

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

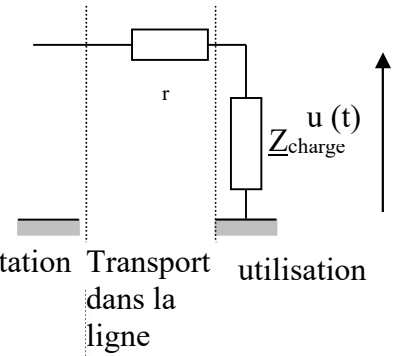
Nous allons déterminer les conditions qui permettent de minimiser les pertes par effet Joule dans une ligne de courant modélisée par une résistance r . On considère une installation électrique consommant une puissance moyenne P et un courant efficace I_{eff} sous une tension efficace U_{eff} .

On peut modéliser cette installation de la manière suivante :

$$u(t) = U_{\text{eff}}\sqrt{2} \cos(\omega t) \text{ et } i(t) = I_{\text{eff}}\sqrt{2} \cos(\omega t + \Phi)$$

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 :

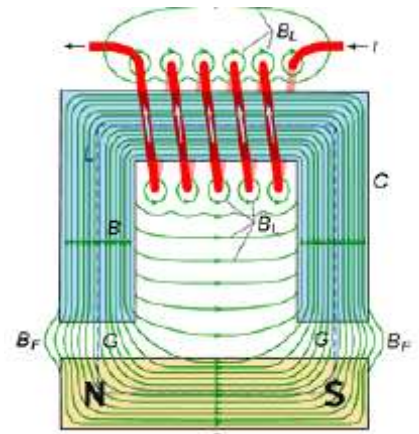
Une charge inductive, pouvant être modélisée par l'association en série d'une résistance et d'une inductance, consomme une puissance moyenne de 2,4 kW lorsqu'elle est branchée sur le secteur. Le facteur de puissance vaut 0,8. Déterminer :

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. Electroaimant de levage

On considère l'électroaimant représenté ci-contre.

- a) On suppose que le matériau ferromagnétique est parfait. Que peut-on en déduire quant aux lignes de champ ?
- b) Déterminer le champ magnétique créé par cet électroaimant. A-t-il la même valeur dans le fer et l'entrefer ?
- c) Que devient cette expression lorsque l'entrefer est nul ?
- d) Que devient cette expression lorsque l'entrefer n'est pas nul, mais la perméabilité du matériau infinie ?
- e) Rappeler la définition de l'inductance d'un circuit magnétique linéaire. L'exprimer en fonction des paramètres de ce circuit magnétique.
- f) La bobine a 200 spires. La section du matériau est carrée et vaut 10 mm * 10 mm, la distance entre les branches internes de l'électroaimant vaut 20 mm. La perméabilité relative du noyau est de 1500, l'entrefer de $e = 3$ mm, calculer l'inductance.
- g) En déduire l'expression de l'énergie magnétique de ce circuit. Comment varie-t-elle avec la taille de l'entrefer ?
- h) Quelle relation y-a-t-il entre l'énergie magnétique $\mathcal{E}_B$ et la densité d'énergie magnétique, dont on rappellera l'expression, pour ce circuit magnétique ? En déduire que l'énergie magnétique est localisée dans l'entrefer lorsque celui-ci existe.
- i) On veut soulever la pièce mobile inférieure. La force subie par cette pièce est donnée par $\vec{F} = d\mathcal{E}_B / dx \vec{u}_x$. Vérifier l'homogénéité de cette relation. Que représente x ? Où est l'origine de l'axe ? Dans quel sens est-il orienté ? Cette force dépend-elle du sens du courant ? Quel est le sens de variation de la force avec x ? Pour quelle valeur de x cette force est-elle la plus intense ?
- h) Calculer l'intensité à faire passer dans la bobine pour soulever la pièce, dans les conditions de la question f. Le fer a une masse volumique de 7 800 kg.m⁻³.



EXERCICES :

I. Transformateur réel

On considère un transformateur pour lequel on réalise deux tests :

A vide : $U_1 = 5 \text{ kV}$; $f = 50 \text{ Hz}$; $U_{20} = 225 \text{ V}$; $P_{10} = 790 \text{ W}$

En court circuit : $U_{1cc} = 250 \text{ V}$; $I_{2cc} = 200 \text{ A}$; $P_{1cc} = 1 \text{ kW}$.

