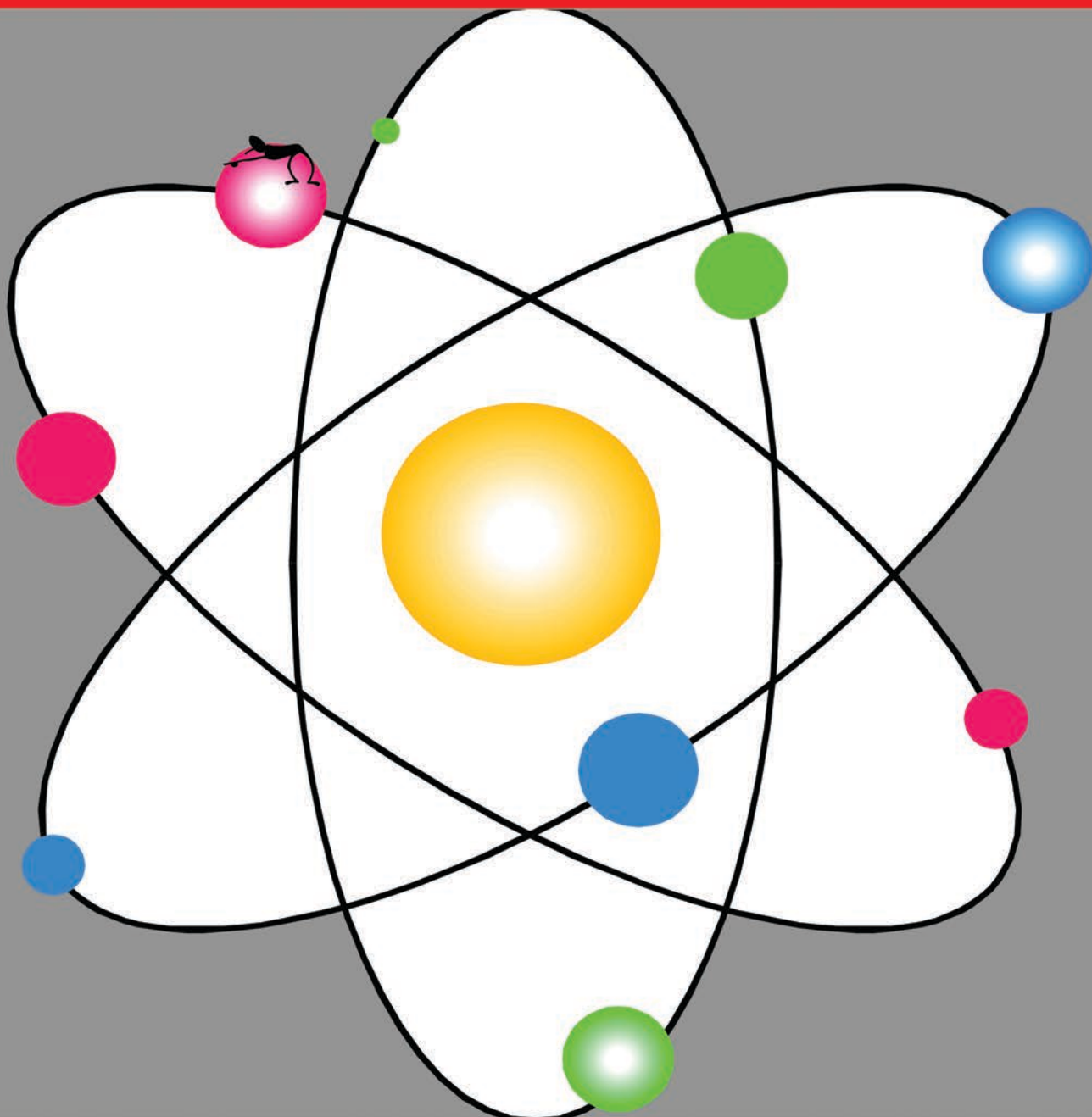


Ellära grunder

Lik- och 1-fas växelström



Revma Utbildning
Sven-Bertil Kronkvist

Innehåll

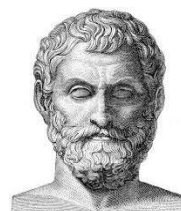
Sida	Avsnitt	Sida	Avsnitt
4	Historia	74	Energi & effekt 15
6	Multimetern 1	78	Testa-dig-själv 15
7	Testa-dig-själv 1	80	Spänningskällor 16
8	Resistans & resistansmätning 2	84	Testa-dig-själv 16
12	Testa-dig-själv 2	86	Effektanpassning 17
14	Ledningsresistans 3	89	Testa-dig-själv 17
18	Testa-dig-själv 3	91	Magnetiska grundbegrepp 18
20	Spänning & spänningsmätning 4	96	Testa-dig-själv 18
23	Testa-dig-själv 4	98	Reläer & reläkopplingar 19
25	Spänningsaggregat 5	101	Testa-dig-själv 19
27	Testa-dig-själv 5	102	Induktion 20
28	Ström & strömmätning 6	106	Testa-dig-själv 20
31	Testa-dig-själv 6	107	Oscilloskop 21
32	Ohms lag 7	111	Testa-dig-själv 21
36	Testa-dig-själv 7	112	Funktionsgeneratoren 22
40	Resistans i seriekretsar 8	116	Testa-dig-själv 22
42	Testa-dig-själv 8	117	Kondensatorn, upp & urladdning 23
44	Spänningsdelning 9	123	Testa-dig-själv 23
47	Testa-dig-själv 9	125	Växelspänning 24
49	Parallellkretsar 10	130	Testa-dig-själv 24
51	Testa-dig-själv 10	134	Facit till Testa-dig-själv-uppgifter
53	Resistans i parallellkretsar 11	138	Matematiska förklaringar
56	Testa-dig-själv 11		
58	Blandade serie & parallellkretsar 12		Som komplement till denna lärobok finns:
61	Testa-dig-själv 12		Mätuppgifter med facit
64	Kirchhoffs spänningslag 13		Instuderingsuppgifter med facit.
67	Testa-dig-själv 13		Extrauppgifter med facit på www.revma.se
69	Belastningseffekter 14		
72	Testa-dig-själv 14		

Personer och händelser i elkunskapens historia

