

Elektriska kretsar - Likström och trefas växelström

Syftet med laborationen är att du ska få en viss praktisk erfarenhet av hur man hanterar enkla elektriska kopplingar. Laborationen ska också öka din kunskap om hur elektriska ledningar är dragna i ett vanligt hushåll och, i samband med det, ge grundläggande kunskaper om hur trefas växelström fungerar.

Redogörelsen

Du ska inte skriva någon rapport. Istället fyller du i ett mätprotokoll samt redovisar mätresultaten för handledaren under laborationen.

Förberedelser

Läs i kursanteckningarna om resistans, likspänning och trefas växelström. Titta på filmen om jordfelsbrytare som ligger på hemsidan. Läs igenom laborationshandledningen nedan, och lös förberedelseuppgifterna. Lämna individuella lösningar av dessa till handledaren vid laborationens början.

Grundläggande begrepp inom elektricitetsläran

Ström. Alla ämnen består av atomer. Varje atom består av en kärna och ett hölje med elektroner. I vissa ämnen är de yttersta elektronerna så löst bundna till kärnan att de kan röra sig fritt mellan atomerna. Elektrisk ström är ett *flöde av sådana elektroner*. I t.ex. metaller finns många fria elektroner. Metaller leder därför elektrisk ström bra. Plast har få fria elektroner och leder därför dåligt. Plast och andra ämnen som är dåliga ledare kallas isolatorer och används ofta för att isolera elektriska ledningar, som består av koppar. Ström anges i enheten 1 ampere (1 A), vilket är en grundenhet i SI-systemet. Den är ett mått på hur många elektroner som varje sekund passerar genom ett tvärsnitt av ledningen. Strömmen är ungefär 20 kA i en åskblixt, 6 kA i ett tåg som startar, 5 A i en kokplatta och 0,3 A i en ficklampa.

Spänning är ett mått på *hur stort arbete varje elektron kan uträtta*. Spänningen anges i enheten 1 volt (1 V). Vår enklaste strömkälla, batteriet, har en spänning på 1,5 V. Ett bilbatteri har oftast spänningen 12 V och spänningen i ett vanligt vägguttag är 230 V.

Man brukar skilja mellan två typer av spänning – *likspänning* och *växelspänning*. Från batterier får man likspänning som ger en elektrisk kraft som driver elektronerna åt samma håll hela tiden. Likspänning brukar betecknas med symbolen "V", t.ex. 5 V= och 1,5 V=.

I en växelspänning ändras elektronströmmens riktning regelbundet (periodiskt). Elektronströmmen från vägguttaget är *50-periodig* (50 Hz), dvs. riktningen ändras 100 gånger per sekund. Växelspänning brukar betecknas

med symbolen "V~" efter spänningen, t.ex. 5 V~ och 230 V~.

I vår laborationsmodell över elsystemet i ett hus har vi växelspanning till värmeelement och till lampor. Övriga komponenter ansluts till likspänning.

Elektrisk effekt. Elektriska apparater är märkta med olika data. Dessa talar bl.a. om hur hög spänning apparaten är avsedd för (vanligen 230 V). Dessutom kan man avläsa hur stor effekt apparaten utvecklar. Effekt mäts i enheten 1 watt (1 W). Ett lysrör kan t.ex. vara märkt 14 W. Effekten är ett mått på hur mycket energi som förbrukas varje sekund. Ett lysrör utvecklar liten effekt, betydligt mindre än t.ex. en tvättmaskin som kan utveckla effekten 3 kW. En spisplatta utvecklar effekter på 1-2 kW och ett kylskåp ca 80 W.

Elektrisk energi anges i enheten 1 joule (1 J) som är detsamma som 1 wattsekund (1 Ws). En vanligare enhet är 1 kilowattimme (1 kWh). Om en kokplatta med effekten 1 kW används 1 timme förbrukas energin 1 kWh. Förbrukningen av el under 1 år för matlagning i en familj är ca 700 kWh eller i kostnad ca 800 kronor.

