

APPLICATIONS DIRECTES

1. Puissance moyenne consommée par un dipôle

Soit un dipôle composé d'une résistance $R_1 = 5,0 \, \Omega$ en parallèle avec une résistance $R_2 = 4,0 \, \Omega$ associée en série avec un condensateur C tel que $1/C\omega = 4,0 \, \Omega$. Ce dipôle est alimenté par une tension sinusoïdale.

- Représenter le schéma du montage.
- Déterminer l'admittance complexe du dipôle, puis l'impédance complexe, qu'on écrira sous la forme $\underline{Z} = a + jb$ où a et b sont des réels dont on donnera les valeurs numériques.

La puissance moyenne consommée par ce dipôle est $P = 500 \, \text{W}$.

- Calculer la valeur du courant efficace qui traverse le dipôle.
- En déduire la valeur de la tension efficace aux bornes du dipôle.
- En déduire l'intensité efficace puis la valeur de la puissance dissipée dans R_1 .
- En déduire la puissance dissipée dans R_2 .
- En déduire la valeur efficace du courant qui traverse R_2 .

2. Transformateur parfait :

Le primaire d'un transformateur parfait est branché sur la ligne domestique de 220 V efficace.

Le secondaire est fermé sur une charge purement résistive dont la puissance moyenne consommée est 3 kW en régime nominal. On mesure alors un courant efficace secondaire $I_2 = 27,3 \, \text{A}$.

- Quel est le rapport de transformation ?

Ce même transformateur est branché maintenant sur une charge inductive ($\cos\varphi_2 = 0,8$). On mesure une puissance moyenne consommée $P_2 = 2,4 \, \text{kW}$.

- Quelle est la nouvelle valeur de l'intensité efficace au secondaire ?
- Quelle est la valeur de l'intensité efficace au primaire ?
- Quelle est la puissance moyenne fournie au primaire ?
- Quelle est la valeur du facteur de puissance au primaire ? Conclusion ?

3. Adaptation d'impédance à l'aide d'un transformateur

On considère un circuit simple, formé d'un générateur de fém e et de résistance interne R_G débitant sur une résistance de charge R_C .

1. Exprimer la puissance P reçue par R_C en fonction de e , R_G et R_C . Représenter graphiquement l'allure de P en fonction de R_C . Lorsque la puissance reçue par la charge est maximale on dit que les impédances sont adaptées. Pour quelle valeur de R_C le montage est-il adapté ? Quelle est alors la valeur de la puissance reçue par R_C ?

2. On considère maintenant le même générateur mis en communication avec la charge R'_C par l'intermédiaire d'un transformateur parfait, soit m le rapport de transformation des tensions.

a. Faire le schéma du montage. Exprimer la puissance P reçue par R'_C en fonction de m , R'_C et u_1 (tension au primaire), en déduire la valeur à donner à R_C de la question 1 pour avoir un circuit équivalent à celui de la question 1.

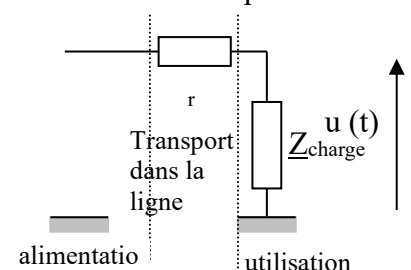
b. exprimer P reçue par R'_C en fonction de e , R'_C , R_G et m . Pour quelle valeur de R'_C le montage est-il adapté ? Quel est l'intérêt d'avoir un transformateur dont le secondaire a un nombre de spires réglables ?

3. Adaptation d'impédances

On désire alimenter un haut-parleur de $4 \, \Omega$ d'impédance, que l'on supposera purement résistive, par un générateur sinusoïdal de résistance interne égale à $50 \, \Omega$. Quel doit-être le rapport m du nombre de spires du secondaire à celui du primaire du transformateur utilisé pour que la puissance dissipée par le haut-parleur soit maximale ?

