



SESSION 2016

CLASSES DE TERMINALE

ELECTROTECHNIQUE - ELECTRONIQUE

Le sujet est composé de deux problèmes (A et B) pouvant être traités de façon indépendante. Il comporte 09 pages numérotées de 1 à 09.

N.B. :

1. La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements compteront pour une part importante dans l'appréciation de la copie.
2. Les différents problèmes sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre qui convient au candidat. Le candidat respectera scrupuleusement la numérotation des questions.
3. Toute réponse doit impérativement porter le numéro de la question.

Durée de l'épreuve : **6 heures**

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, mais nécessairement le candidat devra prévenir le surveillant.

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 compte neuf (09) pages.

N.B. : Chaque candidat recevra, en plus du sujet, une feuille de papier millimétré de format A4 qu'il doit remplir et rendre à la fin de l'épreuve.

Barème : l'épreuve est notée sur **60 points**.

☞ **Partie A** : 40 points

A.1 ⇒ 10pts	A.2 ⇒ 10pts	A.3 ⇒ 10pts	A.4 ⇒ 10pts
A.1.1.1 ⇒ 1pt	A.2.1 ⇒ 2pts	A.3.1 ⇒ 2pts	A.4.1 ⇒ 2pts
A.1.1.2 ⇒ 1pt	A.2.2 ⇒ 2pts	A.3.2.1 ⇒ 3pts	A.4.2 ⇒ 2pts
A.1.1.3 ⇒ 1pt	A.2.3 ⇒ 2pts	A.3.2.2 ⇒ 2pts	A.4.3 ⇒ 2pts
A.1.1.4 ⇒ 1pt	A.2.4 ⇒ 2pts	A.3.2.3 ⇒ 3pts	A.4.4 ⇒ 2pts
A.1.2 ⇒ 1pt	A.2.5 ⇒ 2pts		A.4.5 ⇒ 2pts
A.1.3.1 ⇒ 1pt			
A.1.3.2 ⇒ 2pts			
A.1.3.2 ⇒ 2pts			

☞ **Partie B** : 20 points

B.1 ⇒ 5pts	B.2 ⇒ 3 pts	B.3 ⇒ 6 pts	B.4 ⇒ 6 pts
B.1.1 ⇒ 1 pt	B.2.1 ⇒ 1 pt	B.3.1 ⇒ 2pts	B.4.1 ⇒ 2pts
B.1.2 ⇒ 1 pt	B.2.2 ⇒ 1 pt	B.3.2 ⇒ 1pt	B.4.2 ⇒ 2pts
B.1.3 ⇒ 1 pt	B.2.3 ⇒ 1 pt	B.3.3 ⇒ 3pts	B.4.3 ⇒ 2pts
B.1.4 ⇒ 1 pt			
B.1.5 ⇒ 1 pt			

NB : Les document-réponse pages 8 et 9 sont à rendre.

ETUDE DU DISPOSITIF D'ENTRAINEMENT D'UN SYSTEME MELANGEUR DE GRAINS

La composition et le dosage des aliments pour animaux dépendent de leur destination : ovins, bovins, volailles...

Ces aliments sont composés principalement de céréales (blé, soja, maïs ...) auxquels on peut ajouter des éléments en faible quantité (protéines, minéraux..).

Le système étudié (**figure 1**) dans ce sujet comporte deux trémies :

☞ Trémie **A** recevant du maïs : son écoulement s'effectue dans une vis sans fin horizontale entraînée à travers un réducteur de vitesse par un moteur asynchrone à vitesse variable, l'ensemble trémie-vis reposant sur un capteur de pesage permettant un dosage massique

☞ Trémie **B** contenant du blé : son écoulement s'effectue à l'aide d'un extracteur alvéolaire entraîné à travers un réducteur de vitesse par un moteur à courant continu permettant un débit volumique.

