

ASSERVISSEMENT DE VITESSE D'UN LAVE LINGE

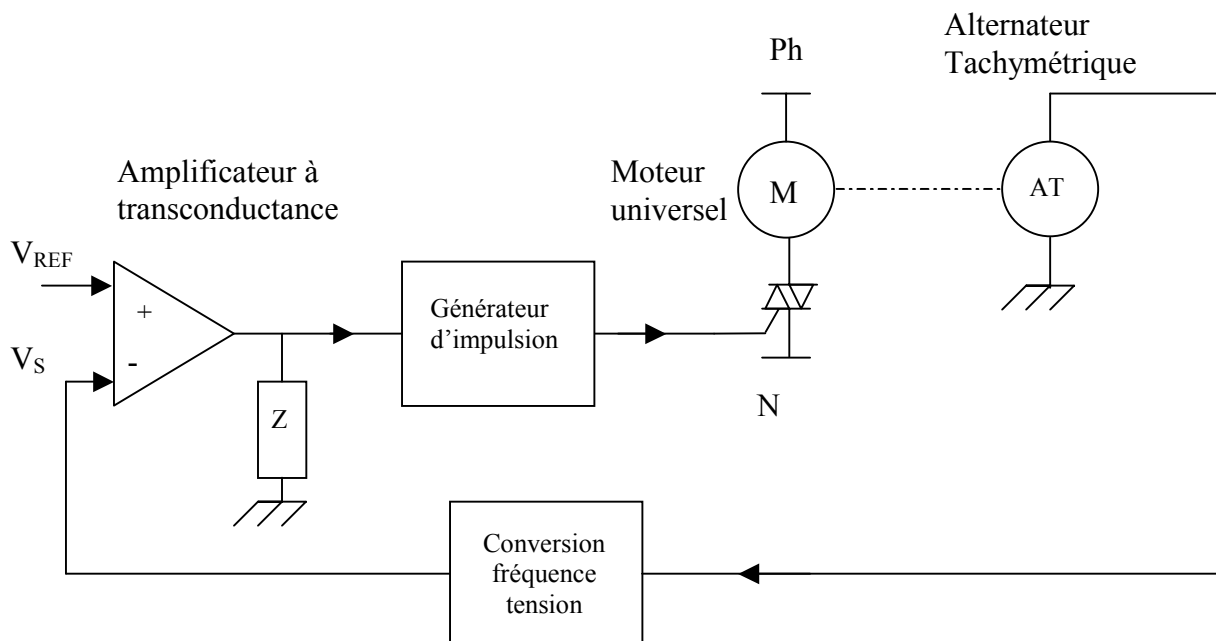
Les différentes parties sont indépendantes et à l'intérieur de chaque partie, de nombreuses questions sont indépendantes.

Présentation

Le système étudié est réalisé à partir d'un composant Motorola **TDA1085C**.
On trouve ce composant spécialisé sur de nombreuses machines à laver le linge.
Ce composant réalise les fonctions suivantes :

- l'asservissement analogique de la vitesse du moteur d'un lave-linge aux cours des différents cycle de fonctionnement (Lavage, rinçage, essorage)
- Protection du moteur en cas de surcharge ou de défaut d'un des composant du système.
- Montée progressive en vitesse d'essorage maximum afin d'obtenir une répartition homogène du linge dans le tambour (pour d'éviter le phénomène de balourd)

Principe



Le programme de la machine à laver fournit une tension V_{REF} fonction de la vitesse désirée (lavage, essorage, etc.)

V_{REF} est comparée à V_S , image de la vitesse du moteur.

La tension d'erreur ($V_{REF} - V_S$) est amplifiée par un amplificateur à transconductance, chargé par une impédance Z .

Cette tension va piloter un générateur d'impulsion qui commande la gâchette d'un triac. La tension efficace aux bornes du moteur universel peut donc varier. La vitesse de rotation du moteur est proportionnelle à la valeur efficace de la tension aux bornes du moteur.

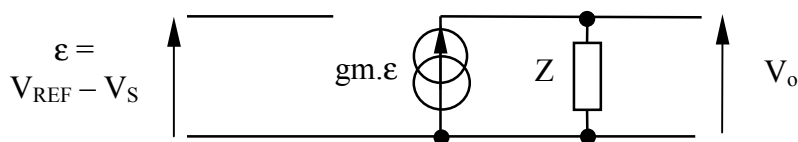
L'alternateur tachymétrique fournit un signal dont la fréquence et l'amplitude sont proportionnelles à la vitesse de rotation du moteur.

