ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2018

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MC-A7: Génie électrique et électronique

Problème n° 1 (10 points)

Les questions qui suivent font référence au circuit de la figure 1 dans lequel l'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal.

a) Estimer la relation qui lie la tension de sortie V_{out} à l'alimentation V_S et aux différentes résistances du circuit.

b) Le circuit de la figure 1 est communément identifié comme étant un pont de mesure résistif. Commenter sur l'avantage d'un tel circuit en rapport avec :

- L'intensité du courant circulant dans chacune des résistances du pont;
- L'impédance de sortie du circuit ou la sensibilité de la mesure à l'impédance d'entrée de l'appareil qui servira à cette mesure (ex.: voltmètre).

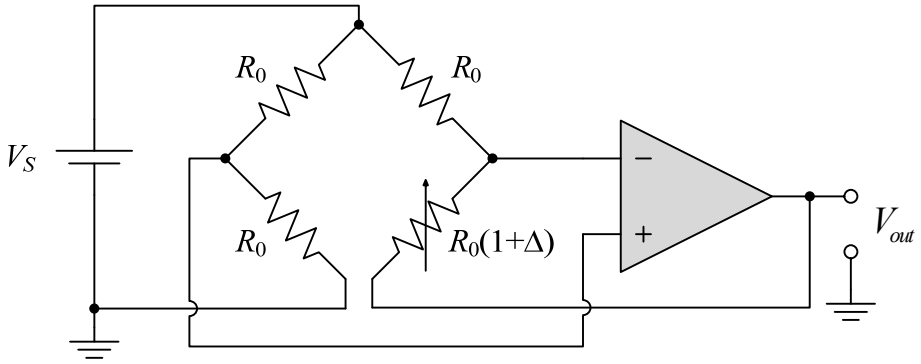
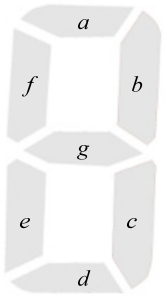


Figure 1 : Circuit considéré dans le problème n° 1

Problème n° 2 (10 points)

On désire concevoir un circuit logique qui permet d'afficher une valeur numérique comprise entre 0 et 7 sur un afficheur 7-segments (voir la figure 2). Le circuit aura donc trois entrées (b_2, b_1 et b_0).



b_2	b_1	b_0		b_2	b_1	b_0	
0	0	0	0	1	0	0	4
0	0	1	1	1	0	1	5
0	1	0	2	1	1	0	6
0	1	1	3	1	1	1	7

Figure 2 : Afficheur 7-segments considéré dans le problème n° 2

a) Établir la table de vérité qui considère toutes les combinaisons possibles de b_2, b_1 et b_0 pour les segments c et e.

b) À partir de la table de vérité définie en (a), établir la carte de Karnaugh pour les deux segments sélectionnés.

c) En se servant des cartes de Karnaugh définies en (b), déterminer les équations booléennes qui satisfont les relations logiques désirées. S'assurer que ces équations sont les plus simples possibles.

d) Convertir les équations booléennes définies en (c) en un circuit composé de portes logiques simples.

Problème n° 3 (20 points)

Une source de 250 V alimente un moteur DC shunt de 50 hp. Ce moteur a une résistance d'armature de 0.06 Ω et une résistance de champ de 50 Ω. À vide, il tourne à 1300 rpm.

a) En assumant que, à vide, les pertes Joule de l'induit sont négligeables, calculer la constante de couple ($k_a\phi$) du moteur.

Lorsque ce moteur entraîne une charge mécanique de 35 kW, il consomme un courant (I_s) de 154.5 A. Dans cette condition, calculer:

b) Les courants qui circulent dans les circuits inducteur (I_f) et induit (I_a).

c) La tension induite (E_0) par la rotation du rotor.

d) La vitesse de rotation de la charge.