Ämnesområdet elektroteknik är redan stort, men kan likväl väntas öka i såväl omfattning som betydelse. Så har det inte alltid varit, tvärtom har det tagit mänskligheten lång tid att utveckla dagens kunskapsnivå. Flera personer och händelser har bidragit. Några av de mer betydelsefulla får inleda den orientering av ämnet som följer.

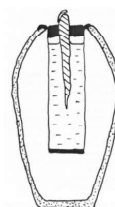
600 BC

Thales från Militos, ca 625 – 545 BC, en av greklands sju vise uppmärksammar fenomenet friktionselektricitet i samband med bärnsten, som på grekiska kallas electron.



250 BC

Bagdadbatteriet, en möjlig förhistorisk galvanisk cell daterad till perioden 250 f.Kr. Det grävdes fram vid Khujut Rabula i utkanten vid Bagdad.. Fyndet har förbryllat forskare och man har inte riktigt kunnat förstå vad det möjliga batteriet kan ha använts till, eller hur man över huvud taget kommit på idén.



1600-talet:

William Gilbert, 1544 – 1603, engelsk läkare och fysiker som är känd för magnetexperiment och teorin att jorden är en stor magnet som förklaring av kompassnålars beteende. Gilbert införde också ordet electric



1700-1800-talet:

Alessandro Volta, 1745 – 1827, italiensk fysiker som uppfann batteriet, Voltas stapel, och får enheten för spänning (volt) uppkallad efter sig. I och med tillgången till en kontinuerlig strömkälla fanns förutsättningar för att undersöka strömmens verkningar.



Hans Christian Ørsted, 1777 – 1851, dansk kemist och fysiker upptäcker år 1820 att en strömförande ledare omges av ett magnetiskt fält och gav oss därmed grunden för elektromagnetismen.



George Simon Ohm, 1789 – 1854, tysk vetenskapsman som hedrats med att få enheten för resistans (ohm, Ω) uppkallad efter sig. Ohm utvecklade idén att det är spänning som orsakar ström i en elektrisk krets och publicerar år 1827 i *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* grunden för elektrisk kretsteori: Ohms lag.



