

# ET 1

## LIKSTRÖMSMÄTNINGAR

### MÅLSÄTTNING.

Laborationen skall lära dig att hantera universalinstrument och spänningskällor, för att kunna utföra en del elementär elektrisk mätteknik samt att konkretisera begrepp som ohms lag, inre resistans, tvåpol och utgångsresistans

### FÖRBEREDELSE.

Du skall ha läst igenom hela lab-PM:et och svarat på de hemuppgifter som finns i början.

---

Namn..... Kurs .....

Utförd den.....Handledare.....

Godkänd den.....av.....



**OBS! Dessa hemuppgifter skall vara utförda innan laborationen för att du skall få delta vid laborationen.**

1. Beräkna det teoretiska värdet på utgångsresistansen  $R_0$  i figur 13.
2. Vad menas med ett universalinstrument? Vad kan det normalt mäta?
3. Ange några för- och nackdelar hos visarinstrument och digitala instrument.
4. Varför ger ett vridspoleinstrument endast utslag för likström?
5. Vilka egenskaper har ett konstantspänningsaggregat?
6. Vad betyder det att utspänningen från ett aggregat "flyter"?
7. Vilka egenskaper har ett konstantströmaggregat?
8. Beskriv olika typer av strömbegränsning.
9. Hur kopplas en volt respektive en amperemeter in för att mäta på ett objekt?
10. Hur kan en volt respektive en amperemeter påverka kretsen och hur minimeras denna påverkan?
11. Beskriv volt-ampere-metoden.
12. Vad innebär inre resistans?
13. Vad innebär ingångsresistans?

## Universalinstrument

Med universalinstrument mätes likström, likspänning, växelström, växelspänning samt resistans. De är användbara vid spänningsmätningar från några tiondels volt upp till cirka tusen volt och för strömmar från något tiotal mA upp till flera A. En ideal voltmeter har ett oändligt inre motstånd och drar ej någon ström vid mätning. Mätobjektet störs följaktligen ej av mätningen. En ideal amperemeter har inre motståndet noll och påverkar således ej strömmen vid mätning. En verklig voltmeter har ett ändligt inre motstånd, vilket kan anges genom en belastningsfaktor räknad i enheten  $W/V$ . Härvid underförstås att voltmeterens inre resistans = inställt spänningsområde  $\times$  belastningsfaktorn (för en amperemeter anges oftast den inre resistansen indirekt i form av spänningsfallet vid fullt skalutslag).

Två typer av universalinstrument förekommer, instrument med visare och digitala instrument. På visande instrument representeras mätresultatet av ett visarutslag dvs en visarspets rör sig en sträcka längs en skala. Denna sträcka är en funktion av mätstorheten och representerar denna i analog form. Användaren av instrumentet får själv genom avläsning digitalisera mätresultatet dvs uttrycka det i siffror. Ett digitalt universalinstrument (Digital MultiMeter, DMM) däremot anger självt direkt mätresultatet i digital form dvs i siffror på en siffertabla.

*Visande universalinstrument* av vridspoletyp tillverkas i två olika utförande. Den elektroniska multimeteren har en aktiv drivkrets för vridspoleinstrumentet och samma typ av ingångskrets som de digitala instrumentens dvs ingångsimpedans av storleksordningen 100 Mohm på de flesta av mätområdena. Den äldre typen av vridspoleinstrument är effektkrävande. Strömmen genom vridspolen erhålles direkt från mätobjektet och ingångsimpedansen är betydligt lägre (10-100  $k\Omega/V$  på likspänningsområdena).

Instrument med visare har vissa fördelar exempelvis vid sökande av max- eller minvärden vid trimning etc. Den äldre typen av vridspoleinstrument är fortfarande mycket vanlig. Instrumenten är lätthanterliga, billiga och kräver ingen nätanslutning och inga batterier bortsett från användning för resistansmätning. Till nackdelarna hör att de är polaritetsberoende och belastar mätobjektet. Vridspoleinstrumenten har en rörlig spole placerad i en permanentmagnets polgap. Genomflytes spolen av ström uppstår ett vridmoment som motverkas av ett återföringsmoment åstadkommet med hjälp av spiralfjädrar. En viss ström bestämmer ett visst jämviktsläge. Vid mätning med växelström är vridspoleinstrumenten försedda med likriktare.

Några allmänna regler för användning av analoga universalinstrument:

1. *Om spänningens eller strömmens storlek inte är väl känd så börja på högsta spännings- eller strömområdet och gå nedåt*
2. *För högre noggrannhet, mät alltid på övre delen av skalan.*
3. *Se till att voltmeterns resistans (ohm/volt av spänningen vid fullt utslag) är åtminstone 100 ggr resistansen i den krets Du mäter på.*
4. *Vid mätningar i kretsar med högspänning stänger Du av kretsen, ansluter instrumentet, slår på och läser av samt stänger därefter åter av och avlägsnar instrumentet.*
5. *Slå av kretsen vid resistansmätning. Spänningen över motståndet kan skada instrumentet.*
6. *Varje gång ett nytt resistansområde används måste instrumentet nollställas.*
7. *Kontrollera den mekaniska nollställningen.*
8. *Sätt instrumentet på högsta spänningsområde när det ej är i bruk.*
9. *Vid transport, sätt instrumentet på ett strömområde så en lågresistiv shunt ligger parallellt med instrumentet vilket verkar dämpande på vridspolerörelsen.*

Till de *digitala universalinstrumentens* fördelar hör att de har hög noggrannhet, direkt polaritetsindikering samt är lätt avläsbara även på avstånd.

