

NOM :

PRENOM :

Polycopié de cours autorisé - Calculatrice autorisée
Dictionnaires numériques interdits

1. Exercice 1 (7 points)

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

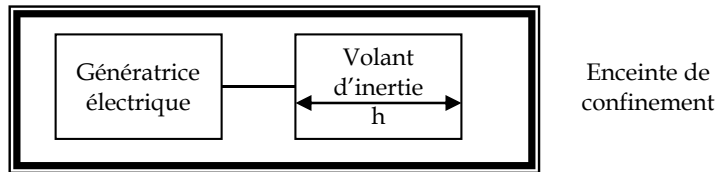


Figure 1 : schéma de principe du système volant d'inertie

Cahier des charges

- Fournir une puissance maximale continue de 160 kW pendant 14 secondes.
- On néglige toutes les pertes par frottement (vide dans l'enceinte).
- Hauteur du volant : $h = 16$ cm.
- Plage de vitesse de la machine électrique associée en fonctionnement générateur : 9500 tr/min à 18 000 tr/min.
- Moment d'inertie du rotor de la machine électrique : $0,7 \text{ kg.m}^2$
- Masse de la machine électrique : 22 kg.
- Masse de l'enceinte et des composants annexes : 31 kg.
- Volume du système = 125 % de celui du volant.
- Matériau : Alliage de titane, masse volumique 4500 kg/m^3
- On néglige l'inertie des roulements et celle de l'arbre de transmission entre le volant et la machine électrique.

Rappel : moment d'inertie cylindre : $J(\text{kg.m}^2) = \frac{1}{2}mR^2$ avec m la masse du cylindre en kg et R le rayon du cylindre en mètre.

- 1.1 Calculer la vitesse périphérique minimale et maximale du volant
- 1.2 Déterminer l'énergie massique, l'énergie volumique et la puissance massique du système complet. Détailler les calculs.
- 1.3 Tracer sur votre copie l'allure de la puissance (W) en fonction du temps de décharge (en seconde) pour une plage allant de 10 minutes à 3 heures. Justifiez vos calculs pour les points 10 minutes, 30 minutes et 2 heures.
- 1.4 On veut maintenant mettre en rotation le volant d'inertie d'une vitesse nulle jusqu'à sa vitesse maximale. Pour cela on utilise le moteur électrique connecté au

volant d'inertie. Le moteur fournit un couple constant de 75 Nm pendant toute la phase d'accélération. Calculer le temps nécessaire pour accélérer le volant.

2. Exercice 2 (3 points)

Un véhicule électrique à une caractéristique puissance (P en W) vitesse (v en km/h) ayant l'équation suivante : $P(v) = 1,427.v^2 - 2,767.v$

On considère que la chaîne de traction a un rendement unitaire.

Ce véhicule est équipé de 122 cellules Li-Po (3,6V - 30 Ah) montées en série. La caractéristique de tension d'un élément de cette batterie est donnée ci-dessous :

