

C3-CARACTÉRISTIQUES D'UN MOTEUR CC

OBJECTIF DU TP

L'objectif de ce TP est la détermination, après certaines mesures, des caractéristiques d'un moteur à courant continu : gain statique, constante de temps, inertie du rotor, constante de f_{cm} et résistance interne du moteur.

CONSIGNES GÉNÉRALES

Indiquez le numéro de TP sur votre copie.

Chaque étudiant doit faire son application sur son PC. Dans le cas contraire la validation ne sera faite que pour l'étudiant qui l'a faite.

Indiquez vos noms en haut à gauche et le numéro de TP en haut à droite.

RECOMMANDATIONS RELATIVES À CE TP

- *Ne pas faire tourner le moteur inutilement surtout avec le disque d'inertie.*
- *Vérifiez vos calculs avant de faire valider*

NIVEAU 1 : DÉTERMINATION DU GAIN STATIQUE KM

MONTAGE À REALISER

La vitesse sera modulée en faisant varier la tension U_c . Cette tension est fournie par un potentiomètre et est appliquée à l'entrée de l'amplificateur (U154). Cet amplificateur fournit une tension U au moteur.

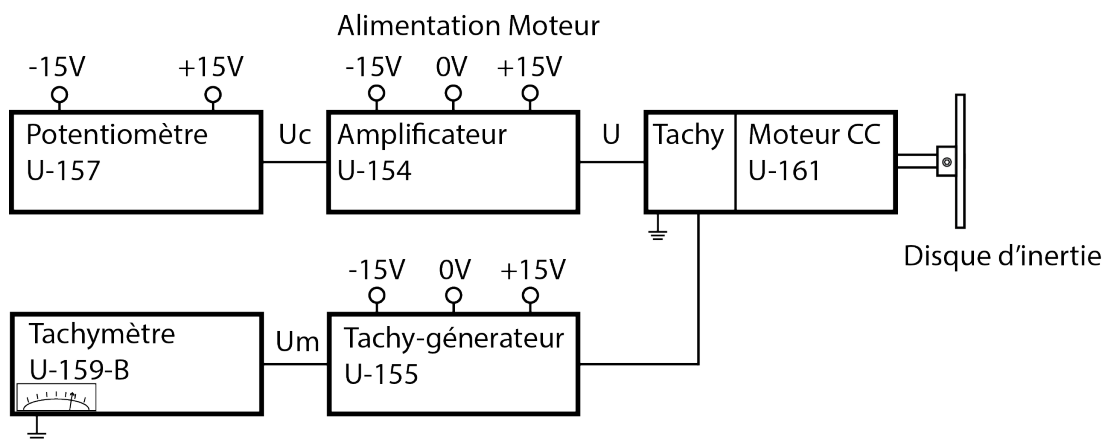


Figure 1 : Câblage initial

Le capteur tachymétrique (U155) fournit une tension (U_m) proportionnelle à la vitesse du moteur.

PROCÉDURE DE CÂBLAGE

À RÉALISER HORS TENSION !

En utilisant les consignes ci-après, **câblez** les éléments représentés sur le croquis précédent (cf. Figure 1) ; veillez à respecter les couleurs : noir pour les masses (GND), rouge pour les +15V, bleu pour les -15V, vert et blanc pour les bornes du moteur, et une autre couleur pour les autres connexions.

1. Reliez d'abord (câbles rouge, noir et bleu) en -15V et +15V, le variateur du moteur (U154) par l'alimentation (Motor Power). Seul le moteur sera alimenté par ces trois câbles.

Un potentiomètre (U157) est composé d'une piste graphite qui sert de résistance sur laquelle un curseur frotte (borne jaune).

2. En utilisant les sorties de droite de l'alimentation, alimentez-en -15V (bleu) et +15V (rouge) les deux bornes de cette résistance.
3. Avec un câble jaune reliez la sortie du potentiomètre à l'entrée de consigne du variateur (U154).

Le variateur fournira au moteur une tension proportionnelle à celle de consigne.

