

ELECTRICITE (durée conseillée : 1h30) 8 points

Cet exercice est constitué de quatre parties indépendantes.

Les documents-réponses doivent impérativement (même vierges) être joints à la copie.

LES RESULTATS DES APPLICATIONS NUMERIQUES SERONT DONNES AVEC DEUX OU TROIS CHIFFRES SIGNIFICATIFS.

ETUDE D'UN VISCOSIMETRE

La partie mobile d'un viscosimètre est entraînée à fréquence de rotation variable notée n par un moteur à courant continu. A des fins d'analyse, cette fréquence de rotation est traduite sous forme d'une tension quasi-continue v_s à l'aide d'un dispositif constitué par un disque troué associé à un photodétecteur (fourche optique), un monostable et un filtre (cf. fig. 1).

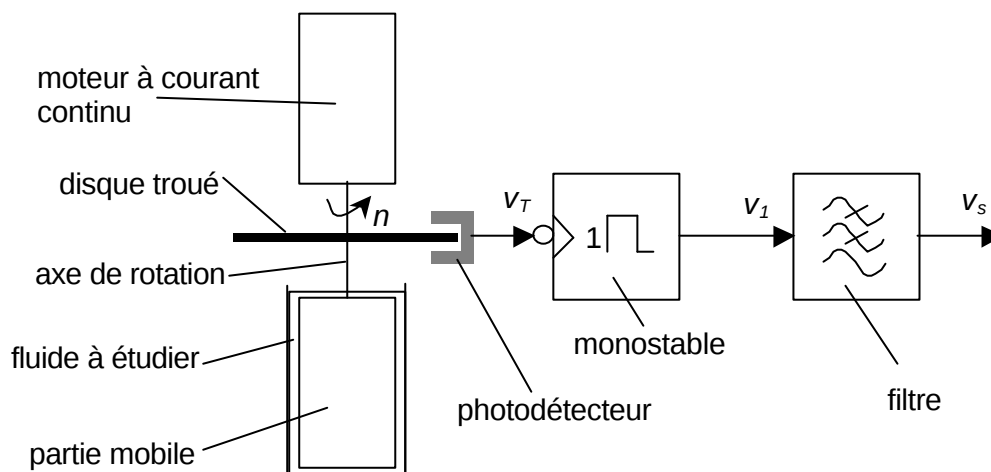


Figure 1.

1. ETUDE DU MOTEUR A COURANT CONTINU

La f.é.m. du moteur à aimant permanent (flux constant) est liée à sa fréquence de rotation par la relation : $E_{(v)} = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot n_{(tr/min)}$. Cette expression est valable que le moteur soit à vide ou en charge.

La résistance r de l'induit du moteur vaut $0,33 \, \Omega$.

Les pertes magnétiques et mécaniques développent un couple résistant de moment supposé constant : $T_p = 0,02 \, \text{N.m}$.

Le mobile du viscosimètre développe un couple résistant (égal au couple utile développé par le moteur en régime permanent) de moment T_u variant de 0 à $0,28 \, \text{N.m}$ selon la fréquence de rotation et la viscosité du fluide à étudier.

Page : 2/

Coefficient 4

1.1. Faire un schéma électrique équivalent représentant l'induit du moteur en y faisant figurer la tension U à ses bornes, la f.é.m. E , l'intensité I du courant absorbé par l'induit de résistance r . Préciser la relation liant alors U , E , r et I .

1.2. Le moteur tournant à vide :

1.2.1. Exprimer la puissance électromagnétique P_{em0} développée par le moteur en fonction de T_p et de la fréquence de rotation à vide n_0 (en tr/min).

1.2.2. Exprimer cette même puissance en fonction de la f.é.m. E_0 et de l'intensité I_0 du courant absorbé par l'induit.

1.2.3. En déduire la valeur de I_0 .

1.3. On note I_{max} l'intensité du courant absorbé par l'induit du moteur lorsque celui-ci développe son couple maximal. Montrer que I_{max} vaut 9 A.

1.4. En déduire la tension U_{max} qu'il faut appliquer au moteur pour qu'il tourne, à pleine charge, à la fréquence de rotation $n_{max} = 6000$ tr/min.

1.5. Calculer le rendement du moteur développant son couple maximal à 6000 tr/min.

2. ETUDE DU PHOTODETECTEUR

Un photodétecteur à transmission (fourche optique) CNY29 est installé à proximité d'un disque solide du rotor du moteur et percé de dix trous équidistants à sa périphérie (un angle au centre de 36° sépare donc deux trous consécutifs).

