|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Type dokument | | Dok.nr. | 6 |  |
| Farer ved elektrisitet |  | Forfatter | Arne Johan Østby |  |
| Godkjent av | Martin Tandberg | dato |
| Kontrollert |  | dato |
| Sist revidert | 09.08.23 | dato |
| Revideres hvor ofte | 2. år |  |
| Erstatter/del av dokument |  |  |
| Side | Antall sider:1 |  |

|  |
| --- |
| Informasjon om sikkerhet - farer og elektriske koblinger.  Plan og forskrifter for elektrolaboratoriene er utarbeidet slik at de skal oppfylle Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg, utgitt av Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap. Direkte lenke til dette dokumentet: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20060428-0458.html>  **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap**  Hvis man går til sidene til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap ( [www.dsb.no](http://www.dsb.no) ) kan man finne dette dokumentet samt mange andre sikkerhetsdokumenter og forskrifter.  ***Dette er en viktig nettadresse som alle må kjenne til.*** Disse sidene finnes også på engelsk.  Holdninger.  I tillegg til å ivareta sikkerheten på laboratoriene er det et mål å opparbeide en riktig mentalitet og holdning til sikkerhet som vi kan ta med oss videre i livet. Hvis vi er forsiktige vil vi også påvirke andre til å være forsiktige.  **Farer ved strøm**.  Tidligere ble spenninger over 50V regnet som farlige, og forskriftene tar til en viss grad utgangspunkt i dette. Motstanden i menneskekroppen ble da anslått til ca.2000 ohm og at et menneske tåler opp til ca. 25mA før det er fare for hjerteforstyrrelser. Dette gir 50V når vi regner ut med ohms lov. U=RI. Men strøm/spenning kan være farlig for lavere verdier enn dette, spesielt over lengre tid, derfor må vi allikevel være forsiktige også ved lavere spenninger. Dessuten må man ta hensyn til brannfare. Brann kan oppstå ved lavere spenninger enn 50V. Disse tallverdiene er veldig omtrentlige og i senere tid har man kommet frem til andre verdier.  *Mesteparten av motstanden i menneskekroppen er i huden. Motstanden inne i kroppen er lav, og hvis man ved et uhell får spenning inn i kroppen utenom hudmotstanden vil man få farlige strømmer ved adskillig lavere spenningsverdier.*  Det er strømmen, kombinert med hvor lenge den varer som er farlig.  Ved en statisk utladning kan spenningen være mange tusen volt. Strømmen bli høy en veldig kort stund, men ladningsmengden blir allikevel liten pga. den korte tiden. Ubehagelig, men ufarlig. ( Q = I t ) . Men obs!, statisk elektrisitet kan ødelegge elektronikk!  **1 Innvirkning på hjertet.**  En strøm på noen milliampere igjennom hjerte og lungeområdet kan forårsake hjerte og lungeproblemer med pustevansker, hjerteflimmer og hjertestans.  **2 Termiske skader**  Man kan bli grillet. Brannskader. Vev kan bli varmet opp så mye at det tar skade, og det er ikke sikkert at denne type skade gir seg til kjenne de aller første timene etter uhellet.  **3 Ledsagende skader, fall, sjokk**  For eksempel fall i fra stige. Mennesker som har vært utsatt for et uhell kan tilsynelatende se uskadet ut og oppføre seg relativt normalt, men de kan være i sjokktilstand og dø flere timer etter at uhellet inntraff.  **4 Kortslutning - eksplosjon - lysbue**  Elektriske anlegg med høy kortslutningsytelse, for eksempel sikringsskap kan eksplodere hvis de blir kortsluttet. Kanskje mister elektrikeren et verktøy i sikringsskapet- -. Lysbuer er farlige for synet.  ***Personer som har fått strøm igjennom seg må til lege snarest mulig, fordi skadevirkningene kan komme lenge etter uhellet, og med dødelig resultat.***  Ved elektrisitet har vi også statiske og magnetiske felter som kanskje kan forårsake skade.  Dette er et usikkert og omstridt tema, hvor legevitenskapen vet for lite.  **50 V regnes som farlig spenning. Går ut i fra 25 mA og 2000 ohm. U = R x I**  **Utgangspunkt for forskrifter.