

A)

A-1A-1.1

a)

$$P_t = S_{cx} \cdot V^2$$

$$V = 110 \text{ km/h}$$

$$V = \frac{110 \times 1000}{3600} = 30,555 \text{ m/s}$$

$$P_t = 15 \times 30,555^2 = 14 \text{ kW}$$

b)

$$\eta = \frac{P_t}{P_{\text{moteur}}} \Rightarrow P_{\text{moteur}} = \frac{P_t}{\eta} = \frac{14}{0,182} = 17 \text{ kW}$$

$$d = 52 \text{ cm} \quad \text{pour } n = 110 \text{ km/h} \text{ on a } n = 8100 \text{ tr/min}$$

A-1.2

a)

$$\Omega_r = \frac{V}{r} = \frac{30,555}{\frac{52 \times 10^{-1}}{2}} = \frac{30,555}{0,26} = 117,52 \text{ rad/s}$$

b)

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 8100}{60} = 848,17 \text{ rad/s}$$

c)

$$k = \frac{\Omega}{\Omega_r} = \frac{848,17}{117,52} = 7,22$$

A-2 Batterie

$$\text{A-2.1} \quad U_m = 2 \times 315 \text{ V} = 7 \text{ V}$$

A-2.2

La batterie contient 180 éléments, chaque module contient 6 éléments $\Rightarrow$ on a 30 modules dans la batterie, la tension U_0 à ses bornes vaut $U_0 = 7 \text{ V} \times 30 = 210 \text{ V}$

$$W_{\text{batt}} = 24 \text{ kWh}$$

A-2.3

a)

$$W_{\text{élément}} = \frac{W_{\text{batt}}}{180} = \frac{24 \times 10^3}{180} = 133,33 \text{ Wh}$$

b)

$$Q_{\text{élément}} = \frac{W_{\text{élément}}}{U_{\text{élément}}} = \frac{133,33}{3,5} =$$

$$\boxed{Q_{\text{élément}} = 38 \text{ Ah}}$$

A.24

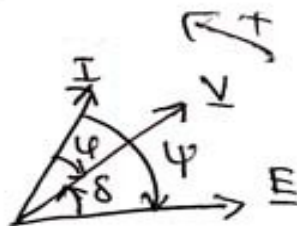
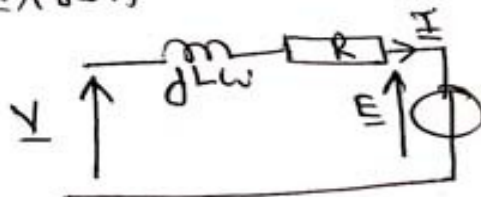
$$a) t_{batt} = \frac{W_{batt}}{P_{batt}} = \frac{24}{20} = 1,2 \text{ h}$$

$$b) d = v \times t = 110 \times 1,2 = 132 \text{ km}$$

B) étude du moteur

$p_{mec} = p_{Fs} = 0 \text{ W}$
 $p = 4$, 8 stator couple en étoile, $I_N = 155 \text{ A}$
 $I_n = 185 \text{ A}$ (courant nominal)

B.1



① - $r = 0,106 \, \Omega$ (résistance en 2 phases)

② - A vide pour $n = 1500 \text{ tr/min} \Rightarrow V = 37 \text{ V}$
 (entraîné par un moteur auxiliaire)

③ - en mode moteur pour $n = 1500 \text{ tr/min}$ avec $\varphi = 0$ et
 $I = I_n = 185 \text{ A}$ et $V = 49 \text{ V}$

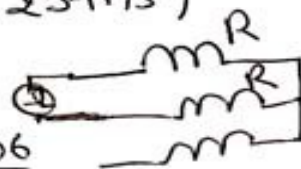
B.1.1 $n = \frac{f}{p} \Rightarrow f = p \times n = \frac{4 \times 25}{60} = 100 \text{ Hz}$
 ($n = 1500 \text{ tr/min} = 25 \text{ tr/s}$)