Ingångar märkta "HI" och "LO" motsvarar den konventionella märkningen + och -. Innan en DMM användes vid högre spänningar bör följande beaktas.

Några allmänna regler för användning av digitala universalinstrument:

1. *Överskrid ej max. spänningen mellan "HI" och "LO".*
2. *Max spänningen från "LO" till jord brukar kallas "common mode voltage". Denna spänning får ej överskrida vissa värden (400 till 1000 V). Överskridande kan innebära att instrumentet förstöres. Kontrollera därför maximalt tillåtet värde i instrumentbeskrivningen.*

### Uppgift 1 a. Universalinstrument med visare.

Vad har ditt instrument för beteckning?

Svar:

Kontrollera nollställningen. Vid behov åtgärda. Kan instrumentet användas både stående och liggande?

Svar:

Mät spänningen på ett ficklampsbatteri.

Resultat:

Vad gör Du om visaren slår åt fel håll?

Svar:

Vrid instrumentets omkopplare till mätning av resistans. Kortslut ingången något ögonblick och nollställ instrumentet på ohmområdet. Går detta bra är instrumentets batterier i gott skick, annars får Du byta.

Mät resistansen på två olika stora motstånd. Använd gärna effektmotstånd eftersom du ändå måste använda dom i uppgift 2b.

Resultat:

### Uppgift 1 b. Digitalmultimeter.

På din labplats ska det finnas en DMM. Vad har den för beteckning?

Svar:

Vad har den för mätområden?

Likspänning från .....V till .....V

Växelspänning " .....V till .....V

Likström " .....A till .....A

Växelström " .....A till .....A

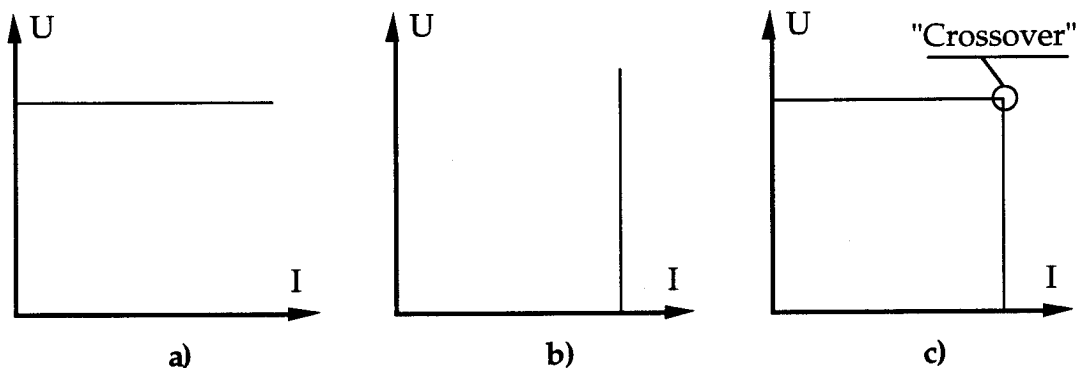
Resistans " ..... $\Omega$  till ..... $\Omega$

Mät med DMM resistansen på de två motstånden i uppgift 1a och jämför resultaten.

Resultat:

## Matningsdon (nätaggregat, power supply)

All elektronisk utrustning kräver någon form av likspänningsförsörjning. Beträffande spänningsvärden finns ingen standard men vissa spänningar är vanligare än andra och närmast dikterade av kraven från vissa halvledarteknologier, t ex +5 V, +12 V, +15 V. Dessutom finns spänningsvariabla aggregat. Maximala strömuttaget kan variera från max 100 mA till max 100 A eller mera. För att skydda utrustning mot fel finns skydd mot överspänningar och begränsningar i strömuttag. Överspänningsskyddet träder i funktion då spänningen stiger ca 10 % över inställt värde och innebär att spänningsaggregatet kortslutes efter några tiotal  $\mu$ s. Observera att en vanlig säkring här är direkt olämplig då halvledare ej tål högre överspänningar under längre tider. Labplatsens likspänningsaggregat har ej ovanstående funktion men däremot olika slag av strömbegränsning. Först skall vi ange vad som menas med konstantspännings- och konstantström-aggregat.



Figur 1a) Constant voltage, b) Constant current,  
c) Constant voltage-Current, (specialfall av 1d)