4

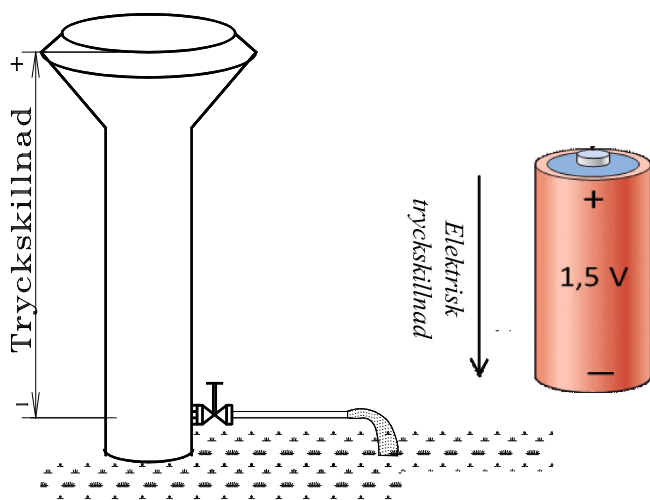
SPÄNNING & SPÄNNINGSMÄTNING

Detta avsnitt redogör för begreppet spänning, om vanliga batterier och hur man mäter likspänning.

När du är klar skall du kunna ställa in en multimeter för likspänningsmätning och mäta spänning i serie- och parallellkopplade batterier.

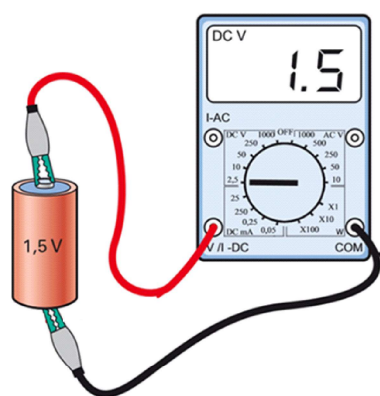
SPÄNNING

Spänning kan sägas vara en elektrisk tryckskillnad som gör att det kan flyta ström i elektriska kretsar ungefär som tryckskillnaden i ett vattentorn gör att det flyter vatten i vattenledningar.



Elektrisk spänningen har storhetsbeteckningen (U) och mäts i enheten *volt* (V). Till följd av detta brukar en multimeter som är inställd för spänningsmätning kallas *voltmeter*.

Här visas hur den elektriska tryckskillnaden mellan ett batteris plus- och minussida mäts med en multimeter



*Kom ihåg:
Spänning mäts alltid
mellan två punkter.*

16

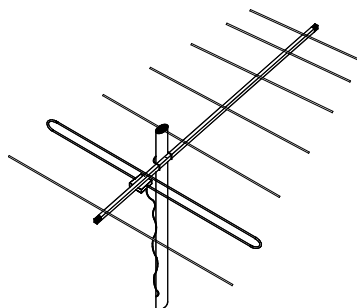
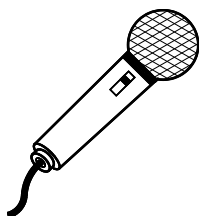
SPÄNNINGSKÄLLOR

Detta avsnitt handlar om spänningskällors elektromotoriska kraft, inre resistans och belastningsförmåga.

När du är klar ska du kunna beräkna och mäta inre resistans, emk och polspänning hos spänningskällor.

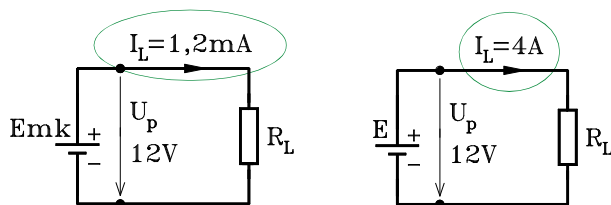
DET TRODDE DU INTE!

När du hör ordet spänningskällor tänker du säkert på batterier och spänningsaggregat, men även mikrofoner och TV-antennor är spänningskällor med emk och inre resistans.



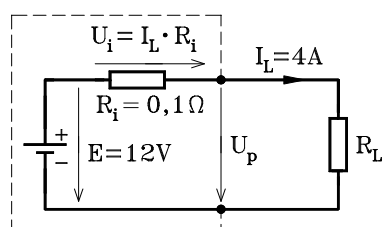
IDEALA SPÄNNINGSKÄLLOR

Tänkta idealt perfekta spänningskällor har en *elektromotorisk kraft* (emk) som lämnar en konstant *polspänning* (U_p), oavsett hur stor *belastningsström* (I_L) som uttages. Bilderna nedan illustrerar sådana spänningskällor. Polspänning U_p förblir konstant 12V oberoende om belastningsströmmen I_L är 1,2mA eller 4A.



