

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2000

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité : Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient : 7

L'utilisation des calculatrices électroniques, programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisée, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit fait usage d'aucune imprimante.

Chaque candidat ne peut utiliser qu'une seule machine sur sa table.

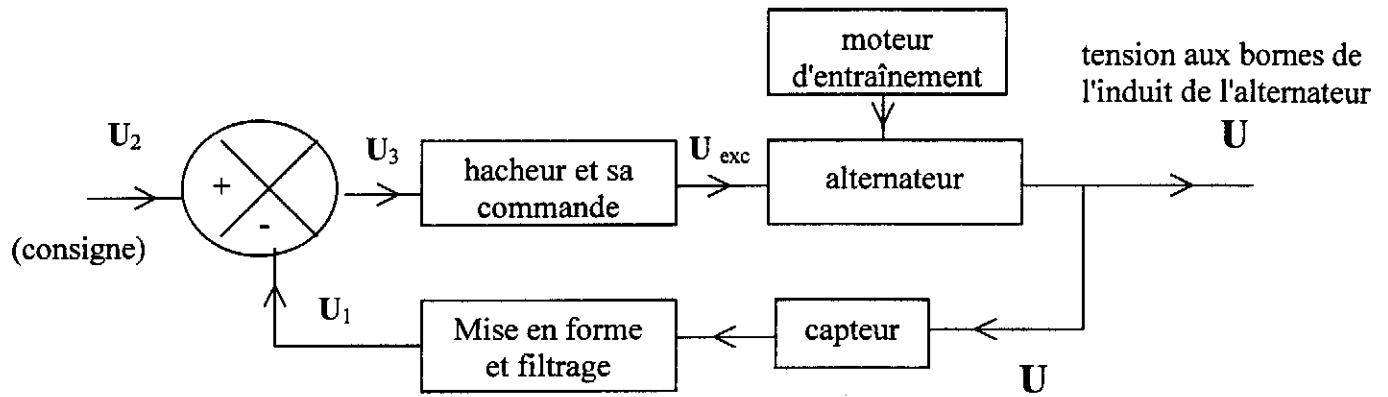
En cas de défaillance, elle pourra cependant être remplacée.

Cependant, les échanges de machines entre candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'information par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices sont interdits.

Le sujet comporte 7 pages numérotées de 1 à 7 dont le(s) document(s)-réponse(s) page(s) 6 et 7 à rendre avec la copie.

Étude simplifiée de la régulation de la tension aux bornes d'un alternateur

Au laboratoire, on désire conserver une tension constante aux bornes d'un alternateur triphasé quelle que soit sa charge. Un schéma d'ensemble est donné dans la partie synthèse (cinquième partie) ; le schéma fonctionnel est donné ci-dessous :



Le sujet comporte cinq parties :

- l'étude du moteur à courant continu entraînant le rotor (première partie)
- le fonctionnement de l'alternateur (deuxième partie)
- l'alimentation de l'inducteur par un hacheur (troisième partie)
- la commande du hacheur (quatrième partie)
- le régulation (cinquième partie)

Les quatre premières parties sont indépendantes. La dernière est la synthèse des précédentes.

Première partie : Étude du moteur d'entraînement du rotor de l'alternateur.

Il s'agit d'un moteur à courant continu à excitation indépendante dont l'intensité du courant d'excitation est constante et égale à sa valeur nominale. La résistance d'induit est $R_a = 4,5 \Omega$. La réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée.

Les caractéristiques nominales de la machine sont :

$$\begin{aligned} \text{Tension d'induit : } U_{aN} &= 220 \text{ V} & \text{intensité du courant induit : } I_{aN} &= 15 \text{ A} \\ \text{fréquence de rotation : } N_N &= 1500 \text{ tr.min}^{-1} \end{aligned}$$

- I.1. Montrer que la f.é.m de l'induit peut s'écrire : $E = K\Omega$. Calculer K . (avec Ω vitesse de rotation en rad.s^{-1}).
- I.2. Calculer le moment du couple électromagnétique nominal T_{eN} .
- I.3. Déterminer la tension U_a à appliquer aux bornes de l'induit, pour conserver une fréquence de rotation de 1500 tr.min^{-1} lorsque $T_e = \frac{1}{2} T_{eN}$.