La conversion fréquence-tension fournit une tension V_S qui est proportionnelle à la fréquence du signal, et donc l'image de la vitesse.

I. Etude des différents sous-ensembles

I.A. L'amplificateur à transconductance

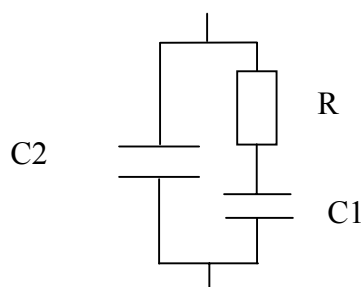
L'amplificateur à transconductance amplifie la différence ($V_{REF} - V_S$). Le schéma équivalent de l'amplificateur est le suivant :



Q.1) Exprimer le gain G de l'amplificateur à transconductance en fonction de g_m et Z ($G = V_o/\epsilon$)

Q.2) Calculer $G1(p)$ lorsque Z est une capacité de valeur $C1$.

Q.3) Calculer $G2(p)$ lorsque Z est le dipôle suivant :



Simplifier les calculs sachant que $C2$ est très inférieure à $C1$

Q.4) Application numérique : $g_m=340\mu A/V$; $C1=47\mu F$; $C2=100nF$; $R=68k\Omega$; Calculer $G1(p)$ et $G2(p)$.

Q.5) Représenter le schéma bloc de l'amplificateur à transconductance. (On fera figurer V_{REF}, V_S, V_o)

I.B. Le générateur d'impulsions

Le générateur d'impulsions fournit les impulsions gâchette du triac. Il donne l'angle d'ouverture α .

Pour $V_O = 12V$, l'angle d'ouverture α est nul (le triac est passant sur la totalité de l'alternance).

Pour $V_O = 0V$, l'angle d'ouverture α est de 180° (le triac est bloqué sur la totalité de l'alternance)

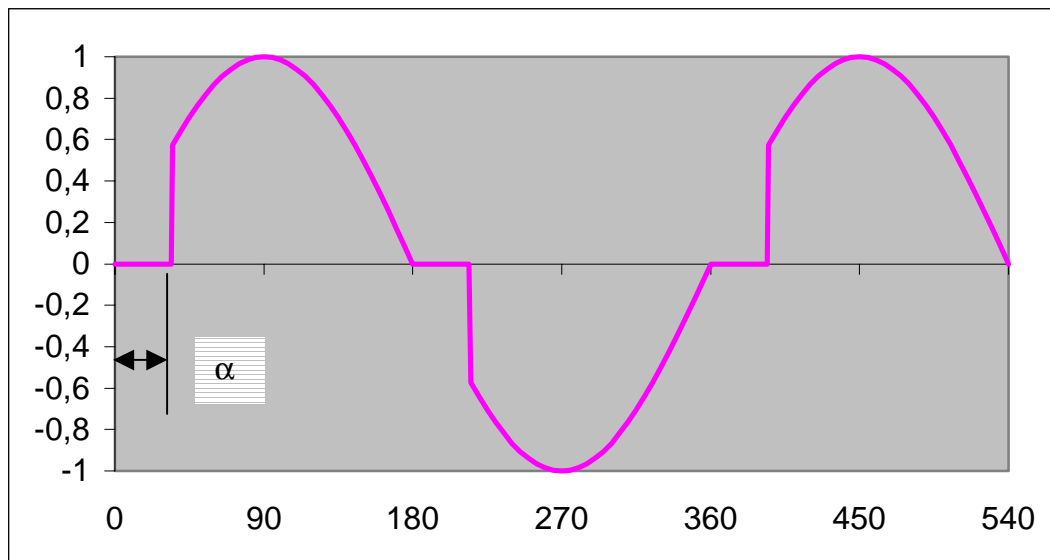
On suppose que la caractéristique $\alpha (V_O)$ est linéaire.

Q.6) Exprimer α en fonction de V_O . Représenter le schéma bloc du générateur d'impulsion.

