

# FYS 2150. ØVELSE 2

## VEKSELSTRØM

Fysisk institutt, UiO

### Mål.

Etter denne øvelsen skal du kunne gjøre rede for begreper så som fase-forskjell, effektiv-verdi og amplitude-verdi når det gjelder vekselstrøm-signaler. Du skal også vite i grove trekk hvordan el-strømforsyningen er organisert her i landet. Videre skal du bli fortrolig med begrepene ”jord”, ”flytende spenningskilde” og lære å kjenne den mest vanlige spenningskilden vi skal bruke i dette kurset.

### Vekselspenninger

#### Frekvens, amplitude, effektivverdi og fase

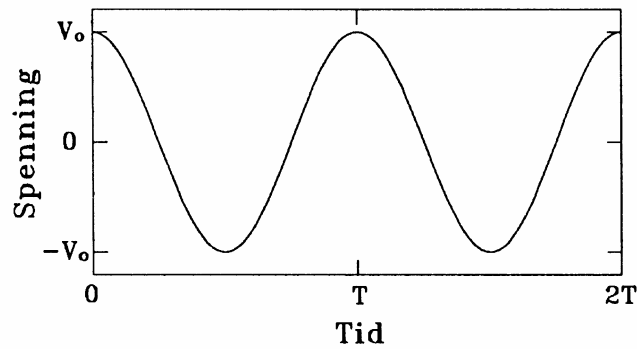
I denne øvelsen skal vi ta for oss en del begreper som er viktige for forståelsen i mange av de senere øvelsene i kurset. Det du lærer deg her vil også være til nytte når du skal tilegne deg teorien i kurset om elektromagnetisme.

Med vekselspenning forstår vi vanligvis en spenning som varierer harmonisk, dvs. som en sinusfunksjon, med tiden. Når vi beskriver *en* spenning, velger vi ofte å la den ha sin maksimale verdi ved tiden  $t = 0$ , slik som illustrert i figur 1.

Vi har da:

$$V = V_0 \cos(\omega t) = V_0 \cos(2\pi t / T) = V_0 \cos(2\pi f t) \quad (1)$$

Her er  $V_0$  amplituden eller maksimalspenningen,  $V$  er spenningen ved tiden  $t$ ,  $T$  er perioden,  $f = 1/T$  er frekvensen og  $\omega = 2\pi f$  er vinkelfrekvensen. Frekvensen måles i Hertz,  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ . Vinkelfrekvensen måles i radianer/sekund, symbol: rad/s eller bare  $\text{s}^{-1}$ .



Figur 1: Ren sinusformet vekselspenning  $V = V_0 \cos(\omega t)$ .

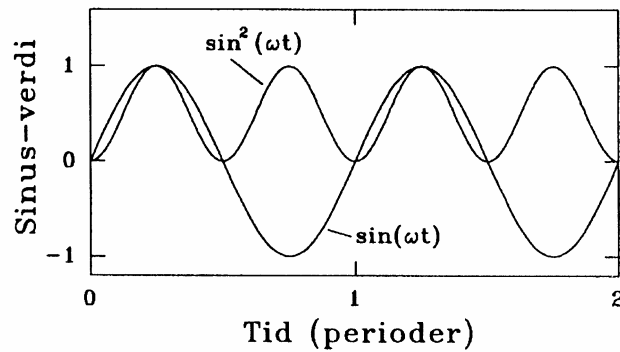
Man kan karakterisere en gitt vekselspenning med amplituden  $V_0$ , men det er vanligere å bruke effektiv-verdien,  $V_{eff}$  (kalles også "Root Mean Square value" - eller på godt norsk: "RMS-verdien"). Matematisk er effektiv-verdien definert ved

$$V_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt \quad (2)$$

Denne definisjonen gjelder generelt, også når spenningen ikke varierer som en ren sinusspenning. For en ren sinusspenning forenkles uttrykket til:

$$V_{eff} = V_0 / \sqrt{2} \quad (3)$$

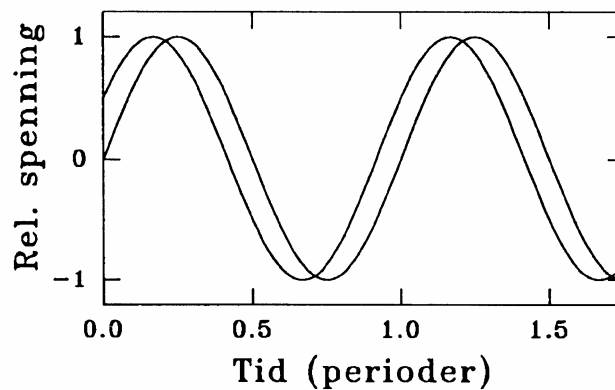
Dette siste resultatet kan lett finnes grafisk ved å tegne kurven for  $\sin^2(\omega t)$  (se figur 2).



Figur 2: Kurvene for  $\sin(\omega t)$  og  $\sin^2(\omega t)$ . Det er lett å se at middelveiden av  $\sin^2(\omega t)$  er  $1/2$ , og overgangen fra likning 2 til likning 3 følger da umiddelbart.

Et multimeter kan ikke følge de hurtige variasjonene i spenningen. Vekselstrømsinstrumenter er vanligvis konstruert slik at de viser effektiv-verdien av spenningen,  $V_{eff}$ .

