

1. Lithium-Ionen-Batterien (15 Punkte)

- a. Wie ist der Zusammenhang zwischen der Zyklientiefe und der Alterung?
- b. Wie wird die Passivierungsschicht genannt, die sich beim ersten Laden ausbildet? Wie entwickelt sie sich im Laufe des Zellebens? Welche Zellparameter werden dadurch stark beeinflusst?
- c. Welches Problem tritt beim Laden auf, wenn die Umgebungstemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$ ist? Wie kann dies verhindert werden?
- d. Was sind die wichtigsten Zellparameter für ein Batteriemanagementsystem?
- e. Gegeben ist eine Lithium-Ionen-Batterie mit Eisenphosphat-Kathode. Wieso ist die Ruhespannungskurve problematisch?
- f. Laden einer Zelle mit 0.5C für 60min und Entladen mit 20A für 29min. Nach dem Lade- und Entladeprozess wird der gleiche Ladezustand wie zu Beginn erreicht (20%). Die Kapazität beträgt 20Ah . Berechne den Coulombschen Wirkungsgrad. Ist der energetische Wirkungsgrad höher oder niedriger? Begründe deine Wahl.

2. Schwungräder (15 Punkte)

- a. Kann in einer massiven Scheibe oder in einem Schwungrad mit Speichen mehr Energie gespeichert werden? Begründe.
- b. Wenn die Belastung einer Materials richtungsabhängig ist, ist es dann isotrop oder anisotrop?
- c. Nenne ein anisotropes Material, das für ein Schwungrad verwendet werden könnte.
- d. Nenne eine Anwendung für ein Schwungrad als Energiespeicher.
- e. Gegeben ist ein voll aufgeladenes Schwungrad, das eine Entladerate von 20% pro Stunde aufweist. Nach welcher Zeit sinkt der Energiegehalt unter 50%?
- f. Gegeben: massive Scheibe, Dichte, Radius, Höhe, Drehzahl, maximale Zugspannung. Berechne den Energiegehalt des Schwungrads. Berechne die auftretende Zugspannung für die gegebenen Daten. Kann das Schwungrad so betrieben werden?

3. Batteriemanagementsystem (20 Punkte)

- a. Eine Batterie ist vollgeladen und wird mit 4C entladen. Nach wie viel Zeit ist sie komplett entladen? Wie hoch wäre der Entladestrom, wenn es sich um den I_{10} -Strom handeln würde?
- b. Wieso kann die Ruhespannung nicht während des Betriebs gemessen werden?
- c. Warum wird ein thermisches Management benötigt?
- d. Wie ist die Abhängigkeit des SOAP von der Alterung?
- e. Gegeben sind zwei Zellen in Reihe (1: $C = 2,5\text{Ah}$ und $\text{SOC} = 25\%$; 2: $C = 2,6\text{Ah}$ und $\text{SOC} = 30\%$).
 1. Nach welcher Zeit ist die Batterie entladen (ohne Balancing)?
 2. Welche Restenergie verbleibt in der Reihenschaltung?
 3. Berechne die Gesamtkapazität.
 4. Berechne den notwendigen Balancingstrom.
 5. Wie groß ist die Gesamtkapazität bei einem passiven Balancing? (keine Rechnung notwendig)