I.C) Le Triac

Le moteur universel est en série avec le triac. La tension aux bornes du moteur à l'allure suivante :

$$U_{\text{Moteur}}/U_{\text{max}} = f(\theta = \omega t)$$



Q.7) Calculer $U_{\text{eff}} = f(\alpha)$ (On exprimera α en radians)

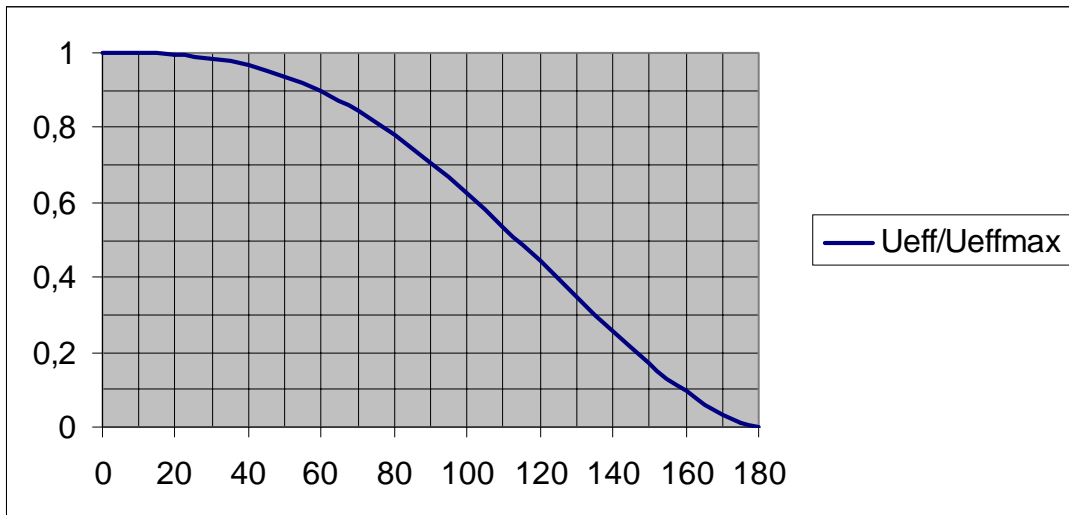
La courbe $U_{\text{eff}} = f(\alpha)$ est donnée. Pour simplifier l'étude, on décide de linéariser cette courbe.

Les calculs sur le système bouclé se font autour du point où le gain est maximum.

La tension efficace secteur est de 230V.

Q.8) Pourquoi faire les calculs avec le gain maximum ?

Q.9) A partir de la caractéristique $U_{\text{eff}} = f(\alpha)$ (cf page suivante), exprimer $U_{\text{eff}} = f(\alpha)$ pour $\alpha \approx 130^\circ$. Faire l'application numérique et représenter le schéma-bloc.



Courbe $U_{eff}/U_{EFFMAX} = f(\alpha)$

I.D) Le moteur

Le moteur est un moteur universel. La vitesse est proportionnelle à la tension U_{eff} aux bornes du moteur.

Pour une tension U_{eff} de 230V, la vitesse du moteur est maximale et égale à 15000 tr/min.

Le moteur se comporte comme un système passe bas à 2 constantes de temps (τ_E et τ_M)

Q.10) Déterminer la constante de vitesse du moteur k_V (en tr/min/V)

Q.11) Donner l'expression de la fonction de transfert du moteur $M(p)$ ainsi que son schéma-bloc.

Q.12) Application numérique ($\tau_E = 7$ ms et $\tau_M = 0.7$ s)

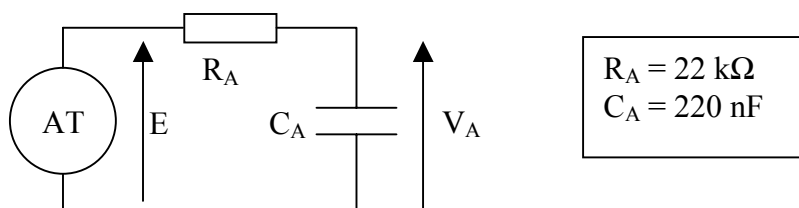
I.E) L'alternateur tachymétrique

L'alternateur tachymétrique est intégré dans le bloc moteur. Il fournit une tension sinusoïdale dont l'amplitude et la fréquence sont proportionnelles à la vitesse de rotation du moteur

L'alternateur tachymétrique possède 8 pôles. L'étage suivant va mesurer la fréquence de sortie de l'alternateur pour déterminer la vitesse du moteur.

