

PROBLÈME 1 - MACHINE SYNCHRONE

Un alternateur triphasé dont le stator est couplé en étoile est entraîné à la fréquence de rotation $n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$. Cet alternateur comporte 6 pôles. En fonctionnement nominal, la valeur efficace de la tension entre deux phases est maintenue constante, égale à 400 V par action sur l'intensité I_e du courant dans l'inducteur. Le flux maximal sous un pôle vaut 25 mWb.

La constante de Kapp sera prise égale à 2,19.

La résistance des enroulements statoriques mesurée à chaud entre deux bornes de phases a pour valeur $R_a = 0,20 \Omega$.

Les pertes, autres que les pertes par effet Joule, ont pour valeur 410 W.

La résistance r de l'inducteur vaut 15Ω . L'inducteur est alimenté par un circuit extérieur.

Essai à vide

I_e : intensité du courant continu dans la roue polaire et E_v : fém à vide aux bornes d'un enroulement.

La caractéristique à vide $E_v(I_e)$ est donnée sur l'annexe 1.

Essai en court-circuit

La caractéristique de court-circuit $I_{cc} = f(I_e)$ est une droite passant par l'origine et par le point de coordonnées : $I_e = 0,50 \text{ A}$ et $I_{cc} = 25 \text{ A}$.

1. CARACTERISTIQUES DE L'ALTERNATEUR

- 1.1 Déterminer la fréquence des tensions fournies par cet alternateur.
- 1.2 Calculer le nombre de conducteurs actifs d'un enroulement statorique.
- 1.3 Déterminer la résistance R_s de chaque enroulement statorique de cet alternateur.
- 1.4 Calculer l'impédance synchrone et la réactance synchrone de la machine synchrone.

2. ALTERNATEUR A VIDE

- 2.1 Tracer le schéma du montage permettant de relever la caractéristique à vide : $E_v(I_e)$.
- 2.2. Quel est le type d'appareils de mesures utilisés ?
- 2.3. La caractéristique à vide $E_v(I_e)$ est donnée sur l'annexe 1. Que peut-on dire de la courbe pour $0 < I_e < 3 \text{ A}$ et pour $I_e > 3 \text{ A}$? Pour chaque domaine que peut-on en déduire sur l'état du circuit magnétique ?
- 2.4. Quelle est l'intensité I_e du courant d'excitation permettant, dans le fonctionnement à vide, d'obtenir une tension entre phases de 400V ?

3. ALTERNATEUR EN CHARGE

Cet alternateur alimente un récepteur triphasé inductif de facteur de puissance 0,82. L'intensité du courant de ligne vaut $I = 50 \text{ A}$. Le modèle équivalent d'une phase est donné sur l'annexe 2.

- 3.1. A partir du schéma équivalent écrire la relation vectorielle entre les différentes grandeurs.
- 3.2 Tracer le diagramme synchrone. On adoptera l'échelle $1 \text{ cm} \Rightarrow 20 \text{ V}$.
- 3.3 Déterminer graphiquement la valeur de E_s , valeur efficace de la fém synchrone. En déduire la nouvelle valeur du courant d'excitation I_e .
- 3.4 Déterminer l'angle de décalage interne.
- 3.5 Calculer les puissances active, réactive et apparente absorbées par la charge.
- 3.6 Déterminer le rendement de l'alternateur pour ce fonctionnement.
- 3.7 Calculer le moment du couple utile de la turbine qui entraîne l'alternateur pour ce fonctionnement.

PROBLÈME 2 - MOTEUR ASYNCHRONE

Un moteur asynchrone triphasé, porte les indications suivantes sur sa plaque signalétique.

230 V / 400 V ; 50 Hz

32 A / 18,5 A

1440 tr.min⁻¹

cosφ = 0,86

Essai à vide : $P_0 = 1150$ W, $I_0 = 11,2$ A ; la résistance, mesurée à chaud, de chaque enroulement statorique vaut $R_a = 0,40$ Ω.

