\Omega_s} = 3 \times \frac{R_r}{g} \times \frac{V^2}{\left(\frac{R_r}{g}\right)^2 + (X_r)^2} \times \frac{1}{\Omega_s}$
 $\boxed{T_{em} \approx \frac{30 \text{ V}^2}{\Omega_s R_r}}$

B142

au démarrage $g=1$

$$T_{em} = \frac{3 \times R_r}{\Omega_s} \frac{v^2}{R_r^2 + X_s^2} \approx \frac{3 v^2}{\Omega_s R_r} = \frac{3 \times 230^2}{104,7 \times 17} = \underline{\underline{89 \text{ Nm}}} \quad (3)$$

au freinage

$$T_{em} = \frac{3 \times 2 \times 230^2}{\Omega_s \cdot R_r} = \underline{\underline{178,3 \text{ Nm}}}$$

B15 : $Id = 3,5 \text{ A}$ $R_r = 10 \Omega$

au démarrage $T_{em} \approx \frac{3g v^2}{\Omega_s \cdot R_r} = \frac{3 \times 230^2}{104,7 \cdot 10} = \underline{\underline{151,6 \text{ Nm}}}$

au freinage $T_{em} = \frac{3g v^2}{\Omega_s R_r} = \frac{3 \times 2 \times 230^2}{104,7 \times 10} = \underline{\underline{303 \text{ Nm}}}$

B16

cette solution ne convient pas car le couple de freinage dépasse 200 Nm

B2 Etude des moteurs de translation en régime établi

B21: le moteur à 3 paires de pôles car la vitesse de synchronisme est de 1000 tr/min : 6 pôles

B22 $g = \frac{1000 - 945}{1000} = 0,055 = \underline{\underline{5,5\%}}$

B23 $T_{u,m} = \frac{P}{\Omega} = \frac{22000}{2\pi \times \frac{945}{60}} = \underline{\underline{222 \text{ Nm}}}$

B24 Le moteur fonctionne en "sous régime"

B25 En régime établi $P_u = T_u \cdot \Omega_r$ avec $T_u = T_r$

$$P_u = 19 \times 2\pi \times \frac{945}{60} = \underline{\underline{1880 \text{ W}}}$$

B26 $P_u = \frac{P_a}{1-g} = \underline{\underline{1990 \text{ W}}}$

B27 $P_a = P_e$ car on néglige les pertes fer et les pertes joule stator (non considérées dans le modèle équivalent)

$P_a = \underline{\underline{1990 \text{ W}}}$

B28 $\Sigma \text{ Pertes} = 110 \text{ W}$ B29 ce sont les pertes joule rotor

La puissance utile sert à compenser les frottements lors du déplacement du pont

B3. Energie consommée par une étape de fonctionnement du pont

B31

$W_c = \frac{1}{2} J \Omega_M^2$

car il y a 2 moteurs

$W_c = \frac{1}{2} \times 4,6 \times 99^2 = \boxed{22,5 \text{ kJ}}$

B32

1) au démarrage $g = 1$
2) $W_r = \left| \frac{1}{2} J \Omega_0^2 (g_f^2 - g_i^2) \right| = \boxed{25,1 \text{ kJ}}$

3) Pour chaque moteur il faut fournir 22,5 + 25,1 = 47,6 kJ donc pour les 2 moteurs il faut fournir $\boxed{95,2 \text{ kJ}}$ pour un démarrage

4) à l'arrêt ou arrête $g = 1$
5) $W_f = \left| \frac{1}{2} J \Omega_0^2 (g_f^2 - g_i^2) \right| \times 2 = \left| 4,6 \times 104,7^2 \left(\frac{1^2 - 2^2}{2} \right) \right| \times 2 = \boxed{151,3 \text{ kJ}}$

Pour les deux moteurs.

6) L'énergie cinétique du pont est $W_c = 2 \times 22,5 = 45 \text{ kJ}$

Le réseau fournira une énergie $W_{fr} = W_f - W_c = 151,3 - 45$

$\boxed{W_{fr} = 106,3 \text{ kJ}}$

B4 Bilan énergétique sur un cycle de fonctionnement:

