

Concours d'entrée en 3^{ème} année du premier cycle
Session des 3 et 4 octobre 2014

EPREUVE DE SPECIALITE

PROBLEME 1 : Transformateur monophasé

On considère le transformateur 220/125 V, 50 Hz; les essais ont donné les résultats suivants:

- Essai à vide sous tension primaire nominale
 $I_{10}=0,8 \text{ A}$; $U_{20}=125 \text{ V}$; $P_{10}=70 \text{ W}$
- Essai en court-circuit
 $U_{1cc} = 19 \text{ V}$; $I_{2cc} = I_{2n} = 10 \text{ A}$; $P_{1cc} = 100 \text{ W}$
- 1. Faire les schémas des montages et préciser les appareils nécessaires à cet effet, le transformateur est parfait pour les courants lorsque ceux-ci ont leurs valeurs nominales (hypothèse de Kapp).
- 2. Calculer :
 - a) Le rapport de transformation
 - b) Le facteur de puissance à vide.
- 3. Sachant que la résistance R_1 du primaire est égale à $0,5\Omega$, vérifier que l'on peut considérer que la puissance à vide donne la valeur des pertes fer.
- 4. Pourquoi peut-on considérer que P_{1cc} est égale aux pertes par effet joule?
- 5. Représenter le schéma équivalent de Thévenin du transformateur vu des bornes du secondaire.
- 6. Calculer les composantes R_s et X_s de l'impédance interne correspondante.
- 7. Le transformateur débite sur une charge inductive de facteur de puissance 0,8 ; l'intensité du courant secondaire est I_{2n} .
 - Déterminer la tension secondaire U_2
 - Déterminer le rendement du transformateur

PROBLEME: Asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu

Ce système asservi comporte, conformément au schéma général de la figure 1, les éléments ci-après :

- Un moteur à courant continu M.
- Une chaîne directe se composant d'un hacheur (Hach), de son dispositif de commande (com Hach) précédé d'un amplificateur d'erreur (AmpI).
- Une chaîne de retour se composant d'une dynamo tachymétrique DT suivie d'un filtre.
- Un opérateur de différence (op Diff) élaborant la tension d'erreur X_{er} .

Le problème comporte trois parties pouvant être traitées de façon indépendante.

A/ Etude du moteur à courant continu

C'est un moteur à excitation indépendante qui fonctionne à courant d'excitation constant et sous tension d'induit nominale $U_n = 220 \text{ V}$. Sa réaction d'induit est parfaitement compensée, sa résistance d'induit est $R = 2,0\Omega$.

1. **Le moteur fonctionne en charge.** On a relevé une intensité du courant d'induit $I = 10 \text{ A}$ et une fréquence de rotation $n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$.
 - a) Calculer la f.e.m. E et montrer que $E = K_1 \times n$ (E proportionnel à n) et K_1 , E étant exprimée en volts et n en tours par minute.
 - b) Calculer le moment du couple électromagnétique T_e .
 - c) Les pertes dites "constantes" de ce moteur sont $P_o = 70 \text{ W}$ et les pertes d'excitation $P_{je} = 90 \text{ W}$. calculer la puissance utile, le moment du couple utile et son rendement.
2. **Le moteur fonctionne à vide.** En négligeant l'intensité du courant dans l'induit, déterminer la f.e.m. E_o et la fréquence de rotation n_o .
3. Moteur que la variation de la fréquence de rotation $\Delta n = n_o - n$ peut se mettre sous la forme $\Delta n = \frac{R \times I}{K_1}$ et calculer sa valeur pour $I = 10 \text{ A}$.

B/ Etude du hacheur

Il est conforme au schéma de la figure 2.

L'interrupteur K et la diode D sont parfaits. La période de hachage est T, et le rapport cyclique α .

L'inductance L de l'induit du moteur a une valeur suffisante pour que le courant dans l'induit soit ininterrompu.

La tension d'alimentation du hacheur est $U_0 = 220V$.

La relation entre la f.e.m. E et la fréquence de rotation n est $E = 0,20 \times n$.

(E en volts, n en tours par minute). $R = 2,0 \Omega$.

