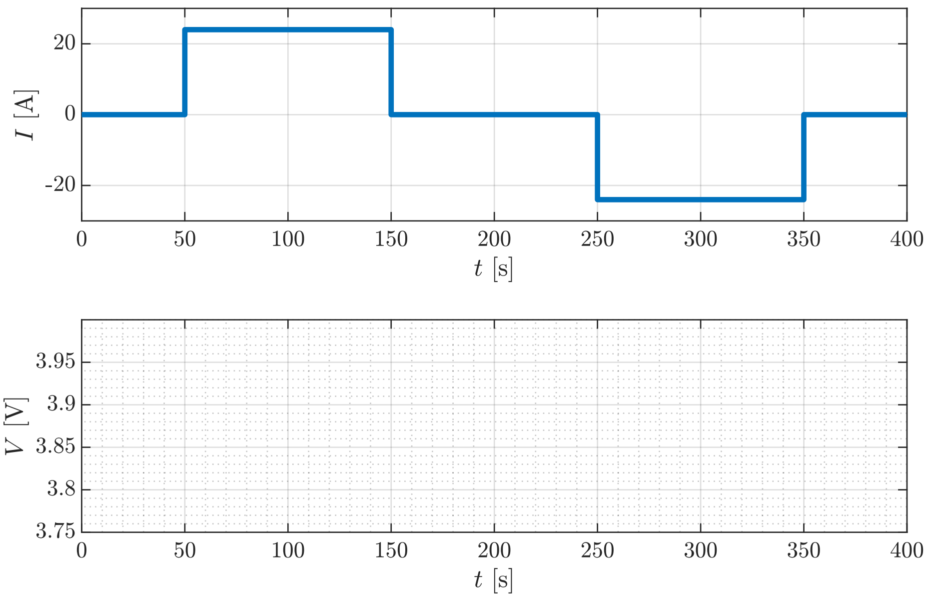
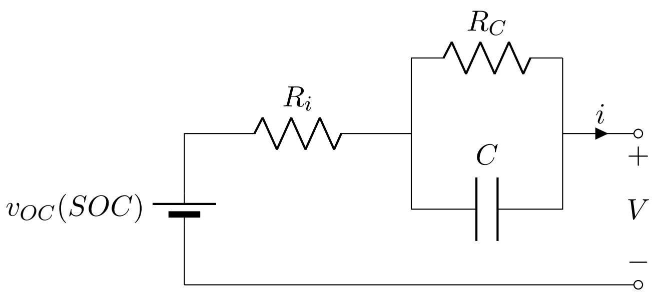
Lektion 7

7.1

Figur 1 visar strömmen I=24 A som en cell laddas och laddas ur med. Rita motsvarande polspänning om vi antar att cellen kan modelleras som i figur 2 med följande värden: cellens EMK v_{OC}=3.8776 V (kan antas konstant), inre resistans R_i=1.5 mΩ, tidskontant τ=30 och $R_{DC} = R_i + R$ = 3.9 mΩ.



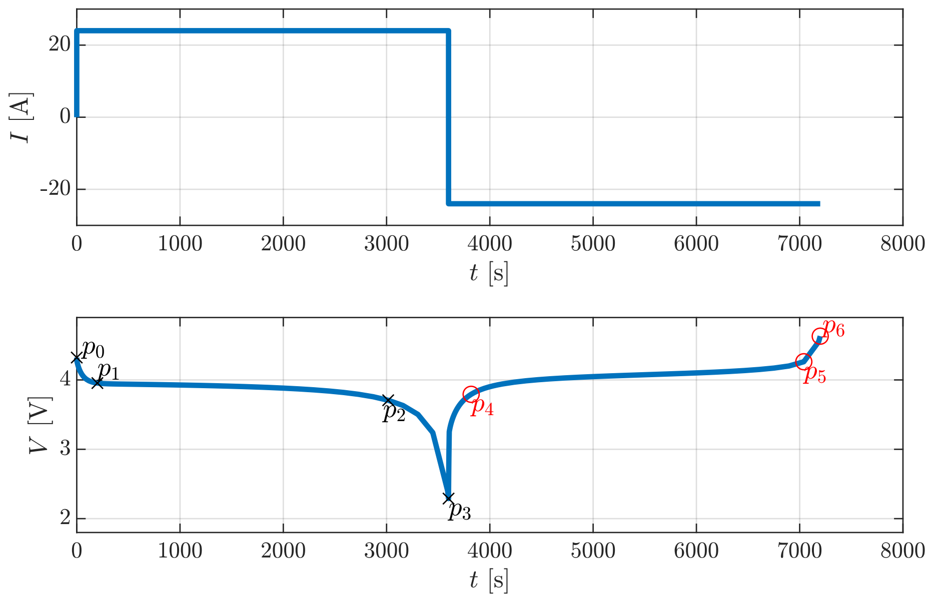
Figur 1: Rita in spänningen.



Figur 2: Ekvivalent kretsmodell.

7.2

I figuren nedan 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 3: 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 1: Värden för punkterna markerade i figur 3.

Effektiviteten kan beräknas som

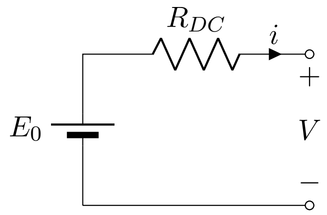
$$\eta = \frac{W_{ut}}{W_{in}} = \frac{\int_{t_0}^{t_{ut}} VI dt}{\int_{t_{ut}}^{t_{in}} VI dt} = \frac{A_{ut} I}{A_{in} I},$$

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

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

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 cellerna kan modelleras som en Thevenin-ekvivalent krets: en spännningskälla i serie med en resistans R_{DC}=3.9 mΩ.