B41 Il y a 6 phases de démarrage

$W_{dT} = 6 \times 95 = \underline{\underline{570 \text{ kJ}}}$

B42

$W_{fT} = 6 \times 105 = \underline{\underline{630 \text{ kJ}}}$

B43

$W_{eT} = 1990 \times 98 = \underline{\underline{195 \text{ kJ}}}$

B44

$W_{tot} = 570 + 630 + 195 = \boxed{1395 \text{ kJ}}$

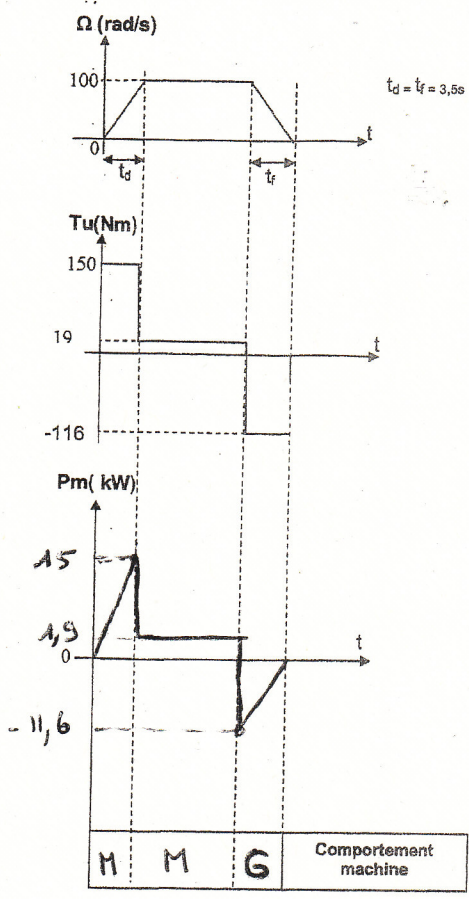
B45

Le sont les phases de démarrage et d'arrêt qui sont consommatrices d'énergie

© Etude de la solution proposée

C1 Puissances de Freinage et de démarrage.

C11



C12

C121 $P_{fmax} = -116 \times 100 = -11,6 \text{ kW}$ (5)
 C122 $P_{fmoj} = \frac{P_{fmax}}{2} = -5,8 \text{ kW}$

C13

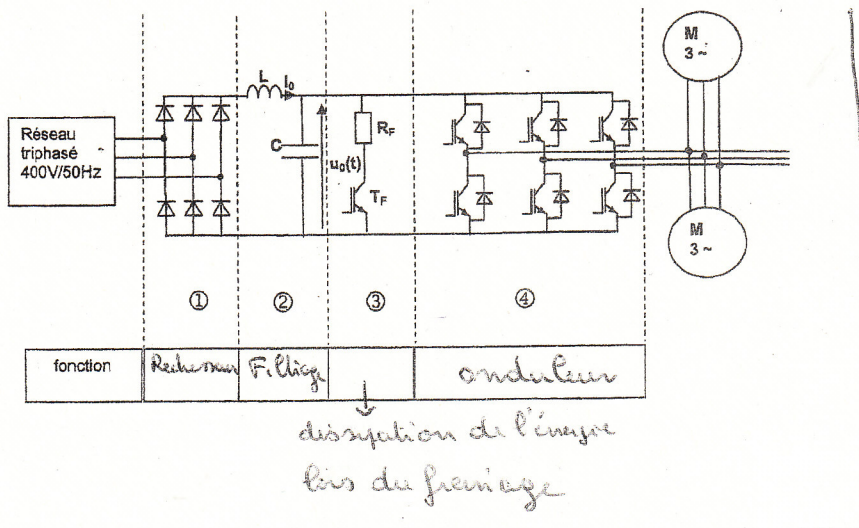
La Puissance max utile du moteur est $P_{max} = 15 \text{ kW}$
 La Puissance utile moy est de $\frac{P_{max}}{2} = 7,5 \text{ kW}$
 La Puissance moyenne consommée par le moteur pendant le démarrage
 $P_d = \frac{P_u}{\eta} = \frac{7,5}{0,6} = 12,5 \text{ kW}$

C14

Voir document réponse

C2 Constitution du variateur de vitesse - réversibilité

C21



C22

C221: Le pont redresseur est un pont à diodes qui n'est pas réversible donc il ne peut y avoir régénération par le réseau

C222

Si le transistor est bloqué lors d'une phase de freinage l'énergie fournie par les machines fonctionnant en génératrice est absorbée

par le condensateur: son énergie augmentant ($W = \frac{1}{2} C U_0^2$), la tension à ses bornes augmente.

C223: lorsque l'interrupteur est fermé le condensateur se décharge donc la tension diminue

C224 $W_{cond} = \frac{1}{2} C (U_{omax}^2 - U_{omin}^2) = \frac{1}{2} \times 2 \cdot 10^{-3} \times (785^2 - 540^2)$

$W_{cond} = 324,6 \text{ J}$

C225: nombre de cycles en 3,5s

(6)

$$M = \frac{45000}{324,6} = 138,6 \approx 139 \text{ cycle}$$

C226: $f_H = \frac{M}{3,5} = \underline{\underline{39,6 \text{ Hz}}}$

$$T_H = \underline{\underline{25,2 \text{ ms}}}$$

C227: $P = 324,6 \times f = \underline{\underline{12854 \text{ W}}}$

C23: Le réseau doit fournir de la puissance au démarrage et régime établi

C3: Consommation énergétique

C31: Energie fournie sur un cycle.

$$W = 525 + 438 = \underline{\underline{963 \text{ kJ}}}$$

C32: On consomme 1395 kJ dans la 1^{ère} solution, et 963 kJ pour la 2^{ème} solution.

Dans la 1^{ère} solution on consomme beaucoup d'énergie lors des arrêts et peu dans les phases à vitesse constante

Dans la 2^{ème} solution on ne consomme pas d'énergie lors des arrêts et 2 fois plus dans les phases à vitesse constante

Pour les démarrages les consommations sont similaires