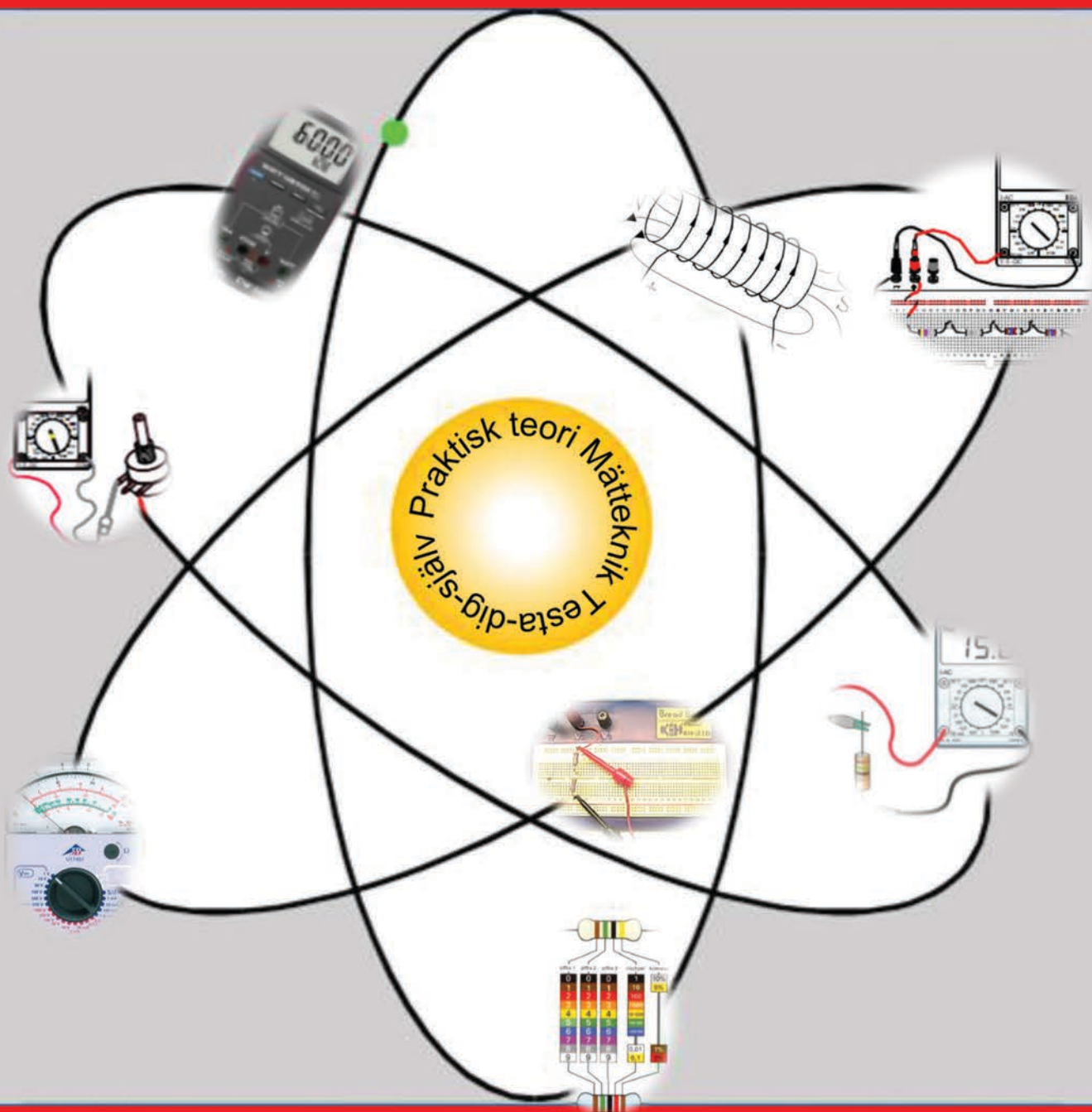


*Ellära*

# *Praktisk teori*



*Revma Utbildning*  
*Sven-Bertil Kronkvist*

# Praktisk teori

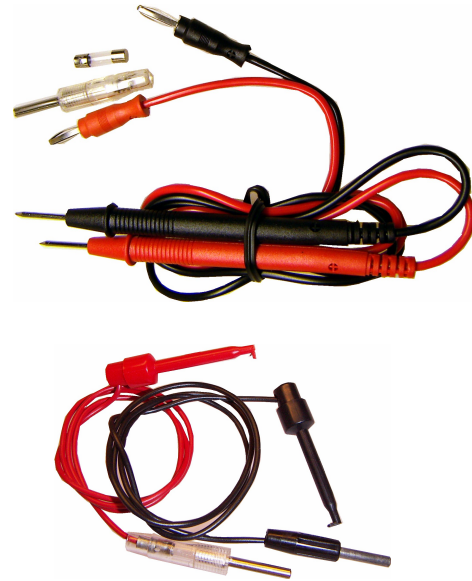
## Likströmslära

### 1-fas växelström

### Mätuppgifter

### Testa-dig-själv

Innehåll	sida	Innehåll	sida	Innehåll	sida
Om boken.....	2	8 Seriekretsar .....	22	15 Effektanpassning .....	50
Anteckningsida .....	3	Seriekopplade resistorer, ersättningsresistans		Effektmätning, anpassning	
Mätuppgifter.....	4	Mätuppgift 8 .....	23	Mätuppgift 15 .....	51
Hur man mäter		Testa-dig-själv .....	24	Testa-dig-själv .....	52
Komponentlista.....	5				
		9 Spänningsdelning .....	26	16 Kondensatorn .....	54
1 Multimetern .....	6	Delspänningar, justerbara spänningsdelare		Kapacitans, märkning, RC-kretsars upp och urladdning, tidskonstant	
Allmänt om användning och inställning		Mätuppgift 9 .....	27	Mätuppgift 16.....	56
Mätuppgift 1.....	7	Testa-dig-själv.....	28	Testa-dig-själv .....	57
2 Resistorer & resistansmätning ..	8	10 Parallella kretsar .....	30	17 Magnetiska grundbegrepp ....	58
Begreppet resistans, färgkod, standardvärden, potentiometern, resistansmätning		Strömmar i parallellkretsar, Kirchhoffs strömlag, spänning över parallellkretsar		Permanentmagneter, fältlinjer, fältbilder, elektromagnetism, den magnetiska kretsen, elektriska - magnetiska likheter	
Mätuppgift 2.....	9	Mätuppgift 10 .....	31	Mätuppgift 17 .....	59
		Testa-dig-själv.....	32		
3 Ledningsresistans .....	10	11 Resistans i parallellkretar .....	34	18 Reläer och reläkopplingar .....	60
Ledare, isolatorer, resistivitet		Ersättningsresistans, specialfall		Funktion, reläsymbolen, användning av reläer, huvud- och styrkrets	
Mätuppgift 3.....	11	Mätuppgift 11 .....	35	Mätuppgift 18 .....	61
		Testa-dig-själv.....	36		
4 Spänning & spänningsmätning ..	12	12 Belastningseffekter .....	38	19 Induktion .....	62
Begreppet spänning, batterier, spänningsmätning		Allmänt om belastning, belastning vid spänningsmätning		Inducerad emk, transformatorprincipen, induktans, motemk, generatorprincipen	
Mätuppgift 4.....	13	Mätuppgift 12 .....	39	Mätuppgift 19 .....	63
		Testa-dig-själv .....	40		
5 Spänningsaggregat .....	14	13 Energi och effekt .....	42	20 Växelspänning .....	64
Allmänt om användning och inställning		Energi, effekt, gränsvärden		Generering av växelspänning, vågdiagram, polaritet och strömriktning, växelspänning definitioner, mätvärden, Ohms lag för växelström, växelströmseffekt i resistiv last	
Mätuppgift 5 .....	15	Mätuppgift 13 .....	43	Mätuppgift 20.....	66
		Testa-dig-själv.....	44	Testa-dig-själv .....	67
6 Ström & strömmätning .....	16				
Strömbegreppet, strömriktning, strömmätning		14 Spänningskällor .....	46	21 Transformatorn .....	68