1. Etude de la tension u pour $\alpha = 0,80$.

- Représenter en le justifiant l'oscillogramme de la tension u(t). On prendra comme instant d'origine, l'instant où l'interrupteur K se ferme.
- Echelles : $1cm \leftrightarrow 20V$ en ordonnées et $10cm \leftrightarrow T$ en abscisse.
- Déterminer l'expression littérale de la tension moyenne $\bar{U}$ en fonction de U_0 et α . Calculer sa valeur numérique.

2. Fonctionnement du moteur pour $\alpha = 0,80$.

Le moteur fonctionne en charge ; l'intensité moyenne est $\bar{i} = 10A$. déterminer E en donnant les justifications utiles et déduire n.

- le dispositif de commande du hacheur (Com Hach) est tel que le rapport cyclique α est proportionnel à une tension de commande u_c soit $\alpha = 0,20 \times u_c$. Montrer que $\bar{U} = k_2 \times u_c$ et calculer la transmittance k_2 du hacheur.

C/ Etude de l'asservissement en Régime établi

On donne, figure 3, le schéma unifilaire faisant apparaître la transmittance de chaque organe.

La chaîne de retour a une transmittance $k = \frac{u_r}{n}$ telle que $U_r = 5,0V$ pour $n = 1000 \text{tr.min}^{-1}$.

La transmittance du hacheur est $k_2 = \frac{\bar{U}}{u_c} = 44$.

On rappelle que $k_1 = \frac{E}{n} = 0,20 V/\text{tr.min}^{-1}$ et $R = 2,0\Omega$.

On donne, figure 4, le schéma de l'opérateur de différence et de l'amplificateur. Les amplificateurs opérationnels AO1 et AO2 sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.

1. Etude de l'opérateur de différence.

Montrer que $X_{er} = u_a - u_r$. On pourra pour ce faire exprimer V^+ en fonction de u_a ainsi que V^- en fonction de u_r et X_{er} (V^+ et V^- étant les différences de potentiel entre les entrées de AO1 et la masse).

2. Etude de l'amplificateur.

Montrer que sa transmittance est $A = \frac{u_r}{X_{er}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$.

On veut obtenir $A = 20$. Calculer R_1 si $R_2 = 2,0 k\Omega$.

3. Etude lorsque le moteur est à vide : $\bar{i} = 0$, $A = 20$.

On note n_0 la fréquence de rotation exprimée en tours par minute.

Déterminer l'expression de la transmittance de la chaîne directe $H_0 = \frac{n_0}{X_{er}}$ en fonction de A, k_1 et k_2

- puis calculer sa valeur.
- Calculer la valeur numérique de la transmittance de la chaîne de retour $K = \frac{u_r}{n_0}$.

- En utilisant les transmittances H_0 et K, exprimer n en fonction de u_a et montrer que la transmittance globale T_0 peut se mettre sous forme :

$$T_0 = \frac{H_0}{1 + H_0 K} \text{ puis calculer sa valeur}$$

- Calculer la fréquence de rotation n_0 pour une tension de consigne $u_a = 4,6V$.
- Etude lorsque le moteur est en charge $\bar{i} = 10A$. on conserve $u_a = 4,6V$ et $A = 20$.
 - Exprimer n en fonction de u_a et i en utilisant H_0 et K.

Mettre l'expression sous forme :

$$n = \frac{H_0}{1 + H_0 K} u_a - \frac{R \times \bar{i}}{k_1} \times \frac{1}{1 + H_0 K}$$

soit $n = n_0 - \Delta n$:

n fréquence de rotation en charge

n_0 fréquence de rotation à vide

Δn écart des fréquences de rotation

Calculer Δn et n .

b) On rappelle que la variation de fréquence de rotation en bouche ouvert est Δn

Déterminer le facteur de régulation $F = \frac{\Delta n(\text{ouv})}{\Delta n}$ en fonction de H_0 et K

Puis calculer sa valeur ; indiquer l'intérêt de ce système bouclé.

