

Elektriske kretser

Ohm's lov, serie- og parallellkobling, effekt og sikkerhet

KM9 – Energi og elektrisitet

■ Strømkrigen – Edison mot Tesla

1880-tallets Amerika var arena for historiens største teknologiske strid: Thomas Edison hadde bygget et likestrømnett (DC) i New York og hevdet at vekselstrøm (AC) var dødelig farlig. For å bevise det arrangerte hans medarbeidere offentlige elektrokusjon av dyr – elefanter, hunder, hester – med Teslas AC-strøm.

Nikola Tesla og George Westinghouse vant likevel, fordi AC enkelt kan transformeres til høy spenning for langtransport og lavere spenning for forbrukere. Det første store AC- kraftverket ved Niagara Falls (1895) overbeviste alle. Edison tapte strømkrigen – men likestrøm er i dag på vei tilbake i moderne HVDC-linjer for langtransport av fornybar energi.

Grunnleggende begreper

En **elektrisk krets** er en lukket bane der elektrisk ladning kan strømme. For at det skal gå strøm må kretsen være komplett – enhver åpning stopper strømmen. Ladningene (elektroner) drives rundt av en elektromotorisk kraft, typisk levert av et batteri eller en generator.

Tabell 1: Grunnleggende elektriske størrelser

Begrep	Symbol	Enhet	Forklaring
Elektrisk strøm	I	Ampere (A)	Ladning som passerer et punkt per sekund
Spenning (potensialforskjell)	U eller V	Volt (V)	Energi per ladningsenhet – "trykket" som driver strøm
Resistans (motstand)	R	Ohm (Ω)	Motstand mot strømflyt i en leder
Effekt	P	Watt (W)	Energi brukt per sekund: $P = U \times I$
Elektrisk energi	E	Joule (J) / kWh	$E = P \times t = U \times I \times t$

Ohm's lov

Georg Simon Ohm oppdaget i 1827 at for de fleste ledere er strømmen proporsjonalt med spenningen og omvendt proporsjonalt med motstanden. Dette uttrykkes som **Ohm's lov**:

■ Ohm's lov

$$U = R \times I$$

der U = spenning (V), R = resistans (Ω), I = strøm (A)

Omforminger: $I = U/R$ og $R = U/I$

Eksempel: Et motstandselement på $100\ \Omega$ kobles til 12 V. $I = 12/100 = 0,12\ \text{A} = 120\ \text{mA}$

Ohm's lov gjelder for **ohmske ledere** – materialer der R er konstant uavhengig av spenning og strøm. Metaller (kobber, aluminium) er gode eksempler. Ikke-ohmske komponenter inkluderer dioder (strøm bare én vei), termistorer (R endres med temperatur) og lyspærer (R øker når tråden varmes opp).

Seriekobling

I en **seriekrets** er komponentene koblet etter hverandre i én enkel sløyfe. Strømmen er den samme gjennom alle komponenter (det er ikke noe sted den kan gå). Spenningen deles mellom komponentene i forhold til deres motstand.

■ Seriekobling – regler

Strøm: I er lik overalt: $I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3$

Spenning: U deles opp: $U_{\text{total}} = U_1 + U_2 + U_3$

Motstand: $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$ (summeres)

Eksempel: $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega \rightarrow R_{\text{total}} = 60\ \Omega$

Kobles til 12V: $I = 12/60 = 0,2\ \text{A}$ gjennom alle tre

■ Juletre-lysene og seriekretsens akilleshæl

De første juletrelyspærene på 1900-tallet var koblet i serie. Det betydde at når én pære gikk, brøt kretsen – og ALLE lysene sluknet. Å finne den defekte pæren var et enormt puslespill. Produsenter begynte å legge in en tynn bypasse-tråd i hver pære: ved brudd smeltet tråden og laget en kortslutning akkurat der, slik at resten fortsatte å lyse.

Moderne juletrelys er parallelkoblet – én pære kan gå uten at det påvirker de andre. Historien om serielyskjeden er lærebokeksemplet på seriekretsens svakhet.

Parallellkobling

I en **parallellkrets** er komponentene koblet mellom de samme to punktene (nodene). Spenningen er den samme over alle komponentene. Strømmen deles mellom grenene i omvendt forhold til motstanden.