Mätuppgift 6 .....	17	Ideala och verkliga spänningskällor, kortslutning, inre resistans, emk, belastningsförmåga, serie- och parallellkopplade spänningskällor		Transformatorns spännings- och strömmom-sättning, förluster, impedanstransformering	
		Mätuppgift 14 .....	47	Testa-dig-själv.....	69
7 Ohms lag .....	18	Testa-dig-själv .....	49		
Referenspilar, beteckningar, Ohms lag, enheter, I / U-grafer				Facit til testa-dig-själv.....	70
Mätuppgift 7 .....	19				
Testa-dig-själv.....	20				



Undersök den eller de multimetrar du har tillgång till. Anteckna vilka mätområden som finns för resistans-, spännings- och strömmätning. Notera också om det finns andra mätmöjligheter, t ex frekvens, kapacitans och induktans.

Mätkablar med säkringar i en av banankontakterna

## Resistansmätning

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Strömmätning

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Spänningsmätning

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Andra mätfunktioner

.....

.....

.....

.....

.....

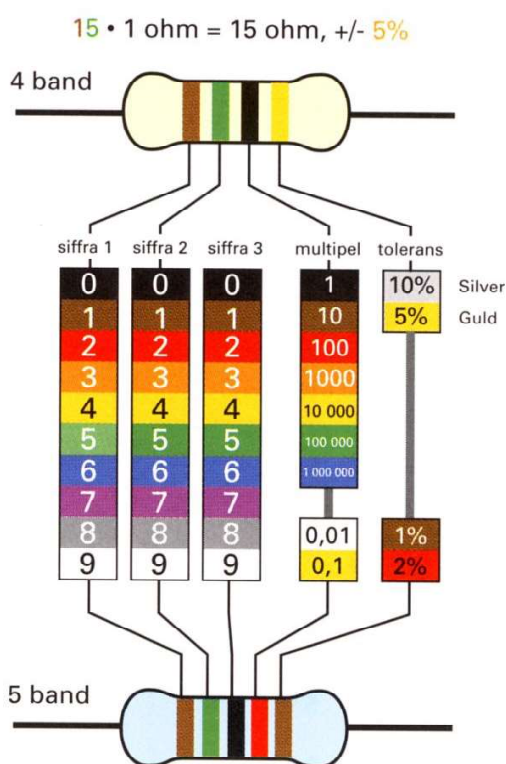
.....

# 2 Resistorer och resistansmätning

## Allmänt

Resistorn är en vanlig komponent i elektriska kretsar, där den är ett hinder för elektrisk ström. Egenskapen kallas *resistans*, har storhetsbeteckningen R och mäts i enheten ohm ( $\Omega$ ). För att ange resistans- och toleransvärdet används en färgkod med 4 eller 5 färgband.

I 4-bandskoden anger de två första banden siffror, det tredje ett multipeltal medan det fjärde bandet visar toleransen (avvikelsen) i % från angivet värde. Exempel: Brun-grön-svart-guld ger värdet:



150 • 100 ohm = 15 000 ohm = 15 kohm, +/- 1%

5-bandskoden har 3 sifferband före multipelbandet.

Resistorvärden på 1000 $\Omega$  och därutöver anges med beteckningen k $\Omega$  (kilo = 1000), t ex 4,7k $\Omega$ .

En miljon ohm och mer anges som M $\Omega$  (Mega = 1000 000), t ex 10M $\Omega$ .

## E-serier

Resistorer tillverkas i så kallade E-serier med värden mellan 10 $\Omega$  till 10M $\Omega$ . E6-serien har 6 värden i varje dekad, E12-serien har 12 och så vidare. Varje värde upprepas tio gånger större inom varje påföljande dekad.

Två dekader i E6- respektiv E12-serien

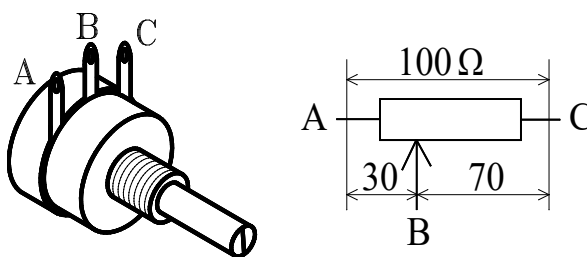
E6-serien	10		15		22		33		47		68	
E12-serie	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82

E6-serien	100		150		220		330		470		680	
E12-serie	100	120	150	180	220	270	330	390	470	560	680	820

## Potentiometern

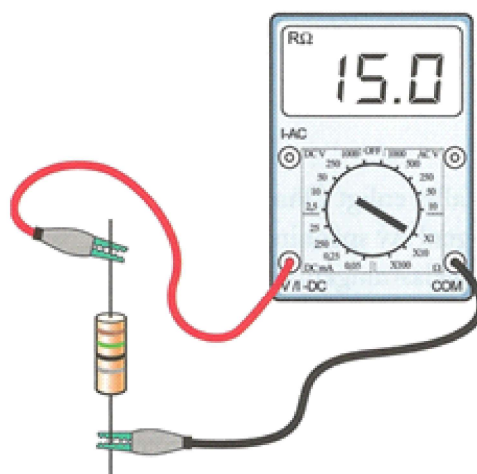
Potentiometrar är resistorer med tre anslutningar. Två sidanslutningar, A och C, mellan vilka det finns ett fast resistansvärde och ett mittuttag B, som är anslutet till en glidkontakt.