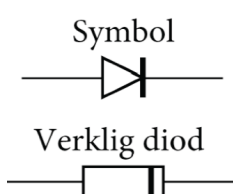
Motstånd. Alla elektriska apparater t.ex. lampor, dammsugare, fläktar och sladdar gör motstånd mot elektrisk ström. Denna egenskap kallas resistans. En elektrisk ledare har låg resistans om den har många fria elektroner som lätt kan röra sig genom materialet. En isolator har få fria elektroner och har därför hög resistans. En låg resistans ger en hög ström och vice versa. I en elektrisk krets kan man ha behov av att minska strömmen. Då kan man använda sig av en resistor (i dagligt tal *motstånd*). Det finns motstånd med olika stor verkan vilket anges på motståndet med en färgkod. Resistans mäts i enheten 1 ohm (1 Ω). Se även under rubriken "säkringar".

Vanliga elektriska komponenter

Transformatorn. Spänningen i ett vägguttag är som sagt 230 V men ofta vill man använda apparater som ska ha lägre spänning, t.ex. halogenlampor, elektronikutrustning eller som i vårt fall laborationsutrustningen. För växelspanning kan man då använda en transformator som minskar spänningen. Vi ska använda en transformator som omvandlar nätspänningen till 12 V~. Frekvensen på ingångssidan i transformatorn är densamma som på utgångssidan dvs. 50 Hz.

Dioden släpper igenom ström i endast en riktning. Symbolen för en diod framgår av figuren till höger.

Vissa maskiner och andra elektriska apparater fungerar bara om man kopplar in likspänning. Om man endast har tillgång till växelspanning kan man lätt lösa problemet genom att koppla en diod mellan strömkällan och apparaten. När man nu kopplar på strömmen kommer den ström som "vill gå åt fel" håll att blockeras och vi får likström. Strömmen varierar visserligen mellan 0 och maxvärdet (amplituden), men den byter aldrig riktning. Vi kallar detta för en pulse-



rande likström. Under laborationen använder vi oss av fyra dioder kopplade i brygga, inbyggda i säkringshållaren, för att helvågsl rikta strömmen.

Glödlampa och värmeelement. I en glödlampa kommer ljuset från en glödande volframtråd. Glödtråden i lampan är mycket tunnare än koppartråden i ledningarna. Det blir trångt för elektronerna vilket gör att de får svårt att ta sig fram. Det blir ett stort motstånd mot strömtransporten. Vi får friktion och tråden blir varm. Glödtråden blir så varm, att den sänder ut ljus. Det är alltså resistansen (motståndet) i volframtråden i kombination med strömmen genom tråden som gör att den blir så varm att den lyser. Det mesta av energin som tillförs glödlampan blir till osynlig värmestrålning (ca 92%). Resten blir synligt ljus (ca 8%). Det är bland annat därför som EU nu förbjuder användningen av glödlampor. I en brödrost, en hårtork eller ett elektriskt värmeelement finns också en glödtråd med stort motstånd, som blir varm.

Säkringar. Vid en kortslutning, dvs. då de båda ledarna i en sladd kommer i kontakt med varandra, rusar strömmen genom ledarna och dessa blir snabbt glödheta. I värsta fall kan detta leda till att det börjar brinna. För att förhindra detta kopplar man in en säkring. I en säkring finns en tunn silvertråd som smälter om strömmen blir för stor. Det går mycket snabbt, strömmen bryts och sladdarna blir inte mer förstörda än de var då kortslutningen inträffade.

Det finns olika sorters säkringar. Smältsäkringar (vanliga proppar) som man ofta har i proppskåpet i äldre fastigheter är märkta med färger, som anger hur mycket ström de tillåter innan de går sönder. En stor säkring t.ex. 16 A går inte att skruva in i en hållare för en mindre säkring t.ex. 10 A. Men en mindre säkring går däremot att skruva in där det skall sitta en större. Det är ingen fara att göra detta, om du inte har tillgång till rätt säkring. Att du har rätt säkring kontrollerar du genom att se vad det är för färg på sockeln (bottenkontakten) där säkringen skruvas in.

