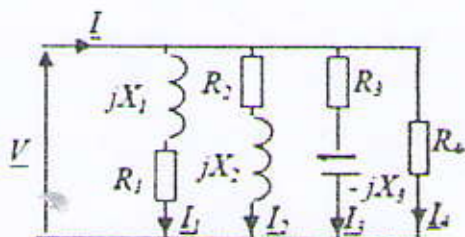


2ème A ST Génie Electrique Examen de rattrapage
d'Electrotechnique Durée : 02h 27/06/2012

Exercice 1 : Charge Monophasée (10points)

On considère la charge représentée sur la figure1 suivante :



$R_1 = 10\Omega$ $X_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$ $X_2 = 50\Omega$
 $R_3 = 10\Omega$ $X_3 = 20\Omega$;
 $R_4 = 50\Omega$
 $V = 230V$ $f = 50Hz$

- 1) Donner l'expression littérale des courants complexes \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{I}_3 et \underline{I}_4 .
- 2) Calculer alors les valeurs efficaces : I_1 , I_2 , I_3 , et I_4 .
- 3) Représenter rapidement sur un schéma sans échelle les vecteurs \underline{V} , \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{I}_3 et \underline{I}_4 .
- 4) Donner l'expression et calculer la valeur de la puissance active totale P consommée par l'ensemble.
- 5) Donner l'expression et calculer la valeur de la puissance réactive totale Q consommée par l'ensemble.
- 6) En déduire la valeur de la puissance apparente S, du facteur de puissance et du courant total I.
- 7) Le courant total \underline{I} est il en avance ou en retard par rapport à \underline{V} ? Comment le sait-on?
- 8) On souhaite construire un schéma équivalent parallèle de cette charge sous la forme représentée sur la figure 2-a.

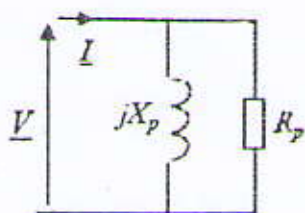


Figure 2-a

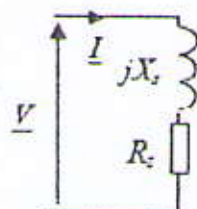


Figure 2-b

Calculer les valeurs de R_p et X_p permettant que cette charge consomme les mêmes puissances que celle de la figure 1.

9) Calculer également les valeurs de R_s et X_s permettant la même équivalence.

10) Calculer la valeur de la capacité du condensateur monté en parallèle sur la charge qui permet d'avoir un facteur de puissance de 0,96 AV.

S. Meziani

**2ème A ST Génie Electrique Examen de rattrapage
d'Electrotechnique Durée : 02h 27/06/2012**

Exercice 2 : Triphasé, charges étoiles (Y) et triangle (Δ) (10points)

On considère une charge triphasée équilibrée constituée de trois impédances identiques $\underline{Z} = Z \cdot e^{j\phi} = 10 + j \cdot 20$ (Ω) câblées en étoile sur un système de tensions triphasées (230 / 400) V.

- 1) Représenter le schéma électrique correspondant à ce système. Repérer sur ce schéma les tensions simples ($\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3$) et les tensions composées ($\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$).
- 2) Quelle relation relie les valeurs efficaces U et V de ces tensions ?
- 3) Calculer l'expression littérale et la valeur du courant efficace I absorbé par chaque phase.
- 4) Préciser la valeur du déphasage courant / tension sur chaque phase, déduire le facteur de puissance de la charge. Préciser alors les expressions et les valeurs des puissances active et réactive consommées par cette charge.
- 5) On souhaite relever ce facteur de puissance à la valeur 0,93 AR. Pour ce faire on place en tête de l'installation trois condensateurs C couplés en triangle. Représenter ce couplage sur un schéma clair. Calculer alors la valeur de C permettant d'obtenir le facteur de puissance global de 0,93 AR.

On considère à présent trois impédances $\underline{Z}' = Z' \cdot e^{j\phi} = 30 + j \cdot 60$ (Ω) câblées en triangle sur le même système de tensions triphasées. On appellera J' le courant de phase efficace circulant dans les impédances Z'. On appellera I' la valeur efficace du courant de ligne.

