

Puissance en régime sinusoïdal

• **Application :**

Adaptateur d'impédances à composants réactifs.

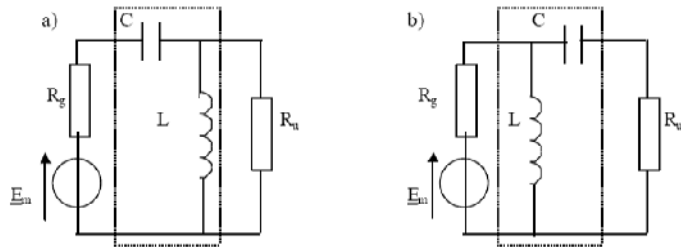
Pour transmettre une puissance maximale du générateur (E_m, R_g) à l'utilisation $R_u \neq R_g$, on intercale entre le générateur et l'utilisation un quadripôle réalisé avec une inductance et une capacité.

1. Montrer que la structure a) permet l'adaptation d'impédances souhaitée lorsque $R_u > R_g$.

Calculer L et C en fonction de R_u, R_g et ω pulsation du générateur, afin de réaliser un transfert maximal d'énergie.

2. Montrer que la structure b) permet cette adaptation lorsque $R_u < R_g$.

Calculer L et C en fonction de R_u, R_g et ω pulsation du générateur, afin de réaliser un transfert maximal d'énergie.

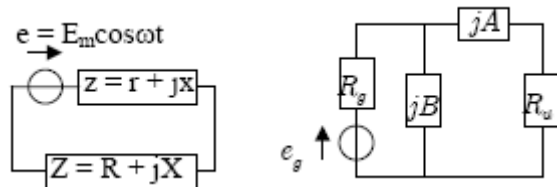


• **Exercices :**

Exo 1 :

Un générateur de force électromotrice $e = E_m \cos \omega t$ et d'impédance interne

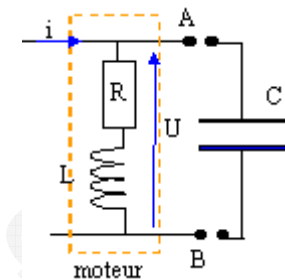
$$z = r + jx \text{ débite dans un dipôle d'impédance } Z = R + jX.$$



- 1) Exprimer la puissance P reçue par le dipôle d'impédance Z .
- 2) Comment faut-il choisir Z pour que cette puissance soit max.

3) On désire que la résistance R_u de la figure ci-contre reçoive la puissance maximum. Pour cela, on interpose entre elle et le générateur de fem e_g et de résistance interne R_g deux impédances imaginaires pures jA et jB . Calculer A et B

Exo 2 : Puissance moyenne consommée par un moteur électrique d'après ENAC



Un moteur M est alimenté par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence $f = 50$ Hz. Le moteur consomme une puissance moyenne $P_{\text{moy}} = 4,4$ kW ; son facteur de puissance est $\cos \varphi = 0,6$. $U = 220$ V.

Calculer l'intensité efficace I en ligne.

- Calculer R et L .

Le facteur de puissance du moteur est augmenté en connectant un condensateur de capacité C aux bornes du moteur. $U = 220$ V

- Que vaut C si $\cos \varphi = 0,9$.

- Quelle est la puissance moyenne absorbée par le moteur ?

- Quelle est l'intensité du courant I_1 en ligne ?

Exo 3 : Relèvement du facteur de puissance d'un moteur.

Un moteur M équivalent à un résistor de résistance R associé en série avec une bobine de coefficient d'auto-inductance L est alimenté en courant alternatif sinusoïdal de fréquence $f = 50$ Hz. Le moteur consomme une puissance moyenne $P = 4,4$ kW et son facteur de puissance est $\cos \varphi = 0,6$. On mesure entre ses bornes A et B une tension de valeur efficace $U = 220$ V.

1. Calculer le courant efficace I circulant dans la ligne.

2. Calculer R .

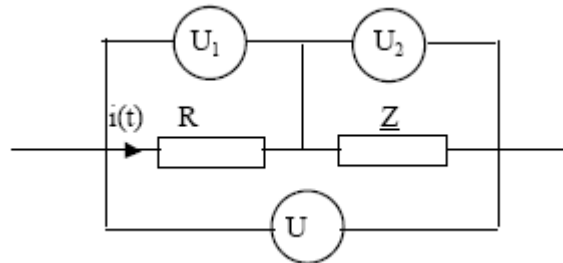
3. Calculer L .

Pour relever le facteur de puissance de l'installation, on connecte entre les bornes A et B un condensateur de capacité C . La tension mesurée aux bornes du moteur a toujours la valeur $U = 220$ V.

- Calculer la plus petite valeur de C pour que le nouveau facteur de puissance soit égal à 0,9. On utilisera pour cela la construction de Fresnel.
- Calculer la puissance moyenne P' absorbée par le moteur.
- Calculer le courant I' circulant dans la ligne

EXO 4 : méthode des trois voltmètres.

