

LIKSTRÖMSKRETS

1 Inledning

För att förstå elektriska likströmskretsars beteende måste man känna till strömmens och spänningens beteende i kretsarna. Vi undersöker en situation liksom bild 1, som presenterar en simpel förgrenande krets, och vi undersöker speciellt förbindelsepunkten A i den. Strömmen I_1 för laddningar till punkten A, medan strömmarna I_2 och I_3 för bort laddningar från punkten. Eftersom laddningen i A inte ändras måste summan av strömmarna som för laddningar till punkten vara lika stor som summan av strömmarna, som för bort laddningar från den. Denna princip kan generaliseras till Kirchoffs strömlag

$$\sum I = 0. \quad (1)$$

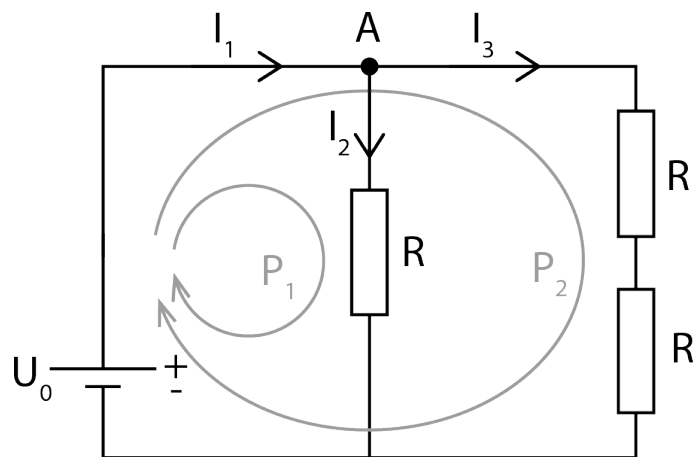


Bild 1: En simpel förgrenande strömkrets.

En likadan regel kan också formuleras för spänningen U . Om man startar från vilken som helst punkt och går i en slinga runt kretsen medan man summerar alla påträffade spänningsskillnader längs med färden, måste spänningen igen vara densamma då man kommer tillbaka till startpunkten. Med andra ord måste de sammanräknade spänningsskillnaderna då man går runt kretsen vara lika med noll. Varje slutna slinga P_i i bild 1 måste alltså uppfylla ekvationen

$$\sum U = 0. \quad (2)$$

I ekvation (1) och (2) måste strömmens och spänningens riktning beaktas. Om vi till exempel går runt kretsen i bild 1 medurs blir spänningsskillnaden över spänningskällan positiv, men spänningsskillnaden över motståndet R blir negativ. I detta arbete undersöker vi olika enkla strömkretsar

1.1 Resistans och resistivitet

Om vi kopplar spänningsskillnaden U över ett ledarstycke, till exempel en kopparstång, åstadkommer vi strömmen I igenom det. Detta beroende mellan spänning och ström beskrivs med resistansen R , som är definierad som deras förhållande, alltså

$$R = \frac{U}{I}, \quad (3)$$

vars enhet är Ohm ($\Omega = \frac{V}{A}$). Resistans är dock en egenskap som gäller för ett helt objekt, som till exempel motståndet i en krets, och inte en egenskap i materialet. En mer generell storhet, som beskriver materials elektriska ledningsförmåga, är resistivitet, eller specifikt motstånd, ρ , som definieras med elfältet och strömtätheten. Antag att elfältet \vec{E} verkar i något ledarmaterial så att strömtätheten i det blir \vec{j} . Då får vi dess resistivitet ur formeln

$$\rho = \frac{E}{j}. \quad (4)$$

Resistivitetens enhet är ohmmeter (Ωm) och dess invers är konduktivitet σ . Metaller resistiviteter är i storleksklassen $10^{-6} - 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Med resistiviteten kan man till exempel bestämma en ledartråds resistans. Vi undersöker en ledartråd, vars längd och area är L och A , som leder strömmen I . När spänningsskillnaden över trådens ändor är U kan elfältet och strömtätheten uttryckas i formen

$$E = \frac{U}{L} \quad \text{ja} \quad j = \frac{I}{A}. \quad (5)$$

Genom formlerna (3–5) kan ledarens resistans lösas ut som

$$R = \frac{\rho}{A} L. \quad (6)$$

Enligt formel (6) kan ledarmaterialets resistivitet bestämmas genom att mäta ledarens resistans, tvärsnittsarea och längd. Om trådens tvärsnitt är cirkulärt och man känner till dess diameter d , får formel (6) formen

$$R = \frac{4\rho}{\pi d^2} L. \quad (7)$$

I arbetet bestäms en viss ledartråds resistivitet genom att mäta spänningsfallet över den som funktion av trådens längd då strömmen är konstant.

