

Devoir n° 1

Il est fortement conseillé de lire l'ensemble des énoncés avant de commencer.

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Exercice 1 (7,5 points)

Les deux essais suivants ont été réalisés avec une bobine à noyau de fer.

En continu : on a relevé une tension de 10 V aux bornes de la bobine alors qu'elle était parcourue par un courant d'intensité 14 A.

Sous tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz et de valeur efficace égale à 230 V : l'intensité efficace est égale à 3,8 A et la puissance active égale à 150 W.

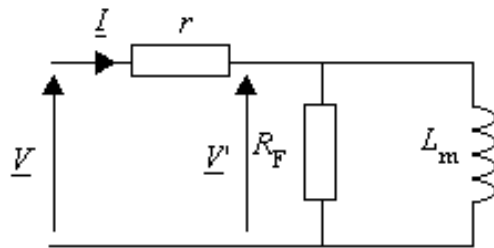
L'objectif est de déterminer les éléments du schéma équivalent représenté ci-dessous :

1. Utiliser l'un des essais pour déterminer r .

Il faut utiliser l'essai en continu ce qui donne

$$r = \frac{U_c}{I_c} = \frac{10}{14} = 0,714 \Omega$$

Pour la suite on prend $r = 0,71 \Omega$.



2. Exploitation de l'essai sous tension sinusoïdale

- a. Justifier que la mesure de la valeur efficace de l'intensité ait été faite avec un ampèremètre RMS.

La bobine comportant un noyau de fer, le courant est susceptible de ne pas être sinusoïdal à cause des déformations induites par le cycle d'hystérésis d'où l'utilisation d'un ampèremètre RMS.

- b. Calculer le facteur de puissance lors de cet essai et en déduire le déphasage entre la tension et l'intensité.

Le facteur de puissance est donné par $k = \frac{P}{S} = \frac{P}{V \cdot I} = \frac{150}{230 \cdot 3,8} = 0,172$. Le courant pour le schéma équivalent étant supposé sinusoïdal (bobine fictive) le facteur de puissance est aussi égal au $\cos \varphi$ ce qui donne $\varphi = 80^\circ$ (le courant est en retard).

- c. Calculer les pertes par effet Joule et en déduire les pertes dans le fer.

Les pertes par effet Joule correspondent à la consommation de r parcourue par le courant d'intensité efficace 3,8 A ce qui donne $P_j = r I^2 = 0,71 \cdot 3,8^2 = 10 \text{ W}$.

La puissance totale P lors de l'essai en sinusoïdal est composée des pertes par effet Joule P_j et des pertes dans le fer P_F soit $P = P_j + P_F$ donc $P_F = P - P_j = 150 - 10 = 140 \text{ W}$.

- d. Justifier que l'on prenne $V' = 230 \text{ V}$.

D'après la loi des mailles $V' = V - r I$ or $r I = 0,71 \cdot 3,8 = 2,7 \text{ V}$ (c'est la valeur efficace de la chute de tension aux bornes de la résistance r). Puisque $r I$ est très faible devant V alors on peut admettre que la valeur efficace de V' soit égale à 230 V.

- e. Exprimer les pertes dans le fer en fonction de V' et R_F puis en déduire R_F .

La puissance P_F pour une résistance R_F soumise à une tension de valeur efficace V' s'écrit $P_F = \frac{V'^2}{R_F}$ ce

qui donne $R_F = \frac{V'^2}{P_F} = \frac{230'^2}{140} = 378 \Omega$

f. Déterminer la puissance réactive puis en déduire L_m .

La puissance réactive est donnée par $Q = \sqrt{(VI)^2 - P^2} = \sqrt{(230 \cdot 3,8)^2 - 150^2} = 861 \text{ var}$

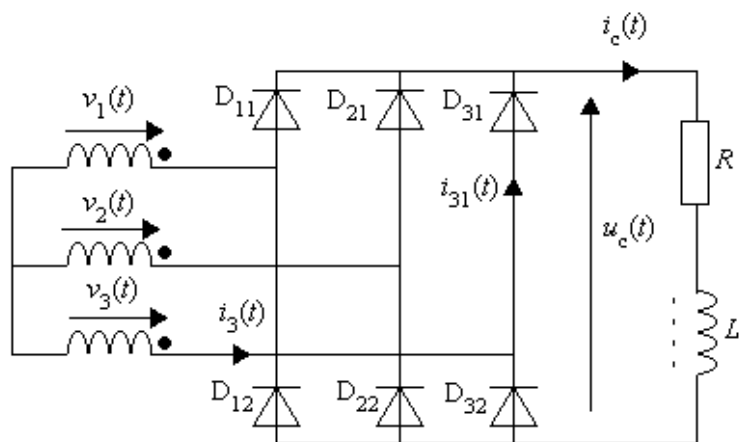
La puissance Q_m pour une inductance L_m soumise à une tension de valeur efficace V' s'écrit $Q_m = \frac{V'^2}{L_m \omega}$

ce qui donne $L_m = \frac{V'^2}{Q_m \omega} = \frac{230^2}{861 \cdot 2\pi \cdot 50} = 1,93 \text{ H}$