4. Reliez la sortie du variateur (en vert et en blanc) à l'entrée du moteur (Motor).

Le module U155 permet de convertir le signal sinusoïdal du tachy-générateur en un signal variant de 0 à 15V, cette tension est une image de la vitesse du moteur.

5. Reliez la sortie du tachy-générateur (Tacho), à l'entrée input du module U155 (câble jaune).
6. Reliez la masse (câble noir) sur l'autre borne du Tacho.

Le module U159 est un voltmètre à aiguille ; il indique, en tours par minute, la vitesse de rotation du moteur.

7. Reliez (câble vert) la sortie Meter du module U155 à l'entrée du voltmètre, reliez également la masse (en noir).

Ne mettre sous tension (le 220V sur l'alimentation) qu'après la vérification du câblage par l'enseignant.

VÉRIFICATION (À FAIRE VALIDER PAR L'ENSEIGNANT)

Câblage correct – couleurs respectées.

MANIPULATIONS À EFFECTUER

Ne faire tourner le moteur que le temps nécessaire à la mesure !

1. **Installez** un multimètre pour mesurer la tension aux bornes du moteur. En agissant sur le potentiomètre, **faites tourner** le moteur sans disque d'inertie et **mesurez** la tension U . Effectuez 5 mesures pour différentes positions du potentiomètre (et donc différentes valeurs de Ω). **Tracez** la courbe $f(U)=\Omega$ liant la tension aux bornes du moteur et la vitesse de rotation, en rd.s^{-1} , lue sur le vue-mètre à aiguille (U159-B) en tr.min^{-1} .
2. Donnez le gain statique du moteur : **$K_m=\Omega/U$** .
3. Faites les mesures avec le disque d'inertie de diamètre 60 mm et d'épaisseur 2,2 mm. Que constatez-vous, en ce qui concerne la valeur du gain statique K_m ?

SUR VOTRE COMPTE RENDU

Indiquez vos résultats (sans oublier les unités), la courbe $f(U)=\Omega$ pour l'étape 1 ; indiquez la réponse aux questions 2 et 3.

NIVEAU 2 : DÉTERMINATION DE L'INERTIE DU MOTEUR

MONTAGE À REALISER

Remplacez le potentiomètre par la sortie créneau du GBF référence U162 (Cf. Figure 2), et **réglez** la fréquence de façon à ce que la vitesse du moteur oscille entre l'arrêt complet et un régime établi. Ce montage doit permettre de tracer la réponse indicielle (ou à un échelon) d'un moteur CC.

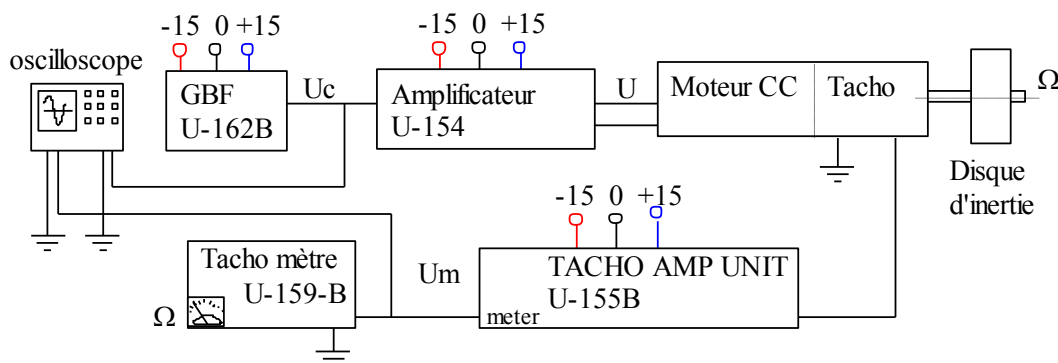


Figure 2 : Câblage pour mesure du temps de réponse

Visualisez la courbe de l'entrée fournie par le GBF et celle image de la vitesse (sortie du capteur tachymétrique) sur l'oscilloscope numérique (voir documentation et réglages à la fin de ce TP).

Réglez la fréquence du GBF pour que la vitesse atteigne sa vitesse maximale, comme le montre la courbe (Cf. Figure 3).