Deuxième partie : Étude de l'alternateur triphasé.

L'alternateur étudié est un alternateur triphasé, dont les enroulements d'induit sont couplés en étoile. Le moteur qui l'entraîne lui impose une fréquence de rotation constante et égale à 1500 tr.min^{-1} .

Le circuit magnétique de la machine n'est pas saturé.

La f.é.m. synchrone (égale à la f.é.m. à vide) induite par l'inducteur dans un enroulement d'induit est donnée par la relation :

$$E_s = k i_{exc} \quad i_{exc} : \text{intensité du courant d'excitation}$$

On a effectué deux essais :

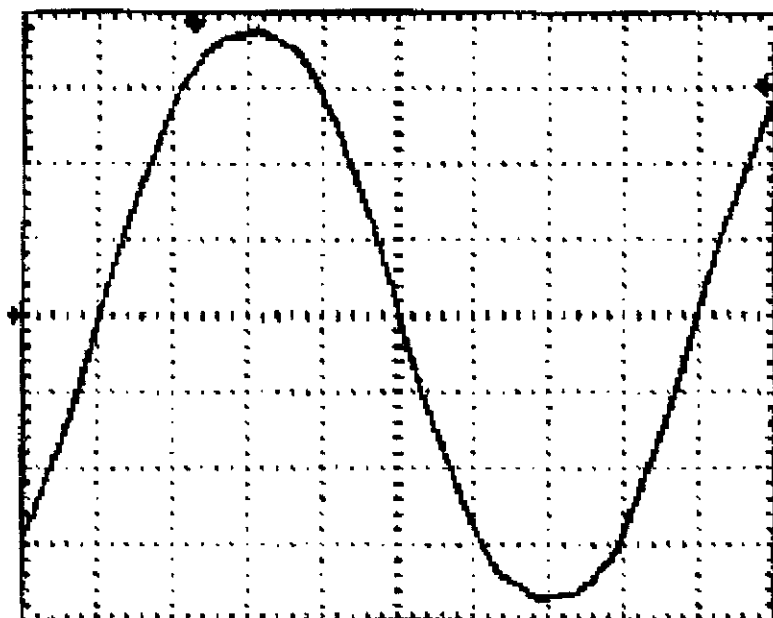
- Un essai à vide : pour un courant d'excitation d'intensité $i_{exc} = 1,6 \text{ A}$, la tension entre phases est $U_0 = 470 \text{ V}$.
- Un essai en court-circuit a donné, pour $i_{exc} = 1,6 \text{ A}$, un courant dans les enroulements du stator d'intensité $I_{cc} = 6,8 \text{ A}$.

On néglige la résistance des enroulements.

- II.1. Lors de l'essai à vide, on a relevé à l'oscilloscope la tension aux bornes d'un enroulement (figure 1).

II.1.1. Quelle est la fréquence de cette tension ?

II.1.2. En déduire le nombre de paires de pôles de l'inducteur.



Base de temps : $2,5 \text{ ms/div}$.

Calibre vertical : 200 V/div .

← OV

- II.2. Déterminer la réactance synchrone X_s du modèle par phase de l'alternateur.

II.3. Fonctionnement en charge.

L'intensité du courant d'excitation vaut $i_{exc} = 1,6$ A. L'induit débite un courant d'intensité $I = 4,0$ A dans un récepteur triphasé équilibré, inductif, de facteur de puissance $\cos \varphi = 0,80$.

II.3.1. Donner le modèle équivalent d'une phase de l'alternateur.

II.3.2. Déterminer graphiquement la tension entre phases U (échelle : $1 \text{ cm} \hat{=} 40 \text{ V}$).

II.4. Le récepteur est le même que précédemment (il présente en particulier la même impédance). On désire obtenir une tension U entre phases telle que $U = 470 \text{ V}$.