2 Målsättningar

Efter att fullborda arbetet

- kan studeranden mäta resistans, likspänning och likström med en multimeter
- kan studeranden skilja mellan resistans och resistivitet
- kan studeranden producera en graf med mättningsresultat och göra en linjär anpassning till den

3 Apparatur

Till arbetets apparatur (bild 2) hör ett kopplingsunderlag, 4,5 V likspänningskälla, justerbar likspänningskälla, tre lampor, en tryckkontakt, ett motstånd (470Ω), två kopplingspelare med krokodilklämmor samt två spolar motståndstråd (A och B). Med dessa förverkligas olika likströmskretsar.

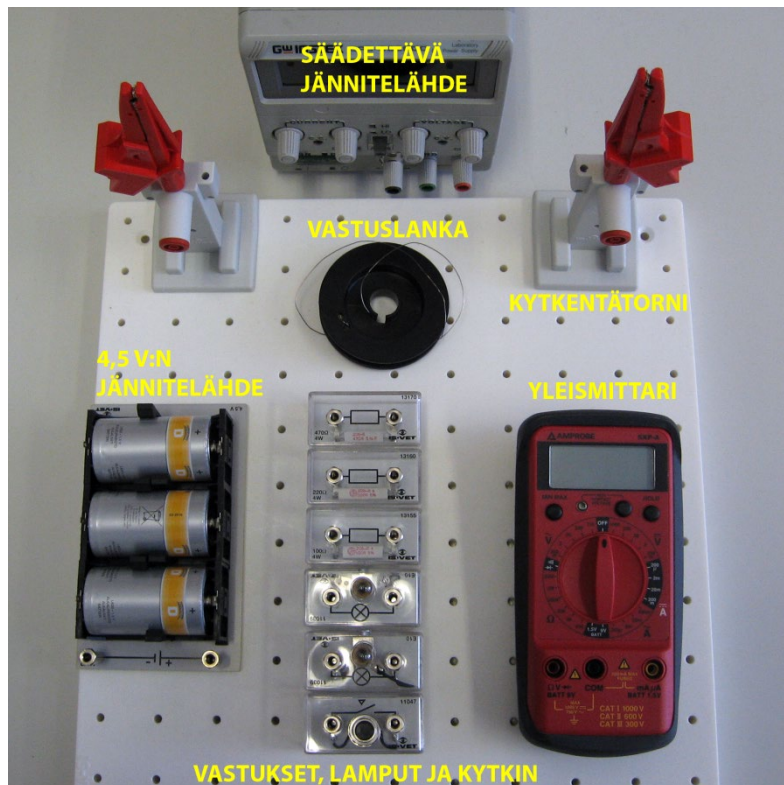


Bild 2: Arbetets mätningsskema

Desutom behövs:

- *Metermätt*
- *Skjutmätt eller mikrometer*
- *Banansladdar 5 st.*
- *Krokodilklämmor för multimeterens sladdar*

4 Föruppgifter

Bekanta dig med teorin som hör till arbetet med valfri fysiklärobok, t.ex. [1–3]. Läs igenom arbetsinstruktionerna och besvara frågorna nedan i svarsformuläret.

1. Vad menas med resistans och resistivitet?
2. Bestäm Kirchhoffs ström- och spänningslagar för exemplet i bild 1. Skriv ut Kirchhoffs strömlag för punkten A och Kirchhoffs spänningslag för slingorna P_1 och P_2 .
3. I arbetet bestäms trådens resistivitet ρ med hjälp av formel (7) genom att rita upp resistansen R som funktion av längden L . Definiera, med hjälp av förhållandet i formel (7), en formel för trådens resistivitets feluppskattning $\Delta\rho$, som innehåller dennas linjes riktningskoefficient och dess feluppskattning.

5 Mätningar

Alla mätresultat och frågornas svar skrivs upp på svarsblanketten. Blyertspenna rekommenderas. Svarsblanketten lämnas till slut in till assistenten.