L'entrée (diode électroluminescente) et la sortie (phototransistor) du photodétecteur sont respectivement reliées à une même source de tension $V_{CC} = +5$ V par deux résistances R_F (à déterminer) et $R_L = 1$ k Ω (cf. fig.2).

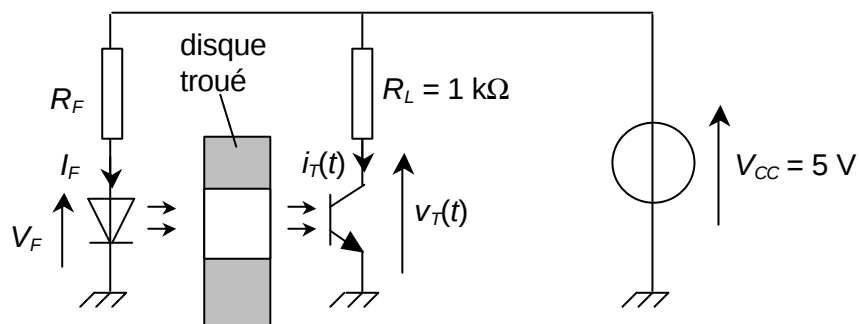


Figure 2.

2.1. Calculer la tension v_{Tsat} aux bornes du phototransistor lorsque celui-ci est saturé (photodétecteur en face d'un trou) sachant que l'intensité i_T est alors maximale et vaut 4 mA.

2.2. A l'aide de la figure A du document-réponse n°1, rechercher la valeur minimale I_{Fmin} de l'intensité I_F pour que le phototransistor soit sûrement saturé au passage d'un trou devant le photodétecteur.

2.3. La puissance dissipée par la diode électroluminescente (LED) doit rester inférieure à 100 mW.

Sachant que la tension directe V_F aux bornes de la diode électroluminescente est égale à 1,7 V lorsque $I_F > 0$, calculer l'intensité maximale I_{Fmax} , pouvant traverser cette diode.

2.4. Sur le document-réponse n° 1, hachurer le domaine des fonctionnements possibles du photodétecteur.

2.5. Déterminer le domaine des valeurs théoriques possibles de R_F (valeur maximale et valeur minimale).

3. ETUDE DU MONOSTABLE

La tension de sortie $v_1(t)$ du monostable est nulle lorsqu'il est au repos (à l'état stable). Le monostable considéré n'est pas redéclenchable.

3.1. Que signifie le symbole représenté figure 3 ?

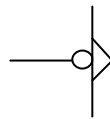


Figure 3.

3.2. A partir des chronogrammes de la figure B du document-réponse n°2 :

3.2.1. Déterminer la période propre T_0 (durée de l'état instable) du monostable.

3.2.2. Déterminer la fréquence f de la tension $v_1(t)$. En déduire, en tr/s, la fréquence de rotation n_A du disque.

RAPPEL : Le disque est percé de 10 trous.

3.2.3. Pour $T > 1$ ms, exprimer en volts la valeur moyenne $\langle v_1 \rangle$ de $v_1(t)$ en fonction de T puis de n en tr/s.

3.3. La figure C du document-réponse n°2 représente la tension $v_T'(t)$ à l'entrée du monostable pour une fréquence de rotation n_B (non demandée) supérieure à n_A .

La valeur de T_0 étant inchangée, tracer l'allure de la tension $v_1'(t)$ en correspondance avec la tension $v_T'(t)$.

NOTA : Les échelles de temps des figures B et C sont différentes.

3.4. A quelle condition, portant sur la période de $v_1(t)$, la mesure de la fréquence de rotation du disque est-elle fiable ?

4. ETUDE DU FILTRE

La tension $v_1(t)$ est appliquée à l'entrée d'un filtre dont le diagramme de Bode est partiellement représenté figure 4.