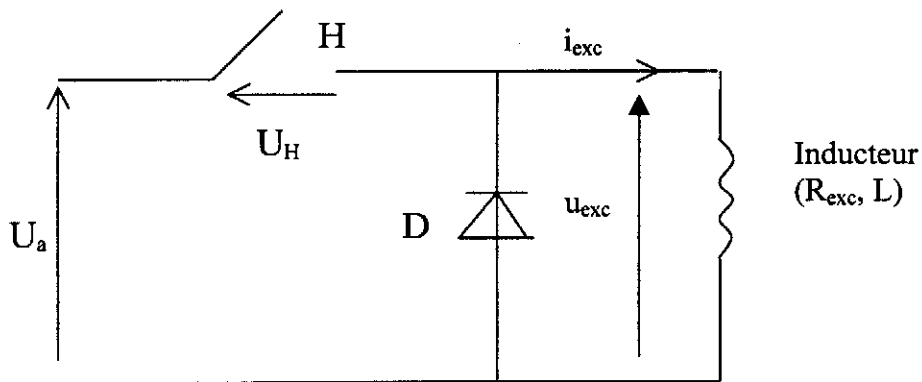
II.4.1. Calculer le courant d'induit I' correspondant.

II.4.2. Déterminer graphiquement la nouvelle valeur de la f.é.m. synchrone E_s (échelle : $1 \text{ cm} \hat{=} 40 \text{ V}$).

II.4.3. En déduire la nouvelle valeur de l'intensité du courant d'excitation i_{exc} .

Troisième partie : Alimentation de l'inducteur

L'inducteur est alimenté par un hacheur série considéré comme parfait.



H est un interrupteur unidirectionnel commandé périodiquement à l'ouverture et à la fermeture. H et D sont parfaits.

III.1. La tension aux bornes de l'inducteur $u_{exc}(t)$ et le courant d'excitation $i_{exc}(t)$ sont représentés sur le document réponse 1.

III.1.1. Quel est l'élément passant sur l'intervalle $[0; \alpha T]$ puis $[\alpha T; T]$?

III.1.2. Déterminer la valeur de la tension continue U_a et la valeur du rapport cyclique α .

III.1.3. Calculer la valeur moyenne $U_{exc moy}$ de la tension u_{exc} .

III.1.4. Calculer la valeur moyenne de l'intensité $I_{exc moy}$ du courant i_{exc} .

III.1.5. Déterminer la valeur R_{exc} de la résistance de l'inducteur.

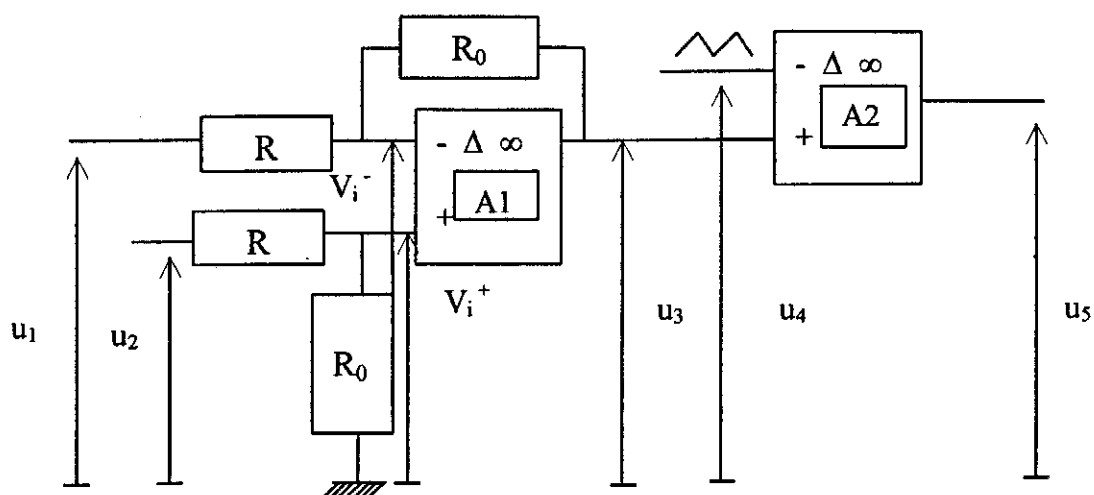
III.2. Proposer une méthode de mesure de la valeur moyenne de i_{exc} .