5.1 Likströmskretsens beteende

1. **Gör en hypotes:** Begrunda en koppling enligt bild 3. Kretsen har två identiska lampor, a och b, kopplade till en likspänningskälla. Strömmen som spänningskällan ger mäts med en amperemeter. Vad händer åt den mätta strömmen då brytaren K sluts (växer, minskar, förblir densamma)? Skriv ner din hypotes på svarsblanketten. Motivera den med hjälp av strömmen genom lamporna a och b samt spänningsfallen över dem.

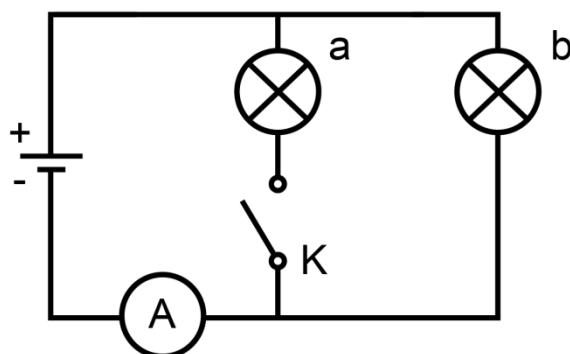


Bild 2: Kopplingsschemat för punkt 5.1.1.

2. **Testa din hypotes:** Gör en krets enligt bild 3 med hjälp av 4,5 V spänningskällan, två lampor, multimetern och tryckkontakten. Testa kontaktens inverkan. Skriv ner dina observationer i svarsblanketten. Om din hypotes inte stämmer överens med dina observationer, tänk igenom varför.

3. **Gör en hypotes:** Begrunda en krets enligt bild 4. Kretsen har tre identiska lampor a, b och c, som är kopplade till en likspänningskälla. När brytaren sluts tänds lamporna, men vilken/vilka av dem lyser starkast eller lyser de alla lika starkt? Skriv ner din hypotes i svarsblanketten. Motivera den med hjälp av strömmen som går igenom lamporna a, b och c, samt spänningsfallen över dem. Du kan dra nytta av föruppgift 2 här.

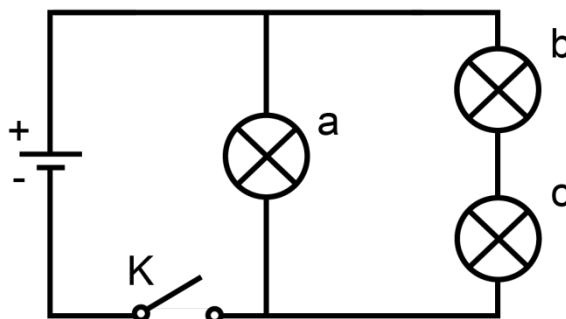


Bild 4: Kopplingsschemat för bild 5.1.3.

4. **Testa din hypotes:** Gör en krets enligt bild 4 med hjälp av 5,5 V spänningskällan, tre lampor och tryckkontakten. Testa kontaktens inverkan. Skriv ner dina observationer i svarsblanketten. Om din hypotes inte stämmer överens med dina observationer, tänk igenom varför.

5.3 Motståndstrådens resistivitet

1. **Gör en hypotes:** Nedan är en schemabild av två motståndstrådars tvärsnitt (bilden är inte i skala). Vad kan du säga om deras resistanser, om man mäter dem över lika långa stycken av båda trådarna?



Tråd A, $\varnothing = 0,2$ mm

Tråd B, $\varnothing = 0,4$ mm

- a) Den tunnare trådens resistans är hälften av den tjockare trådens resistans
- b) Den tunnare trådens resistans är en fjärdedel av den tjockare trådens resistans
- c) Resistanserna är lika stora
- d) Den tjockare trådens resistans är hälften av den tunnare trådens resistans
- e) Den tjockare trådens resistans är en fjärdedel av den tunnare trådens resistans

Skriv ner din hypotes i svarsblanketten, med motivering.

2. **Testa din hypotes:** Ta motståndstrådar enligt exemplet (märkta A och B) och mät deras resistans över lika långa stycken av trådarna. Skriv ner dina observationer i svarsblanketten. Om din hypotes inte stämmer överens med dina observationer, tänk igenom varför.