I moderna fastigheter sitter det idag s.k. automatsäkringar som är strömbrytare som automatiskt bryter strömmen då något fel uppstår. Strömmen kan man sedan själv koppla på igen genom att återställa säkringen.

Elektricitet och olyckor

Ungefär 40% av alla elolyckor drabbar allmänheten. 60% berör de som yrkesmässigt arbetar med elektricitet. Ca 20 personer avlider varje år. Ungefär hälften av dessa olyckor är självförvållade. Att man har glömt att bryta strömmen vid någon reparation är en inte helt ovanlig dödsorsak. Många olyckor sker också med tvättmaskiner som inte har skyddsjordats eller på grund av amatörer som på egen hand försökt koppla in spisar eller annan elektrisk utrustning. Nedanstående tabell visar strömmens verkan om den flyter genom kroppen.

1,0 mA – 3,0 mA	... man känner av strömmen...
10 mA – 20 mA	... muskelsmärter och kramp. Omöjligt att släppa taget runt föremål...
20 mA – 40 mA	... om strömmen passerar bröstkorgen: andningsförlamning, blodtrycket stiger, chockverkan och medvetslöshet...
Mer än 40 mA	... risk för hjärtkammarritm (= livsfarligt)...

Att tänka på

I köket: Se till att fasta elektriska installationer av spis och kylskåp etc. utförs av fackmän. Undvik att röra vid elektriska maskiner samtidigt som du rör vid en diskbänk av metall. Ha gärna maskinen på en annan bänk. Se till att det är torrt kring maskinen.

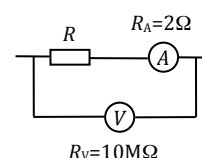
I våtutrymmen: Använd inte hårtork etc. i badrummet. Dra inte in förlängningssladdar. Vatten och ström i kombination är **mycket farligt**.

Övrigt: Se till att sladdar och annan elmateriel är hela. Använd aldrig en apparat som har trasig sladd.

Om det skulle börja brinna i en elapparat – drag ur sladden innan du släcker. Om du inte kan dra ur sladden, försök absolut inte släcka elden med vatten! Det är livsfarligt. Kväv elden med en filt eller dylikt.

Förberedelseuppgifter

1. Mätmetoder. För att bestämma motståndet R mäter man strömmen genom och spänningen över motståndet. Mätningen kan göras genom två olika typer av koppling och en av dessa är illustrerad i figuren till höger.

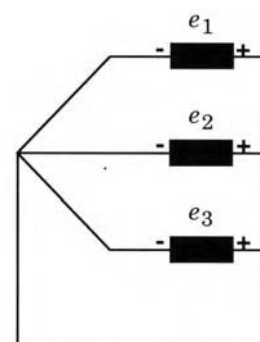


a Beräkna R i figuren till höger – **utan att ta hänsyn** till instrumentens resistans – när voltmeteren visar 12,3 V och amperemetern 0,186 A.

b Beräkna motståndet med hänsyn tagen till instrumentens resistans.

c Föreslå en alternativ koppling.

2. Trefas. Ett trefasnät kopplas oftast i en s.k. Y-koppling vilket innebär att minuspolen för var och en av de tre faserna kopplas ihop. Från denna förbindelsepunkt drar vi sedan den s.k. nollledningen, se figuren. Från det Y-kopplade trefassystemet kommer därför fyra ledningar. Spänningen över var och en av de tre faserna (fasspänningen) kan skrivas



$$e_1 = \hat{E} \sin(\omega t)$$

$$e_2 = \hat{E} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$e_3 = \hat{E} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

$\hat{E}$ kallas för fasspänningens toppvärde och $\hat{E} = 325 \text{ V}$.

