

---

---

Kapitel 7  
**Lektion 7**

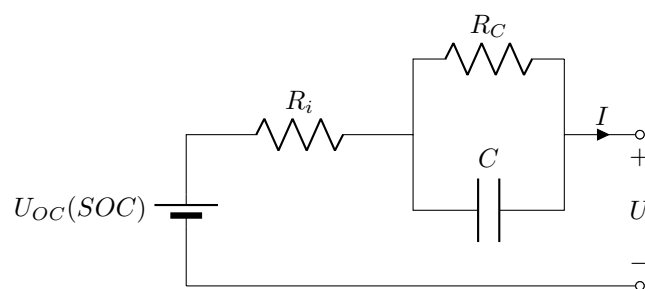
---

---

**Övning 7.1.**

Figur 7.1 visar strömmen  $I(t)$  som en cell laddas ur och upp med ( $I = 0$ ,  $I = +24$ ,  $I = -24$ ) A, strömmen följer generator konvention, vilket också ses i Figur 7.2. Vi antar att cellen kan modelleras med de fyra elementen som visas i Figur 7.2. Elementen har följande värden: cellens EMK  $U_{OC} = 3.86$  V (antas vara konstant), inre resistans  $R_i = 1.5$  m $\Omega$ , RC-kretsen har tidskonstant  $\tau = 30$  och  $R_{DC} = R_i + R_C = 3.8$  m $\Omega$ .

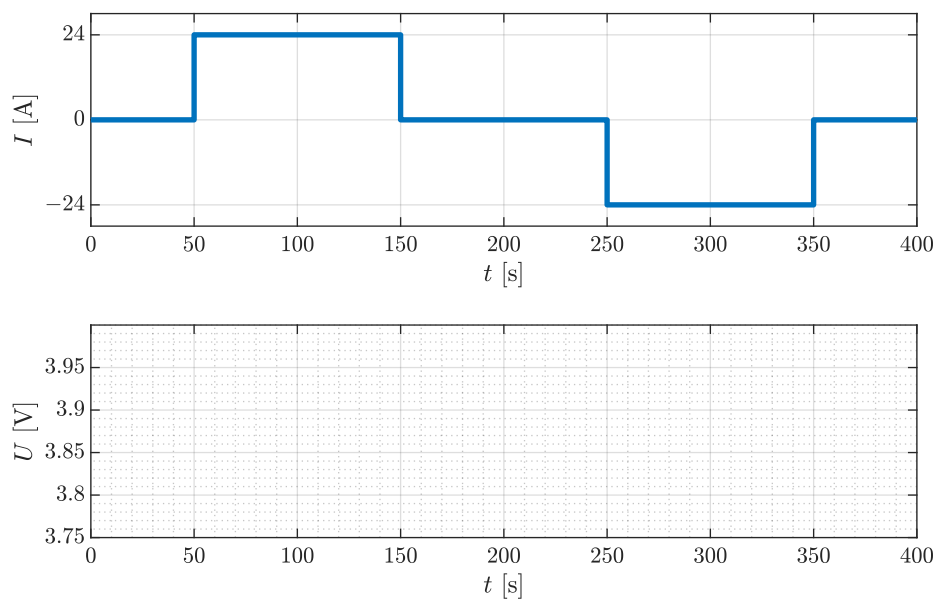
- a) Rita motsvarande polspänning  $V(t)$  i Figur 7.1.
- b) Givet tidskonstanten  $\tau$  vad är  $C$ ?



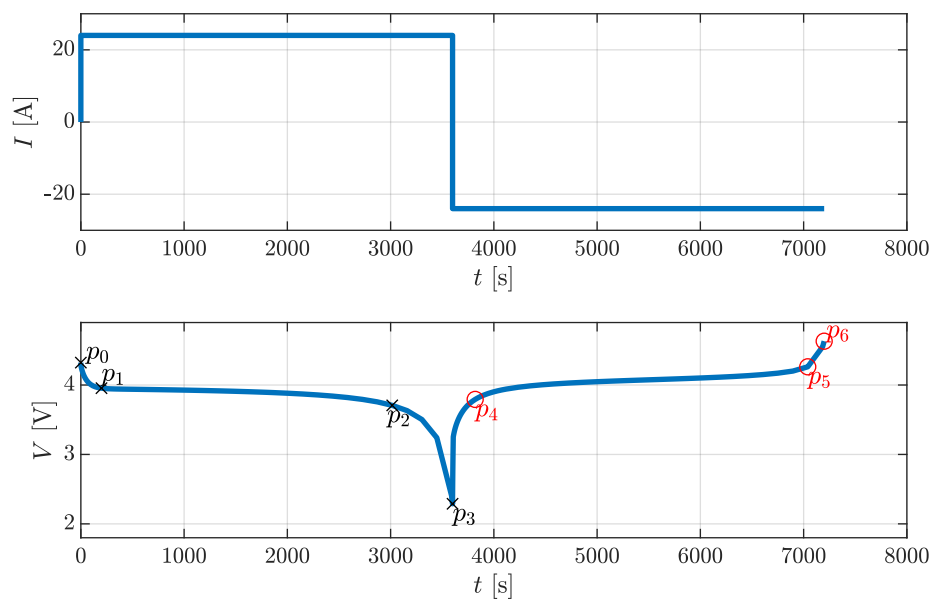
Figur 7.2: Figur till Övning 7.1. Ekvivalent kretsmodell.