**  **Det er strømmen og varigheten av denne som er farlig, ikke spenningen.**  **Motstanden i kroppen varierer mye.**  **Kan variere fra et par megaohm til**  **under 1000 ohm.**  **Mest motstand i huden.**  **Motstanden i huden er spenningsavhengig. Desto høyere spenning, desto mindre motstand og dermed større strøm. Liten motstand i huden ved over 200V.**  **Farligst med strøm i gjennom hjerteområdet. Kan få hjertestans eller hjerteforstyrrelser.**  **Vekselstrøm fremkaller muskelkrampe, spesielt i frekvensområdet 15 – 150 Hz**  **Kan føle strømmer fra ca. 0,5 mA. Fra ca. 10 mA og oppover vil man få lammelse av muskler**  **og vil være livsfarlig hvis strømmen vedvarer i noe tid.**  **Strømmer fra ca. 50 mA livsfarlig ved påvirkning i mer enn et halvt sekund.**  **Ingen eksakte grenser for når det blir farlig. Tiden er også en viktig faktor.**  **Psykisk beredskap spiller også inn.**  **Termiske skader: P = R\* I2  W = P \* t**  **Strømmen tar minste motstands vei.**  **Kan få store innvendige skader som ikke er synlige.**  **Forbrenning av muskulatur frigjør myoglobin (et muskelfargestoff av eggehvitenatur), som føres med blodet til nyrene. Rødfarget urin er et sikkert tegn på dette. Myoglobinet plugger igjen nyrekanalene, og den skadede dør av urinforgiftning hvis ikke behandling settes inn i tide.**  **Hva er farligst, likestrøm eller vekselstrøm?**  Rent termisk, farlig oppvarming av kroppen og brannskader, så er det ingen forskjell.  Likestrøm kan aktivere musklene plutselig og ukontrollert.  Vekselstrøm kan gi hjertestans og hjerteforstyrrelser.  Vekselstrøm kan gi muskelkrampe, slik at man ikke greier å slippe en strømførende del.  **Spenningskilder.**  **Batterier.** Bilbatterier med tradisjonell bly/syre teknologi kan eksplodere hvis de blir kortsluttet og spre svovelsyre. Farlig for øynene. Det kan også dannes eksplosiv knallgass ( Hydrogen og Oksygen ) hvis de blir overladet. Batterier kan også levere såpass med strøm at det kan bli brann. Dette gjelder også for mindre batterier slik som lommelyktbatterier under uheldige kortslutningsomstendigheter. Batterier til PC,er mobiltelefoner og annet utstyr kan også eksplodere. De siste årene har det skjedd mye med batteriteknologien slik at energitettheten har blitt større, og dermed også farligere. For eksempel elektriske biler.  Se: <https://www.youtube.com/watch?v=Kz4qH_u6GnY>  **Solcellepaneler.** Solcelleanlegg kan gi farlige spenninger og forårsake brann. Slike anlegg må konstrueres slik at sikkerheten blir ivaretatt. Dette kan være en utfordring hvis det blir brann i en bygning med solcelleanlegg og sola skinner på solcellene.  **Statisk elektrisitet**. Ved å gå over et teppe og ta i et dørhåndtak kan vi få elektrisk støt. Spenningen kommer opp i flere tusen volt. Strømmen kan bli meget høy, men siden dette varer i bare en meget kort tid oppstår det ikke noen personskade. ( Q = I t ) Men *slik**statisk spenning kan ødelegge elektronikk.* Den høye spenningen punkterer eller svekker den tynne isolasjonen i de integrerte kretsene.  **Spenningskilder på laboratoriet.** ( S304 og S305 )  De likespenningskildene vi bruker kan komme opp i 30V. Noen av apparatene har innebygd to slike spenningskilder slik at det går an å komme opp i 60V. Da kommer vi over grensen for 50V som regnes for farlig spenning. Men vi bruker sjelden så høy spenning til laboratorieoppgavene, slik at ved fornuftig bruk er ikke disse apparatene farlige.  Vi har også funksjonsgeneratorer. Disse gir ut vekselspenning og man kan variere frekvensen. Maksimal spenning er ca. 10V slik at disse er ufarlige ved fornuftig bruk.  Prinsipp for vekselspenning:  <https://no.wikipedia.org/wiki/Vekselstr%C3%B8m>  **Det elektriske fordelingsnettet. IT-nett ( Isolated Terra )**  I Norge har vi for det meste et såkalt IT-nett. ( Isolert jord ) Se figuren under.  