1. Déterminer la valeur du rapport de transformation.
2. Rappeler les différents types de pertes de puissance dans un transformateur réel.
3. Lorsque le secondaire est en circuit-ouvert, que peut-on en déduire de la valeur du courant dans le circuit primaire ? En déduire les pertes fer.
4. Lorsque le secondaire est en court-circuit, déterminer la valeur du courant dans le circuit primaire.
5. A partir de la valeur de P_{1cc} , et en supposant que les pertes fer déterminée à la question 3 sont les mêmes, déterminer numériquement la résistance équivalente des enroulements du secondaire et du primaire ramenés au secondaire.

II. Utilisation d'un fusible

Un dipôle, constitué d'une bobine réelle d'inductance $L = 30 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ et d'une résistance R est protégé par un fusible en série. L'intensité maximale admissible dans le circuit est $I_{\text{eff}} = 16 \text{ A}$. La tension efficace aux bornes du dipôle est de 220 V et sa fréquence 50 Hz . Ce dipôle absorbe une puissance de 2500 W .

1. Donner un exemple concret d'un dipôle pouvant être ainsi modélisé. Quel est le rôle du fusible ?
2. Déterminer les deux valeurs de R possibles.
3. Pour chacune des valeurs de R , déterminer l'intensité efficace traversant le dipôle D , conclure.

On suppose que l'ensemble des lignes électriques assurant l'alimentation de ce dipôle est équivalent à une résistance $R_0 = 1,2 \Omega$.

4. Déterminer la puissance consommée par effet Joule dans les lignes.

Afin d'optimiser le fonctionnement de la ligne on place directement en parallèle sur le dipôle, muni de son fusible et de la résistance adaptée, un condensateur de capacité $C = 134,4 \mu\text{F}$.

5. Calculer les intensités efficaces qui traversent le dipôle, le condensateur ainsi que le reste des lignes en fonction de C , f , U_{eff} , R et L .
6. Calculer la nouvelle puissance dissipée dans les lignes, et conclure.

III. Transformateur d'entrée d'une locomotive

Un transformateur d'alimentation d'une caténaire de locomotive électrique est alimenté au primaire par une haute tension et le secondaire est constitué de 3 enroulements identiques. Les essais ont donné les valeurs efficaces suivantes :

A vide : $U_{1V} = 25 \text{ kV}$; $U_{2V} = U_{21} = U_{22} = U_{23} = 1410 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$

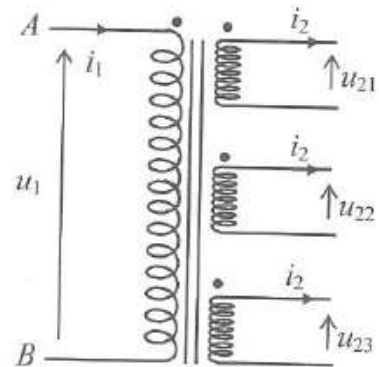
En court-circuit : les 3 secondaires sont court-circuités et l'on relève $I_{2cc} = 910 \text{ A}$; $U_{1cc} = 11,34\%$ de U_{1V} et la puissance consommée $P_{CC} = 86,5 \text{ kW}$; Le nombre de spires au primaire est 852.

1. A partir de l'essai à vide, déterminer le nombre de spires du secondaire, la section du noyau ferromagnétique permettant d'obtenir un champ magnétique maximal de $1,56 \text{ T}$ dans le matériau. En déduire le rayon de la section circulaire.
2. Le réseau d'alimentation est de 25 kV efficace, 50 Hz .

Exprimer la puissance des pertes joule totale du transformateur en fonction de R_1 résistance de l'enroulement au primaire, I_1 intensité efficace du primaire, I_2 intensité efficace du secondaire, en supposant la charge des trois secondaires identiques.

On suppose que le noyau est idéal, en déduire une relation entre I_1 et I_2 .

Montrer qu'on peut mettre les pertes par effet Joule sous la forme $P_J = 3R_s I_2^2$. Déterminer la valeur de R_s à partir de l'essai en court-circuit.



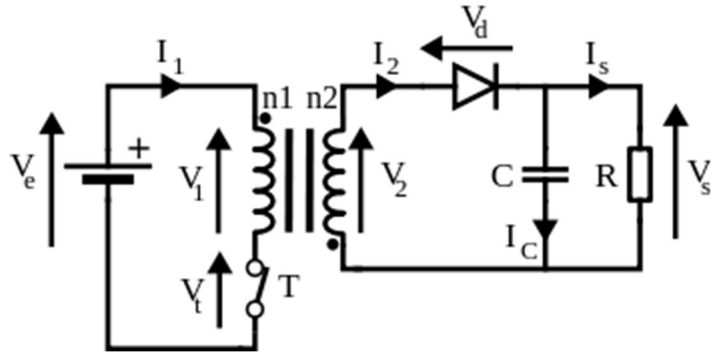
IV. Principe d'une alimentation d'un téléphone portable

Un chargeur de téléphone portable doit dans un premier temps redresser la tension alternative du secteur et la transformer en une tension constante V_e positive de valeur égale à la tension maximale du secteur. Dans un second temps, il doit alimenter la batterie du téléphone sous une tension supposée constante V_s positive.



