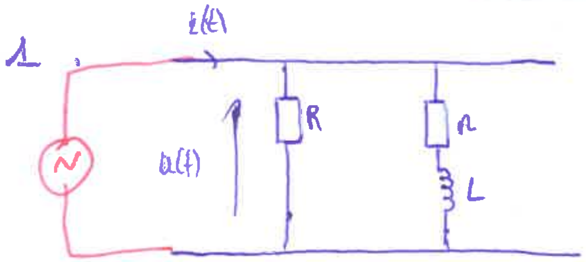
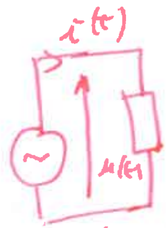
Exercice n° 1 TD n° 25 Groupe 6

Très bon travail !

1.



$\equiv$



$Z_{éq}$ montage inductif $\simeq R_i + jL\omega_i$

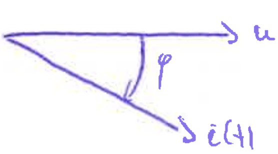
et $\tan\varphi = \frac{L\omega i}{Ri} > 0$

donc $\varphi > 0$.

D'après l'énoncé

2. φ = arg ($Z_{éq}$) = déphasage de u(t) / i(t). Or ici, u(t) est la référence des phases (montage en parallèle) ⇒ $-\varphi$ = déphasage de i(t) / u(t)

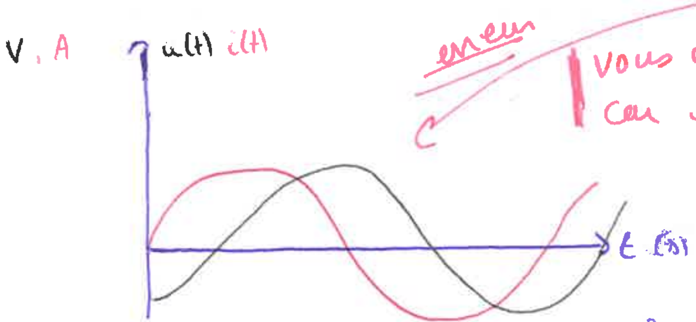
on a donc



(Le courant i(t) est en retard par rapport à u(t). B
oui

erreur

Vous avez dessiné i(t) en avance sur u(t) car i(t) atteint son max avant u(t)



3. La puissance totale de l'installation est $P = P_{r-L} + P_R = P_{r-L} + \frac{U_{eff}^2}{R}$

Or en mode froid $R \to \infty$ donc $P_R = 0$ ⇒ $P_{r-L} = P_F = 520$ W B

donc $P = P_F + \frac{U_{eff}^2}{R} \Leftrightarrow (P - P_F)R = U_{eff}^2 \Leftrightarrow \boxed{R = \frac{U_{eff}^2}{P - P_F}}$

$$\boxed{R_I = \frac{230^2}{2800 - 520} = 23,2\ \Omega} \quad \text{B}$$

et

$$\boxed{R_{II} = \frac{230^2}{10000 - 520} = 5,6\ \Omega} \quad \text{B}$$

4. En mode froid $P = P_F = P_{r-L} = Re(Z) I_{eff}^2 = Re(Z)\frac{U_{eff}^2}{|Z|}$

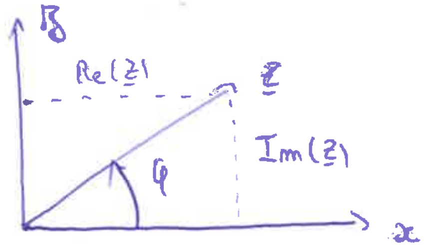
or $Z = r + jL\omega$ ⇒ $Re(z)\frac{U_{eff}^2}{|Z|} = \frac{r}{r^2 + (L\omega)^2} U_{eff}^2$ $= \mathcal{R}(\underline{Y})\, U_{eff}^2$

donc $P_F = \frac{r}{r^2 + (L\omega)^2} U_{eff}^2 \Leftrightarrow r^2 + (L\omega)^2 = \frac{U_{eff}^2}{P_F} r = \frac{230^2}{520} r = 102 r$

donc finalement $\boxed{r^2 + (L\omega)^2 = 102\, r}$ TB

{ autre méthode $\underline{Y} = \frac{1}{r + jL\omega} \to \mathcal{R}(\underline{Y})$)

5.



