

BTS AVA 2013

Dans ce sujet, on étudiera un véhicule électrique selon différents aspects : énergie apportée, convertisseur statique, motorisation, capteur de vitesse des roues et conditionnement de cette information.

Les différentes parties sont indépendantes.

Partie A : La batterie de traction LMP (Lithium Métal Polymère)

La cellule électrochimique élémentaire de la batterie Lithium Métal Polymère (batterie LMP) est constituée de deux électrodes séparées par un électrolyte polymère solide, conducteur des ions lithium. La cathode est un matériau composé d'oxyde de vanadium.

Au cours de la décharge, l'anode, en lithium métallique, produit des ions lithium Li^+ qui circulent au sein de la batterie et qui vont vers la cathode.

Les caractéristiques des batteries utilisées dans le véhicule étudié sont :

- ◆ Tension nominale : $U_N = 400 \text{ V}$
- ◆ Puissance crête : $P_C = 45 \text{ kW}$ (puissance maximale pouvant être délivrée pendant $\Delta t = 30 \text{ s}$)
- ◆ Energie massique (ou spécifique) : $\rho_m = 100 \text{ W.h.kg}^{-1}$
- ◆ Masse d'une batterie : $m_B = 300 \text{ kg}$
- ◆ Quantité d'électricité maximale stockable (capacité) : $Q = 75 \text{ Ah}$.

1° question : Déterminer l'énergie chimique E_{CH} stockée dans la batterie LMP :

- a) en wattheure (Wh),
- b) kilowattheure (kWh).

2° question : L'énergie massique (ou spécifique) d'une batterie au plomb est de l'ordre de 35 W.h.kg^{-1} . Quel est l'intérêt de choisir des batteries du type LMP pour les véhicules électriques plutôt que des batteries classiques au plomb ?

3° question : Réaction à l'anode

- a) Ecrire la demi-équation électronique de la réaction se produisant à l'anode.
- b) Est-ce une réaction d'oxydation ou de réduction ? Justifier.

4° question : La puissance crête est fournie sous la tension nominale.

Déterminer l'intensité I_C du courant débité par la batterie dans ce cas.

5° question : Pendant combien de temps la batterie pourrait-elle fournir un courant d'intensité égale à $I = 15 \text{ A}$?

6° question : La batterie est complètement chargée.

- a) Montrer que la capacité de stockage de la batterie est $Q = 2,7 \times 10^5 \text{ C}$.
- b) Calculer la quantité de matière d'électrons, exprimée en moles, échangés pendant la décharge complète de la batterie.

Donnée : une mole d'électrons a une charge électrique de valeur absolue égale à $F = 96500 \text{ C}$.

c) En déduire la masse de lithium consommé au cours de cette décharge.

Donnée : masse molaire atomique du lithium : $M(\text{Li}) = 6,9 \text{ g.mol}^{-1}$.

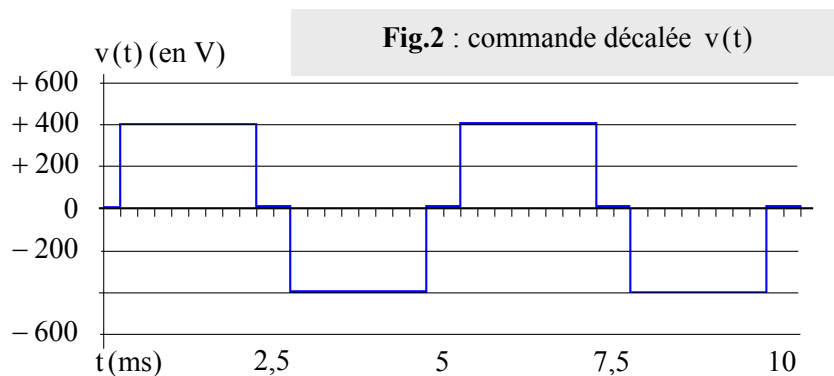
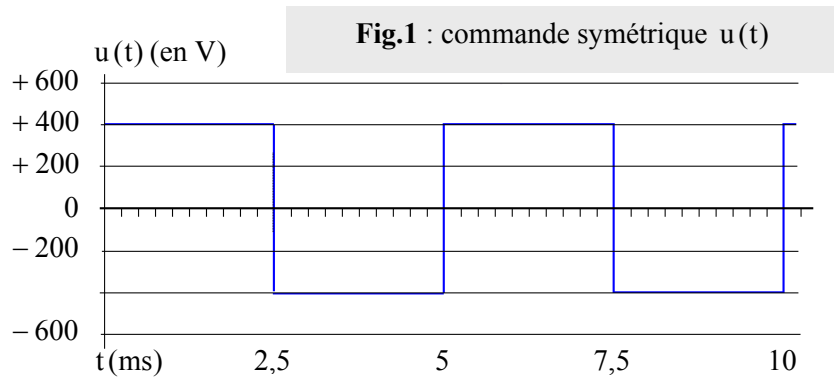
Partie B : L'onduleur autonome de tension