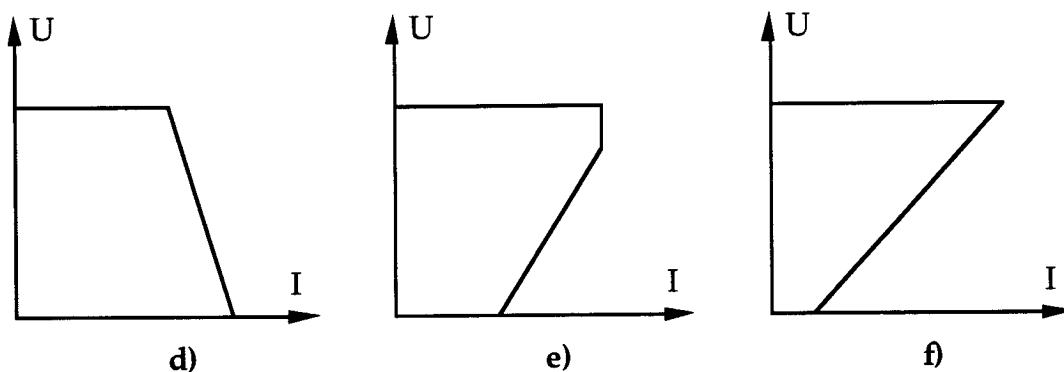
Ett *konstantspänningsaggregat* är ett reglerat matningsdon som oberoende av ändring i belastning, inspänning, temperatur etc. bibehåller konstant utspänning dvs för en ändring i belastningsmotståndet kommer utspänningen att bibehållas konstant. Utströmmen däremot ändras till ett värde nödvändigt för att kompensera belastningsändringen (figur 1a).

Ett *konstantströmaggregat* är ett reglerat matningsdon som oberoende av ändringen i belastning, temperatur etc. bibehåller konstant utström, dvs för en ändring i belastningsmotstånd, kommer utströmmen att bibehållas konstant. Utspänningen däremot ändras till ett värde nödvändigt för att kompensera för belastningsändringen (figur 1b).

Matningsdon finnes som automatiskt ändrar regleringsmetod från konstant spänningsmod till konstant strömod (eller vice versa) helt beroende av belastningsmotståndet. Konstant spänning- och konstant strömnivå kan oftast individuellt justeras inom ett specificerat område. Mötespunkten mellan konstantspännings- och konstantströmkurvorna kallas "crossover point" (figur 1c).

Strömbegränsning (current limit) är en generell term för att beskriva olika typer av kortslutningsskydd eller överlastskydd, vilken beskriver att utströmmen begränsas till ett fast eller i förväg justerat värde. Fem huvudtyper av strömbegränsning finns:

1. "Fuse", säkringsskydd där strömmen begränsas och stängs av då säkringen löser ut.
2. "Current limit", strömgräns där strömmen vid kortslutning har ett värde av 1.1 à 2 ggr maximal utström vid nominell spänning (figur 1d).
3. "Constant current", se konstantströmaggreat (figur 1b).
4. "Semifold back". Strömgränsen vid nominell spänning och strax därunder har karaktären av konstant ström men under en viss nivå inträder så kallad "current cut off" (figur 1e).
5. "Foldback". Strömmen kommer att vid ett förinställt värde gå till noll eller nära noll vid överlast (figur 1f).



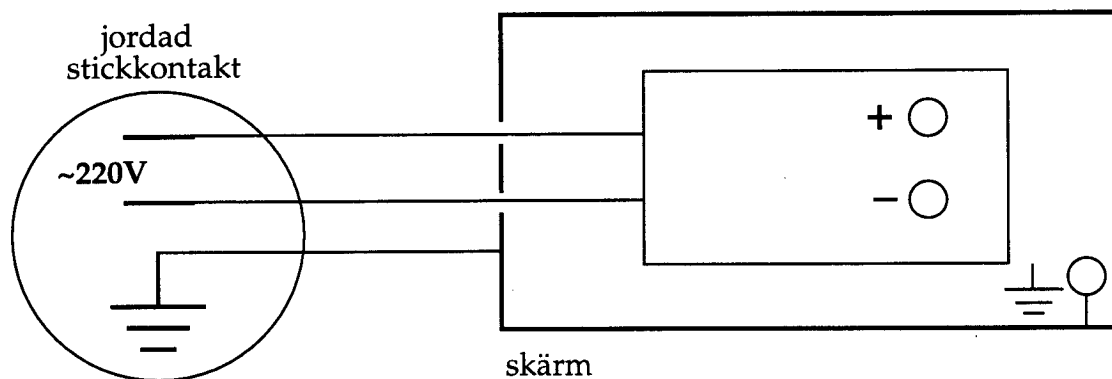
**Figur 1 d)** Current limit, **e)** Semifold back, **f)** Foldback

Observera följande vid all användning av matningsdon:

*Utför kretsuppkopplingarna strömlöst. Vid inkoppling av ett likspänningsaggregat skall både spännings- och strömbegränsningsrattarna vara neröridna till minimum.*

*Vissa matningsdon har permanent + eller - pol ANSLUTNA till jord (chassi), andra kan däremot vara så konstruerade att utspänningen "flyter" (jfr. figur 2). Det blir då användaren som får avgöra jordningen.*

Utnyttja färgerna hos kablar, t ex svart = jord, rött = positiv spänning, blått = negativ spänning.



**Figur 2.** Flytande jord



## Uppgift 2 a. Likspänningsaggregat (Topward TPS 4000)

Vrid utspänningsratten till min-läge och slå på nätspänningen. Du skall mäta utgående likspänning med DMM och aggregatets eget instrument samtidigt. Anslut därför DMM till + och - kontaktarna på aggregatet. (För data om Topward TPS 4000 se appendix i ET0)

Ställ in utspänningen på följande värden på aggregatet med hjälp av dess eget instrument samt avläs motsvarande spänning på DMM. Välj rätt mätområde.

Aggregatets Instrument (V)	DMM (V)
5.0	
10.0	
15.0	
20.0	
25.0	
30.0	

Ställ in utspänningen på 10V.

