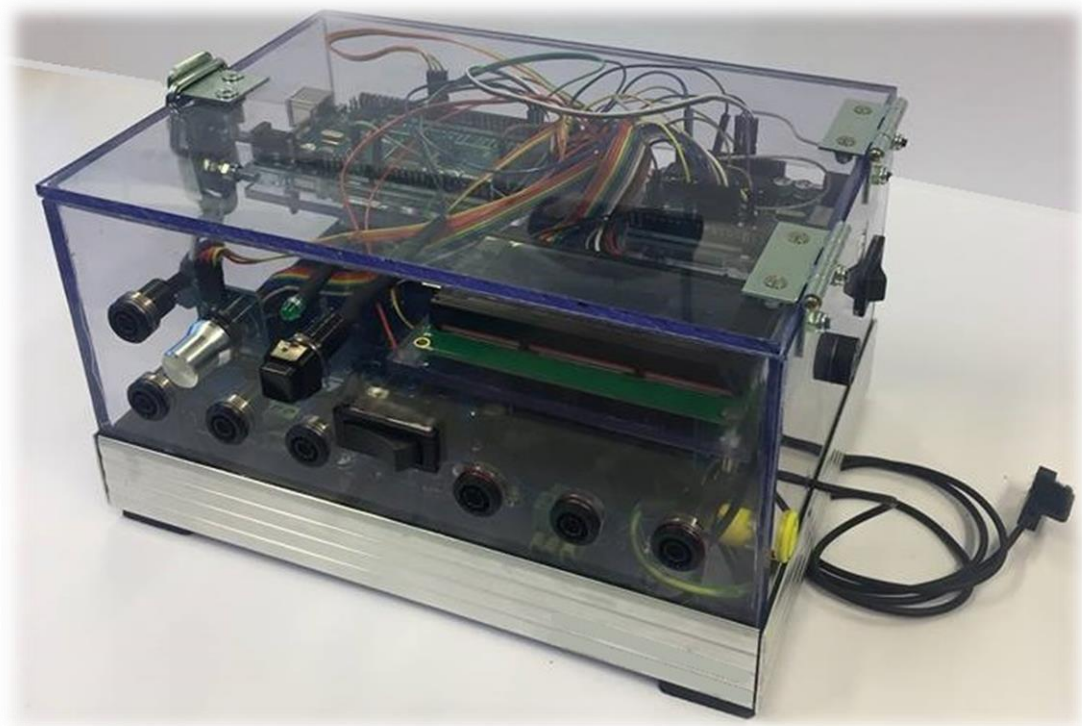


Oppgavehefte



MOTORDRIVE

Bachelor vår 2018 | Alf Inge Fagerheim og Birger Andresen

Innholdsfortegnelse

INTRODUKSJON	2
OPPBYGGING	2
TEORI:	5
FASE 1 – Likeretting med diodebro	5
FASE 2 – Filtrering	6
FASE 3 – Vekselretting	7
6 STEP – Metoden	9
SIKKERHET	16
OPPGAVER:	18
OPPGAVE 1 – Funksjonstest	18
OPPGAVE 2 – Simulering	20
OPPGAVE 3 – Måling 1	24
OPPGAVE 4 – Måling 2	28
SLUTTORD	30

INTRODUKSJON

Dette oppgaveheftet har til hensikt å tilrettelegge for mest mulig læring av det modellen har å tilby. Dette gjelder kraftelektronikk, signalforståelse, måling og analyse, samt praktisk programmering og motordrift. Det finnes mange prinsipper og metoder å lære på, noen mer effektive enn andre. Dette er ofte veldig avhengig av individet, men noe som er sikkert er at de fleste vil kunne lære mer jo flere sanser som er med på læringsprosessen. Samspill mellom praktiske oppgaver som måling, igangsettelse, visuelle betraktninger, refleksjon og grubling vil kunne være et godt grunnlag for god læring. Målgruppen er de som har grunnleggende kunnskap i elektro.

Før oppgaver gjennomføres skal eleven sette seg inn i følgende punkter i oppgaveheftet:

- OPPBYGNING
- TEORI
- SIKKERHET

OPPBYGNING

Modellen består av 10 hovedelementer

- Strømtilførsel
- Motorkontrollkort
- Arduino Mega
- Arduino Uno
- LCD-skjerm
- Koblingsbrett/Breadboard
- Potmeter
- Start-/Stoppbryter
- Dreieretningsbryter
- Strømuttak til motor
- Testpunkter

Strømtilførselen er via en svart IEC C13/C14 plugg. Den er ment for én-fas stikkontakter som gir ut ideelt 230 volt. Ofte vil det være spenningsfall frem til stikkontakter, avhengig av kabeltykkelse og lengde, så det er ikke å regne med at spenningen er nøyaktig 230 volt. Dette kan måles med instrument. Tilførselen gir kun strøm til motorkontrollkortet. Andre komponenter får strøm fra USB-inngangene til Arduinokortene.

Motorkontrollkortet er et stort blått kretskort fra ST micro-electronics kalt STEVAL-IHM023V3. Kortet fører hovedstrømmen, altså strømmen til motoren. Kortet inneholder veldig mange små komponenter som tar hensyn til drift, sikkerhet, optimalisering og andre ekstrarfunksjoner.