La batterie précédente est branchée sur un onduleur autonome de tension.

1° question : L'onduleur est un convertisseur statique. Quel type de conversion effectue-t-il ?

2° question : L'onduleur utilise des interrupteurs électroniques. Quelle association de composants électroniques peut jouer ce rôle ?

3° question : On peut réaliser une commande symétrique ou une commande décalée pour l'onduleur ; les chronogrammes respectifs de la tension de sortie sont donnés ci-dessous. Déterminer la période et la fréquence de chacun de ces deux signaux.



4° question : L'analyse spectrale de ces deux tensions de sortie est donnée en annexe.

Laquelle de ces deux tensions est la plus proche d'une tension sinusoïdale ? Justifier.

5° question : Analyse spectrale.

- Déterminer pour chaque tension la fréquence f_0 du fondamental (ou harmonique de rang 1) ?
- Montrer la cohérence avec la réponse de la 3° question (partie B) ?
- Ces tensions présentent-elles des harmoniques pairs ou impairs ? Justifier.
- Donner l'amplitude et la fréquence de l'harmonique de rang 5 de la tension $u(t)$.

6° question : Pour alimenter le moteur, on souhaite avoir une tension sinusoïdale ayant la fréquence du fondamental.

- Quel type de quadripôle peut-on utiliser pour supprimer les harmoniques indésirables ?
- Préciser la nature et la fréquence de coupure de ce quadripôle.

7° question : Mesures des tensions.

- Quelle est la valeur moyenne de ces deux tensions ? Justifier.
- Quel appareil doit-on utiliser pour mesurer la valeur moyenne de ces tensions ?

- c) Quelle position du sélecteur de l'appareil de mesure doit-on choisir dans ce cas ?
d) Déterminer la valeur efficace U de la tension $u(t)$.

Partie C : Motorisation du véhicule

Le véhicule est équipé d'un moteur synchrone.

Performances du véhicule données par le constructeur :

Puissance utile maximale du moteur : $P_{u\max} = 50 \text{ kW}$

Vitesse maximale du véhicule : $v_{\max} = 130 \text{ km.h}^{-1}$

Accélération : le véhicule passe de 0 à 60 km.h^{-1} en $\Delta\tau = 6,3 \text{ s}$.

1° question : Le moteur développe une puissance utile $P_u = 30 \text{ kW}$. Le moment du couple moteur est $C = 120 \text{ N.m}$.

- a) Calculer sa vitesse angulaire de rotation Ω en rad.s^{-1} .
b) En déduire sa fréquence n de rotation exprimée en tr.s^{-1} .
c) Convertir cette fréquence de rotation en tr.min^{-1} .

2° question : On se place dans les mêmes conditions que précédemment où le rendement η du moteur est égal à 95 %.

Déterminer la puissance P_A absorbée par le moteur.

3° question : La masse du véhicule est $M = 1,1 \text{ t}$.

Déterminer la valeur de l'énergie cinétique $E_{c\max}$ du véhicule lorsqu'il roule à sa vitesse maximale.

4° question : Pour s'arrêter sur une route horizontale dans une situation d'urgence, le conducteur freine alors qu'il roulait à la vitesse maximale.

En déduire la valeur de l'énergie thermique Q produite au cours de ce freinage.