**Övning 7.2.**

I Figur 7.3 visas polspänningen och strömmen för en cell med  $Q = 24$  Ah som laddats ur med 1 C konstant ström i en timme och sedan laddats med 1 C konstant ström i en timme. Beräkna effektiviteten av hela cykeln.



Figur 7.1: Figur till Övning 7.1.



Figur 7.3: Figur till Övning 7.2. 1 C laddning i en timme och 1 C urladdning i 1 timme.

	$p_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$
$V$ [V]	4.32	3.95	3.71	2.29	3.79	4.26	4.63
$t$ [s]	0	200	3016	3600	3819	7040	7199

Tabell 7.1: Värderna för punkterna markerade i Figur 7.3.

Effektiviteten kan beräknas som

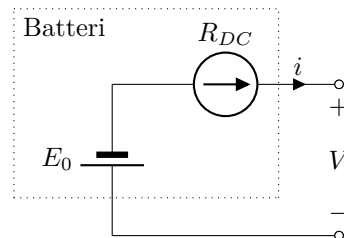
$$\eta = \frac{W_{ut}}{W_{in}} = \frac{\int_{t_0}^{t_{ut}} V(t)I(t)dt}{\int_{t_{ut}}^{t_{in}} V(t)I(t)dt} = \frac{A_{ut}I}{A_{in}I},$$

där  $A_{ut}$  är arean under  $V$  vid urladdning och  $A_{in}$  är arean under  $V$  vid laddning. Areorna kan approximeras med hjälp av Trapetsmetoden dvs

$$A_{ut} = \sum_{k=0}^2 \left( \frac{V_{p_k} + V_{p_{k+1}}}{2} (t_{p_{k+1}} - t_{p_k}) \right), \quad A_{in} = \sum_{k=3}^5 \left( \frac{V_{p_k} + V_{p_{k+1}}}{2} (t_{p_{k+1}} - t_{p_k}) \right).$$

### Övning 7.3.

En fulladdad cell med kapacitet  $Q = 24$  Ah laddas ur med 1 C konstant ström och sedan laddas upp igen med 1 C konstant ström. Antag att cellen kan modelleras som en Thevenin-ekvivalent krets enligt Figur 7.4, dvs en spänningskälla i serie med en resistans  $R_{DC} = 3.9$  m $\Omega$ .



Figur 7.4: Figur till Övning 7.3. Ekvivalent kretsschema för Thevenin-ekvivalent batteri.

- Med hur stor ström cyklas cellen?
- Ställ upp ett uttryck för polspänningen  $V_{ut}$  om man laddar ur cellen.
- Ställ upp ett uttryck för polspänningen  $V_{in}$  om man laddar upp cellen.
- Om vi antar att cellens EMK är konstant  $E_0 = 3.65$  V genom hela ur- och uppladdningscykeln så kan energin uttryckas som  $W = VQ = VIt$  där  $I$  är ström och  $t$  tiden. Vad blir uttrycket för urladdnings- och uppladdningsenergi för fallen ovan?
- Beräkna verkningsgraden  $\eta = \frac{W_{urladdning}}{W_{uppladdning}}$  och jämför med verkningsgraden från Övning 7.2.
- Vad blir verkningsgraden om man istället cyklar cellen med 2 C konstant ström.

**Övning 7.4.**

Ställ upp ett uttryck för hur många  $n$  seriekopplade celler med EMK  $E_0$  och inre resistans  $R_{DC}$  som behövs för att få polspänningen  $U$ . Antag att cellerna kan modelleras som en spänningskälla i serie med en inre resistans.

Antag att man vill designa ett batteri till en dator som förbrukar 1.7 A vid 14 V. Hur många celler behövs om en cell har  $E = 1.1$  V och  $R_{DC} = 0.1 \Omega$ ? Varför kan man inte beräkna det som  $n=U/E$ ?

**Övning 7.5.**

Antag att två mätningar görs på ett batteri: en mätning där man mäter batteriets EMK  $E_0 = 1.4$  och en mätning där man belastar batteriet med en resistor  $R_{last}=10 \Omega$  och mäter strömmen  $I=123$  mA genom resistorn.

- a) Bestäm batteriets inre resistans  $R_{DC}$ .
- b) Bestäm den maximala strömmen  $I_{max}$  man kan ta ut om batteriet kortsluts.