Arduino Mega er det største av de grønne kortene, og er et mikrokontrollerkort fra Arduino. Kortets CPU fungerer som en hjerne, med evnen til å registrere signaler fra komponenter som temperaturfølere, IR-sensorer, og brytere etc. fra kortets innganger. Samtidig har det evnen til å gi ut signaler som får komponenter til å utføre et arbeid, som f.eks releer, skjermer, små motorer og transistorer, fra kortets utganger. For å angi hva CPUen skal gjøre med signalene den mottar og kan sende ut, lastes det opp en kode fra datamaskin gjennom USB til kortet. USBen fungerer også som strømforsyning til kortet slik det er lagt opp. I denne modellen har den til hensikt å ta for seg alt som har med motorstyring å gjøre.

Arduino Uno fungerer helt likt som Mega, bare at den er fysisk mindre og har færre inn- og utganger disponibelt. Denne modellen har til hensikt å ta for seg alt som har med registrering og overvåking å gjøre.

LCD-skjermen er en utvidelseskomponent til Arduino. Denne skjermen har fire linjer som kan fylle 20 tegn per linje. I modellen er skjermen brukt til å vise DC-bussens spenningsnivå, frekvensen som er innstilt til motorens strøm, og faktisk turtall motorakslingen går med, via en IR-sensor som teller akslingens runder.

Koblingsbrettet som er plassert mellom arduinokortene brukes til et knutepunkt for blant annet tilførsler og andre signaler som krever sammenkobling.

Potmeteret som er festet på siden av modellen med skruknapp i sølv endrer frekvensen fra 20 Hz opp til og med 50 Hz ved hjelp av motstandsending som arduinokortene registrerer.

Start-/Stoppbryteren som sitter rett ved siden av potmeteret er en trykknapp som endrer stilling for hvert trykk, det er også en grønn LED rett bryteren som indikerer statusen på bryteren. Dvs. at hvis bryteren står i inne-posisjon (grønn LED aktivert) vil motoren være i status «run», altså at den vil kunne gå rundt. Hvis den står i ute-posisjon (grønn LED deaktivert) vil motoren være i status «stop». Knappens tilstand blir registrert av Arduino Mega.

Dreieretningsbryteren som sitter rett nedenfor start-/stoppbryteren er en trykknapp med to stillinger, venstre eller høyre. Hvis knappen er inne på venstre side vil motoren kunne gå en viss retning, og hvis den er inne på høyre siden vil den kunne gå i motsatt retning. Knappens tilstand blir registrert av Arduino Mega.

Strømuttaket til motorens faser er de tre svarte uttak til høyre for dreieretningsbryteren, i tillegg til dette er det et gul-grønt uttak for jording til motoren. Hvordan man kobler motorens tre faser i de tre uttakene har ikke noe å si bortsett fra hvilken dreieretning motoren vil gå. Dreieretningsbryteren kan endre dette uansett.

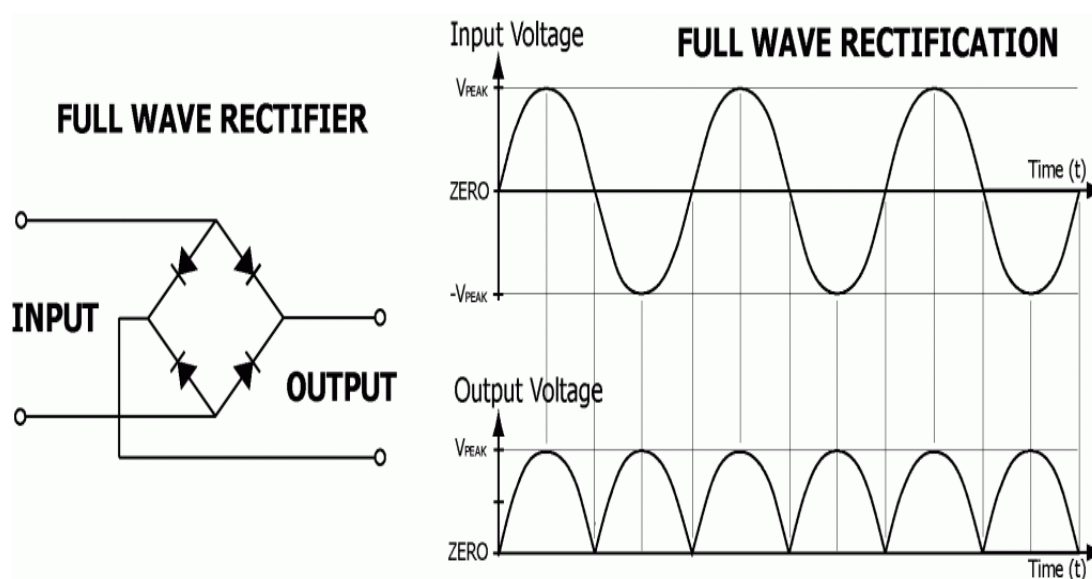
Testpunktene lokalisert til venstre for dreieretningsbryteren er fire svarte uttak hvor det er mulig å måle gatesignaler. De tre nederste er til gatene til hvert sett (sett A, B og C) med IGBTer, mens det øverste er til referansejord.

TEORI

Her vil det forklares enkel teori om hva som skjer gjennom hele kretsen fra strøminktaket og helt ut til motoren. Prosessen kan deles opp i tre hovedfaser.