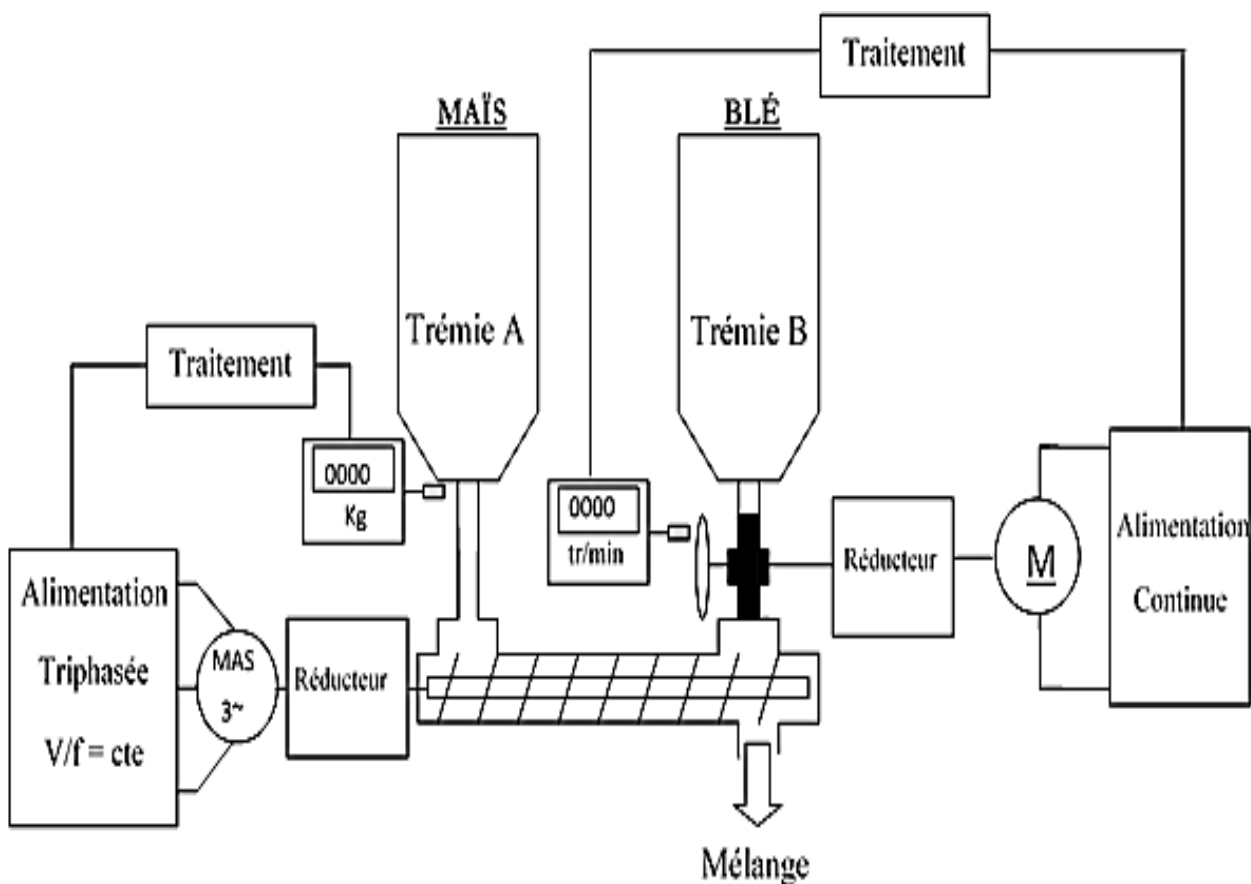


figure 1

PARTIE A: Réglage du débit de blé

A.1. Alimentation du moteur et sa commande.

Le moteur à courant continu est alimenté par un convertisseur alternatif-continu (pont mixte) permettant de faire varier sa vitesse.

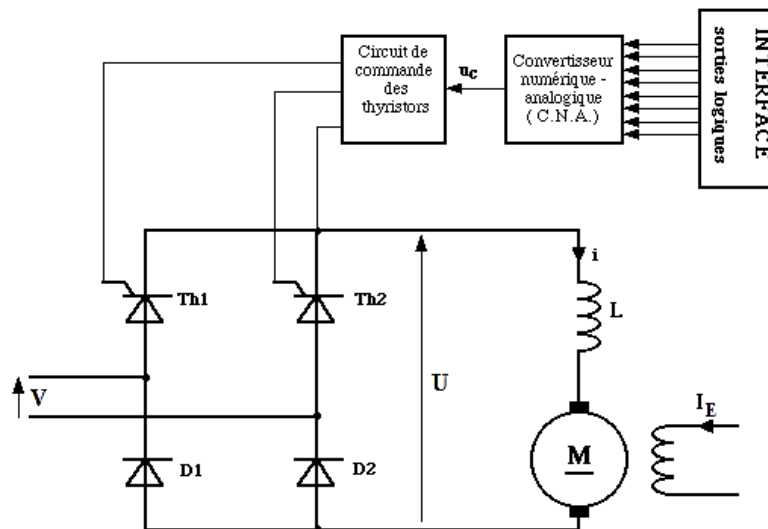


figure 2

L'induit du moteur est en série avec une bobine d'inductance L , supposée parfaite.