- 6) Représenter le schéma électrique correspondant à ce système. Repérer sur ce schéma les tensions composées ($\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$).
- 7) Quelle relation relie I' et J' ? Calculer alors les expressions et les valeurs de I' et J'.
- 8) Préciser l'expression et les valeurs des puissances active et réactive absorbées par cette charge.
- 9) Ces résultats auraient ils pu être prévisibles étant donnés les valeurs de \underline{Z} et \underline{Z}' ?
- 10) Représenter sur un diagramme de Fresnel les tensions simples ($\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3$), les tensions composées ($\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$) ainsi que les trois courants de ligne ($\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_3$). Il n'est pas nécessaire de respecter d'échelle précise mais en revanche de préciser sur le diagramme les grandeurs nécessaires à la compréhension.

J. Meziani

2ème A ST Génie Electrique Examen de rattrapage
d'Electrotechnique Durée : 02h 27/06/2012

Correction

Exercice 1 : Charge Monophasée

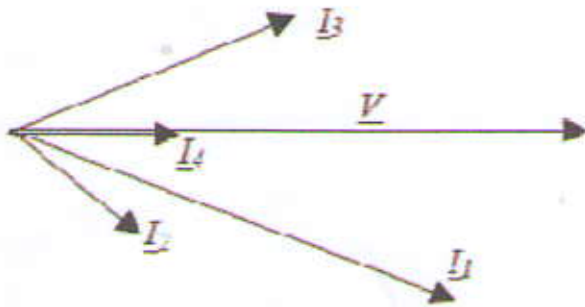
$$1) I_1 = \frac{V}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}, I_2 = \frac{V}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}, I_3 = \frac{V}{\sqrt{R_3^2 + X_3^2}}, I_4 = \frac{V}{R_4}$$

①

$$2) I_1 = 16,26A, I_2 = 4,27A, I_3 = 10,28A \text{ et } I_4 = 4,6A$$

①

3)



①

$$4) P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 = 5,12 \text{ kW}$$

①

$$5) Q = X_1 I_1^2 + X_2 I_2^2 - X_3 I_3^2 = 1,44 \text{ kVar}$$

①

$$6) S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 5,32 \text{ kVA} \quad \cos \varphi = \frac{P}{S} = 0,96 \quad I = \frac{S}{V} = 23,1A$$

①,5

7) $i(t)$ est en retard par rapport à $v(t)$. C'est indéniable car $Q > 0$.

①,5

$$8) P = \frac{V^2}{R_p} \Rightarrow R_p = \frac{V^2}{P} = 10,3 \Omega, \quad Q = \frac{V^2}{X_p} \Rightarrow X_p = \frac{V^2}{Q} = 36,7 \Omega$$

①

$$9) P = R_s F \Rightarrow R_s = \frac{P}{F} = 9,6 \Omega, \quad Q = X_s F \Rightarrow X_s = \frac{Q}{F} = 2,7 \Omega$$

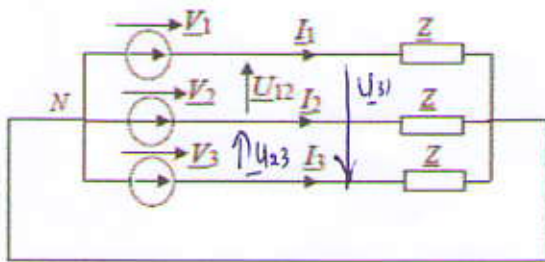
①

$$10) Q_c = -2 * Q = -U^2 * C * \omega \Rightarrow C = 173,3 \mu F$$

①

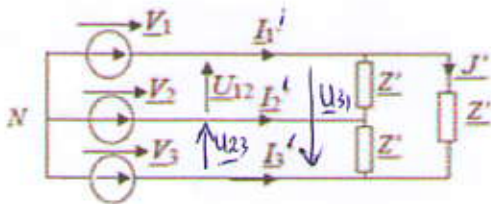
S. Mezziani

2^{ème} A ST Génie Electrique Examen de rattrapage
d'Electrotechnique Durée : 02h 27/06/2012