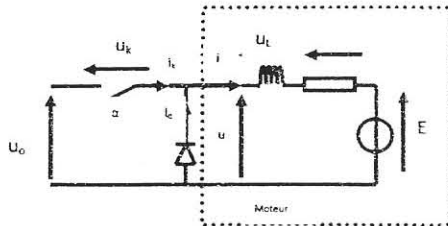
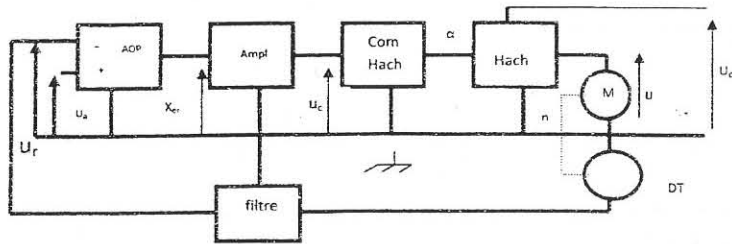
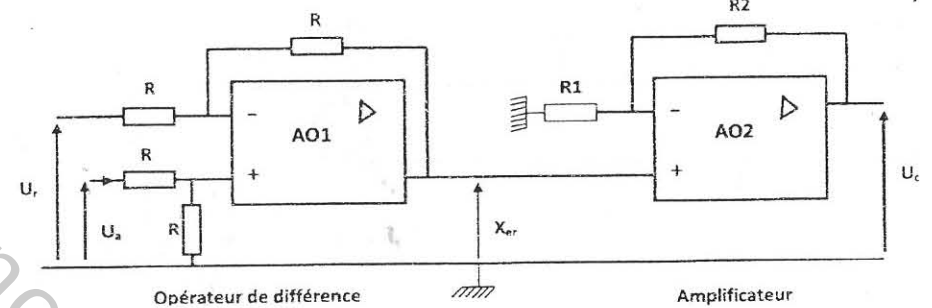
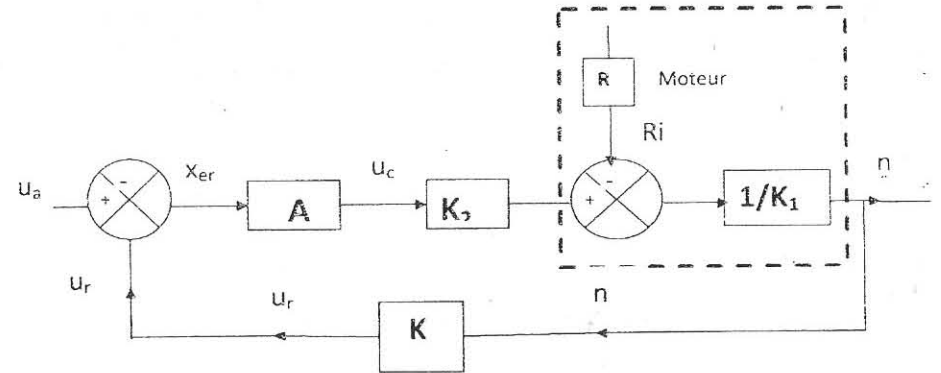


Figure 2



Entrance Examination in 3rd year of the first cycle

Session of 3 and 4 October 2014

SPECIALITY SUBJECT

PROBLEM 1: Transformer single-phase

Consider a transformer of 220/125 V, 50 Hz; the tests gave the following results:

- No-load test under nominal primary voltage
 $I_{10}=0,8 \text{ A}$; $U_{20}=125 \text{ V}$; $P_{10}=70 \text{ W}$
- Test in short-circuit
 $U_{1cc}=19 \text{ V}$; $I_{2cc}=I_{2n}=10 \text{ A}$; $P_{1cc}=100 \text{ W}$
- 1. Draw the diagrams of the circuit and specify the devices necessary for this purpose, the transformer is perfect when the currents have their nominal values (Kapp hypothesis).
- 2. Calculate :
 - a) The transformation ratio
 - b) The power factor in no-load case.
- 3. Knowing that the resistance R_1 in primary is equal to $0,5\Omega$, check that one can consider that the power in no-load case gives the value of the losses iron.
- 4. Why one can consider that P_{1cc} is equal to the losses by Joule effect?
- 5. Draw the equivalent Thevenin diagram of the transformer seen in secondary
- 6. Calculate the components R_s and X_s of the corresponding internal impedance.
- 7. The transformer outputs on an inductive load of power-factor 0.8; the intensity of the secondary current is I_{2n} .
 - Determine the secondary voltage U_2
 - Determine the transformer output

This controlled system, as shown in the general figure 1, has:

- A direct chain being composed of a chopper (Hach), his control device (COM Hach) preceded by an amplifier of error (Ampl).
 - A feedback loop being composed of a tachometric dynamo DT followed by a filter.
 - An operator of difference (op Diff) generating the voltage in X_{er} error.
- The problem comprises three parts being able to be treated independently.