Spänningen **mellan** två faser kallas **huvudspänning** och betecknas med u . Till exempel betecknas spänningen mellan faserna e_1 och e_2 med u_{12} och enligt Kirchhoffs lag blir $u_{12} = e_1 - e_2$. Visa, genom att rita ett visardiagram att det Y-kopplade nätets huvudspänningar är

$$u_{12} = e_1 - e_2 = \sqrt{3} \cdot \hat{E} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

$$u_{23} = e_2 - e_3 = \sqrt{3} \cdot \hat{E} \sin(\omega t - \frac{3\pi}{6})$$

$$u_{31} = e_3 - e_1 = \sqrt{3} \cdot \hat{E} \sin(\omega t + \frac{5\pi}{6})$$

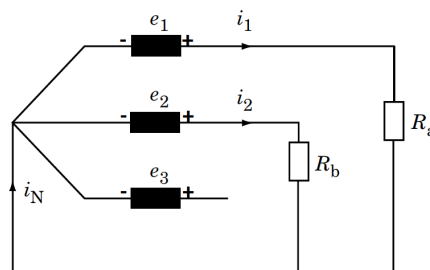
3. Bostäder. Generellt kan vi skriva huvudspänningens momentanvärde (ögonblicksvärde) i våra svenska bostäder som $u = \hat{u} \sin(2\pi f t + \alpha)$.

a) Vilket toppvärde $\hat{u}$ har huvudspänningen?

b) Hur stora är huvud- och fasspänningarnas effektivvärden?

c) Vilken frekvens f , vinkelfrekvens ω och periodtid T har vi i det svenska nätet?

4. Trefasberäkning. Två motstånd för vattenuppvärmning är inkopplade till ett trefasystem med frekvensen 50 Hz så som figuren intill visar. Fasspänningen är 230 V och motstånden har resistanserna $R_a = 85\Omega$ och $R_b = 65\Omega$. Beräkna effektivvärdet av strömmarna i_1 , i_2 och i_N .



Svar

1a) $R = 66,1 \Omega$

1b) $R = 64,1 \Omega$

1c) Inre voltmeterkoppling, se figuren.

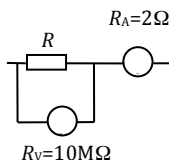
3a) $\hat{u} = 0,56 \text{ kV}$

3b) $u = 0,40 \text{ kV}$ och $e = 0,23 \text{ kV}$

3c) $f = 50 \text{ Hz}$, $\omega = 314 \text{ rad/s}$ och

$T = 20 \text{ ms}$

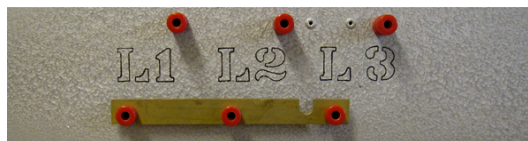
4 $I_1 = 2,7 \text{ A}$, $I_2 = 3,5 \text{ A}$ och $I_N = 3,2 \text{ A}$



Laborationsuppgifter

Mätningar på trefas växelström

Inledning Du har vid laborationen tillgång till en speciell trefastransformator. Panelen på aggregatet ser ut ungefär som bilden till höger visar.

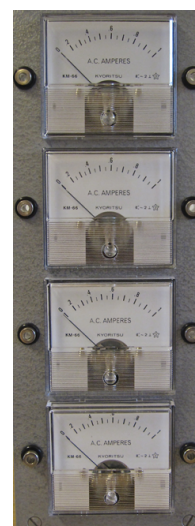
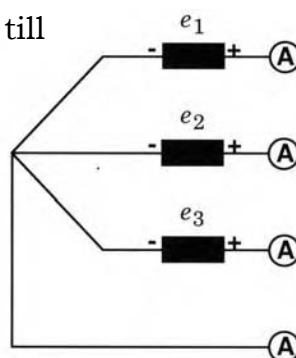


De tre översta utgångarna motsvarar de positiva polerna i ett trefassystem. Eftersom de tre undre utgångarna är sammankopplade, kan vi konstatera att trefastransformatoren redan från början är Y-kopplad. De undre utgångarna representerar alltså den gemensamma negativa polen i trefassystemet.