Vi kan ikke komme for detaljert inn på hvordan det elektriske fordelingsnettet er bygd opp her, men vi kan ta med de praktiske egenskapene som har med fare å gjøre.  IT-NETT  jord  Spenningen til hus og bygninger blir transformert ned til 230V med en transformator. Nullpunktet til transformatoren er isolert fra jord. Derfor skulle man kanskje tro at det ikke er  farlig å berøre jord og en av overføringsledningene (L1,L2,L3) samtidig, men dette er ikke tilfelle. Fordi ledningene har en viss utbredelse vil man få en kapasitiv kobling mellom disse  og jord.  *Dette fører til at man får en spenning på ca. 130V mellom fasene og jord hvis det elektriske anlegget er i orden. Hvis det er jordfeil på anlegget, d.v.s. hvis en av ledningene har forbindelse til jord kan spenningen komme opp i 230 volt mellom jord og de andre ledningene. ( 230V/= 130V )*  Dette betyr i praksis at vi ikke kan ta på noen av lederne. Man skulle kanskje tro at vi er isolert fra jord når vi står på et tørt gulv med joggesko, men vi kan ikke regne med at denne isolasjonen er tilstrekkelig.  **TN-nett**  Det blir bygd ut fler og fler TN-nett her i landet.  TN-nett  Her er det 400V mellom L1, L2 og L3. Denne trefasespenningen kan brukes til trefasemotorer. Men den spenningen som vi har i stikkontakten er mellom N-lederen og en av de tre faselederne. Den er 230V. ( 400V/= 230V ) Jordledningen PE ( Protective Earth ) og N-lederen er i figuren over koblet sammen ved transformatoren. I et slikt anlegg må man ha jordfeilbrytere fordi en feilstrøm kan bli meget stor.  Transformatorer  OBS! Virker kun med vekselspenning, ikke likespenning.  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/64/Transformer3d_col3.svg/2000px-Transformer3d_col3.svg.png  Vi ser at primærviklingene ikke har forbindelse til sekundærviklingene. Dette gir **galvanisk skille**.  Magnetfeltet varierer med spenningen på primærsiden.  Det varierende magnetfeltet induserer spenning ut på sekundærsiden. Hvis ledningene ut fra sekundærsiden er korte, får vi ikke noen spenning mot jord her. Det gir bedre sikkerhet.  Under: Trefasetransformator      **Jordfeilbryter**  Jordfeilbrytere kobler ut kursen hvis det går strøm mellom jord og faselederne. Det er vanlig at kursen kobles ut hvis feilstrømmen blir større enn 30mA. Utløsetid kan være 0,4s.  Ulempen ved jordfeilbrytere er at de kan løse ut utilsiktet, for eksempel ved tordenvær. Dette er dumt hvis det er fryseboks/kjøleskap på denne kursen.  I sykehus og operasjonsstuer kan man ikke ha denne type elektrisk anlegg som kan koble vekk spenningen fra livsviktige medisinske apparater uten videre.  Se: <https://no.wikipedia.org/wiki/Jordfeilbryter>  **Skilletransformator**  En skilletransformator har omsetningsforholdet 1:1, det vil si at spenningen på primærsiden og sekundærsiden blir den samme. 230V inn gir 230V ut. Hensikten med dette er å få et galvanisk skille, det vil si at det ikke er noen direkte elektrisk forbindelse fra primær til sekundærsiden. Det er den magnetiske koblingen som gir spenningen på sekundærsiden. Det vi oppnår med dette er at det ikke blir noen spenning mot jord, og dermed blir risikoen mindre for å få elektrisk støt.  Skilletransformator  **IM001188**  Vanlige transformatorer gir også galvanisk skille. Spenningen mot jord på sekundærsiden blir null forutsatt at ledningsnettet ikke har altfor stor utbredelse (lengde). Hvis utbredelsen blir stor får vi kapasitans mot jord og dermed også spenning.  Transformatorer i elektriske apparater slik som i våre laboratorieforsyninger gir galvanisk skille. Dette gjelder også de laboratorietransformatorene vi har, med unntak av autotransformatorene.  **Elektriske anlegg med høy spenning**.  