- 1)
2) $U = \sqrt{3} \cdot V$ (0,5)
3) $I = \frac{V}{Z} = \frac{230}{\sqrt{10^2 + 20^2}} = 10,28 \text{ A}$ (0,5)
4) $\varphi = \text{Arctan} \frac{20}{10} = 1,107 \text{ rad} = 63,4^\circ$ $P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi = 3172 \text{ W}$ (0,5) $Q = 3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi = 6340 \text{ VAR}$ (0,5)
 $\cos \varphi = 0,448 \text{ AR}$ (0,5)
5)

		$Q_c = -3 \cdot U^2 \cdot C \omega = P (\tan(\varphi') - \tan \varphi)$ $C = P (\tan(\varphi - \tan \varphi')) / 3 \cdot U^2 \cdot \omega$ $C = 33,72 \mu\text{F}$ (1) $C = 33,72 \text{ MF}$
--	--	--

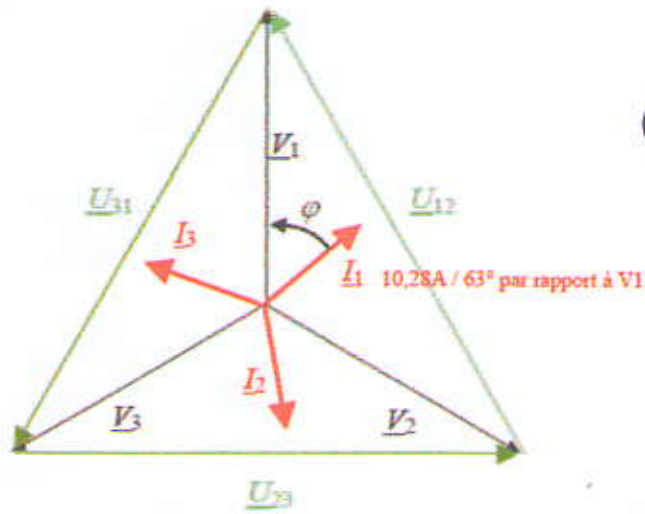


- 6) $I = \sqrt{3} \cdot J$ et $J = \frac{U}{Z} = \frac{400}{\sqrt{30^2 + 60^2}} = 5,96 \text{ A}$ ainsi : $I = \sqrt{3} \cdot J = 10,3 \text{ A}$ (1)
7) $P = 3 \cdot \text{Re}(Z) \cdot J^2 = 3 \cdot 30 \cdot (5,96^2) = 3190 \text{ W}$ $Q = 3 \cdot \text{Im}(Z) \cdot J^2 = 3 \cdot 60 \cdot (5,96^2) = 6394 \text{ VAR}$ (1)
9) Les puissances associées aux charges sont les mêmes aux arrondis de calcul près. C'est normal car ces deux charges sont les équivalents étoile / triangle ($Z_{\text{triangle}} = 3 \cdot Z_{\text{étoile}}$) (0,5)

S. Meziani

2ème A ST Génie Electrique Examen de rattrapage
d'Electrotechnique Durée : 02h 27/06/2012

10)



S. Meziani

Exercice1. Réseau monophasé en régime sinusoïdal (6points)

Un récepteur inductif est alimenté sous une tension sinusoïdale de 220V-50Hz.

1. Sachant que le courant et la puissance absorbés sont respectivement égaux à 45A et 7.5kW. Calculer :

1.1 La puissance apparente S,

1.2 La puissance réactive Q,

1.3 Le facteur de puissance F_p .

2. A l'aide d'un condensateur de capacité C, on relève le facteur de puissance à 0.95. Calculer :

2.1 La valeur de la capacité,

2.2 Le nouveau courant absorbé.

3. Le récepteur est relié à la source par une ligne ayant une résistance de 0.9Ω et une inductance de 5mH. Pour que le récepteur soit effectivement alimenté sous 220V, quelle doit être la tension aux bornes de la source

3.1 En l'absence du condensateur,

3.2 En présence du condensateur ?

Exercice2. Réseau triphasé en régime sinusoïdal (6points)

Trois condensateurs de capacité $C= 50 \mu F$ sont couplés en triangle. Ils sont alimentés par un réseau triphasé symétrique direct (380V/220V), 50Hz. Calculer :

1. L'intensité efficace J circulant dans chaque condensateur.

2. l'intensité efficace I du courant en ligne.