FASE 1 – LIKERETTING MED DIODEBRO

Én-fase 230 volt AC-spenning går inn i motorkontrollkortet og blir likerettet til en DC-spenning ved hjelp av en diodebro. En diodebro er en organisering av dioder i en krets og vil gjøre at spenningen som kommer inn i broen kun kan gå gjennom, men ikke tilbake igjen. Sinusspenningen fra AC-inntaket veksler mellom ca. + 325 volt og - 325 volt peak-verdi¹ når vi har 230 volt i RMS-verdi. Resultatet på andre siden av diodebroen er kun positive bølger, slik som dette:

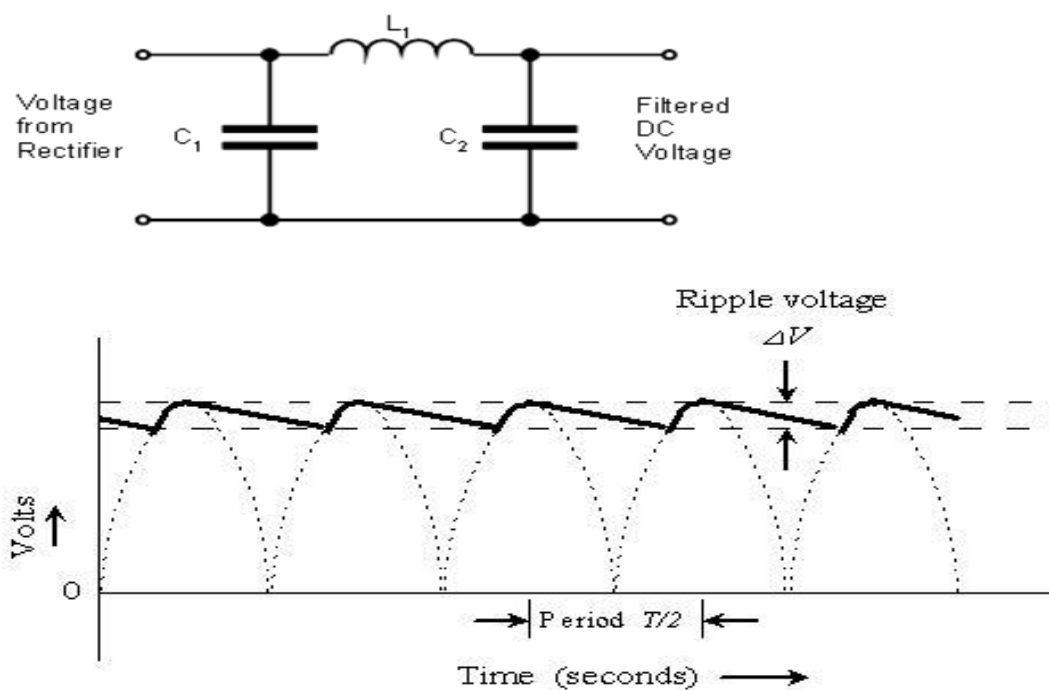


Her ser vi at spenningen ut kun består av positiv verdi, altså en DC-spenning. Noe vi ikke ønsker er at spenningen veksler mellom 0 volt og peak-verdien. Fast fluktuering som dette kalles for rippel. Rippelen ønsker vi å minimere mest mulig. Dette kan løses ved å bruke et filter som kan gjøre det om til en mer stabil spenning.

¹ Peak-verdi er toppen/bunnen av sinusbølgen. Det vi snakker om til vanlig når det gjelder verdien av en ren sinus AC-spenning er RMS-verdien som er peak-verdi del på roten av 2. Vanlige måleinstrumenter oppgir RMS-verdi når det foretas måling av spenning.

FASE 2 – FILTRERING

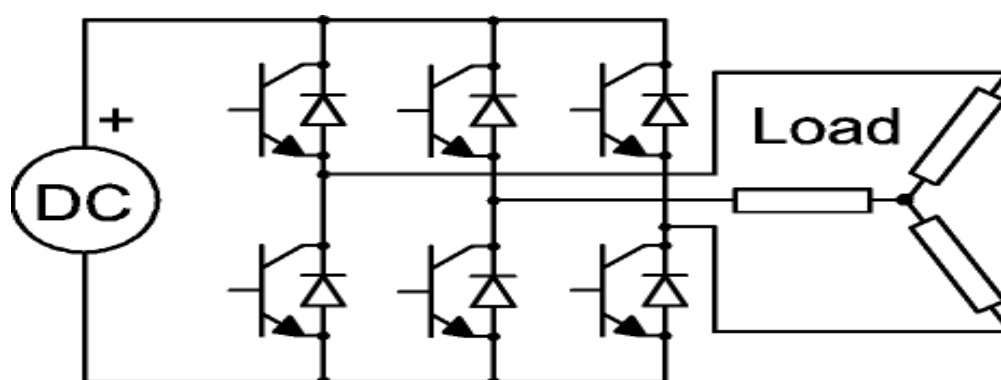
Ved å bruke kondensatorer og spoler i kretsen etter diodebroen kan vi få spenningen til å bli en DC-spenning med svært liten ripple, avhengig av komponentenes verdier relativt til spenningsnivået. Kondensatorene har mulighet til å lagre energi og vil motsette seg rask endring av spenning. De kan lade seg opp og ut som et batteri som i denne sammenhengen vil fungere som en buffer som gir spenning i den tiden spenningen ønsker å gå ned mot 0 volt. Resultatet er noe som dette:



Her ser vi spenningsignalet i svart som resultatet av filtreringen. Den bratte delen er opplading, mens den slake bakken er utlading av kondensator(e). Akkurat under opplading vil strømmen være stor siden kondensatoren trekker spenning for å lade seg opp. Spoler vil motsette seg raske endringer i strøm. Med denne egenskapen vil spolene i kretsen ta seg av de raske store endringene i strømmen slik at det blir mindre stress på kretsen. Som en tommelfingerregel vil spenningen på DC-bussen være 1.35 ganger så stor som vekselstrømmen inn med diodelikeretning. Dette gjelder RMS-verdi.

