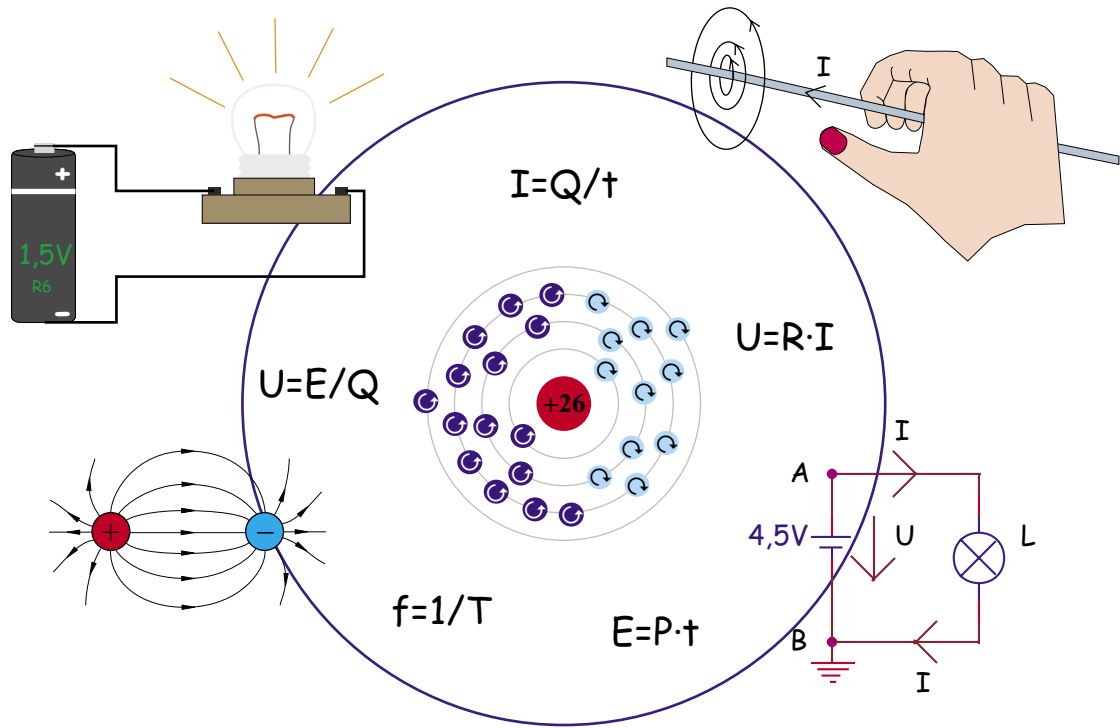


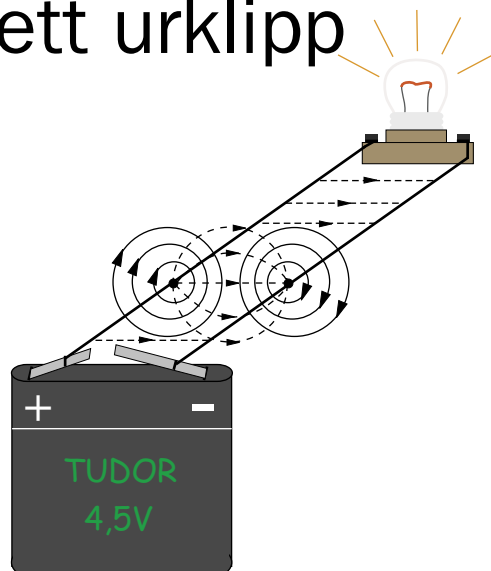
Ellära



med

Elektromagnetism

- ett urklipp



Läs detta först

Denna fil är ett urklipp från boken "Ellära med elektromagnetism" (utgåva BL011:1). Originalfilen är konverterad till en pdf-fil med eBook-komprimering vilket passar för bildskärm men innebär något försämrad utskriftskvalitet (märks mest på foto). Urvalet är gjort på detta vis:

Efter "Utdrag ur Inledning" (nedan) följer den första sidan i varje kapitel. Därefter exempel på återkommande inslag i varje kapitel: faktaruta, "Variationer" samt "Ta ett steg till...".

Boken är tryckt i svartvitt och ringbunden. Den är på 156 sidor och innehåller ca 560 bilder och illustrationer. I slutet av boken finns ett register med över 500 nyckelord.

Du kan beställa boken (art. nr BL011) direkt från www.bde.se. Där finns också mer information om boken, laborationer, komponentsatser till laborationer, projekt mm.

Utdrag ur Inledning

Modeller för att förstå elektriska fenomen

Den elektriska strömmen är ett fenomen som utspelar sig i och bland materiens minsta beståndsdelar – atomerna.

För att förstå den elektriska strömmens natur måste vi utgå från modeller som, så långt möjligt med tanke på läsarens förkunskaper, stämmer överens med experiment och observationer av verkligheten.

I enlighet med den moderna fysiken har partiklarna i den atomära världen en dubbel natur – partikel och vågrörelse. Traditionellt har elläran tagit fasta på partikelnaturen och därmed sammanhängande teorier om kraftfält mellan partiklar. Genom utvecklingen av allt snabbare digitalteknik och högfrekventa signalsystem på kretskort, i ledningsbundna nätverk och i radiokommunikationssystem blir en förståelse för elektricitetens natur som vågrörelse allt mer betydelsefull. Den som idag på något sätt arbetar med elektricitet måste vara medveten om begreppet elektromagnetism och de problem med störningar som kan uppstå vid konstruktion, reparation, installation eller till och med handhavandet av modern digital utrustning.

Att införa begreppet elektromagnetism i en grundbok i ellära medför, med nödvändighet, att framställningen blir något mera komplex. Den elektromagnetiska kraften, elektriska och magnetiska fält är exempel på begrepp som måste lyftas fram tydligare än vad som är brukligt. Energibegreppet får också en större betydelse.

Å andra sidan finns det pedagogiska vinster i detta. De grundläggande begreppen som ström, spänning och resistans liksom energiförbrukning och energitransport definieras och förklaras tydligt och verklighetstroget inom ramen för denna modell. Energibegreppet är utgångspunkten och en röd tråd i hela framställningen.

Inspirationskällor

Den främsta inspirationen till den här boken har kommit från de elever som trots stort intresse och idogt arbete med sin lärobok i ellära ändå mäter strömmen i ett batteri när de avser att mäta spänningen eller tror att strömmen förbrukas eller vägrar förstå "att elektronerna i slutet av ledaren kan bete sig som om de visste vad som händer i andra ändan av ledaren".

Under fortsättningskurser i analog och digitalteknik (KY-utbildning mm) har det framkommit att det är mycket få elever som har kunskaper om elektromagnetism.