Le moteur est couplé sur un réseau 400 V – 50 Hz.

1. PRÉLIMINAIRES

1.1 Déterminer, en le justifiant, le mode de couplage du moteur sur le réseau.

1.2 Quelle est la vitesse de synchronisme ?

Calculer :

1.3 le nombre de pôles,

1.4 le glissement nominal,

1.5 les pertes dans le fer et les pertes mécaniques en faisant l'hypothèse qu'elles sont égales.

2. MOTEUR EN CHARGE EN FONCTIONNEMENT NOMINAL

Calculer :

2.1 la puissance active P absorbée par le moteur,

2.2 les pertes par effet Joule statoriques,

2.3 les pertes par effet Joule rotoriques,

2.4 la puissance utile P_{uN} et le moment du couple utile T_{uN} ,

2.5 En admettant que la partie utile de la caractéristique mécanique $T_u(n)$ est une droite, tracer cette courbe à partir des fonctionnements à vide et nominal sur le document réponse.

3 FONCTIONNEMENT DONNE.

Le moteur entraîne un ventilateur qui impose un couple résistant T_r , proportionnel au carré de la fréquence de rotation. Pour $T_r = 3$ N.m, la fréquence de rotation correspondante est de $n_r = 500$ tr.min⁻¹.

3.1 Montrer que $T_r = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot n^2$ (T_r exprimé en N.m et n en tr.min⁻¹).

3.2 Tracer cette caractéristique sur le document réponse.

3.3 Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement de l'ensemble en rotation.

PROBLÈME 3 : ONDULEUR

Un moteur asynchrone monophasé est alimenté par un onduleur dont le schéma est donné sur le document réponse n°1 où les commandes des interrupteurs ne sont pas représentées.

Les éléments de l'onduleur, interrupteurs et diodes, sont supposés parfaits. La tension E est réglable.

1. Pour une certaine valeur du paramètre τ , la tension périodique $u_c(t)$ appliquée à la charge prend la forme représentée sur le document réponse n°1. Le paramètre τ est réglable par la commande des interrupteurs.

1.1. Donner l'expression littérale de la puissance instantanée mise en jeu dans la charge.

1.2. Compléter le tableau du document réponse n°1 : indiquer, sur une période, le signe de la puissance instantanée, les éléments passants et la nature des phases de fonctionnement (alimentation, récupération ou roue libre).

2. On note U_c la valeur efficace de $u_c(t)$. Montrer que $U_c = E \cdot \sqrt{1 - \frac{2\tau}{T}}$.

3. Pour visualiser la tension u_c aux bornes de la charge et l'intensité i_E du courant fourni par le générateur de f.é.m. E sur un oscilloscope à masse commune, on utilise deux sondes différentielles. Représenter sur le document réponse n°2 (à rendre avec la copie) le schéma du montage permettant de visualiser ces deux grandeurs. Justifier la nécessité d'utiliser deux sondes différentielles.

4. La tension $u_c(t)$ peut être décomposée en un fondamental $u_1(t)$ et des harmoniques. Le fondamental $u_1(t)$ est représenté sur l'annexe 3.

4.1. Le fondamental $u_1(t)$ est une tension sinusoïdale de même fréquence f que $u_c(t)$. Son amplitude maximale $U_{1\max}$ est donnée par l'expression : $U_{1\max} = \frac{4E}{\pi} \cos\left(\frac{\pi\tau}{T}\right)$. Si le rapport $\frac{T}{\tau}$ est voisin de 8, en déduire l'expression numérique de $U_{1\max}$ en fonction de E .