FASE 3 – VEKSELRETTING

Den relativt gode og stabile DC-spenningen skal nå manipuleres til å lage en vekselstrøm igjen, men nå med selvvalgt frekvens; ikke kun 50 Hz som er nominell frekvens fra stikkontakter i Norge. Manipuleringen skjer ved å benytte transistorer som fungerer som brytere. Hovedforskjellen er at man kan endre brytertilstanden deres med spennings signaler istedenfor kinetisk energi ved hjelp av å trykke fysisk. Det er seks transistorer kalt IGBT (Insulated- Gate Bipolar Transistor) som brukt i modellen. Ved å arrangere DC-strømmen i en viss rekkefølge gjennom transistorene og ut til motoren, kan strømmen bli vekslene og fin nok, i angitt hastighet, til å drive motoren. Spennings signalene som blir brukt til å styre transistorenes tilstand mellom å slippe gjennom strøm eller sperre, kommer fra en mikrokontroller. Arduinokortet som blir brukt til dette er innstilt med et program som vil sende ut disse signalene til transistorenes «gate», som tennes (lukker transistorkretsen) ved en viss spenning. Kretsen for selve vekselrettingen kan se slik ut:



Her ser vi seks transistorer med hver sin friløpsdiode² og en last koblet i stjerne. Lasten kan være hva som helst, men i denne modellens tilfelle er det en motor. Transistoren har tre bein for tilkobling; gate, source, og drain (kan også hete noe annet avhengig av transistortypen). Source-beinet er koblet til referansejord (-), drain-beinet koblet til pluss (+), mens gate-beinet er den som mottar signal om å åpne eller lukke kretsen mellom source og drain slik at strøm kan passere.

² Friløpsdiode er en diode som er ment for å slippe strømmen tilbake ved induktive laster som bruker tid på å snu strømmen i kretsen. De er kun et sikkerhetstiltak.



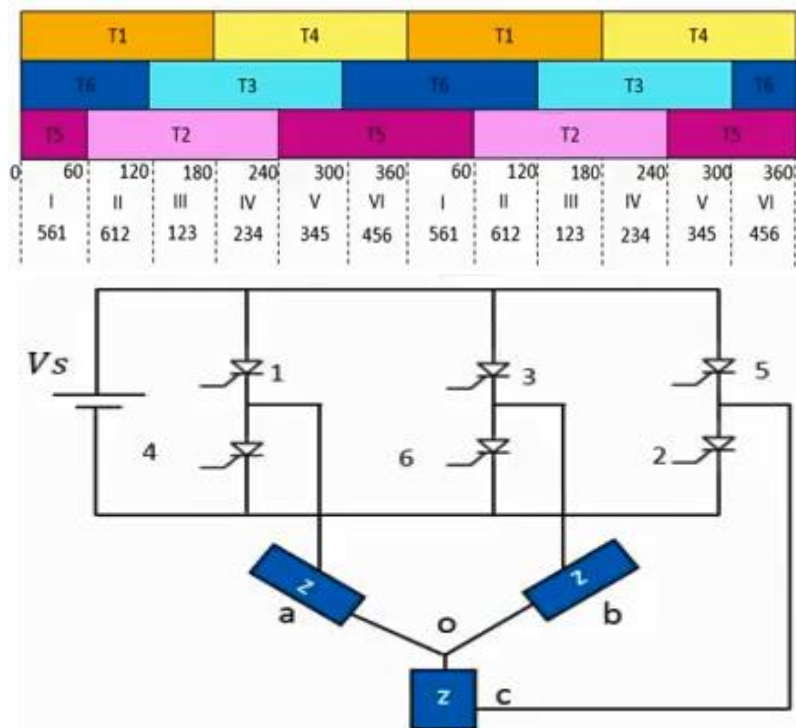
På krets-tegningen ser vi at kortslutning mellom positiv og negativ leder vil forekomme hvis transistorene rett ovenfor hverandre, kalt transistorpar, leder samtidig. Det er derfor viktig at koden som bestemmer signalene som skal sendes er presise sammen med transistorenes evne til å endre tilstand. I motorkontrollkortet i denne modellen går disse signalene først gjennom en komponent som passer på at kortslutning mellom transistorparene aldri vil skje så lenge komponenten fungerer.

6 STEP-METODEN

Det finnes ulike metoder å sende signaler til transistorene på, som igjen har ulike resultater på hvordan spenningen ser ut i motorenden. I denne modellen brukes 6-step metoden til å produsere en 3-fas vekselstrøm. Metoden går ut på å sende signaler til transistorene i en gitt rekkefølge for å få strømmen til å oppføre seg tilnærmet som en AC-strøm gjennom lasten. Det er to forskjellige operasjonsmoder som kan benyttes, 120 grader operasjonsmode, og 180 graders operasjonsmode. Med 120-mode vil hver transistor være tent/på i 120 grader i løpet av periode, og med 180-mode vil de være tent/på i 180 grader hver. I denne modellen brukes 180 grader som operasjonsmode.

Kretsen opererer i seks trinn, hvor hvert trinn består av 60 grader. Hver transistor blir trigget hver 60 grader, og holder seg på i 180 grader.

