ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2019

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 le ratio $|V_{out}|/|V_{in}|$ en fonction de la fréquence du signal ω.

b) Le circuit de la figure 1 est communément utilisé à titre de filtre actif. Identifier le type (filtre passe-bas, passe-haut ou passe-bande), l'ordre, et la fréquence de coupure à -3 dB (ω_c) de ce filtre.

c) Estimer les impédances d'entrée et de sortie de ce circuit.

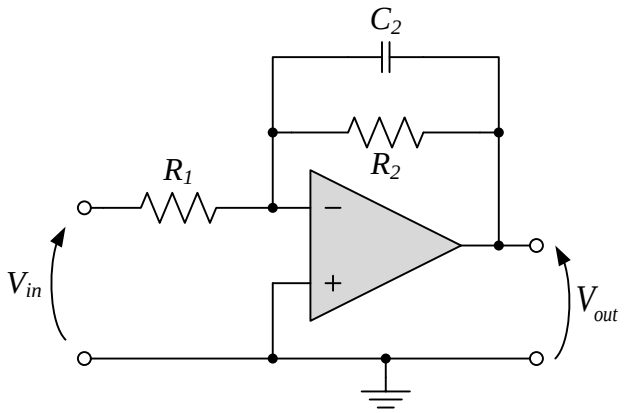


Figure 1 : Circuit considéré dans le problème n° 1

Problème n° 2 (10 points)

Le circuit logique de la figure 2 a trois entrées (A, B et C) et une sortie Y.

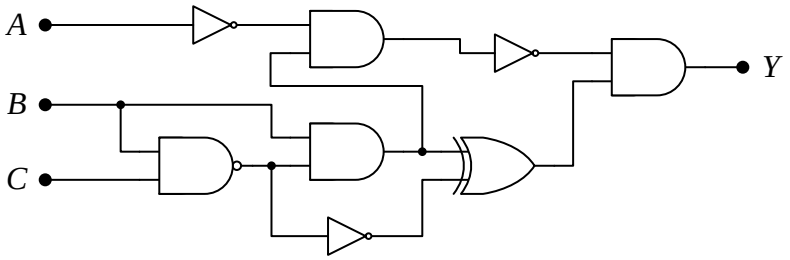


Figure 2: Circuit logique considéré dans le problème n° 2

a) Donner la table de vérité qui considère toutes les combinaisons possibles de A, B et C.

b) En utilisant des outils de simplification, donner l'équation booléenne réduite qui représente la relation simplifiée entre la sortie Y et les trois entrées du circuit.

c) Dessiner le circuit simplifié correspondant (pas plus de deux portes) qui génère une relation logique équivalente entre la sortie Y et les trois entrées du circuit.

Problème n° 3 (20 points)

Tel qu'illustré à la figure 3, deux charges équilibrées branchées en étoile sont alimentées par une source triphasée de 600 V (tension de ligne).

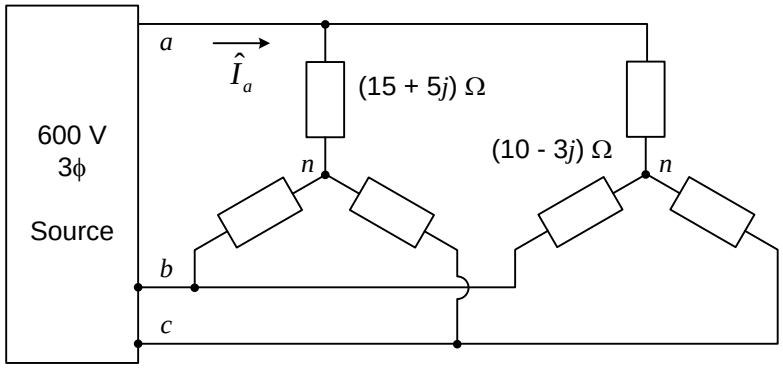


Figure 3: Circuit triphasé considéré dans le problème n° 3

a) Quelle est l'amplitude de la tension de phase fournie par la source triphasée?

b) Calculer les puissances active, réactive et apparente consommées ou fournies par chacune des deux charges.

c) Quel est le facteur de puissance vu par la source? Est-il en avance ou en retard?

d) En prenant la phase de la tension $\hat{E}_{an}$ comme référence de phase, donner le phaseur complexe décrivant le courant de ligne $\hat{I}_a$.