---

---

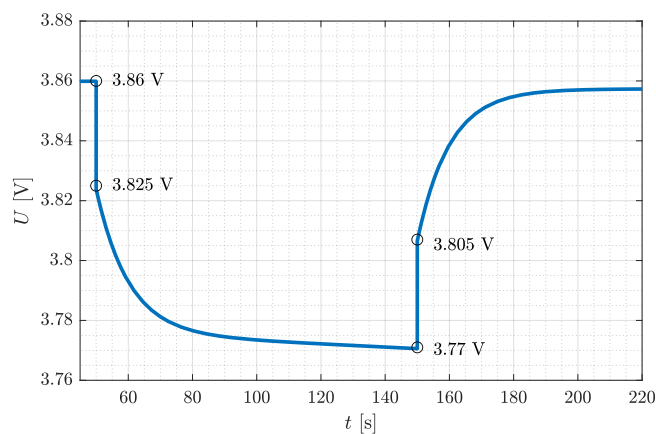
Kapitel 7  
**Lektion 7**

---

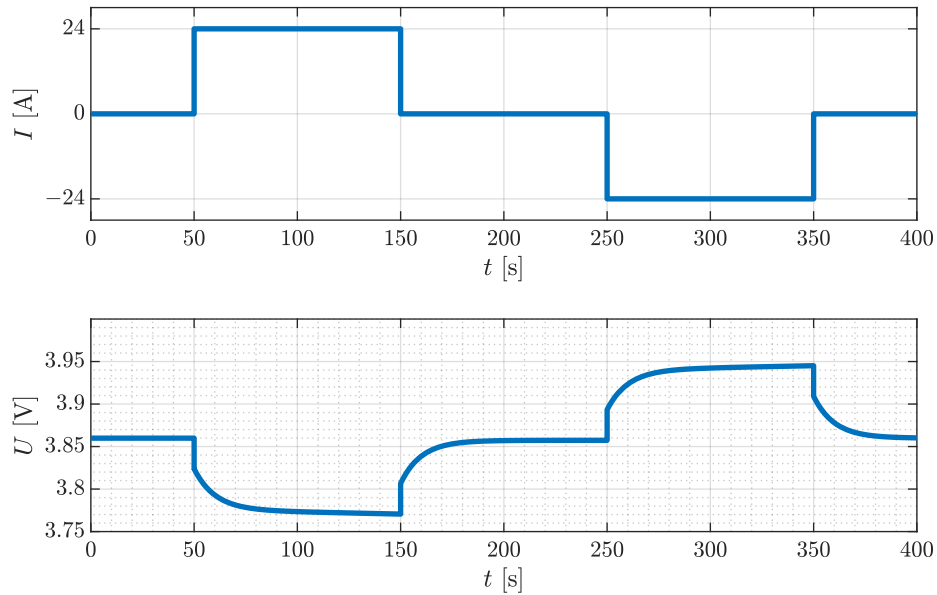
---

**Övning 7.1.**

- a) Ett direkt spänningsfall (när  $I$  går från 0 till 24 A) fås från den inre resistansen  $R_i$  som kommer vara ca  $U_{OC} - IR_i = 0.035$  V. Så vi hamnar i punkten  $3.86 - 0.035 = 3.825$  V. Sedan kommer det ett dynamiskt bidrag från kondensatorn. När kondensatorn laddats upp kommer det *totala* spänningsfallet för cellen vara från  $R_{DC}$  dvs från  $R_i$  och  $R_C$ .  $R_C = 3.8 - 1.5 = 2.3$  m $\Omega$ . Spänningen över  $R_C$  är 0.0552 V. Så vi hamnar ungefär i punkten  $3.825 - 0.0552 = 3.77$  V. Sedan görs ett nytt strömsteg och beräkningarna kan göras på liknande sätt. (Se bilden i föreläsning 10 s.43)



Figur 7.2: Förstorad bild av Figur 7.1.



Figur 7.1: Facit till Övning 7.1. Se Figur 7.2.

b)  $C = 13.04 \text{ kF}$  ( $\tau = R_C C$ )

### Övning 7.2.

$$W_{ut} = 89.1 \text{ Wh}$$

$$W_{in} = 95.6 \text{ Wh}$$

$$\eta = 93\%$$

### Övning 7.3.

a) 24 A

b)  $V_{ut} = E_0 - IR_{DC}$

c)  $V_{in} = E_0 + IR_{DC}$

d)  $W_{ut} = (E_0 - IR_{DC})It$   
 $W_{in} = (E_0 + IR_{DC})It$

e)  $\eta = 95 \%$

f)  $\eta = 90 \%$

### Övning 7.4.

Kirchoffs spänningslag  $n(E_0 - R_{DC}I) - U = 0$  ger  $n = \frac{U}{E - R_{DC}I}$   
 $n = U/E$  blir fel eftersom cellens polspänning sjunker när ström dras från det.

Det behövs  $n= 15$  celler.

**Övning 7.5.**

a)  $R_{DC} = 1.38 \Omega$

b)  $I_{max} = 1.01 \text{ A}$