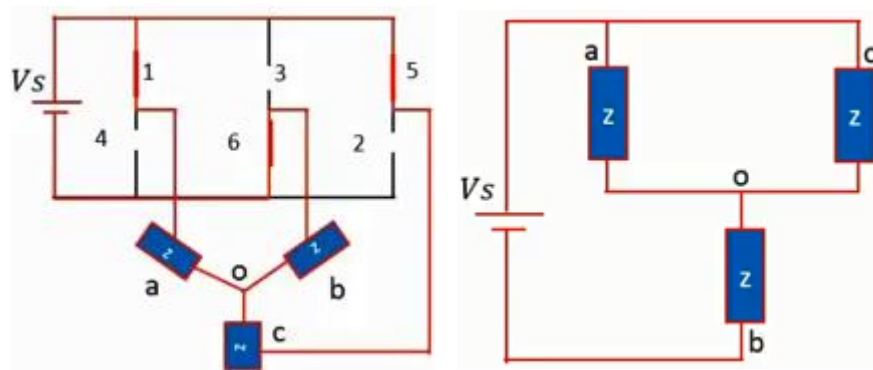
Her ser vi at transistor 1 starter ved 0 grader og varer til 180 grader, mens T2 tenner fra 60 grader og holder 180 grader til den når 240 graders merket. Slik fortsetter det for alle transistorene.



Under trinn 1 (0 til 60 grader) er T5, T6 og T1 tent. Under trinn 2 (60 til 120 grader) er T6, T1, og T2 tent osv...

Nedfor vil alle trinnene vises med kommentarer, deretter plotting med bakgrunn i beregninger, og til slutt en konklusjon om resultatet.

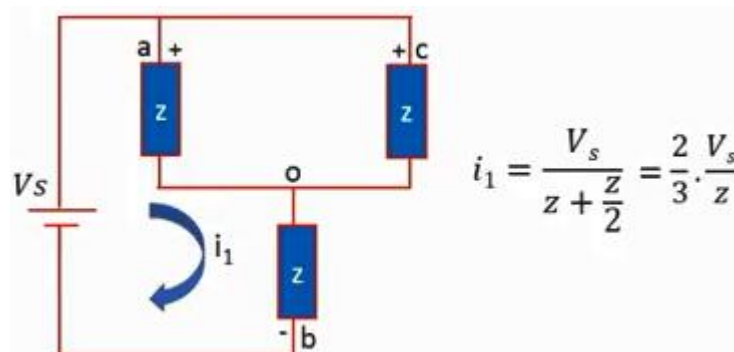
Trinn 1:



T5, T6 og T1 er tent og leder strøm

Ekvivalentskjema for trinn 1

Her ser vi at last a og c vil bære halvparten av strømmen last b bærer. Last a og c er tilkoblet positiv leder, mens b er tilkoblet negativ leder



$$i_1 = \frac{V_s}{z + \frac{z}{2}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z}$$

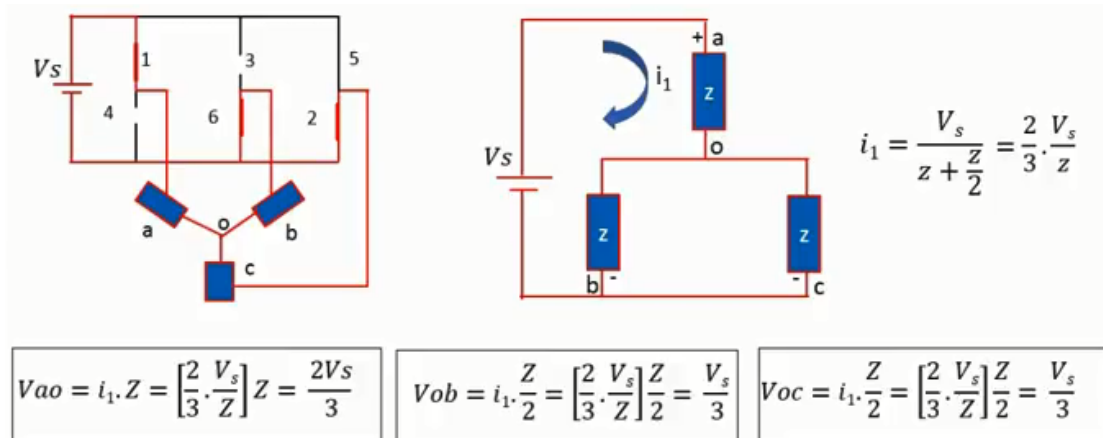
$$V_{ao} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{ob} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] Z = \frac{2V_s}{3}$$

$$V_{co} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

Vob og ikke Vbo pga. at o er nøytral og er mer positiv enn (-)

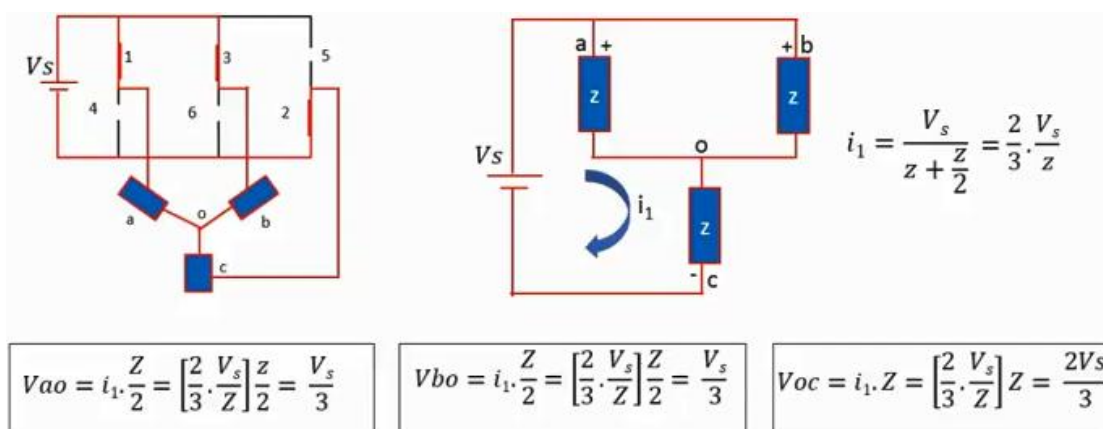
Trinn 2:



Her er last a tilkoblet positiv leder, mens last b og c er tilkoblet negativ leder.