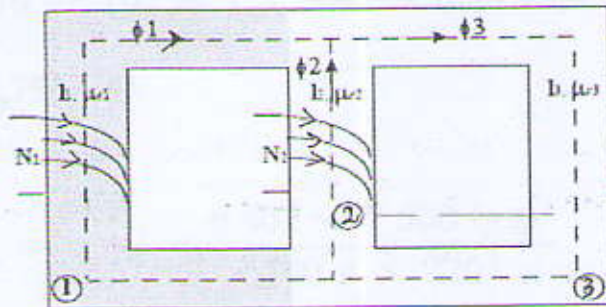
3. La puissance réactive du récepteur.

4. Représenter tous les phaseurs tensions et courants par un diagramme de Fresnel.

5. On remplace le récepteur précédent par trois autres condensateurs de capacité C' couplés en étoile. Calculer la capacité C' pour que la puissance réactive du second récepteur soit la même que celle du premier.

Exercice3. Magnétostatique(circuit magnétique) (5points)

Le circuit magnétique ci-contre est constitué de trois parties. Il a partout la même section $S=20\text{cm}^2$. Les longueurs moyennes des parties 1, 2 et 3 sont $l_1=l_3=30\text{cm}$; $l_2=10\text{cm}$. Les perméabilités relatives des parties 1,2 et 3 sont respectivement : $\mu_{r1}=1000$, $\mu_{r2}=3000$ et $\mu_{r3}=5000$. $N_1=100\text{spires}$ $N_2=200\text{spires}$



On suppose que le flux ϕ_1 créé par la bobine1 vaut 1mWb et le flux ϕ_2 créé par la bobine2 vaut 2mWb .

Déterminer la valeur des courants I_1 et I_2 dans les bobines1 et 2.

Questions de cours. Transformateur monophasé (3points)

1. Quel est le rôle d'un transformateur ?
2. Donner l'expression du rendement d'un transformateur ; en supposant que la tension secondaire V_2 et le facteur de puissance de la charge $\cos\varphi_2$ constants, donner l'expression littérale du courant secondaire I_2 qui correspond au rendement maximal du transformateur.

Ex: Réseau monophasé en régime sinusoïdal.

$$1.1. S = 220 \times 45 = 9\,900 \text{ VA} \quad (0,25+0,5)$$

$$1.2. Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{9,9^2 \cdot 10^6 - 7,5^2 \cdot 10^6} = 6\,462 \text{ var} \quad (0,25+0,5)$$

$$1.3. \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{7,5}{9,9} = 0,756 \text{ AR} \quad (0,25+0,5)$$

2.

$$2.1. C\omega U^2 = Q - Q' \Rightarrow C = \frac{6\,462 - 7\,500 \text{ tg } \varphi'}{100 \pi \times 220^2}$$

$$C \approx 263 \mu\text{F} \quad (0,25+0,5)$$

$$2.2. I' = \frac{P}{U \cos \varphi'} = \frac{7\,500}{220 \times 0,95} = 35,9 \text{ A} \quad (0,5+0,5)$$

3.

3.1. Aux bornes de la source :

$$\text{puissance active totale} = 7\,500 + 0,9 \times 45^2 = 9\,322 \text{ W} \quad (0,25)$$

$$\text{puissance réactive totale} = 6\,462 + 5 \cdot 10^{-3} \times 100 \pi \times 45^2 = 9\,643 \text{ var} \quad (0,25)$$

$$\text{d'où } U = \frac{\sqrt{9\,322^2 + 9\,643^2}}{45} = 298 \text{ V} \quad (0,5)$$

3.2. Même bilan mais en présence du condensateur :

$$\text{puissance active totale} = 7\,500 + 0,9 \times 35,9^2 = 8\,660 \text{ W} \quad (0,25)$$

$$\text{puissance réactive totale} = 7\,500 \text{ tg } \varphi' + 5 \cdot 10^{-3} \times \\ \times 100 \pi \times 35,9^2 = 4\,490 \text{ var} \quad (0,25)$$

$$\text{d'où } U = \frac{\sqrt{8\,660^2 + 4\,490^2}}{35,9} = 272 \text{ V} \quad (0,5)$$