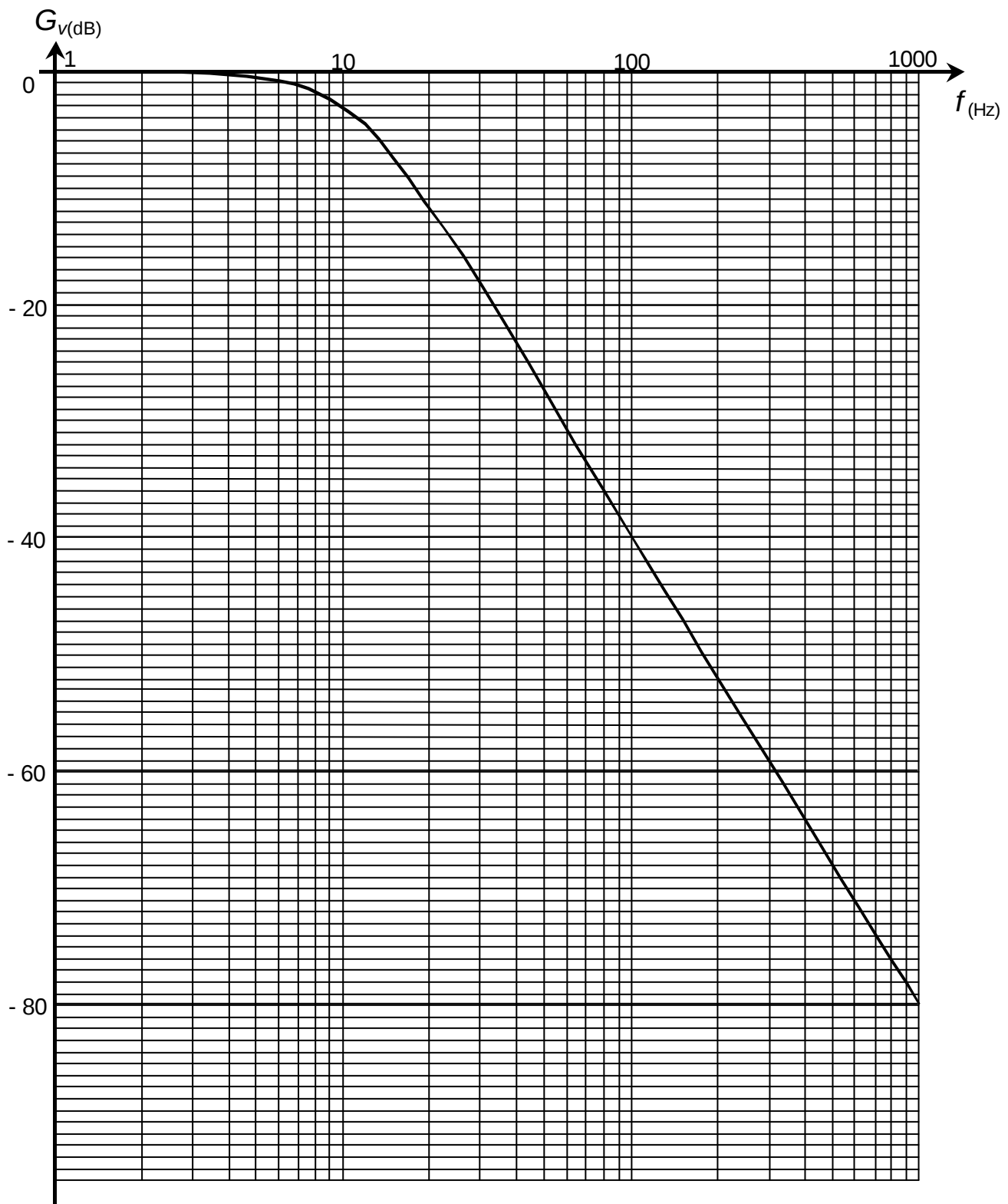


Figure 4.

4.1. Qualifier précisément ce filtre (nature, fréquence de coupure à -3 dB, ordre).

4.2. Pour une fréquence de rotation particulière, la tension $v_1(t)$ possède la décomposition en série de Fourier suivante :

$$v_1(t) = 2,5 + \frac{10}{P} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)} \sin[(2k+1).1000\pi t]$$

v_1 étant exprimée en volts et t en secondes.

4.2.1. Quelle relation existe-t-il entre la fréquence de $v_1(t)$ et la fréquence du fondamental de $v_1(t)$? Calculer numériquement la fréquence de $v_1(t)$.

4.2.2. Préciser sa valeur moyenne.

4.2.3. En utilisant le diagramme de la figure 4, déterminer la valeur moyenne de la tension $v_s(t)$ puis l'amplitude du fondamental de $v_s(t)$ lorsque la tension $v_1(t)$ de la question 4.2. est appliquée à son entrée.

