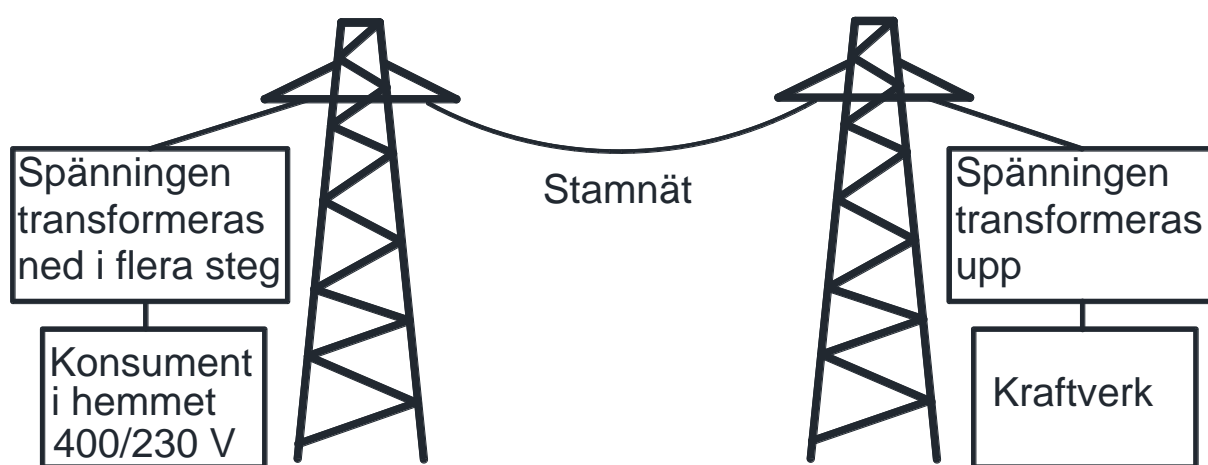


Praktisk ellära version 6

En faktabok med integrerade övningsuppgifter

Från vattenkokare till kraftverk



Erik Jansson

En länkad innehållsförteckning

Rekommenderar att "Acrobat Reader DC" används för att läsa boken	4
Didaktiska tips	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	28
Avsnitt 4 Elfaran, föreskrift, förordning, strömgenomgång.....	29
Uppskattning av effekter på människan vid strömgenomgång	30
Skyddsledare / skyddsjord.....	30
Kortslutning.....	31
Säkringar	31
Säkringens funktion	32
Jordfelsbrytarens funktion.....	32
Om elolyckan ändå är framme.....	33
Rädda liv med elektricitet, pacemaker, defibrillator, elchocksbehandling	39
Avsnitt 5 Likström eller DC (från engelskans direct current)	40
Batteriet och ackumulatorn lämnar en likspänning mellan sina poler	40
Kirchhoffs andra lag:.....	41
Likriktning av en växelspanning	42
Avsnitt 6 Resistans är en storhet som betecknas med R.....	47
Avsnitt 7 Potential / spänning & potentialskillnad / delspänning	57
Rekommenderar att prov 1 görs på kapitel 1 - 7.....	60
Avsnitt 8 Förluster i elnätet.....	61
Avsnitt 9 Elektriska material, ledare, halvledare, isolator.....	65
Avsnitt 10 Växelström vid resistiv och induktiv belastning	68
Effektivvärde.....	69

Referensexemplar som inte får användas vid undervisning

Avsnitt 11 & Del 2, Magnetism och induktion	72
Det som styr elektromagnetens styrka är:	73
Risker med statiska- och växlande magnetfält	73
Generatorprincipen.....	74
Formler elektromotorisk kraft	75
Strömtången, motorprincipen och transformatorn	75
Jordfelsbrytaren.....	77
Rekommenderar att prov 1 görs på kapitel 8 – 11	81
Avsnitt 12 Induktiv belastning i en växelströmskrets.....	82
X = reaktans betecknar ett frekvensberoende motstånd med sorten ohm.....	85
Z = impedans betecknar det totala elektriska motståndet för växelström (ohm)....	85
Motståndstriangel Spänningstriangel	86
Effektbegreppen är aktiv-, skenbar- och reaktiv effekt.....	86
Effekttriangeln.....	87
Avsnitt 13 Effekttriangel med och utan faskompensering	93
Avsnitt 14 Trefas växelström	97
Principiell trefasgenerator i Y-koppling	98
Faspänningen i ett trefassystem	99
Belastningar i ett trefassystem, symetrisk, osymetrisk, effekt vid resistiv last.....	101
Symmetrisk belastning.....	107
Vagabonderande ström genereras vid osymmetrisk belastning i ett TN-C	
Fyrledarsystem	107
Krafförsörjning till en elcentral via ett TN-S Femledarsystem	108
Övertoner på elnätet, linjära och olinjära lasters inverkan	109
Skyddsutjämning medför ökad elsäkerhet och bättre el-kvalitet.....	110
Risker utan skyddsutjämning.....	110
EMC: Elektromagnetisk kompatibilitet	112
Trefas motordrift: Frekvensomriktare.....	115
Rekommenderar att prov 1 görs på kapitel 12 - 13.....	115
Avsnitt 15 Lagar, förordningar och föreskrifter för elektricitet.....	116
Avsnitt 16 Sammanställning av elektriska storheter och formler.....	118