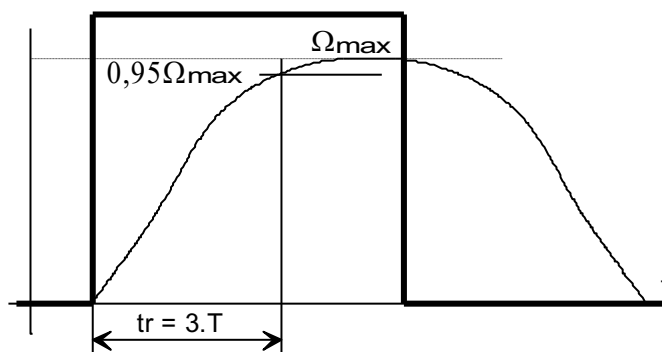


Figure 3 Courbe de la réponse indicielle

On définit t_r , le temps en seconde pour que le système atteigne 95% de sa vitesse maximale. Pour un 1^{er} ordre, ce temps est égal, par définition, à 3 fois la constante de temps du système que l'on nommera T .

TRAVAIL DEMANDÉ

Mesurez les temps de réponse t_r dans les trois cas suivants :

t_{r0} : lorsque le moteur est à vide, seule son inertie J_m est prise en compte

t_{r1} : lorsque le disque D1 (d'épaisseur 1,1), d'inertie J_{D1} , est monté sur l'arbre moteur

t_{r2} : lorsque le disque D2, (d'épaisseur 2,2), d'inertie J_{D2} , est monté sur l'arbre moteur

En déduire les constantes de temps T0, T1, T2 dans ces trois cas.

En cours nous verrons la modélisation d'un moteur CC décrite par les équations (Cf. Figure 4) et le schéma bloc (Cf. Figure 5).

(p est la variable du domaine symbolique de Laplace)

$$U_c(t) = R.I(t) + E(t)$$

$$C_m(t) = J. \frac{d\Omega(t)}{dt} + f. \Omega(t)$$

$$C_m(t) = K_i.I(t) \quad \text{et} \quad E(t) = K_e. \Omega(t)$$

Figure 4 : Equations d'un moteur CC

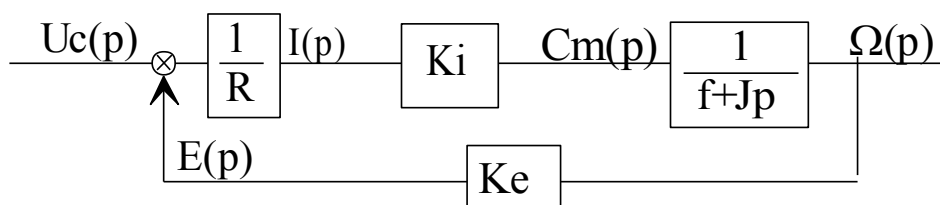


Figure 5 : Schéma bloc d'un moteur CC

La fonction de transfert qui lie la vitesse à la tension de commande est définie par l'expression de la Figure 6.

Si on note Km le gain du moteur et T la constante de temps du moteur, par indentification, on peut en déduire l'expression du gain statique et celle de la constante de temps (Cf. Figure 7).

$\frac{\Omega(p)}{U_c(p)} = \frac{\frac{K_i}{R.f + K_e.K_i}}{1 + \frac{R.J}{R.f + K_e.K_i}} = \frac{K_m}{1 + T.p}$ $\xrightarrow{L^{-1}} \Omega(t) = K_m(1 - e^{-t/T})$ <p>Figure 6 : Fonction de transfert du moteur CC</p>	$K_m = \frac{K_i}{R.f + K_e.K_i}$ $T = \frac{R.J}{R.f + K_e.K_i}$ <p>Figure 7 Gain statique et constante de temps d'un moteur CC</p>
--	--

L'inertie du disque D1 est : $J_{D1} = 1,08.10^{-5} \text{ Kg.m}^2$ (celle de D2 de 2xJD1).