La résistance R du circuit d'induit est égale à $1,8 \Omega$.

Le circuit de commande envoie des impulsions de gâchette sur chaque thyristor et l'angle de retard à l'amorçage θ est proportionnel à la tension de commande u_c .

Pour $u_c = 10 \text{ V}$ on obtient $\theta = 180$ degrés.

A.1.1. On considère dans toute la suite du problème un fonctionnement du moteur en régime permanent pour lequel la conduction est ininterrompue.

A.1.1.1. Donner le schéma équivalent de l'induit.

A.1.1.2. Ecrire la relation entre $u(t)$ alimentant l'induit et $i(t)$ qui parcourt l'induit.

A.1.1.3. En déduire la relation entre U_{moy} , I_{moy} , E' et R .

A.1.1.4. On rappelle que $E' = k.n$ ($k = 0,176 \text{ V.tr}^{-1}.\text{mm}$). En déduire l'expression de n en fonction de U_{moy} , I_{moy} , k et R .

A.1.2. Calculer la vitesse n pour $I_{\text{moy}} = 1,6 \text{ A}$ et $U_{\text{moy}} = 172 \text{ V}$.

A.1.3. Le capteur de vitesse envoie sur le port de sortie un mot binaire (S) constitué de **huit bits**, auquel est associé un nombre décimal noté N_D .

La tension u_c à la sortie du convertisseur numérique-analogique (C.N.A.) est proportionnelle à N_D . Au mot binaire $(S) = 11111111$ (nombre décimal associé $N_D = 255$) correspond en sortie $u_{cmax} = 10,15V$.

On suppose que le capteur envoie le mot binaire $(S) = 00111111$, en déduire :

A.1.3.1. Le nombre décimal associé ;

A.1.3.2. Les valeurs correspondantes de u_c et de l'angle de retard θ ;

A.1.3.3. La valeur efficace de la tension d'alimentation $V = 230 V$, calculer la valeur moyenne U_{moy} de $u(t)$.

A.2. Etude du moteur à courant continu

Le moteur à courant continu entraînant l'extracteur est un moteur à courant continu dont le flux sous un pôle Φ est constant.

La plaque signalétique du moteur fournit les indications suivantes :

$U_N = 180 V$; $I_N = 2 A$; $n_N = 1000 \text{ tr.mn}^{-1}$; $P_{uN} = 300 W$.

La résistance R du circuit d'induit est égale à $1,8 \Omega$.

A.2.1. Calculer la valeur de la f.é.m E_N en régime nominal.

A.2.2. Montrer que la f.é.m E exprimée en volts et la fréquence de rotation n exprimée en tr.mn^{-1} sont liées par la relation : $E = k.n$ avec $k = \text{constante}$.

A.2.3. Vérifier que $k = 0,176 V.tr^{-1}.mn$.

A.2.4. Montrer que le moment du couple électromagnétique T_{em} et l'intensité du courant dans l'induit I exprimée en A sont liés par la relation $T_{em} = k'.I$.

A.2.5. Calculer les pertes constantes nominales (p_{cn}) sachant que les pertes Joule inducteur (p_{Jl}) sont estimées à $20 W$.

A.3. Réglage de la vitesse du moteur à charge constante.

L'induit est alimenté sous une tension U réglable. La charge entraînée impose un couple électromagnétique de moment constant égal à sa valeur nominale T_{emN} .

A.3.1. Justifier que l'intensité du courant I est égale à $2 A$.

A.3.2. Détermination de la vitesse $n(U)$:

A.3.2.1. Montrer que pour le fonctionnement étudié, $U = 0,176.n + 3,6$ avec n exprimée en tr.mn^{-1} .