Inspiration har också kommit från Sten Bendas bok Störningsfri elektronik. Det var denna bok som för första gången uppenbarade för mig hur energitransporten "egentligen" gick till.

Grundläggande tankar om elektronens natur har inspirerats av Hans-Uno Bengtssons populärvetenskapliga fysikböcker.

"Variationer" som ett viktigt pedagogiskt grepp har inhämtats från en av Bodil Jönsons böcker - Den obändiga sökluften.

Robert Svensson på Chalmers Lindholmen har lämnat ett flertal värdefulla synpunkter till grund för denna utgåvan.

Läsanvisning

Boken är skriven för att läsas i kapitelordning. Det enda undantaget är kapitel 10 "Elsäkerhet" som kan läggas in när som helst efter kapitel 2.

Utifrån läroplanen för ElläraA kan kapitel 9 betraktas som överkurs.

Den avdelning i varje kapitel som kallas "Variationer" är just variationer och inte endast övningsuppgifter. Den är tänkt som en viktig del av ordinarie kurs.

Däremot finns det i nästan varje kapitel en avdelning med rubriken "Ta ett steg till...". Denna del är avsedd för de mest vetgiriga dvs. mer eller mindre överkurs.

1. Energi och elektromagnetiska vågor

I solceller omvandlas ljus till elektrisk energi som till exempel kan driva en kalkylator.

Alla elektriska fenomen är energiflöden. Det är energi som förflyttas genom våra elektriska ledningar från säkrings-skåpet till lampor, spisar och apparater. Elektrisk energi bär information och data i PC och mobiltelefoner.

I det här kapitlet får du lära dig vad energi är, om energi-omvandling och energitransport. Speciellt handlar det om elektrisk energi och elektromagnetiska vågor. Några andra viktiga begrepp är kraft och effekt.

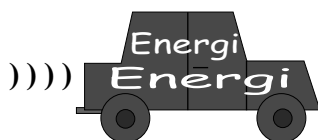


Energi och kraft

Vad är energi ?

Energi innebär **rörelse** eller **förmåga till rörelse**. Allt som rör sig eller kan få något att röra sig, bär på energi.

Människan som kan utföra ett arbete är laddad med energi, liksom ett elektriskt batteri som kan sätta strömmen i rörelse, skicka ut energi genom en radiovåg eller sätta en motor i rörelse.



En bil som accelereras får mer energi "med sig". Den har olika **energitillstånd** beroende på dess hastighet.

Detta gäller alla objekt, från minsta partikel till planeter och solsystem.

Energi kan ackumuleras, till exempel som värmeenergi i en ackumulatortank, som rörelseenergi i ett svänghjul eller som elektrisk energi i ett batteri och den kan omvandlas.

Beteckningen på energi

Olika bokstavs-beteckningar används för energi. Det är vanligt att använda bokstaven **W** som kommer från engelska ordet för arbete (work). Idag används dock alltmer bokstaven **E**.

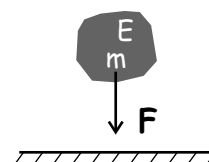
$$W = E = \text{Energi}$$

Vad är kraft?

Det är viktigt att skilja på begreppen kraft och energi.

Energin är en **förutsättning för** men leder inte automatiskt till rörelse. Det som **orsakar** en rörelseändring är det vi kallar **kraft**. En kraft är en påverkan mellan kroppar.

En sten som faller till marken påverkas av tyngdkraften (gravitationen).



Kraft betecknas med bokstaven **F** och mäts i enheten Newton (N).

Kraft har såväl storlek som riktning och kallas **vektorstorhet**. Det är vanligt att enhetsbokstaven för vektorer har fet stil.

Energi har endast storlek och kallas för **skalär** storhet

Massa är en form av energi

Einstein visade genom energiformel $E = mc^2$ (där m är massa och c ljusets hastighet) att massa är en form av energi.

Omvandling av massa till energi sker i kärnreaktorer, kärnvapen och inte minst i solen där fyra miljoner ton massa försvinner varje sekund.

2. Hur det blir elektrisk ström

Det är tack vare den elektriska strömmen som CD-skivan snurrar och ljud kommer ut i hörlurarna. Men hur går det till?

I detta kapitel får du lära dig vad elektrisk ström är och hur den drivs fram av elektrisk spänning.

Viktiga nya begrepp är laddningar, elektromagnetisk kraft, ledningselektroner, statisk elektricitet, potentialskillnad, spänning och ström.



Inledande materiallära för elektroniker

Den osynliga elektriciteten

Om vi vill förstå hur elektricitet fungerar, vad elektrisk spänning och ström är och hur den uppstår måste vi "titta in" i atomen eftersom det är i detta mikrokosmos vi hittar **elektronerna** som är nödvändiga för att spänning och ström skall uppstå.

Nu kan vi inte "se" elektronerna, lika lite som vi kan se partiklarna i ljus men med hjälp av modeller (bilder) kan vi både förstå och förutsäga elektriska fenomen.

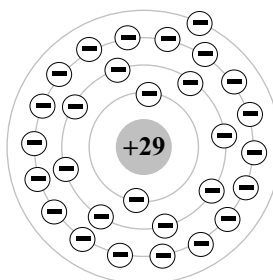
Enligt den moderna fysiken (kvantmekaniken) har elektronen liksom alla andra atomära partiklar en dubbelnatur. Experiment visar att de ibland uppträder och kan beskrivas som partiklar och ibland som elektromagnetiska vågor. Dessa beskrivningar kompletterar varandra.

Vissa av den elektriska strömmens egenskaper kan vi förstå med hjälp av en partikelmmodell, andra kräver att vi ser till dess vågnatur.

Atomens laddade partiklar

Vi utgår från en enkel modell hämtad från atomteorin. I denna består atomen av en kärna av positivt laddade **protoner** samt neutrala **neutroner**. På bestämda avstånd från kärnan finns **elektronerna** som ett moln av negativt laddade partiklar.

Som exempel tar vi kopparatomen eftersom koppar är ett material som används flitigt i elektroniken. Kopparatomen har 29 elektroner som befinner sig i fyra olika skal utanför kärnan med sina lika många protoner.



En proton har lika stor laddning som en elektron fast med omvänd polaritet. Eftersom atomen har lika många positiva som negativa laddningar är den **elektriskt neutral**.

Den elektromagnetiska kraften

Mellan atomens laddade partiklar finns den kraft som i grunden styr alla elektriska fenomen – **den elektromagnetiska kraften**.

Den elektromagnetiska kraften uppstår just för att partiklar har **laddning** – en slags "**elektrisk massa**".