Om man kortsluter någon av utgångarna, dvs. kopplar en sladd från en av pluspolerna till minuspolen, kommer en glödlampa inuti aggregatet att lysa. Detta är en säkerhetsåtgärd. Lampen förhindrar att strömmen rusar okontrollerat, och fungerar alltså som en strömbegränsning. **Om lampen lyser vet du att du kopplat fel!**

1. Du ska nu börja med att koppla in fyra ledare så att alla tre faserna och nollledningen är anslutna till var sin amperemeter. Denna uppkoppling använder du sedan i uppgift 2, 3 och 4.

Till höger stapeln med amperemetrar. Till vänster visas grundkopplingen med den Y-kopplade trefastransformatoren och den inkopplade amperemeterstapeln.

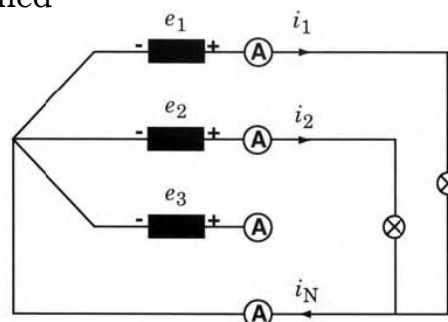


2. Undersök vad som händer när du kopplar två glödlampor till trefastransformatoren som visas i bilden nedan. Båda lamporna ansluts alltså mellan en fas (pluspol) och den gemensamma nollan (minuspole). Hur starkt lyser lamporna?

a) Mät effektivvärdet av samtliga strömmar med hjälp av amperemetrarna.

b) Rita ett skalenligt visardiagram över strömmarna i_1 , i_2 och i_N .

c) i_N blir, enligt figuren, summan av i_1 och i_2 . Det uppmätta effektivvärdet av i_N är ungefär lika med effektivvärdet av i_1 eller i_2 . Förklara detta.



3. Undersök vad som händer när du nu kopplar **tre** glödlampor till trefas-transformatorn enligt figuren nedan. Var och en av de tre lamporna är alltså ansluten mellan en fas och den gemensamma nollan. Hur starkt lyser lamporna?

a) Mät effektivvärdet av samtliga strömmar.

b) Rita ett skalenligt visardiagram över strömmarna.

c) i_N blir, enligt figuren, summan av i_1 och i_2 och i_3 . Det uppmätta effektivvärdet av i_N är ungefär lika med 0 A. Förklara detta.

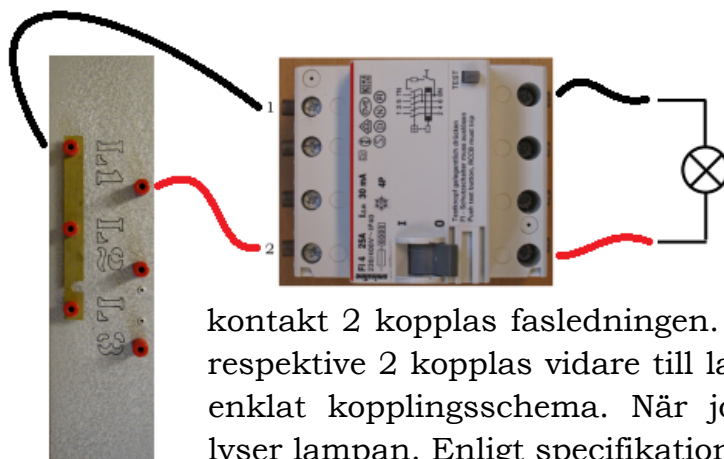
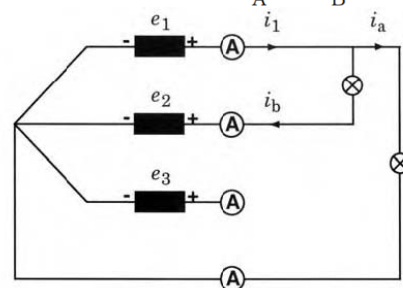
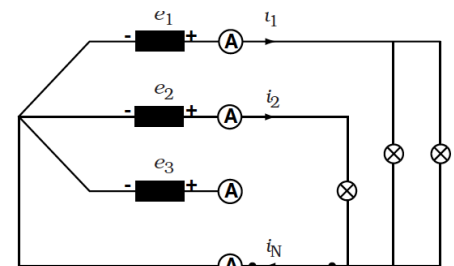
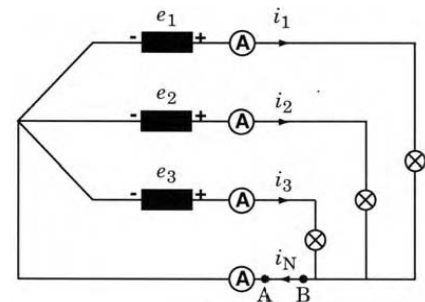
d) Vad händer om bryter ledningen mellan punkterna A och B, när förutsättningarna enligt ovan är uppfyllda? Gör experimentet, beskriv sedan resultatet och förklara.