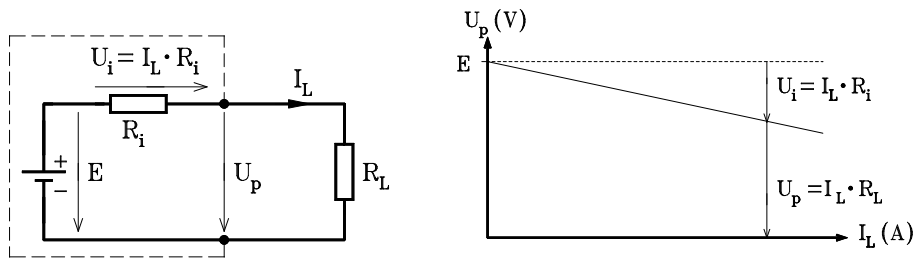
VERKLIGA SPÄNNINGSKÄLLOR

Verkliga spänningskällor beter sig emellertid som om det finns en inre resistans (R_i) mellan den *konstanta emk:n* och anslutningspolerna. Observera att det inte är fråga om en verklig resistor, utan ”något” som har egenskapen resistans.



BELASTNINGSEFFEKTER

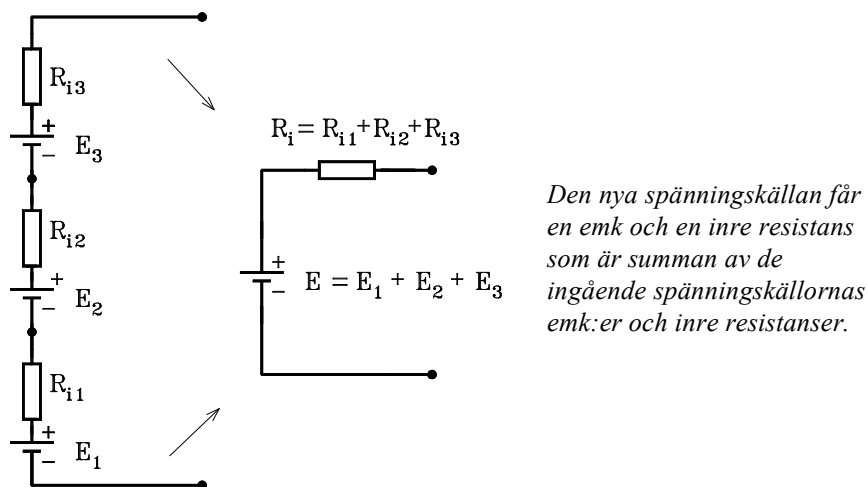
Mäter man polspänningen U_p vid växande värden på belastningsströmmen I_L och återger mätresultaten i en graf ser det ut så här:



Lägg märke till att det inre spänningsfallet ($U_i = I_L \cdot R_i$) växer då belastningsströmmen I_L ökar. Samtidigt krymper polspänningen U_p i motsvarande grad så att $U_i + U_p$ alltid är lika med E .

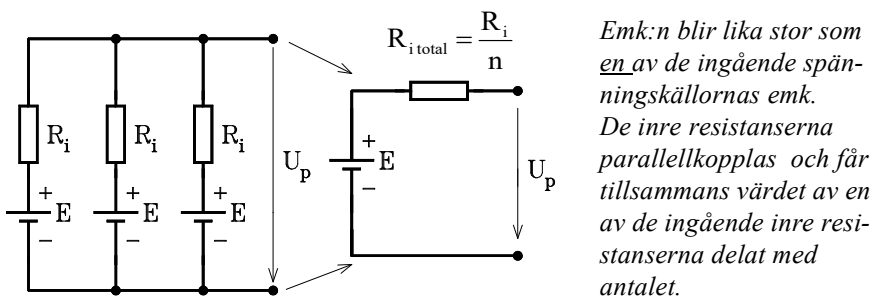
SERIEKOPPLADE SPÄNNINGSKÄLLOR

Seriekopplas flera spänningskällor resulterar det i en ny spänningskälla.



PARALLELLKOPPLADE SPÄNNINGSKÄLLOR

Parallellkopplas likvärdiga spänningskällor, med samma värden på emk och inre resistans, erhålles en ny spänningskälla med större belastningsförmåga.





