



Grundlagen elektrische Energietechnik (SoSe2022)

4. Übung Leistungselektronik

Hochsetzsteller

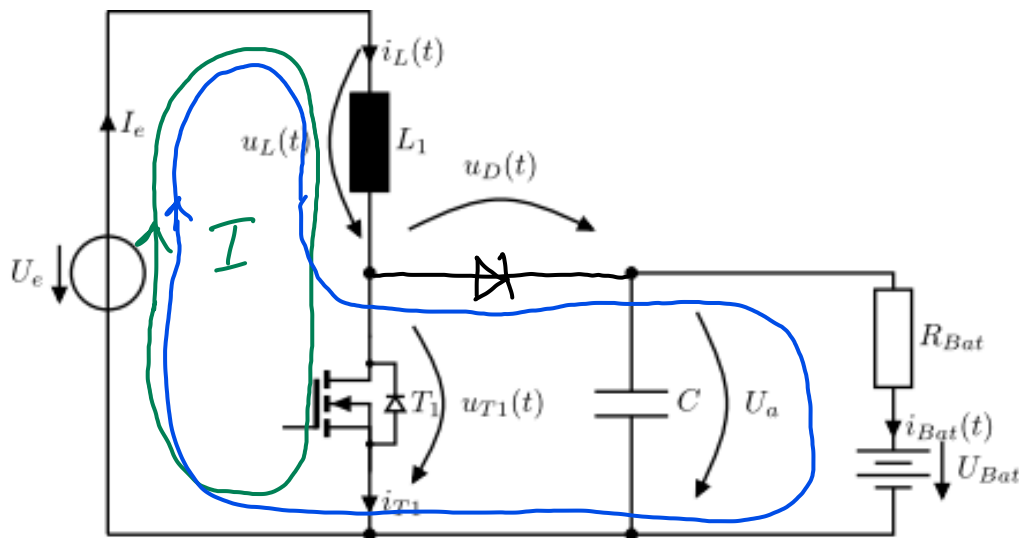
Aufgabe 1:

Um die Traktionsbatterie eines Elektrofahrzeuges mithilfe einer leistungsfähigen PV-Anlage zu laden, wird ein Hochsetzsteller eingesetzt. Bei der Batterie handelt es sich um einen Lithiumakkumulator aus 44 in Reihe geschalteten Einzelzellen mit 3,7 V Nennspannung. Jede Zelle besitzt eine ladestandsabhängige Spannung von 2,5 V im entladenen Zustand bis 4,2 V im vollständig geladenen Zustand. Alle Bauelemente können dabei verlustfrei angenommen werden.

Für alle Aufgabenteile gelten folgende Werte:

$$U_E = 52 \text{ V} \quad R_{\text{Bat}} = 100 \text{ m}\Omega \quad C \rightarrow \infty \quad f_T = 25 \text{ kHz}$$

a) Vervollständigen Sie das Ersatzschaltbild des Hochsetzstellers.



b) Berechnen Sie die Lade- und die Endladeschlussspannung des Akkumulators.

$$U_{OV} = N \cdot U_{OV\text{E}} = 44 \cdot 4,2 \text{ V} = 184,8 \text{ V}$$

$$U_{UV} = N \cdot U_{UV\text{E}} = 44 \cdot 2,5 \text{ V} = 110 \text{ V}$$

OV = Over Voltage

UV = Under Voltage

- c) Welcher Tastgrad v_T ist erforderlich, um die vollständig entladene Batterie mit einem Strom von 10 A zu laden?

$$U_{R_{Bat}} = R_{Bat} \cdot I_{Bat} = 100 \text{ m}\Omega \cdot 10 \text{ A} = 1 \text{ V}$$

$$U_a = U_{Bat} + U_{R_{Bat}} = 110 \text{ V} + 1 \text{ V} = 111 \text{ V}$$

$$0 \text{ V} = \int_0^T u_c(t) dt = \int_0^{t_c} \overset{\text{I}}{u_c} dt + \int_{t_c}^T \overset{\text{II}}{-(U_a - U_c)} dt$$