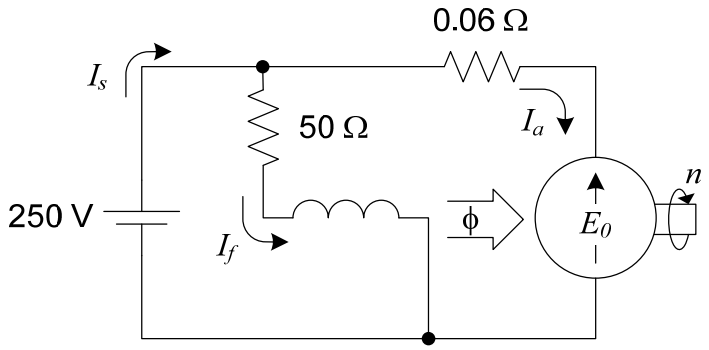


Figure 3 : Circuit équivalent du moteur DC considéré dans le problème n° 3

e) La puissance développée par le moteur et les pertes rotationnelles (frottement et pertes de fer).

f) Le rendement du moteur.

Problème n° 4 (20 points)

Un moteur asynchrone triphasé de 25 kW, 460 V, 60 Hz, 4 pôles par phase est modélisé par le circuit simplifié de la figure 4. En considérant ce circuit, calculer:

a) La tension de phase (E_ϕ) et la vitesse synchrone (ω_s) du moteur.

b) Le couple moteur (T_m) et le module du courant de ligne (I_L) au démarrage.

c) La vitesse de rotation (n en rpm) du moteur lorsqu'il développe un couple moteur (T_m) de 130 Nm. Dans ces conditions, l'approximation à faible glissement peut être utilisée.

d) Dans la condition décrite en (c), la puissance mécanique (P_m) développée par le moteur.

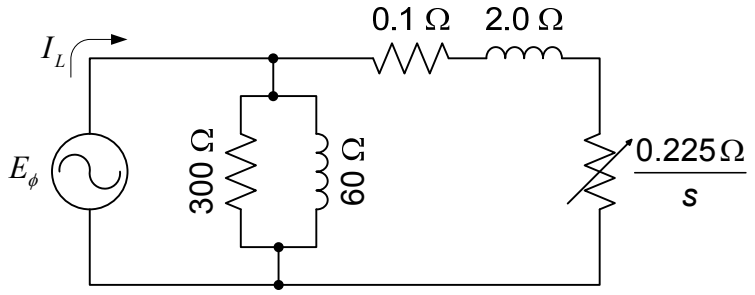


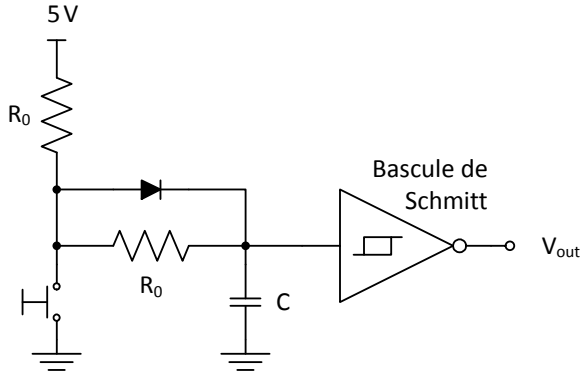
Figure 4 : Circuit équivalent de chacune des phases du moteur (montage en étoile)

Problème n° 5 (40 points)

Répondre à la série de questions à choix multiples suivante. Indiquer la réponse en encerclant la lettre correspondante.

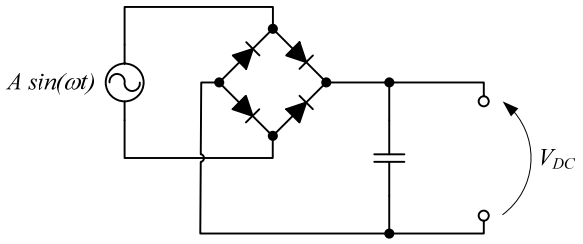
Composantes électriques et électroniques

1. Le circuit de la figure suivante est couramment utilisé pour éliminer les rebonds caractéristiques des interrupteurs mécaniques. Dans ce circuit, quel est le rôle de la diode?



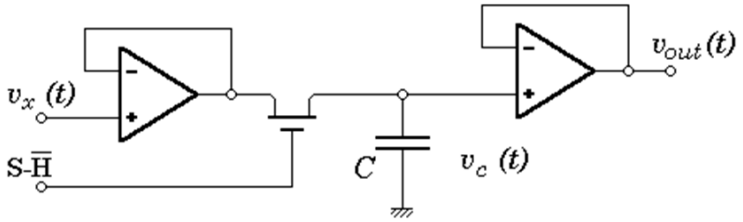
   a) Elle permet de charger électriquement le condensateur lorsque l'interrupteur est ouvert et l'empêche de se décharger lorsque l'interrupteur est fermé.
   b) Elle permet de charger électriquement le condensateur lorsque l'interrupteur est fermé et l'empêche de se décharger lorsque l'interrupteur est ouvert.
   c) Elle permet de réduire le temps de décharge du condensateur de façon à ce qu'il s'approche de son temps de charge.
   d) Elle permet de réduire le temps de charge du condensateur de façon à ce qu'il s'approche de son temps de décharge.