4. Pertes en ligne

Nous allons déterminer les conditions qui permettent de minimiser les pertes par effet Joule dans une ligne de courant modélisée par une résistance r . On considère une installation électrique consommant une puissance moyenne P et un courant efficace I_{eff} sous une tension efficace U_{eff} .



On peut modéliser cette installation de la manière suivante : $u(t) = U_{\text{eff}}\sqrt{2} \cos(\omega t)$ et $i(t) = I_{\text{eff}}\sqrt{2} \cos(\omega t + \Phi)$
 Exprimer la puissance P_J des pertes par effet Joule dans la ligne en fonction du facteur de puissance, de la résistance totale de la ligne r , de la tension efficace d'alimentation U_{eff} et de la puissance consommée P .
 Justifier l'importance du facteur de puissance dans les réseaux électriques. Quelle autre méthode peut-on proposer pour minimiser les pertes par effet Joule ?

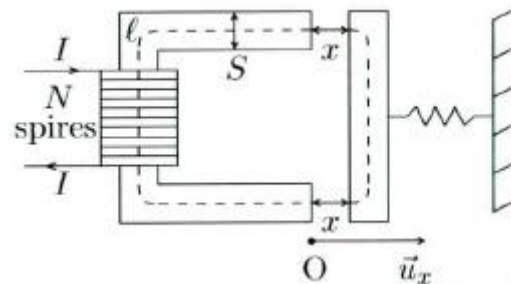
5. Relèvement du facteur de puissance :

Une charge inductive, pouvant être modélisée par l'association en série d'une résistance et d'une inductance, consomme une puissance moyenne de 2,4 kW lorsqu'elle est branchée sur le secteur. Le facteur de puissance vaut 0,8. Déterminer :

1. la valeur efficace du courant dans la charge.
2. le déphasage (valeur et signe) entre courant et tension.
3. La valeur de la résistance de la charge
4. La valeur de la réactance de la charge, puis la valeur de l'inductance.
5. La valeur du condensateur à placer en parallèle pour ramener le facteur de puissance à 1, la valeur du courant reçu alors par l'installation et conclure

6. Contacteur en translation :

Un circuit magnétique de section constante S est constitué d'un matériau ferromagnétique linéaire doux de perméabilité magnétique relative μ_r . La longueur moyenne du noyau est notée ℓ et celle de l'entrefer x . On enroule autour de la partie statique du noyau N spires parcourues par un courant d'intensité constante I . La partie mobile du noyau est reliée à un ressort.



1. Rappeler la définition d'un milieu ferromagnétique linéaire doux. Donner la relation entre les vecteurs $\vec{H}$ et $\vec{B}$ au sein d'un tel milieu.
2. En détaillant les étapes et les hypothèses de votre raisonnement, montrer que le champ magnétique dans l'entrefer s'écrit $B(x) = \frac{\mu_0 \mu_r N I}{\ell + 2\mu_r x}$
3. Définir l'énergie magnétique $\epsilon_{\text{mag}}(x)$ du système {noyau + entrefer} comme la somme de deux intégrales volumiques exprimées en fonction de $B(x)$, puis la calculer en fonction des paramètres du problème.
4. On rappelle que la partie mobile du noyau est soumise à la force $\vec{F} = \left(\frac{\partial \epsilon_{\text{mag}}}{\partial x}\right) \vec{u}_x$
 Expliciter $\vec{F}$ en fonction des paramètres du problème, puis commenter son sens.