Anslut DMM till - och jord och mät spänningen.

Resultat:

Anslut DMM till + och jord och mät spänningen.

Resultat:

Förklara föregående mätvärden.

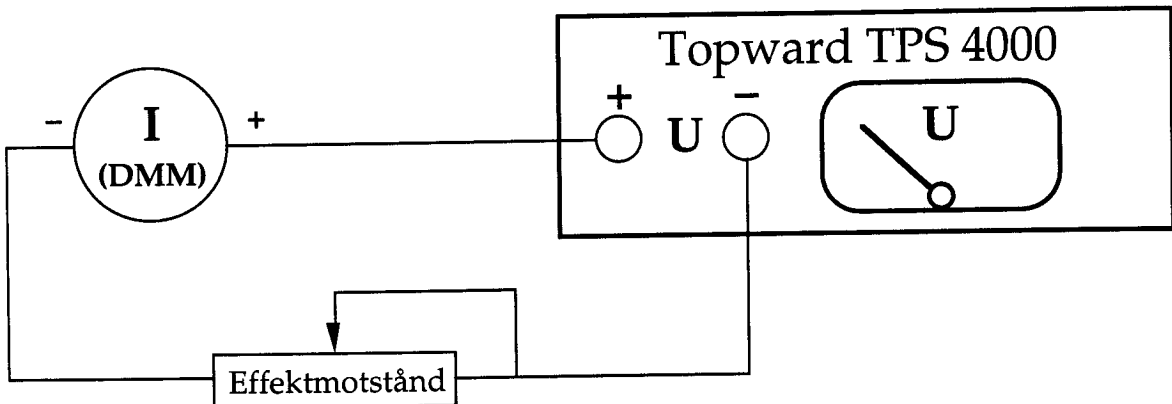
Svar:

Hur skall aggregatet kopplas för att erhålla - 25 V i förhållande till jord? Rita eller förklara.

Vrid ner spänningen. Slå ifrån.

## Uppgift 2 b. Strömbegränsning (Topward TPS 4000)

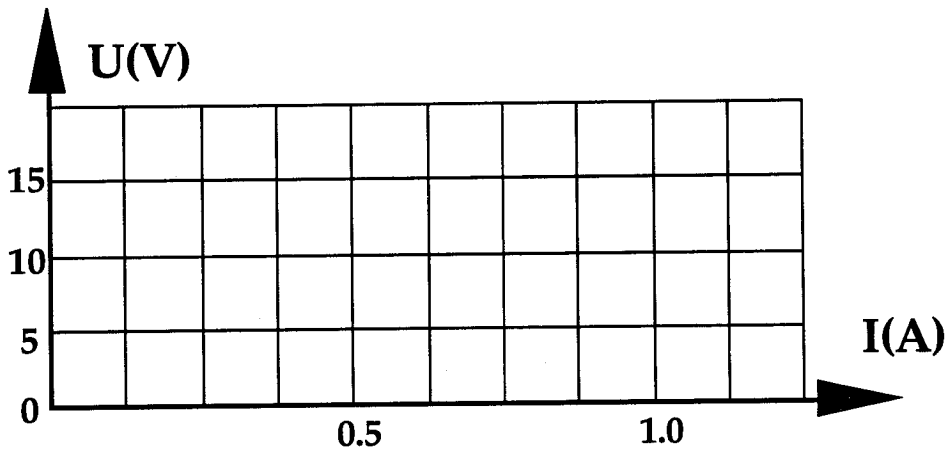
Koppla upp enligt följande figur.



Figur 3. Schematisk uppkoppling för uppgift 2b

Kontrollera att effektmotståndet är i max.läge. Slå på aggregatet. Sätt dess strömbegränsning något under mittenläget. Dra upp spänningen till 15 V. Minska motståndet sakta mot min. Observera instrumenten. Pricka sedan in kurvan i diagrammet nedan.

Kontrollera hela tiden att strömmen aldrig överstiger tillåtet värde för effektmotståndet. Om nödvändigt så minska strömbegränsningen med ratten på aggregatet.



Ange typ av strömbegränsning för spänningsaggregatet.

Svar:

## Uppgift 2 c. (Tektronix dual power supply PS 503 A.)

Vrid ner spänningsrattarna till min. Tryck in ratten "Volts Dual Tracking". Slå på aggregatet.

Mät spänningen på undre uttaget.

Resultat:

Kan denna spänning varieras?

Svar:

Är spänningen jordrelaterad?

Svar:

De variabla spänningarna skall undersökas. Anslut universalinstrumentet från uppgift 1a till det positiva och DMM till det negativa uttaget.

Vilken uppgift har anslutningen "COMMON"?

Svar:

Ställ in 10 V på bägge instrumenten. Vrid den övre ratten märkt "Volts Dual Tracking" moturs så långt det går. Dra ut den. Vrid den sakta medurs iaktta mätinstrumenten. Vad visar de med ratten i max. läge?