La constante de temps est : $T = \frac{R.J}{KeKi + R.f}$, R, Ke, Ki et f sont constants, on peut donc poser :

$$\beta = \frac{R}{KeKi + R.f}.$$

Vos trois mesures vous permettent donc de poser trois équations à deux inconnues β et J_m (Une équation peut servir de vérification)

$$\begin{cases} tr0/3 = \beta.J_m \\ tr1/3 = \beta.(J_m + JD1) \\ tr2/3 = \beta.(J_m + JD2) \end{cases}$$

Équations pour J_m

Calculez l'inertie du moteur à vide J_m .

Connaissant l'expression du gain statique K_m du moteur, dites pourquoi la valeur de K_m (niveau 1) est inchangée quel que soit le disque d'inertie placé sur l'arbre moteur, puis expliquez, en quelques mots en citant des exemples, le mot INERTIE.

Nota : Le multimètre sans bouton est utilisé comme ampèremètre (montage série).

Sur votre compte rendu indiquez vos résultats (sans oublier les unités) et la réponse à la question précédente, faites valider.

NIVEAU 3 : DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE INTERNE R ET DU COEFFICIENT K_e

MONTAGE À REALISER

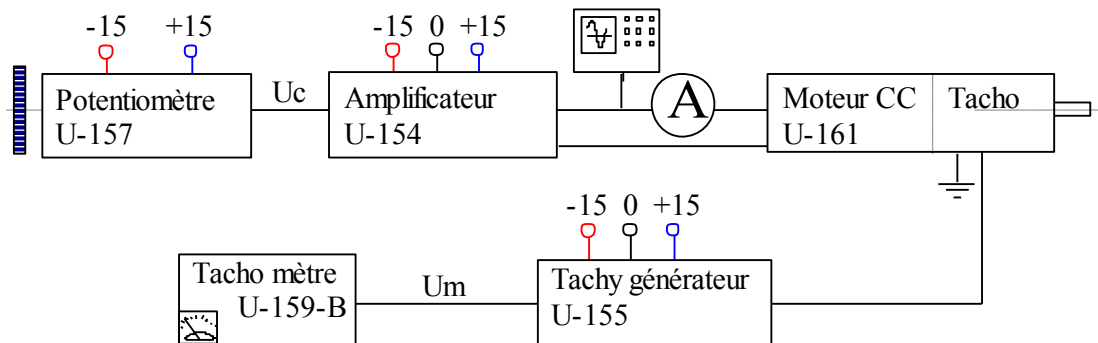


Figure 8 : Câblage pour la mesure de R et K_e

RAPPEL DES NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

L'équation électrique de la tension de commande est : $U(t) = R.I(t) + K_e.\Omega(t)$, dans le domaine temporel.

Remarque : Lorsque la vitesse est nulle, la fcm : $E(t) = K_e.\Omega(t)$ est aussi nulle. A vitesse nulle, la tension peut donc s'écrire : $U(t) = R.I(t)$

TRAVAIL DEMANDÉ

1. Relevez l'intensité absorbée par le moteur pour la tension U variant de 0 à U_{cr}. U_{cr} correspond à la tension à partir de laquelle l'arbre du moteur commence à tourner (faire la mesure pour, au moins, 10 valeurs de U). Tracez la courbe U/I.
2. Déduisez la valeur de la résistance interne du moteur (R).
3. Relevez l'intensité I, absorbée par le moteur, pour les tensions U variant d'U_{cr} à 10 volts. Tracez la courbe U/I
4. Mesurez la valeur de E(t) pour N=3000t/mn et déduisez la valeur de K_e.

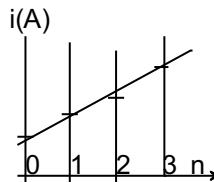
QUESTION

En utilisant la méthode utilisée pour la mesure de l'inertie du moteur, décrivez la procédure permettant de mesurer le coefficient visqueux f. Un frottement visqueux est dépendant de la résistance de pénétration dans l'air, pour cela un ventilateur peut être utilisé. La mesure est faite à vitesse constante Ω_m soit $C_m = f.\Omega_m = K_f.I_m$ - Sur votre compte rendu, indiquez vos résultats (sans oublier les unités) et la réponse à la question précédente, faites valider.