EXERCICES :

I. Séchoir électrique

Le circuit d'alimentation d'un séchoir électrique est composé d'une résistance R branchée en parallèle avec une branche comprenant en série une bobine d'inductance L et une résistance r sur le secteur 230 V, 50 Hz. Le séchoir admet 3 modes de fonctionnement :

Mode	froid	I	II
Puissance moyenne absorbée (W)	520	2800	10000
Déphasage de la tension par rapport au courant total	φ_F	φ_I	$\varphi_{II} = 49^\circ$
R	infinie	R_I	R_{II}

1. Faire le schéma du montage
2. Tracer l'allure du chronogramme de $u(t)$ et $i(t)$ courant global de l'installation.

3. Déterminer R_I et R_{II} en fonction des données et les calculer numériquement.
4. En utilisant le mode froid, montrer que $(L\omega)^2 + r^2 = 102.r$
5. Montrer que $\tan \varphi = \frac{L\omega R}{Rr + r^2 + (L\omega)^2}$. Calculer φ_F et φ_I .

II. Economiser de l'énergie

Un récepteur inductif de facteur de puissance 0,6 absorbe une intensité efficace de 50 A et fonctionne sous une tension efficace de 220 V. Ce récepteur est situé à l'extrémité d'une ligne bifilaire de 40 km de longueur dont chaque conducteur en cuivre de résistivité $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ a une section de 1 cm^2 .

1. Quelle est la tension efficace appliquée à l'entrée des lignes ?

On utilise deux transformateurs parfaits identiques T_1 et T_2 afin de transporter le courant sous-haute tension. T_1 est un élévateur de tension et T_2 un abaisseur de tension. Le rapport du nombre de spire est 25.

2. Sous quelle tension efficace doit-on alimenter T_1 ?
3. Déterminer la valeur du condensateur à mettre en parallèle du récepteur pour relever à 1 le facteur de puissance. En déduire la valeur du courant distribué dans l'installation. Conclure.

III. Evaluation des pertes en ligne :

Le réseau électrique permet l'acheminement de l'énergie électrique des sites de production (centrales nucléaires, barrages hydroélectriques, parcs éoliens, etc.) vers les consommateurs. Cet acheminement engendre des pertes d'énergie dites pertes en ligne qu'il convient de minimiser.

Présentation du montage

Le schéma électrique du redresseur à capacité en tête est donné sur la figure 1. Les diodes D_1 , D_2 , D_3 et D_4 constituent le pont de Graetz et sont supposées idéales.

Sauf mention explicite contraire, la tension du réseau sera modélisée dans l'ensemble du sujet par une sinusoïde $v(t) = V \cos(2\pi f t)$ avec $V = \sqrt{2} \times 230 = 325 \text{ V}$ et $f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$

Q1. On admet que si la charge ne comporte pas de condensateur alors :

- les diodes D_1 et D_4 sont passantes (= interrupteur ouvert) et les diodes D_2 et D_3 sont bloquées (= interrupteur fermé) lorsque $v(t) > 0$;
- les diodes D_2 et D_3 sont passantes et les diodes D_1 et D_4 sont bloquées lorsque $v(t) < 0$.

Tracer alors l'allure de la tension $u_{ch}(t)$ si la charge n'est constituée que du résistor de résistance R .

Q2. Un condensateur de capacité C est placé en parallèle du résistor pour réduire l'ondulation de la tension déterminée à la question précédente. On admet que la tension aux bornes de la charge $u_{ch}(t)$ est quasiment constante lorsque le temps mis par le condensateur à se décharger dans le résistor est très long devant la période de $u_{ch}(t)$. Déterminer une inégalité entre R , C et T pour qu'il en soit ainsi.

La tension aux bornes de la charge sera supposée constante dans la suite.

Spectre du courant de ligne

La figure 2 présente les chronogrammes de la tension du réseau $v(t)$ et du courant de ligne $i(t)$ mesurés expérimentalement en présence du redresseur à capacité en tête.

Le développement en série de Fourier (D.S.F.) de $i(t)$ est de la forme : $i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(2\pi n f t + \phi_n)$

Q3. Donner les valeurs des coefficients I_n qui peuvent être déduites graphiquement du spectre en amplitude de $i(t)$ de la figure 3. Que peut-on dire de l'amplitude des harmoniques pairs ?