Disse har som oftest høy kortslutningsytelse, med de farer det medfører. Ved kortslutning kan det oppstå eksplosjon, til tross for vern og sikringer. Lysbuen fra en slik eksplosjon kan være farlig for synet. Giftige gasser kan oppstå. Berøringsfaren blir meget stor fordi det kan bli overslag hvis man kommer for nærme.  **Lynnedslag.**  Se dokumentet Lyn og Torden i Canvas. Lynnedslag kan lage skade selv om det ikke slår direkte ned i ting og mennesker. Et lynnedslag i nærheten av en overføringslinje kan indusere høye spenninger i linjene som fører ødeleggende spenning videre til installasjoner og utstyr, for eksempel fjernsynet ditt. Dra ut støpselet ved tordenvær. Overspenningsvern er vel og bra, men slettes ingen garanti for at det går bra. Unngå åpne plasser ved tordenvær. Lynet har lettere for å slå ned i objekter som stikker opp fra omgivelsene.  **Komponenter og instrumenter**  **Egenskaper ved kondensatorer og spoler ( induktans) som vi må være oppmerksomme på med hensyn til skader:**   * Kondensatorer kan holde på spenning lenge etter at de er oppladet. Hvis spenningen og kapasitansen er høy kan de gi *et farlig strømstøt.* En eldre TV eller PC skjerm med katodestrålerør virker som en kondensator og kan holde på en meget høy spenning i meget lang tid. * Lange kabler og overføringsledninger, slik som flere kilometerlange ledninger som henger i master vil utgjøre en kapasitans som kan holde på farlig spenning etter at de er frakoblet nettet. Lederne må jordes/kobles sammen slik at de blir utladet og berøringssikre. * For kondensatorer i høyspenningsanlegg er det ekstra viktig at de jordes/kortsluttes for å gjøre de berøringssikre. Kondensatorer som er frakoblet, men ikke er kortsluttet kan også bli ladet opp av nærliggende elektriske felter. * *Elektrolyttkondensatorer kan eksplodere* hvis spenningen er for høy eller hvis polariteten er feil. * Når en kondensator lades opp vil det gå en strøm som begrenses av impedansen i kretsen og av motspenningen til kondensatoren. Hvis impedansen er lav og kapasitansen høy vil denne strømmen bli som en *kortslutningsstrøm.* * Kondensatorer og spoler i en krets kan komme *i resonans* med hverandre slik at man kan *få høye strømmer og spenninger*. Denne virkningen kan man også få mellom andre kretselementer slik som ledninger.   Elektrolyttkondensatorer kan gjenvinne litt av spenningen etter en stund selv om de er blitt helt utladet. <https://electronics.stackexchange.com/questions/282972/capacitor-gaining-voltage-over-time>  Dette kan være farlig i et høyspenningsanlegg.   * Hvis *en induktiv krets brytes* vil den prøve å opprettholde strømmen. ( induktans = spole ) Resultatet kan bli at vi får en *meget høy spenning* som kan forårsake skader. Dette kan ødelegge elektronikk. * Strømtransformatorer i elkraftanlegg kan *gi livsfarlige spenninger* hvis sekundærkretsen blir brutt.   **Måleinstrumenter.**  Måleinstrumenter kan forårsake kortslutning, gi feilinformasjon og være berøringsfarlige. For å unngå dette må man ha kunnskap om instrumentene. Måleinstrumenter er delt inn i kategorier. Se IEC61010-1  catI: Elektronisk utstyr, for eksempel kopimaskin og faks.  catII: Stikkontakter og fordelingskurser lenger enn 10 m fra catIII eller 20m fra catIV.  catIII: Fordelingstavler. Sikringsskap. Fast montert utstyr som motoranlegg og belysning.  catIV: Utendørs anlegg. Inntak. Trafoanlegg. Store fordelingsanlegg.  **Riktige tilkoblingspunkter**.  Man må forvisse seg om at man bruker de *riktige tilkoblingspunktene* for måleledningene til instrumentet. På digitale universalinstrumenter er det vanlig at en tilkobling brukes for måling av spenning, mens en eller to andre brukes for måling av strøm. Hvis måleledningene står i tilkobling for strømmåling, men det kobles opp for å måle spenning kan man få en eksplosjonsartet kortslutning hvis kortslutningsytelsen er stor. Instrumentene har vanligvis sikringer, men hvis det er små glassikringer kan disse svikte. Nyere instrumenter som er godkjent etter IEC61010-1 skal kunne klare å bryte relativt store kortslutningsstrømmer.  