B.1.2

$$r = 0,106 \, \Omega$$

$$r = 2R \Rightarrow R = \frac{r}{2} = \frac{0,106}{2}$$

$$R = 0,053 \, \Omega$$



B.1.3 $E = A \Omega$

$$a) A = \frac{E}{\Omega}$$

a vide $V = E = 37 \text{ V}$
 $n = 1500 \text{ tr/min} \Rightarrow \Omega = \frac{2\pi n}{60}$
 $\Omega = 157 \text{ rad/s}$

$$A = \frac{37}{157} = 0,2356 \text{ V rad}^{-1} \text{ s}$$

$$b) E = K \cdot N \cdot \dot{\Phi}$$

$$E = K \cdot N \cdot \Phi \times f$$

$$= K \cdot N \cdot \Phi \times p \times n$$

$$E = \left(K \cdot N \cdot \Phi \cdot p \times \frac{60}{2\pi} \right) \times \Omega$$

K: coefficient de Kapp

flux induit $\Phi = i \cdot l_e$ (car moteur est à aimants permanents)

N: Nbre de conducteurs

à vide

A est bien une constante

B.1.4

a) $\underline{V} = j\omega L \underline{I} + R \underline{I} + \underline{E}$

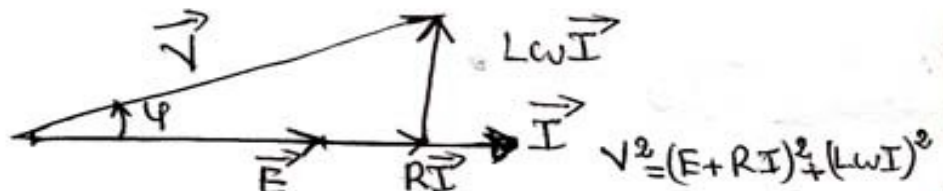
b)

ex 3

$\psi = (\underline{I}, \underline{E}) = 0$

$I = I_n = 185 \text{ A}$

$V = 49 \text{ V}$



c) $L\omega I = \sqrt{V^2 - (E + RI)^2}$

$L = \frac{\sqrt{V^2 - (E + RI)^2}}{\omega I}$

$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 100$
 $= 628 \text{ rad/s}$

$I = I_n = 185 \text{ A}$
 $V = 49 \text{ V}$

$n = 1500 \text{ tr/min}$
 $\downarrow$
 $\omega = 157 \text{ rad/s}$

$E = A \times \omega = 37 \text{ V}$

$L = \frac{\sqrt{49^2 - (37 + 0.03 \times 185)^2}}{628 \times 185} = 0.209 \text{ mH}$

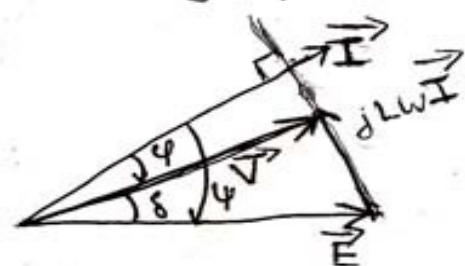
Hypo: R négligeable et $L = 0.21 \text{ mH}$ et $A = 0.24 \text{ Wb}$

B.2

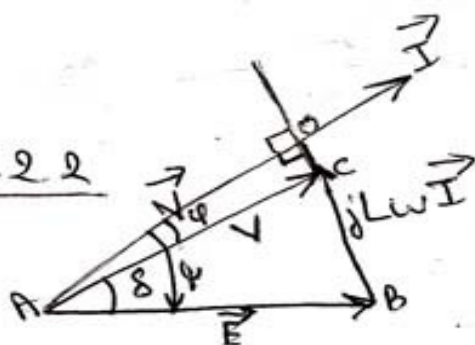
B.2.1 $0 < \psi < \pi/2$

$\underline{V} = j\omega L \underline{I} + \underline{E}$

$\psi = (\underline{I}, \underline{E})$
 $\varphi = (\underline{I}, \underline{V})$
 $\delta = (\underline{V}, \underline{E})$