Når vi betrakter to eller flere vekselspenningssignaler med identisk frekvens, vil vi ofte oppdage at signalene ikke oppnår sin maksimale verdi ved samme tidspunkt. Vi sier da at signalene er faseforskjøvet i forhold til hverandre. Figur 3 viser to sinus-spenninger som er forskjøvet  $30^\circ$  i forhold til hverandre.



Figur 3: To sinus-spenninger som har en faseforskjvning på  $30^\circ$  relativt til hverandre.

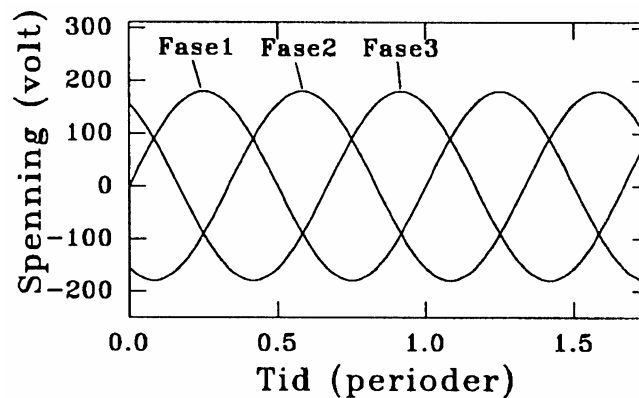
## Energioverføringen i Norge

For at du skal få litt praktisk innblikk i karakteristiske trekk ved vekselspenninger, skal vi se litt på den vekselspenningen vi alle omgås daglig.

I det norske elektrisitetsforsyningsnettet transporteres den elektriske energien på tre ledninger (tre faser). Mellom hver av disse ledningene og jord er det en spenning på 127 V effektivverdi eller 180 V amplitudeverdi, men de tre fasespenningene har ikke samme fase. Det er en fase-forskjell på  $120^\circ$  (eller  $2\pi/3$  radianer) mellom de tre spenningene. Dette er illustrert i figur 4.

Matematisk kan de tre spenningene representeres ved

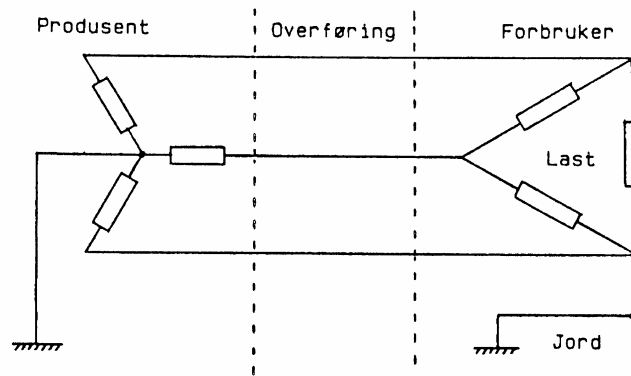
$$V_1 = V_0 \sin(\omega t) \quad V_2 = V_0 \sin(\omega t - 2\mathbf{p}/3) \quad V_3 = V_0 \sin(\omega t - 4\mathbf{p}/3) \quad (4)$$



Figur 4: Spenningsvariasjonen i tid for de tre fasene i den norske elforsyningen.

Disse tre ledningene fordeles så to og to til de forskjellige uttakssteder, og det vi til enhver tid finner i våre stikkontakter er spenningen mellom to av disse fasene (se figur 5). Ser vi for eksempel på spenningen mellom fase 1 og 2,  $V_{12}$ , finner vi:

$$V_{12} = V_0 \sin(\omega t) - V_0 \sin(\omega t - 2\mathbf{p}/3) \quad (5)$$



Figur 5: Det norske fordelingsnett der kraftverket produserer trefase vekselstrøm, og forbrukeren kobler sin last mellom de tre mulige ledningspar-kombinasjonene.

Dette uttrykket kan omskrives (som vist i ♠ på neste side), og resultatet blir:

$$V_{12} = \sqrt{3} V_0 \sin(\omega t - \mathbf{j})$$

Spenningen mellom to faser er da også en sinusfunksjon, med samme frekvens som hver av fasene, men med en større amplitudeverdi. Amplituden for spenningen mellom de to fasene blir da:  $V_{12(0)} = \sqrt{3} \cdot 180 \text{ V} \approx 310 \text{ V}$ , og effektivverdien:  $V_{eff} = \sqrt{3} \cdot 127 \text{ V} \approx 220 \text{ V}$

Vi håper du kjenner igjen det siste tallet!

♠ For de mest interesserte:

For å omforme likningene for  $V_{12}$  på forrige side kan du bruke formlene:

$$\sin \mathbf{a} - \sin \mathbf{b} = 2 \cos \left( \frac{\mathbf{a} + \mathbf{b}}{2} \right) \sin \left( \frac{\mathbf{a} - \mathbf{b}}{2} \right) \text{ og } \cos(x) = \sin(x + \mathbf{p} / 2)$$

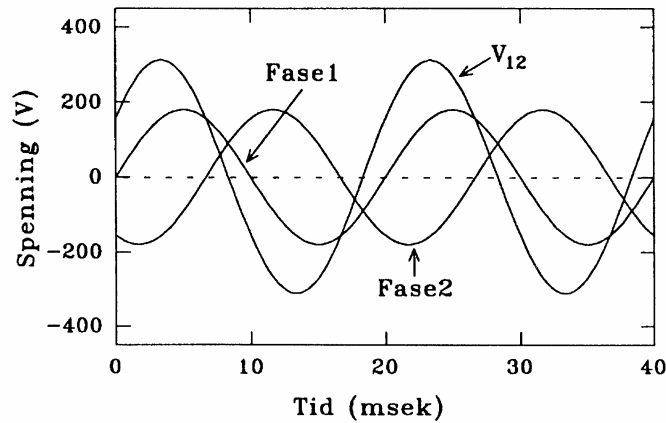
Du finner da at amplituden på  $V_{12}$  blir  $\sqrt{3} V_0$ , og at fasen  $\phi$  blir  $-\pi/6$ .