4.2.4. Un tel filtrage vous paraît-il suffisant ?

DOCUMENT-REPONSE N°1
(à rendre obligatoirement avec votre copie)

De la notice du constructeur du CNY 29, on a extrait la caractéristique $I_T = f(I_F)$ suivante, tracée pour un fonctionnement linéaire du phototransistor :

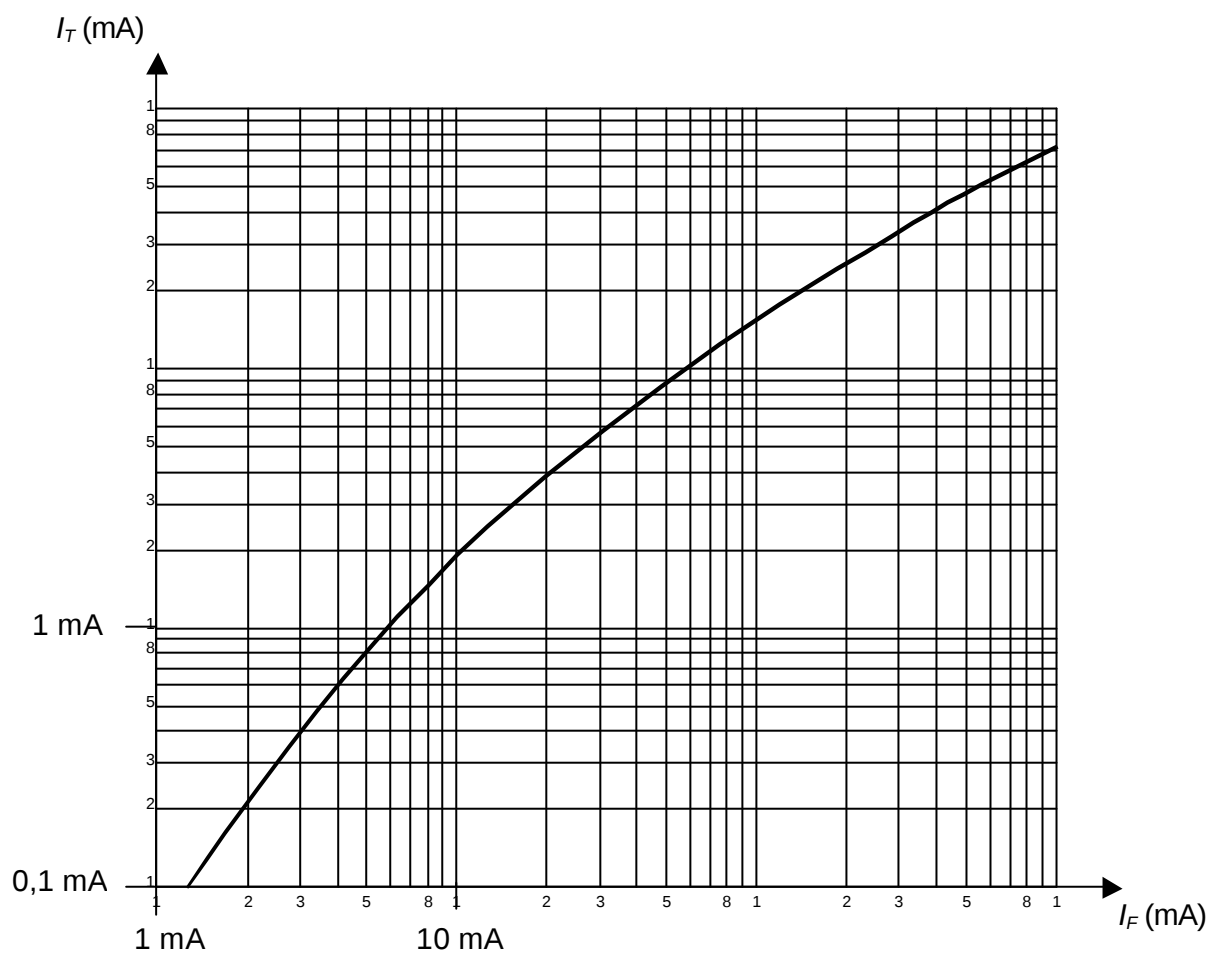


Figure A.

DOCUMENT-REPONSE N°2
(à rendre obligatoirement avec votre copie)

