

Elektrische Energiesysteme, Wintersemester 2015/2016

Klausurrechnen

Aufgabe 1 – Leistungselektronik

Zur Versorgung eines USB-Ladegeräts mit der Ausgangsspannung $U_A = 5\text{ V}$ steht Ihnen ein Stack aus drei **seriell** geschalteten Lithium-Ionen-Batterien mit einem Lithiummischmetaloxid ($\text{Li}(\text{Ni}_{\frac{1}{3}}\text{Co}_{\frac{1}{3}}\text{Mn}_{\frac{1}{3}})\text{O}_2$, kurz: NMC) als Kathodenmaterial zur Verfügung.

- a) Begründen Sie, welche leistungselektronische Schaltung, die in der Lehrveranstaltung behandelt worden ist, benötigt wird und skizzieren Sie ein Ersatzschaltbild.

Mit diesem USB-Ladegerät wollen Sie den Akkumulator eines Smartphones mit einer Kapazität von $C = 3\text{ A h}$ mit der $2C$ -Rate laden.

- c) Welchem Strom entspricht diese C -Rate und wie lange dauert der Vorgang?

Hinweis: Gehen Sie nachfolgend stets von idealen Schaltern (unendlich schnell und verlustlos) und idealen passiven Bauelementen (Kapazitäten und Induktivitäten) aus.

Obwohl die Lade- und Entladeschlussspannung der NMC-Batterie mit $U_L = 4,2\text{ V}$ und $U_{ELS} = 2,5\text{ V}$ angegeben sind, möchten Sie den Betriebsbereich jeder Zelle aus Sicherheits- und Lebensdauergründen auf $U \in [3\text{ V } 4\text{ V}]$ begrenzen.

- d) Bestimmen Sie den Stellbereich des Tastgrads D .
- e) Berechnen Sie allgemein die Stromschwankung Δi_L des Stroms i_L durch die Induktivität L .
- f) Skizzieren Sie den Strom durch den Transistor, i_S .

Aufgabe 2 – Batteriespeichertechnik

Zur Beschreibung der Reaktionskinetik einer Batterie kann die Butler-Volmer-Gleichung

$$I(\eta) = I_0 \left(\exp\left(\frac{\alpha n F}{RT} \eta\right) - \exp\left(\frac{(1 - \alpha) n F}{RT} \eta\right) \right)$$

verwendet werden.

- a) Geben Sie eine Näherung für kleine Ströme und damit kleine Überspannungen η an.
Hinweis: Für kleine x gilt: $\exp(x) \approx 1 + x$.
- b) Markieren Sie das Bauteil im vereinfachten elektrischen Ersatzschaltbild einer Batterie in Abbildung 1, das die Butler-Volmer-Gleichung widerspiegelt.

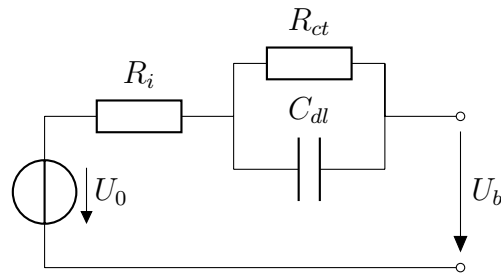


Abbildung 1: Einfaches Ersatzbild einer elektrochemischen Zelle mit dynamischem Verhalten

Ein Elektromotorrad soll mit einem Batteriepack, bestehend aus Lithium-Ionen-Zellen mit einer Nennkapazität von $C_N = 2,5 \text{ Ah}$ und einer Nennspannung von $U_N = 3,7 \text{ V}$, ausgerüstet werden. Die Ausgangsspannung des Packs betrage $U_{bat} = 120 \text{ V}$ und der Verbrauch des Motorrads liege bei $E' = 8 \text{ kWh}/100 \text{ km}$. Die gewünschte Reichweite betrage $s = 200 \text{ km}$. Der Elektromotor habe eine Bemessungsleistung von $P_N = 24 \text{ kW}$.

- c) Geben Sie die Mindestanzahl an benötigten Zellen an.
 d) Gleichen Sie diese Anzahl mit den sonstigen Anforderungen ab.

Aufgabe 3 – Magnetischer Kreis

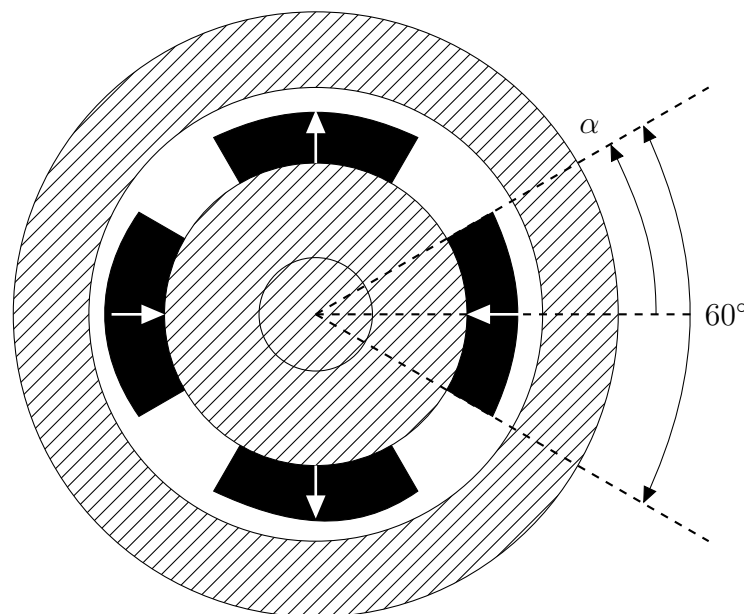


Abbildung 2: Vereinfacht dargestellter magnetischer Kreis einer permanentenerregten Synchronmaschine

Unter Vernachlässigung der Erregerspulen im Stator ist in Abbildung 2 der magnetische Kreis einer permanentenerregten Synchronmaschine gezeigt. Hierbei bestehen schraffierte Bereiche aus Weicheisen ($\mu \rightarrow \infty$) und die in schwarz dargestellten, auf dem Rotor aufgetragenen Magneten seien in der eingezeichneten Art radial magnetisiert.