Man kan jämföra med gravitationen som uppstår på grund av att partiklar har massa (vikt). Till skillnad från den elektromagnetiska kraften saknar emellertid gravitationen betydelse på atomnivå eftersom partiklarnas massa är så enormt liten.

I princip fungerar den elektromagnetiska kraften på ett mycket enkelt sätt:

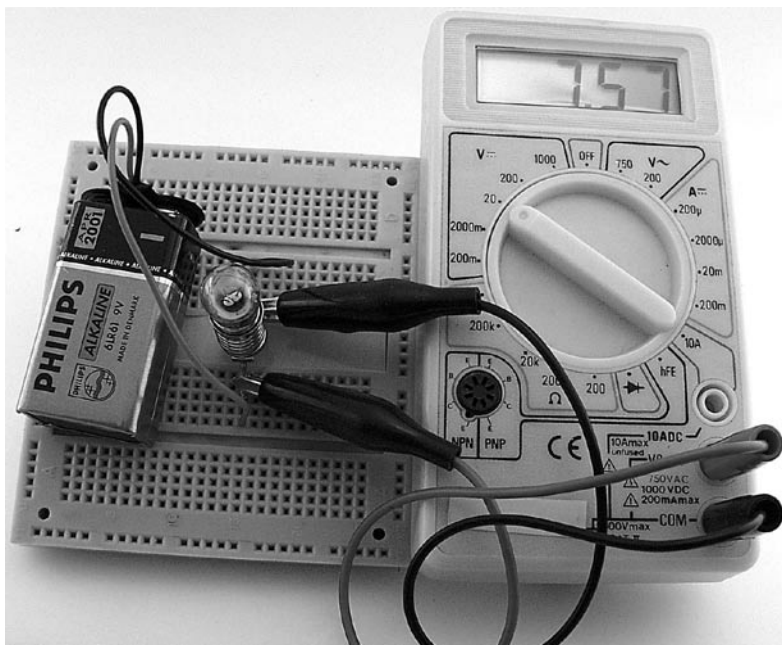
Partiklar med samma slags laddning stöter bort varandra medan partiklar med olika slags laddning dras till varandra.

3. Grundläggande kretsanalys

Mätinstrument är vårt bästa verktyg när vi vill undersöka hur en elektrisk krets fungerar. På bilden mäter vi spänning med en digital voltmeter.

I det här kapitlet får du lära dig grunderna i analys av elektriska kopplingar – hur man läser kopplingsschema, gör beräkningar samt hur man mäter spänning och ström.

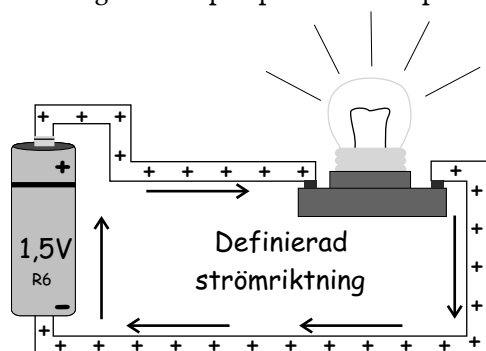
Viktiga nya begrepp är kopplingschema, nod, analog och digital multimeter, parallellkoppling, seriekoppling, elektrisk effekt och potentialer.



Från praktisk koppling till symbolschema

Strömmen går från (+) till (-)

När den elektriska strömmen upptäcktes trodde man att den gick från pluspol till minuspol.



Detta var innan elektronens existens var fastställd.

I fysiken från (-) till (+) - eller tvärtom!

Nu vet vi att elektronströmmen i en ledare går från minus till plus eftersom elektronerna är negativa laddningsbärare. De positiva joner i metallerna sitter fast och ger inget bidrag till laddningsströmmen.

I vätskor däremot kan strömmen transporteras med såväl negativa som positiva laddningsbärare (joner) liksom i halvledarmaterial – i transistorer och IC-kretsar.

För att förstå en del elektriska fenomen är det nödvändigt att se till strömmens verkliga natur. Även längre fram i boken kommer vi ibland att utgå från laddningarnas verkliga polaritet och vad det för med sig för bland annat strömmens riktning.

I praktisk elektronik från (+) till (-)

I den praktiska elektroniken är den fysikaliska modellen opraktisk.

Om man skulle behöva hålla reda på typen av laddningar och "verklig" strömriktning skulle det bli väldigt invecklat! Dessbättre spelar strömmens verkliga riktning en mindre roll. I den praktiska elektroniken uppträder strömmen på samma sätt oavsett vilken typ av laddningar som bär fram den eller vilken riktning vi klistrar på den.

Av historiska och kanske också rent praktiska skäl håller man fast vid att strömmen går från plus till minus vilket motsvarar från högre till lägre potential.

I praktiska exempel och vid all kretsanalys framöver tänker vi oss att strömmen utgår från pluspolen. Det innebär att vi låtsas att strömmen är en ström av positiva laddningar - även i en ledare av metall.

Som du kommer att upptäcka fungerar detta synsätt alldeles utmärkt.

Symboler ersätter teckningar och foto

När man skall visa hur elektriska komponenter skall kopplas ihop kan man givetvis ta foto eller göra teckningar på de ingående komponenterna.

Teckningen ovan visar ju tydligt hur lampan är kopplad till batteriet.

Ett foto visar samma sak.

4. Motstånd och energiomvandling

I en brödrost möter strömmen motstånd och elektrisk energi omvandlas till värme.

I detta kapitel får du lära dig vad som begränsar strömmen i ledare och isolatorer.

Viktiga nya begrepp är resistivitet, resistans, spänningsfall, potentialvandring och Ohms lag.



Elektronkollisioner och resistans

Motstånd mot strömmen

Hittills har vi studerat hur strömmen ser ut i koppar som har ett stort antal fria elektroner och därför leder ström bra. Men vi måste fråga oss hur bra?

I en sluten strömkrets kommer de fria elektronerna att accelereras av den elektromagnetiska kraften (spänningen) mellan energikällans poler. Men elektronerna flyter inte friktionsfritt genom ledaren. De stöter på andra elektroner vilket stoppar upp deras rörelse och de kolliderar med atomer.

När elektroner kolliderar omvandlas deras rörelseenergi till värme. Denna energiomvandling kan jämföras med friktion.

Energiomvandlingen i elektriska kretsar kan vara avsiktlig som till exempel i en brödrost, i ett värmelement eller i en lampa. I dessa komponenter är ledningsförmågan dålig – med avsikt. Här dumpas energi för att erhålla värme och ljus.

På transportsträckan mellan källa och förbrukare dvs. i ledarna, vill vi däremot förlora så lite energi som möjligt.

Ledare och isolatorer

I kapitel 2 visades skillnaden mellan ledare och isolatorer.