e) Du ska nu, istället för att koppla in lamporna symmetriskt, göra en asymmetrisk koppling. Koppla ur lampan mellan den tredje fasan och nollan och lägg istället lampan parallellt med en av de andra lamporna enligt figuren till höger. Lamporna kommer att lysa ungefär lika starkt. Undersök vad som händer när du bryter ledningen mellan punkterna A och B. Beskriv och förklara.

4. Koppla till sist två glödlampor till trefas-transformatorn enligt figuren nedan. Notera att den ena lampan nu ligger **mellan två faser** medan den andra lampan, precis som tidigare, är kopplad mellan fas och nolla.

Mät effektivvärdet av samtliga strömmar. Hur starkt lyser lamporna? Förklara!

5. Du ska nu undersöka en jordfelsbrytare och mäta vid vilken ström jordfelsbrytaren utlöser.

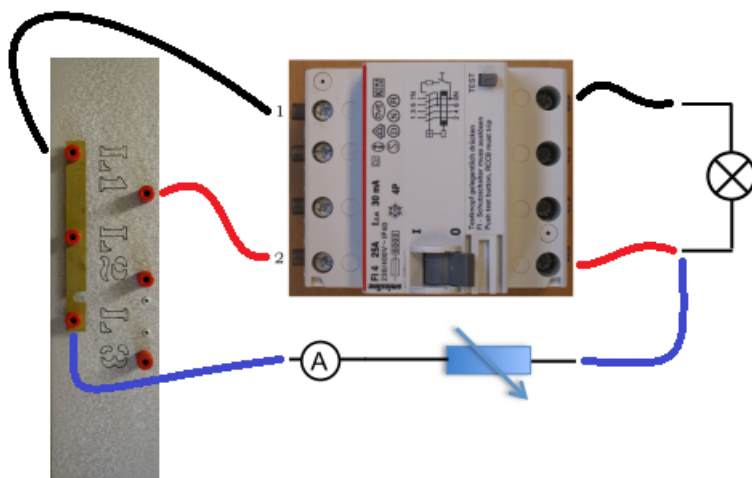


En lampa ska kopplas till växelspanning, mellan fas och nolla. Mellan trefas-transformatorn och lampan kopplar du in jordfelsbrytaren. Till kontakt 1 i bilden intill kopplas "nollan" och till kontakt 2 kopplas fasledningen. Från kontakterna mitt emot 1 respektive 2 kopplas vidare till lampan. I figuren ser du ett förenklat kopplingsschema. När jordfelsbrytaren står i läge "I" lyser lampan. Enligt specifikationen på jordfelsbrytaren ska den

bryta strömmen om en "obalans" på mer än 30 mA uppstår. Det betyder att jordfelsbrytaren utlöser innan strömmen i den nedre ledaren i figuren blir 30 mA större eller mindre än strömmen i den övre ledaren.

Du ska nu undersöka vid vilken strömstyrka din jordfelsbrytare utlöser. Du ska därför skapa en obalans genom att låta mer ström löpa genom den ena ledningen än genom den andra.

Obalansen skapar du genom att koppla ett variabelt motstånd i serie med en amperemeter (se bilden nedan) från jordfelsbrytarens fas (mellan lampan och jordfelsbrytaren) och till nollan. Se till att motståndet är maximalt när du börjar mäta. Undersök vid vilken ström jordfelsbrytaren utlöser.