Problème nº 4 (20 points)

Une source de 120 V alimente un moteur shunt de 10 hp tel que représenté par le circuit équivalent de la figure 4. À vide, il tourne à 950 rpm. Lorsqu'il entraîne une charge mécanique de 7 kW, il consomme un courant (I_s) de 70 A. En considérant cette condition d'opération (7 kW), calculer:

a) Le courant traversant l'induit (I_a) et la tension (E_0) induite par la rotation du moteur.

b) La puissance développée par le moteur (P_m) et les pertes rotationnelles (pertes de fer et par friction).

c) Le rendement du moteur.

d) La vitesse de rotation (n) de la charge. Noter que, à vide, les pertes Joule sont négligeables dans l'induit. La réaction d'induit est aussi négligée.

e) Le couple utile (le couple disponible pour entraîner la charge).

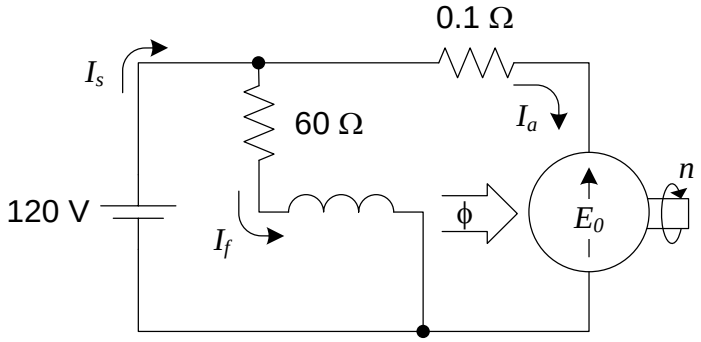


Figure 4: Circuit équivalent du moteur CC considéré dans le problème n° 4

Problème nº 5 (40 points)

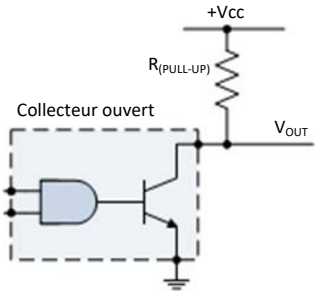
Répondre à la série de questions à choix multiples suivante. Indiquer la réponse en encerclant la lettre correspondante.

Composantes électriques et électroniques

1. Une charge électrique de 60 pC s'est accumulée sur les deux électrodes d'un condensateur de 3 pF. Calculer la différence de tension aux bornes de cette composante.
   a) 50 mV
   b) 180 mV
   c) 18 V
   d) 20 V

2. Lorsqu'un courant continu de 1.5 A traverse une inductance, elle emmagasine de l'énergie dans son champ magnétique. Évaluer cette quantité d'énergie.
   a) 2.7 J
   b) 4.5 J
   c) 6.0 J
   d) 9.0 J

3. Plusieurs portes logiques ont des sorties à collecteur ouvert. Pour être en mesure d'utiliser de telles portes, une résistance de rappel à la source (pull-up resistor) est requise. Quel est le rôle d'une telle résistance?

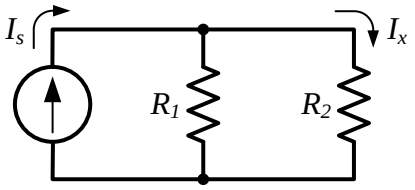


   a) Lorsque le transistor est passant (1 logique), elle permet à la broche de sortie de flotter.
   b) Lorsque le transistor est bloqué (0 logique), elle limite le courant dans le transistor.
   c) Lorsque le transistor est passant (1 logique), elle tire la tension de sortie à la source.
   d) Lorsque le transistor est bloqué (0 logique), elle tire la tension de sortie à la source.

4. Lorsque la tension sur l'anode d'une diode est plus grande que la tension sur sa cathode, elle est …
   a) polarisée en direct.
   b) polarisée en inverse.
   c) polarisée en cascade.
   d) alimentée en mode de déplétion.