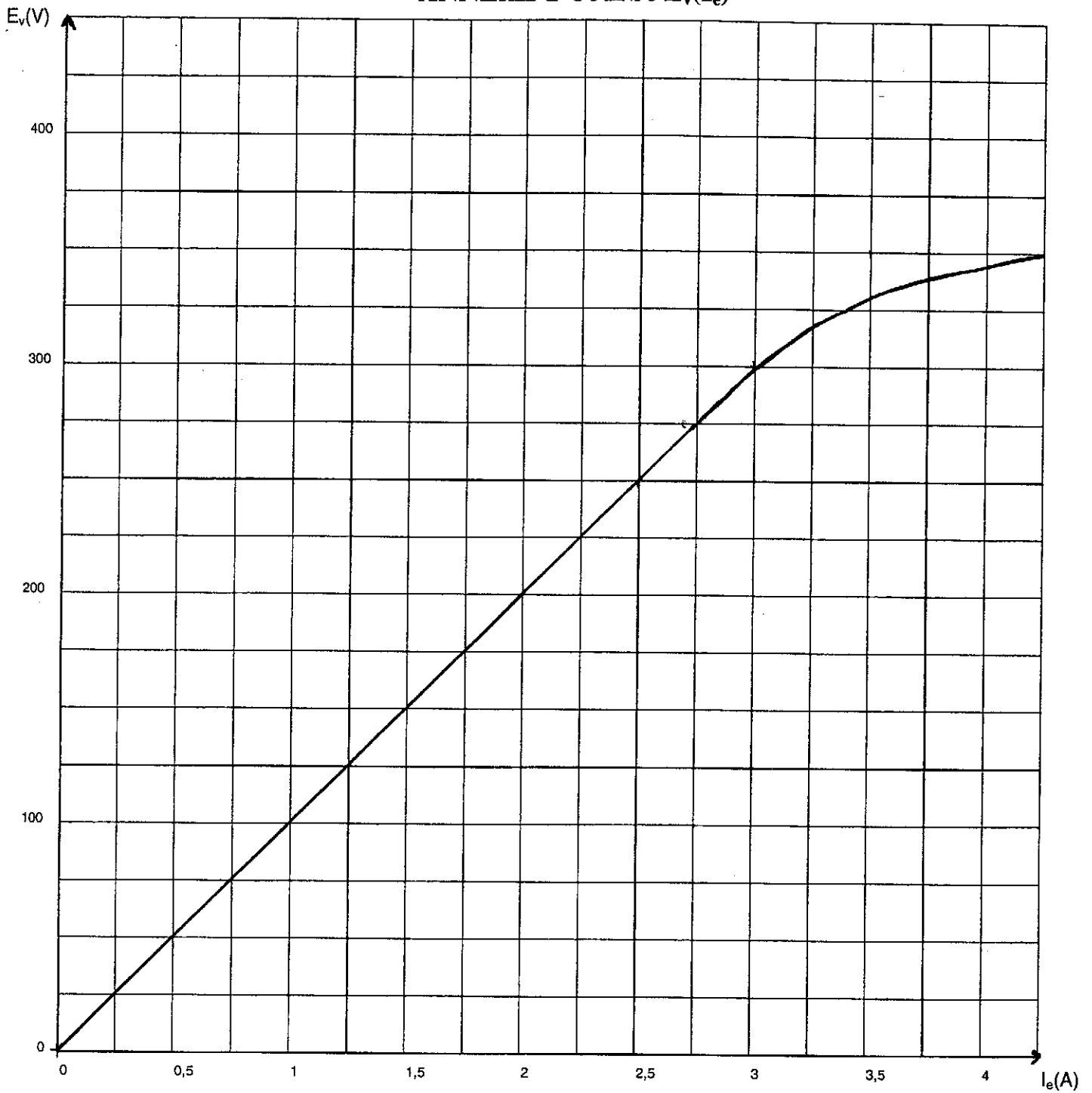
4.2. A partir des courbes $u_1(t)$ et $i_c(t)$ représentées sur l'annexe 3, on peut prédire la nature de la charge (résistive, inductive ou capacitive). Préciser la nature de la charge et justifier votre réponse.