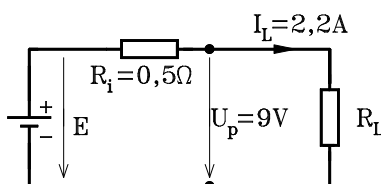
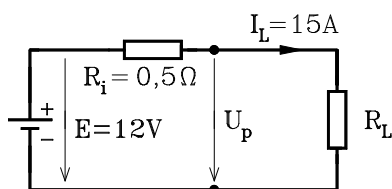
SPÄNNINGSKÄLLOR

SAMMANFATTNING

1. Ideala spänningskällor med konstant polspänning som är oberoende av belastningsströmmen existerar bara i teorin.
2. Verkliga spänningskällor beter sig som om de har en inre resistans i serie med en emk med konstant spänning.
3. Den inre resistansen orsakar både spännings- och förlusteffekter i spänningskällan.
4. Om en belastning på nästan 0Ω kopplas mellan en spänningskällas plus- och minuspol kallas det kortslutning.
5. Det enda som begränsar strömmen vid kortslutning av en spänningskälla är den inre resistansen.
6. R_i kan inte mätas genom direkt ohmmätning utan måste beräknas. För beräkningen är det nödvändigt att veta emk:n och polspänning vid en känd belastningsström.
7. Polspänningen är lika stor som emk:n om ingen belastningsström dras från spänningskällan och nästan lika med emk:n då belastningen endast är en multimeters mätström.
8. Seriekopplade spänningskällors emk och R_i är summan av de ingående spänningskällornas emk:er respektive inre resistanser.
9. Parallellkopplade spänningskällor har en emk som är lika med en av de ingående spänningskällornas emk och ett R_i som är värdet av de inre resistanserna om de parallellkopplas.

UPPGIFTER

1. Beräkna a) U_p b) R_L
2. Beräkna a) E b) U_i c) R_L



1a) 2a)

1b) 2b)

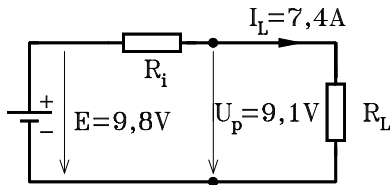
2c)

Testa-dig-självt 16



SPÄNNINGSKÄLLOR

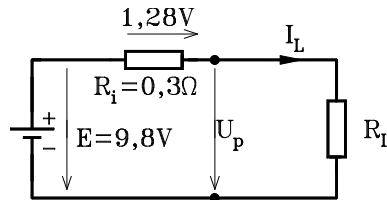
3. Beräkna a) R_i b) R_L



3a)

3b)

4. Beräkna a) I_L b) U_p c) R_L

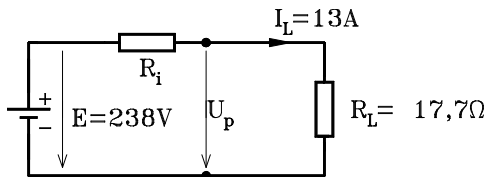


4a)

4b)

4c)

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



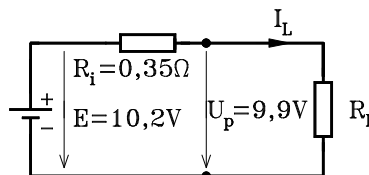
5a)

5b)

5c)

5d)

6. Beräkna effekten i
a) R_i b) R_L



6a).....

6b).....

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

Rita kretsbilder med referenser och storhetsbetyckningar för uppgifterna 7 och 8!

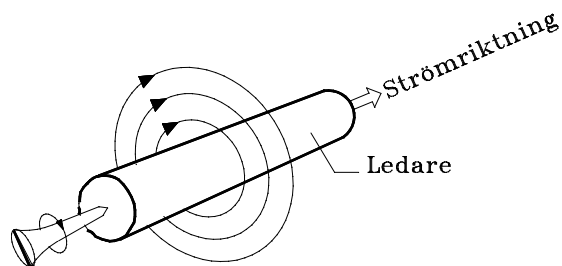
.....

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

.....