B.2.2



$$\triangle AOC \Rightarrow \cos \varphi = \frac{OA}{AC} = \frac{OA}{V}$$

$$\Rightarrow \boxed{OA = V \cos \varphi} \quad (1)$$

$$\text{triangle } AOB \Rightarrow \cos \varphi = \frac{OA}{AB} = \frac{OA}{E} \Rightarrow \boxed{OA = E \cos \varphi} \quad (2)$$

$$\text{donc } \boxed{OA = V \cos \varphi = E \cos \varphi}$$

$$\text{B-2.3 } P_a = 3 V I \cos \varphi = 3 I \underbrace{V \cos \varphi}_{OA} = 3 I \cdot E \cos \varphi$$

$$\boxed{P_a = 3 V I \cos \varphi = 3 E \cdot I \cos \varphi}$$

B-2.4

$$C = \frac{P_M}{\Omega}$$

$$P_M = P_a - \underbrace{p_{ss}}_{\substack{= \\ \text{car } R=0}} - \underbrace{p_F}_{=0} - \underbrace{p_{mec}}_{=0}$$

$$P_M = P_a$$

$$\text{car } R=0$$

$$\text{avec } E = A \times \Omega$$

$$C = \frac{3 E \cdot I \cos \varphi}{\Omega}$$

$$C = \frac{3 \cdot A \cdot \Omega \cdot I \cos \varphi}{\Omega}$$

$$\Rightarrow \boxed{C = 3 \cdot A \cdot I \cos \varphi}$$

$$C) \quad C = 3 \cdot A \cdot I \cos \varphi$$

$$\text{C-1 } \varphi = 0$$

C-1.1 $C = 3 A \cdot I \cos \varphi$, pour une intensité efficace I donnée, le couple est maximal quand $\cos \varphi$ est maximal,

ceci est vrai pour $\varphi = 0$

C-1.2

Dans ce cas (si on maintient $\varphi = 0$) le couple ne dépend que l'intensité efficace du courant I .

$$\text{C-1.3 } \varphi = 0, I = I_N = 155 \text{ A et } n = 1500 \text{ tr/min}$$

$$a) \quad C = 3 \cdot A \cdot I \cos \varphi = 3 \times 0,124 \times 155 \times \cos 0 = 11,6 \text{ Nm}$$

b)



$$\varphi = (\vec{I}, \vec{E}) = 0^\circ$$

c)

$$V = \sqrt{E^2 + (L\omega I)^2}$$

$$E = A \times \Omega = 0,124 \times 157 = 37,17 \text{ V}$$

$$V = \sqrt{37,17^2 + (0,00024 \times 628 \times 155)^2} = 42,9 \text{ V}$$

$$d) \quad \tan \varphi = \frac{L\omega I}{E} \Rightarrow \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega I}{E}\right)$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{0,00021 \times 628 \times 155}{37,7}\right) = 28,26^\circ$$

C.2 : commande à φ variable.

C.2.1 $\varphi \neq 0$

Pour $n = 5000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, $\varphi = -59^\circ$ et $I = I_N = 155 \text{ A}$

$$a) \quad C = 3 \cdot A \cdot I \cos \varphi = 3 \times 0,124 \times 155 \times \cos(-59^\circ)$$

$$C = 57,15 \text{ Nm}$$

$$b) \quad f = p \times n \quad n = 5000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 4 \times \frac{5000}{60} = 333,33 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi \times f = 2093,33 \text{ rad/s}$$

$$c) \quad E = A \times \Omega \quad \Omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 5000}{60}$$

$$E = 0,124 \times 523,56 \quad \Omega = 523,56 \text{ rad/s}$$

$$E = 125,65 \text{ V}$$

$$L\omega I = 0,121 \cdot 10^{-3} \times 2093,33 \times 155 = 68,14 \text{ V}$$

$$d) \quad jL\omega I + E = \underline{V} \quad L\omega I = 68,14 \text{ V} \quad (3,4 \text{ cm})$$

$$\varphi = (\vec{I}, \vec{E}) = -59^\circ \quad E = 125,65 \text{ V} \quad (6,25 \text{ cm})$$