Exercice 2. Réseau triphasé en régime sinusoïdal (6points)

1. Impédance d'un condensateur : $Z = 1/(C\omega)$ avec $\omega = 2\pi f = 314 \text{ rad/s}$.

$$Z = 1 / (50 \cdot 10^{-6} \cdot 314) = 63,7 \Omega \quad (0,5)$$

la tension est égale à U aux bornes de chaque condensateur ; chaque condensateur est traversé par l'intensité efficace J

$$J = U/Z = 380/63,7 = 5,97 \text{ A} \quad (0,5)$$

2. Intensité efficace en ligne :

$I = J \cdot \sqrt{3} = 5,97 \cdot \sqrt{3} = 10,3 \text{ A.}$

(1)

3. Puissance réactive du récepteur :

$Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi$ avec $\varphi = -\pi/2$.

(0,5)

4.

$Q = 1,732 \cdot 380 \cdot 10,3 \cdot (-1) = -6800 \text{ var.}$

(0,5)

5. Couplage étoile :

Si la puissance réactive est identique à -6800 var, alors l'intensité efficace en ligne est $I = 10,3 \text{ A}$; chaque condensateur est traversé par l'intensité efficace I d'où l'impédance $Z' = 220 / 10,3 = 21,36 \Omega$

$Z' = Z / 3$ donc $C' = 3C = 150 \mu\text{F.}$

(1)

4. Diagramme de Fresnel.

(2)

Ex. 3. Circuit magnétique.

$\Phi_3 = \Phi_1 + \Phi_2$

$B_1 = \Phi_1 / S$

$B_1 = 0,5 \text{ T}$

(0,5)

$B_2 = \Phi_2 / S$

$B_2 = 1 \text{ T}$

(0,5)

$B_3 = \Phi_3 / S$

$B_3 = 1,5 \text{ T}$

(0,5)

Application du théorème d'Ampère

$N_1 I_1 = H_1 l_1 + H_3 l_3$

(0,5)

$N_2 I_2 = H_2 l_2 + H_3 l_3$

(0,5)

Caractéristiques du matériau dans chaque branche

$H_1 = B_1 / (\mu_0 \mu_{r1}) = 500 \text{ A/m}$

(0,5)

$H_2 = B_2 / (\mu_0 \mu_{r2}) = 55 \text{ A/m}$

(0,5)

$H_3 = B_3 / (\mu_0 \mu_{r3}) = 239 \text{ A/m}$

(0,5)

On en déduit

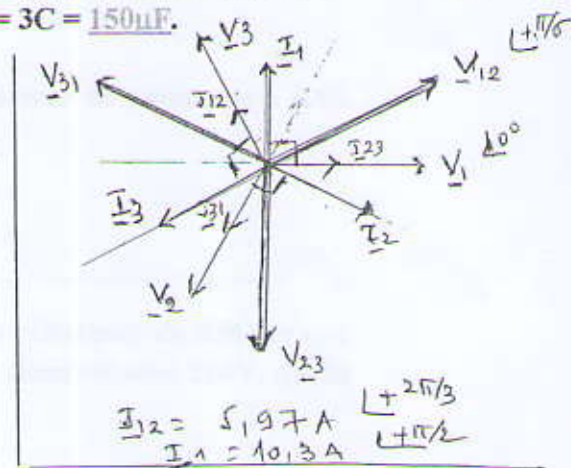
$I_1 = (H_1 l_1 + H_3 l_3) / N_1 = 1,91 \text{ A}$

(0,5)

et

$I_2 = (H_2 l_2 + H_3 l_3) / N_2 = 0,49 \text{ A}$

(0,5)

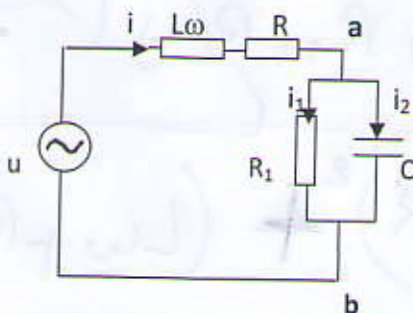


Questions de Cours (4pts)