Mellan potentiometers mittuttag och sidanslutningar är resistansvärdena justerbara. Är det fasta värdet 100 $\Omega$  mellan A-C och 30 $\Omega$  mellan A-B är värdet 70 $\Omega$  mellan B-C.

## Resistansmätning

Resistansmätning görs indirekt som strömmätning. Multimetern har ett batteri som driver en mätström genom mätobjektet. En god regel är att alltid koppla loss mätobjektets ena anslutning så att mätströmmen endast kan passera genom mätobjektet.



Anslutning av multimetern vid  $\Omega$ -mätning

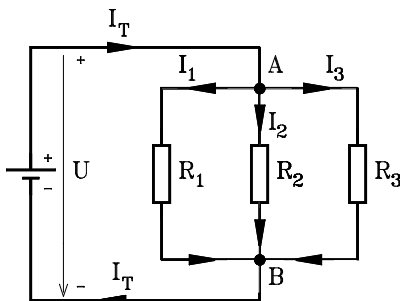




# 10 Parallellkretsar

## Strömmar i parallellkretsar

Från spänningskällans pluspol flyter strömmen  $I_T$  till punkten A där den delas upp i *grenströmmarna*  $I_1$ ,  $I_2$  och  $I_3$ .



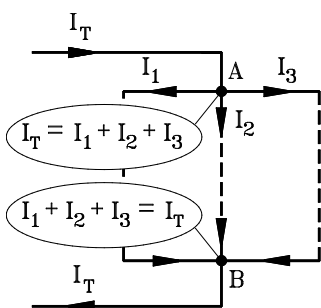
Vid punkten B förenas de tre grenströmmarna åter till en ström med samma storlek som  $I_T$ . Därför har både strömmen som flyter från och till spänningskällan samma beteckning.

Kom ihåg: *Strömmen som flyter till spänningskällans minuspol är lika stor som strömmen som flyter från spänningskällans pluspol.*

Eftersom strömmen från och till en spänningskälla alltid är lika stor måste  $I_T$  vara lika stor som summan av grenströmmarna. Matematiskt uttrycks det så här:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

I bilden nedan är fokus på strömmarna som flyter till och från *grenpunkterna*, inte vad som orsakat strömmarna eller deras storlek.



Den allmängiltiga regel som kan formuleras med hjälp av bilden är känd som *Kirchhoffs strömlag*

*Summa strömmar som flyter till en grenpunkt är lika med summa strömmar som flyter från grenpunkten.*

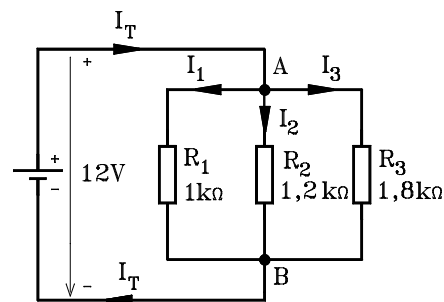
## Spänningen över parallellkretsar

Mellan punkterna A och B, som är direkt anslutna till spänningskällans plus- och minuspol, finns spänningen  $U$ . Eftersom alla tre resistorerna  $R_1$ ,  $R_2$  och  $R_3$  är anslutna mellan A och B finns samma spänning över var och en av resistorerna. Detta är karakteristiskt för alla parallellkretsar:

*Kom ihåg: Spänningen över alla grenar som ingår i parallellkopplingar är alltid lika stor.*

## Exempel

Beräkna totalströmmen  $I_T$  och grenströmmarna  $I_1$ ,  $I_2$  och  $I_3$  vid angivna spännings- och resistorvärden i kretsen nedan.



$$I_1 = \frac{U}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{12}{1000} = 0,012 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{12}{1200} = 0,010 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} \Rightarrow I_3 = \frac{12}{1800} = 0,0067 \text{ A}$$

Totalströmmen till och från grenpunkterna

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$I_T = 0,012 + 0,010 + 0,0067 = 0,0287$$

$$I_T = 0,029 \text{ A}$$

# Mätuppgift 10

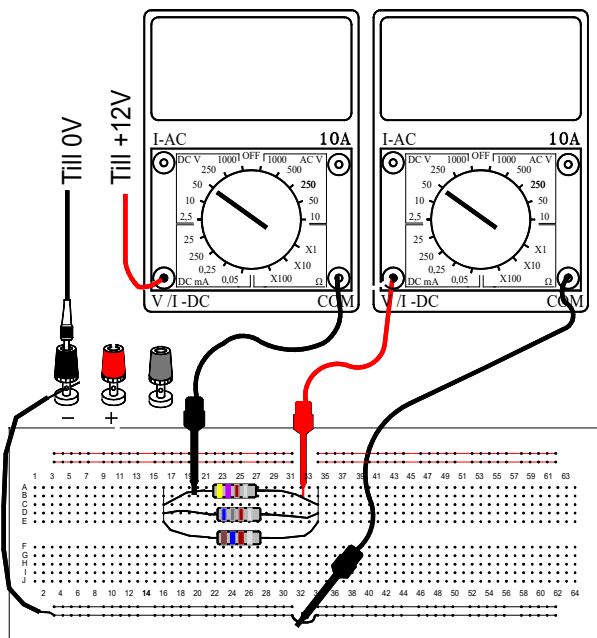
1) Rita om kretsen från textavsnittet kompletterad med två amperemetrar som mäter  $I_T$  före grenpunkten A respektive efter grenpunkten B.



4) Rita om kretsen från textavsnittet med en amperemetrar som mäter  $I_T$  före grenpunkten och en som mäter strömmen  $I_1$  genom  $1k\Omega$ -resistorn.