A.3.2.2. En déduire la relation entre la fréquence de rotation du moteur n en tr.mn^{-1} et U sous la forme : $n = a.U + b$. Déterminer les valeurs des constantes a et b .

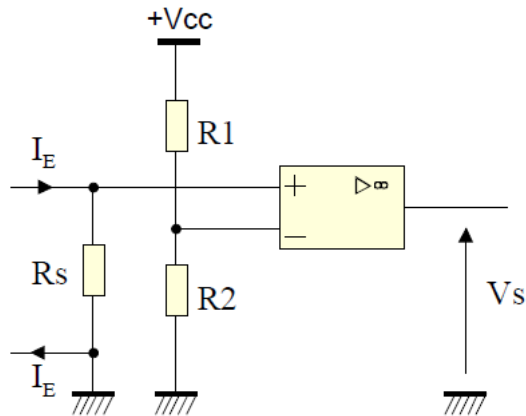
A.3.3. Détermination de Q_B (U).

Le débit de blé Q_B vérifie alors la relation : $Q_B = 42 \cdot 10^{-4} \cdot n$ (en $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$).

En déduire l'expression du débit Q_B de l'extracteur en fonction de la tension U.

A.4. Sécurité inducteur

Afin d'assurer la sécurité du système, un détecteur mesure l'intensité du courant inducteur, dont le schéma est donné à la figure ci-dessous.



$$V_{cc} = 15 \text{ V} \quad (V_{sat} = V_{cc})$$

$$R_s = 1 \text{ } \Omega$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 29 \text{ k}\Omega$$

figure 3

A.4.1. Pour quelle raison le courant inducteur du moteur ne doit-il pas descendre en dessous d'une certaine valeur ?

A.4.2. Calculer le potentiel V^- sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel

A.4.3. Exprimer le potentiel V^+ sur l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel en fonction de R_s et I_E .

A.4.4. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ?

A.4.5. Quelle est la condition sur I_E pour que la sortie de l'amplificateur opérationnel soit $+V_{sat}$?

PARTIE B : Réglage du débit de maïs

La trémie recevant du maïs est prolongée par un extracteur à vis entraîné par un moteur asynchrone.

Le débit de maïs Q_M est proportionnel à la vitesse de rotation n_{MAS} du moteur asynchrone (figure 4).

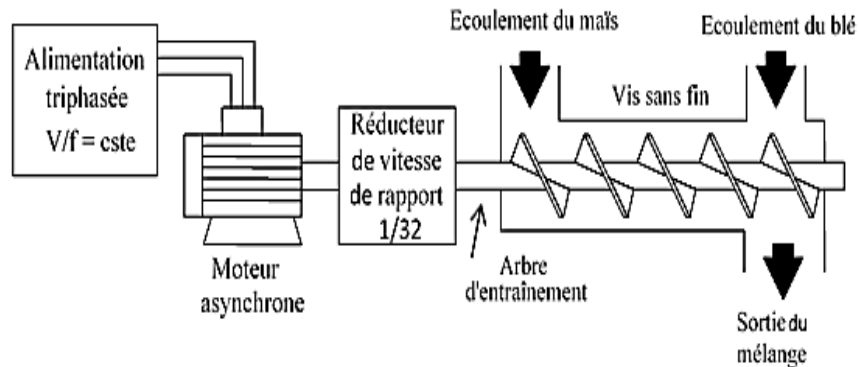


figure 4

La plaque signalétique du moteur asynchrone porte les indications ci-dessous :

0,75 kW	$\cos\varphi = 0,8$	1380 tr/mn
Δ 230 V	3,5 A	50 Hz
Y 400V	2 A	-

Les enroulements du moteur sont couplés en **étoile**.

B.1. Alimentation du moteur asynchrone.

B.1.1. Expliquer les différentes indications de la plaque signalétique.

B.1.2. Préciser la valeur nominale V_n de la tension aux bornes d'un enroulement du stator.

B.1.3. Représenter sur la figure 6 du **document réponse 1 page 8**, le branchement correspondant au couplage réalisé.

B.1.4. Déterminer la fréquence de synchronisme n_s (en **tr.mn⁻¹**). En déduire le nombre de paires de pôles de la machine (**p**).

B.1.5. Calculer la vitesse du glissement pour le fonctionnement nominal (N_n). En déduire le glissement nominal (**g_N %**).