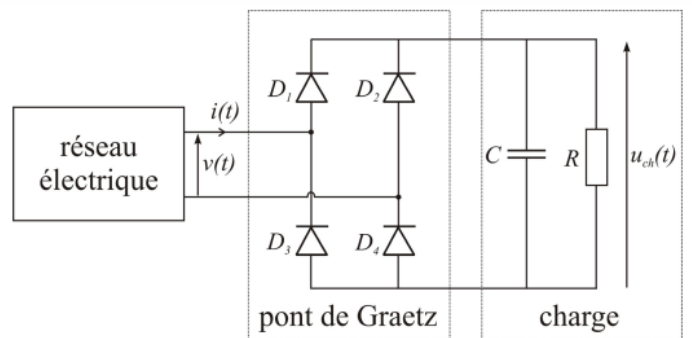


Figure 1 - Schéma électrique du redresseur à capacité en tête

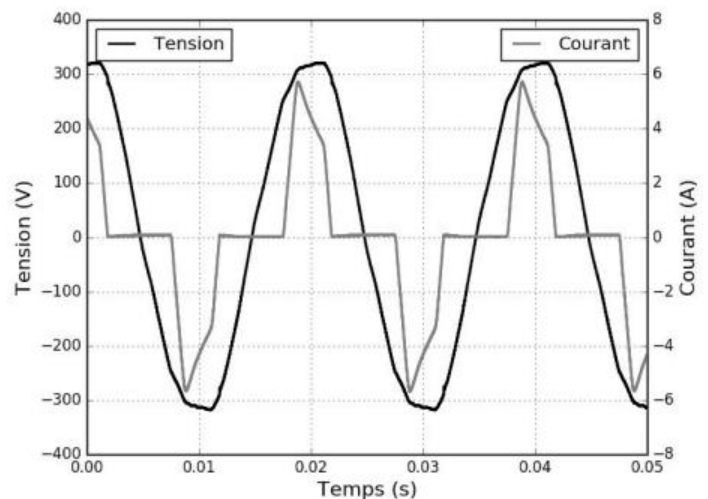


Figure 2 - Chronogrammes de la tension du réseau $v(t)$ et du courant de ligne $i(t)$

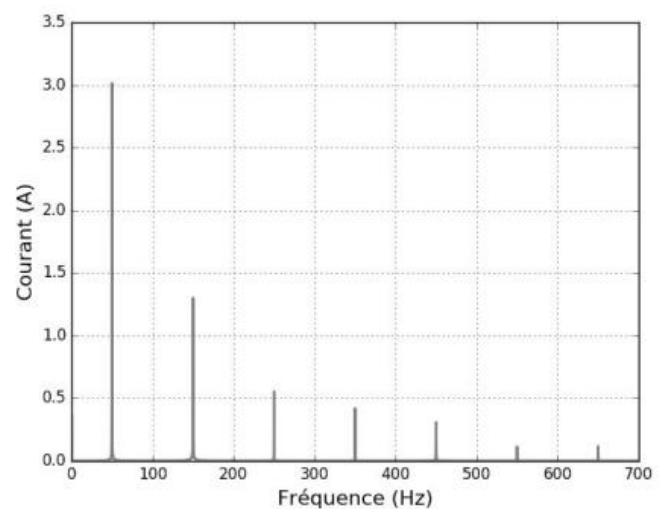


Figure 3 - Spectre en amplitude du courant

Puissance moyenne fournie par le réseau

On note P la puissance moyenne fournie par le réseau à l'entrée du pont de Graetz. Comme ce dernier est constitué de quatre diodes supposées idéales, P est également la puissance moyenne reçue par la charge. Les amplitudes

Les amplitudes $\hat{X}_n$ du développement en série de Fourier de $x(t)$ vérifient l'identité de Parseval :

$$\langle x(t)^2 \rangle = \langle x(t) \rangle^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{+\infty} \hat{X}_n^2$$

Q4. Établir l'expression de P en fonction de V et de certains paramètres du D.S.F. de $i(t)$. Commenter.