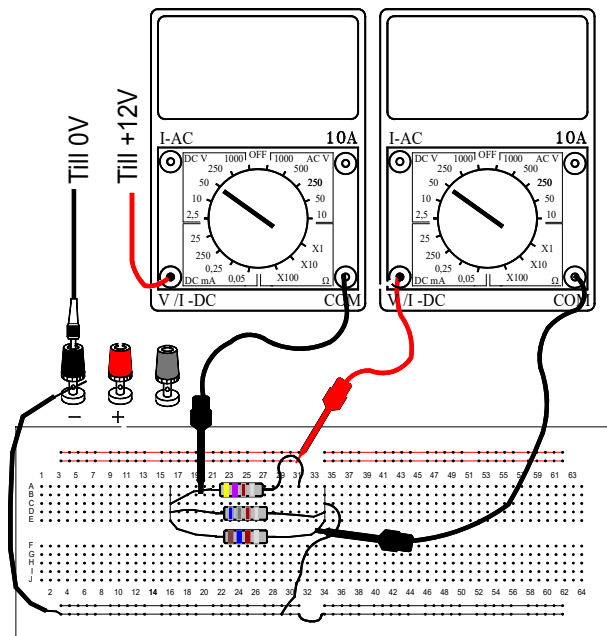


2) Koppla den omritade kretsen så här:



3) Mät  $I_T$  före grenpunkten A och efter B. Anteckna mätresultaten i instrumentens displayer.

5) Koppla kretsen den omritade kretsen så här:



6) Mät  $I_T$  och  $I_1$  och anteckna mätresultaten i displayerna. Anteckna  $I_1$  också i uppgift 7.

7) Koppla om mät och anteckna även  $I_2$  och  $I_3$

$I_1$  .....  $I_2$  .....  $I_3$  .....

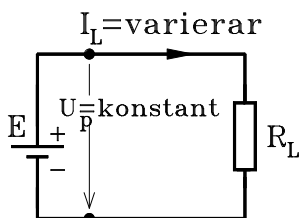
8) Summera grenströmmarna och jämför med  $I_T$ .

$I_T =$  .....  $I_1 + I_2 + I_3 =$  .....

# 14 Spänningskällor

## Ideala spänningskällor

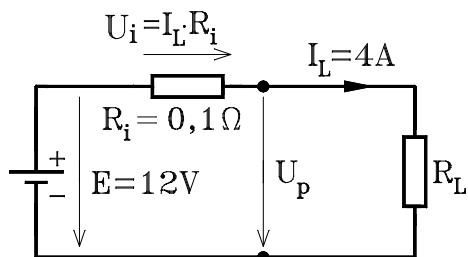
Ideala spänningskällor med en konstant polspänning  $U_p$  som inte påverkas av variationer i belastningsströmmen  $I_L$  existerar bara i teorin.



Ideal spänningskälla med konstant polspänning

## Verkliga spänningskällor

Verkliga spänningskällor beter sig som om de har en inre resistans  $R_i$  i serie med en emk  $E$  med konstant spänning.

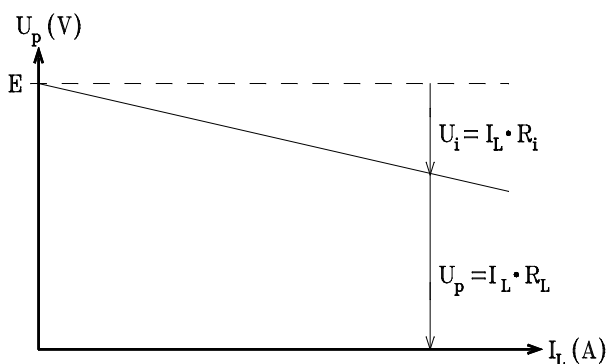


Verklig spänningskälla med inre resistans  $R_i$

Flyter det en belastningsström  $I_L$  till en yttre belastning  $R_L$  passerar strömmen den inre resistansen och orsakar då ett inre spänningsfall. Det gör i sin tur att polspänningen  $U_p$  minskar lika mycket eftersom emk:n  $E$  är summan av det inre spänningsfallet och polspänningen.

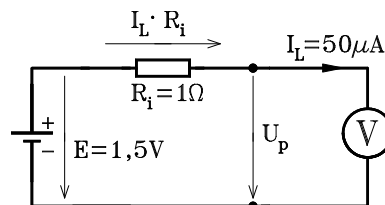
$$E = U_i + U_p \Rightarrow E = I_L \cdot R_i + U_p$$

Grafen nedan illustrerar hur  $U_i$  ökar och  $U_p$  minskar då belastningsströmmen  $I_L$  ökar.



## Mätning av emk

Polspänningen är exakt lika med emk:n om ingen belastningsström dras från spänningskällan och nästan lika med emk:n då belastningen endast är en multimeters mätström som i följande exempel.

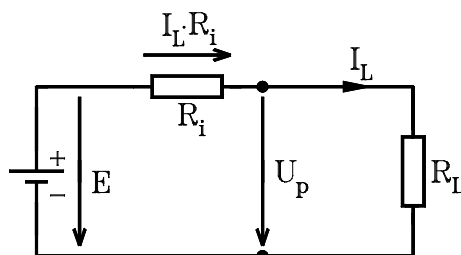


$$U_i = I_L \cdot R_i \Rightarrow U_i = 0,000050 \mu\text{A} \cdot 1 \Omega = 50 \mu\text{V}$$

$$U_p = E - U_i \Rightarrow U_p = 1,5 - 0,000050 = 1,49995 \text{V}$$

## Bestämning av inre resistansen

$R_i$  kan inte mätas genom direkt ohmmätning utan måste beräknas. Först mäts emk:n enligt ovan och därefter polspänningen vid en känd belastningsström. När detta gjorts kan nedanstående beräkning göras med utgångspunkt i elritningen:



$$E - I_L \cdot R_i = U_p$$

Byt sidor med tecken  $E - U_p = I_L \cdot R_i$

Dividera med  $I_L$   $\frac{E - U_p}{I_L} = \frac{I_L \cdot R_i}{I_L}$

Flytta om  $R_i = \frac{E - U_p}{I_L}$

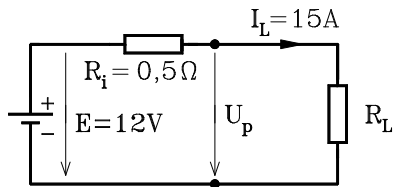
## Begreppet kortslutning

Kopplas "någonting" med 0 eller nära  $0 \Omega$  mellan en spänningskällas plus- och minuspol kallas det kortslutning. Det enda som då begränsar strömmen är den inre resistansen. Undvik att göra detta! Kortslutningsströmmen blir stor och orsakar hög värmeutveckling.