I ledare finns fria elektroner som rör sig relativt lätt. Detta gäller för de flesta metaller som till exempel koppar, silver och platina. Det är dessa ämnen vi kallar **ledare** och vi säger att de har god **ledningsförmåga**. Även vätskor fungerar ofta som

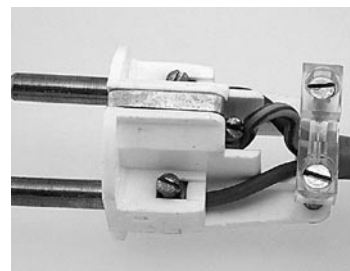
goda ledare. Detta gäller till exempel människokroppens vätskor.

Exempel på ledande material:



I **isolatorer** finns få fria elektroner eftersom gapet mellan valensbandet och ledningsbandet är stort. I en isolator är ledningsförmågan så liten att den saknar praktisk betydelse.

Det finns grundämnen med liten ledningsförmåga (till exempel ädelgaser) men i första hand är det sammansatta ämnen som används som isolatorer. De vanligaste isolationsmaterialen är olika plaster, glas, porslin och gummi.



Mellan kontakterna i en stickpropp finns ett isolationsmaterial av bakelit, termoplast eller PVC.

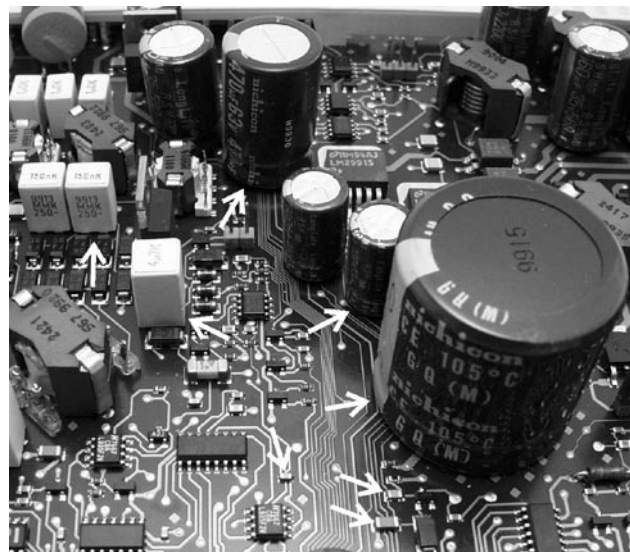
5. Det elektriska fältet och kondensatorn

Man kan dela upp den elektromagnetiska kraften i en elektrisk och en magnetisk del.

Många elektriska fenomen och praktiska uppfinningar bygger på den elektriska kraften. Du känner redan till statisk elektricitet och batterispänning. I det här kapitlet skall vi bl.a. undersöka elektrostatiska högtalare, skärmverkan, kondensatormikrofonen och den viktiga kondensatorn.

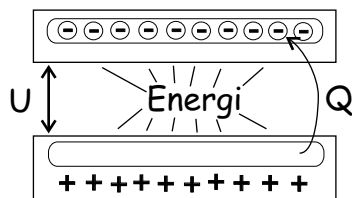
På ett kretskort finns det ofta kondensatorer av olika slag och storlekar. (bilden t.h.) De används bland annat för tillfällig lagring av elektrisk energi.

Viktiga nya begrepp i det här kapitlet är influens, laddningsfördelning, elektriskt fält, kondensatorn och tidskonstanten.



Kraftverkan och laddningsfördelning

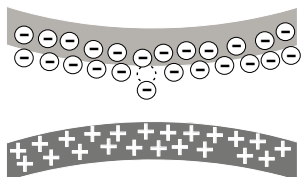
Den elektromagnetiska kraften finns mellan laddningar. När laddningar (Q) separeras uppstår en spänning (U) som samtidigt är ett mått på den energi som tillsätts för separationen $U = E/Q$.



Området där den elektromagnetiska kraften verkar kallas för ett **elektriskt fält** - ibland statiskt elektriskt fält, eftersom det inte flyter någon ström. Det är intimt förknippat med spänning.

Kraftverkan genom separation

Det är inte så svårt att förstå att det uppstår en kraftverkan mellan separerade laddningar.



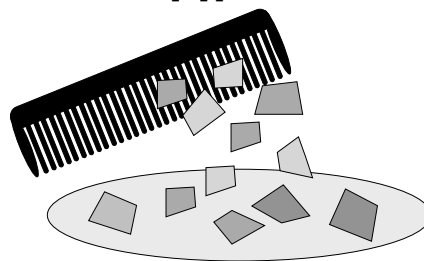
Laddningarna separeras mer eller mindre med våld och kraften kan lätt konstateras!

Statisk elektricitet får håret att resa sig och sprakar när elektronerna vill tillbaka. I den elektriska kretsen tar sig laddningarna tillbaka så fort tillfälle ges - genom den slutna strömkretsen och Coulombs lag ger oss $F = k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / r^2$.

Kraftverkan genom influens

Men den elektriska krafen finns även mellan en laddad kropp och helt neutrala material, alltså gentemot andra material än de som förlorat laddningen.

Med en "laddad" kam kan man till exempel lyfta mindre föremål som pappersbitar.



Det här fenomenet kallas **elektrisk influens** och innebär att en laddad kropp kan påverka även neutrala material, såväl isolerande som ledande.

Vad är det som gör att den laddade kammen kan lyfta oladdade pappersbitar? Eftersom pappersbitarna innehåller lika mycket positiv som negativ laddning borde väl de repellerande och attraherande krafterna vara lika stora? Jo, men det händer något annat!

Polarisation - i en isolator

I en isolator finns inga fria rörliga laddningar men det betyder inte att laddningarna i en isolator inte kan påverkas.

När den negativt laddade kammen närmas

6. Batterier

Batterier är en av våra viktigaste energikällor. I batteriet omvandlas kemisk energi till elektrisk energi – till exempel i batteriet i en mobiltelefon.

I det här kapitlet får du lära dig hur batterier fungerar, olika typer av batterier, laddningsbarhet och miljöhänsyn.

Viktiga nya begrepp i detta kapitel är emk, polspänning och inre resistans.



Hur battericellen fungerar

Primär- och sekundärceller

Ett batteri består av minst en battericell. Beroende på konstruktionen har battericellen en spänning från 1 till 3,6V.

En gammal funktionell uppdelning av batterier är i **primär- och sekundärceller**.

Primärceller är den grundläggande typen av battericeller. De finns i engångsbatterier – de som inte är laddningbara.

Sekundärceller finns i de återanvändningsbara batterierna – de som kan laddas om. Ett annat namn på laddningsbara batterier är **ackumulatorer** (uppsamlare).