Exercice 2 (8,5 points)

On considère le redresseur PD3 non commandé représenté ci-dessous :

Les tensions $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ forment un système triphasé direct dont les valeurs efficaces sont notées V_1 , leur fréquence est égale à 50 Hz. Ces tensions sont représentées sur le document réponse à la page 3. Le courant côté continu est supposé parfaitement lissé et égal à $I_c = 15 \text{ A}$.



1. Étude de la tension redressée

a. Indiquer les intervalles de conduction des diodes sur le document réponse. *I*

Pour les diodes à cathodes communes (commutateur « plus positif ») : la diode passante est celle dont l'anode est reliée à la tension la plus élevée.

Pour les diodes à anodes communes (commutateur « plus négatif ») : la diode passante est celle dont la cathode est reliée à la tension la plus élevée.

b. Expliquer la démarche permettant de déterminer la tension redressée $u_c(t)$ puis la tracer.

Lorsque D_{11} et D_{22} sont passantes, la loi des mailles appliquée à la maille passant par ces deux diodes, la charge et les tensions $v_1(t)$ et $v_2(t)$ permet d'écrire $v_1(t) - u_c(t) - v_2(t) = 0$ soit $u_c(t) = v_1(t) - v_2(t)$.

On procède de même pour les autres intervalles.

c. Combien vaut la fréquence de la tension en sortie du redresseur ?

Il y a six périodes de la tension redressée sur une période du réseau ce qui donne une fréquence de la tension redressée égale à 300 Hz.

La valeur moyenne U_{cmoy} de la tension redressée est reliée à la valeur efficace V_1 des tensions simples par

$$U_{cmoy} = \frac{3V_1\sqrt{2}\sqrt{3}}{\pi}$$

d. Calculer la valeur efficace des tensions composées en entrée du pont pour obtenir une valeur moyenne en sortie égale à 450 V.

D'après $U_{\text{cmoy}} = \frac{3V_1\sqrt{2}\sqrt{3}}{\pi}$, on a $V_1 = \frac{\pi U_{\text{cmoy}}}{3\sqrt{2}\sqrt{3}}$ et comme $U_1 = V_1\sqrt{3}$ alors $U_1 = \frac{\pi U_{\text{cmoy}}}{3\sqrt{2}}$ ce qui donne $U_1 = \frac{\pi \cdot 450}{3\sqrt{2}} = 333 \text{ V}$

2. Étude des intensités

a. Représenter l'intensité $i_{31}(t)$ sur le document réponse.

C'est l'intensité dans la diode D_{31} , elle est nulle lorsque cette diode est bloquée (ou non passante) et égale au courant I_c dans la charge lorsqu'elle est passante.

b. Représenter l'intensité $i_3(t)$ sur le document réponse puis exprimer sa valeur efficace en fonction de I_c .

L'application de la loi des nœuds au point commun à l'anode de D_{31} et à la cathode de D_{32} permet d'écrire $i_3(t) = i_{31}(t) - i_{32}(t)$ avec $i_{32}(t)$ nul lorsque D_{32} est bloquée et égal à I_c lorsqu'elle est passante.

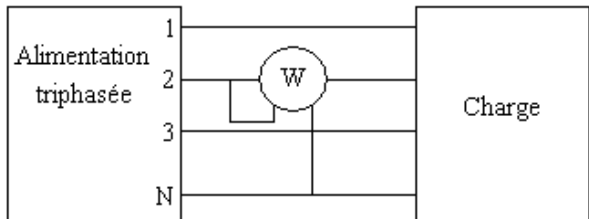
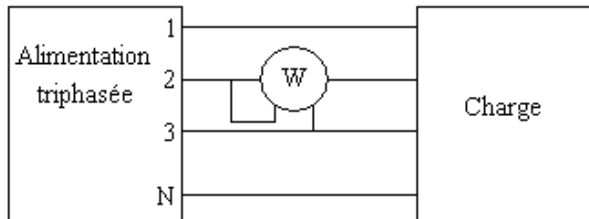
Calcul de la valeur efficace :