1. Représenter les schémas blocs des deux convertisseurs envisagés.

Le deuxième convertisseur est appelé fly-back, son schéma est donné ci-contre. T est un transistor électronique idéal, dont l'ouverture et la fermeture sont commandées électroniquement à une fréquence $f = 20 \text{ kHz}$. Entre 0 et αT le transistor est fermé, il est ouvert entre αT et T .

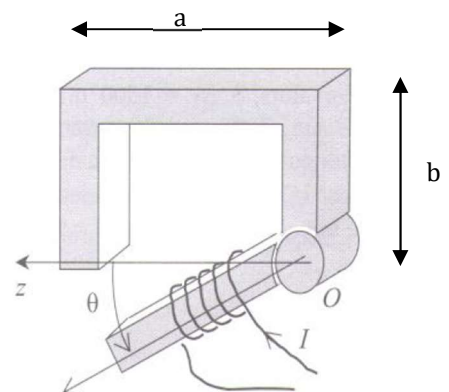


2. A quelle condition sur la valeur du produit RC peut-on supposer que V_s est constante ?
3. Soit m le rapport de transformation du transformateur supposé idéal, dont les bornes homologues sont repérées par les $\bullet$. En déduire l'expression de la loi des tensions.
4. Montrer qu'entre 0 et αT la diode est nécessairement bloquée. On la supposera passante entre αT et T . En déduire le signe de I_2 .
5. Pour t compris entre 0 et αT , représenter le schéma équivalent du convertisseur, en déduire les expressions de I_2 , V_1 et V_2 en fonction de V_e . Quelle relation a-t-on entre V_e , $I_1(t)$ et L_1 , l'inductance propre du primaire ? En déduire que $I_1(t)$ est croissante. On note $I_{1\min} > 0$ sa valeur à $t = 0$, exprimer de $I_1(t)$ en fonction de $I_{1\min}$, V_e et L_1 .
6. Pour t compris entre αT et T , représenter le schéma équivalent du convertisseur, en déduire les expressions de I_1 , V_1 et V_2 en fonction de V_s . Quelle relation a-t-on entre V_s , $I_2(t)$ et L_2 , l'inductance propre du secondaire ? En déduire que $I_2(t)$ est une fonction affine décroissante. On note $I_{2\max} > 0$ sa valeur à $t = \alpha T$.
7. On suppose le matériau ferromagnétique parfait. Déterminer la loi des courants.
8. En déduire une relation entre I_1 et I_2 aux commutations, à $t = 0$ et $t = \alpha T$. Représenter en concordance de temps $I_1(t)$, $I_2(t)$, $V_1(t)$ et $V_2(t)$. Etudier la continuité de ces fonctions. Quelle est la grandeur qui doit être continue temporellement ?
9. Justifier que la valeur moyenne de $V_1(t)$ est forcément nulle. En déduire une relation entre V_e et V_s .
10. Calculer α sachant que $m = 0,13$.
11. Expliquer qualitativement les transferts d'énergie réalisés.

V. Couple nécessaire à la fermeture du circuit du circuit magnétique

On considère le circuit magnétique ci-contre. La bobine est parcourue par un courant I constant et contient N spires. La longueur moyenne du fer de permittivité $\mu_r = 2500$ est $l_m \approx 2(a+b)$.

1. Connaissant la longueur a du grand côté du cadre, b du petit côté, S la section du tore et μ_{fer} la masse volumique du fer effectuer le bilan des moments des forces par rapport à l'axe de rotation qui s'exercent sur la partie mobile, et donner l'expression des moments autres que magnétique.



2. Exprimer le moment de la force magnétique, défini par la dérivée par rapport à θ de l'énergie magnétique.

On suppose que l'angle initial est de 5° .

3. Déterminer une condition sur N pour que le circuit magnétique se ferme.

On donne $a = 20 \text{ cm}$; $b = 10 \text{ cm}$; $\mu_{\text{fer}} = 7\,800 \text{ kg.m}^{-3}$; $I = 5 \text{ A}$.

5. Calculer le nombre minimal de spires nécessaires à la fermeture de ce circuit.