Strømmen vil ha samme størrelse, men spenningsfallet vil være annerledes siden parallellkobling nå er over ob og oc.

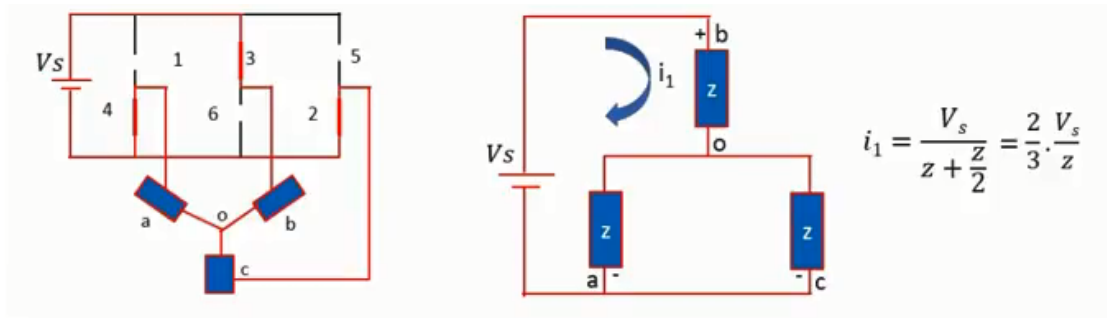
Trinn 3:



Likt som i trinn 1 med at positiv leder har to tilkoblede laster, mens negativ har kun én.

Samtidig er strømmen lik, men spenningsfallet er annerledes over lastene.

Trinn 4:



$$i_1 = \frac{V_s}{z + \frac{z}{2}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z}$$

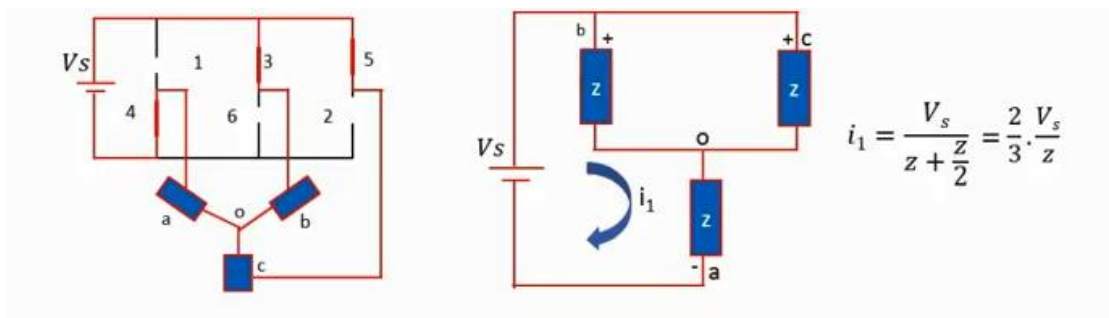
$$V_{oa} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] Z = \frac{2V_s}{3}$$

$$V_{bo} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{oc} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

Likt som i trinn 2, men igjen forskjell i spenningsfall over lastene.

Trinn 5:



$$i_1 = \frac{V_s}{z + \frac{z}{2}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z}$$

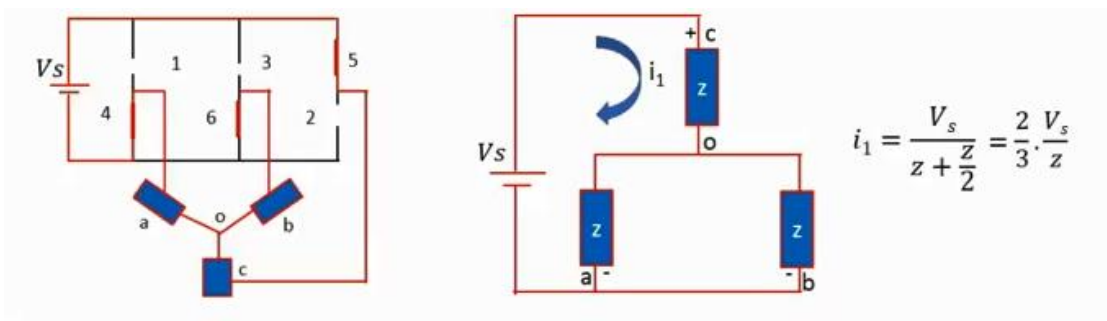
$$V_{oa} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] Z = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{bo} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{co} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

Likt som trinn 3, men lastenes spenningsfall er omrokkert.