Spenningen på 127 V mellom de forskjellige fasene og jord har ført til mange ulykker og er årsaken til at alt elektrisk utstyr som brukes i kjøkken og bad enten er dobbeltisolert (hårtørkere ol.) eller er jordet, dvs. de metalleder av apparatet som vi kommer i kontakt med er i ledende forbindelse med jord (elektriske komfyrer, vaskemaskiner osv.).

Hvis f.eks. en elektrisk komfyr ikke er jordet og det skulle oppstå en forbindelse mellom en av fasene og det ytre av komfyren, er det livsfarlig å berøre komfyren og f.eks. et vannrør eller en radiator samtidig.

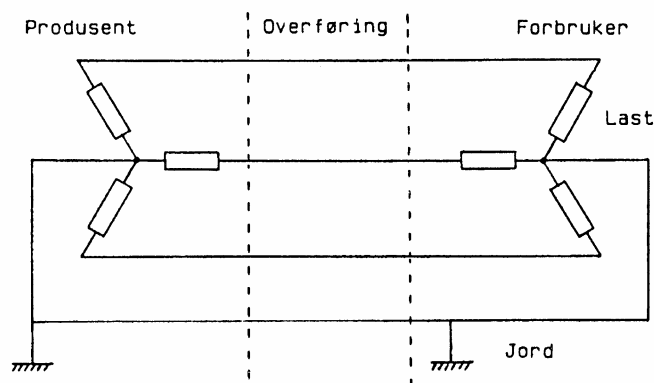
Hvis derimot komfyren er jordet, vil det ikke være noen spenning mellom komfyren og jord og sikringer vil brenne av. Slike ulykker kan også forhindres ved å installere såkalte Jordfeilbrytere. Disse er

laget slik at de bryter strømmen hvis det går en strøm større enn f.eks. 30 mA mellom en fase og jord. Verdien 30 mA er valgt fordi de fleste vil overleve en slik strøm gjennom kroppen.



Figur 6: Spenningene på el-nettet kan gis på to måter, enten som spenning relativt til jord, eller som spenning av en fase relativt til en annen. I figur 4 ga vi spenningene relativt til jord, og kurvene merket "fase 1" og "fase 2" i denne figuren er også relativt til jord. Dersom vi ser på spenningen mellom fase 1 og 2, får vi kurven merket  $V_{12}$ .

I mange land (for eksempel Sverige, Danmark og England) brukes fire ledninger for energioverføringen. Den fjerde ledningen vil normalt ligge på jordpotensial og skal ikke føre noen strøm og kan derfor gjøres tynnere enn de andre tre. Hvis imidlertid belastningen på de tre kursene er forskjellig (noe som er temmelig vanlig), vil det gå strøm også i 0-lederen. I slike systemer er fasespenningen (effektiv-verdien av spenningen mellom en fase og jord) 220 V. Spenningen mellom to av fasene er 380 V (effektiv-verdi). Figur 7 viser prinsippene bak et fireleder system.



Figur 7: Fireleder-system som brukes i en del andre land. Merk den forskjellige plasseringen av lasten ved dette systemet sammenlignet med det norske i figur 5.

## Oppgave 1 : Måling av nettspenning med multimeter.

Du skal i denne oppgaven bruke et multimeter for å måle *vekselspenning*. Målingen vi her skal gjøre, nemlig å bestemme spenningen på el-nettet, er svært vanlig. Vi gjennomfører den ofte dersom vi har mistanke om at en sikring er røket.

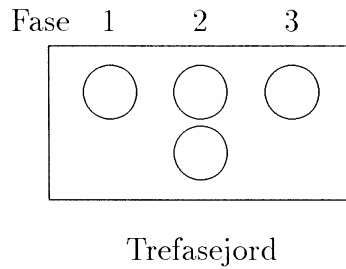
Bruk et multimeter og bestem spenningen mellom de to kontaktpunktene i stikkkontakten. Pass på at instrumentet er satt til vekselspanning (*V*» og COM inngangene), og bruk et måleområde for spenninger større enn 220 V (det siste er kun relevant for visse multimeter typer).

**NB. Pass på at kroppen (fingrene) ikke kommer i direkte kontakt med de strømførende ledningene. Det kan være livsfarlig! Av alle de koblinger du foretar, la tilkoblingen til de farlige spenningene være de siste du gjør før måling, og de første du fjerner etter måling. NB. Det vil si at du putter to ledninger (bananplugg) helt inn i multimeteret *først* (*V*» og COM inngangene), *dernext* kan de andre endene av ledningen stikkes inn i stikkkontakten. Etter måling må ledningene fjernes fra stikkontakt *før* de eventuelt fjernes fra multimeteret!**

Bestem også spenningen mellom hvert av de to kontaktpunktene og jordingspunktet. Hva finner du? Avgjør ut fra dette om laboratoriet er utstyrt med det norske eller ”det internasjonale” trefasesystemet!