5. Si on fait varier la fréquence f des interrupteurs tout en ajustant la valeur efficace U_1 de manière à maintenir constant le rapport $\frac{U_1}{f}$, le moteur asynchrone monophasé est alimenté à flux constant.

5.1. Quel est l'intérêt d'alimenter un moteur asynchrone à flux constant ?

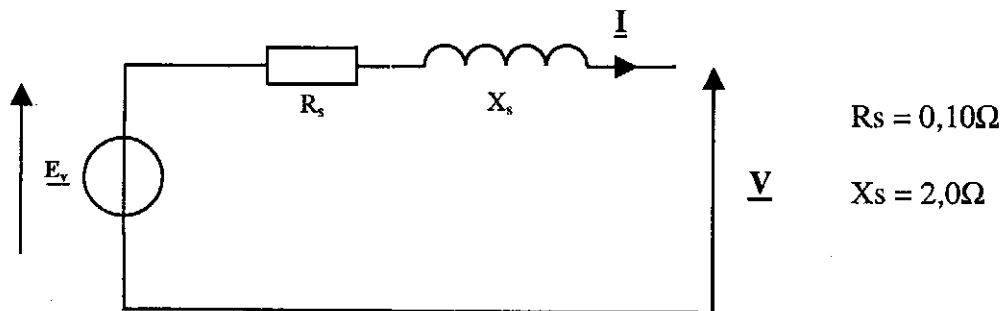
5.2. Proposer des solutions pour régler la valeur efficace U_1 .