- A DC motor M.
- A direct chain composed of a chopper (Hach), its control devices (com Hach) preceded by an amplifier of error (Ampl).
- A feedback loop composed of a tachometric dynamo DT followed by a filter.
- An operator of difference (op Diff) generating the error voltage X_{er} .

The problem has three parts that can be treated independently.

A/ Study of a DC motor

It is a separate excitation motor which functions with constant operate current and under nominal voltage of armature $U_n=220 \text{ V}$. Its armature reaction is compensated perfectly, its resistance of armature is $R=2,0\Omega$.

1. The motor functions in load. The recorded intensity of the armature $I=10 \text{ A}$ and a rotational frequency $n=1000 \text{ tr.min}^{-1}$.
 - a) Calculate the e.m.f E , and show that $E=K_1 \times n$ (E proportional to n) and K_1 , E being expressed in volts and n in turns per minute.
 - b) Calculate the motion of the electromagnetic torque T_e .
 - c) The losses known as "constant" of the motor are $P_o=70 \text{ W}$ and the excitation losses $P_{fe}=90 \text{ W}$. calculate the usefull power. The motion of useful torque and its output.
2. The motor works in no-load case. By neglecting the intensity of the current in the armature, determine the e.m.f. E_0 and the frequency of rotation n_0 .

Entrance Examination in 3rd year of the first cycle

Session of 3 and 4 October 2014

SPECIALITY SUBJECT

PROBLEM 1: Transformer single-phase

Consider a transformer of 220/125 V, 50 Hz; the tests gave the following results:

- No-load test under nominal primary voltage
 $I_{10}=0,8 \text{ A}$; $U_{20}=125 \text{ V}$; $P_{10}=70 \text{ W}$
- Test in short-circuit
 $U_{1cc}=19 \text{ V}$; $I_{2cc}=I_{2n}=10 \text{ A}$; $P_{1cc}=100 \text{ W}$
- 1. Draw the diagrams of the circuit and specify the devices necessary for this purpose, the transformer is perfect when the currents have their nominal values (Kapp hypothesis).
- 2. Calculate :
 - a) The transformation ratio
 - b) The power factor in no-load case.
- 3. Knowing that the resistance R_1 in primary is equal to $0,5\Omega$, check that one can consider that the power in no-load case gives the value of the losses iron.
- 4. Why one can consider that P_{1cc} is equal to the losses by Joule effect?
- 5. Draw the equivalent Thevenin diagram of the transformer seen in secondary
- 6. Calculate the components R_s and X_s of the corresponding internal impedance.
- 7. The transformer outputs on an inductive load of power-factor 0.8; the intensity of the secondary current is I_{2n} .
 - Determine the secondary voltage U_2
 - Determine the transformer output

This controlled system, as shown in the general figure 1, has:

- A direct chain being composed of a chopper (Hach), his control device (COM Hach) preceded by an amplifier of error (Ampl).
 - A feedback loop being composed of a tachometric dynamo DT followed by a filter.
 - An operator of difference (op Diff) generating the voltage in X_{er} error.
- The problem comprises three parts being able to be treated independently.

- A DC motor M.
- A direct chain composed of a chopper (Hach), its control-devices (com Hach) preceded by an amplifier of error (Ampl).
- A feedback loop composed of a tachometric dynamo DT followed by a filter.
- An operator of difference (op Diff) generating the error voltage X_{er} .

The problem has three parts that can be treated independently.

A/ Study of a DC motor

It is a separate excitation motor which functions with constant operate current and under nominal voltage of armature $U_n=220 \text{ V}$. Its armature reaction is compensated perfectly, its resistance of armature is $R=2.0\Omega$.