## Oppgave 2: Trefasenettet

Vi ønsker nå at du skal få se i praksis hvordan det henger sammen med spenninger og faser på det norske trefasenettet. (Du så forhåpentlig i forrige oppgave at lab'en er utstyrt med ”det internasjonale” trefasesystemet, men vi har også tilgang til det norske systemet (blå trefase-uttak på vindusvegg). Her er spenningen mellom to faser 220 V. Vi kan derfor ikke forbinde inngangene på oscilloskopet direkte til kontakten. Selv om oscilloskopet ikke skulle ta skade av det, ville utslaget bli for stort slik at store deler av strålen ville falle utenfor skjermen. Vi har derfor transformert ned vekselspanningene til ca. 15 V slik at vi trygt kan studere dem med et oscilloskop (og multimeter). Bortsett fra endringen i spenning er vårt opplegg helt analogt til trefasenettet, men så bruker vi da også tre enkle transformatorer og 220 V trefase som utgangspunkt! De tre nedtransformerte fasene fordeles til hver student via skjøteledninger og koblingsbrett. Koblingsbrettene ser ut som følger:



**a) Effektivverdier av spenningen bestemt med multimeter.**

Bestem spenningene innbyrdes mellom hver av faseparene, og mellom hver av fasene og jordpunktet med multimeter. Sett resultatene opp i en oversiktlig tabell. Det blir til sammen seks målinger, nemlig:

$V_1$ rel. jord	$V_1$ rel $V_2$
$V_2$ rel. jord	$V_1$ rel $V_3$
$V_3$ rel. jord	$V_2$ rel $V_3$

**b) Måling av spenningsamplitudene med et oscilloskop.**

**VIKTIG VIKTIG VIKTIG:**

Når du skal måle spenningene på det nedtransformerte trefasenettet, *må oscilloskopene ikke stikkes i de vanlige jordete stikkontaktene*. Vi må bruke skilletrafoer etterfulgt av ikke-jordete skjøteledninger. Dette må gjøres for at flere studenter uten risiko skal kunne koble seg inn på ulik måte i nettet med hvert sitt oscilloskop. Spør veileder om å sjekke tilkoblingen dersom du er i tvil!

Bestem amplituden for vekselspenningen mellom to av fasene. Bestem også amplituden for vekselspenningen mellom en av fasene og jord (se: ? Nyttige tips, nedenfor).

Beregn forholdene

$$\frac{(V_1 \text{ rel. jord})_{\text{ampl. (oscilloskop)}}}{(V_1 \text{ rel. jord})_{\text{eff. (multimeter)}}$$

og

$$\frac{(V_1 \text{ rel. } V_2)_{\text{ampl. (oscilloskop)}}}{(V_1 \text{ rel. } V_2)_{\text{eff. (multimeter)}}$$

mellom settene av spenninger du fant i **a** og **b**. Hvordan stemmer din verdi med den vi skulle forvente teoretisk for forholdet mellom amplitudeverdi og effektivverdi.



---

**♠ For de mest interesserte:**
**Hvorfor skilletrafo og ikke-jordete skjøteledning må brukes.**

Et oscilloskop er et "ikke-flytende" måleinstrument, fordi jordinngangen på oscilloskopet er forbundet med jordledningen i nettkabelen. Når *flere* brukere skal se på alle de nedtransformerte fasene uavhengig av hverandre, er det derfor stor fare for at vi kortslutter fasene gjennom den felles jordingen på oscilloskopene. Dette unngår vi ved å koble oscilloskopene til ikke-jordete skjøteledninger. Et slikt triks kan imidlertid få alvorlige følger sikkerhetsmessig dersom overledning skulle finne sted (kan gi støt). Denne faren unngår vi ved å koble oscilloskopene til skilletransformatorer. (En skilletrafo får 220 V fra lysnettet, og gir 220 V ut, men spenningen på utgangen "flyter" i forhold til nettspenningen.

---

**♥ Nyttige tips:**

Når du skal måle amplitudene for vekselspenningen *mellom* f.eks. fase 1 og 2, kobler du én fase til Ch 1 inngangen og en annen til "jord" (referansepunktet) på oscilloskopet. Ved måling av amplituden for en fase relativt til jord, kobles trefase-jord til oscilloskopets "jord", og en av fasene til Ch 1.

Du kan lese av amplituden  $V_0$  på oscilloskopet, men det er som regel nøyaktigere og enklere å lese av forskjellen mellom topp- og bunnverdi,  $V_{pp}$  (peak to peak value), der  $V_{pp} = 2V_0$ . For noen få av målingene i denne oppgaven er det imidlertid ikke mulig å følge en slik prosedyre. Spenningen er rett og slett for stor til å få hele bildet inn samtidig på skjermen. Du må da skjevstille nullnivået (vha. GND og POSITION kontrollene på den aktuelle kanalen), og lese av amplitudeverdien i forhold til dette nye nullnivået.

