

Elektrikernas kokbok

Björn Ögren

2022-11-16

Contents

Introduction

Elbjörnen, det är jag det <3

Du hittar mig på:

Twitter: <https://twitter.com/elbjornen>

Unsplash: <https://unsplash.com/@elbjornen>

GitHub: <https://github.com/elbjornen>

Likströmskretsar

Chapter 1

URI

Den tyske fysikern Simon Ohm uppställde år 1826 den regel som brukar kallas för Ohms lag. Om en ström I passerar igenom en ledare med resistansen R så faller spänningen med $U = I \times R$. Spänningsfallet blir proportionellt både mot strömmen och resistansen. Med en vätskeanalogi kan man säga att det blir ett “tryckfall” när vätskeflödet passerar ett motstånd.

1.1 Spänning

Elektrisk spänning eller potentialskillnad, väsentligen samma sak som elektromotorisk kraft, är skillnaden i elektrisk potential mellan två punkter i en elektrisk krets.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|------------------|------------|-----------------|-------------|-------------|
| $U = R \times I$ | U | <i>Spänning</i> | <i>Volt</i> | V |

1.1.0.1 Tip:

- Om spänningen är lika stor men strömmen har ökat, då måste resistansen ha minskat.
- Om resistansen är oförändrad men strömmen minskat då måste även spänningen minskat.
- Om resistansen ökar kommer strömmen att minska.

Den typen av logiska resonemang är viktig vid **felsökning**.

1.1.1 Prefix

| Vanliga prefix | Enhet | Förkortning |
|--------------------|-----------|-------------|
| 1 <i>kilovolt</i> | <i>kV</i> | 10^3 |
| 1 <i>milivolt</i> | <i>mV</i> | 10^{-3} |
| 1 <i>mikrovolt</i> | μV | 10^{-6} |

1.2 Resistans

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------|------------|------------------|------------|-------------|
| $R = \frac{U}{I}$ | <i>I</i> | <i>Resistans</i> | <i>Ohm</i> | Ω |

1.2.0.1 Tip:

- Om spänningen är lika stor men strömmen har ökat, då måste resistansen ha minskat.
- Om resistansen är oförändrad men strömmen minskat då måste även spänningen minskat.
- Om resistansen ökar kommer strömmen att minska.

Den typen av logiska resonemang är viktig vid **felsökning**.

1.2.1 Prefix

Resistans mäts i *ohm* och som betecknas med den grekiska bokstaven Ω som uttalas (åmega). I formler används bokstaven *R* för att beteckna resistans. För att uttrycka små och stora resistanser använder vi prefix framför enheten *ohm*.

| Vanliga prefix | Enhet | Förkortning |
|------------------|-----------|-------------|
| 1 <i>megaohm</i> | <i>MΩ</i> | 10^6 |
| 1 <i>kiloohm</i> | <i>kΩ</i> | 10^3 |
| 1 <i>miliohm</i> | <i>mΩ</i> | 10^{-3} |

1.3 Ström

En elektrisk ström består av av laddningar i rörelse. En metalltråd innehåller fria elektroner men även om de hela tiden rör sig (p.g.a. värmerörelsen), så sker detta slumpmässigt utan att därför någon nettoström uppkommer. Om man tillför laddning, elektroner, till metalltrådens ena ände så stör man jämvikten och en utjämningsström av elektroner flyter kortvarigt i tråden. Om man dessutom kan bortföra elektronerna från metalltrådens andra ände så fortsätter strömmen att flyta genom tråden.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------|------------|-------------|---------------|-------------|
| $I = \frac{U}{R}$ | I | <i>Strm</i> | <i>Ampere</i> | A |

1.3.0.1 Tip:

- Om spänningen är lika stor men strömmen har ökat, då måste resistansen ha minskat.
- Om resistansen är oförändrad men strömmen minskat då måste även spänningen minskat.
- Om resistansen ökar kommer strömmen att minska.

Den typen av logiska resonemang är viktig vid **felsökning**.

1.3.1 Prefix

Strömmen mäts i ampere och grundenheten är 1 ampere. I formler betecknas strömmen med bokstaven I . Ampere förkortas A i dokumentation. För att enklare kunna skriva värdet på små och stora strömmar används prefix framför enheten ampere.

| Vanliga prefix | Enhet | Förkortning |
|----------------------|---------|-------------|
| 1 <i>kiloampere</i> | kA | 10^3 |
| 1 <i>miliampere</i> | mA | 10^{-3} |
| 1 <i>mikroampere</i> | μA | 10^{-6} |

Chapter 2

Ledarresistans

En ledningstråds resistans beror på hur många fria ledningselektroner som finns tillgängliga för laddningstransporten, det vill säga vilket material den är tillverkad av, men även på trådens area A . Eftersom ledningselektronerna stöter på motstånd längs tråden, så beror resistansen även på hur lång den är l .