Praktisk ellära: En faktabok med integrerade övningsuppgifter

ISBN 978-91-639-2000-4 @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", "Laborationer Praktisk ellära" "Bilder för storbildsvisning", "Samlade övningsuppgifter" och "Servicematerial" med tre prov och facit som täcker hela kursen.

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

Författaren Erik Jansson har också skrivit efterfrågade böcker inom ämnena Reglerteknik, Digitalteknik och Industri- och kraftelektronik som ges ut på Libers och Gleerups förlag.

Rekommenderar att "Acrobat Reader DC" används för att läsa boken

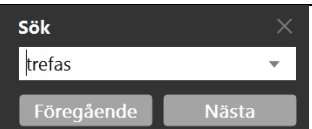
Ett gratisprogram från Adobe som kan laddas ned från följande länk:

<https://acrobat.adobe.com/se/sv/acrobat/pdf-reader.html>



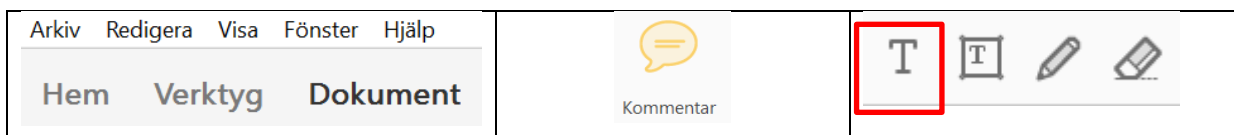
E-bokens omfattande innehållsförteckningen är länkad vilket gör det lätt att navigera i texten. Längst ned på varje sida finns en länk "Home" som tar dig tillbaka till innehållsförteckningen.

"Acrobat Reader DC" har en bra sökfunktion som nås med hjälp av förstoringsglasat eller "Ctrl F"



Så här skriver man in svar till övningsuppgifterna eller kompletterar innehållet

Öppna e-boken "Praktisk ellära" med "Adobe Acrobat Reader DC" Klicka på Verktyg högt upp till vänster och sedan på Kommentar. Nu öppnar sig ett nytt verktygsfält. Välj det rödmarkerade T'et. Klicka med cursorn där texten skall skrivas.



Varje kommentar som skrivs läggs också i en kolumn till höger om boktexten.

Dessa kommentarer är länkade och tar dig tillbaka till den plats där kommentaren skrevs.

Följande textinställning rekommenderas när Övningsuppgifterna skall besvaras

Helvetica

14



Referensexemplar som inte får användas vid undervisning

Didaktiska tips

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 EI- eller Energiprogrammet och skall läsa någon av kurserna "Praktisk ellära", "Ellära 1", "Ellära 2" eller att du som lekman vill lära dig mer om el. Innehållet är baserat på Skolverkets beskrivning av ämnets syfte och centrala innehåll för kursen "Praktisk ellära".

Det som är speciellt med boken är att det efter varje teoriavsnitt kommer övningsuppgifter. Av bokens 120 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.se.

Skulle man ändå inte hitta svaret till en uppgift finns ett omfattande facit på www.exoteknika.se under länken "Facit till övningsuppgifterna".

Eleverna kan jobba papperslöst eftersom det är enkelt att skriva in svaren på övningsuppgifterna digitalt och även komplettera innehållet med egen information.

Servicematerialet innehåller tre prov med facit och sammanlagt 107 frågor som täcker hela kursen.

Prov 1, kapitel 1 – 7, Prov 2, kapitel 8 – 11, Prov 3, kapitel 12 - 13

Inför varje prov rekommenderas att eleverna repeterar på filen där alla övningsuppgifter samlats kronologiskt.