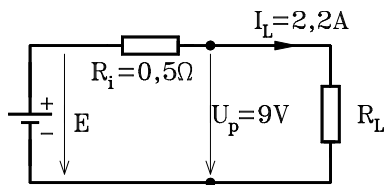


# 14 Spänningskällor - testa-dig-själv

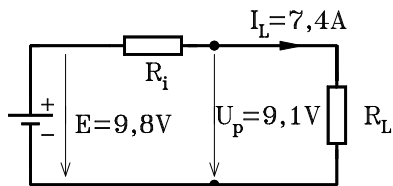
1. Beräkna a)  $U_p$  b)  $R_L$



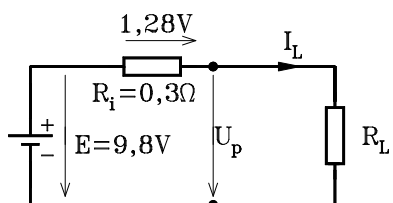
2. Beräkna a)  $E$  b)  $U_i$  c)  $R_L$



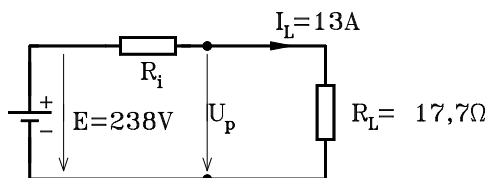
3. Beräkna a)  $R_i$  b)  $R_L$



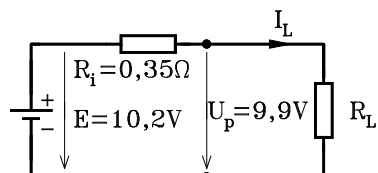
4. Beräkna a)  $I_L$  b)  $U_p$  c)  $R_L$



5. Beräkna a)  $U_p$  b)  $U_i$  c)  $R_i$  d) effekten i  $R_i$



6. Beräkna effekten i a)  $R_i$  b) i  $R_L$



7. Inre resistansen i en spänningskälla är  $0,15\Omega$ . Hur stort är det inre spänningsfallet om belastningsströmmen är  $12A$ ?

8. En spänningskälla på  $9V$ , som blir kortsluten, belastas av en kortslutningsström på  $140A$ . Hur stor är den inre resistansen?

9. Hur stor blir strömmen om ett  $6V$ :s batteri med en inre resistans på  $0,05\Omega$  kortsluts?

10. Ett  $12V$ :s batteri med  $R_i = 7,8\Omega$  belastas med  $47\Omega$ . Hur stor blir polspänningen?

11. Ett elektroniskt spänningsaggregat ställs in på  $32,0V$  innan något ansluts till uttagen. När en ström på  $2,4A$  belastar aggregatet sjunker polspänningen till  $31,976V$ . Hur stor är spänningsaggregatets inre resistans?

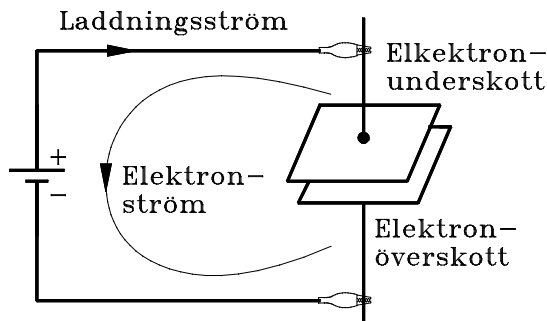
12. Belastningen som kopplats till en spänningskälla med  $R_i = 0,36\Omega$ , varierar mellan  $200\Omega$  och  $2k\Omega$ . Mellan vilka gränser varierar polspänningen om den är  $24,00V$  då belastningen är  $2k\Omega$ ?

13. En spänningskällas inre spänningsfall är  $0,8V$  vid en belastningsström på  $2A$ . Hur stort är det inre spänningsfallet med en belastningsström på  $0,5A$ ?

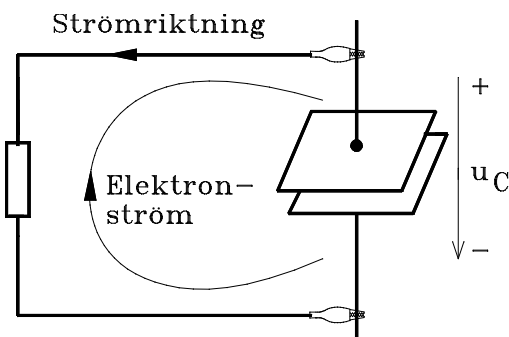
# 16 Kondensatorn

## Laddning och urladdning

En kondensator är i sitt enklaste utförande två metallplattor som monterats nära varandra utan att ha kontakt.



Läggs en likspänning över kondensatorn laddas den. Det innebär att elektroner "dras" från plattan som är ansluten till plus, så att den får ett underskott på elektroner (negativa laddningar). Samtidigt påtrycks den andra plattan lika många elektroner, som då får ett överskott på elektroner. Laddningsobalansen mellan plattorna ger upphov till spänningen ( $u_C$ ) som kvarstår även då spänningskällan avlägsnas.

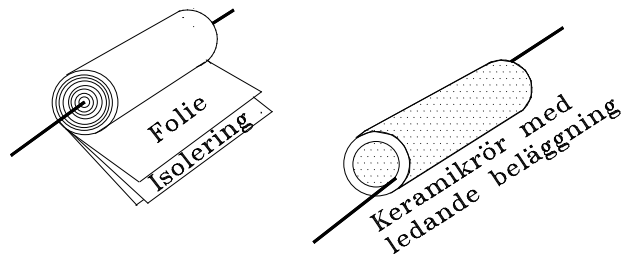


Kopplas en belastning över den laddade kondensatorn, t ex en resistor, driver kondensatorspänningen ( $u_C$ ) ström, som vilken spänningskälla som helst, så länge laddningsobalansen består.

Observera att den definierade strömriktningen är motsatt elektronströmmen (se avsnittet om ström och strömmätning), vilket gör att laddnings- och urladdningsström anges som i bilderna ovan.