For målingen velges et måleområde for spenning slik at bildet blir størst mulig uten at den delen du måler på faller utenfor skalaen. For mest nøyaktig måling lønner det seg å flytte på strålen både vertikalt og horisontalt slik at du får benyttet rutemønsteret og skalaene på oscilloskopskjermen maksimalt (men du må selvfølgelig ikke flytte strålen vertikalt dersom du måler i forhold til et satt nullnivå!).

Tidsbaseinnstillingen kan for disse målingene være 2 eller 5 ms/div. Pass på at oscilloskopet er riktig kalibrert (kalibreringsknapper dreid til kalibrert posisjon).

---

**c) Frekvensen på el-nettet**

Bestem perioden, og dermed også frekvensen, for de svingningene du observerer. Sammenlign din målte verdi med den offisielle frekvensen på lysnettet (spør om du ikke kjenner denne), og gi en kort kommentar.

## Oppgave 3 : Faseforskjeller på trefasenettet.

Vi ønsker at du nå sjekker faseforskjellen mellom to av fasene på el-nettet. Målingene skal gjøres relativt til trefase-jord slik at forholdet blir analogt til det du ser i figur 4.

Koble jord på oscilloskopet til jordpunktet på trefasenettet. Kanal 1 forbindes med en av fasene, f.eks. fase 1. Kanal 2 forbindes med en av de andre fasene, f.eks. fase 2. Du har da et oppsett der du studerer to av fasespenningene samtidig relativt til trefase-jord. Pass på at oscilloskopet ikke står i "Ch2 INVERT" innstilling!

Ser skjermbildet ut slik du forventet? Mål faseforskjellen mellom de to fasene du valgte (prosedyre er gitt nedenfor). Angi hvilke faser du måler på, og hvilken av disse som kommer før den andre. Stemmer resultatet med det som er beskrevet ovenfor og illustrert i figur 4?

### ♥ Nyttige tips:

---

#### Måling av faseforskjeller mellom to vekselspenningssignaler med samme frekvens.

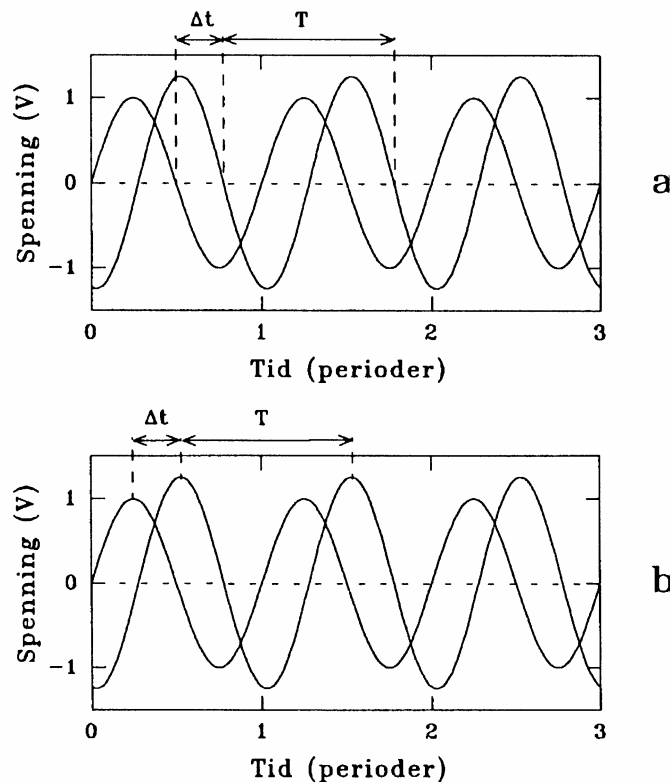
##### Metode 1: (den som ofte gir det mest nøyaktige resultat)

Innstill tidsbase og forsterkning slik at signalene på så vel kanal 1 og 2 gir ca. 1.5 periode og amplitude som fyller mesteparten av skjermen. Juster nullnivået ("Y POSITION" på oscilloskopet) for hver av kanalene slik at kurvene er symmetriske om 0-nivået på skjermen. Du kan da lese av avstanden mellom skjæringspunktet mellom de to kurvene og nullinjen. *Avstanden du leser av skal være den avstanden du måtte forskyve det ene signalet med for at det skal skulle komme på samme sted som det andre* (se figur 8a).

Multipliser med tid/rute og finn tidsforskjellen  $\Delta t$ . Periodetiden,  $T$ , finner du på lignende måte ved å ta utgangspunkt i avstanden mellom f.eks. to oppadgående flanker på én og samme sinus (avstanden måles igjen mellom skjæringspunkt mellom sinus og nullinjen). Faseforskjellen mellom de to signalene er da gitt ved :

$$\Delta f = 360 \Delta t / T$$

Det kan lønne seg å legge merke til at faseforskjellen  $\Delta f$  beregnes ved et *forholdstall* mellom to tider. Det er derfor egentlig ikke nødvendig å bestemme  $\Delta t$  og  $T$  i tidsenheter (ved å multiplisere antall ruter med TIME/DIV). Du får samme resultat dersom du bare måler begge i antall ruter.



Figur 8: Forklaring på hvordan en bestemmer faseforskjeller på et tostråleosilloskop. **A:** øverst viser vi den mest anbefalte metode. **b:** Metoden nederst kan være nyttig ved ikke-symmetriske signal.