Q5. Calculer numériquement P en supposant que $\phi_1 = 0$.

Modélisation du réseau

On admet dans la suite que le réseau électrique peut être modélisé par l'association série d'une source de tension de force électromotrice $e(t)$ sinusoïdale de fréquence de 50 Hz, d'un résistor résistance r et d'une bobine d'inductance λ (figure 4). Lorsque réseau délivre un courant d'intensité $i(t)$ non sinusoïdal, alors la tension $v(t)$ se trouve légèrement déformée.

Q6. On souhaite enregistrer le chronogramme force électromotrice $e(t)$ à l'aide d'un oscilloscope numérique. Expliquer comment procéder.

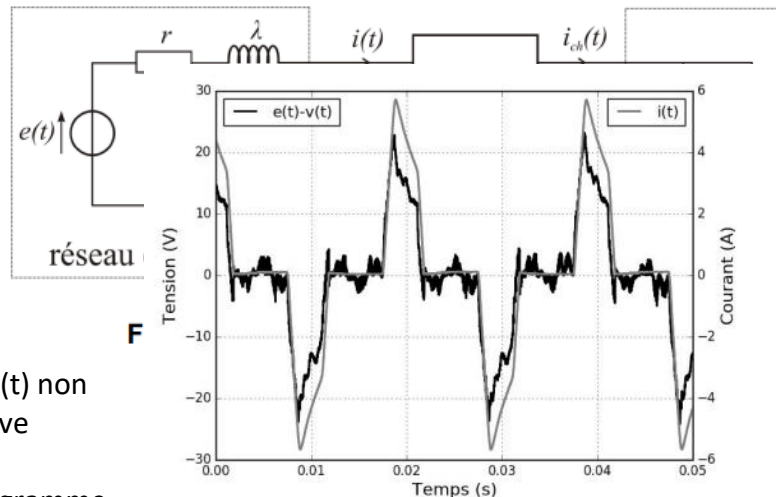


Figure 5 - Chronogrammes de la différence $e(t) - v(t)$ et du courant de ligne $i(t)$

Les chronogrammes de la différence $e(t) - v(t)$ et du courant d'intensité $i(t)$ sont donnés dans la figure 5.

Q7. Expliquer pourquoi les chronogrammes de la figure 5 conduisent à considérer $\lambda = 0$ en première approximation. Évaluer ensuite le paramètre r .

4.

IV. Pertes dans un transformateur

Le rapport de transformation d'un transformateur est $m = 0,12$. Sans charge, les tensions efficaces au primaire et au secondaire sont $U_1 = 220$ V et $U_2 = 24$ V. Lorsqu'on place une résistance R au secondaire, elle est traversée par un courant efficace $I_2 = 6,3$ A. Les résistances des enroulements primaire et secondaire sont respectivement $R_1 = 9 \Omega$ $R_2 = 0,25 \Omega$.

1. La loi des tensions est-elle vérifiée sans charge ? Interpréter. En déduire la valeur du courant efficace au primaire lorsque le secondaire est ouvert.

Calculer en charge :

2. La chute de tension au secondaire lors de l'introduction de la charge.
3. La résistance de charge R
4. La puissance moyenne fournie au secondaire.
5. L'intensité efficace au primaire.
6. Les pertes par effet Joule dans le transformateur
7. Le rendement si les pertes fer sont $P_F = 8$ W.
8. Qu'advient-il de la puissance moyenne fournie par le générateur lorsque le secondaire est en circuit ouvert ?

V. Ventouse électromagnétique

On souhaite transporter une voiture de masse 1,5 tonnes avec un électroaimant en U de section moyenne 50 cm^2 , de longueur moyenne 1 m, de perméabilité relative 1 500 et entouré de 1 000 spires alimentées par un courant I . Déterminer un ordre de grandeur de la valeur minimale de I .