Anmärkning: Små bokstäver används då storheter ändrar värde.

## Kondensatorns uppbyggnad



Vanliga sätt att konstruera kondensatorer

## Enheter för kapacitans C

Kondensatorns förmåga att lagra laddning  $Q$  (coulomb) vid en påtryckt spänning  $U$  kallas *kapacitans* och har beteckningen  $C$ . En coulomb är ungefär  $6,24 \cdot 10^{18}$  elektroner.

Storheternas inbördes förhållande anges i *kondensatorlagen*;

$$C = \frac{Q}{U}$$

Grundenhet för kapacitans är 1F (farad)

Vanliga underenheter är  $\mu\text{F}$ , nF, pF

$1\mu\text{F}$  (mikrofarad) = 0,000 001F ( $1 \cdot 10^{-6}$  F)

1F = 1 000 000 $\mu\text{F}$  ( $1 \cdot 10^6\mu\text{F}$ )

1nF (nanofarad) = 1000pF ( $1 \cdot 10^{-9}$  F)

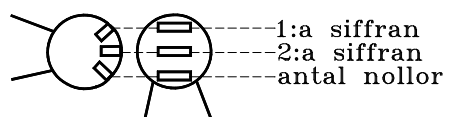
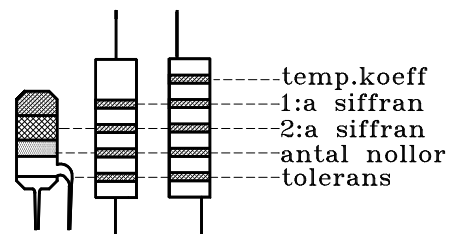
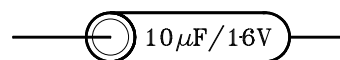
1F = 1 000 000 000nF ( $1 \cdot 10^9$ nF)

1pF (pikofarad) = 0,000 000 000 001F ( $1 \cdot 10^{-12}$  F)

1F = 1 000 000 000 000pF ( $1 \cdot 10^{12}$  pF)

## Märkning

Kapacitansvärde och arbetsspänning märks med bokstäver eller med färgkod.

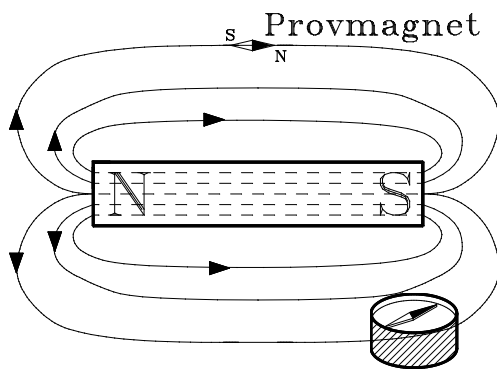


# 17 Magnetiska grundbegrepp

## Permanentmagneter

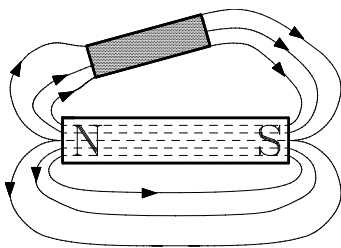
Vissa material såsom järn, kobolt, nickel och en del legeringar, kan magnetiseras.

Magneter har ett *fält* som utövar kraftverkan på järnföremål. Magnetfält åskådliggörs med *slutna fältlinjer* vars riktningen är från *nord-* till *sydpol* utanför magneten. Fler och tätare fältlinjer innebär ett starkare magnetfält och tvärtom.

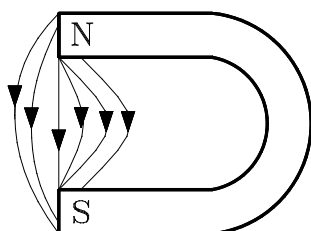


Här visas fältbilden hos en *stavmagnet*. Vilken sida som är nord- respektive sydpol hos en magnet kan undersökas med en *provmagnet* eller en kompass. Den ställer in sig så att den sida som är provmagnetens nordpol pekar mot den undersökta magnetens sydpol.

Magnetiska fältlinjer böjer av och löper genom material med bättre magnetisk ledningsförmåga än omgivningen.



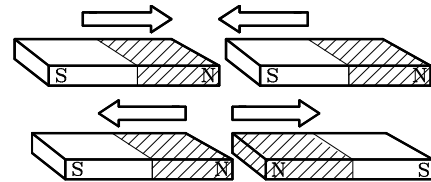
Fältbild hos stavmagnet med närliggande järnföremål



Fältbild hos en hästskomagnet

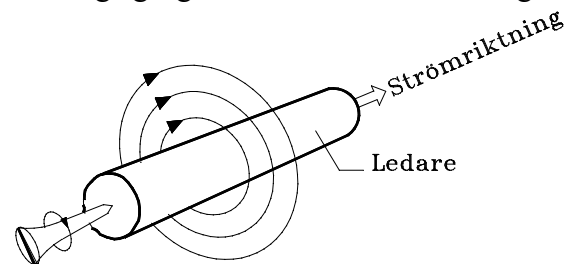
Magneter och magnetiska material kan sägas bestå av små elementarmagneter. Under påverkan av ett yttre magnetfält vrids elementarmagneterna åt samma håll så att deras fält samverkar. Den nya riktningen består till viss del även om det yttre fältet avlägsnas.

Placeras två magneter intill varandra attraheras olika poler, medan lika poler repellerar varandra.

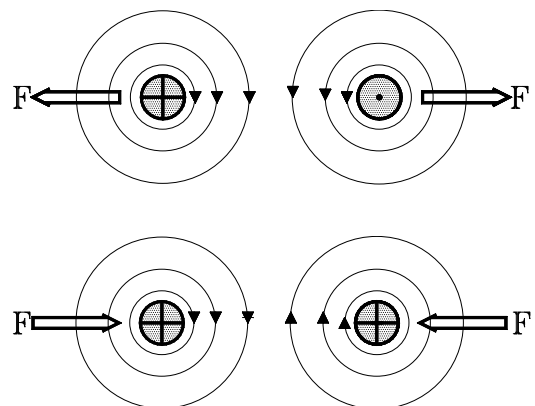


## Elektromagnetism

Strömförande ledare omges med ett cirkelformat magnetfält som sammanfaller med skruvriktningen hos en högergångad skruv, sett i strömriktningen.