$$0 = U_c \cdot t_c - (U_a - U_c) \cdot (T - t_c)$$

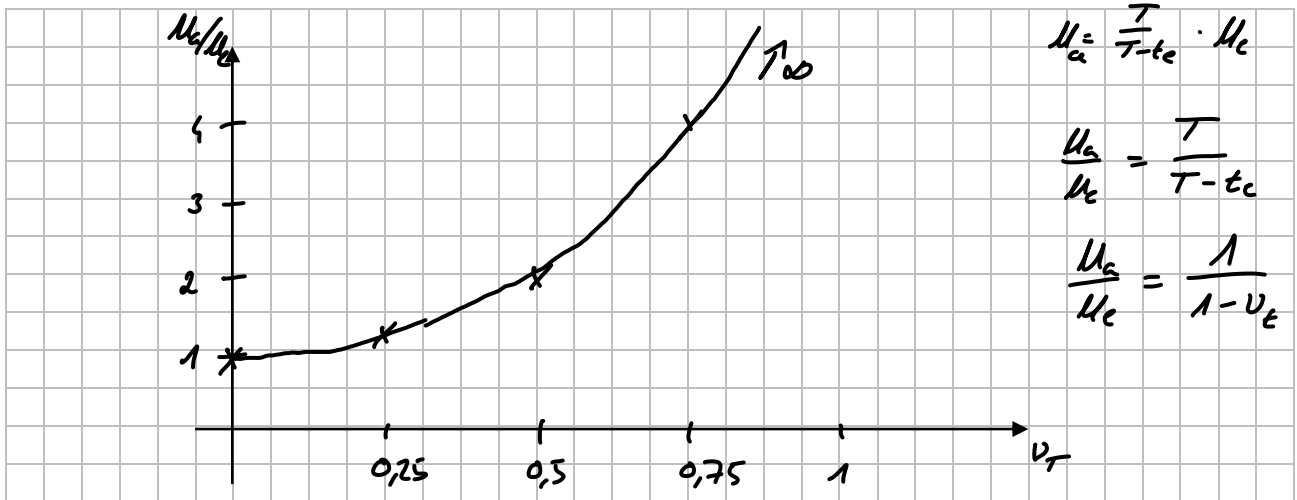
$$v_T = \frac{t_c}{T}$$

$$0 = U_c \cdot t - (U_a - U_c) \cdot (T - t_c)$$

$$\Rightarrow \frac{t_c}{T} = \frac{U_a - U_c}{U_a}$$

$$\Rightarrow v_T = \frac{111 \text{ V} - 52 \text{ V}}{111 \text{ V}} = 0,53$$

- d) Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung bezogen auf die Eingangsspannung U_a/U_e für $v_T = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$



- e) Wie groß ist in diesem Betriebspunkt der mittlere Strom in der Induktivität L ?

$$P_E = P_a \quad P_E = I_L \cdot U_e \quad P_a = I_{Bat} \cdot U_a$$

$$I_L \cdot U_e = I_{Bat} \cdot U_a$$

$$I_L = I_{Bat} \cdot \frac{U_a}{U_e} = 10A \cdot \frac{111V}{52V} = 21,35A$$

Aufgabe 2:

Annahme: Der Akku erreicht nun seine Ladeendspannung.

- a) Wie groß muss die Induktivität mindestens sein, um den Ladevorgang bei Erreichen der Ladeendspannung mit 2 A lückfrei zu beenden?

$$U_{OV} = 184,8 \text{ V}$$

$$U_{R_{Bat}} = 100 \text{ m}\Omega \cdot 2 \text{ A} = 0,2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_a = U_{OV} + U_{R_{Bat}} = 184,8 \text{ V} + 0,2 \text{ V} = 185 \text{ V}$$

$$v_T = \frac{U_a - U_c}{U_a} = \frac{185 \text{ V} - 52 \text{ V}}{185 \text{ V}} = 0,72$$

$$\Delta I_L \leq 2 I_L \quad P_E = P_A$$

$$U_c \cdot I_L = U_a \cdot I_{Bat} \Rightarrow I_L = \frac{U_a}{U_c} \cdot I_{Bat}$$

$$\Delta I_L = 2 I_L = 2 \cdot I_{Bat} \cdot \frac{U_a}{U_c}$$

$$U_c = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

I: $0 \leq t \leq t_c$ Strom durch Induktivität steigt

II: $t_c \leq t \leq T$ Strom durch L sinkt



$$\text{für I: } U_L = U_c$$

$$\text{für II: } U_L = -(U_a - U_c)$$

$$L = U_L \cdot \frac{\Delta T}{\Delta I} = U_c \cdot \frac{t_c}{2 \cdot I_{Bat} \cdot \frac{U_a}{U_c}}$$

$$\text{mit } t_c = v_T \cdot T$$

$$L = \frac{t_c (U_c^2)}{2 \cdot I_{Bat} \cdot U_a} = \frac{v_T \cdot U_c^2}{2 \cdot I_{Bat} \cdot U_a \cdot f}$$

$$T = \frac{1}{f_{sw}}$$

$$L = \frac{0,72 \cdot (52 \text{ V})^2}{2 \cdot 2 \text{ A} \cdot 185 \text{ V} \cdot 25 \text{ kHz}} = 105 \mu\text{H}$$

- b) Wie groß ist in diesem Betriebszustand der mittlere Strom I_L , der minimale Strom I_{L_min} und der maximale Strom I_{L_max} in der Induktivität?

$$I_L = I_{Ref} \cdot \frac{U_a}{U_c} = 2A \cdot \frac{185V}{52V} = 7,1A$$

$$I_{Lmax} = 2 \cdot I_L = 14,2A$$

$$I_{Lmin} = 0A \rightarrow \text{2H2 Grenze}$$

- c) Skizzieren Sie die zeitlichen Verläufe der Spannung $u_L(t)$ und des Stroms $i_L(t)$ für den lückenden Betrieb. Kennzeichnen Sie U_L , I_L , T und t_e