Svar:

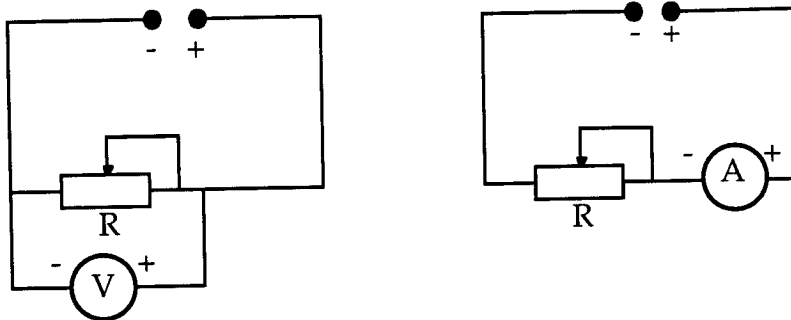
Upprepa föregående med andra inställningar t ex 15 och 20 V. Vrid ner. Tryck in ratten. Ställ in den positiva spänningen på 12 V och negativa på 6 V. Upprepa föregående. Hur följs spänningarna åt nu?

Svar:

Återställ ratten i utgångsläge. Slå ifrån aggregatet.

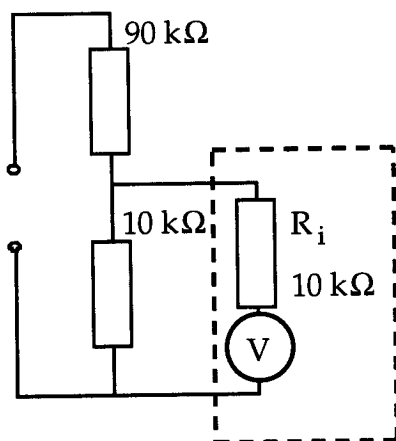
## Spänningsmätning.

Anslut instrumenten med rätt polaritet! Observera i figur 4 hur plus- och minuspoler på instrumenten ansluts i förhållande till strömaggregatets plus- och minuspoler. Detta anges normalt inte i kopplingscheman. En amperemeter kopplas i serie med mätobjektet och bör därför ha så liten inre resistans som möjligt. En voltmeter kopplas parallellt med mätobjektet och bör därför ha en så stor inre resistans som möjligt.



**Figur 4.** Polaritet på volt och amperemeter.

Vanligen används en voltmeter för mätning av spänning. Metoden innebär vanligen strömmätning. Om instrumentets resistans är bekant, kan det graderas direkt i volt. Ju mindre ström instrumentet tar, desto lämpligare är det.



**Figur 5.** Olämplig metod för mätning av spänningsfallet över höghögiga motstånd.

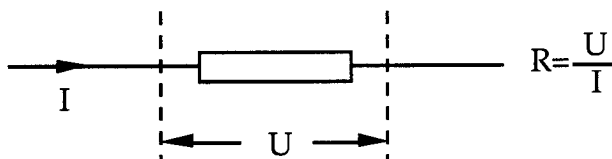
Vid vissa mätningar kan den ström, som voltmeter tar, förrycka mätresultatet. Detta framgår av följande exempel. I figur 5 är en spänningsdelare kopplad över en späningskälla på 100 V. Vi antar att de två motstånden innehåller 90 k $\Omega$  respektive 10 k $\Omega$ . Strömmen i kretsen blir 100 V / (90 k $\Omega$  + 10 k $\Omega$ ) A, dvs 1 mA. Spänningen över 10 k $\Omega$  motståndet blir då 10 V. För att kontrollera detta kopplar man in en voltmeter över motståndet. Om voltmeter tar 1 mA vid 1 V är dess resistans 10 k $\Omega$ . När denna anslutes, blir resulterande resistans av de två parallellkopplade motstånden, vardera på 10 k $\Omega$ , lika med 5 k $\Omega$ . Totala resistansen i kretsen blir då 95 k $\Omega$  och strömmen = 100 / 95 k $\Omega$  = 0,00105 A eller 1,05 mA. Voltmetern visar 0,00105 · 5000 = 5,25 V, således ett alldeles felaktigt värde. Undersöker Du på samma sätt, vad voltmeter skulle ha visat, om motstånden i varit 90  $\Omega$  och 10  $\Omega$  istället för 90 k $\Omega$  och 10 k $\Omega$  finner Du att voltmeter skulle ha visat 9,99 V.

Vid mätning av spänningen över höghögiga motstånd måste man, som Du förstår av det föregående, använda mätinstrument som själva har hög inre resistans. Sådana instrument är exempelvis de digitala multimetrarna (DMM).

## Resistansmätning.

En resistor är en elektronisk komponent med en viss specificerad resistans. Andra komponenter kan också ha en viss resistans men resistorn konstrueras för att i en krets introducera en viss önskad resistans.

Begreppet resistans hos en komponent definieras genom Ohms lag.



Figur 6. Ohms lag.

