

### Aufgabe 8.1: Batteriesysteme

- a) Schon bei den normalen Lade-/Entladezyklen des Akkus entsteht im Laufe der Zeit eine wachsende Sulfatschicht, die beim Ladevorgang nicht mehr vollständig abgebaut wird. Hierdurch sinkt die aktive Fläche der Elektroden und damit Kapazität des Akkus. Bei Tiefentladungen verstärkt sich dieser Effekt. Extreme Tiefentladungen können sogar zu einem Verbiegen der Elektroden und einem Kurzschluss zwischen Anode und Kathode führen.
- b) Ein KFZ-Akku (Starterakku) ist für den Pufferbetrieb optimiert, bei dem der Akku fast immer vollständig geladen ist und nur kurzzeitig hohe Ströme liefern muss. Die dazu notwendigen dünnen Gitterplatten würden durch den bei Inselanlagen vorherrschenden Zyklbetrieb zu stark sulfatieren. Bei einer Tiefentladung kommt es hier unweigerlich zu Kurzschlüssen zwischen den dicht beieinanderstehenden Platten. Außerdem weisen Starterakkus meist eine hohe Selbstentladung auf.
- c) Die Angabe bedeutet, dass der Akku im Fall, dass man ihn über 10 h entlädt, eine Kapazität von 150 Ah aufweist. Er kann also über 10 h mit einem Strom von 15 A entladen werden. Wird er stattdessen mit 20 A entladen, so wird die nutzbare Kapazität geringer sein. Laut Bild 7.28 liegt sie in diesem Fall bei etwa 140 Ah; der Akku würde also innerhalb von  $140 \text{ Ah} / 20 \text{ A} = 7 \text{ h}$  entladen sein.
- d) Constant Current Constant Voltage. Bei diesem auch I/U-Ladung genannten Verfahren wird der Akku zunächst mit einem konstanten Strom geladen. Sobald die Ladeschlussspannung erreicht ist, geht man auf eine konstante Ladespannung über, um den Akku vollständig aufzuladen aber nicht zu überladen.
- e) i) Übergangswiderstand des Mosfets spielt keine Rolle  
ii) Anlauf der Schaltung nach Tiefentladung funktioniert automatisch

### Aufgabe 8.2: Lithium-Ionen-Batterien

- a) Vorteile: Höhere Energiedichte, höhere Zyklenzahl  
Nachteile: Höhere Preis, Gefahr der Selbstentzündung
- b) Es drängen so viele Ionen in das Graphitgitter, dass es sich ausdehnt und irreversibel geschädigt werden kann. Bei weiterer Ladung kann es zum Entstehen eines Dendriten kommen, der den Separator durchstößt und die Zelle zerstören kann.
- c) Ungiftig, hohe Energiedichte, konstante Zellspannung bei unterschiedlichen Ladungstiefen

### Aufgabe 8.3: Natrium-Schwefel-Batterien

- a) Sie müssen dauerhaft auf hoher Temperatur gehalten werden, dies kostet zusätzliche Energie.
- b) Er dient der Betriebssicherheit. Im Fall eines Bruchs des Elektrolyten begrenzt er die Menge an Natrium, die mit dem Schwefel reagieren kann.
- c) Da die Energiespeicherung in flüssiger Form geschieht, kommt es nicht zu einem Verlust an aktiver Masse, wie es im Fall der Bleibatterie durch das unregelmäßige Aufwachsen des Bleisulfats passiert.

### Aufgabe 8.4: Redox-Flow-Batterien

- a) Siehe Bild 8.18
- b) Die Leistung wird durch die Zellgröße, also insbesondere durch die nutzbare Fläche der Membran bestimmt. Die Kapazität kann durch die Größe der Elektrolyt-Tanks festgelegt werden.
- c) Tiefentladefähig, sehr hohe Zyklenzahlen (z.B. 10.000), geringe Selbstentladung

### Aufgabe 8.5: Hausspeichersysteme

a) Kosten einer Kilowattstunde:

Kosten des Speichersystems:  $K_{\text{Speicher}}$ : 6500 €

Bruttokapazität des Speichers:  $C_{\text{Brutto}}$ : 11 kWh

Nennkapazität des Speichers:  $C_{\text{Netto}}$ : 10 kWh

Entladetiefe (Depth of Discharge):  $DoD$ : 0,91

Maximale Zyklenzahl:  $N_{\text{Zyklen}}$ : 20.000

Kalendarische Lebensdauer:  $T_{\text{Lebensdauer}}$ : 20 a

AC-Systemnutzungsgrad:  $\eta_{AC\_Speicher}$ : 84,3 %

(Ermittelt aus den mittleren Pfadwirkungsgraden, siehe Beispiel 8.1, Kosten des Speichersystems 2)

Im Laufe der Lebensdauer kann das System folgende Energiemenge speichern und wieder abgeben:

$$\begin{aligned} W_{\text{Nutzbar}} &= C_{\text{Netto}} \cdot \eta_{AC\_Speicher} \cdot 250 \text{ Zyklen} / a \cdot T_{\text{Lebensdauer}} \\ &= 10 \text{ kWh} \cdot 84,3 \% \cdot 250 \text{ Zyklen} / a \cdot 20 \text{ a} \\ &= 42.150 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Damit ergeben sich spezifische Kosten für eine Kilowattstunde von:

$$k_{\text{Speicher}} = \frac{K_{\text{Speicher}}}{W_{\text{Gesamt}}} = \frac{6.500 \text{ Euro}}{42.150 \text{ kWh}} = 15,4 \text{ Cent/kWh}$$

[zu beachten sind darüber hinaus die im Lehrbuch auf Seite 276-277 dargestellten Betrachtungen zu Alterung und Umwandlungswirkungsgraden]

- b) Begrenzung der Netzaustauschleistung. Durch Zwischenspeicherung der Solarenergie kann die maximal eingespeiste Energie begrenzt werden. Gleichzeitig kann die gespeicherte Energie dazu genutzt werden, um auch die maximal aus dem Netz bezogene Leistung zu reduzieren.
- c) 1. Beschränkung der maximal zulässigen Einspeiseleistung auf 60 % der Anlagennennleistung  
2. Bereitstellung einer Datenschnittstelle, um dem Netzbetreiber eine Möglichkeit zur Fernsteuerung des Speichers zu geben

### Aufgabe 8.6: Inselsysteme

- a) Ein klassisches Solar Home System besteht aus einem 12 V oder 24 Volt System mit Solarmodul, Solarbatterie, Laderegler und Verbrauchern. Typische Verbraucher sind Energiesparlampen, Radio, Fernsehen und Handyladegerät.
- b) In einem Hybridsystem werden zusätzlich zum Solargenerator samt Akku und Laderegler weitere Energiequellen eingesetzt. Typisch sind z.B. Windgenerator, Dieselgenerator, Brennstoffzelle, etc. Der Vorteil liegt darin, dass unabhängig vom Wetter eine hohe Verfügbarkeit sichergestellt werden und der Solargenerator relativ klein gewählt werden kann.