Hvis man har målt strøm må man løsne måleledningene fra instrumentet. Hvis ikke risikerer man å glemme seg bort, og bruke disse tilkoblingene ved spenningsmåling. Da blir det kortslutning.  Se: <https://www.youtube.com/watch?v=RbmEAO0o5cI>  **Riktige måleområder**.  *Det er fort gjort å bruke feil måleområde og innstillinger på instrumentet.* Hvis man skal måle spenning, men instrumentet er stilt inn for å måle strøm, kortsluttes kretsen, og skade kan oppstå.  Hvis man er usikker på hvor stor strøm og spenning man har, begynner man på et høyt måleområde og trinner seg ned til riktig måleområde. Dette er først og fremst viktig for viserinstrumenter. Hvis ikke kan måleverket brenne opp og visernåla kan bli ødelagt.  Dreiespoleinstrumenter må ha riktig polaritet. Hvis ikke vil visernåla prøve å gå feil vei.  **Feilinformasjon.**  Hvis vi ikke bruker måleinstrumentene riktig vil vi bli feilinformert slik at vi kanskje tror at kretsen er spenningssløs. Ved strømmåling kan en sikring i instrumentet ha gått, slik at instrumentet forårsaker et brudd i kretsen. Universalinstrumenter må stå på DC hvis man måler likespenning og likestrøm, og det må stå på AC hvis man måler vekselspenning og vekselstrøm. ( Gjelder ikke oscilloskop.)  **Prosedyre for måling av farlig spenning.**  Dette er kanskje ikke så aktuelt i våres laboratorium hvor vi lett kan forsikre oss om at en krets er spenningsløs ved å slå av en bryter eller sørge for synlig brudd. Men i andre elektriske anlegg er kanskje ikke dette så oversiktlig.  Måling med håndholdte instrumenter på denne måten forutsetter at spenning eller kortslutningsytelse ikke er altfor høy.   1. Man forsikrer seg om at måleinstrumentet virker og er riktig koblet og innstilt. Dette kan gjøres ved å på forhånd måle på en kjent spenning. 2. Den planlagte spenningsmålingen foretas. 3. Man kontroller instrumentet på nytt ved å måle på en kjent spenning. Dette gjøres for å forsikre seg om at instrumentet ikke ble ødelagt under den planlagte målingen.   **Oscilloskop**  *Ved feil bruk på farlige spenninger kan oscilloskop være berøringsfarlige. Det kan også forårsake kortslutning. Bruk ikke vanlige oscilloskop til å måle farlige spenninger.Hvis man skal måle farlige spenninger kan man bruke en differensialprobe mellom oscilloskop og spenningen som skal måles.*  **Oppkobling av laboratorieoppgaver.**  Denne informasjonen er først og fremst beregnet for å ivareta sikkerheten på elektrolaboratoriene, først og fremst elkraftlaboratoriet, men den vil også bidra til at laboratoriearbeidet går lettere. Dessuten er det viktig for at alle på laboratoriegruppa skal få oversikt over oppkoblingen, og utbytte av oppgaven.  **Foreta en sikkerhetsanalyse.**  Undersøk om det er noe farlig ved oppkoblingen og planlegg hvordan dere kan koble opp og utføre oppgaven på en sikker måte.*.*  **Berøringssikkerhet.**  Prøv å få oppkoblingen mest mulig berøringssikker. På et elektrolaboratorium kan det være utstyr som det er vanskelig å få berøringssikkert, derfor må vi ta hensyn til dette.  **Ha det ryddig på arbeidsplassen**.  Bruken av laboratoriene preges av en mangeartet virksomhet som foregår parallelt og som utføres av forskjellige personer. I en del tilfeller blir ikke studentene ferdig med laboratorievirksomheten slik at oppkoblingen må bli stående til neste gang de kan komme.  Vi har også begrenset med lagerplass slik at mye utstyr må stå fremme.  Men det er viktig at det er ryddig der hvor det skal laboreres. Derfor må det kanskje ryddes der hvor man skal koble opp. Gjenstander som ikke skal brukes settes vekk.  **Vær metodisk.