#### Metode 2 (gir ofte større usikkerhet enn metode 1)

Noen foretrekker å lese av avstanden mellom topppunktene til kurvene for å bestemme  $\Delta t$ . Dette anbefales normalt ikke (med mindre en bruker spesielle triks vi ikke kan komme inn på her), fordi x-posisjonen til toppene er langt dårligere definert enn skjæringspunktene med nulllinjen.

Skulle du likevel ønske å bruke denne metoden, går det fram av figur 8b hvordan  $\Delta t$  og  $T$  nå fastsettes. Formelen for beregning av fasevinkelen er akkurat som ovenfor.

Denne siste metoden gir ofte mindre presise bestemmelser av faseforskjeller enn metode 1, men den har én fordel, nemlig at resultatet ikke avhenger av at begge kurvene er stilt nøyaktig symmetrisk omkring nulllinjen. Ved visse former for forvrenging av signalet (slik at det ikke lenger er rent harmonisk (sinus)), kan derfor metode 2 av og til være metode 1 overlegen.

## Oppgave 3 : Karakterisering av en spenningskilde.

Overalt innen eksperimentalfysikk bruker vi måleinstrumenter eller sensorer som krever ”strøm”. ”Strøm” brukes her oftest som synonymt med energi. En kilde for energi kalles på engelsk for ”power supply”, eller ”kraftforsyning” på norsk. I denne øvelsen vil vi

bruke ordet “spenningskilde”, mest fordi den kraftforsyningen vi skal se på primært er laget for å kunne gi en eller flere stabiliserte spenninger.

Før en kan bruke en spenningskilde, må en vite hvordan kilden er organisert. Vi trenger å vite: ”Hvordan kobler vi oss til denne spenningskilden?” Spørsmålet høres banalt ut, men på grunn av manglende standardisering, må vi ofte sjekke ut i praksis hvordan spenningskilder er koblet, før vi bruker dem.

*Et viktig punkt ved bruk av spenningskilder (og mye annen apparatur), er å avgjøre om kilden er “flytende” eller ikke. Dette henger nøye sammen med spørsmål om tilkobling til “jord” eller ikke. Vi vil nedenfor forklare hva vi mener både med “jord” og “flytende”.*

Målet med denne oppgaven er at du skal få en brukbar forståelse av uttrykkene ”jord” og ”flytende”, og at du skal bli vant med å bruke en av våre mest vanlige spenningskilder. Dessuten vil du få litt ekstra trening i å bruke et multimeter. Men la oss aller først starte med litt ”teori”:

## ”Jord”

Når det gjelder elektrisitet og elektronikk, snakker vi ofte om ”jord”. Det finnes to temmelig forskjellige former for “jord”, og det kan være nyttig å vite forskjellen på disse.

Bygger du et hus, graver en gjerne ned f.eks. en stor kobberplate i bakken, og forbinder denne med en solid kabel. Kabelen blir knyttet til sikringstavla i huset, og ledninger strukket til alle jordete stikkontakter i huset. Når f.eks. en komfyr knyttes til nettet, vil alt metallet på komfyren vi kommer i kontakt med være knyttet til jord. Det samme vil f.eks. gjelde et kjøleskap. Det betyr at det alltid vil være samme potensial (“spenning”) på kjøleskapet og komfyren, uansett om det skulle bli overledning eller ikke, og vi slipper å få støt dersom vi tar på begge gjenstandene samtidig.

Denne form for jord kaller vi ofte for “sant jord” fordi vi har koblet oss til selveste “moder jord”. Og siden ledningsevnen i jordsmonnet er såpass stor som den er, vil derfor alle gjenstander knyttet til “sant jord” ligge på samme potensial, enten gjenstandene er her i Norge eller i Australia.

Vi opererer imidlertid ofte med uttrykket “jord” også i en annen sammenheng. Ovenfor snakket vi om “sant jord”, det vi nå skal beskrive kan kanskje kalles “lokalt jord”. Det elektriske anlegget i en bil for eksempel, er organisert slik at den ene polen på batteriet (og alle ting som bruker strøm) er koblet til karosseriet. Karosseriet blir da en *felles referanse* for alt elektrisk utstyr i bilen. Det betyr blant annet at vi kan klare oss med én

ledning til f.eks. bremselyset, fordi den andre forbindelsen til batteriet får bremselyset gjennom karosseriet.

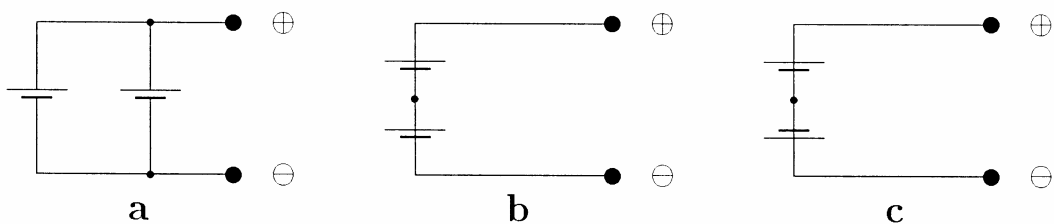
Siden karosseriet er en felles referanse for alt elektrisk innenfor bilen, kaller vi ofte karosseriet for “jord”. Dette gjør vi selv om karosseriet ikke er i forbindelse med “sant jord”.