Pour mesurer la puissance active d'un dipôle, nous plaçons une résistance de valeur R connue en série avec le dipôle et nous disposons trois voltmètres comme indiqué sur le schéma suivant :



- Déterminer le facteur de puissance du dipôle en fonction des indications U , U_1 et U_2 des trois voltmètres.
- En déduire la puissance active P reçue par le dipôle en fonction de U , U_1 , U_2 et R .

Exo 5 : relèvement du $\cos\phi$.

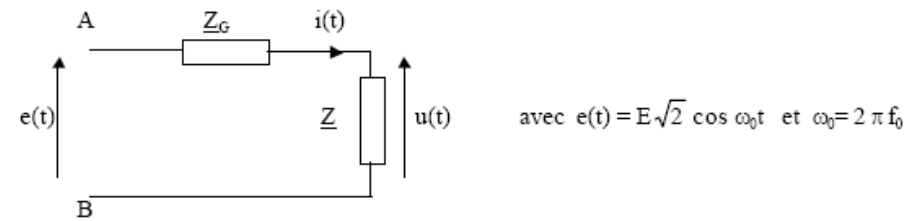
On considère l'installation en courant alternatif ayant les caractéristiques suivantes : fréquence $f = 50$ Hz, intensité efficace $I = 20$ A, tension efficace $U = 10^4$ V, puissance active $P = 120$ kW.

On demande de calculer le facteur de puissance de cette installation et de calculer la capacité qu'il faut mettre aux bornes pour annuler ce déphasage (on supposera que l'installation a une dominante inductive, ce qui fait que i est en retard sur u).

Exo 6 : adaptation d'impédances.

Si on connecte entre A et B deux impédances quelconques Z_G et Z , on démontre (voir le cours) que la puissance électrique moyenne P dissipée dans l'impédance Z est maximale lorsque $Z = Z_G^*$.

- Que se passe-t-il si Z est purement imaginaire ?
- Pour $f_0 = 150.10^6$ Hz, déterminer Z_G dans les deux cas suivants :
 - Z est une résistance pure $R = 150 \Omega$ en parallèle avec une capacité $C = 100$ pF.
 - Z est une résistance pure $R = 150 \Omega$ en parallèle avec une inductance $L = 3.10^{-8}$ H



Problème :

CIRCUITS INDUSTRIELS EN COURANT ALTERNATIF

On étudie divers circuits électriques mettant en jeu des récepteurs à caractéristique linéaire alimentés par une ou plusieurs sources industrielles de tensions sinusoïdales de fréquence f (période T , pulsation ω).

On prendra pour les applications numériques $f = 50$ Hz; $\omega = 314$ rad.s⁻¹.

Notations et conventions

a) A toute grandeur sinusoïdale (courant ou tension) du type

$y(t) = Y\sqrt{2} \sin(\omega t + \theta)$, on associe le nombre complexe Y de module Y et d'argument θ (θ algébrique).

b) Pour un dipôle (figure E.1), les grandeurs électriques instantanées sont:

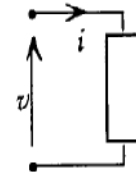


Fig. E.1

- la tension: $v(t) = V\sqrt{2} \sin(\omega t + a)$

- le courant: $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + a - j)$.

V et I représentent les valeurs efficaces de v et i ; $\phi = \arg v - \arg i$ est le déphasage courant-tension.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v i \, dt$$

- Montrer que la puissance moyenne ou puissance active: reçue par le dipôle est donnée par la formule: $P = VI \cos\phi$.
- Circuit alimenté par une source de tension sinusoïdale $E = 220$ V.

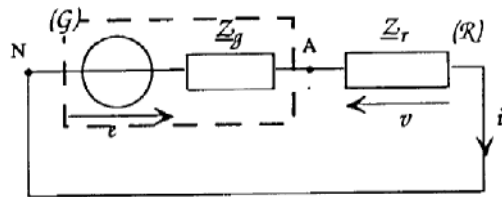


Fig. E.2

Un dipôle récepteur (R) est alimenté par une source de tension réelle (G) de force électromotrice (fém) $e = E\sqrt{2} \cdot \sin \omega t$ et d'impédance interne Z_g (figure E.2). Z_g est constituée d'une résistance r en série avec une inductance l . Le récepteur (R) est formé d'une résistance R en série avec une réactance X . Soit Z_r son impédance.

2.1 - Exprimer sous forme littérale en fonction de E , r , l , R , X et ω :

2.1.1 - le courant I ,

2.1.2 - la tension V ,

2.1.3 - les puissances active P et réactive Q absorbées par le récepteur.

N.B.: On laissera les expressions complexes sous forme de fractions rationnelles

$$\frac{A + jB}{A' + jB'}$$

du type $\frac{A + jB}{A' + jB'}$. On prendra pour la suite: $r = 0,00600 \Omega$; $l = 32 \cdot 10^{-6} \text{ H}$.

2.2 - Le récepteur (R) est formé par la mise en série d'une résistance R et d'une bobine d'inductance pure L . On donne $E = 220 \text{ V}$; $R = 0,275 \Omega$; $L = 0,00152 \text{ H}$. Calculer numériquement les valeurs efficaces V et I ainsi que les puissances active et réactive Q absorbées par le récepteur.