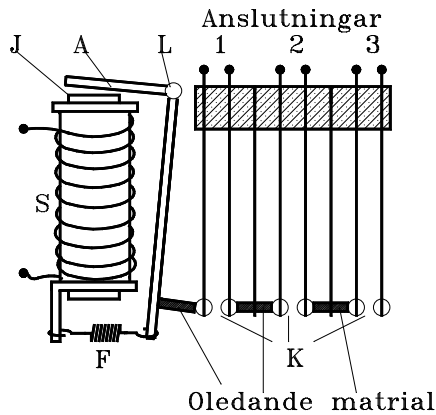


Mellan två strömförande ledare som befinner sig i varandras magnetfält verkar krafter  $F$ , som försöker föra ledarna från det område där fältlinjerna samverkar. Är fältlinjerna motriktade varandra försöker ledarna att röra sig mot detta område.



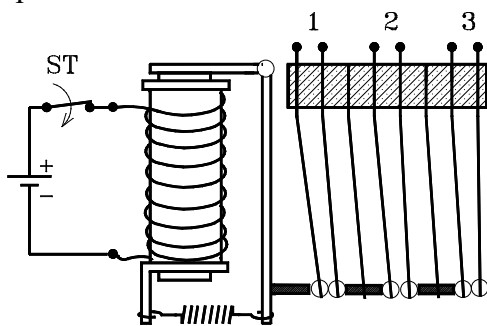
# 18 Reläer & reläkopplingar

Reläer är elektromagnetiska strömbrytare. De består av en elektromagnet som via mekaniska arrangemang kan sluta och öppna kontakter



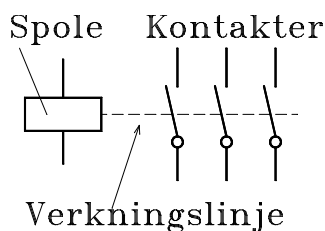
Järnkärnan J bildar tillsammans med manöverspolen S en elektromagnet. I anslutning till elektromagneten finns ett *ankare* A av järn som är rörligt kring lagringspunkten L, men intar ett bestämt läge på grund av spiralfjädern F.

Kontakterna K är förbundna med elektriska anslutningspunkter 1, 2, 3 via *bladfjädrar* som står i förbindelse med ankaret och varandra via oledande "klackar". Nedan visas hur kontakterna sluts då manöverspolen är strömsatt.



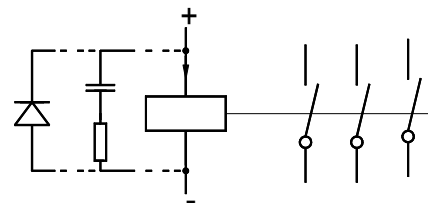
Draget relä

I ritningar återges reläer i *opåverkat* läge med en symbol som föreställer manöverspolen sammanbunden av en verkningslinje med de kontakter som påverkas.

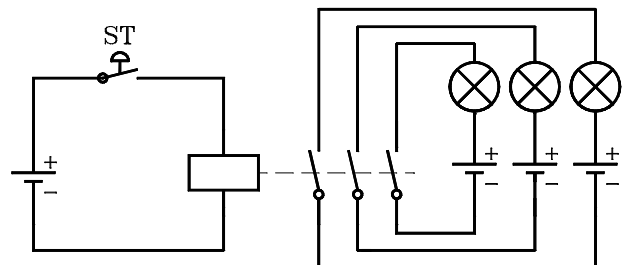


Reläer tillverkas med manöverspoler för både lik- och växelspänning. Större reläer kallas *kontaktorer* och används ofta vid in- och urkoppling av motorer. Kontaktorer brukar ha tre kraftiga huvudkontakter kombinerat med en slutande och en brytande hjälpkontakt för reläets till- och fränslagsstyrning.

Vid fränslag av likströmsreläer induceras höga kortvariga spänningsspikar över manöverspolen. För att skydda andra kretsar kopplas därför en diod eller kondensator i serie med en resistor, alternativt en VDR-resistor parallellt, med reläspolen.

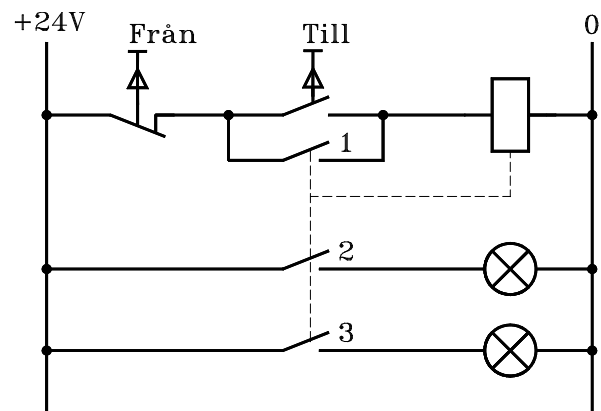


Följande ritning demonstrerar hur tre separata kretsar kan slutas med ett relä.



## Hållkrets

Den nedre ritningen visar hur ett relä får självhållning. Då Till-knappen sluts flyter ström från +24V genom Från- och Till-knappen och reläspolen. Därmed sluts kontakterna 1, 2 och 3. Lamporna får ström via 2 och 3 och reläspolen via 1, även då Till-knappen släpps. För att bryta självhållningen öppnas Från-knappen.

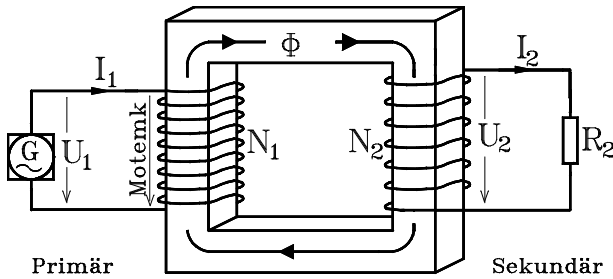




# 21 Transformatorer

## Transformatorberäkningar

Transformatorer består av två eller flera lindningar på en järnkärna av speciell transformatorplåt.



En växelspanning  $U_1$  som ansluts till primärlindningen  $N_1$  orsakar ett varierande magnetflöde  $\Phi$  i järnkärnan. Flödet inducerar i sin tur en strömbegränsande motemk i  $N_1$  som är nästan lika stor som den påtryckta primärspänningen  $U_1$ . Även i sekundärlindningen  $N_2$  induceras en spänning  $U_2$  som driver strömmen  $I_2$  om det finns en last  $R_2$  ansluten.