voir diagramme vectoriel sur le document réponse 1

$$e) \quad V = 4,4 \text{ cm} \times 20 \text{ V/cm} = 88 \text{ V}$$

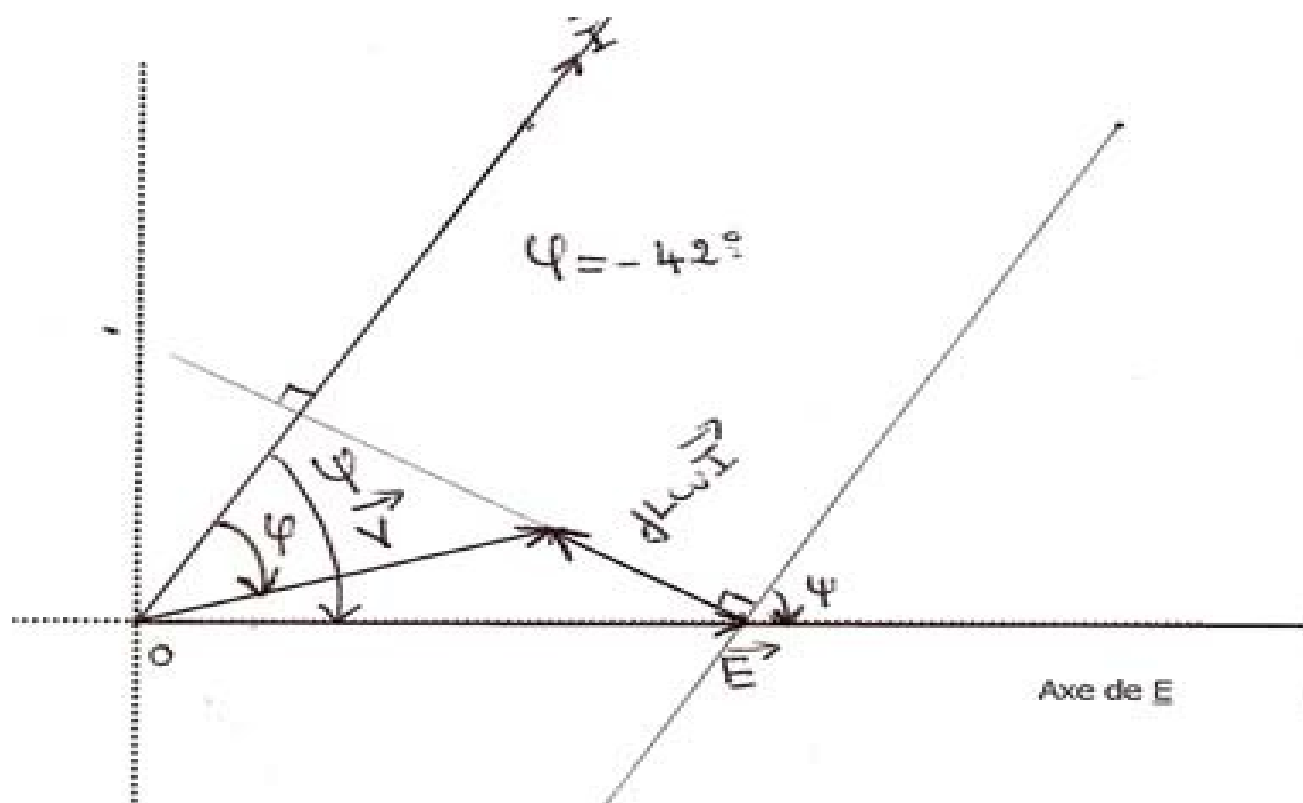
$$\varphi = -42^\circ$$

C.2.2 Pour $0 < n < 2000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

le couple reste constant

$$P_M = C_M \times \Omega \Rightarrow C_M = \frac{P_M}{\Omega}$$

Pour $2000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \leq n \leq 8000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, le moteur fonctionne à puissance utile constante.



Document réponse 2