2. Le circuit de la figure suivante est couramment utilisé pour convertir une tension alternative (AC) en une tension continue (DC). Suite à l'analyse de ce circuit, évaluer le niveau de la tension DC qui sera produite. Les diodes utilisées dans ce circuit sont au silicium.



   a) $(A-0.7)$ V
   b) $(A-1.4)$ V
   c) $\left(A/\sqrt{2}-0.7\right)$ V
   d) $\left(A/\sqrt{2}-1.4\right)$ V

3. En se basant sur l'analyse du circuit de la figure suivante (échantillonneur bloqueur), quelle est la fonction du transistor?



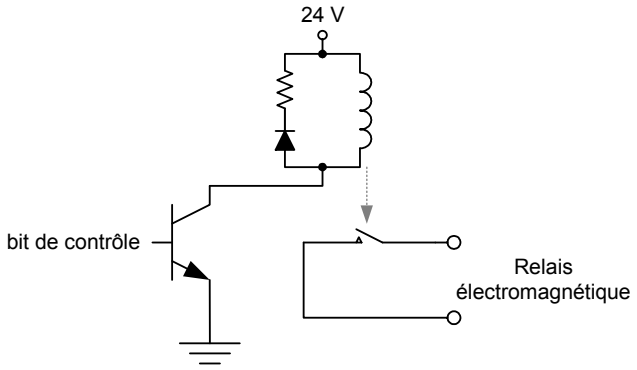
a) Permettre au condensateur de se charger à v_c lorsque $S\text{-}\overline{H}=0$ et de se décharger lorsque $S\text{-}\overline{H}=1$;

b) Permettre au condensateur de se charger à v_c lorsque $S\text{-}\overline{H}=1$ et de se décharger lorsque $S\text{-}\overline{H}=0$;

c) Permettre au condensateur de se charger à v_x lorsque $S\text{-}\overline{H}=0$ et l'empêcher de se décharger lorsque $S\text{-}\overline{H}=1$;

d) Permettre au condensateur de se charger à v_x lorsque $S\text{-}\overline{H}=1$ et l'empêcher de se décharger lorsque $S\text{-}\overline{H}=0$.

4. Le circuit de la figure suivante est couramment utilisé pour contrôler un relais électromagnétique à partir d'un signal de faible puissance (bit de contrôle). Dans ce circuit, quel est le rôle de la diode?



a) À la coupure de l'alimentation de la bobine du relais, la diode permet de protéger le dispositif de commutation (le transistor) contre une surtension électrique.

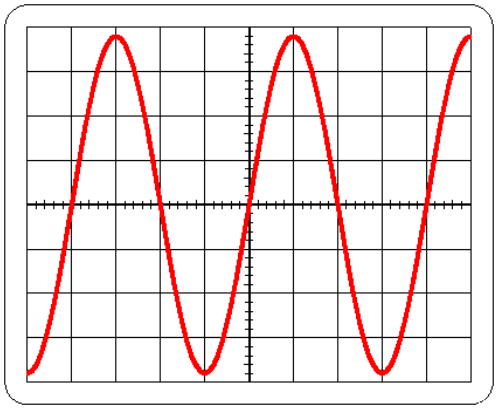
b) À l'activation de l'alimentation de la bobine du relais, la diode permet de limiter les brusques variations de tension à ses bornes qui risqueraient de l'endommager.

c) À l'activation de l'alimentation de la bobine du relais, la diode permet de limiter les brusques variations de courant la traversant de façon à éviter les surchauffes.

d) À la coupure de l'alimentation de la bobine du relais, la diode permet de limiter les brusques variations de courant la traversant de façon à éviter les surchauffes.