$$\tan \varphi = \frac{Im(\underline{Z})}{Re(\underline{Z})}$$

$$\underline{Z} = \frac{1}{\frac{1}{r+jL\omega} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{R+r+jL\omega}{rR+jLR\omega}} = \frac{rR+jLR\omega}{R+r+jL\omega}$$

$$\frac{(rR+jLR\omega)(R+r-jL\omega)}{(R+r+jL\omega)(R+r-jL\omega)} = \frac{r^2R + R^2r + L^2R\omega^2 + jrRL\omega + jLR^2\omega - jL\omega rR}{R^2+r^2 - L^2\omega^2 + 2rR}$$

$$= \frac{r^2R + R^2r + L^2R\omega^2}{R^2+r^2-L^2\omega^2+2rR} + j\,\frac{rRL\omega + LR^2\omega - L\omega rR}{R^2+r^2-L^2\omega^2+2Rr}$$

donc $$\frac{Im(\underline{Z})}{Re(\underline{Z})} = \frac{rRL\omega + LR^2\omega - L\omega rR}{r^2R + R^2r + L^2\omega^2 R} = \frac{\cancel{R}(\cancel{rL\omega} + LR\omega - \cancel{L\omega r})}{\cancel{R}(r^2 + Rr + L^2\omega^2)} = \frac{LR\omega}{Rr+r^2+(L\omega)^2}$$

finalement $$\boxed{\tan \varphi = \frac{LR\omega}{Rr + r^2 + (L\omega)^2}}$$

{ autre méthode $\varphi = \arg \underline{Z} = -\arg \underline{Y}$
avec $\underline{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{r+jL\omega}$ ...
peut être un peu moins de calculs.

6. On connait φ_{II} et on cherche φ_F et φ_I :

$$\frac{\tan \varphi_I}{\tan \varphi_{II}} = \frac{L\omega R_I(R_{II}r + 102r)}{L\omega R_{II}(R_I r + 102r)} = \frac{R_I}{R_{II}} \cdot \frac{R_{II}+102}{R_I+102} = 3{,}56$$

$$\Rightarrow \tan \varphi_I = 3{,}56 \times \tan(\varphi_{II}) = 3{,}56 \times \tan(49) = 4{,}09$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi_I = \arctan(4{,}09) = 76{,}2°}$$ B

De même $\frac{\tan \varphi_{II}}{\tan \varphi_F}$ avec $\tan \varphi_F = \frac{Im(\underline{Z})}{Re(\underline{Z})}$ et $\underline{Z} = r + jL\omega$ $\Rightarrow \boxed{\tan \varphi_F = \frac{L\omega}{r}}$

donc $$\frac{\tan \varphi_{II}}{\tan \varphi_F} = \frac{L\omega R_{II}}{L\omega} \cdot \frac{r}{R_{II}r + 102r} = R_{II} \cdot \frac{1}{R_{II}+102} = \frac{5{,}6}{5{,}6+102} = 0{,}052$$

donc $$\tan \varphi_F = \frac{\tan \varphi_{II}}{0{,}052} = \frac{\tan(49°)}{0{,}052} = 22{,}1$$

Finalement, $$\boxed{\varphi_F = \arctan(22{,}1) = 87{,}4°}$$ B

Groupe 7

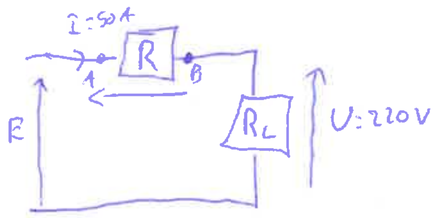
Ex II TD 25

$R = \frac{2\rho l}{S} = 12,8\,\Omega$.

R représente la résistance des lignes

R_L la résistance de charge.

1)



On a $U_R = V_A - V_B$ avec V_A le potentiel au point A

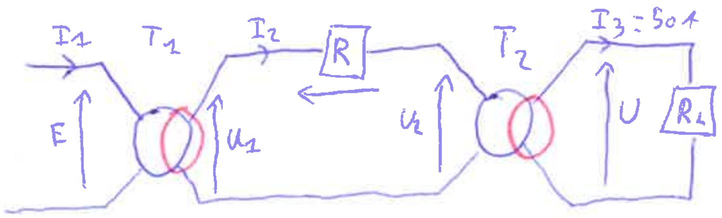
$RI = E - U$ $\quad$ V_B au point B

Ainsi $E = RI + U$ or $R = \rho \times \frac{l}{S}$ avec ρ la résistivité

$[E = \rho \times \frac{lI}{S} + U]$ ← car 2 fil dans la ligne

A.N : $E = 1,8\times10^{-8} \times \frac{40\times10^{3}}{10^{-4}} \times 2 \times 50 + 220 = \cancel{540\,V}$ $\underline{860\,V}$

2)



* Pour le transformateur T_2, d'après les lois du transformateur :