**   * Når man kobler opp lønner det seg å ta seg god tid og være metodisk. Det er veldig fort gjort å koble feil. Selv den enkleste krets kan bli uoversiktlig hvis man ikke tar hensyn til dette, og dermed øker muligheten for uhell. * Det er ingen tid å spare ved å koble for fort opp, heller tvert imot. Hvis man må lete etter feil risikerer man å tape veldig mye tid, og dette kan føre til en arbeidssituasjon som kan forårsake skader. * Det er viktig at oppkoblingen blir oversiktlig slik at man ser hva som er hva. Hvis en oppkobling består av mange komponenter er det lett å gå i surr med hva som er hva, spesielt gjelder dette for måleinstrumenter. Det er som regel flere personer som arbeider sammen, og for at alle skal ha full oversikt er det helt nødvendig å ha en ryddig oppkobling. Hvis ikke, blir det lett slik at noen av gruppemedlemmene kun blir tilskuere som verken vil, bør, eller kan ha noen befatning med oppkoblingen. * Som regel lønner det seg å plassere komponenter og utstyr slik som de er avbildet på tegningen eller kretsskjemaet. Der dette er mulig vil man få en god oversikt. * Hvis det brukes mange instrumenter kan man merke dem med ”post it” selvklebende merkelapper slik at man ser hva de måler. * Bruk passe lange ledninger. Hvis ledningene er for lange får man lett en spagetti som roter til oppkoblingen. For korte ledninger er også upraktisk og uheldig, da kan ledningene lett løsne fra sine tilkoblinger. * Viktig: Skjøting av ledninger må gjøres på en slik måte at det ikke oppstår noen berøringsfare. *Det er forbudt å skjøte ved å stikke bananstikkerne i hverandre!* Bruk skjøtehylser eller aller helst egnede koblingsbrett. * Viktig: Kontroller at ledningene har en god forbindelse til sine tilkoblingspunkter slik at de ikke løsner. * Laboratorieledningene har forskjellige farger. Hvis to forskjellige kretser har ledninger med forskjellige farger gir dette bedre oversikt. * Hvis det er mulig å koble opp enkelte deler av en elektrisk krets og få prøvd ut denne før man kobler opp alt kan dette være en fordel. Dette gjelder først og fremst for kretser hvor det er mye oppkobling. Hvis man kobler opp alt på en gang vil det være vanskeligere å finne eventuelle feil. * Voltmetre og oscilloskop kobles til kretsen helt til slutt. Man skulle kanskje tro at dette ikke spiller så stor rolle, men i praksis viser det seg at det er mye lettere å kontrollere og endre kretsen da. Dette er en viktig detalj. * Undersøk om komponentene i kretsen tåler den strømmen som går igjennom dem. * Si ifra til lærer/laboratorieansatt hvis det er noe utstyr som ikke er i orden. Det er andre som skal bruke utstyret etter dere. * Kretsen kobles opp i spenningsløs tilstand. Når man kobler til spenningen er det en fordel om denne kan reguleres opp gradvis. Hvis man da nøye overvåker instrumenter og utstyr kan man unngå skade ved en eventuell feilkobling. (Gjelder ikke digital-teknisk utstyr.) *Bruk sansene*, følg med, lytt, det bør ikke være noen rare lyder slik som brumming, knitring. Se, ingen røkutvikling, glimming. Lukt, ingen rare lukter. Følg med på ledningene, blir de varme, beveger de seg, smelter? * Stemmer måleresultatene med teoretisk utregnede verdier? Før spenningen kobles til bør man regne ut disse. Hvis det er stort avvik mellom målte og teoretiske verdier kan det tyde på at man har koblet opp feil. * Slå av instrumenter og spenningskilder etter bruk.   Vedlegg 1.  Vanlig transformator og autotransformator.  En vanlig enfaset transformator har primær og sekundærviklingene elektrisk skilt fra hverandre. Vi får et galvanisk skille, d.v.s. det er ingen strømførende forbindelse mellom primær og sekundærsiden. Transformatorer virker bare med vekselspenning.  TRAFO  En autotransformator ( spartrafo ) derimot, har en felles vikling for primær og sekundærsiden.  *Denne transformatoren gir ikke noe galvanisk skille*. Vi ser at den ene fasen, L2 har direkte forbindelse fra primærsiden til sekundærsiden. Slepekontakten ( 3 ) har direkte forbindelse med ”primærviklingen”. Slike transformatorer er gjerne laget som ringkjernetransformatorer, se den nederste figuren. Figuren under er derimot en prinsipiell fremstilling.    