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. Om du skriver ut boken på papper så gör det i färg och i två delar. Låt första delen sträcka sig fram till och med avsnitt 11

Introduktion till elektricitetsläran

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 med ett elektricitetsverk (1884) som levererade ström 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 då en tid då ni kan se det våldsamma "vattenpåsläppet".

1879 visade Edison upp sin glödlampa. Det hade varit flera uppfinnare före honom men många anser att det är han som gjorde den första väl fungerande glödlampan. Andra uppfinningar som förändrat världen var när Michael Faraday 1821 visade att elektrisk energi kunde omvandlas till rörelseenergi. Elmotorn var född. Men först när Zenobe Gramme år 1873 uppfann en väl fungerande likströmgenerator uppstod en marknad inom industrin. El kunde då alstras på en central plats och försörja många motorer. 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

Tidsmässigt kan man betrakta åren som vi brukat elektriska produkter som en historisk 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 och inte runt om. En annan bra egenskap är att värmen avtar näst intill momentant när strömmen stängs av alltså nästan som hos en gasspis.

Spänningen skapas av en generator som omvandlar antingen vatten-, kärn- eller vindkraft till elektricitet. På sin väg från vattenkraftverket, som kanske ligger i Norrland, till konsumenten höjs spänningen med hjälp av transformatorer till flera hundra tusen volt i kraftledningsnätet. Ju högre spänningen är desto lägre förluster blir det i nätet. Men 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 fliströja 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 fliströjan. 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 är som ett blixtnedslag i miniatyr.

Referensexemplar som inte får användas vid undervisning

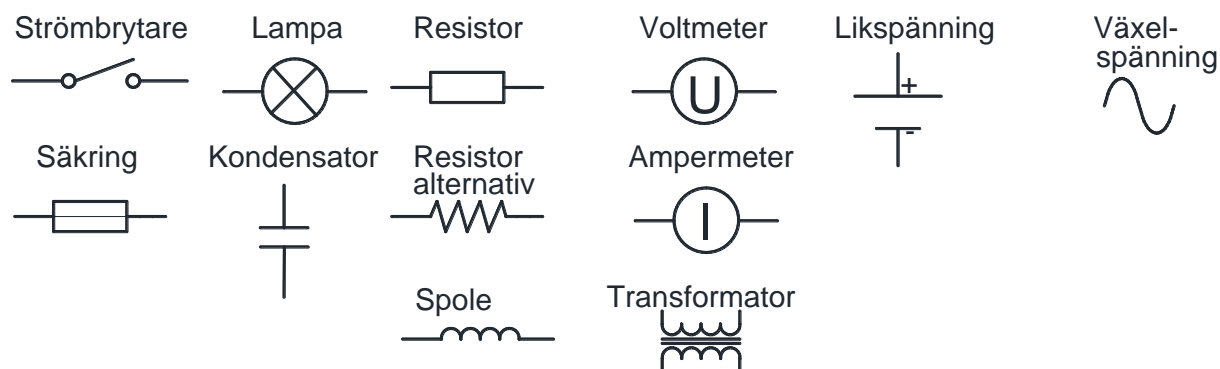
Statisk elektricitet är harmlös för människan men kan ställa till med en allvarlig skada inuti en elektronisk krets. Ledningarna där är så tunna att de kan brännas av.

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 några grundläggande elektriska symboler.



Övningsuppgifter: Introduktion till elektricitetsläran

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 ?

Referensexemplar som inte får användas vid undervisning

Övningsuppgifter: Introduktion till elektricitetsläran

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

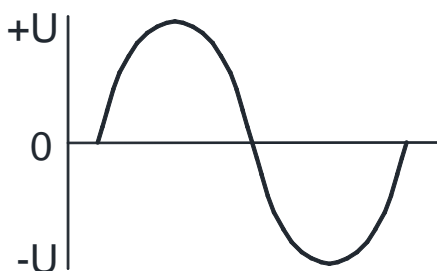
Säkring

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 ändrar polaritet 50 gånger per sekund säger man att nätets **frekvens** är på 50 Hertz .