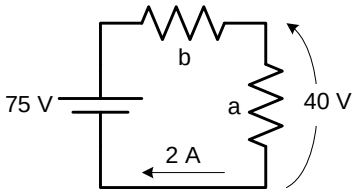
Circuits en CC

5. Le circuit suivant est communément appelé diviseur de courant. Quelle relation peut être utilisée pour calculer le courant I_x?



   a) $I_x = I_s \cdot (R_1 + R_2)/R_2$
   b) $I_x = I_s \cdot (R_1 + R_2)/R_1$
   c) $I_x = I_s \cdot R_1/(R_1 + R_2)$
   d) $I_x = I_s \cdot R_2/(R_1 + R_2)$

6. En se basant sur les valeurs de courant et de tension données dans le schéma suivant, évaluer la résistance de la composante b.



   a) 15.0 Ω
   b) 17.5 Ω
   c) 20.0 Ω
   d) 37.5 Ω

Circuits en CA monophasé

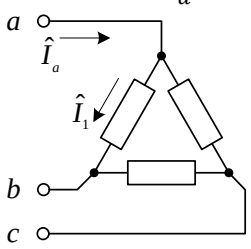
7. Un compresseur à air monophasé est alimenté par une source de 230 V, 60 Hz. Dans ces conditions, le compresseur consomme 2 kW et 14 A. Calculer la phase de ce courant relativement à celle de la tension d'alimentation.
   a) Le courant est en avance de 38.4° sur la tension.
   b) Le courant est en avance de 51.6° sur la tension.
   c) Le courant est en retard de 38.4° sur la tension.
   d) Le courant est en retard de 51.6° sur la tension.

8. Une source de 45 V provoque la circulation d'un courant de 3 A dans un inducteur. Évaluer l'échange de puissance avec cette charge.
   a) L'inducteur fournit 135 VAr à la source.
   b) La source fournit 135 VAr à l'inducteur.
   c) L'inducteur fournit 135 W à la source.
   d) La source fournit 135 W à l'inducteur.

9. Sous une alimentation de 230 V, une charge absorbe 5 kW avec un facteur de puissance de 85% en retard. Quelle est l'impédance complexe de la charge?
   a) (9.0 + 5.6i) Ω
   b) (9.0 - 5.6i) Ω
   c) (7.6 + 4.7i) Ω
   d) (7.6 - 4.7i) Ω

Circuits triphasés

10. Le schéma suivant illustre une charge triphasée équilibrée branchée en triangle. Comment le phaseur courant $\hat{I}_1$ peut-il être calculé à partir d'un courant $\hat{I}_a$ connu? Noter que la séquence de phase a-b-c doit être utilisée.



a) $\hat{I}_1 = \hat{I}_a \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\angle 30°\right)$
b) $\hat{I}_1 = \hat{I}_a \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\angle -30°\right)$
c) $\hat{I}_1 = \hat{I}_a \cdot (\sqrt{3}\angle 30°)$
d) $\hat{I}_1 = \hat{I}_a \cdot (\sqrt{3}\angle -30°)$

11. Nous voulons remplacer une charge triphasée équilibrée par une nouvelle. La première ($\hat{Z}_Y$) est branchée en étoile alors que la seconde ($\hat{Z}_\Delta$) est branchée en triangle. Comment peut-on choisir la valeur de la nouvelle impédance de façon à maintenir la même relation entre le courant et la tension de ligne?

a) $\hat{Z}_\Delta = 3 \cdot \hat{Z}_Y$
b) $\hat{Z}_\Delta = \frac{1}{3} \cdot \hat{Z}_Y$
c) $\hat{Z}_\Delta = \sqrt{3} \cdot \hat{Z}_Y$
d) $\hat{Z}_\Delta = \hat{Z}_Y$

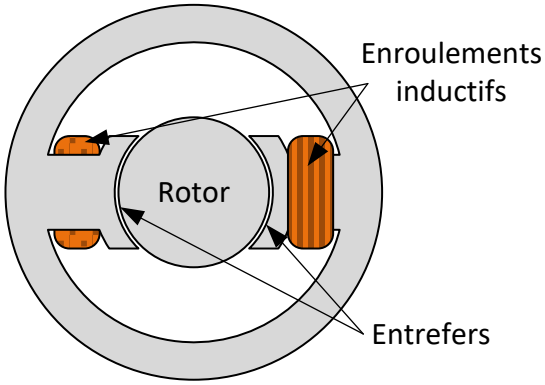
Électromagnétisme et transformateurs

12. 15 mWb est produit lorsqu'une bobine de 250 tours est alimentée par une source de 3A. Estimer la réluctance du circuit magnétique correspondant.