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------------------|------------|------------------|--------------|-------------|
| $R = \frac{\rho \times L}{A}$ | R | <i>Resistans</i> | <i>Omega</i> | Ω |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned} R &= \frac{\rho \times L}{A} \\ R &= \frac{0,0175 \times 10}{1} \\ R &= 0,0175 \Omega \end{aligned}$$

2.1 Ledarresistivitet

Materialkonstanten ρ i resistansformeln brukar anges i sorten $[\Omega \text{mm}^2/\text{m}]$. Detta förenklar beräkningar av kabelresistanser, eftersom det är naturligt att tala om kabellängder i m och tvärsnittsareor av storleksordningen mm^2 - den som inte känner till detta kan dock bli mycket förbryllad!

| Metall | Resistivitet ρ $[\Omega \text{mm}^2/\text{m}]$ |
|------------------|---|
| <i>Aluminium</i> | 0,027 |
| <i>Jrn</i> | 0,11 |
| <i>Koppar</i> | 0,0175 |

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------------------|------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| $\rho = \frac{R \times A}{L}$ | ρ | Materialkonstant | Ohm milimeter/ mm^2 | $\Omega mm^2/m$ |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{R \times A}{L} \\ \rho &= \frac{2,67 \times 0,75}{20} \\ \rho &= 0,0090,1 \text{ } [\Omega mm^2/m]\end{aligned}$$

2.2 Ledararea

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------------------|------------|---------|-----------|-------------|
| $A = \frac{\rho \times L}{R}$ | A | Area | Milimeter | mm^2 |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned}A &= \frac{\rho \times L}{R} \\ A &= \frac{0,0175 \times 20}{0,466} \\ A &= 0,75 \text{ } mm^2\end{aligned}$$

2.3 Ledarlängd

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------------------|------------|---------|-------|-------------|
| $L = \frac{R \times A}{\rho}$ | L | Lngd | Meter | m |

Exempel uträkning ledarlängd

$$\begin{aligned}L &= \frac{R \times A}{\rho} \\ L &= \frac{1,75 \times 1,0}{0,0175} \\ L &= 100 \text{ } m\end{aligned}$$

Chapter 3

Seriekoppling

Seriekoppling innebär att alla komponenter genomlöps av hela den strömstyrka som flyter genom ledningen, medan den elektriska spänningen över seriekopplingen fördelas över komponenterna i förhållande till deras resistans.

3.1 Spänningsdelning

Seriekopplar vi sju likadana lampor, kommer spänningen att fördela sig jämt över dem. Det bildar vad det kallas en **spänningsdelarkedja**.

Kirchoffs andra lag:

Summan av delspänningarna är lika med den totala spänningen.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-----------------------------|------------|-----------------|-------------|-------------|
| $U_{tot} = U_1 + U_2 + U_3$ | U_{tot} | <i>Spänning</i> | <i>Volt</i> | <i>V</i> |

Exempel uträkning

$$U_{tot} = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U_{tot} = 4 + 4 + 4$$

$$U_{tot} = 12 \text{ V}$$

3.2 Okänd spänningsdelning

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---|------------|-----------------|-------------|-------------|
| $U_{tot} =$ $U_{tot} -$ $U_3 - U_2$ | U_{tot} | <i>Spänning</i> | <i>Volt</i> | <i>V</i> |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned}
 U_{tot} &= U_1 + U_2 + U_3 \\
 U_3 &= 12 - 4 - 6 \\
 U_3 &= 3 \text{ V}
 \end{aligned}$$

3.3 Delresistans

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|----------------------------|------------|--------------|-------|-------------|
| $R_{//} \frac{R_{tot}}{R}$ | $R_{//}$ | Delresistans | Omega | Ω |

Om alla delresistanser är lika

$$\begin{aligned}
 R_{//} \frac{R_{tot}}{R} \\
 R_{//} &= \frac{100}{10} \\
 R_{//} &= 4,2 \Omega
 \end{aligned}$$

Om delresistanserna är olika

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R_{tot} - R_1 \\
 R_1 &= 10 - 6 \\
 R_1 &= 6 \Omega
 \end{aligned}$$

3.4 Ersättningsresistans

Ersättningsresistans är den resistans vilken man kan ersätta två eller flera resistorer i en krets med. För seriekopplingar är den totala resistansen \$ R_T \$ helt enkelt summan av de olika resistorernas resistans.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|--|------------|---------------------|-------|-------------|
| $R_{ERS.} = R_1 + R_2 + R_3 \dots osv$ | $R_{ERS.}$ | Ersttningsresistans | Omega | Ω |

Exempel uträkning ersättningsresistans

$$\begin{aligned}
 R_{ERS.} &= R_1 + R_2 + R_3 \\
 R_{ERS.} &= 10 + 12 + 18 \\
 R_{ERS.} &= 40 \, \Omega
 \end{aligned}$$

Ersättningsresistansen går även att räkna ut från spänning totalt delat med strömen

$$\begin{aligned}
 R_{ERS.} &= \frac{U_{tot}}{I} \\
 R_{ERS.} &= \frac{U_{tot}}{I} \\
 R_{ERS.} &= 4,2 \, \Omega
 \end{aligned}$$

Chapter 4

Pararellkoppling

Kirchhoffs första strömlag beskriver hur strömmar förgrenar sig i en pararellkrets. Den andra beskriver hur spänningar fördelas i en seriekrets.