BONUS A : DÉTERMINATION DE COEFFICIENT DE FROTTEMENT VISQUEUX DU MOTEUR

MONTAGE À REALISER : IDENTIQUE À CELUI DU NIVEAU 3 (SANS L'OSCILLOSCOPE)

1. Faites tourner le moteur à 3000t/min (314rd/s) et mesurer le courant absorbé par le moteur.
2. Mesurer, pour la **même vitesse de rotation**, l'intensité absorbée (i_1, i_2, i_3) lorsque le moteur possède 1, 2 et 3 ventilateurs.
3. Placer ces 4 valeurs de i sur une courbe $f(n)=i$. Tracer une droite qui passe à peu près par les 4 valeurs de i . Mesurer, sur la courbe les valeurs de i_0 (sans ventilateur) et de i_3 avec 3 ventilateurs.



D'après les relations dans un moteur : $C_m(t) = J \cdot \frac{d\Omega(t)}{dt} + f \cdot \Omega(t)$ et $C_m(t) = K_i \cdot I(t)$, la vitesse est constante, l'accélération est donc égale à 0 :

$$C_m(t) = f \cdot \Omega(t) \text{ et } C_m(t) = K_i \cdot I(t) \Rightarrow f \cdot \Omega = K_i \cdot I_n$$

On peut obtenir deux équations ci-contre correspondant à la mesure du courant i_0 sans ventilateur et de i_3 avec 3 ventilateurs de coefficient de frottement f_v .

$$1 : f_m \cdot \Omega = K_i \cdot I_0$$

$$2 : (f_m + 3f_v) \cdot \Omega = K_i \cdot I_3$$

f_m : coefficient de frottement visqueux du moteur à vide

f_v : coefficient de frottement visqueux d'un ventilateur

Ω : Vitesse angulaire de l'arbre moteur en rd/s (constante)

K_i : Coefficient de couple (constant)

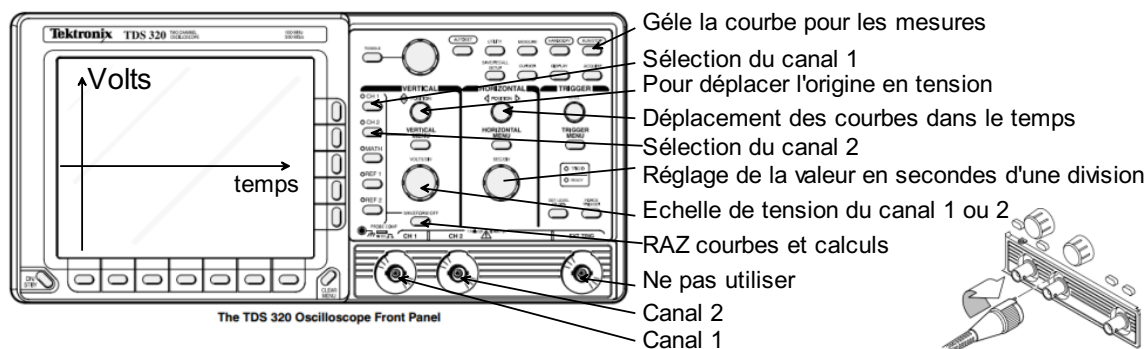
I_n : Courant absorbé pour n ventilateur(s)

Sortez K_i de la première équation et remplacez K_i dans la deuxième.

4. Donnez la valeur de f_m en fonction de f_v . Le coefficient f_m dépend-t-il de la vitesse de rotation ?

Sur votre compte rendu, indiquez vos résultats (sans oublier les unités) et la réponse à la question précédente, faites valider.

UTILISATION DE L'OSCILLOSCOPE



Branchez les deux câbles (par une prise BNC) sur le canal 1.

Mettre sous tension et appuyez sur auto-set et sur le bouton RAZ calculs

Réglez la période à 100ms et l'échelle de tension à 1V par division après avoir sélectionné la voie 1.

Branchez la voie 2 et réglez l'échelle de tension pour la voie 2.

Lorsque le signal est satisfaisant, appuyez sur RUN/Stop pour figer la courbe

Il est possible de déplacer les courbes vers la droite ou vers la gauche pour les placer sur une division.