· $\frac{U_2}{U} = m = 25$ car T_2 est un abaisseur de tension

Ainsi $U_2 = \cancel{25}\,U\,m$

{ ne mélangez pas expressions numériques et littérales

· $\frac{I_2}{I_3} = \frac{1}{m} \iff I_2 = \frac{I_3}{m}$

* Par application de la loi des mailles :

$U_1 = RI_2 + U_2 = R\frac{I_3}{\cancel{25}\,m} + \cancel{25}\,U\,m$

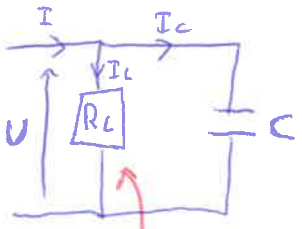
or Pour le transformateur 1, qui est un élévateur de ~~courant~~ tension :

$\frac{U_1}{E} = m = \cancel{25} \iff E = \frac{U_1}{\cancel{25}\,m}$

Ainsi $[E = R\frac{I_3}{25\times25} + U]$ A.N $E = 220,5\,V$

$= \frac{RI_3}{m^2} + U = \underbrace{\frac{12,8\times50}{25}}_{\simeq 1\,V} + 220 \simeq 1 + 220 \simeq 221\,V$ → le transport sous haute tension diminue fortement les pertes en lignes.

3) En bout de ligne :

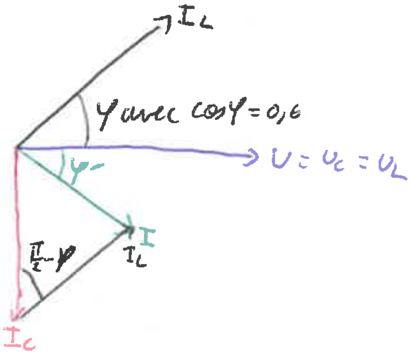


récepteur inductif

$\Rightarrow \underline{Z} = R + jL\omega = \frac{\underline{U}}{\underline{I}}$

$\arg \underline{Z} = \varphi \qquad \tan\varphi = \frac{L\omega}{R} > 0$

diagramme de Fresnel :



$\Rightarrow \varphi > 0 \Rightarrow u(t)$ en avance sur $i_L(t)$

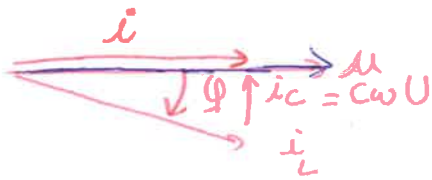
$\Rightarrow i_L(t)$ en retard sur $u(t)$

$\Rightarrow \varphi < 0$

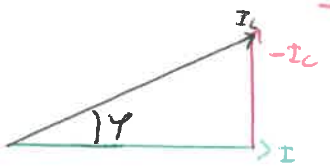
· d'après la loi des mailles :

$i(t) = i_C(t) + i_L(t)$

→ Non valable avec les grandeurs efficaces ⇒ Diagramme de Fresnel



• Nous voulons φ' = 0 :



→ déphasage entre i(t) et u(t).

· $\sin\varphi = \frac{I_C}{I_L} = \frac{C\omega U}{I_L} = \sqrt{1-\cos^2\varphi}$

$C = \frac{I_L}{2\pi f U}\sqrt{1-\cos^2\varphi}$

$= \frac{50}{2\pi \times 50 \times 220}\sqrt{1-0{,}6^2} = \underline{\underline{0{,}58\,mF}}$

et $\cos\varphi = \frac{I}{I_L} \qquad I = 50 \times 0{,}6 = \underline{\underline{30\,A}}$

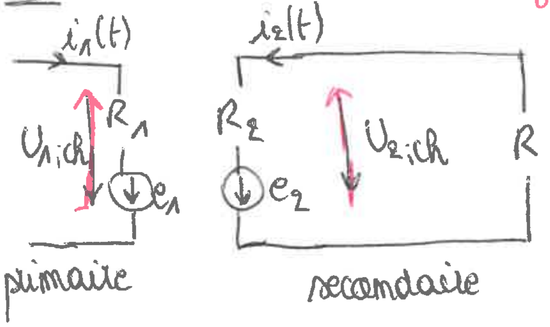
→ En présence du condensateur le courant délivré par la ligne n'est que de 30 A au lieu de 50 A en l'absence de C
soit une économie de 20 A

et un gain relatif de puissance : $\frac{P_{sans\,C} - P_{avec\,C}}{P_{sans\,C}}$

$= \frac{I^2_{sans\,c} - I^2_{avec\,c}}{I^2_{sans\,c}}$

$= \frac{50^2 - 30^2}{50^2} = \underline{\underline{64\,\%}}$

TD 25 : Exercice 3

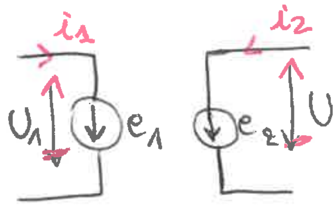


orienter les transformateurs en convention récepteur.

