FINAL SM 59 – 2012

Documents cours et td autorisés
Calculatrice autorisée
Dictionnaires numériques interdits

1. QCM (5 points)

Recopier sur votre copie le numéro de la question ainsi que la (ou les) réponses correctes. Plusieurs réponses sont donc possibles. La moitié des points par réponse fausse sera ôtée.

1.1 L'hydrogène peut être stocké dans une automobile à pile à combustible :

a) Sous forme liquide à température ambiante
b) Sous forme gazeuse à pression atmosphérique
c) Par combinaison avec des hydrures métalliques

1.2 Un système de stockage inductif a

a) Une densité d'énergie stockée supérieure aux accumulateurs Lithium
b) Une durée de vie importante
c) Besoin d'un système cryogénique pour fonctionner

1.3 Les supercondensateurs :

a) Disposent d'une tension de cellule maxi supérieure aux accumulateurs Ni-Cd
b) Ont des capacités de stockage d'énergie supérieures aux batteries
c) Sont destinés à des fournitures d'énergie transitoire

1.4 Le système d'équilibrage sur les batteries Li-ion permet

a) D'assurer une recharge optimale de la batterie
b) De diminuer le poids de la batterie
c) D'uniformiser les tensions de toutes les cellules de la batterie

1.5 Il est possible de recharger « rapidement » les batteries

a) Au plomb
b) Ni-Mh
c) sodium-chlorure de nickel

1.6 Un biocarburant

a) Est un carburant qui ne rejette aucun polluant
b) Est toujours associé à un carburant fossile
c) A un meilleur pour calorifique que les carburants fossiles

2. Problème (10 points)

Un véhicule parcourt un cycle de conduite caractérisé par les éléments suivants :

- Distance : 21,5 km.
- Puissance maximale : 32 kW
- Puissance moyenne : 9,56 kW
- Energie de traction aux roues sur le cycle : 2,95 kWh
- Energie de freinage aux roues sur le cycle : - 0,26 kWh

2.1 Véhicule équipé d'un moteur à combustion interne

Le moteur à combustion interne à un rendement global (moteur + transmission) de 18%. Le carburant utilisé est de l'essence sans plomb 95.

2.1.1. Quelle est la consommation en litres pour 100 km de carburant ?

2.2 Chaîne de traction électrique.

On remplace le moteur thermique et sa transmission par un moteur électrique associé à un réducteur : rendement global en traction 80 % et rendement global au freinage 30%.

2.2.1. Calculer l'énergie fournie lors des phases de freinage et de traction sur un cycle.

2.2.2. Déterminer l'énergie totale fournie pour 100 km.

2.3 Véhicule électrique à batteries

On utilise des cellules au lithium avec les caractéristiques suivantes

- tension nominale : 3.5 V
- énergie spécifique: 170 Wh/kg
- densité d'énergie : 280 Wh/litre
- puissance spécifique : 300 W/kg
- coût : 1900 €/kWh

2.3.1. Déterminer le poids, le volume et le coût de la batterie pour satisfaire une autonomie de 100 km.

2.3.2. La batterie remplie-t-elle les contraintes de puissances ? Refaire le dimensionnement si nécessaire.

2.4 Véhicule à pile à combustible (PàC) hybridée avec une source de puissance.

Dans ce système, la PàC fournie la puissance moyenne sur le cycle. La source de puissance (réversible) fournira (ou absorbera) la puissance complémentaire. Voici les données caractéristiques de la PàC utilisée

- densité de puissance : 0,5 W/cm²
- densité de courant j : 940 mA/cm²
- tension maximale de la PàC : 100V
- calcul de la tension de cellule : $$V_c(j) = 1{,}031 - 2{,}45 \times 10^{-4}\, j - 0{,}03\, \ln(j) - 2{,}11 \times 10^{-5} \exp\left(8 \times 10^{-3}\, j\right)$$
- Les auxiliaires de la PàC consomment 25% de la puissance produite.
- Epaisseur d'une cellule (anode, cathode et membrane) : 0,4 mm
- Rendement électrique de la PàC : 50%

2.4.1. Combien de cellules composent la PàC ?

2.4.2. Quel est le volume de la PàC ?

2.4.3. Quelle sera le volume du réservoir d'hydrogène volume d'hydrogène

2.5 Source auxiliaire de puissance

La Figure 1 présente l'énergie transitant dans la source auxiliaire de puissance.