■ Parallellkobling – regler

Spenning: U er lik over alle grener: $U_{\text{total}} = U_1 = U_2 = U_3$

Strøm: I deles opp: $I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3$

Motstand: $1/R_{\text{total}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ (gjensidige summeres)

To like R i parallell: $R_{\text{total}} = R/2$

Eksempel: $R_1 = R_2 = 60\Omega \rightarrow R_{\text{total}} = 30\Omega$

Alle husholdningsapparater er parallelkoblet til strømnettet. Det betyr at de alle får full nettspenning (230 V), og at ett apparat kan slås av uten å påvirke de andre. Hovedsikringen kontrollerer total strøm – for mange enheter kobles inn gir for høy strøm og sikringen går.

Tabell 2: Sammenligning av serie- og parallellkobling

Egenskap	Seriekobling	Parallellkobling
Strøm	Lik gjennom alle komponenter	Deles mellom grener
Spenning	Deles mellom komponenter	Lik over alle grener
Total motstand	Øker (sum av alle)	Reduseres (alltid < minste R)
Effekt ved komponentfeil	Hele kretsen bryter	Bare den grenen påvirkes
Brukseksempel	LED-lyslenker (noen), sikringer	Stikkontakter, husholdning, lyspærer

Elektrisk effekt og energi

Elektrisk **effekt** er energien som omdannes per sekund. Den beregnes som $P = U \times I$ (spenning ganger strøm). En 60 W lyspære koblet til 230 V trekker $I = P/U = 60/230 \approx 0,26$ A. En elektrisk dusjvarmer på 9 kW trekker $I = 9000/230 \approx 39$ A – det er grunnen til at den krever eget sikringskurs.

Elektrisk **energi** faktureres i kilowatttime (kWh). $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$. En 1000 W varmeovn brukt i 8 timer bruker 8 kWh. Med en strømpris på 1,20 kr/kWh koster det 9,60 kr. Energieffektivitet handler om å produsere maksimalt resultat med minimal effektforbruk – LED-pærer bruker ~80% mindre energi enn glødepærer for samme lysmengde.

■ Elektrisk sikkerhet

Aldri ta på elektriske komponenter som er koblet til strøm

Vann og elektrisitet er farlig kombinasjon – bruk alltid jordfeilbryter på bad og kjøkken

Overbelastet krets (for mange forbrukere) gir varmeutvikling og kan starte brann

Jordfeil: strøm tar korteste vei til jord – via menneskekroppen er dødelig (>50 mA)

Sikringer og bryterautomater finnes for å beskytte ledningsnettet mot overbelastning

Halvledere og transistorer – grunnlaget for elektronikk

En **halvleder** er et materiale med elektrisk konduktivitet mellom metaller og isolatorer. Silisium (Si) og germanium (Ge) er vanligst. Ved å tilsette urenheter (dopning) kan man kontrollere halvlederens elektriske egenskaper nøyaktig. N-type halvledere har ekstra elektroner (negative ladningsbærere); P-type har "hull" (positive ladningsbærere).

En **transistor** er i bunn og grunn en elektronisk bryter og forsterker. Den består av en P-N-P eller N-P-N sandwich. En liten kontrollstrøm i basen kan styre en stor strøm mellom emitter og kollektor. En moderne prosessorbrikke inneholder over 50 milliarder transistorer på et areal på størrelse med en fingernegl.

■ Forsøk 1: Bygg en enkel seriekrets

Mål: Forstå seriekobling og Ohm's lov ved å måle strøm og spenning.

Utstyr: Batteri (9V), to motstandselementer (f.eks. 100Ω og 200Ω), multimeter, ledninger, brødbrett.

Fremgangsmåte:

- Koble batteri, R_1 (100Ω) og R_2 (200Ω) i serie på brødbrettet.
- Mål total spenning over batteriet med multimeteret (voltmeter-innstilling).
- Mål spenningen over R_1 og over R_2 separat.
- Bruk amperemeterfunksjonen (serie med kretsen) til å måle strømmen.
- Beregn forventet strøm med Ohm's lov: $I = U / (R_1 + R_2)$. Stemmer det?

Forventet resultat: $U_1 + U_2 \approx U_{\text{total}}$. Strøm gjennom begge motstandene er lik. Beregnet og målt I stemmer overens.

■ Forsøk 2: Bygg en enkel parallellkrets

Mål: Sammenligne serie- og parallellkobling og verifisere Kirchhoffs strømlov.