Q.13) Démontrer que le gain statique introduit par l'alternateur tachymétrique est $67 \cdot 10^{-3}$ Hz/tr/min

On trouve en sortie de l'alternateur le circuit suivant :



En circuit ouvert, l'alternateur tachymétrique délivre 30V crête à crête pour 6000 Tr/min.

Q.14) Calculer l'amplitude et la fréquence fournis pour $n_0=0\text{tr/min}$; $n_1 =6000\text{tr/min}$; $n_2 = 15000 \text{ tr/min}$

Q.15) Représenter le module de la fonction de transfert introduite par le filtre R_A, C_A . Quelle est sa fréquence de coupure ? Quelle est l'atténuation introduite par le filtre à 400 Hz ? Comment évolue cette atténuation en fonction de la fréquence ?

Q.16) En déduire la variation de V_A en fonction de la fréquence.

Q.17) calculer l'amplitude de V_A

Q.18) Le filtre R_A, C_A a t'il un effet sur la fonction de transfert en boucle fermée ? Justifiez.

Q.19) Dessiner le schéma-bloc de l'alternateur tachymétrique.

I.F) Conversion fréquence-tension

Le signal issu de l'alternateur tachymétrique est mis en forme pour obtenir un signal carré. Ce signal va charger et décharger un condensateur. Le courant de charge (et uniquement de charge) est mesuré puis moyenné.

La constante de temps du circuit est très inférieure à la période du signal.

Q.20) Représenter sur un chronogramme :

V_{AM} : Signal issu de l'alternateur tachymétrique et mis en forme

V_C : Tension aux bornes du condensateur

I : Courant fourni au condensateur

I_{CH} : courant de charge du condensateur

On appelle I_0 la valeur maximale de I_{CH}

Q.21) Calculer I_{CH} moyen

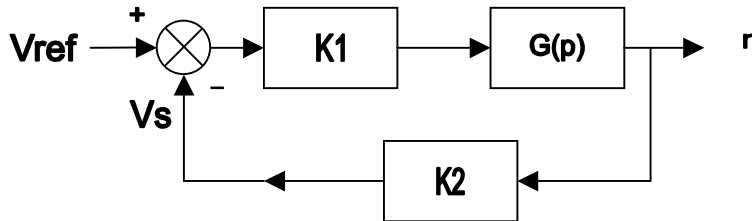
Q.22) Montrer que I_{CH} moyen est proportionnel à f , fréquence du signal d'entrée.

Pour $f = 1000\text{Hz}$, la tension en sortie du convertisseur Tension-fréquence est de 12V.

Q.23) Déterminer le schéma bloc de la conversion de fréquence.

II. Etude du système bouclé

Le schéma bloc du système complet est le suivant :



On donne

$$\mathbf{K1 = 12500 \text{ tr/min/V/s}}$$
$$\mathbf{K2 = 8.10^{-4} \text{ V/ tr/min}}$$
$$G(p) = \frac{(1+\tau_1.p)}{p(1+\tau_2.p)(1+\tau_3.p)(1+\tau_4.p)}$$

Q.24) Donner l'expression du gain en boucle ouverte.

Q.25) Déterminer la relation donnant n en fonction de V_{ref} en boucle fermée. On remarquera que $G(p)$ possède un pôle à $p=0$.

Q.26) Application numérique : Déterminer la vitesse n pour $V_{\text{ref}} = 0\text{V} ; 1\text{V} ; 12\text{V}$

III. Etude de la stabilité

On donne :

$$T(p) = \frac{10.(1+\tau_1.p)}{p(1+\tau_2.p)(1+\tau_3.p)(1+\tau_4.p)}$$

avec :

$$1/\tau_1 = 0.3 \text{ rad/s}$$

$$1/\tau_2 = 1.5 \text{ rad/s}$$

$$1/\tau_3 = 20 \text{ rad/s}$$

$$1/\tau_4 = 20 \text{ rad/s}$$

Q.27) Tracer la fonction de transfert en boucle ouverte $T(p)$ dans le plan de Bode.

Q.28) Tracer ensuite cette fonction de transfert dans le plan de Black.

Q.29) Déterminer la marge de phase et la marge de gain du système.

Q.30) Donner l'allure de la fonction de transfert du système en boucle fermée.

Q.31) Que pensez vous de la stabilité du système ?