III.3. On veut obtenir un courant d'excitation de valeur moyenne égale à $2,4$ A.

III.3.1. Quelle nouvelle valeur α' faut-il donner au rapport cyclique ?

III.3.2. Représenter l'allure de $u'_{exc}(t)$ correspondante (document réponse 1).

Quatrième partie : Étude de la commande du hacheur H.



L'interrupteur H du hacheur est un transistor qui est :

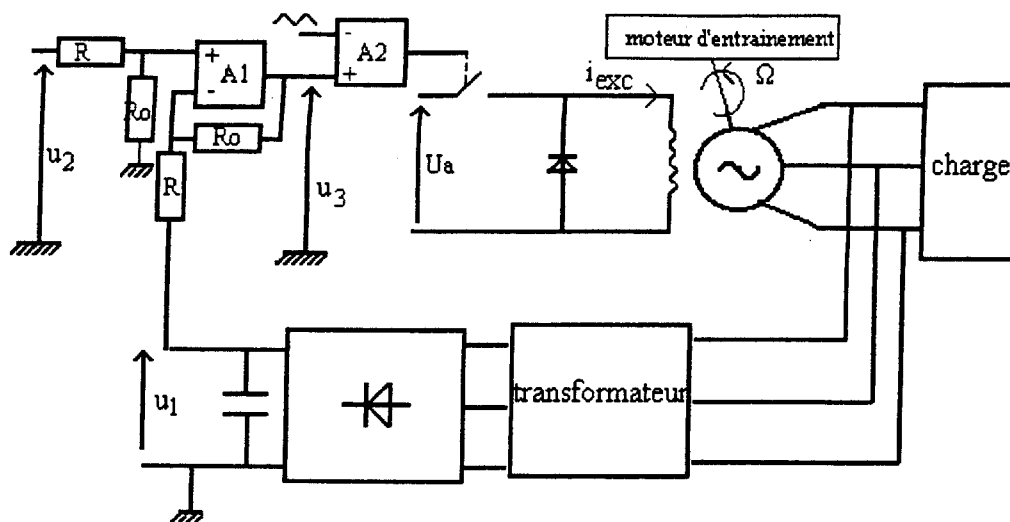
- passant si la tension u_5 est positive
- bloqué si la tension u_5 est négative

La tension de commande u_5 est la tension de sortie du montage représentée ci-dessus.

Dans ce montage, les amplificateurs opérationnels sont parfaits et sont alimentés en ± 12 V.

- IV.1. Montrer que l'amplificateur A_1 peut fonctionner en régime linéaire. (On suppose que c'est le cas par la suite).
- IV.2. Exprimer la tension V_i^- en fonction de R , R_0 , u_1 et u_3 .
- IV.3. Exprimer la tension V_i^+ en fonction de R , R_0 et u_2 .
- IV.4. En déduire l'expression de u_3 en fonction de R , R_0 , u_1 et u_2 .
- IV.5. Quel est le régime de fonctionnement de A_2 ? Justifiez votre réponse.
- IV.6. Sachant que u_4 est une tension triangulaire alternative d'amplitude 8,0 V, représenter sur le document réponse 2, la tension u_5 en fonction du temps pour les trois cas suivants :
 $u_3 = -4$ V ; $u_3 = 0$ V et $u_3 = +4$ V
- IV.7. Pour les trois cas précédents, calculer le rapport cyclique $\alpha = t_0/T$ où T est la période du signal et t_0 la durée pendant laquelle, au cours d'une période T , la tension u_5 est à l'état haut.