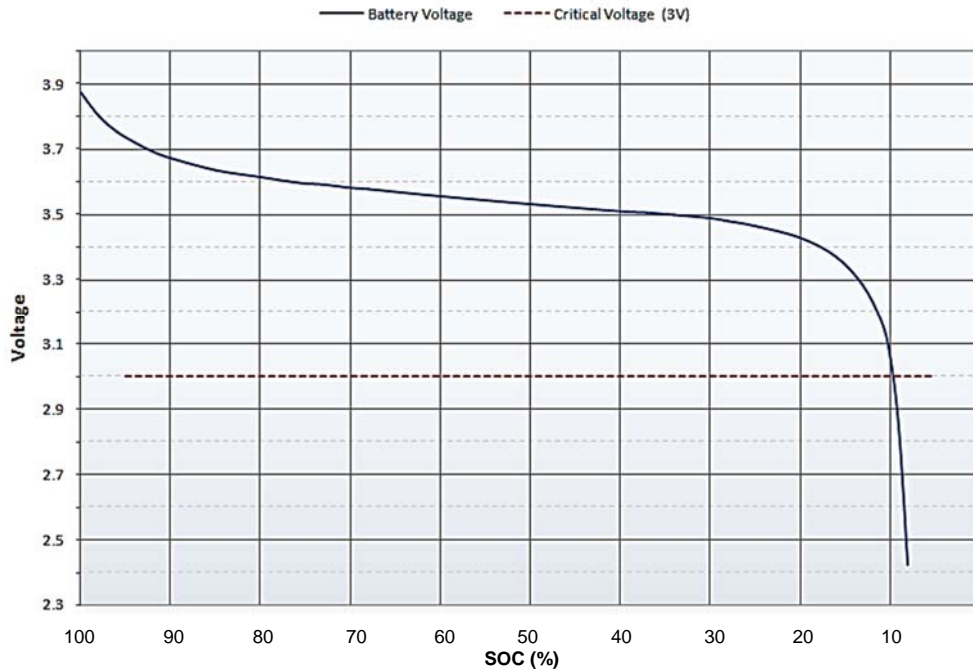


Figure 2 : courbe de décharge d'une cellule Li-Po de 30 Ah

La batterie est utilisée avec un SoC variant de 100% à 10%.

- 2.1 Quelle est l'énergie utilisable de la batterie en Wh?
- 2.2 Quelle est l'autonomie (km) du véhicule à 50 km/h et à 90 km/h ?
- 2.3 On mesure une tension du pack batterie au repos de 433,1 V. Quel est son SoC ?

3. Exercice 3 (6 points). Lampadaire solaire à supercondensateurs



Figure 3 : lampadaire solaire

On propose de dimensionner un système d'éclairage urbain innovant et autonome dans une région fortement ensoleillée. Chaque lampadaire sera autonome en énergie. On suppose qu'il sera allumé 10 heures par jours

Caractéristiques techniques :

- Lampe à LED : puissance consommée : 11W, tension nominale (DC) : 12,5 V
- Puissance solaire : on estime avoir une puissance moyenne rayonnée par jour de 160 W/m² sur 14 heures.
- Panneau solaire : surface : 0,6 m² ; rendement constant de 17% ; tension maximale de de 36 V.
- Convertisseur DC/DC n°1 : panneau solaire → supercondensateur : hacheur abaisseur élévateur. Rendement de 90 %.
- Convertisseur DC/DC n°2 : supercondensateur → lampe : hacheur abaisseur. Rendement de 95 %.
- Supercondensateur : pack composé de cellules en série ; tension maximale du pack : 24,3 V ; tension minimale d'utilisation du pack : 12,5V. Rendement faradique de 100%. Il est possible de placer des branches en parallèle.

3.1 Faites un schéma détaillé du système complet.

3.2 En faisant un bilan énergétique détaillé, déterminez si les données du cahier des charge permettent de satisfaire les besoins d'éclairage.

3.3 A partir de la documentation Maxwell donnée en annexe, dimensionnez au mieux un pack de supercondensateurs. Justifiez vos calculs.

3.4 Conclure par rapport à la faisabilité de cette solution d'un point de vue poids et volume. Comparer par rapport à une batterie plomb et Lithium équivalentes.

4. Questions de cours – 4 points

Pour chaque question, cochez la case OUI ou NON.

Bonne réponse : 0,4 point. Mauvaise réponse : - 0,4 point. Pas de réponse : 0 point.

Question	OUI	NON
La puissance est le transfert d'énergie par unité de temps		
La décharge profonde des accumulateurs à base de lithium n'est pas recommandée		
Le principe de recharge d'un accumulateur Lithium est différent de celui d'un accumulateur au plomb		
La densité de puissance des supercondensateurs est comparable à celle de certains accumulateurs au Lithium		
Il est possible de faire des recharges rapides avec des accumulateurs Ni-Mh		
La capacité d'un accumulateur s'exprime en Joules		
A l'heure actuelle, la majorité de la production d'hydrogène mondiale n'émet pas de gaz à effet de serre		
Les accumulateurs Lithium sont tolérants aux surcharges		
Les véhicules hybrides rechargeables nécessitent des batteries de grande capacité comparés aux hybrides non rechargeables		
La densité d'énergie des volants d'inertie est comparable à celle des accumulateurs à base de Lithium		