Définition de m

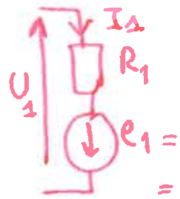
$$\boxed{m_{énoncé} = 0{,}12 = \frac{N_2}{N_1}}$$

1)



$U_2 = -e_2 = +24$ V

~~$m = ?$~~ $\frac{U_2}{U_1} =$ → pas possible ici puisque sans charge $I_2 = 0$



$I_1 = \frac{U_1 + e_1}{R_1}$

$e_1 = e_2/m = -U_2/m$

$I_1 = \frac{U_1 - U_2/m}{R_1}$

$\boxed{I_1 = 22\text{A}} = \frac{220 - 24/0{,}12}{9}$

* Sans charge, on calcule ~~m~~ :

$\cancel{m} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{24}{220} \simeq 0{,}11 \neq 0{,}12 = m$

valeurs proches cependant.

Ici, le rapport de transformation est déterminé en négligeant R_1 et R_2

* On utilise la loi des courants pour calculer I_1)

$\frac{I_2}{I_1} = +\frac{1}{m} \Longleftrightarrow I_1 = +mI_2 = -0{,}11 \times 6{,}3 \simeq -0{,}693$ A

valeur efficace

Or, $I_{1\,eff} = \frac{I_1}{\sqrt{2}} = \frac{-0{,}693}{\sqrt{2}} \simeq -0{,}49$ A. (… certe implicite…)

⚠ les grandeurs efficaces sont toujours positives.

⚠ ici vous calculez en charge, on vous demande I_1 sans charge.

2) En charge, R_1 et R_2 ne sont plus négligés

Donc $U_{2\,ch} = -e_2 + I_2R_2 = +24 - 6{,}3 \times 0{,}25 \simeq 22{,}4$ V — donc une chute de tension de $24 - 22{,}4 = 1{,}6$ V

3) Par définition, $U_{2\,ch} = -RI_2 \Longleftrightarrow R = \frac{U_{2\,ch}}{-I_2} = \frac{22{,}4}{6{,}3} \simeq 3{,}6\ \Omega$

($I_2 = -6{,}3$ A avec les conventions choisies)

4) Par définition,

$P_2 = U_{2\,ch}I_2 = 22{,}4 \times 6{,}3 \simeq 141{,}~~k~~W$

5) D'après la loi des courants, (valable en court circuit et en charge)

$\frac{I_2}{I_1} = -\frac{1}{m_{énoncé}} \Longleftrightarrow I_1 = -I_2\, m_{énoncé} = -0{,}12 \times (6{,}3) \simeq ~~+~~0{,}756$ A.

0,76 A (2CS)

grandeur efficace

~~(Or, $I_{1\,eff} = \frac{I_1}{\sqrt{2}} = \frac{-0{,}756}{\sqrt{2}} \simeq -0{,}53$ A)~~

6) $P_{Joule} = (\cancel{R} + R_2)I_2^2 + R_1I_1^2 = (3{,}6 + 0{,}25) \times 6{,}3^2 + 9 \times 0{,}756^2$

$\simeq$ ~~158 W~~ 15 W

(on ne s'intéresse qu'aux pertes Joule dans le transformateur. R = charge… reçoit de la puissance)

7) on détermine le rendement :

$$\eta = \cancel{\frac{P_2 - P_j - P_F + P_1}{P_2 + P_1} \simeq \frac{161,1 + 141,1 - 8 - 158}{161,1 + 141,1}} \simeq \cancel{0,45}$$

car $P_1 = U_{1ch} I_1$ avec $U_{1ch} = -R_1 I_1 + e_1$

8) Si $R = 0$, $P_{joule} = 0,25 \times 6,3^2 + 9 \times 0,756^2 \simeq 15$ W | oui