Utstyr: Batteri (9V), to like motstandselementer (220Ω), multimeter, ledninger, brødbrett.

Fremgangsmåte:

- Koble de to motstandselementene parallelt mellom to punkter på brødbrettet.
- Koble batteriet til disse to punktene.
- Mål spenningen over begge motstandselementene.
- Mål strømmen i hver gren (sett amperemeteret i serie i hver gren).
- Mål total strøm fra batteriet. Sjekk at $I_{\text{total}} = I_1 + I_2$.

Forventet resultat: U er lik over begge motstandene. Totalstrøm er summen av grenestømmene. $R_{\text{total}} = 110\Omega$ (halvparten).

■ Forsøk 3: Mål resistansen til ulike materialer

Mål: Undersøke hva som leder strøm og hva som ikke gjør det.

Utstyr: Batteri (1,5V), multimeter (ohmmeter), ledninger med krokodilleklyper, ulike materialer.

Fremgangsmåte:

→ Test følgende materialer mellom krokodilleklypene: kobbertråd, blyant-grafittpenn, salt vann i begerglass, destillert vann, gummistrikk, aluminiumsfolie, trepinne.

→ Mål resistansen med ohmmeter-innstillingen. Noen viser 'OL' (overload = isolator).

→ Ranger materialene fra best til dårligst leder.

→ Diskuter: hva kjennetegner gode ledere? Hva kjennetegner isolatorer?

→ Bonus: test salt vann vs. destillert vann og forklar forskjellen.

Forventet resultat: Metaller leder godt. Grafitt leder (ca. 1–10 k Ω avhengig av lengde). Salt vann leder. Destillert vann er isolator.

■ Oppgaver

■ Oppgave 1 (basis)

Forklar med egne ord hva elektrisk strøm, spenning og motstand er. Hvilke enheter brukes for hver?

■ Oppgave 2 (basis)

Et batteri på 6V er koblet til en motstand på 30 Ω . Beregn strømmen. Hva skjer med strømmen hvis motstanden dobles?

■ Oppgave 3 (basis)

Forklar forskjellen på serie- og parallellkobling. Tegn en enkel figur for hver.

■ Oppgave 4 (middels)

Tre motstandselementer på 10 Ω , 20 Ω og 30 Ω kobles i serie til et batteri på 12V. Beregn: (a) total motstand, (b) strøm gjennom kretsen, (c) spenning over hvert element.

■ Oppgave 5 (middels)

De samme tre elementene kobles i parallell til 12V. Beregn: (a) total motstand, (b) strøm gjennom hver gren, (c) total strøm.

■ Oppgave 6 (middels)

En LED-pære bruker 12W, en gammeldags glødepære 60W. Begge er koblet til 230V i 8 timer daglig i 30 dager. Beregn energiforbruket i kWh for begge. Hva er kostnadsforskjellen ved 1,20 kr/kWh?

■ Oppgave 7 (avansert)

Kirchhoffs spenningslov sier at summen av spenningene i en lukket løkke er null. Kirchhoffs strømlov sier at strøm inn i et knute = strøm ut. Bruk disse lovene til å analysere et kretsskjema med to seriekomponenter i den ene grenen og én komponent i den andre grenen, alle koblet til samme batteri.

■ Oppgave 8 (avansert)

En jordfeilbryter bryter kretsen hvis strøm til og fra et apparat er forskjellig (dvs. noe lekker ut). Forklar prinsippet bak jordfeilbryteren og hvorfor den er viktig spesielt på bad og kjøkken.

■ Oppsummering

Viktige punkter fra dette kapitlet:

- Ohm's lov: $U = R \times I$ – grunnlaget for all kretsanalyse.
- Seriekobling: lik strøm overalt, spenning deles, total R = sum av alle R .
- Parallellkobling: lik spenning overalt, strøm deles, total R er alltid lavere enn minste R .
- Effekt: $P = U \times I$ (Watt). Energi: $E = P \times t$ (kWh i praksis).
- Husholdningsapparater er alltid parallellkoblet – alle får full spenning, én feil påvirker ikke de andre.
- Halvledere og transistorer er grunnlaget for all modern elektronikk.
- Elektrisk sikkerhet: jordfeil, overbelastning og vann-kombinasjon er de viktigste farene.