Die radiale Magnethöhe beträgt $h_m = 3 \text{ mm}$ und der Luftspalt hat eine radiale Länge von $\delta = 1 \text{ mm}$. Nehmen Sie eine gleichbleibende Fläche von Magnet und Luftspalt an.

- a) Skizzieren Sie den qualitativen Verlauf der magnetischen Feldstärke im Luftspalt über dem Drehwinkel α . Vernachlässigen Sie die Streuung.
- b) Zeichnen Sie die Scherungsgerade in das Diagramm in Abbildung 3 ein und bestimmen Sie den Arbeitspunkt grafisch.

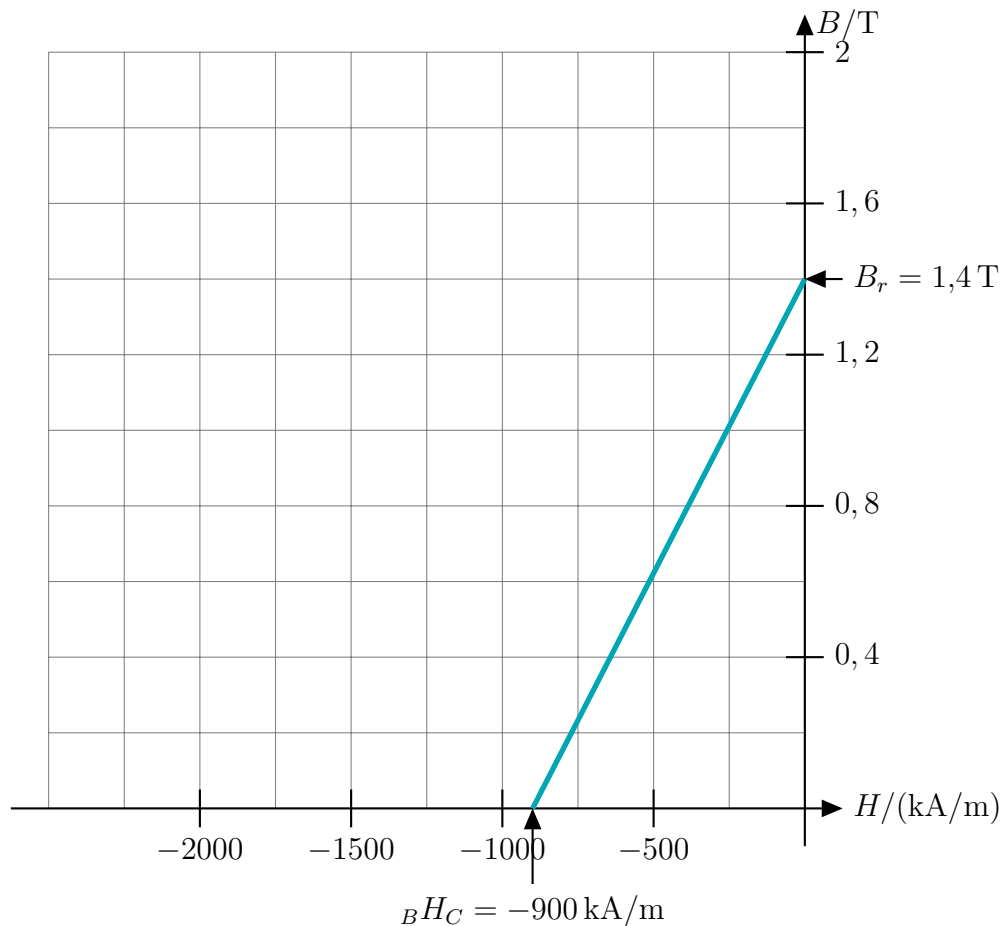


Abbildung 3: Kennlinie des magnetischen Materials

Aufgabe 4 – Dreiphasiger Transformator

An einem dreiphasigen Transformator mit den Daten $S_N = 30 \text{ kVA}$, $U_N = 10 \text{ kV} / 690 \text{ V}$ ist eine Leerlaufmessung durchgeführt worden und hat die Daten $R_1 = 50 \Omega$, $L_1 = 11,48 \text{ H}$ und $\ddot{u}^+ = 9$ ergeben.

Die anschließende Kurzschlussmessung erbringt $U_{1K} = 115,47 \text{ V}$, $I_{1K} = 1 \text{ A}$, $I_{2K} = 25,1 \text{ A}$ und $P_{1K} = 200 \text{ W}$.

- a) Zeichnen Sie das auf die Primärseite bezogene L-Ersatzschaltbild, das sich vollständig durch Kurzschluss- und Leerlaufmessungen parametrieren lässt.
- b) Geben Sie die Umrechnung aller Sekundärgrößen in Abhängigkeit von \ddot{u}^+ an.

- c)** Machen Sie in der Praxis übliche Annahmen, mit denen das L-Ersatzschaltbild auf das Längersatzschaltbild gebracht werden kann und leiten Sie das Längersatzschaltbild aus dem L-Ersatzschaltbild her.
- d)** Berechnen Sie R_2 , $L_{2\sigma}^+$ und die Streuziffer σ .