Vid definitionen utgår vi från att det är fråga om likström. Från elläran vet vi att man även kan tala om resistans då man har växelström. I SI-systemet används definitionen

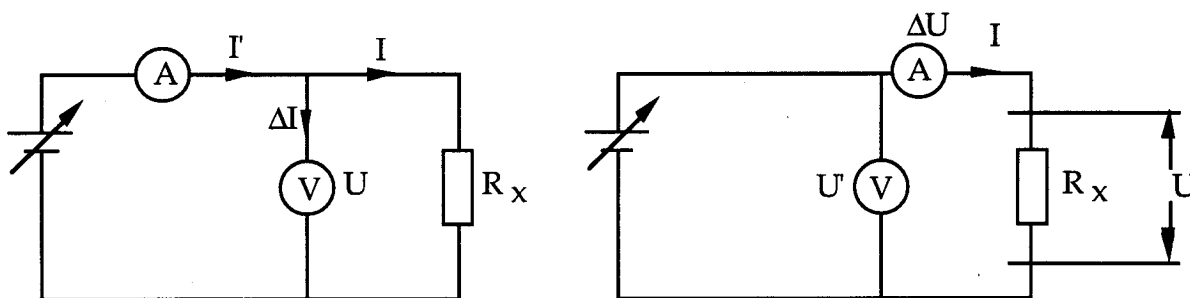
$$R = \frac{P}{I^2}$$

Denna gäller för både lik- och växelström. Det är speciellt viktigt att komma ihåg hur resistansen definieras då sambandet mellan ström och spänning inte är linjärt t.ex. hos dioder, termistorer eller glödande trådar. Resistansen blir då en funktion av strömmen.

Den mest direkta metoden att mäta resistansen hos en komponent är att samtidigt mäta strömmen genom komponenten och spänningen över den. Denna metod kallas *volt-ampere-metoden*.

Så snart det är fråga om en icke linjär resistans, dvs sambandet mellan strömmen genom och spänningen över komponenten är icke linjärt, är volt-ampere-metoden att föredra.

Mätkretsen kan kopplas upp på två olika sätt:



Figur 7 a) Spänningsriktig koppling (lågohmiga objekt)

b) Strömriktig koppling (högohmiga objekt)

Vid koppling enligt figur 7 a inkluderar den uppmätta strömmen ( $I'$ ), strömmen ( $\Delta I$ ) genom voltmeteren och resistansen ( $R_x$ ) beräknas enligt

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{U}{I' - \Delta I}$$

Denna koppling brukar kallas *spänningsriktig koppling*.

Kopplar man enligt figur 7 b måste man ta hänsyn till spänningsfallet över A-metern, ( $\Delta U$ ), som ingår i det avlästa spänningsvärdet ( $U'$ ). Resistansen beräknas nu enligt

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{U' - \Delta U}{I}$$

Denna koppling brukar kallas *strömriktig koppling*.

Vilken av de två kopplingarna som är att föredra vid en viss mätning beror på mätobjektet och på egenskaperna hos mätinstrumenten. Om voltmeterens inre resistans är mycket högre än  $R_x$  blir  $\Delta I$  försumbar och  $I = I'$ . Om å andra sidan amperemeterens inre resistans är mycket lägre än  $R_x$  blir  $\Delta U$  försumbar och  $U = U'$ . Vid mycket noggranna mätningar måste man korrigera för instrumentens inre resistans.

Beträffande mätobjektet gäller följande grova tumregel:

*Lågohmiga mätobjekt mäts med spänningsriktig koppling medan strömriktig koppling används vid mätning på högohmiga resistanser.*

Moderna instrument har i regel hög ström- och spänningskänslighet varför valet av lämpligaste kopplingsättet får mindre betydelse än valet av rätt instrument för ström- respektive spänningsmätning. Detta val bör då styras av faktorer såsom mätområden, mätonoggrannhet och upplösning.

### Uppgift 3 a. Volt-ampere metoden på en högohmig resistor.

Beräkna med volt-ampere-metoden resistansvärdet för en högohmig resistor (erhålles från handledaren). Använd två digitala universalinstrument och en spänningskälla på 30 V. Använd både spänningsriktig och strömriktig koppling.

Vad visar voltmeteren respektive amperemeteren och vad blir  $R_x$  om du använder spänningsriktig koppling?

Svar:

Vad visar voltmeteren respektive amperemeteren och vad blir  $R_x$  om du använder strömriktig koppling?

Svar:

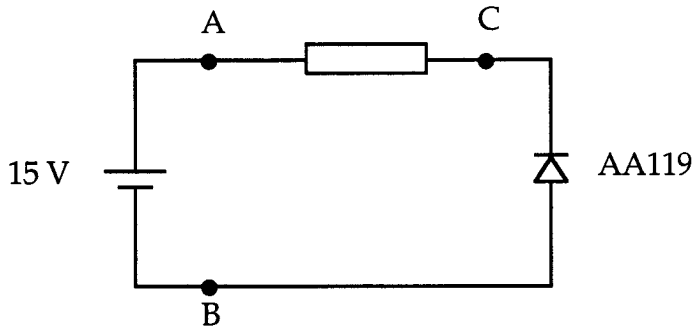
Kommentera ovanstående två resultat och eventuella skillnader mellan dem.

Kommentar:

### Uppgift 3 b. Resistansmätning på diod.

Mät resistansen i backriktningen för en germaniumdiod (AA119) (relativt stor backström jämfört med kiseldioder). Mät med både analogt och digitalt instrument.

Koppla enligt figur 8 nedan.



Figur 8. Resistans mätning på diod

Mät spänningarna A-B och C-B.

Resultat:

Varför kan det vara lämpligt att förfara enligt ovan i stället för att mäta strömmen direkt?

Svar:

Förklara de stora skillnaderna mellan de uppmätta värdena utgående från instrumentdata.

Svar:

Beräkna resistansen i diodens backriktning vid 15 V utgående från de mest relevanta spänningsvärdena.