5° question : On admet que toute cette énergie Q est échangée avec les disques de frein (en acier).

On admet aussi que le freinage est suffisamment rapide pour que l'on puisse admettre qu'il n'y a pas d'échange thermique avec le milieu extérieur.

La masse totale des quatre disques est $m_F = 10 \text{ kg}$. La température initiale des disques de freins est $\theta_i = 30^\circ\text{C}$.

Exprimer puis calculer la valeur de la température θ_f de ces disques de frein à la fin du freinage.

Données :

Chaleur massique de l'acier : $c_p = 460 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

On prendra pour le calcul : $Q = 720 \text{ kJ}$.

6° question : Le moteur développe toujours une puissance utile $P_u = 30 \text{ kW}$. La vitesse v du véhicule est de 60 km.h^{-1} .

Calculer l'intensité de la force F de traction exercée sur le véhicule.

Partie D : Conditionnement du signal

Lorsque le véhicule est en mouvement, des capteurs de vitesse inductifs permettent de mesurer la vitesse de rotation des roues. Ils servent à donner l'information électrique « vitesse de roues » au calculateur gérant l'ABS (Antiblockiersystem) ou l'ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) équipant le véhicule pour effectuer les régulations et éviter le blocage des roues.

Le principe des capteurs inductifs est le suivant : la roue qui porte des aimants tourne devant une bobine qui n'est pas alimentée. La roue modifie périodiquement le flux magnétique et donc la tension induite aux bornes de la bobine.

Le capteur produit une tension alternative v_E dont l'amplitude est fonction de la vitesse de rotation. Afin de pouvoir analyser des tensions faibles, une vitesse de rotation minimale est nécessaire.

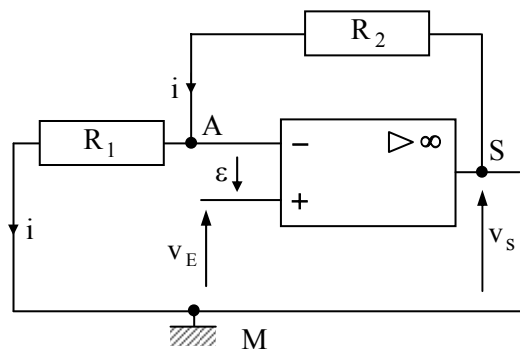
Le signal de sortie du capteur v_E est analogique et doit être conditionné afin que le calculateur puisse traiter son information

1° question : Le capteur inductif décrit ci-dessus est-il un capteur actif ou passif ? Justifier.

2° question : Le signal est amplifié par le montage non inverseur représenté ci-dessous.

Les alimentations ne sont pas représentées.

L'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal ($i^+ = i^- = 0 \text{ A}$) et fonctionne en régime linéaire (la tension différentielle entre les entrées est nulle $\varepsilon = V^+ - V^- = 0 \text{ V}$).



a) On définit l'amplification en tension A_V du montage par le rapport : $A_V = \frac{v_S}{v_E}$.

Vérifier que l'on a : $A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$.

b) La résistance R_1 a pour valeur $1 \text{ k}\Omega$.

Calculer la valeur de la résistance R_2 qu'il faut choisir pour obtenir une amplification en tension A_V égale à 10 ?

3° question : La tension v_S est appliquée à l'entrée d'un CAN qui code sur 11 bits.

a) Que signifient les lettres C, A et N ?

b) Le CAN fournit un nombre binaire codé sur 11 bits à partir de la tension électrique appliquée à son entrée.

Combien de codages différents peut effectuer ce CAN ?

c) Le CAN est conçu pour qu'on lui applique en entrée une tension comprise entre 0 V et 12 V (sa tension de référence est égale à 12 V).

Calculer le pas de quantification (ou quantum) q de ce convertisseur avec trois chiffres significatifs.

d) A quels nombres décimaux correspondent les codages binaires suivants :

0000000000

1111111111

0000011111

Calculer les valeurs des tensions v_s correspondant à ces codes binaires.

e) Calculer le nombre de quantum correspondant à une tension $v_s = 53 \text{ mV}$. En déduire le nombre binaire fourni en sortie du CAN.

ANNEXE