5.4 Bestämning av motståndstrådens resistivitet

1. Välj någon av motståndstrådarna (A eller B).
2. Gör en krets enligt bild 5: Placera kopplingspelarna så långt som möjligt ifrån varandra på underlaget och spänn upp din valda motståndstråd mellan kopplingspelarnas krokodilklämmor. Kontrollera att den justerbara spänningskällan är avstängd och koppla sedan tråden och 470Ω :s motståndet i serie med den justerbara spänningskällan. Koppla banansladdarna till den justerbara spänningskällans +/- poler (inte GND). Justera spänningskällans strömreglage (fine & coarse) till sina maximi (helt medsols) och motsvarande spänningsreglage till noll (helt motsols).
3. Koppla multimetern parallellt med motståndstråden så att du med hjälp av en krokodilklämma kan flytta ena sonden längs med tråden till valfri längd L .
4. Sätt på den justerbara spänningskällan och justera spänningen till sitt maximi (helt medsols).
5. Mät spänningsfallet över motståndstråden som funktion av dess längd vid ungefär sex punkter.
6. Mät strömmen, som går igenom kretsen: Stäng av den justerbara spänningskällan, men rör inte vid spännings- eller strömreglagen. Flytta multimetern i serie med spänningskällan, men lämna annars kretsen orörd. Sätt på den justerbara spänningskällan igen och mät strömmen i kretsen. Stäng till slut av strömkällan.
7. Ta loss motståndstråden och mät dess diameter med skjutmått eller mikrometer. Uppskatta felet i diametern.
8. Kontrollera dina mätningsresultat med assistenten. Stäng av den justerbara spänningskällan och ta isär kretsen.

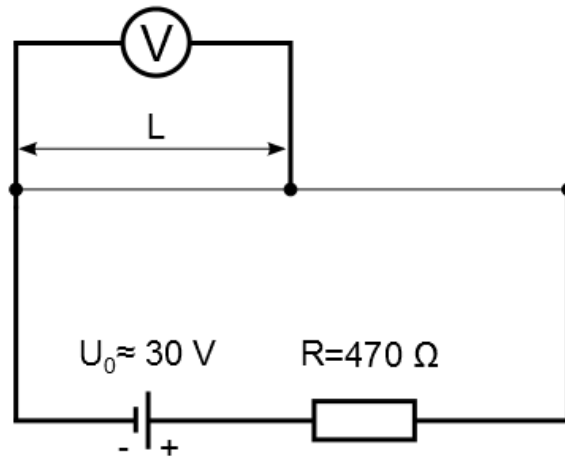


Bild 5: Krets som används för att bestämma motståndstrådens resistivitet

6 Behandling av resultaten

Skriv ner resultaten i svarsblanketten. Bifoga möjliga uträkningar på andra papper, samt grafer till svarsblanketten.

1. Räkna ur mätresultaten från punkt 5.4 ut resistansen R som funktion av längden. Rita upp resistansen R som funktion av längden L . Enligt formel (5) borde punkterna falla på en linje.
2. Anpassa en linje till punktsystemet och bestäm dess riktningskoefficient, samt koefficientens fel. Bestäm med hjälp av riktningskoefficienten motståndstrådens resistivitet ρ , med feluppskattning.
3. Skriv ut din graf och bifoga den till svarsblanketten.

7 Tankeställare

1. Var strömmarna du mätte i punkt 5.1 lika stora som förväntat? Vilka faktorer kunde förklara möjliga avvikelser?
2. Multimaterns mätfel beaktades inte i någon av mätningarna. Vilken storleksklass är det av, enligt manualen, för spänningarna, strömmarna och resistanserna i arbetet?
3. Jämför ditt mätta värde för resistiviteten med litteraturen. Är mätresultatet av en rimlig storleksklass? Vilket material kunde motståndstråden vara gjord av, baserat på resistiviteten?

Olika ämnens resistiviteter (20°C) [2]:

Al: $2,650 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

Cu: $1,678 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

W: $5,28 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

Nikkelikrom: $107,5 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

Konstantan: $45,38 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

Mässing: $6,08 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$

Källor

- [1] D. C. Giancoli, Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics 4th edition, International edition, Pearson Education, Inc, 2009.
- [2] Hugh Young, Roger Freedman, A. Lewis Ford: University Physics with Modern Physics. International Edition. 13. upplagan. Pearson Education, 2011.
- [3] Halliday, Resnick, Walker, Fundamentals of Physics Extended, Extended 9th edition, International Student Version, Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [4] Handbook of Chemistry and Physics, 56th edition, The Chemical Rubber Company.