ANNEXE 1 Courbe $E_v(I_e)$

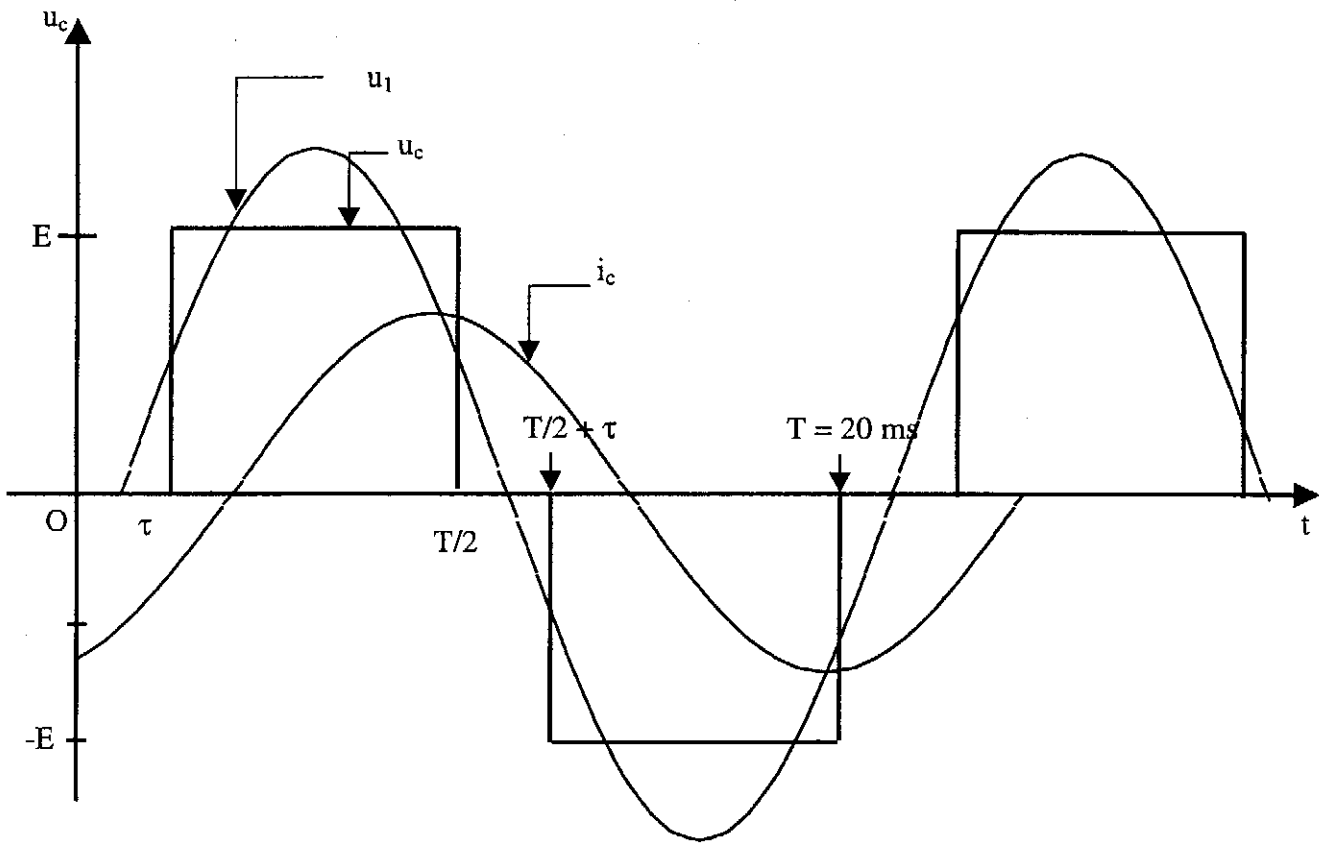


ANNEXE 2