Det finnes forskjellige koblinger for autotrafoer. Med den koplingen som er vist over kan man regulere U2 fra null volt og opp til U2 blir lik U1.    Spenningen inn, U1, kobles til bøssing 1 og 4. Den regulerte spenningen tas ut mellom 1 og 3.  På toppen av autotrafoen er det et stort ”dreieratt”. Når det er dreid helt til venstre ( mot klokka ) er spenningen mellom 1 og 3 lik null. Når det er dreid helt til høyre er spenningen ut 100% av primærspenningen. Skaleringen på toppen av trafoen er i prosent og ikke i volt.  Vedlegg 2  **Målinger med oscilloskop på kretser med farlige spenninger.**  **Kontroller probene før måling!**  *Det er ganske ofte feil med probene,* det blir blant annet lett dårlig kontakt i dem. På nesten alle oscilloskop er det et testmålepunkt som man kan kontrollere probene mot. Bruk dette.  **Hvis man skal måle farlige spenninger bør man absolutt bruke differensialprober.** Det er typisk et lite ”apparat” som kobles mellom målepunktene og oscilloskopet. Spenningen inn til skopet blir redusert ned til en ufarlig spenning. Dessuten får man galvanisk skille, slik at man slipper jordingsproblematikken. Dermed er det mulig med flere målekombinasjoner.  Vanlige prober er dårlig egnet til å måle på farlige spenninger uten at det går ut over berøringssikkerheten. Derfor bør vi bruke prober som har egnede tilkoblinger. Hvis vi skal bruke vanlige prober må det gjøres på en slik måte at det blir berøringssikkert.  De fleste oscilloskop med metallkasse er laget slik at **jordingsklemmen på proben har direkte forbindelse til kassa.**  D.v.s. null ohm.  Dette er det meget viktig å være oppmerksom på med hensyn til **berøringsfare, kortslutning og jordslutning.**  **Hvis man foreksempel måler nettspenningen ( 230 V ) med et slikt oscilloskop og med vanlige prober, betyr dette at man kobler den ene fasen direkte til kassa. Dette er ikke tilrådelig uten at man tar de nødvendige forholdsregler.**  Hvis oscilloskopet er jordet via et jordet støpsel og stikkontakt, får man **jordfeil** med de farer det medfører. Muligens vil jordfeilstrømmen bli såpass stor at den tynne ledningen til jordklemma på proben vil brenne av, eller det vil gå en sikring. Hvis ikke, er det fare for at man kan få en jordfeilstrøm som etter hvert kan utvikle seg til brann. Jordfeil fører også til at spenningen mellom de andre fasene og jord øker. Dermed øker risikoen for skade hvis det blir jordfeil på disse fasene.  Hvis oscilloskopet ikke er jordet får det en farlig berøringspenning. Hvis man berører skopet samtidig med at man har kontakt med jord, kan man få en dødelig strøm igjennom seg!   1. Det går imidlertid an å bruke begge kanalene på skopet til å utføre en såkallt differensiell måling. Med oscilloskopet TRIO CS-1566 gjøres dette på følgende måte: 2. Kobl en probe til hver kanal. Jordforbindelsen til proben skal ikke brukes. 3. Lik innstilling for volt/div på begge kanaler. 4. MODE innstilling: Sett denne til ADD. 5. Trekk ut den vertikale posisjonsinnstillingen for kanal 2. Polariteten for denne kanalen blir da invertert. ( PULL INVERT ).   Hvis man bruker begge kanalene til oscilloskopet , d.v.s. to prober, trenger man bare å ha jordforbindelse på en av probene. Hvis man derimot har jordingsklemme på begge probene og kobler klemmene til forskjellige punkter på et kretskort, kobler man disse punktene i sammen ! Dette kan føre til kortslutning og eller ødelagt kretskort. Selv om dette ikke skulle skje må man regne med at målingen er mislykket. Det at begge kanalene har felles jord begrenser dessverre hvilke målekombinasjoner som kan gjøres.  **Måling av strøm med oscilloskop.**  **Shunter og strømtransformatorer.**  De aller fleste oscilloskop kan bare måle spenning, men ikke strøm. Hvis man vil måle strøm kan man gjøre dette v.h.a. shunter eller strømtransformatorer.  