2.3

2.3.1 - Exprimer, en fonction de L et I , l'énergie électromagnétique W_L emmagasinée par

la bobine quand le courant i varie de 0 à sa valeur maximale.

2.3.2 - Montrer que W_L est proportionnelle à la puissance réactive Q . Conclure sur la signification physique de la puissance réactive.

3. Circuit alimenté par une source de tension sinusoïdale de fém E réglable.

La source est maintenant réglable en valeur efficace dans le montage de la figure E.2.

3.1- Pour le même récepteur inductif et résistif, déterminer la valeur efficace E' qu'il faut donner à la fém pour que la tension v ait une valeur efficace égale à 220 V. Déterminer numériquement la valeur efficace

I' du courant, ainsi que les puissances active P' et réactive Q' absorbées par le récepteur. Calculer le facteur de puissance du récepteur.

3.2 - On fait subir à E' une variation de $\pm 5\%$. Quelles sont les variations correspondantes des valeurs efficaces du courant et de la tension, ainsi que des puissances active et réactive absorbées par le récepteur.

4. Idéalisation de la source de tension.

Evaluer la précision relative obtenue sur les courants, tensions et puissances lorsqu'on néglige dans les calculs l'impédance interne Z_g de la source.

5. Réseau industriel en régime sinusoïdal

On réalise une source qu'on appelle "triphasée" à l'aide de 3 générateurs de tension sinusoïdale d'impédances internes négligeables Z_g et de fém respectives e_1 , e_2 et e_3 ; définies ci-dessous:

$$e_1 = E\sqrt{2} \cdot (\sin \omega t)$$

$$e_2 = E\sqrt{2} \cdot \left(\sin \omega t - \frac{2\Pi}{3} \right)$$

$$e_3 = E\sqrt{2} \cdot \left(\sin \omega t - \frac{4\Pi}{3} \right)$$

5.1 - Propriété préliminaire: que peut-on dire de la somme ($e_1 + e_2 + e_3$) à chaque instant ?

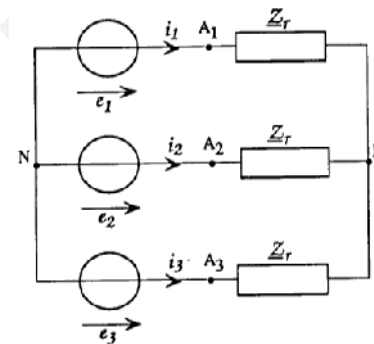


Fig. E.3

5.2 - Cet ensemble de générateurs alimente 3 récepteurs identiques formés d'une inductance $L = 0,00152 \text{ H}$ en

série avec une résistance $R = 0,275 \Omega$ (figure E.3).

Déterminer les courants i_1 , i_2 et i_3 en valeurs efficaces et en phases ainsi que la tension ($v_N - v_M$). Calculer les puissances active totale P_t et réactive totale Q_t reçues par les récepteurs.

5.3 - On suppose qu'il se produit une coupure accidentelle en A_3 .

Déterminer les nouvelles valeurs des courants, les puissances active totale P_t' et réactive totale Q_t' reçues par les récepteurs, ainsi que la tension entre M et N.

5.4 - Reprendre les questions 5.2 et 5.3 dans le cas où les points M et N seraient reliés par un conducteur de résistance nulle (figure E.4).

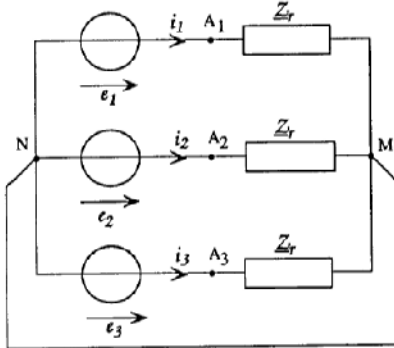


Fig. E.4

6. Relèvement du facteur de puissance.

On dispose 3 condensateurs identiques conformément au montage de la figure E.5.

Les fém e_1 , e_2 , e_3 et les impédances sont inchangées.

Soit $C = 1600 \mu\text{F}$ la capacité de chacun des condensateurs.

Déterminer les puissances actives P_t'' et réactive Q_t'' fournies par l'ensemble des 3 sources, ainsi que les valeurs efficaces des courants arrivant en A1, A2 et A3.

Interpréter physiquement le rôle des condensateurs et conclure sur l'intérêt de ce montage par rapport à celui de la question 5.2.

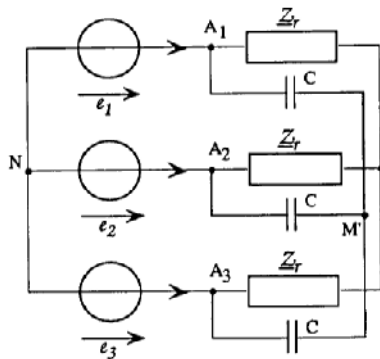


Fig. E.5