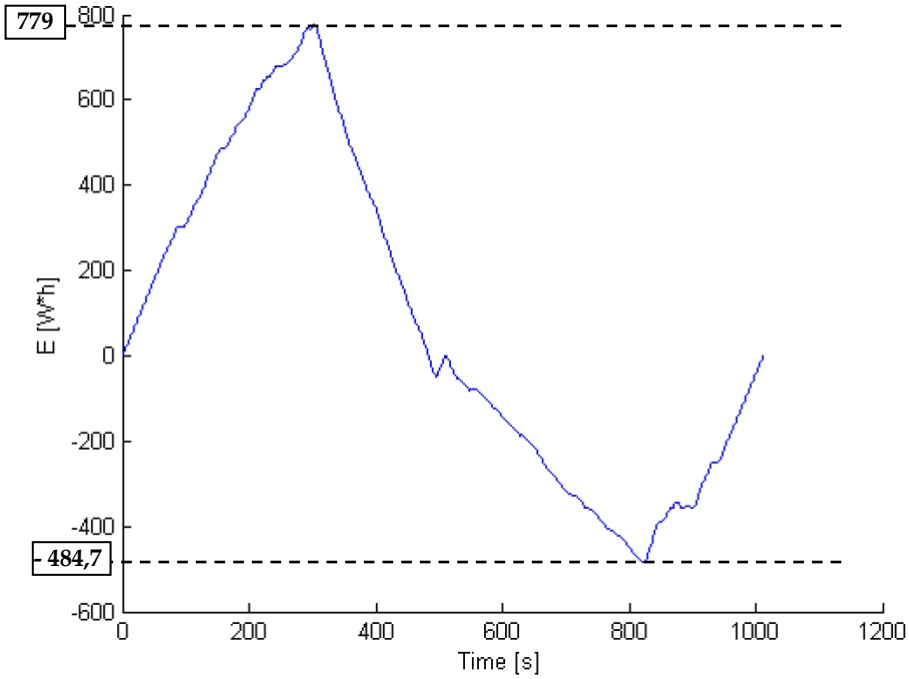

Figure 1 : énergie de la source auxiliaire de puissance

2.5.1. Quelle est la capacité énergétique que doit avoir la source auxiliaire de puissance ?

Nous utilisons des supercondensateurs avec les caractéristiques suivantes :

- Capacité : 5000 F
- Tension maximale du supercondensateur : 2,5 V
- Tension minimale du supercondensateur : 0 V
- Tension maximale du pack de supercondensateurs : 180 V
- Courant maximal : 130 A
- Poids d'une cellule : 510 g
- Le convertisseur de puissance associé au pack de supercondensateur a un rendement de 100%.

2.5.2. Faire un schéma de principe de l'architecture complète de la chaîne de traction (PàC + Scap et le reste).

2.5.3. Quelle quantité d'énergie peut être stockée dans une cellule ?

2.5.4. Déterminer le nombre de supercondensateurs en série et le nombre de branches de parallèle

2.5.5. Quel est le courant maximal délivré par chaque supercondensateur ? Comparez par rapport au courant maximal.

2.5.6. Quelle est la masse totale du pack ? Conclure par rapport à la faisabilité de la solution retenue. Proposer une autre solution plus intéressante.

3. Exercice (5 points)

On propose d'étudier le dimensionnement d'un volant d'inertie de forme cylindrique associé à une machine électrique.

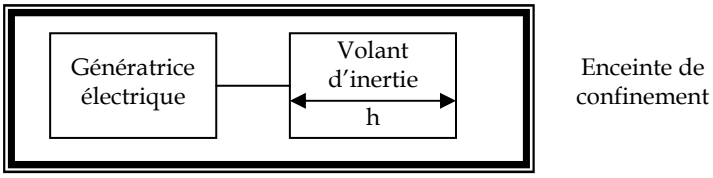

Figure 2 : schéma de principe du système volant d'inertie

Cahier des charges

- Fournir une puissance maximale de 180 kW pendant 12 secondes.
- On néglige toutes les pertes par frottement (vide dans l'enceinte).
- Hauteur du volant : h = 14 cm.
- Plage de vitesse de la machine électrique associée en fonctionnement générateur : 6 500 à 13 000 tr/min.
- Moment d'inertie du rotor de la machine électrique : 0,7 kg.m²
- Masse du moteur : 20 kg.
- Masse de l'enceinte et des composants annexes : 41 kg.
- Matériau : Kevlar
- On néglige l'inertie des roulements et celle de l'arbre de transmission entre le volant et la machine électrique.

3.1 Calculer la vitesse périphérique minimale et maximale du volant.

3.2 Déterminer l'énergie massique et la puissance massique du système.