1. The motor functions in load. The recorded intensity of the armature $I=10 \text{ A}$ and a rotational frequency $n=1000 \text{ tr.min}^{-1}$.
 - a) Calculate the e.m.f E , and show that $E=K_1 \times n$ (E proportional to n) and K_1 , E being expressed in volts and n in turns per minute.
 - b) Calculate the motion of the electromagnetic torque T_e .
 - c) The losses known as "constant" of the motor are $P_o=70 \text{ W}$ and the excitation losses $P_{fe}=90 \text{ W}$. calculate the usefull power. The motion of useful torque and its output.
2. The motor works in no-load case. By neglecting the intensity of the current in the armature, determine the e.m.f. E_0 and the frequency of rotation n_0 .

3. Show that the variation of the frequency of rotation $\Delta n = n_o - n$ can be put in the form $\Delta n = \frac{R \times I}{K_1}$ and calculate its value for $I=10$ A.

B/ Study of the chopper

It is identical to the diagram of figure 2. The switch K and diode D are perfect. The period of hash is T, and the cyclic ratio α . The inductance L of the motor armature has a sufficient value to maintain uninterrupted the current in the armature. The supply voltage of the chopper is $U_0 = 220$ V. The relationship between the e.m.f. E and the rotation frequency n is $E = 0,20 \times n$ (E in volts, n in turn per minute). R 2.0 Ω .

1. Study of u voltage for $\alpha = 0,80$.

- Represent, by justifying it, the oscillogram of the voltage u(t), (take as origin instant, the time when the switch K closes.
- Scales : 1cm $\leftrightarrow$ 20 V in y and 10cm $\leftrightarrow$ T on the x axis.
- Determine the literal expression of the average voltage $\bar{U}$ in function of U_0 and α . Calculate its numeric value.

2. Operation of the motor for $\alpha = 0,80$.

The motor operates in load, the average intensity is $\bar{i} = 10$ A. détermine E by giving justifications and deduct n.

The motor operates in load, the average intensity is $\bar{i} = 10$ A. déterminè E by giving the relevant grounds and deduct n.

3. The control device of the chopper (Com Hach) is such that the cyclic report α is proportional to a control voltage u_c let say $\alpha = 0,20 \times u_c$. Show that que $\bar{U} = k_2 \times u_c$ and calculate the transmittance k_2 of the chopper.

C/ Study of the servo control in permanent regime

It is given, figure 3, the one-line diagram showing the transmittance of each body. The feedback chain has a transmittance $k = \frac{u_r}{n}$ such that $U_r = 5,0$ V for $n = 1000$ tr.min⁻¹. The transmittance of the chopper is $k_2 = \frac{\bar{u}}{u_c} = 44$.

Remember that $k_1 = E/n = 0,20$ V/tr.min⁻¹ and R=2,0 Ω .

Given figure 4 the diagram of the operator of difference and of the amplifier. The operational amplifiers AO1 and AO2 are perfect and operate in linear regime.

1. Study of the operator of difference.

Show that $X_{er} = u_a - u_r$. One can exprime V^+ as a function of u_a and V^- as function of u_r and X_{er} (V^+ and V^- are potential differences between the entries of AO1 and the ground).

2. Study of the amplifier.

Show that its transmittance is $A = u_r / X_{er} = 1 + R_2 / R_1$.

One wants to obtain $A=20$. Calculate R_1 if $R_2=2,0$ k Ω .

3. Study when the motor is in no-load case : $\bar{i} = 0$, $A=20$.

Note n_o the frequency of rotation expressed in turns per minute

Determine the expression of the transmittance of the direct chain $H_0 = n_o / X_{er}$ as a function of A, k_1 et k_2

- Then calculate its value.

- Calculate the numerical value of the transmittance of the feedback chain $K = u_r / n_o$.

- By using the transmittances H_0 and K, exprime n as a function of u_a and show that the global transmittance T_0 can be put in the following form :

$$T_0 = \frac{H_0}{1 + H_0 K} \text{ then calculate its value}$$

- Calculate the rotation frequency n_o for a setpoint voltage $u_a = 4,6$ V.

