



# Elektriske køretøjer

## **3.b fysik A**

Kevin Zhou

4. maj 2025

**Note:**

Databog fysik kemi (2007) er benyttet ved beregningerne. 📖

**Opgave 1: Elfærge**

Batteriet på elfærge Aurora har det maksimale energiindhold 4160 kWh. Mens færgen er i havn, oplades batteriet i 7,5 minutter med effekten 10,5 MW. Spændingsfaldet under opladningen er det samme som batteriets nominelle spændingsfald.

- a. Beregn ændringen i batteriets ladningstilstand under opladningen.

Færgens batteri er opbygget af en række parallelkoblede strenge, hvor hver streng består af 192 seriekoblede elementer. Hvert element har hvilespændingen 3,9 V. Under sejlads aflades batteriet med strømstyrken 112 A, og nyttevirkningen af batteriet er 98 %.

- b. Bestem den indre resistans i færgens batteri.

**Løsning:**

- a. Siden effekten  $P$  er konstant under opladningen, så må ændringen i ladningstilstand være

$$\begin{aligned}\Delta SoC &= \frac{P \cdot \Delta t}{E_{\max}} \\ &= \frac{10,5 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 7,5 \text{ min}}{4160 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 60 \text{ min}} \\ &\approx 0,32 \\ &= 32\%.\end{aligned}$$

Ændringen i batteriets ladningstilstand under opladningen må da være 32 %.

- b. Siden strengene af seriekoblede elementer er parallelkoblede, så må der gælde, at den samlede hvilespænding må være

$$\begin{aligned}U_0 &= U_0(\text{streng 1}) = U_0(\text{streng 2}) = \dots = U_0(\text{streng } n) \\ &= 192 \cdot 3,9 \text{ V},\end{aligned}$$

fordi hver streng består af 192 seriekoblede elementer, der hver har hvilespænding på 3,9 V.

Imidlertid har vi, at

$$\eta = 1 - \frac{R_i \cdot I}{U_0} \iff R_i = \frac{(1 - \eta) \cdot U_0}{I}.$$

Vi indsætter da de kendte værdier og får

$$\begin{aligned}R_i &= \frac{(1 - \eta) \cdot U_0}{I} \\ &= \frac{(1 - 0,98) \cdot 192 \cdot 3,9 \text{ V}}{112 \text{ A}} \\ &\approx 0,13 \Omega.\end{aligned}$$

Den indre resistans i færgens batteri er altså 0,13  $\Omega$ .

**Opgave 2: Opladning af batteri**

Et batteri har den indre modstand 0,090  $\Omega$  og hvilespændingen 4,2 V.

- a. Beregn den maksimale effekt, hvormed batteriet kan afgive energi under afladning.

Under opladning af et helt afladet batteri måles strømstyrken  $I$  igennem batteriet som funktion af tiden  $t$ . Efter 2,5 h er batteriet fuldt opladet.

- b. Bestem den tid, det tager at oplade batteriet til ladningstilstanden 90 %.

**Løsning:**

a. Den maksimale effekt må være

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{U_0^2}{4 \cdot R_i} \\ &= \frac{(4,2 \text{ V})^2}{4 \cdot 0,090 \, \Omega} \\ &= 49 \text{ W}. \end{aligned}$$

Den maksimale effekt, hvormed batteriet kan afgive energi under afladning er altså 49 W.

b. Der gælder, at

$$\Delta Q = \int_{t_1}^{t_2} I \, dt.$$

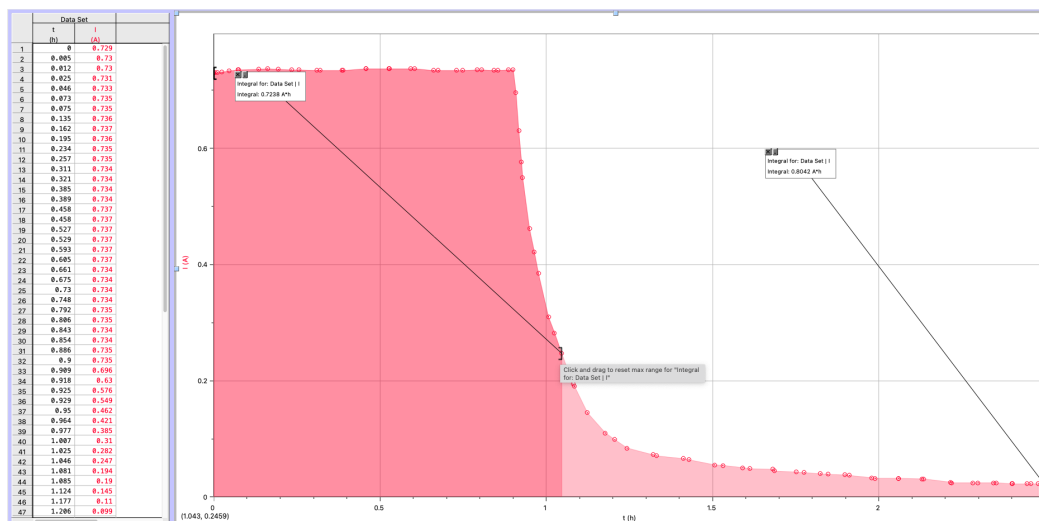
Vi indsætter derfor de givne data i Logger Pro og finder arealet under  $(t, I)$ -graf fra  $t = 0$  h til  $t = 2,5$  h, som må svare til batteriets maksimale ladningskapacitet  $Q_{\max}$  (se fig. 1). Vi får fra den numeriske integration, at

$$Q_{\max} = 0,8042 \text{ A} \cdot \text{h}.$$

Vi kan nu udregne, hvilken ladningsmængde  $Q_t$  batteriet har, når  $SoC_t = 90\%$ :

$$\begin{aligned} Q_t &= SoC_t \cdot Q_{\max} \\ &= 0,9 \cdot 0,8042 \text{ A} \cdot \text{h} \\ &\approx 0,7238 \text{ A} \cdot \text{h}. \end{aligned}$$

Fra fig. 1 ser vi, at dette netop er tilfældet, når  $t = 1,04$  h. Altså tager det 1,04 h at oplade batteriet til ladningstilstanden 90 %.



Figur 1: Numerisk integration på  $(t, I)$ -graf