På samme måte vil vi ofte i de kretsene vi lager her i kurset operere med en felles referanse som vi kaller jord, uansett om den er i forbindelse med “sant jord” eller ikke. Det er ikke alltid lett å forstå når vi må koble oss til sant jord og når det er unødvendig. For det meste er det ikke så nøye, men av og til *må* sant jord brukes, og av og til *må* vi *ikke* koble oss til sant jord. Øvelsestekstene vil fortelle om dette der det er nødvendig.

### “Flytende” og “ikke flytende”.

Når vi skal bruke en strømforsyning, enten den gir en likespenning eller en vekselspanning (funksjonsgenerator), må vi bestemme oss for hvordan den kan kobles til kretsen vår. I den sammenhengen er det ofte viktig å vite om strømforsyningen er “flytende” eller ikke.

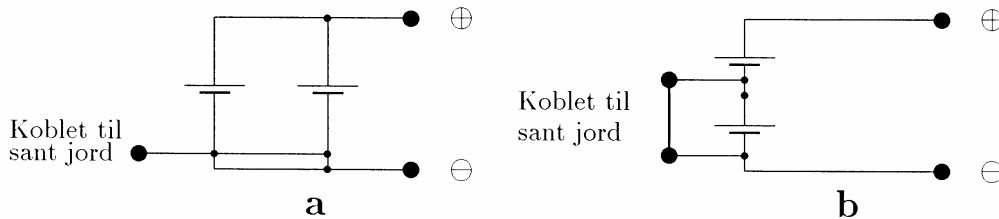
For å forklare hva vi mener med flytende strømforsyning, tar vi utgangspunkt i to 1.5 volts batteri. Dersom vi kobler dem i parallell, som vist i figur 9a, vil vi få ut 1.5 V, kobler vi dem i serie, som i figur 9b, får vi ut 3.0 V. Vi kan til og med koble dem i serie, motsatt vei av normalt, som vist i figur 9c, og få spenningen 0 V. Ikke i noen av disse tilfellene blir batteriene kortsluttet. Vi står altså fritt i hvordan de skal kobles.



Figur 9: Tre forskjellige måter to flytende spenningskilder (batterier) kan kobles sammen uten at problemer oppstår. **a:** Parallellkobling, **b:** Vanlig seriekobling, og **c:** “anti”-seriekobling (brukes når en vil nøytralisere en spenningskilde med en annen).

Dersom vi derimot kobler minussiden til begge batteriene til jord (ofte i betydningen sant jord), er disse strømforsyningene ikke flytende lenger. Situasjonen blir da en annen. Vi kan fortsatt koble dem parallelt, som vist i figur 10a, og få 1.5 V ut. Men dersom vi

kobler dem i serie, som i figur 10b, vil det nederste batteriet på figuren bli kortsluttet og ødelagt, og spenningen ut vil bare komme fra det øverste batteriet. I dette tilfellet står vi altså *ikke* fritt i å koble batteriene som vi vil. *Den siden av en spenningskilde som er koblet til jord, må kobles sammen med den tilsvarende side for den andre spenningskilden.*



Figur 10: To forskjellige koblinger av to ikke-flytende spenningskilder (batterier med en pol jordet). **a**: Parallellkobling, **b**: Vanlig seriekobling. Kun kobling **a** vil fungere som tiltenkt. Kobling **b** fører til kortslutning på grunn av tilkoblingene til jord.

Det kan være verd å merke seg at så lenge bare én komponent i en krets er ikke-flytende (dvs. koblet til sant jord), står en fortsatt fritt med oppkoblingene. Problemer vil først kunne oppstå når to eller flere ikke-flytende apparater skal kobles sammen.

I dette kurset vil de fleste spenningskilder du kommer til å bruke være flytende, men oscilloskopene er *ikke*. Jord på oscilloskopet er som regel koblet til sant jord. Det betyr at så snart andre ikke-flytende apparater skal kobles til samme krets som et oscilloskop, må en holde tunga rett i munnen. Dette gjelder noen av våre funksjonsgeneratorer (svarte Wavetek). I andre sammenhenger må vi koble oscilloskopene vekk fra sant jord (gjøres flytende) for at målinger skal kunne gjennomføres. Dette oppnår vi ved å bruke en skilletrafo, slik det er gjort tidligere i denne øvelsen.

## Hvordan sjekke om en strømforsyning er flytende eller ikke.

En strømforsyning er ikke-flytende dersom spenningen du får ut alltid har samme spenning i forhold til sant jord. Du kan gjerne finne din egen måte å teste dette på dersom du er litt trent i elektriske koblinger. Vi har laget en “kokebok” som kan brukes for dere som har mindre trening, men pass på at du ikke kobler ut egne tanker og vurderinger mens du holder på. Enhver kokebok har sine svake sider, og må dessuten være tilgjengelig i detalj om en skal bruke den. Dersom du *skjønner* hva det hele dreier seg om, vil du kunne konstruere prosedyrer for deg selv når som helst når du trenger dem.

Men her kommer da altså vår “kokebok” for å avgjøre om en strømforsyning er flytende eller ikke:

1. Skru av strømforsyningen, og trekk støpselet ut slik at den ikke er tilknyttet nettet. Dersom støpselet er av den ikke-jordete typen, *må* strømforsyningen være flytende (og testen er ferdig).
2. Dersom støpselet er jordet, *kan* strømforsyningen være ikke-flytende, men ikke nødvendigvis. For å sjekke dette bruker du først et multimeter og sjekker om det er ledende forbindelse mellom jord på støpselet, og et eller annet av uttakene på strømforsyningen. (Ledende forbindelse vil si at det er mindre en  $1 \Omega$  resistans.) Dersom det ikke finnes en slik forbindelse, *er* strømforsyningen flytende (og testen er ferdig).