D'où $\cancel{\eta = \frac{P_1 + P_2 - P_F - P_3}{P_1 + P_2} \simeq} \underline{0,92}$

on cherche la puissance fournie par le générateur

$P_{géné} = P_{Joule} + P_{fer}$

$= 15 + 8 = \underline{23 W}$

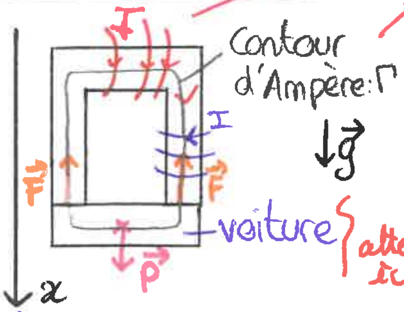
$$\eta = \frac{\text{Puissance reçue / charge}}{\text{Puissance cédée / source}} = \frac{R I_2^2}{R I_2^2 + R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + P_{fer}}$$

Puissance cédée / source = Puissance reçue / charge + Pfer + Penroulement

$$\eta = \frac{141}{141 + 15 + 8} = \frac{141}{164} = 0,86.$$

Exo IV TD 25 : mettre 1 bobine à orienter en fonction du sens de I

GROUPE 3



attention ! ici il n'y a pas d'entrefer !

masse de la voiture : $m_v = 1{,}5$ tonnes $= 1{,}5 \times 10^3$ kg
$S = 50\,cm^2 = 50 \times 10^{-4}\,m^2$
$\ell = 1\,m$
$\mu_r = 1500$
$N = 1000$ le nombre de spires

Determinons un ordre de grandeur de I minimal :
Pour soulever la voiture, il faut que la force ~~electromotrice~~ magnétique F soit supérieure au poids P : $\|\vec{F}\| > \|\vec{P}\| = \|m_v \vec{g}\|$ où $\|\vec{F}\| = \left|\dfrac{d\mathcal{E}_B}{dx}\right|$

Determination du champ magnétique dans l'entrefer :
Théorème d'Ampère : $\mathcal{C}_\Gamma(\vec{H}) = NI$
or $\mathcal{C}_\Gamma(\vec{H}) = \oint_\Gamma \vec{H}\,\vec{d\ell} = \int_{fer} H_f\,d\ell + \int_{entrefer} H_{entrefer}\,d\ell$

$$= H_f \ell + H_{entrefer}\,2x$$

donc $H_f \ell + H_{entrefer}\,2x = NI$

Le matériau est donc linéaire : $B = \mu_0\mu_r H$ car $\vec{H}$ colinéaire à $\vec{B}$

donc $H_f = \dfrac{B}{\mu_0\mu_r}$ et $H_{entrefer} = \dfrac{B}{\mu_0 \underbrace{\mu_r}_{=1}}$ car vide

Ainsi $\boxed{B = \dfrac{\mu_0 N I}{\frac{\ell}{\mu_r} + 2x}}$

Determinons l'énergie electromagnétique $\mathcal{E}_B$:

Par définition, $\boxed{\mathcal{E}_B = \frac{1}{2} L(x) I^2 = \frac{1}{2} \dfrac{\mu_0 N^2 S}{\frac{\ell}{\mu_r} + 2x} I^2}$

car $\Phi(\vec{B}) = L(x) I = NBS$

$$= NS\mu_0 \frac{NI}{\frac{\ell}{\mu_r} + 2x} = \frac{N^2 S \mu_0}{\frac{\ell}{\mu_r} + 2x} I$$

d'où $\boxed{L(x) = \dfrac{\mu_0 N^2 S}{\frac{\ell}{\mu_r} + 2x}}$

Puis, $F = \frac{d\mathcal{E}_B}{dx} = \frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}\frac{\mu_0 N^2 S}{\frac{l}{\mu_r}+2x} I^2\right)$

$$= \frac{1}{2} I^2 N^2 S \mu_0 \left(\frac{-2}{(\frac{l}{\mu_r}+2x)^2}\right)$$

Ainsi $\boxed{\vec{F} = \frac{-I^2 N^2 S \mu_0}{(\frac{l}{\mu_r}+2x)^2}}\ \vec{u_x}$

On veut $F > m_v g$

donc $\frac{I^2 N^2 S \mu_0}{(\frac{l}{\mu_r}+2x)^2} > m_v g$

donc $I > \sqrt{\frac{m_v g (\frac{l}{\mu_r}+2x)^2}{N^2 S \mu_0}}$

Or x est négligeable donc $\boxed{I > \sqrt{\frac{m_v g (\frac{l}{\mu_r})^2}{N^2 S \mu_0}}}$

Application numérique : $I > \sqrt{\frac{1{,}5\times10^3 \times 9{,}81 \times (\frac{1}{1500})^2}{1000^2 \times 50\times10^{-4} \times 4\times\pi\times10^{-7}}} = \boxed{1{,}02\,A}$

Ainsi, pour transporter la voiture il faut un courant $I = 1{,}02\,A$ au minimum

TB