4. Study when the motor is in load $\bar{i} = 10$ A. One keeps $u_a = 4,6$ V and $A=20$.

- Exprime n as a function of u_a and i using H_0 and K.

Put the expression in the form :

$$n = \frac{H_0}{1 + H_0 K} u_a - \frac{R \times \bar{i}}{k_1} \times \frac{1}{1 + H_0 K}$$

that can be written as $n = n_0 - \Delta n$: n rotation frequency in load

n_0 rotation frequency in no-load case

Δn Difference of rotation frequencies

Calculate Δn and n .

b) Remember that the variation of frequency of rotation in opened loop is Δn

Determine the regulation factor $F = \frac{\Delta n(ouv)}{\Delta n}$ as a function of H_0 and K

then calculate its value ; Indicate the interest of this closed loop system.

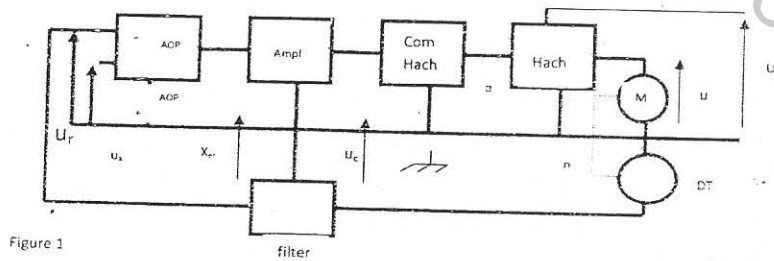


Figure 1

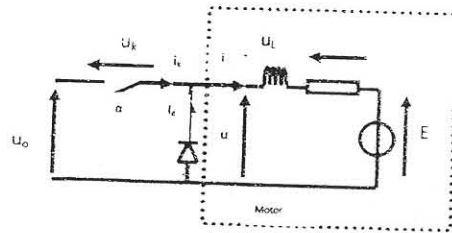


Figure 2

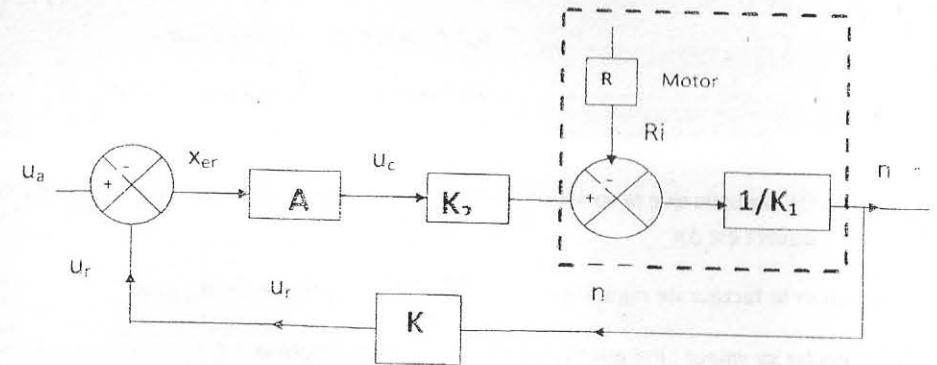


Figure 3

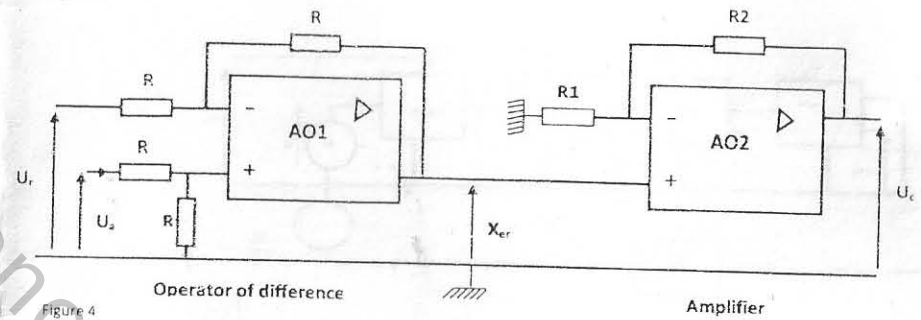


Figure 4