4.0.1 Strömgrening

Strömmen som flytter in till en punkt kallas **“huvudström”** och de som flyter därifrån kallas **“grenströmmar”**.

Kirchhoffs första lag:

Summan av alla strömmar som flyter till en punkt är lika med summan av alla strömmar som flyter till punkten.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-----------------------------------|------------|-------------------|---------------|-------------|
| $I_h = I_1 + I_2 + I_3 \dots osv$ | I_h | <i>Huvudström</i> | <i>Ampere</i> | <i>A</i> |

Exempel uträkning

$$I_h = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_h = 2 + 2 + 2$$

$$I_h = 9 \text{ A}$$

4.1 Okänd grenström

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-------------------------|------------|-------------|---------------|-------------|
| $I_3 = I_h - I_1 - I_2$ | I | <i>Strm</i> | <i>Ampere</i> | A |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned}
 I_3 &= I_h - I_1 - I_2 \\
 I_3 &= 6 - 3 - 2 \\
 I_h &= 1 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.2 Ersättningsresistans

Ersättningsresistans är den resistans vilken man kan ersätta två eller flera resistorer i en krets med.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---|------------|----------------------------|--------------|-------------|
| $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots osv$ | R | <i>ersttningsresistans</i> | <i>Omega</i> | Ω |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\
 \frac{1}{R} &= \frac{1}{10} + \frac{1}{12} + \frac{1}{18} \\
 R_{ers} &= 40 \Omega
 \end{aligned}$$

Ersättningsresistansen går även att räkna ut från spänning totalt delat med strömen

$$\begin{aligned}
 R_{ers} &= \frac{U_{tot}}{I} \\
 R_{ers} &= \frac{U_{tot}}{I} \\
 R_{ers} &= 4,2 \Omega
 \end{aligned}$$

Chapter 5

Akkumulatorer

5.1 Polspänning

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|------------------------|------------|-----------------|-------------|-------------|
| $U = E - R_i \times I$ | U | <i>Spänning</i> | <i>Volt</i> | V |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned} U &= E - R_i \times I \\ U &= 1,5 - 0,4 \times 0,9 \\ U &= 1,14 \text{ V} \end{aligned}$$

5.2 Spänningsfall

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---------------------------|------------|----------------------|-------------|-------------|
| $U_{drop} = R_i \times I$ | U_{drop} | <i>spänningsfall</i> | <i>Volt</i> | V |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned} U_{drop} &= R_i \times I \\ U_{drop} &= 0,6 \times 2,2 \\ U_{drop} &= 1,32 \text{ V} \end{aligned}$$

5.3 EMK Total

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---|------------|------------------------------|----------------|-------------|
| $E_{tot} = E_{batt} \times$ <i>Antalet batterier i serie</i> | E_{tot} | <i>Elektromotorisk kraft</i> | <i>Volttal</i> | V |

Exempel uträkning

$$E_{tot} = E_{batt} \times \text{Antalet batterier i serie}$$

$$E_{tot} = 4,5 \times 3$$

$$E_{tot} = 13,5 \text{ V}$$

5.4 Resistans total

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-----------------------|------------|------------------------|--------------|-------------|
| $R_{tot} = R_y + R_i$ | R_{tot} | <i>Resistans total</i> | <i>Omega</i> | Ω |

Exempel uträkning

$$R_{tot} = R_y + R_i$$

$$R_{tot} = 22 + 1,2$$

$$R_{tot} = 23,2 \Omega$$

5.5 Yttre resistans

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|-----------------------|------------|------------------------|--------------|-------------|
| $R_y = R_{tot} - R_i$ | R_y | <i>Resistans yttre</i> | <i>Omega</i> | Ω |

Exempel uträkning

$$R_y = R_{tot} - R_i$$

$$R_y = 5 - 0,4$$

 Exempel uträkning

$$R_y = 4,6 \, \Omega$$

5.6 Seriekoppling

5.6.1 Inre resistans

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---|------------|------------------------|--------------|-------------|
| $R_{i \, tot} =$ $Antal \, Batt \times$ $R_{I \, Batt}$ | R_i | <i>Inrer resistans</i> | <i>Omega</i> | Ω |