- 1) Quelle est la loi des circuits magnétiques qui offre une analogie avec les circuits électriques. Définir chacun de ses paramètres.
- 2) Donner au moins deux grandeurs influant les pertes fer et citer une solution pour réduire ces pertes.
- 3) Exprimer le rapport entre le nombre de spires (N_1 et N_2) d'un transformateur parfait en fonction du rapport de tensions primaire et secondaire (U_1 et U_2), puis en fonction du rapport de courant primaire et secondaire (I_1 et I_2).

Exo1 : (6 pts Interrogation 1)

Soit le circuit ci-dessous avec : $C = 125 \mu\text{F}$, $R = 3 \Omega$, $L = 15\text{mH}$, $R_1 = 10 \Omega$, $f = 50\text{Hz}$ et $U = 110 \text{ V}$



- 1- Calculer l'impédance complexe du circuit.
- 2- Calculer l'intensité complexe \underline{I} .
- 3- Calculer l'intensité complexe \underline{I}_1 .
- 4- Quelles conditions doivent satisfaire les données pour que i_1 soit indépendant de R_1 .
- 5- Calculer le facteur de puissance du montage.
- 6- Donner la représentation de Fresnel (sans respect de l'échelle) de \underline{U} , \underline{I} , \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{U}_{ab}

Exo2 : (4 pts)

Une installation électrique est composée de 4 ensembles de charges en parallèle sur une tension alternative monophasée de 220 V 50Hz. On y trouve :

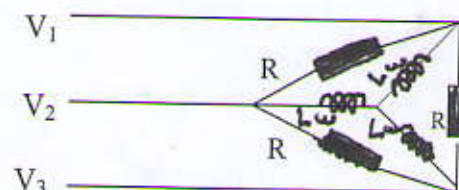
- 5 radiateurs de 200W (résistif)
- 6 lampes à incandescence 60W chacune.
- 2 moteurs absorbant un courant de 3 A avec un $\cos\phi = 0.65$
- Une charge capacitive $S = 0.5 \text{ kVA}$ $\cos\phi = 0.6$.

- 1) Quelle est la puissance active P et réactive Q consommée par l'installation.
- 2) Quel est le courant total absorbé ainsi que le facteur de puissance de l'installation.
- 3) On veut relever le facteur de puissance à 0.92. Quel sera alors la valeur du condensateur à placer en parallèle. Calculer le nouveau courant.
- 4) Quelle est la solution pour que le courant total soit en phase avec la tension.

Exo3 : (6 pts Interrogation 2)

Soit une source triphasée 220/380V 50Hz alimentant une charge équilibrée (figure ci dessous) avec $R=90\Omega$ et $L = 0.1\text{H}$.

- 1) Donner la représentation des tensions simples et composées ainsi que des courants en ligne (préciser les déphasages).
- 2) Calculer le courant en ligne.
- 3) Déterminer le facteur de puissance.
- 4) Calculer la puissance active et réactive
- 5) On désire relever le facteur de puissance à 0.9. Quelle est la valeur des capacités en étoile qu'on doit placer (Donner le schéma).



*Coaxial
E & L + Fresnel*

Questions de cours

- 1) Loi d'Hopkinson $Ni = R \cdot \Phi$ 0.5 pts
 Ni les ampères tours R la réluctance et Φ le flux magnétique. 0.5 pts
- 2) Les paramètres la fréquence et le volume du circuit magnétique ou B_M 0.5 + 0.5
 Pour réduire circuit en tôles mince 0.5 pts
- 3) $u = e_1 = N_1 d\Phi/dt$ et $u_2 = -e_2 = N_2 \cdot d\Phi/dt$
 $U_2 / U_1 = N_2 / N_1 = m$ 0.5 pts
 $N_1 \cdot i_1 - N_2 \cdot i_2 = R \cdot \Phi = 0$ ($R = 0$ transfo parfait)
 $N_2 / N_1 = I_1 / I_2 = m$ 1 pts