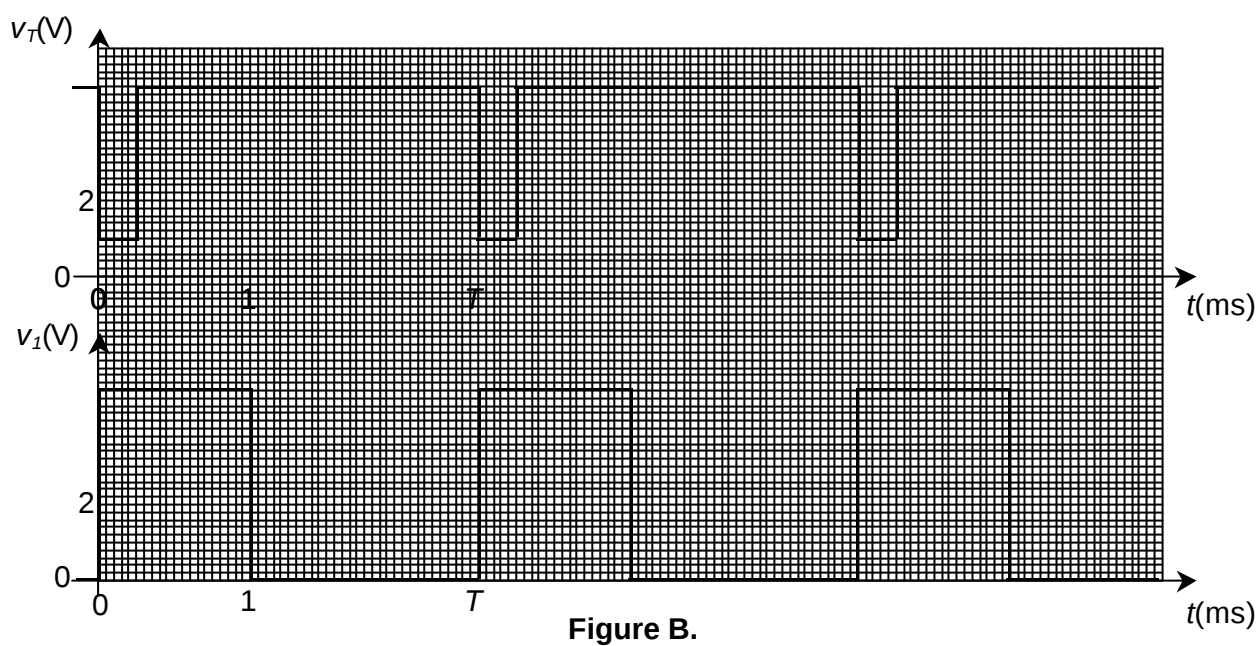


Figure B.

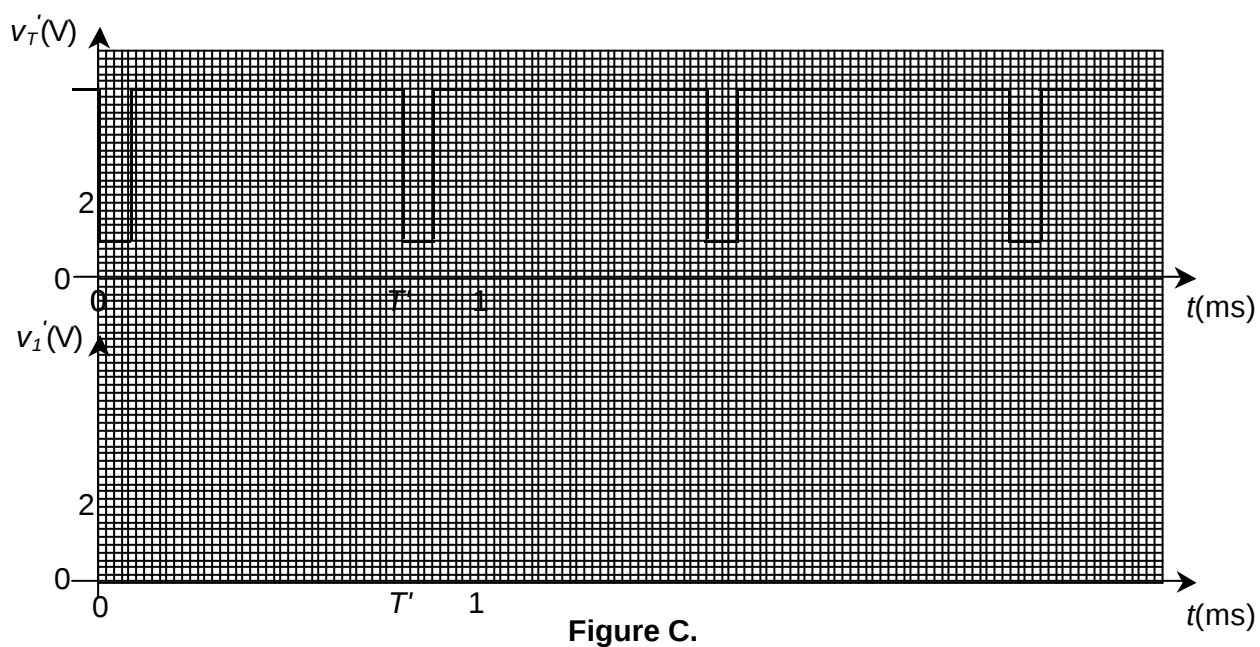


Figure C.