

## Grundlagen Mathematik

Effektivwert einer kont. Größe  $x(t)$ : 
$$X_{eff} = \sqrt{\frac{1}{|t_2 - t_1|} \cdot \int_{t_1}^{t_2} x(\tau)^2 d\tau}$$

Effektivwert einer diskreten Größe  $x_i$ : 
$$X_{eff} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Logarithmus: 
$$a = b^x \leftrightarrow x = \log_b a$$

## Grundlagen Batterie

Nennenergieinhalt: 
$$E_N = U_N \cdot C_N$$

Ladezustand (bezogen auf Nennkap.  $C_N$ ): 
$$SOC = \frac{1}{C_N} \cdot \int_t I_{HR}(\tau) d\tau$$

Lin. Gleichgewichtsspannung: 
$$U_0 = U_{0,0} + (U_{0,100} - U_{0,0}) \cdot SOC$$

Max. Anzahl der seriellen Zellen um eine Um-  
polung zu detektieren (restl. Zellen  $U_{rest}$ ): 
$$z = \frac{U_E - U_{upol}}{U_{rest} - U_E}$$

## Grundlagen Kondensator

Kapazität: 
$$C = \frac{Q}{U}$$

Energiedifferenz zw. 2 Ladezuständen: 
$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (U_1^2 - U_2^2)$$

## Peukert

Peukert-Gleichung: 
$$I_{kl}^n \cdot t = K$$

Peukert-Koeffizient: 
$$n = \ln \frac{t_2}{t_1} \cdot \frac{1}{\ln \frac{I_{kl1}}{I_{kl2}}}$$

I-t-Gleichung in doppelt log. Darstellung: 
$$\ln(I_{kl}) = m \cdot \ln(t) + b$$
  
mit  $m = -\frac{1}{n}$ ,  $K = \exp(n \cdot b)$

## Temperaturabhängigkeit

Lin. Temperaturabhängigkeit der Kapazität: 
$$C_p(\vartheta) = C_p(25^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha(\vartheta - 25^\circ\text{C}))$$

Gesetz von Arrhenius: 
$$k = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{R \cdot T}\right)$$

## Modellierung

$U_0$  nach Shepherd: 
$$U_{kl} = U_0(SOC) - N \cdot |I_{kl}| - K \frac{Q_0}{Q_0 - |I_{kl}| \cdot t} \cdot |I_{kl}| + A \cdot \exp(-B \cdot |I_{kl}| \cdot t)$$

## Brennstoffzelle

Faraday'sche Konstante: 
$$F = 96485 \frac{\text{As}}{\text{mol}} = 26,8 \frac{\text{Ah}}{\text{mol}}$$

Stoffmenge: 
$$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}$$

Faraday'sches Gesetz: 
$$Q = z \cdot n \cdot F$$

## Wandler

Verlustleistung des idealen Linearreglers: 
$$P_{loss} = I \cdot U_D = I \cdot (U_2 - U_1)$$

Ladungspumpe: 
$$I_a = \Delta Q \cdot f = \Delta U_{Cp} \cdot C_p \cdot f$$
  
$$P_a = W_a \cdot f = U_a \cdot \Delta Q \cdot f$$

Abwärtswandler: 
$$U_a = U_e \cdot v_T = U_e \cdot \frac{t_{ein}}{T}$$
  
für lückenden Strom gilt: 
$$\Delta I_L = \frac{(U_e - U_a) \cdot t_{ein}}{L}$$
  
$$U_a = \frac{U_e^2 \cdot v_T^2 \cdot T}{2 \cdot L \cdot I_a + U_e \cdot T \cdot v_T^2}$$

Aufwärtswandler: 
$$U_a = U_e \cdot \frac{1}{1 - v_T}$$
  
für lückenden Strom gilt: 
$$U_a = \frac{U_e^2 \cdot v_T^2 \cdot T}{2 \cdot L \cdot I_a} + U_e$$

Sperrwandler: 
$$U_a = U_e \cdot \ddot{u} \cdot \frac{v_T}{1 - v_T}$$

Eintakt-Durchflusswandler: 
$$U_a = U_e \cdot \ddot{u} \cdot v_T$$

Faraday'sches Gesetz: 
$$Q = z \cdot n \cdot F$$

## Energy Harvesting

Strom einer photovoltaischen Zelle: 
$$I_F = \frac{\Phi \cdot q}{h \cdot \nu}$$

Seebeck-Effekt: 
$$U = S_{AB} \cdot \Delta T = |S_A - S_B| \cdot \Delta T$$

Kapazitiver Wandler: 
$$U_{max} = \frac{C_{max} + C_p}{C_{min} + C_p} \cdot U_0$$
  
$$W = \frac{1}{2} \cdot U_0 \cdot U_{max} \cdot (C_{max} - C_{min})$$