ELEKTROMAGNETISM

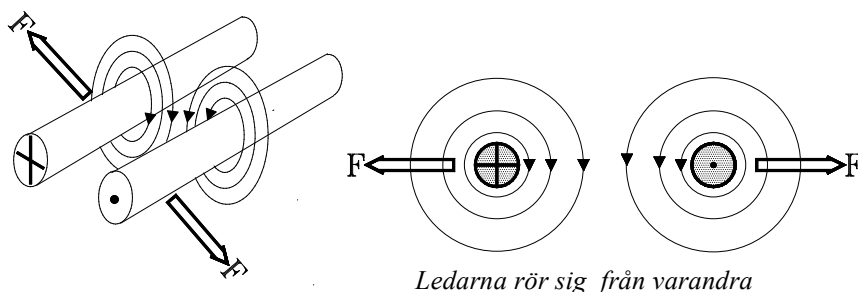
På 1820-talet upptäckte den danske fysikern *Hans Christian Ørsted* att det i omgivningen av en strömförande ledare existerade ett magnetiskt kraftfält som är cikelformat och har en riktning runt ledaren.



Denna viktiga fältbild kan beskrivas med den så kallade *skruvregeln*.

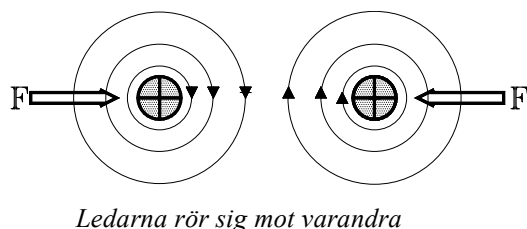
Skrivas en högergängad skruv i en ledares strömriktning sammanfaller skruvriktningen med magnetfältets riktning runt ledaren.

Ørstedts forskning visade dessutom att det mellan strömförande ledare, som befinner sig i varandras magnetfält, verkar krafter (F) som försöker föra ledarna från områden där fältlinjernas riktning sammanfaller.



Lägg märke till hur strömriktningen i ledarna markeras. Krysstecknet betyder att strömmen flyter från läsaren och punkten att strömmen flyter mot läsaren. Prova gärna med skruvregeln!

Flyter strömmen åt samma håll i båda ledarna motverkar fältlinjerna varandra och då försöker ledarna att röra sig mot varandra.



Ørstedts upptäckt var första steget mot växelströmstekniken och allt vad det innebär av motorer, generatorer, högtalare, transformatorer, reläer med mera

24

VÄXELSPÄNNING

Detta avsnitt är en introduktion av växelströmlärens grunder.

När du är klar ska du kunna mäta karakteristiska värden hos växelspanningar med multimeter och oscilloskop samt relatera de uppmätta värdena till våg- och visardiagram.

VÄXELSPÄNNINGSKÄLLOR

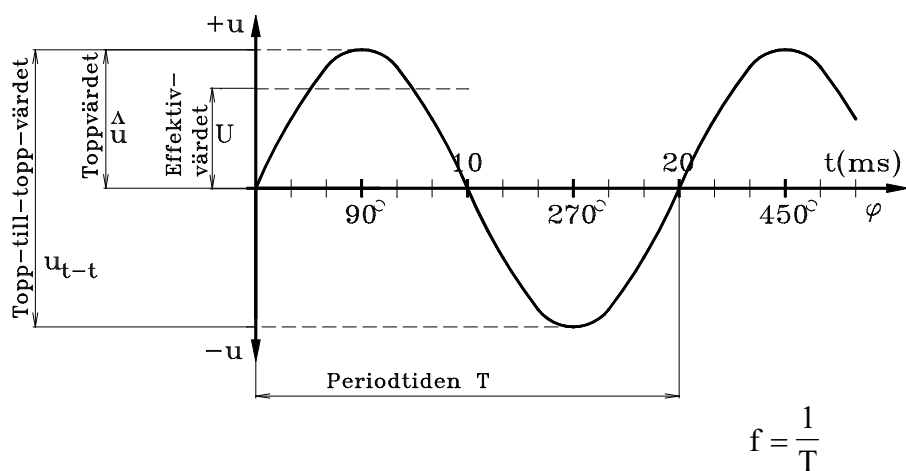
Växelspänningen i våra vägguttag har ett fast effektivvärde på 230V och en fast frekvens på 50Hz. *Observera att 230V är en livsfarlig spänningsnivå!*

Vid elektriska experiment och i servicesammanhang används därför funktionsgeneratorer med inställningsmöjligheter av såväl kurvformer som spänning och frekvens.