B.2. Bilan des puissances en régime nominal.

B.2.1. Compléter l'arbre des puissances représenté figure 5 du document réponse 1 page 8 en précisant la nature des différentes puissances.

B.2.2. Calculer la puissance absorbée P_{aN} correspondant au fonctionnement nominal. En déduire la somme des pertes (**p_Σ**).

B.2.3. Calculer le rendement nominal (η_N %) du moteur.

B.3. Caractéristique mécanique du moteur pour une fréquence d'alimentation de 50 Hz.

B.3.1. Préciser la vitesse de rotation n de l'arbre d'entraînement de la vis sans fin.

B.3.2. Calculer le moment du couple utile en régime nominal (T_{uN}).

B.3.2. La partie utile de la caractéristique mécanique $T_{u1}(n)$ pour $f_1 = 50$ Hz et $U_1 = 400$ V est représentée sur le graphique de la figure 7 du **document réponse 2 page 9**.

Justifier le tracé de cette caractéristique en indiquant deux points (**M1**, **M2**) correspondant respectivement à ces deux points de fonctionnements particuliers du moteur. On précisera les coordonnées de ces deux points.

B.4. Réglage de la vitesse du moteur asynchrone.

L'onduleur délivre une tension de valeur efficace V et de fréquence f dont le rapport V/f est constant.

On veut régler la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement de la vis sans fin à **28,91 tr/mn** afin de modifier le débit massique de maïs.

Pour ce fonctionnement, le moment du couple utile T_2 est égal à **2,6 N.m**.

B.4.1. Tracer sur le graphique de la figure 7 du **document réponse 2 page 9** la caractéristique mécanique du moteur $T_{u2}(n)$ pour ce réglage de l'onduleur.

B.4.2. Déterminer graphiquement la nouvelle valeur de la fréquence de synchronisme n_{s2} du moteur. En déduire la fréquence f_2 de la tension délivrée par l'onduleur.

B.4.3. Calculer la valeur efficace U_2 de la tension délivrée par l'onduleur.

Document réponse 1
à rendre avec la copie

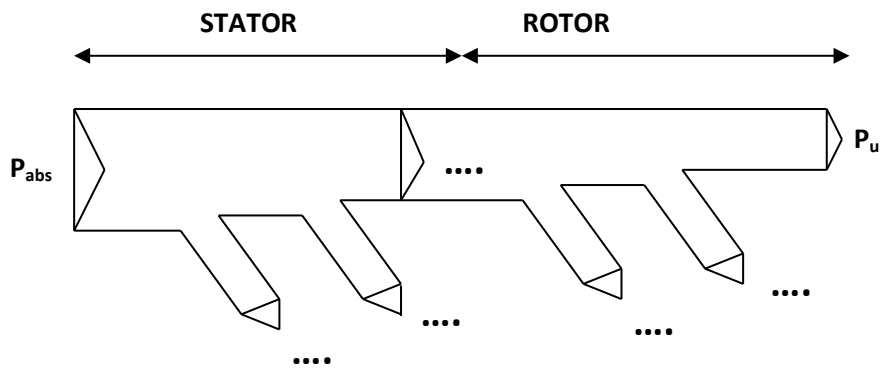


figure 5

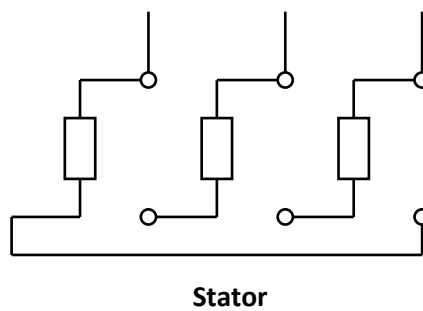
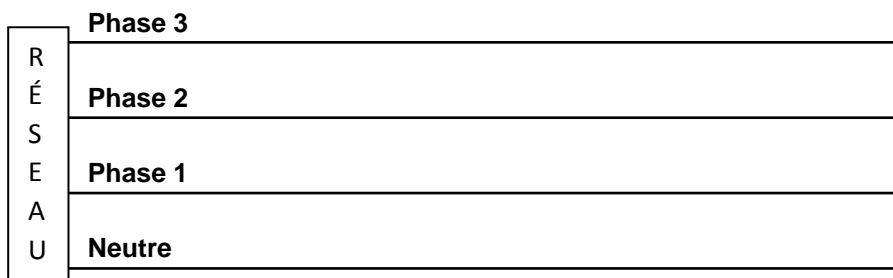