a) 50 H^{-1}
b) 150 H^{-1}
c) 50×10^3 H^{-1}
d) 150×10^3 H^{-1}

13. La machine rotative illustrée à la figure suivante comprend deux enroulements série de 200 tours chacun. Un flux de 0.9 T doit passer au travers des entrefers de 0.8 mm entre le rotor et le stator. Calculer l'intensité du courant requis dans les enroulements (dans ce calcul, nous négligerons la réluctance du noyau).

a) 5.73 A
b) 2.86 A
c) 1.43 A
d) 0.72 A



14. Comment appelle-t-on le potentiel d'un enroulement à produire un flux magnétique?
    a) une force électromagnétique
    b) une force électromotrice
    c) une force électrostrictive
    d) une force magnétomotrice

15. Une charge de $(1.2 + 1.6i)\ \Omega$ est alimentée par une source de 115 V au travers d'un transformateur abaisseur 5:1. Calculer l'amplitude du courant tiré de la source.
    a) 57.5 A
    b) 11.5 A
    c) 2.3 A
    d) 1.15 A

<u>Moteurs asynchrones</u>

16. L'efficacité des moteurs asynchrones à cage d'écureuil est communément déterminée par l'ampleur des pertes résultant de différents mécanismes. Parmi les affirmations suivantes, quelles sont celles qui donnent une description appropriée de ces pertes?
    a) Les pertes de fer peuvent être estimées par un essai à vide.
    b) Les pertes Joule peuvent être estimées par un essai à rotor bloqué.
    c) Les pertes de fer comprennent les pertes par hystérésis et par courants de Foucault.
    d) Les pertes de fer sont principalement confinées au noyau du rotor.
    e) Les pertes Joule sont présentes, à la fois, dans les enroulements du stator et la cage du rotor.
    f) Les pertes mécaniques sont dues à la friction et aux pertes par ventilation.
    g) Les pertes par hystérésis peuvent être réduites en utilisant un noyau stratifié.
    h) Les pertes par courants de Foucault varient avec le carré de la fréquence d'alimentation.

17. Un moteur triphasé, 60 Hz, à cage d'écureuil tourne à 1730 rpm lorsqu'il livre sa puissance nominale de 3 hp. Quel serait la vitesse de ce moteur à mi-puissance nominale (1.5 hp)?
    a) 1750.5 rpm
    b) 1760.3 rpm
    c) 1765.7 rpm
    d) 1782.5 rpm

18. Les variateurs de vitesse à semi-conducteur peuvent être utilisés pour contrôler la relation couple-vitesse d'un moteur à induction. Pour ce faire, la tension et la fréquence de sortie de ces équipements peuvent être ajustées séparément. Quel est le principe de fonctionnement à la base de ces dispositifs?
    a) Un train d'impulsions est produit par un hacheur suivant des techniques de MLI (PWM).
    b) Un transformateur ajustable électroniquement module le courant de ligne.
    c) À partir de la puissance de ligne, un dispositif électronique non linéaire produit des harmoniques spécifiques.
    d) De l'électronique de puissance contrôle un ensemble moteur-générateur qui convertit une puissance CA en puissance mécanique puis la reconvertit en puissance CA.

19. Un moteur asynchrone monophasé 60 Hz tourne à 3475 rpm à pleine charge. Dans ces conditions, calculer le glissement.
    a) 3.1 %
    b) 3.5 %
    c) 3.9 %
    d) 4.3 %

Machines synchrones

20. Certains moteurs synchrones spéciaux sont appelés compensateurs synchrones. Quel est l'utilité ou la fonction de telles machines?
    a) Corriger le facteur de puissance pour des charges inductives à proximité;
    b) Fournir un courant additionnel (courant transitoire) lorsque des charges sont activées;
    c) Stabiliser la tension du système et le protéger des surtensions;
    d) Stabiliser la vitesse de rotation d'une charge en compensant les variations de couple.