VÄXELSPÄNNINGSSTORHETER

Sinusformade växelspanningar anges till sin storlek i allmänhet med de beteckningar och benämningar som visas i *vågdiagrammet* nedan.

Kom också ihåg att frekvens, som är en viktig storhet i växelströms-sammanhang, är antalet perioder under en sekund.



Växelspänningsstorheter i ett vågdiagram

Lägg märke till att vågdiagrammets X-axel är indelad i både grader och tid. Periodtiden T motsvarar därvid 360° , halva periodtiden 180° osv...

Lägg detta på minnet eftersom du behöver omvandla tid till grader och tvärtom vid mätning och beräkning av växelströmskretsar.

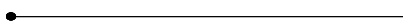
FÖRENKLAT VISARDIAGRAM

I förenklade visardiagram ritas X-axelns positiva del som referensriktning, men i övrigt ritas man endast visarna och deras rotationspunkt i origo. Resten av koordinatsystemet och cikelperiferin får man tänka sig.

Exempel: Rita ett förenklat visardiagram för spänningen ($\hat{u}=5V$) och strömmen ($\hat{i}=2A$) där spänningen ligger ($\varphi=30^\circ$) före strömmen.

- 1) Sätt ut rotationspunkten och referensriktningen ($\varphi = 0^\circ$).
- 2) Rita en visare för strömmen. Välj skalan $1A=10mm$.
- 3) Rita en visare för spänningen. Välj skalan $1V=10mm$.

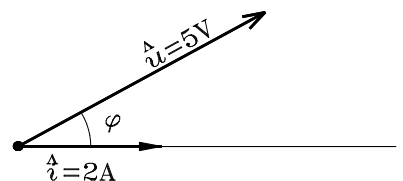
1. origo + x-axeln



2. Visare för strömmen

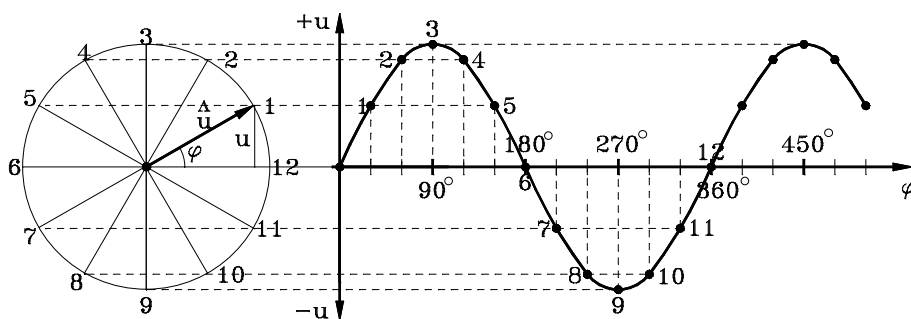


3. Visare för spänningen



VÅG- & VISARDIAGRAM

På grund av att oscilloskop visar sinusspänningar som vågdiagram och att vi använder visardiagram vid beräkningar behöver vi kunna översätta det ena diagrammet till det andra.



I bilden har storleken och riktningen för (u) markerats vid 12 olika rotationsvinklar i både visar- och vågdiagrammet.

Lägg märke till att momentanvärdet (u) är lika stort vid markeringarna (1) och (5). Även alla andra värden mellan 0° och 90° har en motsvarighet mellan 90° och 180° . På samma sätt har alla värden mellan 180° och 270° ett motsvarande värde mellan 270° och 360° .

📖 Testa-dig-själv 24

📖 Mätuppgift 24



VÄXELSPÄNNING

SAMMANFATTNING

1. Distributionsnätets sinusformade spänning har effektivvärdet 230V och en frekvens på 50Hz. 230V är en livsfarlig spänningsnivå!
2. Den tid det tar för en sinusformad spänning eller ström att genomlöpa en period kallas periodtid, har beteckningen T och mäts i sekunder.
3. Antal perioder som ryms inom en sekund kallas frekvens, betecknas (f) och anges i Hz. Frekvensen beräknas enligt:

$$f = \frac{1}{T}$$

4. En sinusformad spänning anges vanligen med endera effektivvärdet U, toppvärdet (\hat{u}) eller topp-till-topp-värdet (u_{t-t}).
5. Topp- och effektivvärdets inbördes förhållande är

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \quad \text{eller} \quad \hat{u} = U \cdot \sqrt{2}$$