- On élève le courant au carré : on obtient un signal constitué de deux intervalles de durée $\frac{T}{3}$ pendant lesquels sa valeur est égale à I_c^2 ; il est nul le reste du temps.
- On calcule la valeur moyenne du signal élevé au carré : $I_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} (2 \cdot \frac{T}{3} \cdot I_c^2) = \frac{2}{3} \cdot I_c^2$
- On prend la racine carrée du résultat précédent : $I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_c$

Comme $I_c = 15 \text{ A}$ alors $I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 15 = 12,2 \text{ A}$

3. Mesures de puissance

À l'issue de la mise en service du redresseur, un technicien a été dépêché sur le site pour en vérifier le bon fonctionnement général et mesurer le facteur de puissance en ligne. Pour être (presque) certain de faire au moins une bonne mesure, le technicien a relevé les valeurs correspondant aux câblages représentés sur les schémas ci-dessous. L'appareil représenté est une pince wattmétrique qui indique la puissance active ainsi que les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité, l'alimentation triphasée impose les tensions $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ (la lettre « N » repère le neutre) et la charge correspond au redresseur.

| Situation 1 | Situation 2 |
|---|--|
|  <p>Indication en mode wattmètre : 2250 Indication en mode ampèremètre : 12,2 A Indication en mode voltmètre : 192 V</p> |  <p>Indication en mode wattmètre : 3360 Indication en mode ampèremètre : 12,2 A Indication en mode voltmètre : 332 V</p> |

Calculer le facteur de puissance en ligne à partir des mesures.

Dans le montage de gauche, le wattmètre est soumis à une tension simple et au courant en ligne qui

correspond, l'indication du wattmètre correspond donc à un tiers de la puissance total.

Le montage de droite est incorrect : le wattmètre est soumis au même courant mais à une tension composée, l'indication n'est pas exploitable (il faudrait éventuellement l'indication d'un deuxième wattmètre correctement branché ou tracer le diagramme de Fresnel avec les tension et intensité concernée pour retrouver la relation avec la puissance active).

À partir des résultats du schéma de gauche : $P = 3 \cdot 2250 = 6750 \text{ W}$ et $S = 3 \cdot V \cdot I = 3 \cdot 192 \cdot 12,2 = 7027 \text{ VA}$ ce

qui donne un facteur de puissance $k = \frac{P}{S} = \frac{6750}{7027} = 0,96$

Exercice 3 (4 points)

On considère un monte charge dont la masse à vide est égale à 100 kg et la charge utile égale à 500 kg. Il est utilisé pour déplacer des objets sur un trajet vertical de 20 m. Le mouvement est motorisé par une machine asynchrone triphasée (aucune connaissance sur cette machine n'est nécessaire pour répondre aux questions).

1. Calculer le travail nécessaire pour un trajet en montée à pleine charge. En déduire la puissance si cette montée dure 20 s.

La direction du poids est vertical et son sens est vers le bas, le mouvement étant vertical vers le haut, l'angle entre la force et la trajectoire est égal à 180° : le travail en montée est résistant. Il est donné par la relation

$$W = mgh \cos \pi = -mgh = -600 \cdot 9,81 \cdot 20 = -118 \text{ kJ}$$

Le travail W , la durée Δt et la puissance P sont reliés par $W = P \Delta t$ ce qui donne

$$P = -\frac{W}{\Delta t} = -\frac{118 \cdot 10^3}{20} = -5900 \text{ W}$$

Le signe traduit le fait que la charge qui monte reçoit de l'énergie.

2. Le rendement de la chaîne de transmission (réducteur, treuil, ...) est égal à 73 %, calculer la puissance sur l'arbre du moteur.

La puissance sur l'arbre du moteur est égale à $P_{\text{arbre}} = \frac{5900}{0,73} = 8080 \text{ W}$. Cette puissance est positive car l'arbre du moteur « donne » de l'énergie.

Le rendement du moteur est égal à 0,93 pour le point de fonctionnement considéré, la puissance électrique qu'il absorbe est alors égale à 8700 W. Ses enroulements sont couplés en étoile, le réseau d'alimentation impose des tensions triphasées de valeur efficace égale à 400 V et le facteur de puissance est de 0,87.

3. Calculer l'intensité efficace des courants en ligne.

La puissance électrique P_a est reliée aux valeurs efficaces U et I des tensions et intensités et au facteur de

puissance $\cos \varphi$ par $P_a = \sqrt{3} U I \cos \varphi$ ce qui donne $I = \frac{P_a}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{8700}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,87} = 14,4 \text{ A}$

Document réponse pour l'exercice 2

