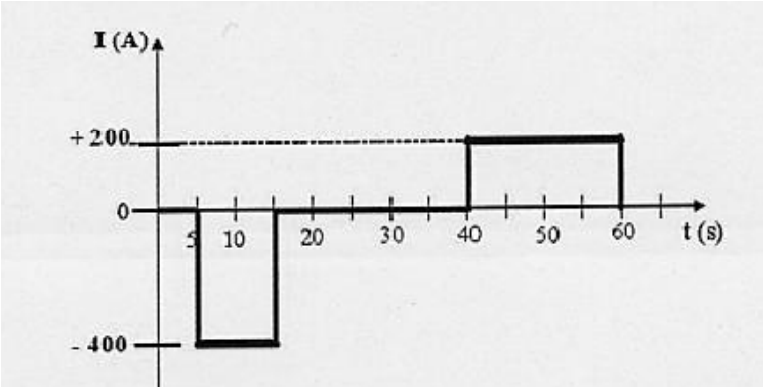
FINAL SM 59 – 2010
Documents de cours et TD autorisés

1. Exercice 1 (5 points)

On considère le profil de courant suivant représentatif d'une décharge puis d'une charge d'un supercondensateur de 5000 F – 2,5 V. Le supercondensateur est modélisé dans cette approche par une capacité C en série avec une résistance interne Rs = 0,5 mΩ.



1.1 Donner la loi de variation de la tension aux bornes du supercondensateur parcouru par un courant constant I.

1.2 Représenter sur un graphique $u_{SC}(t)$ la tension aux bornes du supercondensateur au cours du cycle. On supposera le composant initialement chargé à 2,3 V.

1.3 Représenter sur le même graphique e_{SC} (t) l'allure de la variation d'énergie aux bornes du supercondensateur. Détailler les calculs.

2. Exercice 2 (9 points)

Un petit convoyeur à traction électrique de 450 kg est équipé d'une pile à combustible (PAC) comme source d'énergie et d'un pack de supercondensateurs comme source de puissance (avec Uc = 54 V la tension aux bornes du système de supercondensateurs à l'état totalement chargé et Ud = 35 V à l'état déchargé).

La tension maximale d'une cellule de supercondensateur est de 2,7 V.

Les cycles d'utilisation du convoyeur sont composés successivement d'une phase d'accélération, d'un freinage mécanique et d'une phase d'arrêt.

On ne récupère pas l'énergie lors des phases de freinage.

La PAC recharge le pack de supercondensateurs à l'arrêt.

2.1 Pourquoi est-il judicieux d'utiliser un supercondensateur comme source de puissance ?

2.2 Serait-il envisageable d'utiliser uniquement des supercondensateurs pour alimenter le véhicule ? Justifier.

2.3 Calculer la capacité minimale C d'un supercondensateur capable d'accélérer le véhicule depuis l'arrêt (v = 0) jusqu'à une vitesse de 30 km/h (hypothèse : une seule branche de supercondensateurs en série pour l'instant). Quelle est l'énergie maximale disponible dans le pack de supercondensateurs ?

2.4 Calculer la puissance P_A en fin de phase d'accélération pour que l'on puisse effectuer l'accélération précédente en 5 s (la puissance croit linéairement durant la phase d'accélération).

2.5 En prenant en compte le courant maximal permanent admissible par les cellules de supercondensateurs (on utilisera la gamme des cellules mises à dispositions par la société Maxwell - voir cours), quelle serait selon vous la configuration optimale du pack d'un point de vue masse totale de composants ? En conservant bien sur la tension maximale Ud, quelle serait alors la nouvelle tension Uc en fin d'accélération ?

La PAC peut délivrer une densité de puissance de 0.1 W/cm² à 65 V. La surface totale d'électrode est de 5000 cm².

2.6 Calculer le courant de recharge côté PAC et le temps t_R mis par la PAC pour recharger les supercondensateurs.

2.7 Quel élément faut-il insérer entre la PAC et le pack de supercondensateurs pour assurer un transfert d'énergie contrôlé entre les deux éléments ? Représenter son architecture interne.

On dispose d'un réservoir d'hydrogène de 19 litres de pression maximale 350 bars. Le détendeur (placé entre la PAC et le réservoir) travaille dans une gamme de pression comprise entre 20 et 320 bars.

2.8 Combien de cycles de recharge de supercondensateurs pourrait-on réaliser ?

2.9 Quel serait l'intérêt de remplacer la PAC par des accumulateurs ? Discuter de l'intérêt du couplage accumulateur/PAC ou accumulateur/supercondensateurs.

3. Un peu de réflexion ! (6 points)

3.1 En fonction des différents moyens de stockage d'énergie vus en cours, proposez un bilan comparatif sous la forme d'un tableau de synthèse en mettant en avant les critères de comparaisons qui vous semblent les plus pertinents.

3.2 On suppose que la moitié des véhicules automobiles français (soit 15 millions) sont électriques et d'une architecture comparable à la Mitsubishi I-Miev pour une distance journalière parcourue moyenne de 35 km par véhicule. Quelle serait selon vous les contraintes sur le réseau de distribution et les centrales de production ? Essayer de donner des éléments chiffrés. Pour info un cœur de centrale nucléaire à une puissance électrique de 1600 MW, une centrale à cycle combiné au gaz 250 MW, une grosse éolienne 3 MW, un panneau solaire 50 W/m² …

3.3 Quel sera selon vous le ou les moyens de stockage qui seront utilisés à bord des véhicules particuliers des années 2030 ? Argumentez.