6. Växelspänningars momentanvärde kan beräknas trigonometriskt.

$$u = \hat{u} \cdot \sin \varphi$$

7. På samma sätt som för spänning kan motsvarande beräkning av effektivvärden och momentanvärden göras för ström:

$$\text{Effektivvärdet} \quad I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} \quad \text{Momentanvärdet} \quad i = \hat{i} \cdot \sin \varphi$$

8. För resistiva växelströmskretsar kan Ohms lag användas precis som vid likström, både med momentan- och effektivvärden.
9. Multimetrar har effektivvärdesgraderad visning på växelspännings- och växelströmsområdena och mätvärdena blir endast korrekta för sinusformad växelspänning och växelström.

FACIT till Testa-dig-själv-uppgifterna

AVSNITT 1

Endast sammanfattning

AVSNITT 2

1. R
2. Ω
- 3a. $22\Omega / 5\%$
- 3b. $270\Omega / 10\%$
- 3c. $390\,000\Omega / 5\%$ eller $390k\Omega / 5\%$
- 3d. $5,6\Omega / 5\%$
- 3e. $68\,000\Omega / 5\%$ eller $68k\Omega / 5\%$
4. $1\Omega, 1,2\Omega, 1,5\Omega, 1,8\Omega, 2,2\Omega, 2,7\Omega, 3,3\Omega, 3,9\Omega, 4,7\Omega, 5,6\Omega, 6,8\Omega, 8,2\Omega$
5. 610Ω
- 6a. Kolkomposit, kolskickt, metallfilm, metalloxider, kantal, konstantan.....
- 6b. Utöver vanliga resistorer och potentiometrar finns särskilda effektresistorer, skjutmotstånd, reostater, motståndsnät, NTC-, PTC-, LDR, VDR-motstånd.
- 6c. I 5-bands färgkod anger de tre första färgbanden sifror för resistansvärdet, den fjärde bandet är multiplikator och det femte bandet anger toleransen.

6-bandkoden är densamma som 5-bandkoden, med tillägg av band 6 som anger temperaturkoefficienten.

AVSNITT 3

1. $3,5\Omega$
2. $0,0098\ \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
3. $3,14\text{mm}^2$
4. $1,8\text{mm}$
5. Första raden $R = 0,5\Omega$ ($0,51\Omega$)
Andra raden $l = 8,0\text{m}$
Tredje raden $A = 4,0\text{mm}^2$ ($3,997\text{mm}^2$)
6. $1,84\text{mm}$
7. Resistiviteten beräknas till $0,024\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Enligt tabellen i avsnittet är det ρ för guld
8. 29Ω ($28,98\Omega$)

AVSNITT 4

1. Börja spänningsmätning med det högsta mätområdet inkopplat. Sträva efter så stort skalutslag som möjligt, det ger noggrannast mätresultat.

- 2a. Att visaren står ovanför den aktuella skalans högsta värde, dvs till höger på skalan.
- 2b. Att visat värde motsvarar mätområdets största värde.
3. 100V
4. Visaren "går" baklänges vilket gör att det inte går att avläsa något mätvärde.
5. Vanligtvis indikeras felpolariseringen med ett minustecken. Mätvärdet kan ändå avläsas.
6. Seriekopplas
7. Parallellkopplas
8. Då multimetern är inställd för max skalutslag.

AVSNITT 5

1. Att ett objekt med mycket liten resistans, nära 0Ω , ansluts mellan spänningskällans plus- och minuspol.
2. Spänningskällan kan gå sönder.
3. Spänningsaggregat lämnar en kontinuerlig spänning oberoende av inkopplingstid. Batterier tar slut, dvs polspänningen sjunker efterhand som batteriets lagrade laddningsmängd förbrukas. Batterier har fördelen att inte behöva nätanslutas i motsats till spänningsaggregat.

AVSNITT 6

1. Hälften så stor
2. Dubbelt så stor

AVSNITT 7

1. $0,17\text{A}$ ($0,167\text{A}$)
2. $2,2\text{A}$ ($2,18\text{A}$)
3. $7,1\text{A}$ ($7,05\text{A}$)
4. 40mV ($0,0396\text{V}$)
5. 86Ω ($85,7\Omega$)
6. $0,99\text{mV}$ ($0,000987\text{V}$)
7. 108V
8. 344Ω ($343,7\Omega$)