Svar:

## Mätning av inre resistans.

Det är önskvärt att resistansen  $R_i$  i en strömmätare är mycket låg i jämförelse med övriga resistanser i kretsen så spänningsfallet över själva instrumentet blir försumbart. Införandet av mätaren i en krets ändrar då ej de förhållanden som rådde innan denna insattes. Ett mätinstrument får principiellt ej inverka märkbart på mätkretsen. Spolen i ett vridspoleinstrument skall därför ha låg resistans  $R_i$ .

Vridspoleinstrument ger endast utslag för likström, men försedda med likriktare användes de även för mätningar av växelström upp till relativt höga frekvenser (några tusen Hz). Dessa instrument har likformig skala, hög noggrannhet och liten effektförbrukning. Instrumenten karakteriseras av den ström som krävs för fullt utslag eller med reciproka värdet av strömmen uttryckt i ohm/volt.

$$U_2 - U_1 = U_{fu} = I_{fu} \cdot R_i$$

$$\sqrt{1, I_{fu}} = \sqrt{R_i U_{fu}}$$

$R_i$  = inre motståndet.

$I_{fu}$  = ström svarande mot fullt utslag.

$U_{fu}$  = spänning svarande mot fullt utslag.

Ett  $50 \mu\text{A}$  instrument svarar mot  $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$  och har en resistans av storleksordningen  $2 \text{ k}\Omega$  i vridspolen. För ett sådant instrument är  $U_{fu} = I_{fu} \cdot R_i = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 = 0,1 \text{ V}$ . Instrument med  $I_{fu} = 10 \mu\text{A}$  svarande mot  $100 \text{ k}\Omega/\text{V}$  finns.

### Uppgift 4 a. Kontroll av ström från universalinstrument.

När ett universalinstrument används för resistansmätning går alltid en viss ström genom mätobjektet. Kontrollera hur stor (ungefär) denna ström är för Philips analoga universalinstrument. Använd ett annat instrument för att mäta strömmen.

Resultat:  $\Omega$ -läget:

$\text{k}\Omega$ -läget:

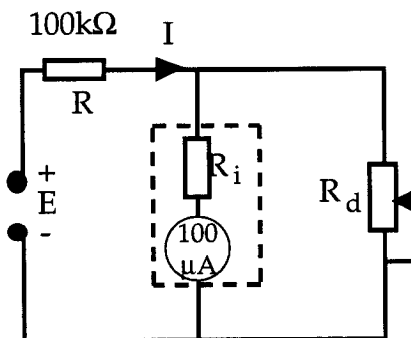
Du skall nu mäta upp den inre resistansen hos vridspolen i ett  $100 \mu\text{A}$  vridspoleinstrument. Tycker Du att det är lämpligt att använda ett Philips universalinstrument för detta ändamål?

Svar med motivering:



#### Uppgift 4b. Mätning av amperemeters inre resistans med hjälp av dekadmotstånd.

Du skall nu mäta upp inre resistansen hos  $100\ \mu\text{A}$ -instrumentet med hjälp av kopplingen i figur 9:



**Figur 9.** Koppling för mätning av inre resistans hos ampere meter med hjälp av dekadmotstånd.  $R_d$  är ett dekadmotstånd,  $E$  är c:a  $10\ \text{V}$ .

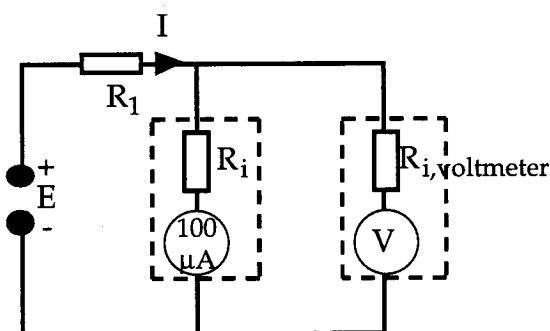
Glöm ej att nollställa vridspoleinstrumentet mekaniskt med hjälp av skruvmejselspåret.

Koppla först bort dekadmotståndet och justera  $E$  så att vridspoleinstrumentet gör fullt utslag ( $= 100\ \mu\text{A}$ ). Givetvis är nu  $I = 100\ \mu\text{A}$ . Koppla nu in dekadmotståndet och justera det så att instrumentet visar  $50\ \mu\text{A}$ . På  $R_d$  kan Du nu läsa av mikroamperemeterns inre resistans  $R_i$ . Varför, och vad blir  $R_i$ ?

Svar:

#### Uppgift 4 c. Mätning av amperemeters inre resistans med hjälp av voltmeter.

Kontrollera värdet på  $R_i$  med hjälp av kopplingschemat i figur 10.



**Figur 10.** Koppling för mätning av inre resistans hos ampere meter med hjälp av voltmeter.

$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ !

Ställ in E så att strömmen genom  $100 \mu\text{A}$ -instrumentet blir  $50 \mu\text{A}$  och mät spänningen över  $100 \mu\text{A}$ -instrumentet. Beräkna  $R_i$  med Ohms lag.

Resultat:

#### Uppgift 4 d. Jämförelse av olika värden på inre resistansen.

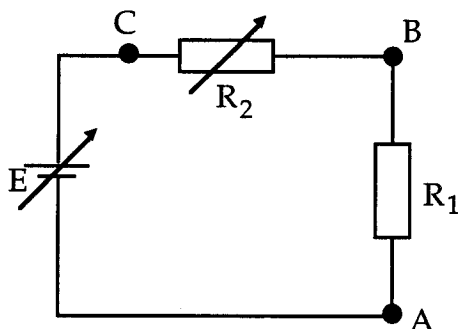
Beräkna medelvärdet på  $R_i$  från Dina beräkningar.