En cell

Det vanliga 1,5V:s stavbatteriet har en cell.

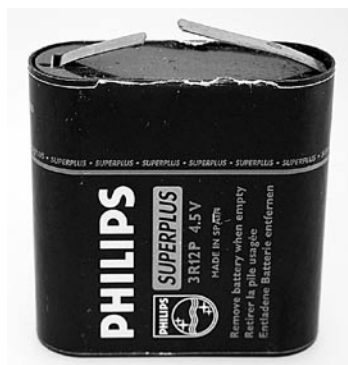


Flera celler

För att få högre spänning och energiinnehåll kopplas flera celler ihop till ett batteri.

I ett 4,5V:s batteri finns 3st 1,5V:s celler. I ett 9V:s batteri finns 6 st 1,5V:s celler.

$$3 \times 1,5V = 4,5V$$



$$6 \times 1,5V = 9V$$

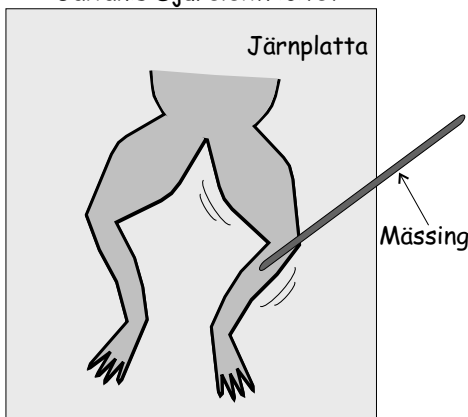


Galvani och Volta

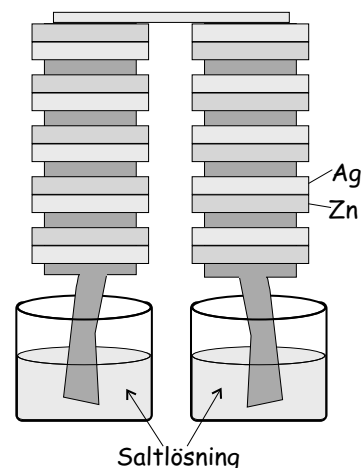
I slutet av 1700-talet upptäckte den italienske läkaren Luigi Galvani (1737 – 1798) ström genom experiment med grodlår.

Muskelsammandragningar uppstod då grodlåret vidrördes med ett metallinstrument och speciellt då det var placerat på en platta av metall.

Galvanis Djurelektricitet



Galvanis landsman Alessandro Volta utvecklade experimenten. Mellan två skivor, den ena av zink (Zn), den andra av silver (Ag) placerade Volta ett mellanlägg av tyg eller läder indränkt i svavelsyra eller någon annan alkalisk vätska. Genom seriekoppling av flera celler – "Volta's stapel" – blev spänningen så stor att en elektrisk stöt kunde kännas. De flesta moderna batterier bygger på Galvanis och Volta's upptäckter.

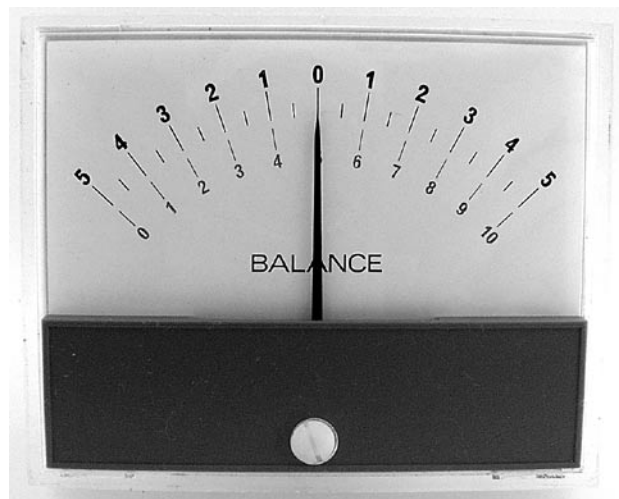


7. Det magnetiska fältet och spolen

I ett vridspoleinstrument utnyttjas den magnetiska kraften som uppstår runt en strömförande ledare.

I det här kapitlet får du lära dig om magnetism, att strömmen alltid omgärdas av ett magnetiskt fält och hur detta utnyttjas i den elektriska motorn och generatoren samt ett flertal elektronikkomponenter som spolen, vridspoleinstrumentet och den dynamiska högtalaren.

Nya viktiga begrepp är magnetiskt fält, flöde, flödestäthet, permeabilitet, högerhandstumregel, induktionslagen, självinduktion, induktans och Lenz lag.



Magneter och magnetfält

Det är över 2000 år sedan de gamla grekerna upptäckte stenar som kunde dra till sig järnbitar.

Nästan 1000 år senare började kinesiska sjöfarare använda dessa magiska stenar för tillverkning av enkla kompasser. En avlång sten upphängd i en tråd ställde in sig i nordsydlig riktning.

Den magnetiska kraften sträcker sig utanför magneten och vi benämner det här kraftfältet kort och gott för ett magnetiskt fält.

Material som har inbyggd magnetism kallas permanentmagneter (permanent = beständig, stadigvarande).

Med hjälp av permanentmagneter kan man själv göra intressanta upptäckter om magnetismens natur och det magnetiska fältets egenskaper.

Magnetism innehåller energi

Med hjälp av en permanentmagnet kan vi dra till oss föremål.



Vi känner igen energi på "förmågan att sätta i rörelse". Eftersom magneten kan flytta föremål utan fysisk kontakt kan vi dra slutsatsen att magnetism även innehåller energi – magnetfältet är ett energifält.

Magnetfältets kraftlinjer

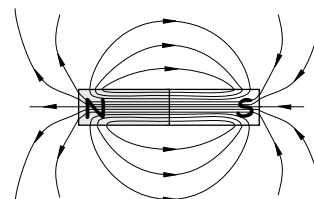
Om man lägger en magnet under ett papper och strör järnfilspån ovanpå papperet ser man att järnfilspånen rättar in sig i ett linjerat mönster runt magneten.



Det ser ut som om det magnetiska flödet (fältet) ligger som linjer från pol till pol. I själva verket påverkas spånen av magnetfältet genom influens från den stora magneten.

Spånen blir små magneter som hakar fast i varandra till linjer. Magnetfältet är i verkligheten kontinuerligt dvs. finns i varje punkt runt magneten.

Man illustrerar magnetfältet med fältlinjer (kallas även flödeslinjer) på liknade sätt som man gör med det elektriska fältet.



Till skillnad från det elektriska fältet vars kraftlinjer går från (+)-pol till (-)-pol, är de magnetiska fältlinjerna slutna kurvor.