Exo1

Bobine $R + j\omega L$ C parallèle avec R_1 - $Z_{RC} = R_1 / (1 + jCR_1\omega)$ 0.25pts

$Z = j\omega L + R + R_1 / (1 + jCR_1\omega)$ 0.25pts

$= 11.73 \cdot e^{j6.4} \Omega$ 0.5pts

2) $i = U/Z = 110 \cdot e^{j0} / 11.73 \cdot e^{j6.4} = 9.38 \cdot e^{-j6.4} A$ 1 pts

3) $I = I_1 + I_2$ et $i_1 R_1 = i_2 / j\omega C$

$I_1 = I \cdot R_1 / (1 + jCR_1\omega)$

$I_1 = U / ((1 + jCR_1\omega)(j\omega L + R + R_1 / (1 + jCR_1\omega)))$

$= U / (-R_1 L \omega^2 + jR_1 R \omega + jL\omega + R_1 + R)$ 1 pts

4) I_1 independent de R_1 si :

- $L \omega^2 = 1$ et 0.75 pts
- $R \omega = 0$ - en pratique $R = 0$ 0.75 pts

5) $\cos \phi$ du montage = $\cos(\arctan(\text{im}/\text{réel } Z)) = 0.99$ 0.5 pts

2782 mettre e

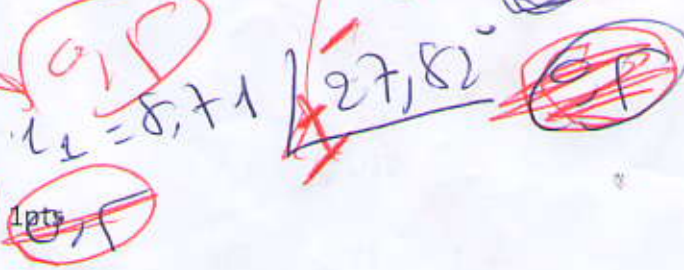
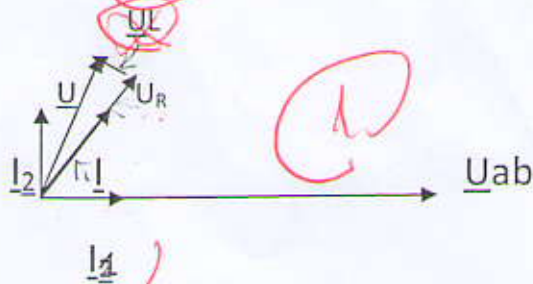
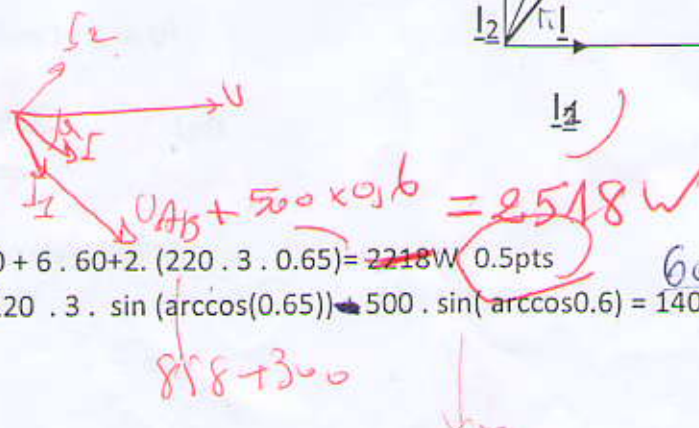


Diagramme de fresnel 1 pts



Exo2

- 1) $P = 5.200 + 6 \cdot 60 + 2 \cdot (220 \cdot 3 \cdot 0.65) = 2218 W$ 0.5pts
- $Q = 2 \cdot (220 \cdot 3 \cdot \sin(\arccos(0.65))) + 500 \cdot \sin(\arccos(0.6)) = 1403.11 \text{ var}$ 0.5pts



2) $S^2 = p^2 + Q^2 - S = 2624.54 \text{ VA}$

$I = S/V = 11.92 \text{ A}$

$S = 2598.22 \text{ VA}$
 ~~$S = 2298.53 \text{ VA}$~~ (0.5)