Figur 4: Ekvivalent kretsschema för Thevenin-ekvivalent batteri

a) Med hur stor ström cyklas cellen?

b) Ställ upp ett uttryck för polspänningen V_{ut} om man laddar ur cellen.

c) Ställ upp ett uttryck för polspänningen V_{in} om man laddar upp cellen.

d) 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 urladdnings- och uppladdningenergin för fallen ovan?

e) Beräkna verkningsgraden $\eta = \frac{W_{urladdning}}{W_{uppladdning}}$ och jämför med verkningsgraden från uppgift 7.2.

f) Vad blir verkningsgraden om man istället cyklar cellen med 2 C konstant ström.

7.4

Ställ upp ett uttryck för hur många n seriekopplade celler med EMK E och inre resistans R_i som behövs för att få polspänningen U. Antag att cellerna kan modelleras som en spännningskälla 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 Ω? Varför kan man inte beräkna det som n=U/E?

7.5

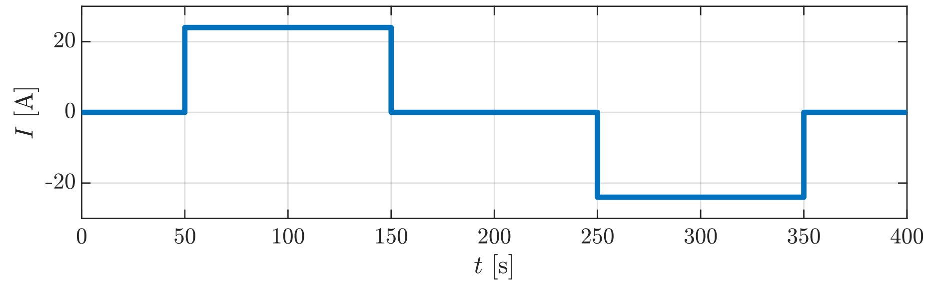
Antag att två mätningar görs på ett batteri: en mätning där man mäter batteriets EMK E_0 = 1.4 och en mätning där man belastar batteriet med en resistor R_{last}=10 Ω och mäter strömmen I=123 mA genom resistorn.

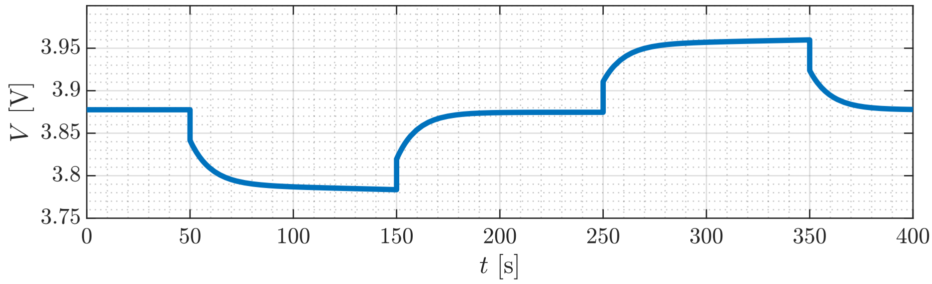
a) Bestäm batteriets inre resistans R_{DC}.

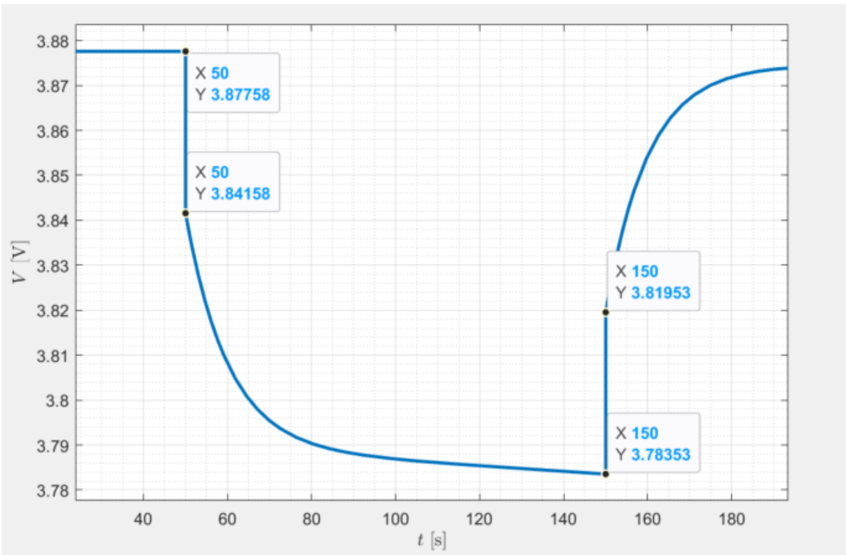
b) Bestäm den maximala strömmen I_{max} man kan ta ut om batteriet kortsluts.

Facit

7.1 Se föreläsning 10 s.43







7.2 W_{ut} = 89.1 Wh W_{in} = 95.6 Wh η = 93%

I Matlab finns det en funktion `trapz()` som gör trapetsmetods beräkningen.

7.3 a) 24 A

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

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

d) $W_{ut} = (E_0 - IR_{DC})Q \quad W_{in} = (E_0 + IR_{DC})Q$

e) η = 95 %

f) η = 90 %

7.4 $n = \frac{U}{E-R_{DC}I}$

n=U/E blir fel eftersom cellens polspänning sjunker när ström dras från det.

Det behövs n= 15 celler

7.5 a) R_{DC} = 1.38 Ω

b) I_{max} = 1.01 A