8. Växelström

Strömmen från ett batteri går bara åt ett håll, från (+)- till (-)-polen - detta är likström!

Strömmen vi får från våra eluttag däremot växlar riktning - växelström.

I det här kapitlet får du lära dig om växelström. Hur den skapas och hur den fungerar tillsammans med transformatorn.

Nya viktiga begrepp är växelström, amplitud, effektivvärde, topp till topp-spänning, transformator, omsättningstal och verkningsgrad.



Växelströmmens egenskaper

För att det skall bli elektrisk ström, måste det finnas spänning. För att det skall bli växelström måste det finnas växelspänning. Vi börjar med att undersöka vad som är typiskt för växelsspänning (och därmed även växelström!).

Olika slags växelspänning

Lik- och växelspänning

Ett batteri innehåller likspänning - **DC** (från eng. Direct Current). Likspänning är i stort sett konstant och ger en ström som bara går åt ett håll.

Likspänning och likström har sina speciella egenskaper. Likström kan till exempel inte ta sig igenom en uppladdad kondensator.

Däremot tar sig likström utan större problem igenom en spole (när den är uppladdad!).

Om spänningsnivån inte är konstant utan istället varierar mellan olika nivåer och kanske till och med byter polaritet har vi att göra med en växelspänning - **AC** (från eng. Alternating Current).

En växelspänning ger upphov till en växelström och denna har sina speciella kännetecken. En växelström kan till exempel ta sig genom en kondensator, som laddas upp/ur i takt med strömmen men har vissa problem med en spole som har svårt att hänga med strömändringar. Som du skall se i det här kapitlet kan en växelspänning dessutom transformeras till högre eller lägre nivå.

Polaritetsväxlande

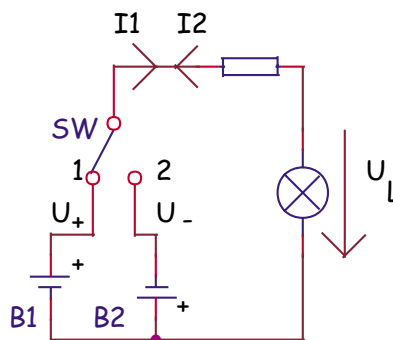
En typisk växelström är den ström som med jämna intervall växlar riktning.

Den mest använda är den som kommer från kraftverkens generatorer och som vi har i våra

vägguttag.

För att förstå att en växelspänning egentligen inte är något mystiskt kan vi tillverka en själv!

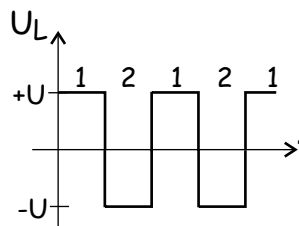
Det kan ordnas med den här kopplingen:



Omkopplaren SW skiftar med jämna intervall mellan läge 1, då batteriet kopplas in med "+" till motståndet vilket ger strömmen I_1 , samt läge 2 då batteriet kopplas in med "-" till motståndet som ger strömmen I_2 .

Fyrkantig växelspänning och växelström

Vi får en fyrkantig växelspänning. I ett tidsdiagram får lampspänningen U_L det här utseendet:



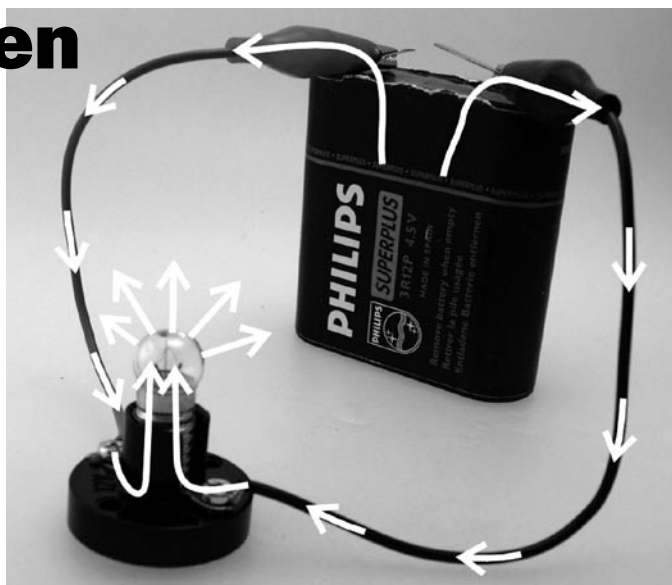
Signaler som förekommer i digital elektronik kan se ut just på detta sätt där de olika spänningsnivåerna $\pm U$ representerar 1:or och 0:or.

9. Elektromagnetismen i den elektriska kretsen

Energien fortplantar sig alltid från källa till mottagare. Till skillnad från strömmen går alltså energin samma håll längs båda ledarna (bilden)!

Likspänning och växelspänning med låg frekvens (50-20 000Hz) kan bara utbreda sig längs med ledningar, medan de höga radiofrekvenserna kan fortplanta sig även i rummet genom det vi kallar radiovågor.

I det här kapitlet får du lära dig hur energi fortplantas i den slutna strömkretsen genom samverkan mellan de elektriska och magnetiska fälten.



Energikällor, lagring och omvandling

Statiska och dynamiska energikällor

Från tidigare kapitel känner du till hur elektrisk energi kan vara ackumulerad i ett batteri.

I kondensatorbatteriet lagras energin i det elektriska fältet, i andra typer av batteri som kemisk energi. Energin beräknas som $E = U \cdot Q$ där $Q = I \cdot t$. Det är fråga om en **statisk** lagring av energi.

Generatorer och solceller är exempel på **dynamiska energikällor**. Dessa kräver kontinuerlig påfyllning, solcellen genom den elektromagnetiska strålningen och generatoren genom mekanisk energi. Möjligt energiuttag beror på den bakomliggande energikällan. Den energi som tas ut beräknas enklast som $E = U \cdot I \cdot t$.

Kondensatorn och spolen är exempel på energikällor som används för **tillfällig lagring** av energi. De används ofta som energibuffert i kraftelektroniken på kretskort.

Energien i kondensatorn kan beräknas som $E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$.

Spolen lagrar energi i sitt magnetfält som $E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$.

Energiomvandling (elektrisk)

När energi "aktiveras" i en elektrisk krets sker det alltid genom en sluten strömkrets. Spänning är nödvändig men inte tillräcklig. Utan ström aktiveras inte någon energi ($E = U \cdot I \cdot t$).

I den slutna strömkretsen sker omvandlingar mellan elektrisk energi och andra energiformer.

I batteriet (av kemisk typ) omvandlas kemisk energi till elektrisk, i spolen elektrisk energi till magnetisk, i motorn elektrisk energi till mekanisk via magnetisk energi osv.

I hela strömkretsen omvandlas elektrisk energi till värme, ljus eller radiovågor dvs. elektromagnetisk energi.

Vanliga missuppfattningar

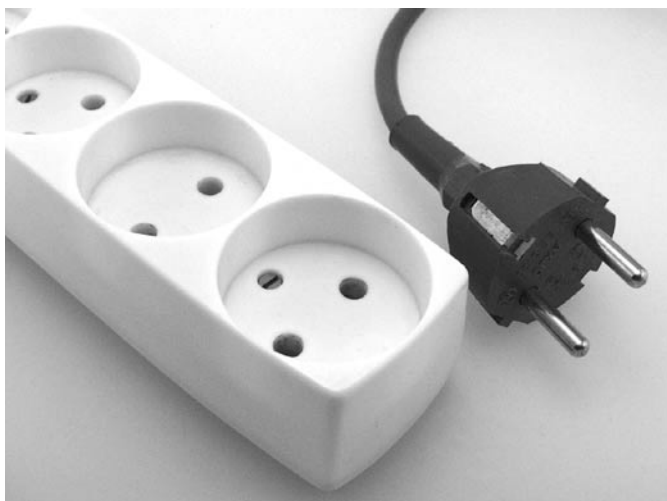
De vanligaste missuppfattningarna om den elektriska kretsen rör just energin.

- Det är fel att säga att energin förbrukas om man med det menar att den försvinner för gott.
- Det är under alla omständigheter fel att säga att strömmen förbrukas. Lika mycket ström som lämnar batteriet kommer tillbaka och går genom batteriet. Laddningar som flyttar på sig har olika energi men försvinner inte.
- Det är också mycket tveksamt att hävda att det är elektronerna i ledaren som bär med sig energin mellan källa och last (som vattnet i ett vattenfall). Strömmen av elektroner rör sig i snigelfart men energin förflyttar sig med ljusets hastighet i den elektriska kretsen. Vid 50Hz växelström dras de fram och tillbaka inom ett litet begränsat mm-stort område!

10. Elsäkerhet

Om man kopplar en jordad stickkontakt till ett ojordat uttag tar man bort halva skyddet mot elchock!

I detta kapitel får du lära dig om de farligheter som finns förknippade med den elektriska strömmen och sådant som man bör tänka på.



Den farliga strömmen

Den dolda faran

Människans inre organ styrs av elektriska impulser. Om det kommer ström utifrån genom människokroppen, störs kroppens eget signalsystem och vi kan inte längre kontrollera våra muskler, de krampar och förlamas.

Största skadan uppstår om strömmen går genom kroppen från hand till hand eller hand till fot. Om strömmen flyter under några sekunder genom hjärtat är risken stor att det stannar.

Den elektriska strömmen kan ge allvarliga skador på människor, djur och på egendom men den sänder inte ut några varningssignaler. Den vare sig luktar, syns eller hörs. Vi måste därför veta var den finns, kunna kontrollera den och förstå de risker som finns.

Farliga strömnivåer

En vanlig ficklampa drar 50–100mA ström, en vanlig 60W lampa i hemmet drar ca 260mA. Vi uppfattar oftast dessa strömmar som små och ofarliga men om de tillåts ta vägen genom människokroppen är de livsfarliga. Här är några riktvärden på strömmens verkningar genom en levande människa:

Ström	Verkan i människokroppen
1–3mA	Stickningar och obehag.
10mA	Farliga muskelkrampar som kan leda till allvarliga skador.
30–50mA	Stor risk för andningsförlamning.
80mA till 200mA	Kramper och hjärtflimmer som leder till döden inom någon sekund.
Över 200mA	Oftast omedelbart dödande och ger inre brännskador.

Spänningens betydelse

Om spänningen är låg blir strömmen också låg och är därmed ofarlig.

För en vuxen ligger gränsen för farlig spänning runt 50V växelspanning eller 75V likspänning. Över dessa nivåer är risken för farlig ström överhängande.

Så är till exempel den spänning, 230 V (växelspanning), som vi har i våra vägguttag en livsfarlig spänningsnivå.

Detta betyder inte att alla höga spänningar är livsfarliga!

Genom statisk elektricitet kan man laddas upp flera 1000V i förhållande till en syntetisk tröja, en matta eller något annat. Spänningen blir mycket hög men i detta fall är **energinivåerna** så låga att en urladdning normalt inte ger några skador för en frisk person.

Urladdning av statisk elektricitet kan skada känslig elektronik men för människan är det mer obehagligt än farligt. Den låga energinivån gör att strömmen blir så kortvarig att det inte hinner ske några förändringar av celler eller allvarliga störningar.

Tiden har betydelse

Vid hög ström genom kroppen är **tiden** avgörande.

Ju längre tid strömmen flyter genom kroppen desto större blir skadorna. Korta strömstötar, till exempel genom blixtnedslag, ger allvarliga brännskador men behöver inte vara dödande.

Exempel på Variationer (kap.4)

4.1 Beräkna resistansen i en telefonledning

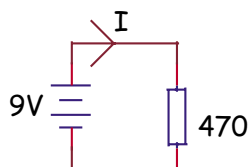
En ledning mellan två snabbtelefoner är 2-ledare och 350m lång. Den plastisolerade ledaren innehåller enkeltrådig kopparledare med arean $0,38\text{mm}^2$. Hur stor är resistansen i hela ledaren?

4.2 Hur mycket tråd finns kvar?

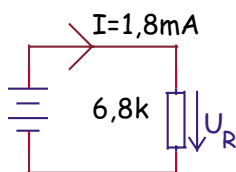
En isolerad koppartråd är upplindad på en rulle. Trådens area är $0,23\text{mm}^2$ (AWG24). Du mäter resistansen i det som finns kvar på rullen till $18,5\text{ohm}$. Hur många meter tråd finns kvar på rullen?

4.3 Enkla beräkningar med ohms lag

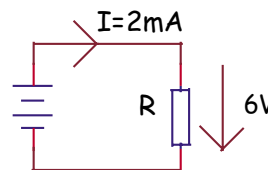
a) Beräkna strömmen I i den här kretsen:



b) Beräkna spänningsfallet U_R över motståndet R :

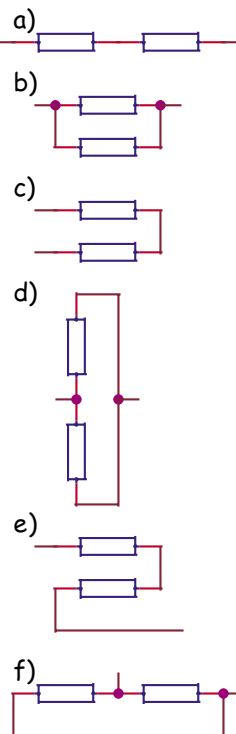


c) Beräkna resistansen på motståndet R i kretsen:



4.4 Hitta serie- och parallellkopplade motstånd

Vilka av motståndsparen är serie- och vilka är parallellkopplade:

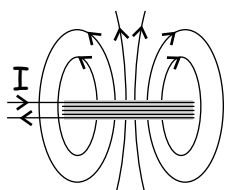


Exempel på faktaruta (kap.7)

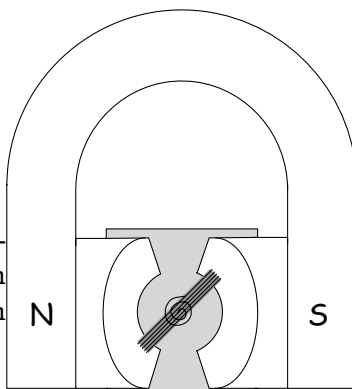
Vridspoleinstrumentet

Vridspoleinstrumentet utnyttjar samma princip som den elektriska motorn - en strömförande ledare i ett magnetfält utsätts för en kraftpåverkan.

Den ström som skall mätas går genom en spole. Ström genom spolen skapar ett magnetfält.

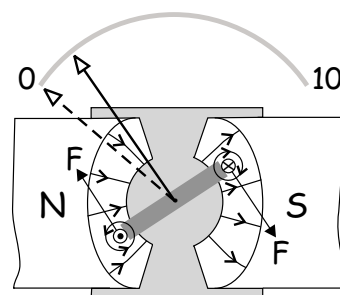


Spolen sitter vridbar, monterad i luftgapet mellan en hästskomagnets poler och en cylindrisk järnkärna.



När det går ström genom spolen kommer spolen att vrida sig bort från den sida där magnetfältet blir förstärkt - precis som i en motor (se bilden nedan).

Två fjädrar (en på framsidan och en på baksidan) fungerar som motkraft och för anslutning av strömmen till spolen. Utslaget blir därför proportionellt mot kraften som i sin tur motsvarar storleken på strömmen ($F = B \cdot I \cdot l$).



Exempel på Ta ett steg till...(kap.8)

Mera om transformatorn

Transformatorns användning

Transformatorn har ett mycket brett användningsområde. Alla typer av växelspanning kan transformeras eller bara överföras med galvanisk isolering.

I det här avsnittet skall vi titta lite närmare på strömmar, effekt och impedansanpassning i kretsar med en transformator.

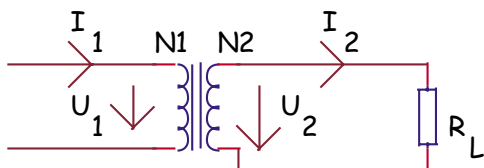
Grundläggande formler och samband

Vid transformering av spänning gäller sambandet $U_{IN}/U_{UT} = U_1/U_2 = N_1/N_2$ dvs. spänningen är direkt proportionell mot antal lindningsvarv.

För en ideal transformator gäller ineffekt = uteffekt eller $P_{IN} = P_{UT}$:

$$P_{IN} = P_{UT} \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_1/I_2 = U_2/U_1 \Rightarrow I_2/I_1 = N_2/N_1.$$

$$\frac{U_{IN}}{U_{UT}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

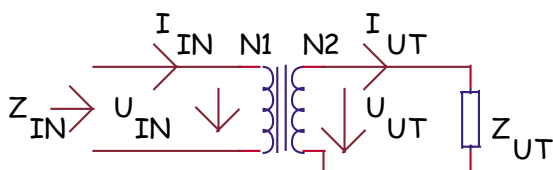


In- och utimpedans

Det motstånd som strömmen möter då den kopplas in på en transformator kallas transformatorns **inimpedans**.

Impedans är det begrepp som används då motståndet gäller mot växelström. För impedans används bokstaven **Z**. Inimpedansen kan betecknas som Z_{IN} och beräknas som $Z_{IN} = U_{IN}/I_{IN}$ (jfr. Ohms lag)

Transformatorns **utimpedans** Z_{UT} är det växelströmsmotstånd som finns på transformatorns sekundärsida.



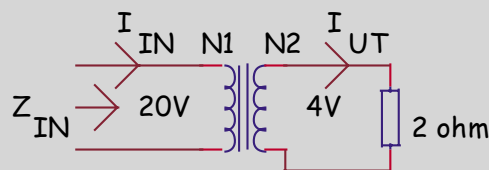
I verkligheten blir $Z_{UT} = U_{UT}/I_{UT}$ där U_{UT} är utspänning och I_{UT} strömmen genom den verkliga lasten.

Den belastning som kopplas till transformatorns sekundärsida (utsidan) kommer att påverka transformatorns inimpedans.

Vi skall undersöka detta med hjälp av ett exempel.

Beräkna ström och inimpedans

Beräkna I_{IN} , I_{UT} , omsättning N_1/N_2 samt inimpedansen Z_{IN} för nedanstående transformator.



$I_{UT} = 4V/2ohm = 2A$, $P_{UT} = I_{UT} \cdot U_{UT} = 8W$.
Eftersom $P_{IN} = P_{UT}$ gäller $I_{IN} = 8/20 = 0,4A$.

$N_1/N_2 = 20/4 = 5/1$ (eller 5). $Z = U_{IN} / I_{IN} = 50ohm$.

Formel för impedansomsättning

Som framgår av exemplen ovan kan en transformator användas för att transformera impedans!

Sekundärsidan: $Z_{UT} = U_{UT} / I_{UT}$

Primärsidan $Z_{IN} = U_{IN} / I_{IN}$

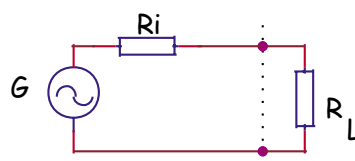
Detta ger $Z_{IN}/Z_{UT} = U_{IN}/I_{IN} \cdot I_{UT}/U_{UT} = U_{IN}/U_{UT} \cdot I_{UT}/I_{IN} = N_1/N_2 \cdot N_1/N_2 = (N_1/N_2)^2$.

dvs. $Z_{in}/Z_{ut} = (N_1/N_2)^2$.

Betydelsen av impedansanpassning

Impedansanpassning innebär att man får ut mesta möjliga effekt i en last. I många sammanhang är detta mycket viktigt.

För att få ut största möjliga effekt i en last R (Z) gäller att $R_{LAST} = R_i$ ($Z_{LAST} = R_i$) där R_i är generatorn eller motsvarande inre resistans.



Exemplet nedan visar hur en transformator används för att anpassa utsignalen från en förstärkare till en högtalare med impedansen 4ohm.