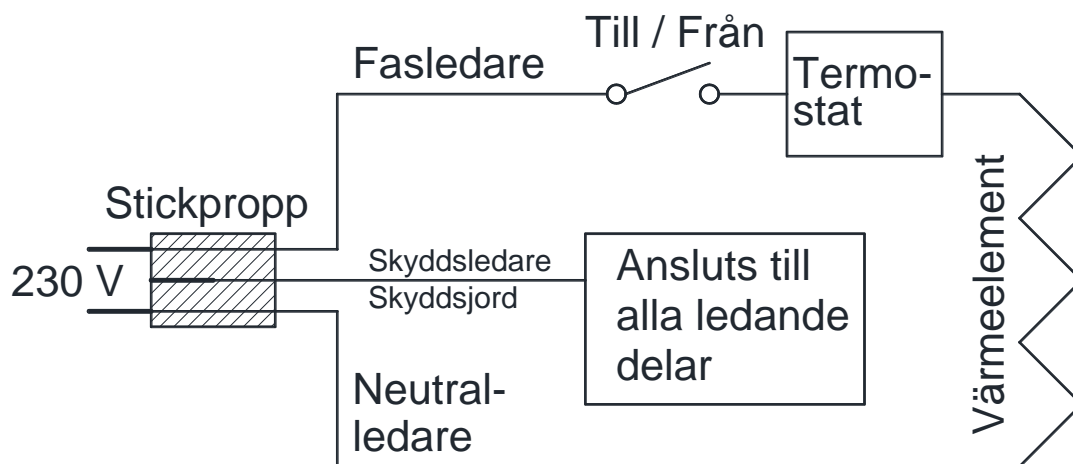
I ett vägguttag finns tre anslutningspunkter:
 1. Fas
 2. Neutral och
 3. Skyddsjord



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.

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.

Referensexemplar som inte får användas vid undervisning



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.
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	Hertz (Hz)	Svängningar per sekund

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

$$I = U / R \quad \text{eller} \quad U = R * I \quad \text{eller} \quad R = U / I$$

Effekt beräknas enligt följande samband:

$$P = U * I \quad \text{eller} \quad P = U * U / R \quad \text{eller} \quad P = U^2 / R$$

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

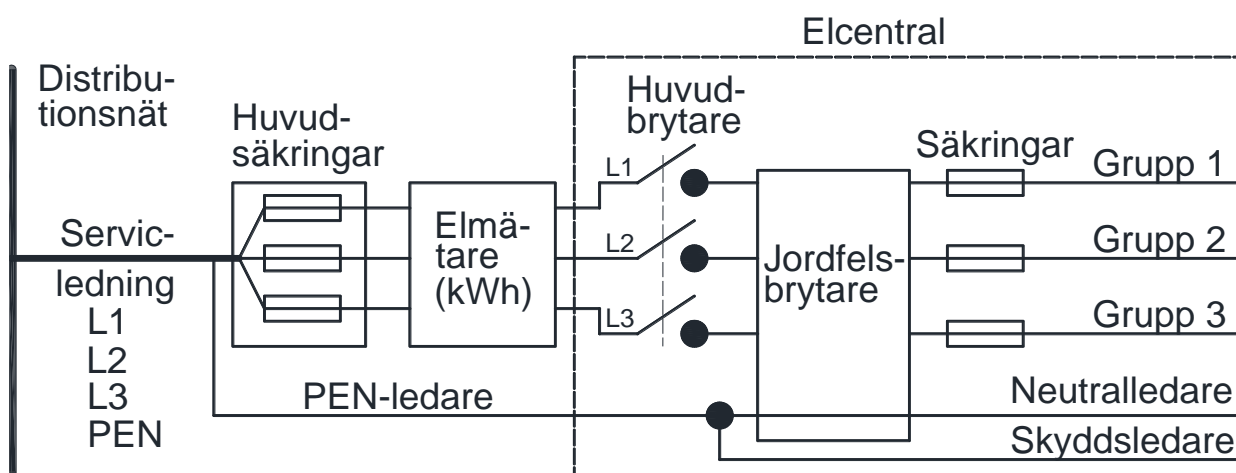
Beskrivning av en el- eller gruppcentral

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.



Elcentralen ovan är från slutet av sextioalet och är bestyckad med smältsäkringar, så kallade proppar.

Till höger visas en modern elcentral med huvud-, jordfelsbrytare och automatsäkringar. I nedersta raden är ett styrsystem (KNX) installerat. Med ett sådant bus-system kan elektriciteten styras centralt i en hel installation.



Referensexemplar som inte får användas vid undervisning

Kabeln mellan distributionsnätet och elcentralen kallas för servisledning 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

a Hur fungerar en vattenkokare och vad är fördelarna jämfört med att koka upp vatten i en vanlig kastrull? Se www.wikipedia.se "vattenkokare"

b Ge en enkel förklaring av en elgenerators funktion. Se www.wikipedia.se "generator"

c Vilken huvuduppgift har en transformator? Se www.wikipedia.se "transformator"