Enkelte spenningskilder har et uttak for sant jord. Kilden kan da være ikke-flytende, men faktisk ikke nødvendigvis. Det hender nemlig at det finnes et uttak for sant jord *i tillegg* til uttak for selve kilden, og at det ikke er noen kobling mellom disse. Vi sier da at vi har en flytende spenningskilde pluss et separat jorduttak.

### **Selve oppgaven.**

Tiden er nå inne for målinger. Du skal da “utforske” en spenningskilde som vi vil bruke mye i resten av kurset. Oppgaven er da som følger:

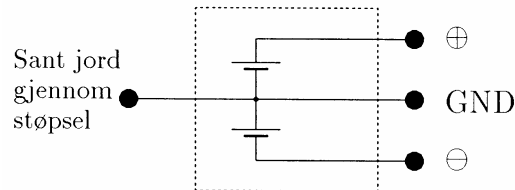
1. Finn ut hvilke spenninger som er tilgjengelige og tegn en skisse over hvordan disse er organisert. Avgjør også om kilden er flytende eller ikke. Forsøk å karakterisere kilden med ord i tillegg til en skisse (se nedenfor).
2. Finn ut hvordan viserinstrumentet og venderen på frontpanelet skal brukes. Beskriv dine observasjoner på en slik måte at de kan fungere som en bruksanvisning for spenningskilden for senere øvelser.

Og her kommer noen tips:

Når du skal angi spenninger og organisering av de ulike delkildene inni samme boks, kan du bruke en beskrivelse og en tegning omtrent som så:

**Eksempel 1:**

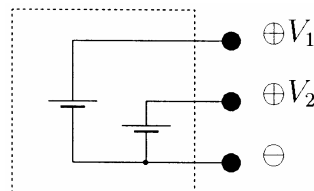
Dobbel, ikke-flytende kraftforsyning. Boksen har to uttak: Uttak merket  $\oplus$  (rød) har en spenning som kan varieres mellom 0 og 10 V relativt til uttak merket GND (svart). Spenningen på uttak  $\ominus$  (blå) er fast lik  $-5$  V relativt til samme referanse (GND, sant jord).



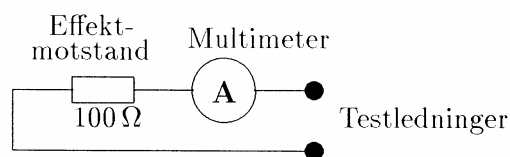
Og her kommer enda et eksempel på hvordan en spenningskilde kunne beskrives:

**Eksempel 2:**

To enkle kraftforsyninger som er koblet til hverandre. Hele systemet er flytende, men den ene kilden er ikke flytende i forhold til den andre. Spenningen på  $V_1$  er fast 12 V, og på  $V_2$  fast lik 1.5 V.



Når du skal utforske hvordan viserinstrument og venderen skal brukes, kan det være en fordel å “belaste” de ulike uttakene på spenningskilden med en  $100 \Omega$  effektmotstand under uttestingen. Du kan også bruke multimeteret samtidig, men dersom det brukes for strømmåling (ledning satt i 300 mA bøsningen), **må** du bruke  $100 \Omega$  motstanden i serie med instrumentet, ellers går det ille! Koblingen *må* da altså være:





Når testledningene er satt i COM og V  $\Omega$  bøsningene (og instrumentet er stilt inn for spenningsmålinger), behøver du ikke seriemotstanden.

## Oppgave 5 : Hverdagssjekk.

Multimetre er svært nyttige til sjekker i hverdagen. Den mest vanlige bruken er sannsynligvis å sjekke brudd enten det gjelder sikringer, pærer eller ledninger. Det kan også være nyttig å sjekke nettspenningen, og hvorvidt vi har jordingsfeil eller ikke. Om du har eller skaffer deg et slikt instrument, vil du snart finne andre eksempler også.

I denne oppgaven skal du feilsøke en eske med diverse elektriske komponenter som lagt ut på målestasjoner.

**Tips:** Bruk *ohm-meter funksjonen* på multimeteret (for måling av resistans). Måler du lav motstand (mindre enn 1  $\Omega$ ) indikerer det at du har kontakt hele veien gjennom en leder, veldig høy motstand derimot (vises ofte på multimeteret som OL - "out of limits" betyr at du ikke har kontakt mellom dine to målepunkter.

### Utstyrliste:

Oscilloskop  
Multimeter (Fluke 75)  
Variabel spenningskilde 0-15 V  
Trefase 15 V  
Skilletransformatorer, 1 stk pr. fire oscilloskop  
Skjøteledninger *uten* jord (mellom skilletrafo og oscilloskop)  
Effektmotstand, 100  $\Omega$   
Eske med diverse elektriske komponenter for testing (på målestasjoner)  
Div. BNC - bananstikk overganger  
mm-papir og deobbeltlogaritmisk papir (2 x 3 dekader)

*Sist oppdatert JM 17.01.2003*