Circuits électriques en courant alternatif monophasé

5. Les boutons d'un oscilloscope sont réglés à 2 V/div et à 20 ms/div, respectivement. Évaluer la fréquence du signal illustré dans la figure suivante:



a) 1.25 Hz
b) 8 Hz
c) 12.5 Hz
d) 80 Hz

6. Un moteur asynchrone monophasé est alimenté par une source de 115 V, 60 Hz. Dans ces conditions, le moteur apparaît comme une charge de $(3.75 + 4.36j)\ \Omega$. Calculer la phase du courant relativement à la tension d'alimentation.
   a) 15.2° en avance sur la tension
   b) 49.3° en avance sur la tension
   c) 15.2° en retard sur la tension
   d) 49.3° en retard sur la tension

7. Une source de 45 V fait circuler un courant de 3 A dans un condensateur. Évaluer l'échange de puissance avec cette charge.
   a) 135 VAr fourni par le condensateur à la source.
   b) 135 VAr fourni par la source au condensateur.
   c) 135 W fourni par le condensateur à la source.
   d) 135 W fourni par la source au condensateur.

8. Un moteur électrique absorbe, à la fois, de la puissance active et réactive. Quel est leur rôle respectif dans le fonctionnement du moteur?
   a) La puissance réactive est transformée en travail alors que la puissance active permet de produire un champ magnétique inducteur dans le moteur.
   b) La puissance réactive est transformée en travail alors que la puissance active permet de produire un champ électrique entre le stator et le rotor du moteur.
   c) La puissance active est transformée en travail alors que la puissance réactive permet de produire un champ magnétique inducteur dans le moteur.
   d) La puissance active est transformée en travail alors que la puissance réactive permet de produire un champ électrique entre le stator et le rotor du moteur.

9. Si une charge absorbe 10 kW avec un facteur de puissance de 70% en retard, quelle puissance réactive devra être fournie par un condensateur pour ramener le facteur de puissance global à 95%?
   a) 10.5 kVAr
   b) 10.2 kVAr
   c) 6.9 kVAr
   d) 3.3 kVAr

Circuits triphasés

10. Lorsqu'une charge triphasée en triangle est équilibrée, on peut faire la simplification suivante:
   a) Les trois branches de la charge sont traversées par des courants dont l'intensité est $\sqrt{3}$ fois plus faible que celle du courant de ligne. Ces courants sont en phase les uns avec les autres.
   b) Les trois branches de la charge sont traversées par des courants dont l'intensité est $\sqrt{3}$ fois plus faible que celle du courant de ligne. Ces courants sont déphasés de 120° entre eux.
   c) Les trois branches de la charge sont traversées par des courants dont l'intensité est $\sqrt{3}$ fois plus grande que celle du courant de ligne. Ces courants sont en phase les uns avec les autres.
   d) Les trois branches de la charge sont traversées par des courants dont l'intensité est $\sqrt{3}$ fois plus grande que celle du courant de ligne. Ces courants sont déphasés de 120° entre eux.

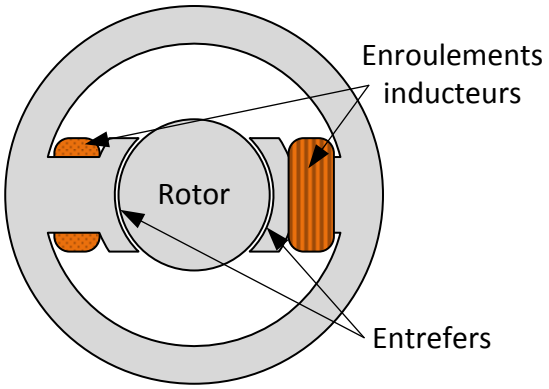
11. Une charge triphasée équilibrée est alimentée suivant une séquence directe. Par quel facteur doit-on multiplier $\hat{E}_{an}$ (tension phase a – neutre) pour obtenir $\hat{E}_{ac}$ (tension phase a – phase c)?
   a) $\left(\sqrt{3}\angle -30°\right)$
   b) $\left(\sqrt{3}\angle 150°\right)$
   c) $(1\angle 30°)$
   d) $(1\angle 150°)$

Magnétisme et électromagnétisme

12. Dans les systèmes électromécaniques, on peut définir les fuites de flux magnétique comme étant :
   a) le flux magnétique produit par des courants induits dans un circuit secondaire. Selon la loi de Lenz, ce flux s'oppose au flux inducteur.
   b) le flux magnétique qui s'échappe du parcours utile normalement défini par un noyau ferromagnétique.
   c) les pertes de flux dues au frottement entre les domaines magnétiques lorsqu'ils s'orientent dans le champ inducteur.
   d) le flux magnétique qui s'écarte d'une trajectoire rectiligne en traversant un entrefer.