$I = 10.45 \text{ A}$

$\cos \phi = P/S = 0.84 \text{ AR}$ (0.5pts)

~~0.966~~
 0.969 AR

3) $C = P (\text{tg} \phi - \text{tg} \phi') / \omega V^2 = 32.67 \mu\text{F}$ (0.5pts)

$I' = S'/V = 10.95 \text{ A}$

0.5pts

imp. nulle (1pt)

4) $\cos \phi' = 1$ d'ou $Q' = 0$

$Q + Q_c = 0$ d'ou $C = Q / \omega V^2$

$C = 92.23 \mu\text{F}$

1pts

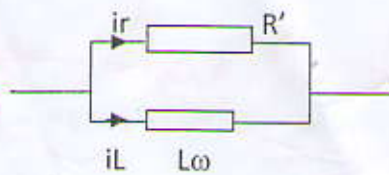
~~39.66~~ μF

Exo3

Transformation de des résistances en étoile. Dans chaque phase on trouve ;

$R' = R/3 = 30 \Omega$ + schéma en étoile

0.5pts



2) $I = I_r + I_L$

$I_r = V/R' = 220/30 = 7.31 \text{ A}$

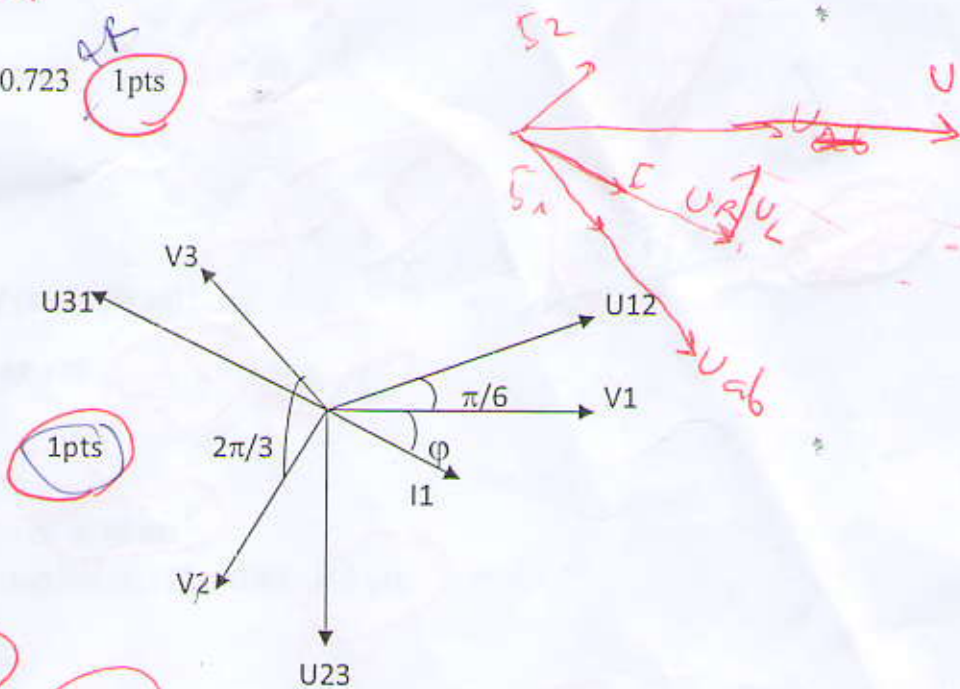
$I_L = V/L\omega = 220/10\pi = 10.13 \text{ A}$ (7A)

$I = 10.13 \text{ A}$

1pts

3) $\cos \phi = \cos(\arctan(R'/L\omega)) = 0.723$

1pts



1pts

6) $P = 3 \cdot R' \cdot I^2 = 9235.52 \text{ W}$ (0.5pts)

$Q = 3 \cdot V^2 / L\omega = 4.62 \text{ kvar}$

0.5 pts

7) $C = P (\text{tg} \phi - \text{tg} \phi') / 3 \cdot \omega V^2$

$C = 96.17 \mu\text{F}$

1pts

Schema 0.5 pts

7.31 4809.25

50.4 F