De inducerade spänningarna är lika stora räknat per varv. Det ger oss följande två likheter:

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Vidare är tillförd primär- och avgiven sekundäreffekt lika stora om transformatorns förluster försummas, dvs om ( $P_1 = P_2$ ). För en sådan tänkt ideal transformator gäller:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Genom kombination av likheterna erhålles tre vanliga formler för transformatorns spännings-, varvtals- och strömförhållande.

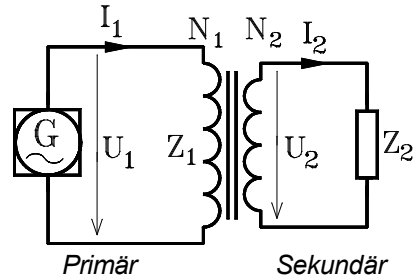
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} ; \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} ; \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

## Transformatorns förluster

Verkliga transformatorer har värmeförluster i lindningarna samt virvelströms-, ommagnetiserings- och magnetiska läckförluster i järnkärnan. På grund av hög verkningsgrad hos transformatorer gäller ändå de matematiska sambanden för ideala transformatorer med god approximation även för verkliga transformatorer.

## Impedanstransformering

Hur belastas en spänningskälla av en belastning som är ansluten via en transformator på sekundärsidan?



Ohms lag  $Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$        $Z_2 = \frac{U_2}{I_2}$

Lös ut  $U_1$   $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_1 = \frac{U_2 \cdot N_1}{N_2}$

Lös ut  $I_1$   $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_1 = \frac{I_2 \cdot N_2}{N_1}$

Inför  $U_1$  och  $I_1$  i  $Z_1$

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{\frac{U_2 \cdot N_1}{N_2}}{\frac{I_2 \cdot N_2}{N_1}} = \frac{U_2 \cdot N_1 \cdot N_1}{I_2 \cdot N_2 \cdot N_2}$$

Hyfsa  $Z_1 = \frac{U_2 \cdot N_1 \cdot N_1}{I_2 \cdot N_2 \cdot N_2}$  där  $\frac{U_2}{I_2} = Z_2$

$$Z_1 = Z_2 \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

## Exempel

Beräkna belastningen  $Z_1$  som spänningskällan "ser" om  $Z_2=120\Omega$ ,  $N_1=1500$  och  $N_2=100$  varv och där efter primärströmmen  $I_1$  om  $U_1=230V$ .

$$Z_1 = 120 \cdot \left(\frac{1500}{100}\right)^2 = 27000\Omega$$

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1} \Rightarrow I_1 = \frac{230}{27000} = 8,5\text{mA}$$

## $\Omega$ - test av transformatorn

Ohm-mäts lindningarna i en transformator indikerar oändlig resistans att det är avbrott i lindningen, medan för litet ohmvärde tyder på kortslutna varv.

# Facit - Testa-dig-själv

## 7 Ohms lag

1. 0,17A (0,166A)
2. 2,2A (2,18A)
3. 7,1A (7,05A)
4. 0,040V (0,0396V)
5. 86Ω (85,7Ω)
6. 0,00099V (0,000987V)
7. 108V
8. 344Ω (343,7Ω)
9. 0,22A (0,2195A)
10. 0,67A (0,666A)
11. 4,5mA (0,00454A)
12. 35V (34,7V)
13. 10Ω (10,4Ω)
14. 0,35A (0,352A)
15. 42V (42,1V)
16. 1,7V (1,69V)
17. 230V
18. 17V (17,1V)
19. 221V (221,1V)
20. 0,622A
21. 2120V
22. 17,6Ω (17,56Ω)
23. 0,00056A (0,564mA)
24. 45,9V
25. 18,2Ω (18,16Ω)
26. 8,5A (8,519A)
27. a) 0,0117Ω b) 0,117Ω c) 1,17Ω  
d) 11,7Ω e) 117Ω
28. a) 0,0164V b) 0,164V c) 1,64V  
d) 16,4V e) 116V
29. 2,0V (1,98V) för en sträcka  
4,0V (3,95V) för fram- och återledning
30. Ledningsresistansen = 1,59Ω.  
Spänningsförlusten = 8,73V.  
Motorspänningen = 221V (221,27V)
31. 2,9mm (2,858mm)

## 8 Seriekretsar

1. 123Ω
2. 260Ω
3. 4,4mA (4,44mA)
4. Byt 220Ω:s resistorn mot 270Ω
5. Orange, orange, svart
6. 1800Ω
7. 1500Ω
8. 2950Ω
9. 52900Ω

## 9 Spänningsdelning

1. 13,5V över 270Ω och 16,5V över 330Ω
2. a) Lika stor 9,8mA (9,83mA)  
b) 0,22V över 22Ω, 2,16V över 220Ω,  
21,6V över 2,2kΩ
3. a) 9V över 180Ω, 11V över 220Ω, 13,5V  
över 270Ω, 16,5V över 330Ω  
b) 50V
4. 580V
5. 200Ω, 360Ω, 540Ω, 640Ω
6. a) 36V b) 20kΩ c) 48V d) 32V

## 10 Parallellkretsar

1. 230mA
2. 38,978mA
3. 1884,2mA
4. 521mA
5.  $I_1 = 1,33A$ ,  $I_2 = 0,89A$ ,  $I_3 = 0,62A$ ,  
 $I_4 = 0,51A$ ,  $I_T = 3,35A$
6.  $I_1 = 0,33 \text{ mA}$ ,  $I_2 = 0,27 \text{ mA}$ ,  $I_3 = 0,22 \text{ mA}$   
 $I_T = 0,82 \text{ mA}$
7. 70mA
8. 998mA
9. 2,71 kΩ (märkvärdet = 2,7 kΩ)
10. a) 168mA b) 560V

## 11 Resistans i parallellkretsar

1. 8,8Ω
2. 50Ω
3. 1,5kΩ
4. 9,99Ω
5. 7,8Ω
6. 40Ω
7. 9,4Ω
8. 22kΩ
9. 554Ω
10. 1,5kΩ (1,519Ω)
11. a) 55Ω b) 0,5A
12. 81,4Ω
13. Svaret måste vara lägre än det lägst förekommande resistansvärdet.

## 12 Belastningseffekter

1. a) Delspänningarna blir 50V över vardera 270Ω:s resistor i spänningsdelaren.  
b) Då 150 Ω belastar spänningsdelarens två nedre 270Ω:s resistorerna är det samma