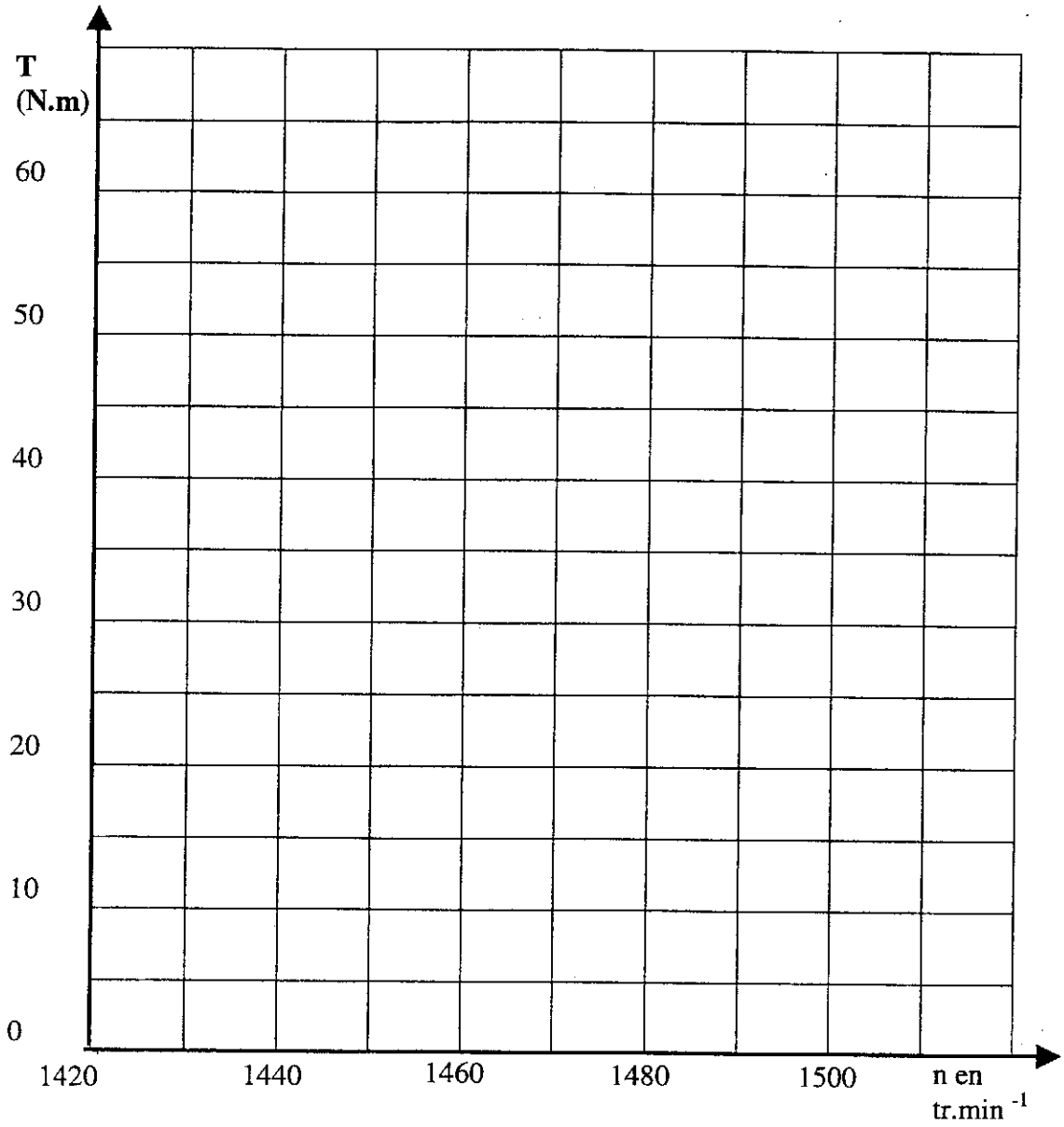
Modèle équivalent d'une phase de l'alternateur triphasé