Trinn 6:



$$i_1 = \frac{V_s}{z + \frac{z}{2}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z}$$

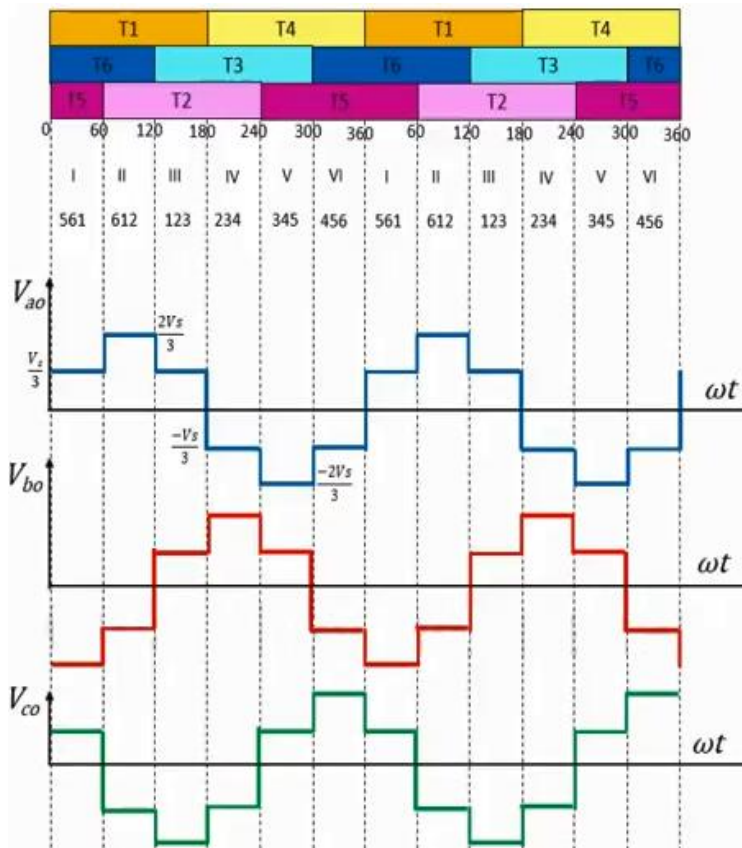
$$V_{oa} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{ob} = i_1 \cdot \frac{Z}{2} = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] \frac{Z}{2} = \frac{V_s}{3}$$

$$V_{co} = i_1 \cdot Z = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{V_s}{z} \right] Z = \frac{2V_s}{3}$$

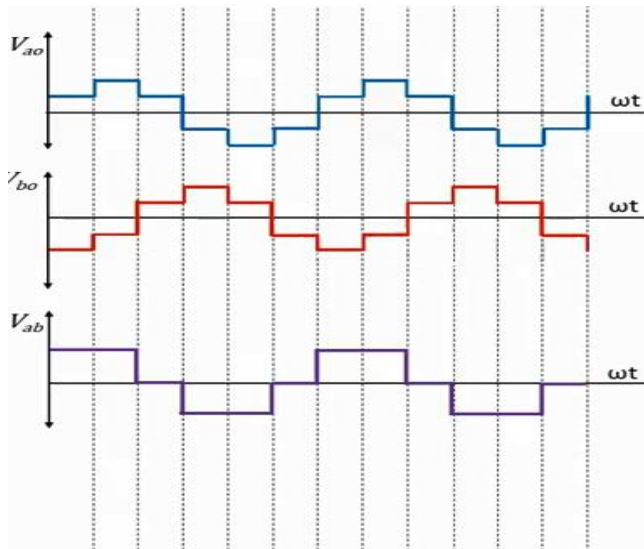
En konklusjon er at lastene i serie vil ha større spenningsfall enn lastene i parallell.

Verdiplotting:



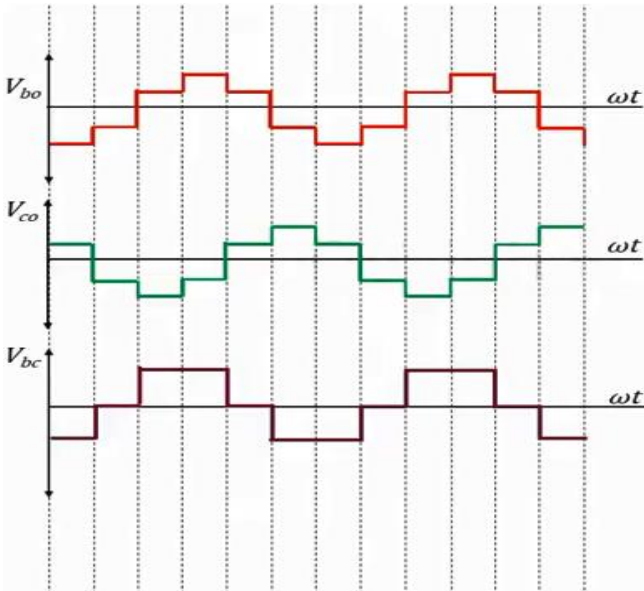
Linje til nøytral

STEP	V_{ao}	V_{bo}	V_{co}
1	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$
2	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$
3	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$
4	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$
5	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$
6	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$