Resultat:

Vilket värde på inre resistansen har Philips analoga instrument för motsvarande mätområdet enligt data blad?

Svar:

För att bestämma inre resistansen hos ett instrument eller en apparat kan också en koppling enligt figur 11 användas.



**Figur 11.** Kopplingsschema för bestämmande av inre resistans.

$E = 20 \text{ V}$  spänningskälla med försumbar inre resistans

$R_1 =$  Den sökta inre resistansen hos mätinstrumentet

$R_2 =$  Variabelt motstånd av samma typ och storleksordning som  $R_1$

Man mäter spänningarna  $U_{AB}$  och  $U_{AC}$ . För  $R_2 = R_1$  fås  $U_{AB} = U_{AC}/2$

När  $R_1$  representerar inre resistansen i en voltmeter så kan man förfara enligt följande: Koppla enligt figur 11. Sätt  $R_2 = 0$  (kortslut) och avläs nu  $U_{AC}$  direkt på voltmeteren. Öka  $R_2$  tills halva utslaget erhålles, dvs  $U_{AB} = U_{AC}/2$ . Voltmeterens inre resistans är då lika med resistansen hos dekadmotståndet.

### Uppgift 5. Inre resistans hos volt meter.

Inre resistansen skall nu beräknas enligt metoden beskriven i figur 11, för några (minst 3) likspänningsmätande instrument som ingår i laborationsutrustningen.  $R_2$  måste väljas så att ordentliga utslag fås.

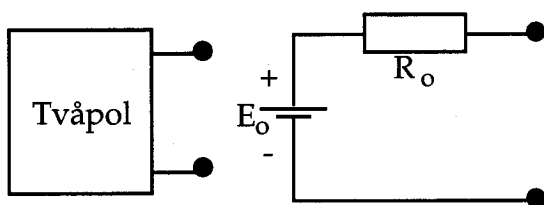
Instrument	$R_i$ (uppmätt)	$R_i$ (enligt data)

Formulera någon slags tumregel som anger hur inre resistansen hos en voltmeter skall förhålla sig till den resistans över vilken spänningen mätes för att voltmeterens påverkan skall kunna försummas.

Tumregel:

### Tvåpoler.

Enligt Thevenins teorem kan en tvåpol, innehållande konstanta spänningskällor och resistanser alltid omformas till en ekvivalent krets enligt figuren.



Figur 12. Thevenins tvåpol.

$E_0$  är tvåpolens tomgångsspänning och  $R_0$  den resistans som kan mätas upp mellan dess två anslutningsklämmor, då alla spänningsgeneratorer är kortslutna och alla strömgeneratorer borttagna.

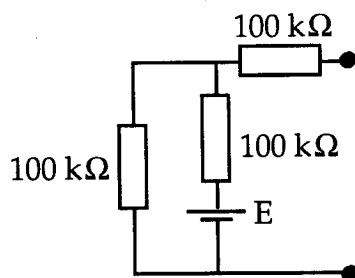
När tvåpolen används som generator, kallas  $R_0$  ofta för utgångsresistans och när den används som belastning ingångsresistans. Dessa resistansers storlek är t ex i förstärkarsammanhang väsentliga att känna till.

### Uppgift 6 a. Teoretiskt värde på utgångsresistansen hos en tvåpol.

Du skall nu mäta upp utgångsresistansen hos tvåpolen i figur 13 med två olika metoder och jämföra resultaten med det värde som du räknat fram teoretiskt i hemuppgift 1.

Vad är det teoretiska värdet på utgångsresistansen  $R_0$  enligt hemuppgiften?

Svar:



Figur 13. Tvåpol.

### Uppgift 6 b. Utgångsresistans hos tvåpol enligt metod 1.

När du mäter tvåpolens tomgångsspänning  $E_0$  och kortslutningsström  $I_k$  skall en höghögspänning voltmeter användas och voltmeteren antas ha en inre resistans  $R_i = \infty$  vid spänningsmätningen. Spänningskällans inre resistans försummas. Vilken av voltmetrarna på laboratoriet är lämpligast att mäta  $E_0$  med?

Svar med motivering:

Mät upp  $E_0$  och  $I_k$ .

Resultat:

Beräkna  $R_0$  ur ekvationen

$$R_0 = \frac{E_0}{I_k}$$

Resultat:

### Uppgift 6 c. Utgångsresistans hos tvåpol enligt metod 2.

I vissa fall tål tvåpolen inte att kortslutas, varför metod 1 inte går att använda. Gör då så här:

Mät  $E_0$  med en högohmig voltmeter. Koppla sedan in ett dekadmotstånd parallellt med voltmeteren och justera motståndet tills voltmeteren visar  $E_0/2$ . Utgångsresistansen  $R_0$  är lika med den på dekadmotståndet avlästa resistansen. Mät upp  $R_0$  på detta sätt.

Resultat:

Varför anger dekadmotståndet  $R_0$ ?

Svar:

Kommentera eventuella avvikelser mellan beräknade och experimentellt erhållna värden.

Kommentar: