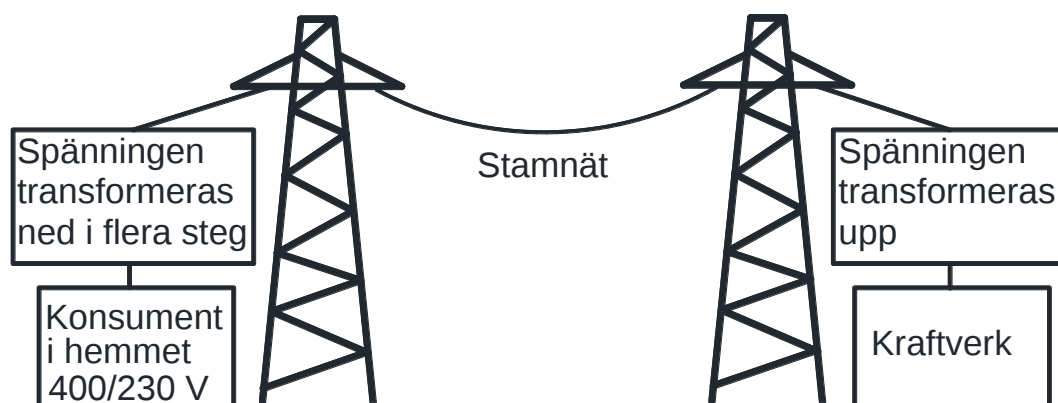


Ellära GY-25 ELLA1000X

En faktabok med integrerade övningsuppgifter

Från vattenkokare till kraftverk



Innehåll

Till läraren	4
Introduktion till elektricitetslära och lite elhistoria	5
Avsnitt 1 Ellära i vardagen	11
Sammanfattning av elektriska storheter	12
Beskrivning av en el- eller gruppcentral	13
Avsnitt 2 Mätteknik, val av storhet, sort och DC, AC	19
Spänningsprovare Strömtång från Fluke 902	21
Vägguttagsprovaren	22
Oscilloskopet och spektrumanalysatorn	23
Avsnitt 3 Energi är en viktig storhet vid elanvändning	26
Lite kuriosa om energi	29
Avsnitt 4 Elfaran, föreskrift, förordning, strömgenomgång	30
Uppskattning av effekter på människan vid strömgenomgång	31
Skyddsledare / skyddsjord	31
Kortslutning	32
Säkringen skyddar i första hand mot brand	32
Jordfelsbrytaren skyddar i första hand mot personskada	33
Om elolyckan ändå är framme	34
Rädda liv med elektricitet, pacemaker, defibrillator, elchocksbehandling	35
Så här kan man skydda sig mot elolyckor	36
Avsnitt 5 Likström eller DC (från engelskans direct current)	42
Batteriet och ackumulatören avger en likspänning mellan sina poler	42
Kirchhoffs andra lag:	43
Elbil, räckvidd, laddning, elflygplan, solpanel, och vätgas	44
Övningsuppgifter elbilar och batteripaket	48
Likriktning av en växelspanning	48
Avsnitt 6 Resistans är en storhet som betecknas med R	54
Avsnitt 7 Potential / spänning & potentialskillnad / delspänning	64
Rekommenderar att prov 1 görs på kapitel 1 - 7	66
Avsnitt 8 Förluster i elnätet beror på storheten resistivitet	67
Avsnitt 9 Elektriska material, ledare, halvledare, isolator	71
Avsnitt 10 Växelström vid resistiv belastning	74

Avsnitt 11 & Magnetism och induktion: Del 2	78
Det som styr elektromagnetens styrka är:	79
Risker med statiska- och växlande magnetfält	79
Generatorprincipen	80
Formler elektromotorisk kraft	81
Strömtången, motorprincipen och transformatorn	81
Jordfelsbrytaren	82
Avsnitt 12: Induktiv belastning såsom en motor vid växelströmsdrift	88
Förklaring av de tre effektbegreppen Aktiv-, Skenbar- och Reaktiv effekt	89
X = reaktans betecknar ett frekvensberoende elektriskt motstånd med sorten Ω .	90
Räkneexempel av motstånds- och spänningstriangel för en elmotor	93
Motståndstriangel (R, XL och Z) Spänningstriangel (UR, UXL och UZ)	93
Beräkning av skenbar-, aktiv och reaktiv effekt utifrån spänningstriangeln ovan...	94
Övningsuppgifter avsnitt 12: Induktiv belastning i en växelströmskrets	95
Avsnitt 13: Faskompensering med kondensator	99
Avsnitt 14 Trefas växelström	103
Principiell trefasgenerator i Y-koppling	104
Faspänningen i ett trefassystem	105
Belastningar i ett trefassystem kan vara symmetrisk eller osymmetrisk	107
Kraftförsörjningen till en elcentral via ett TN-C Fyrledarsystem	112
Utsatt del	113
Symmetrisk belastning	113
Vagabonderande ström genereras vid osymmetrisk belastning i ett TN-C Fyrledarsystem	113
Kraftförsörjning till en elcentral via ett TN-S Femledarsystem	114
Övertoner på elnätet, linjära och olinjära lasters inverkan	115
Skyddsutjämning medför ökad elsäkerhet och bättre el-kvalitet	116
Risker utan skyddsutjämning	116
EMC: Elektromagnetisk kompatibilitet	118
Trefas motordrift: Frekvensomriktare	121
Avsnitt 15 Lagar, förordningar och föreskrifter för elektricitet	122
Avsnitt 16 Elektriska storheter och formler	124

Till läraren

Ellära GY-25 (ELLA1000X): En e-faktabok med integrerade övningsuppgifter
ISBN 978-91-531-2989-9 @ Erik Jansson Exoteknika www.exoteknika.se

Detta verk är skyddat av upphovsrättslagen.

Enbart de som tecknat avtal med Exoteknika har rätt att nyttja e-böckerna som ingår i utbildningspaketet:

- Praktisk ellära en faktabok med integrerade övningsuppgifter, 125 sidor
- Laborationer ellära, 66 sidor
- Bilder för storbildsvisning
- Samlade övningsuppgifter. Alla övningsuppgifter samlade på rad. Bra att repetera inför prov
- Servicematerialet som innehåller tre prov och facit som täcker hela kursen med sammanlagt 107 frågor. Prov 1: Avsnitt 1 – 7, Prov 2: Avsnitt 8 – 11, Prov 3: Avsnitt 12 - 14

Under avtalad tid får läraren kopiera och skriva ut utan begränsning ifrån e-boken till de elever som omfattas av avtalet. Elever och läraren kan dessutom lägga in filen på sin dator, surfplatta och mobil. Inga lösenord krävs men det står noterat i e-boken under vilken tid den får användas. Eleven har för personligt bruk ingen tidsbegränsning vad det gäller nyttjandet.

E-boken köps per årsbasis och för en klass åt gången. Se länken www.exoteknika.se

Rekommenderar att "Acrobat Reader DC" används för att läsa e-böckerna. Då går det även att i materialet lägga till text, textutor, rita på fri hand men även klistra in bilder. Programmet som är gratis kan laddas ned från följande länk: <https://acrobat.adobe.com/se/sv/acrobat/pdf-reader.html>

E-bokens omfångsrika innehållsförteckningen är länkad vilket gör det lätt att navigera i texten. Längst ned på varje sida finns en länk "**Home**" som tar dig tillbaka till innehållsförteckningen.

Målsättningen med e-boken är att den skall bli ett fundament för dig som inte kan så mycket om el men vill lära dig grundprinciperna på ett praktiskt och inspirerande sätt. Det kan vara att du går på El- och Energiprogrammet och skall läsa Ellära GY-25

Det som är speciellt med boken är att det efter varje teoriavsnitt kommer övningsuppgifter. Av bokens 126 sidor innehåller 42 av dem övningsuppgifter. Svaren till övningsuppgifterna hittar eleven i första hand i boken eller via informationssökning på nätet och då rekommenderas Wikipedia. Skulle man ändå inte hitta svaret till en uppgift finns ett omfattande facit på www.exoteknika.se under länken "**Facit till övningsuppgifterna**".

Google Classroom

Alla övningsuppgifter och laborationer finns anpassade till Google Classroom så det blir enkelt för läraren att skapa tio klassuppgifter som täcker hela kursen.

Distribuera e-boken till eleverna som en bilaga i ett email eller lägg den på skolans digitala plattform. Det skall vara enkelt att ladda ned boken till sin laptop, surfplatta eller mobiltelefon.

Författarens anmärkning

Sedan några år tillbaka har jag lagt ut hela studiepaketet digitalt. Sista tiden har det fungerat sämre då eleverna gjort en massa ovidkommande saker, inte minst spelat. Nästa läsår kommer jag dela upp boken i 3 delar och skriva ut dem på papper. Rekommenderar en indelning som följer de tre proven. Påminner om att alla teoriuppgifter kommer med i slutet på varje avsnitt.

Avsnitt	Sidor	Prov
1 - 7	1 - 66	1
8 - 11	67 - 87	2
12 - 16	88 - 126	3 t.o.m sidan 114

Introduktion till elektricitetslära och lite om elektricitetens historia

Elektricitet är för oss självklart i vardagslivet. Vi tar för givet att belysningen, datorn, bankomaten, spårvagnen, tåget, värmeelementet, mobilen och hissen fungerar. Nästan allt vi gör påverkas av tillgången på el och det är först efter ett långvarigt elavbrott man inser hur beroende vi är i vårt vardagsliv. Som tur är det sällsynt och en intressant konsekvens är att barnafödandet ökar efter nio månader.

En vanlig uppfattning bland dagens ungdomar är att den elektrifierade världen med belysning elektriska spisar TV-apparater, datorer mobiltelefoner med mera har funnits länge. Sanningen är den att Smartphones för gemene man har funnits sedan 2008. De första hemdatorerna kunde köpas i början på 1980-talet. När min morfar växte upp i början på 1900-talet fanns det inte elektriskt ljus i hemmet utan fotogenlampor eller stearinljus stod för belysningen. Göteborg var en av de första städerna i Sverige med ett **elektricitetsverk** (1884) som levererade likström på 110 volt till allmänheten.

De första stora [vattenkraftverken](#) byggs under 1900-talets andra decennium. I Trollhättan ligger kraftverket Olidan som blev klart 1910. Det var statens första storskaliga försök att producera el via vattenkraft. Man var dock bekymrad över att det inte skulle finnas avsättning för elen som i huvudsak skulle levereras till industrin och järnvägen. Olidan som är ett statligt byggnadsminne är fortfarande i drift och har tretton generatorer varav tio är i drift. Den vackra byggnaden är gjord av handhuggen granit och Olidan är väl värd ett besök. Välj en tid på sommaren då ni också kan se det våldsamma "vattenpåsläppet".

År 1800 uppfinner Volta batteriet. Volta har fått ge benämning till sorten för storheten spänning, volt eller V

Den danske fysikern Hans Christian Ørsted lägger grunden för elmotorn 1820. Genom att experimentellt visa att läget hos en kompassnål påverkas när en ström flyter genom en ledare bevisar han att ett magnetfält har uppstått.

1821 visade Michael Faraday att elektrisk energi kunde omvandlas till rörelseenergi. **Elmotorn** som revolutionerat världen var född men först efter att Zenobe Gramme år 1873 utvecklat en **generator** för industriellt bruk och sedermera startat en fabrik för

tillverkning uppstod en stor efterfrågan efter elmotorer. El kunde då alstras på en central plats och försörja många motorer.

Första elkabeln mellan Amerika och England lades ut i Atlanten 1858. Man började på varsin sida och möttes mitt i Atlanten där kabeln skarvades ihop. Projektet var naturligtvis väldigt dyrt och en teknisk utmaning. Tanken var att man skulle kunna kommunicera mellan två kontinenter. Tyvärr fungerade kabeln bara i ett par veckor. Redan åtta senare lades en ny kabel ut i Atlanten igen. Man hade lärt sig av problemen hos den första kabeln och använde nu en bättre teknik. Denna gången fungerade kabeln bra så nu kunde man snabbt kommunicera mellan världens mäktigaste länder.

Andra uppfinningar som förändrat världen var när Edison 1879 visade upp sin glödlampa. Det fanns flera uppfinnare vid denna tid som hade utvecklat liknande lampor som Edison men han var den som bäst lyckades kommersialisera produkten genom att levererade kompletta system med lampor, kablar och elverk.

Elektriskt drivna tåg och spårvagnar kom i drift i början på 1900-talet så det var mycket som hände i slutet av 1800-talet och början på 1900-talet.

En banbrytande uppvisning gjorde italienare Marconi 1901 då han visade att man kunde kommunicera trådlöst med en telegraf mellan England och Kanada med ljusets hastighet. Tidigare hade all meddelanden tagit 10 dagar att förmedla mellan länderna (3500 km) med postbåten.

Marconi hade inte utvecklat bakomliggande teorier men han var personen som tillämpade upptäckterna som andra forskare presenterat till en fungerande trådlös telegraf. Den trådlösa överföringen måste ha varit lika revolutionerande som internet blev. Redan 1858 hade man lagt en telegrafkabel som korsade Atlanten mellan Irland och Newfoundland men redan efter två veckor slutade kabeln att fungera. Naturligtvis blev de trådlösa överföringen billigare och 1907 fick Marconi nobelpriset

Nicolas Tesla var en pionjär som utvecklade elektricitetsläran genom att använda växelström i stället för likström. Hans upptäckter låg till grund för växelströms-motorn, -generatorn och transformatorn. 1885 såldes han patent till det idag multinationella företaget Westinghouse.

Historiskt kan man betrakta åren som vi brukat elektriska produkter som en tidsmässig blinkning.

Temat i boken är "Från vattenkokare till kraftverk" eftersom det omfattar många praktiska frågeställningar om elektricitetens användning.

Vattenkokaren, som är vanlig i hemmen, drivs av en växelspanning på 230 volt. Det är den spänning som är vanlig för konsumentprodukter som brödrost, hårtork, TV med mera.

Induktionsspisar som också börjar bli vanligt förekommande bygger på en betydligt mer avancerat teknik än vattenkokarens. Genom att alstra ett varierande magnetfält av hög frekvens induceras en spänning i kokkärlets botten. Förutsättningen är att kastrullens botten är magnetisk. Fördelen jämfört med en traditionell spis är att i stort sett all värme som alstras hamnar i kastrullen. En annan bra egenskap är att värmen reagerar näst intill momentant när effektreglaget ändras vilket är en stor fördel vid matlagning.

Elektricitet produceras av en generator som till exempel drivs av vatten-, kärn- eller vindkraft. På sin väg från kraftverket, som ofta ligger långt bort från konsumenten har spänningen höjts till flera hundra tusen volt med hjälp av transformatorer. Ju högre spänningen är desto lägre förluster blir det i nätet. För att spänningen i slutändan skall passa dig som elförbrukare i hemmet sänks den i flera steg med hjälp av transformatorer till 230 volt.

I framtiden kommer sannolikt solceller spela en viktig roll när det gäller elproduktion.

Elektricitet är något tämligen abstrakt. Du kan inte med ögat se elektroner röra sig eller vilken spänning det är i ett batteri. Strömmen luktar inte heller men du kan känna den om den passerar kroppen och är tillräckligt hög.

Statisk elektricitet är något alla känt på. Om du drar en fleecetröja över huvudet och sedan tar i en diskbänk får du sannolikt en påtaglig stöt. Det som hänt är att

elektroner flyttas från din kropp till fleecetröjan. Din kropp har laddats upp till en spänningsnivå som beror på hur många elektroner som flyttat på sig.

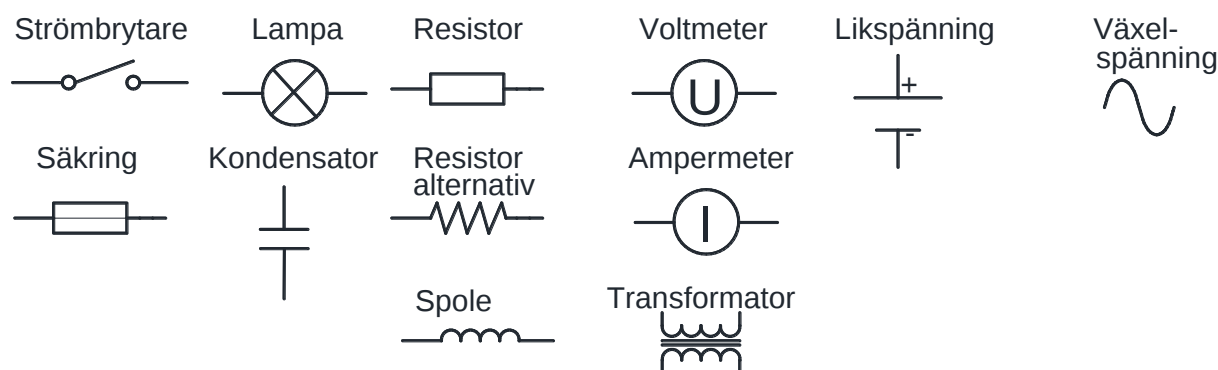
När du tar i diskbänken leds elektronerna tillbaka och en så kallad ESD (electrostatic discharge) bildas. Eftersom urladdningen är så kortvarig blir den ofarlig. Är spänningen tillräckligt hög behöver du inte ens vidröra diskbänken utan en ljusbåge uppstår mellan fingret och diskbänken. Det blir som ett blixtnedslag fast i miniatyr. Statisk elektricitet är harmlös för människan men kan ställa till med en allvarlig skada inuti en elektronisk krets. Ledningarna där är så tunna att de kan brännas av.

Arbetar man med känslig elektronik används speciella kläder, skor, armband med mera som leder bort den statiska laddningen för att undvika ESD.

Känsliga elektronikkretsar levereras i speciella plastpåsar som leder ström för att undvika att de blir statiskt laddade.

Blixten beror också på statisk uppladdning. Under speciella väderomständigheter kan en del av ett moln innehålla vattendroppar och den andra iskristaller. När de två delarna "gnuggas" mot varandra blir den övre delen normalt positivt laddad beroende på statisk laddning. När potentialen blir tillräcklig hög sker en urladdning antingen i molnet, till ett annat moln eller ned i marken.

För att kunna följa med framöver i boken är det viktigt att tidigt lära sig de grundläggande elektriska symboler som visas nedan.



Övningsuppgifter: Introduktion till elektricitetsläran. Svaren hittar du i avsnittet

a Beskriv en lite udda konsekvens av långvariga elavbrott

b När byggdes de första stora vattenkraftverken i Sverige

c Göteborg var en av de första städerna med ett

d Michael Faraday visade 1821 att elektrisk energi kunde omvandlas till rörelseenergi. Vad var det han hade uppfunnit som revolutionerade världen?

e Varför dröjde det till 1879 innan Michael Faradays uppfinning fick full genomslagskraft?

f Vilken spänning drivs vanliga konsumentprodukter av i hemmet, som brödrostar, hårtorkar, TV mm. ?

g Hur skapas skapas i huvudsak elektriciteten vi använder i samhället ?

Övningsuppgifter: Introduktion till elektricitetsläran. Svaren hittar du i avsnittet

h Hur uppstår statisk elektricitet?.

i Vad betyder ESD och varför kan det ställa till med problem när man jobbar med elektronikkretsar?

j Rita symbolerna för

Strömbrytare

Resistor

Voltmeter

lampa

Säkring

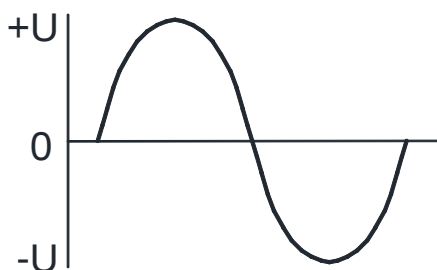
Växelspänning

Avsnitt 1 Ellära i vardagen

Vad är det då som gör att vattnet i kokaren blir varmt när den sinusformade spänningen på 230 volt som finns i vägguttaget kopplas in via fas- och neutralledaren? Eftersom det är en växelspanning på 230 volt mellan ledarna bildas en **ström** vilket innebär att elektroner rör sig fram och tillbaka i värmeelementet och genererar värme. Ju högre ström som flyter desto fler elektroner passerar vilket resulterar i fler kollisioner mellan dem och det utvecklas mer värme. Strömmen är alltid lika stor i fas- som neutralledaren. Om inte så är det fel på apparaten. Det som styr strömmens styrka är **resistansen** (motståndet) i värmeelementet. Eftersom spänningen blir positiv 50 gånger per sekund och negativ 50 gånger säger man att nätets **frekvens** är på 50 Hertz.

I ett vägguttag finns tre anslutningspunkter:

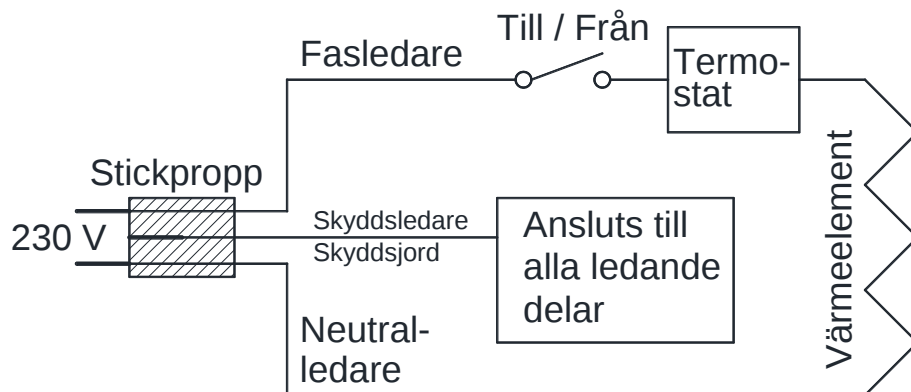
1. Fas
2. Neutral och
3. Skyddsjord



Spänningen ändrar nivå på ett sinusformat sätt hela tiden. Under strecket är potentialen negativ och över positiv. Mitt för strecket är potentialen noll.

Användaren av vattenkokaren bryr sig antagligen inte om strömmen eller spänningen utan är bara intresserad av hur snabbt den kan koka upp en liter vatten. Det är **effekten** som styr hur snabbt det går och är produkten av ström och spänning. Verkningsgraden är hög hos vattenkokaren jämfört med att koka vatten på en traditionell spis.

Ett elektriskt schema över en vattenkokare



En termostat är en temperaturstyrd switch som bryter strömmen när vattnet kokar. I annat fall finns det risk för torrkokning och brand.



Bilden visar värmeelementet i en vattenkokares botten. Motståndstråd är lindat i spiralform. Resistansen är 31.2 ohm och effektutvecklingen 1800 W vid 230 volts anslutning (matning). Strömmen skulle i detta fallet bli $230 \text{ V} / 31.2 \Omega = 7.37 \text{ A}$. Det som styr hur lång tid vattenkokaren behöver för att koka upp en liter vatten beror på den effekt som utvecklas av värmeelementet.

Sammanfattning av elektriska storheter

Elektrisk storhet	Beteckning	Sort / enhet	Kommentar
Spänning	U	Volt (V)	Det är spänningen som är upphovet till att det går en ström i en sluten krets. Ju högre spänning desto högre ström.
Ström	I	Ampere (A)	Det är elektroner som rör sig i en ledare
Resistans	R	Ohm (Ω)	Bromsar strömmen
Effekt	P	Watt (W)	Kan jämföras med arbete
Frekvens	f	Heartz (Hz)	Svängningar per sekund

Sambandet mellan ström, spänning och resistans är enligt Ohms lag:

$$U = I \cdot R \qquad I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I}$$

Effekt beräknas enligt följande samband:

$$P = U \cdot I \qquad P = \frac{U \cdot U}{R} \qquad U = \frac{P}{I} \qquad I = \frac{P}{U}$$

För att förtydliga så är effekten lika med spänningen multiplicerat med strömmen eller spänningen i kvadrat delat med resistansen.

[Youtube klipp som visar sambandet mellan ström och spänning](#)

Beskrivning av en el- eller gruppcentral

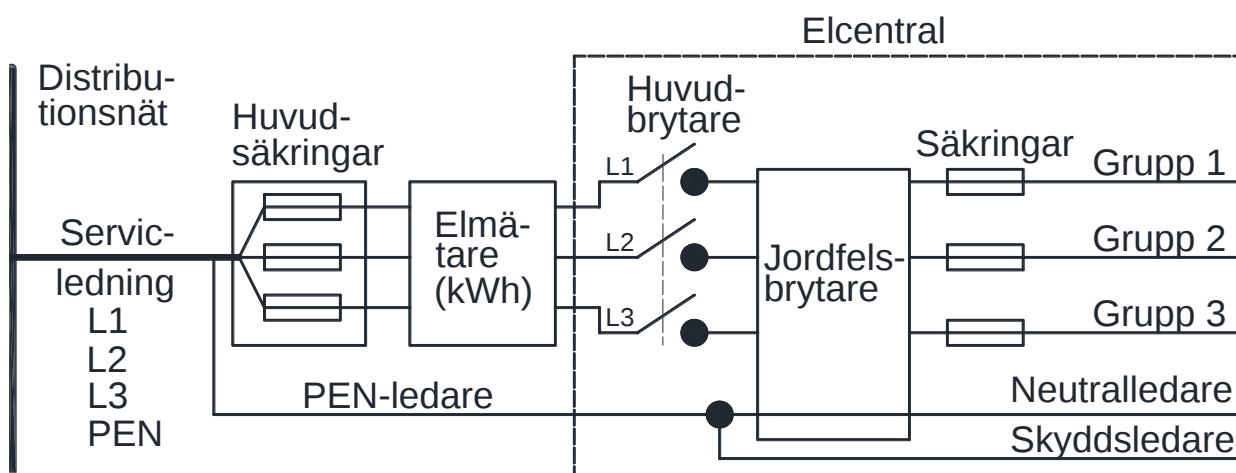
Alla elektriska uttag och fast anslutna apparater i en fastighet är kopplade via elledningar till en gemensam punkt i en elcentral. Centralen är också det ställe dit distributionsnätets tre spänningsbärande faser ansluts i en så kallad trefasanslutning. I avsnitt 14 beskrivs trefassystemet detaljerat. Centralens huvuduppgift är att fördela strömmen till fastighetens olika rum via säkringar men också fördela belastningen så lika som möjligt mellan grupperna.



Ovan visas en modern elcentral med huvud- jordfelsbrytare och två stycken automatsäkringar



Denna central är från sextiotalet och har så kallade porslins-säkringar (proppar)



Kabeln mellan distributionsnätet och el centralen kallas för servisleddning och det är i den elmätaren kopplas in. Numera är det lag på att elmätaren skall kunna fjärravläsas. Säkringarna före elcentralen kallas för huvudsäkringar och är normalt på 16 - 25 A i en bostad. Ju kraftigare säkring desto högre blir den fasta avgiften till elleverantören.

I elcentralen finns:

- En huvudbrytare som kan slå på eller av all ström till fastigheten. Det är en viktig funktion eftersom när något elarbete skall utföras i bostaden måste systemet vara spänningslöst.
- Säkringar som begränsar strömmen till de uttag och fast anslutna apparater som finns. Säkringarnas främsta syfte är att skydda mot brand vid elfel
- För att öka personskyddet finns det i en modern central en jordfelsbrytare som kopplar bort all elektricitet till fastigheten inom 30 millisekunder om en felström mot jord uppstår som är större än 30 mA.
- För att ytterligare minska risken för brand kan speciella jordfelsbrytare kopplas in men då måste felströmmen överskrida 300 mA för att de skall lösa ut

Om en jordfelsbrytare har löst ut måste den återställas för att strömmen skall komma tillbaka.

Övningsuppgifter avsnitt 1: Ellära i vardagen

Svaren finns normalt i avsnittets text. Hittar du inte sök på Google där sidan **wikipedia** ofta har bra information om el.

a Hur fungerar en vattenkokare och vad är fördelarna jämfört med att koka upp vatten i en vanlig kastrull? *Sök på "vattenkokare"*

b Ge en enkel förklaring av en elgenerators funktion. *Sök på "generator"*

c Vilken huvuduppgift har en transformator? *Sök på "transformator"*