figure 6

**Document réponse 2
à rendre avec la copie**

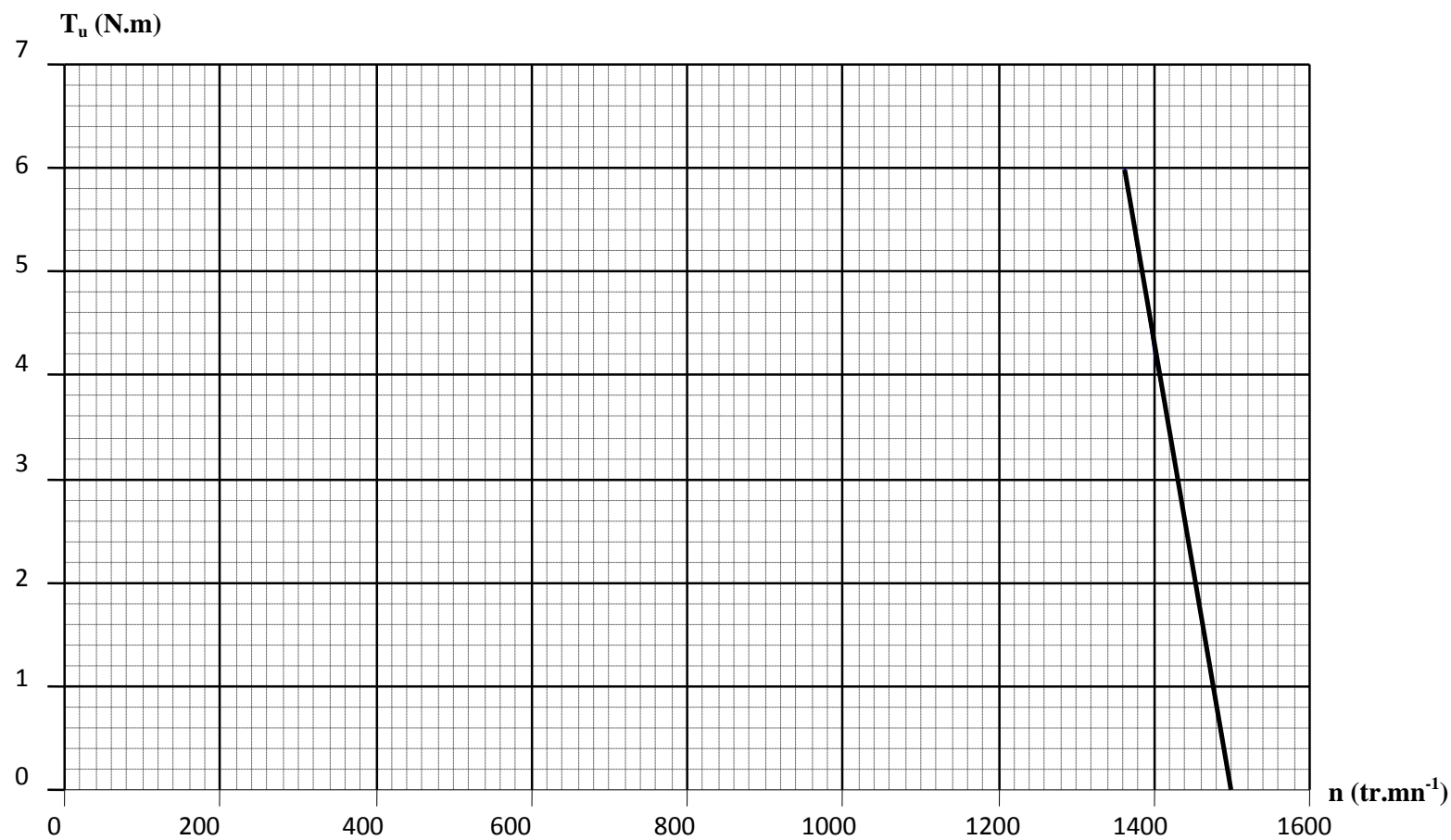


figure 7