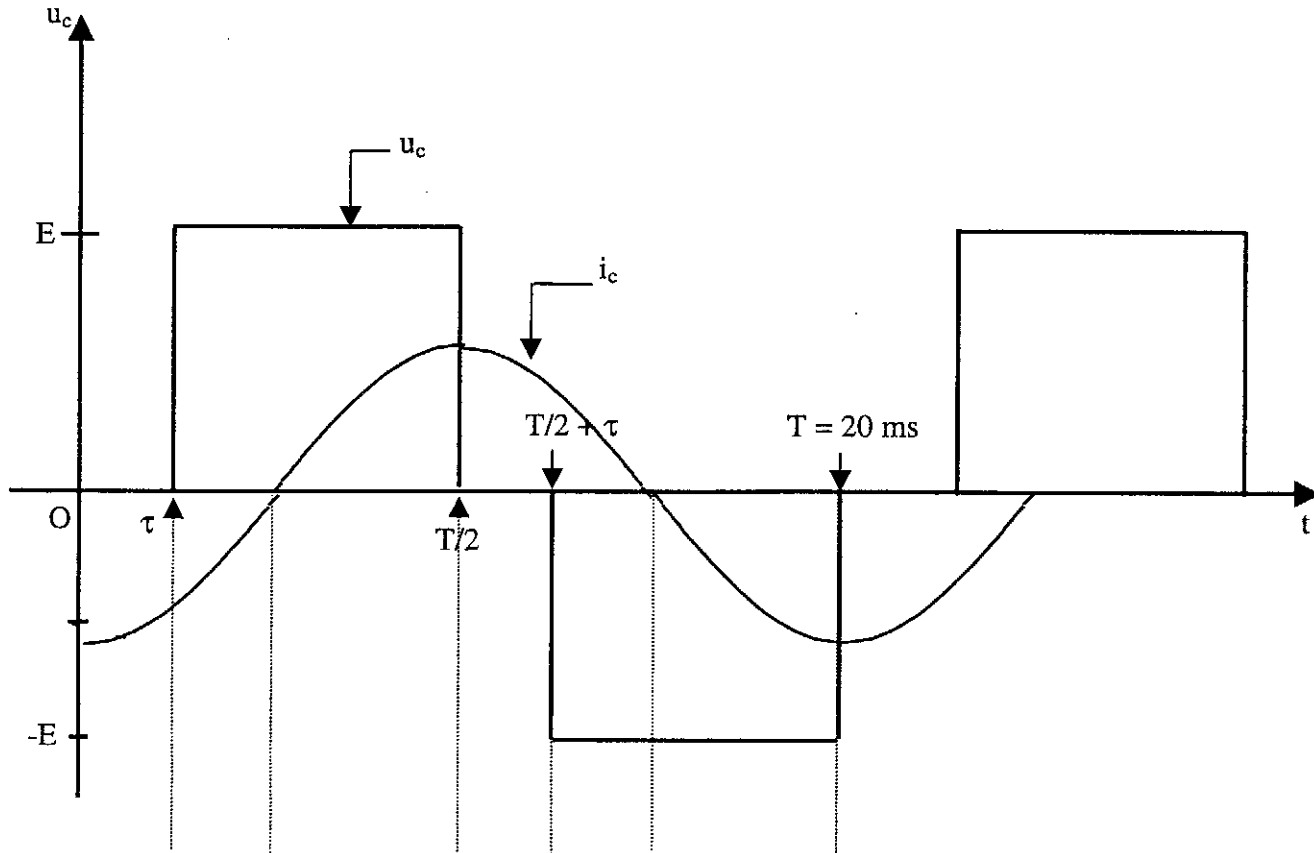
ANNEXE 3



PROBLEME 2 DOCUMENT REPONSE



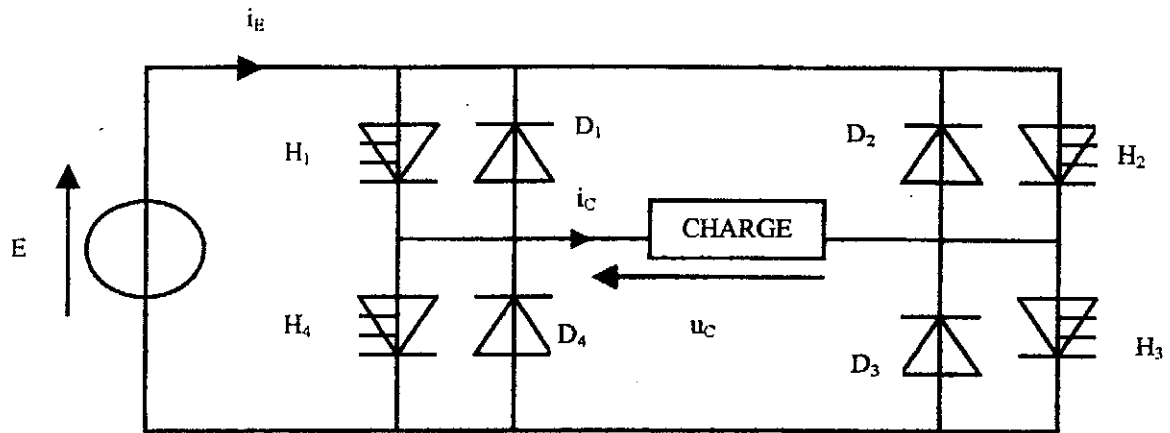
PROBLÈME 3 – DOCUMENT RÉPONSE 1



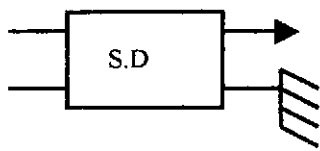
| | | | |
|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| | H ₁ | H ₄ | Interrupteurs commandés |
| H ₂ | H ₃ | H ₂ | |
| | | | Signe de la puissance instantanée |
| | | | Éléments passants |
| | | | Nature de la phase (A, R, ou RL) * |

* A : alimentation de la charge) ; R : récupération ; RL : roue libre.

PROBLÈME 3 – DOCUMENT RÉPONSE 2

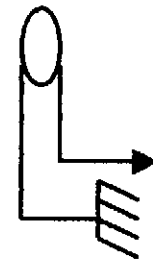


Charge = moteur asynchrone monophasé



Sonde différentielle
de tension.

Voie de l'oscilloscope



Voie de
l'oscilloscope

Sonde de courant.