 Exempel uträkning inre resistans i strömkällan

$$R_{i \, tot} = Antal \, Batt \times R_{I \, Batt}$$

$$R_{i \, tot} = 3 \times 0,3$$

$$R_{i \, tot} = 0,9 \, \Omega$$

Vid seriekoppling adderas resistanserna sig

5.6.2 Kortslutningsström

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|---------------|------------|---------------------------|---------------|-------------|
| $I = I_{max}$ | I_{max} | <i>Kortslutningsström</i> | <i>Ampere</i> | A |

 Exempel uträkning kortslutningsström

$$I = I_{max}$$

$$I = I_{max} = 0,5 \, A$$

$$I = I_{max} = 0,5 \, A$$

Eftersom det vid seriekoppling är samma ström genom hela kretsen

5.7 Pararellkoppling

5.7.1 Inre resistans

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|--|--------------|----------------|-------|-------------|
| $R_{i\ tot} = \frac{R_{i\ Batt}}{Batt\ Antal}$ | $R_{i\ tot}$ | Inre resistans | Omega | Ω |

Exempel uträkning inre resistans i strömkällan

$$R_{i\ tot} = \frac{R_{i\ Batt}}{Batt\ Antal}$$

$$R_{i\ tot} = \frac{0,3}{3}$$

$$R_{i\ tot} = 0,1\ \Omega$$

Vid parallellkoppling delas resistansen sig

5.7.2 Kortslutningsström

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|------------------------------------|------------|--------------------|--------|-------------|
| $I_{max} = Batt\ antal \times I_i$ | I_{max} | Kortslutningsström | Ampere | A |

Exempel uträkning

$$I_{max} = Batt\ antal \times I_i$$

$$I_{max} = 3 \times 0,5\ A$$

$$I_{max} = 1,5\ A$$

Eftersomm totalströmmen vid parallellkoppling blir summan av delströmmarna

Chapter 6

Effekt

Effekt betecknas ofta med bokstaven P från engelskans power och kan bland annat yttra sig i form av ett värmefflöde eller mekaniskt arbete. SI-enheten för effekt är watt (W), där en watt motsvarar en energiomvandling på en joule per sekund ($W=J/s$). Utöver watt finns det ett flertal enheter som betecknar effekt, exempelvis enheten hästkraft, vilket i Sverige motsvarar en effekt på 735,5 watt.

Den momentana effektutvecklingen i en resistor är produkten av spänningen över komponenten och den elektriska strömmen genom komponenten.

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|------------------|------------|---------------|-------------|-------------|
| $P = U \times I$ | P | <i>Effekt</i> | <i>Watt</i> | W |

Exemple uträkning

$$\begin{aligned}P &= U \times I \\P &= U \times I = 230 \times 0,5 \\P &= 115 \text{ W}\end{aligned}$$

6.1 Wattrid

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|------------------|------------|----------------|-------------|-------------|
| $W = P \times t$ | P | <i>Wattrid</i> | <i>Watt</i> | W |

 Exemple uträkning

$$W = P \times t$$

$$W = P \times t = 0,115 \times 10^3 \times 10$$

$$W = 1,15 \text{ kWh}$$

6.2 Kostnadsberäkning

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|----------------------------|------------|----------|--------|-------------|
| $Kostnad = kW \times Pris$ | $Kostnad$ | $Effekt$ | $Watt$ | W |

 Exemple uträkning

$$Kostnad = kW \times Pris$$

$$Kostnad = kW \times Pris = 1,15 \times 1,10$$

$$Kostnad = - : - Kr$$

Växelsrömskretsar

Chapter 7

Frekvens

7.1 Tidsintervall

Frekvens är en storhet för antalet repeterande händelser inom ett givet tidsintervall[1]. För att beräkna frekvensen fixerar man ett tidsintervall, räknar antalet förekomster av händelsen och dividerar detta antal med längden av tidsintervallet. Resultatet anges i enheten hertz (Hz) efter den tyske fysikern Heinrich Rudolf Hertz, där 1 Hz är en händelse som inträffar en gång per sekund. Alternativt kan man mäta tiden mellan två förekomster av händelsen ((tids)perioden) och därefter beräkna frekvensens reciproka värde.

7.1.1 Frekvens

| Samband | Beteckning | Storhet | Enhet | Förkortning |
|----------------------------|------------|-----------------|--------------|-------------|
| $Frekvens = \frac{1}{Tid}$ | f | <i>Frekvens</i> | <i>Hertz</i> | <i>Hz</i> |

Exempel uträkning

$$\begin{aligned} Frekvens &= \frac{1}{Tid} \\ f &= \frac{1}{38} \times 10^3 \\ f &= 26,3 \text{ Hz} \end{aligned}$$

7.1.2 Tid