13. La machine tournante illustrée à la figure suivante comporte deux enroulements séries de 150 tours chacun. Un flux de 0.8 T doit traverser l'entrefer de 1 mm séparant le rotor du stator. Calculer l'intensité du courant que l'on doit faire circuler dans les enroulements (dans ce calcul, on négligera la réluctance du fer).

    a) 8.4 A
    b) 4.2 A
    c) 2.1 A
    d) 1.0 A



14. Une force magnétomotrice est:
    a) une mesure de l'attraction ou de la répulsion magnétique entre deux matériaux aimantés.
    b) une force exercée sur un fil parcouru par un courant électrique et exposé à un champ magnétique.
    c) la tension induite dans le rotor d'une machine DC et qui est proportionnelle à sa vitesse de rotation.
    d) une mesure du potentiel d'un enroulement à produire un flux magnétique.

15. Une charge est alimentée par une source de 12 V au travers d'un transformateur éleveur de tension 1:5. Ce faisant, la charge tire un courant de 5 A de la source. Calculer le module de l'impédance de la charge.
    a) 60 Ω
    b) 12 Ω
    c) 2.4 Ω
    d) 0.48 Ω

<u>Moteurs asynchrones</u>

16. Les moteurs asynchrones à cage d'écureuil sont regroupés en différentes classes (NEMA ou IEC) en fonction de la relation couple-vitesse qui les caractérise (régulation à pleine charge, couple de démarrage, …). Quel est le principal paramètre de conception qui permet ces différentes performances?
    a) Le nombre de pôles par phase au niveau du stator
    b) L'utilisation de pôles lisses ou saillants au niveau du stator
    c) La perméabilité magnétique de l'acier constituant le rotor
    d) La résistance électrique des barres de la cage d'écureuil du rotor

17. Un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil est soumis à des essais à vide et à rotor bloqué.
    - À vide: E_L = 440 V, I_L = 2.3 A, P = 215 W
    - À rotor bloqué: E_L = 67 V, I_L = 6.2 A, P = 285 W

    En se basant sur les résultats obtenus, estimer la réactance de magnétisation du circuit équivalent par phase de ce moteur.

    a) 111.3 Ω

    b) 195.8 Ω

    c) 452.7 Ω

    d) 900.5 Ω

18. Dans un variateur de vitesse, pour que le couple développé par le moteur ne dépende que de la vitesse de glissement, la tension d'alimentation du moteur doit être ajustée en fonction de la fréquence de cette alimentation. Quel est le fondement de cette exigence?

    a) La tension d'alimentation du moteur doit être inversement proportionnelle à la fréquence de cette alimentation afin que le flux inducteur soit indépendant de cette fréquence.

    b) La tension d'alimentation du moteur doit être directement proportionnelle à la fréquence de cette alimentation afin que le flux inducteur soit indépendant de cette fréquence.

    c) La tension d'alimentation du moteur doit être inversement proportionnelle à la fréquence de cette alimentation afin que le flux inducteur varie lui aussi avec l'inverse de cette fréquence.

    d) La tension d'alimentation du moteur doit être directement proportionnelle à la fréquence de cette alimentation afin que le flux inducteur varie lui aussi proportionnellement à cette fréquence.

19. Un moteur asynchrone monophasé alimenté à 60 Hz tourne à 575 rpm à pleine charge. Dans ces conditions, calculer le glissement du moteur.

    a) 3.8 %

    b) 4.2 %

    c) 4.6 %

    d) 5.0 %

<u>Moteurs synchrones</u>

20. Lorsqu'on parle d'un moteur synchrone surexcité, que signifie ce qualificatif?

    a) Qu'il est alimenté grâce à une tension supérieure à celle du réseau;

    b) Que la tension induite par phase (E_0) est supérieure à celle du réseau (E_b);

    c) Que le courant d'alimentation (I) est en avance sur la tension (E_b) sur chacune des phases du réseau;

    d) Que le moteur absorbe le surplus de puissance réactive au réseau.