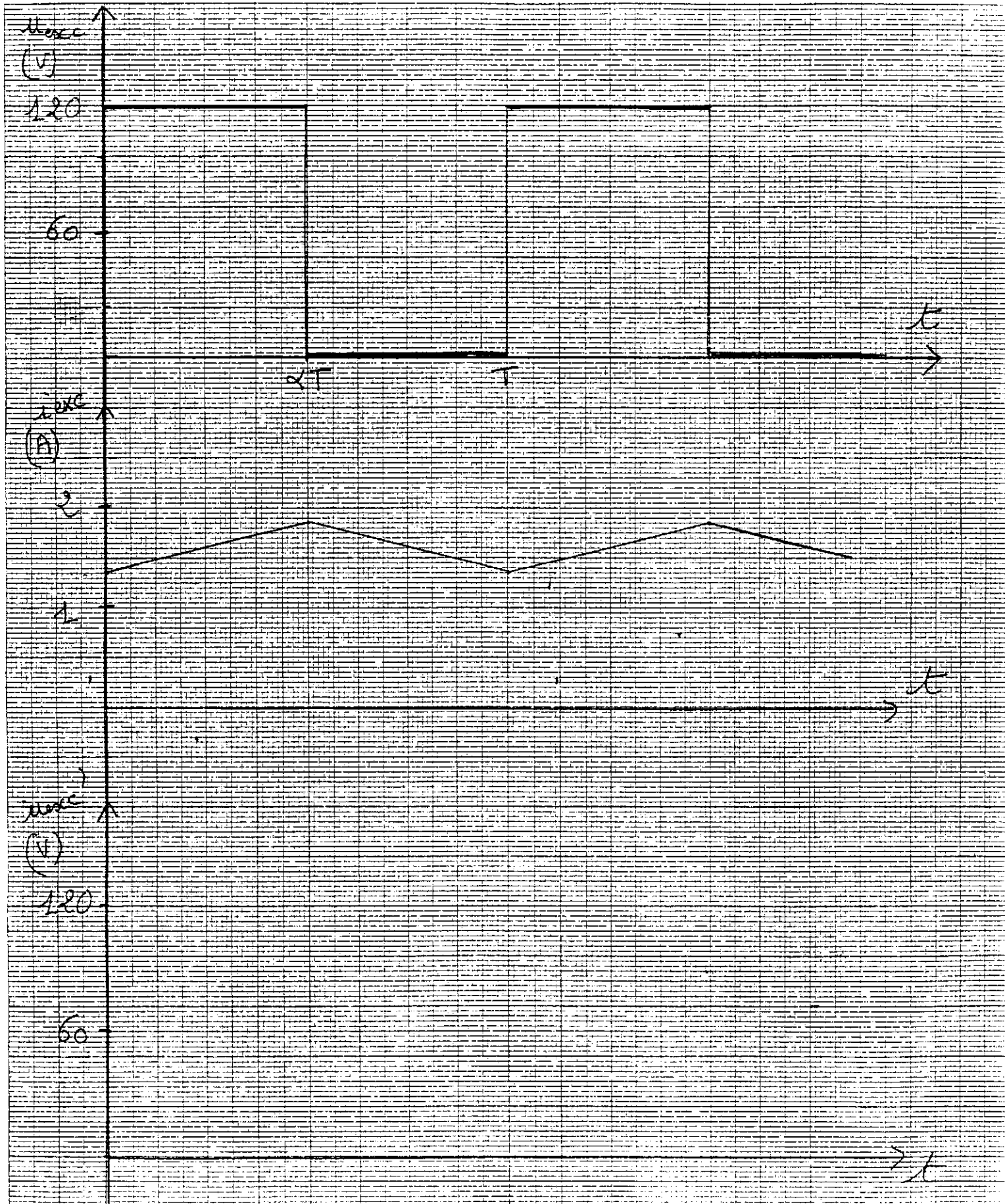
Cinquième partie : synthèse



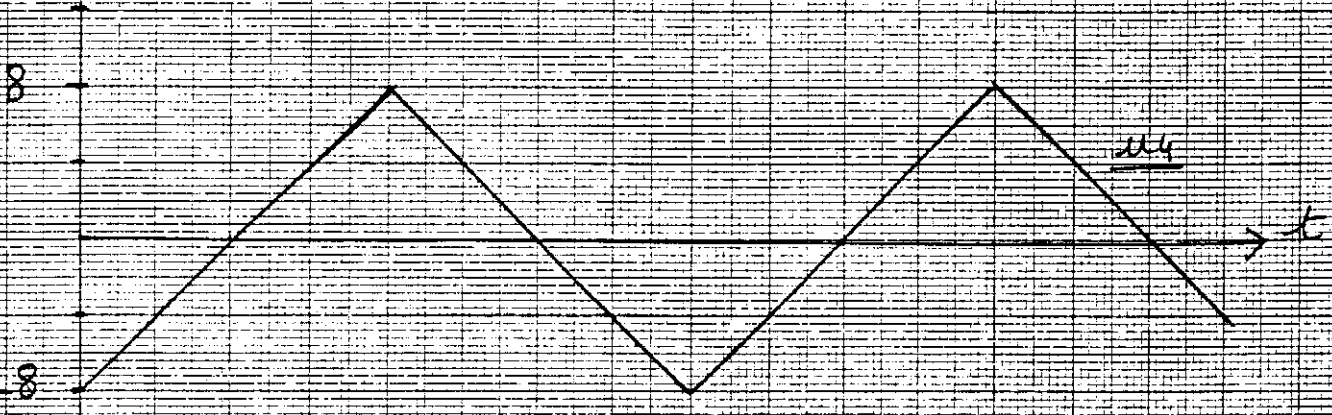
La boucle de retour élabore une tension continue proportionnelle à la valeur efficace U des tensions statoriques de l'alternateur. Un transformateur triphasé abaisse U . La tension, ainsi réduite, est redressée par un pont de diodes puis filtrée à l'aide d'un système RC.

La tension continue u_1 ainsi obtenue est telle que : $u_1 = 0,025 U$.

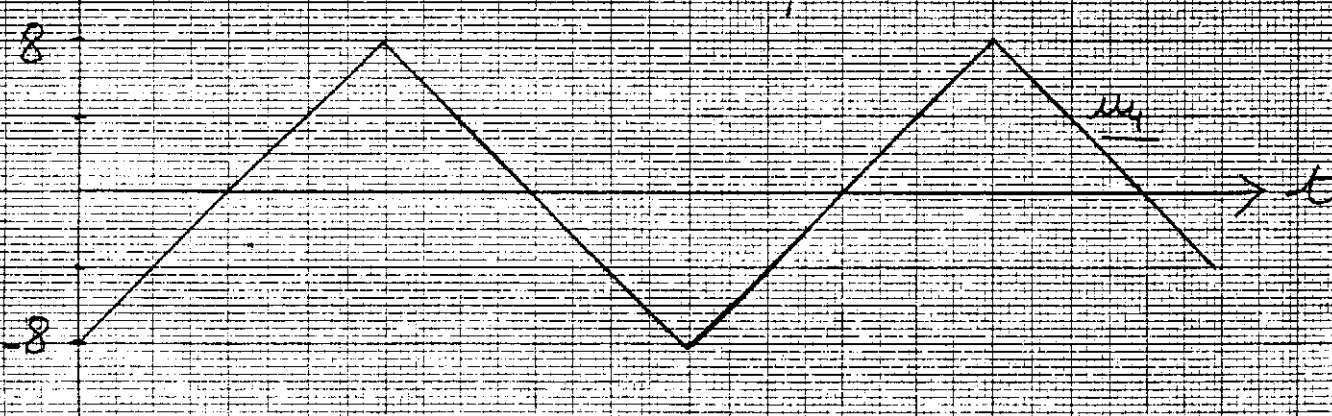
- V.1. On règle la consigne u_2 de manière à obtenir $U = U_0 = 470 \text{ V}$ lorsque l'alternateur est à vide. On a alors $I_{\text{exc moy}} = 1,6 \text{ A}$ et $\alpha = 0,5$. Vérifier que $u_3 = 0 \text{ V}$.
Quelles sont les valeurs correspondantes de u_1 et u_2 ?
- V.2. La consigne u_2 restant égale à la valeur précédente, on charge l'alternateur, la tension U aux bornes diminue. Comment évoluent alors u_1 et u_3 ? Quelle est la conséquence de ces évolutions ? Conclure.



u_5
(V)



u_5
(V)



u_5
(V)