Om lampan är s.k. skydds-jordad utgör denna jordning, så länge inga fel uppstår, ett fullt skydd utan att man har en jordfelsbrytare. Men om ett s.k. jordfel uppstår, t.ex. genom att en fasledare kommer i kontakt med nollan – precis som du kopplat nu – är det bara en jordfelsbrytare som skyddar.

6. Nästa uppgift är att mäta strömmen genom och spänningen över en lampa. Du ska använda trefasaggregatet som spänningskälla och koppla som bilden nedan visar. Lägga märke till att amperemetern kopplas i serie med lampan (för att mäta strömmen genom den) och voltmeter kopplas parallellt med lampan (för att mäta spänningen över den).



Det finns två olika sätt att koppla in voltmeter, s.k. inre och yttre voltmeterkoppling. Vilken av dem är illustrerad i figuren?

När du mätt ström och spänning så noggrant du kan ska du istället för voltmeter koppla in ett oscilloskop – som är en avancerad form av voltmeter. På oscilloskopet kan man inte bara avläsa spänningen över lampan utan också se hur spänningen varierar med tiden. Koppla in oscilloskopet och svara på frågorna i svarshäftet!

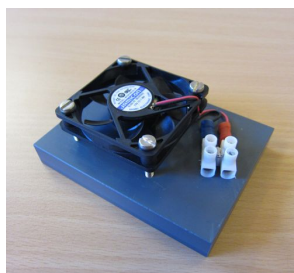
Elektriska kopplingar i Huset Huset

7. Du ska nu göra en verklighetsanknuten övning genom att koppla olika elektriska komponenter som finns i ett hushåll till en spänningskälla. Handledaren ger dig en lampa, ett värmeelement och en elmotor som du ska koppla till en spänningskälla. Precis som i ett vanligt hus behövs dessutom en säkring (propp). Uppgiften är godkänd när alla apparater kan vara igång samtidigt utan att säkringen går. Det ska dessutom gå att stänga av en apparat utan att de andra stannar, m.a.o. ska det fungera precis som i ett vanligt hus.

Beskrivning av komponenterna

Säkringsskåp. Hållaren med glassäkringen symboliserar proppskåpet i hemmet. Säkringen som används ska vara märkt 2 A. Säkringshållaren kopplas till transformatorn och visar vad som händer i ett proppskåp om för mycket ström går genom ledningarna, dvs. om kretsen överbelastas eller kortsluts.

Värmeelement. En platta med ett motstånd symboliserar t.ex. ett elektriskt element i hemmet. Principen för spisens värmeplattor, ugnen, varmvattenberedaren är densamma. Elektrisk energi omvandlas till värme. Elementet kop-



Elmotorn som symboliserar en köksfläkt.

plas till säkringshållaren med sladdar och banankontakter. En vanlig lampströmbrytare kopplas på den ena ledaren.

Elmotor. Motorer finns överallt i hemmet t.ex. i elvispar, rakapparater, hushållsassistenter. Vår elmotor får symbolisera en köksfläkt. Fläkten kopplas även här med två sladdar till spänningsuttaget på säkringshållaren. Det är lämpligt att koppla en strömbrytare på den ena sladden så att man kan stänga av fläkten.

Observera

Koppla först ihop alla komponenterna, dvs. element, köksfläkt, lampa och säkringshållare. Koppla därefter säkringshållaren till transformatorn. Allra sist kopplar du transformatorkontakten till vägguttaget.

Om inget fungerar kolla först 2 A-säkringen på säkringshållaren. Man kan se i glassäkringen om den tunna tråden har bränts av. Om säkringen är helt och det fortfarande inte fungerar, låt handledaren kontrollera. Om det skulle inträffa att någon säkring går igen direkt efter byte så är något felkopplat eller trasigt. Leta dig fram till felet.



Bild som visar transformatorn och säkringshållaren med uttag för likspänning