Strømmåling med shunt. En shunt er en liten motstand som kobles inn i kretsen slik at den strømmen som skal måles går igjennom shunten. Spenningen over shunten måles med oscilloskopet. Når man da kjenner motstandsverdien til shunten er det lett å regne ut strømmen. Shunten må være såpass liten at den ikke påvirker kretsen, og den må tåle strømmen som går igjennom den. Vi vil heller ikke ha unødvendig varmeutvikling og effekttap.  **OBS !** Strømmåling med shunt gir ikke galvanisk skille, det vil si det er direkte elektrisk kontakt mellom kretsen som skal måles og måleinstrumentet.  Strømmåling med strømtransformator. En stor fordel med strømtransformatorer er at de gir galvanisk skille, d.v.s. kretsen som skal måles og måleinstrumentet blir isolert ifra hverandre.  ( Sekundærsiden på strømtrafoer er koblet i kortslutning. Denne sekundærkretsen må ikke brytes, fordi det da kan oppstå livsfarlige spenninger. ) Strømtransformatorer blir brukt ved måling av store strømmer, men de blir også brukt ved mer moderate strømstyrker fordi man får galvanisk skille. Dessuten er de hendige å bruke hvis de er laget som strømtenger. Da kan man bare hekte tanga over målepunktene. Bruker man derimot shunt eller amperemeter må man splitte opp kretsen og koble inn disse.  Tradisjonelle strømtransformatorer og strømtenger er i prinsippet en transformator med primær og sekundærside, hvor kretsen som skal måles er på primærsiden ,mens måleinstrumentet er tilkoblet sekundærsiden.  Slike strømtrafoer har den ulempen at de ikke klarer å gjengi alle kurveformer på strømmen riktig. For å få spenning ut av en transformator må fluksen i kjernen variere, og det gjør den ikke hvis det f.eks. er en likestrøm som skal måles. ( E = N x dØ/dt )  Hvis strømmen er en «blanding» av likestrøm og vekselstrøm får man gale resultater. For raske endringer av strømmen gir også feil.  Strømtransformatorer med hallelement er derimot i stand til å gjengi strømmen riktig. Disse kan måle likestrøm og andre kurveformer. Hallelementet er en halvlederkomponent som kan måle fluks. ( Magnetfelter )  Med strømtransformator blir man stilt mye friere ved målinger med oscilloskop hvis man vil måle med to kanaler samtidig. Man slipper problemet med risikoen for å kortslutte med jordingsklemmene på probene. Målekombinasjoner som ellers ikke hadde vært mulig kan utføres.  AJØ  **Vedlegg 3.**  **Et eksempel på berøringsfare.**  Vi tenker oss to panelovner som står ved siden av hverandre. Inne i dekselet er det et varmeelement – R. Begge ovnene har en feil. I den ene ovnen er det blitt elektrisk forbindelse mellom L1 og dekselet. I den andre ovnen er det blitt forbindelse mellom L2 og dekselet.    Vi har nettspenning, 230 V mellom fasene L1 og L2. Ovnene er ikke jordet, men de er skrudd fast til veggen. I våres tilfelle tenker vi oss at motstanden i veggen tilfeldigvis er såpass stor at feilstrømmen er svært liten. Selv om vi da har to alvorlige feil vil ikke sikringer eller jordfeilbryter løse ut.  Hvis en person tar på en av ovnene vil han få strøm igjennom seg, men hvis motstanden i gulvet er veldig høy vil strømmen bli liten og ufarlig. Derfor har det tidligere ikke vært ansett som nødvendig med jording i vanlige rom som for eksempel stuer. ( Er blitt krav til jording nå.)  Men hvis han tar på begge ovnene samtidig ser vi av figuren at han får direkte forbindelse til L1 og L2 samtidig, dvs. 230V, hvilket er livsfarlig. Her vil ikke en jordfeilbryter løse ut fordi strømmen går direkte via personen fra den ene fasen til den andre. Hvis det hadde vært en forbindelse mellom de to dekslene, - en utjevningsforbindelse, så hadde sikringene gått.  Hvis ovnene, dvs. dekslene hadde vært jordet hadde sikringene eller en jordfeilbryter brutt strømmen før noen hadde tatt på ovnene.  AJØ |