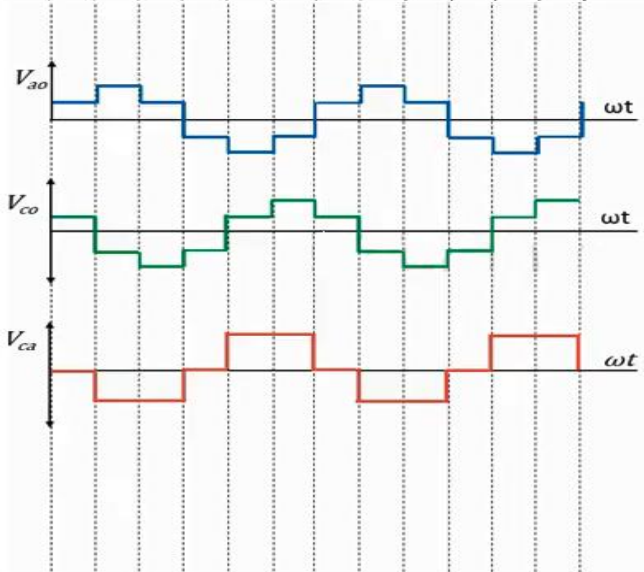
LINJE TIL LINJE
 $V_{ab} = V_{ao} - V_{bo}$

STEP	V_{ao}	V_{bo}	V_{ab}
1	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$	V_s
2	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	V_s
3	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	0
4	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$	$-V_s$
5	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$-V_s$
6	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	0



LINJE TIL LINJE
 $V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$

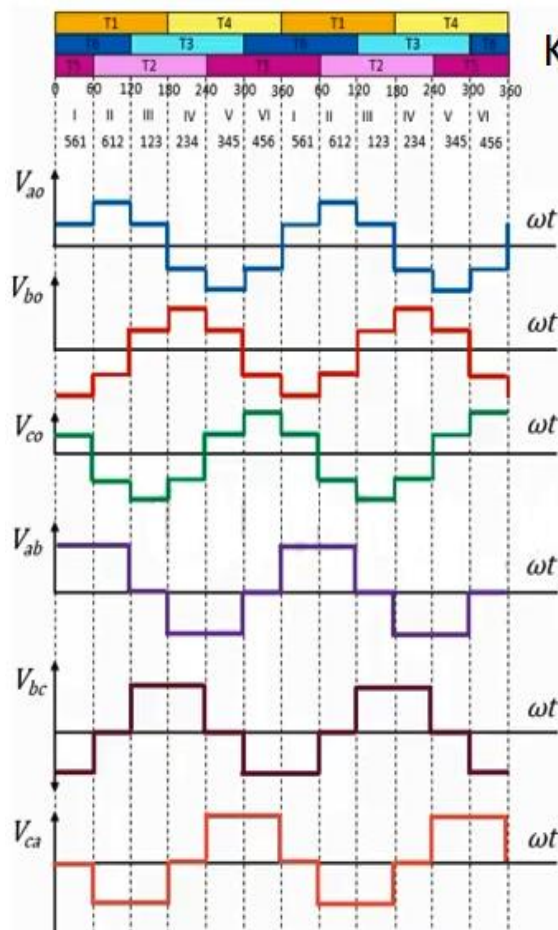
STEP	V_{bo}	V_{co}	V_{bc}
1	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$-V_s$
2	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	0
3	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$	V_s
4	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	V_s
5	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	0
6	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$	V_s



LINJE TIL LINJE
 $V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$

STEP	V_{co}	V_{ao}	V_{ca}
1	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	0
2	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$	$-V_s$
3	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$-V_s$
4	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	0
5	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$	V_s
6	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	V_s

Komplett plott:



Komplett plott

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_{ao} - V_{bo} \\ V_{bc} &= V_{bo} - V_{co} \\ V_{ca} &= V_{co} - V_{ao} \end{aligned}$$

STEP	V_{ao}	V_{bo}	V_{co}
1	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$
2	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$
3	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{2}{3}V_s$
4	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$
5	$-\frac{2}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$	$\frac{1}{3}V_s$
6	$-\frac{1}{3}V_s$	$-\frac{1}{3}V_s$	$\frac{2}{3}V_s$

Vi ser at fasespenningene V_{ao} , V_{bo} , og V_{co} er forskjøvet fra hverandre med 120 graders mellomrom, slik som en vanlig sinus fra nettleverandør. Det samme gjelder for linjespenningene V_{ab} , V_{bc} , og V_{ca} .

KONKLUSJON:

Ut ifra disse skissene ser vi at lastene vil oppleve en 3-fase spenning som veksler frem og tilbake som en AC-spenning, dog med firkantpulser som spenning, istedenfor sinus.

SIKKERHET

Apparater og komponenter som bruker elektriske signaler for å virke, vil ha potensiale for å forårsake skade på organismer og materiell. Graden av risiko vil være avhengig av både sannsynlighet og konsekvens. Praktisk sett vil sannsynligheten f.eks kunne være avhengig av kapslingsgraden til det elektriske apparatet. Dette kalles for IP-grad (Ingress Protection), som vil vise hvor stor berøring- og sprutsikkerheten er. Høyere IP-grad vil si høyere grad av tetthet.

Konsekvensen av feilstrømmer og berøring som kan resultere i strømgjennomgang bestemmes av spenningstype og spenningsnivå. Strømgjennomgang gjennom hjerteregion kan være dødelig ved ≥ 30 mA. Ved å vite dette, samt den gjennomsnittlige kropps motstand som er 1666 ohm, finner vi minst berøringsspenning som kan forårsake 30 mA strømgjennomgang.

$$U = I * R$$

$$U = 0.030 * 1666 = 49.98 \approx 50 \text{ Volt}$$

Altså vil alt over 50 Volt kunne være dødelig berøringsspenning!

Den største spenningen i modellen i tilkoblet tilstand vil være om på om lag 325 V på DC-bussen. Kretsen i modellen består av kondensatorer som kan lagre store mengder energi over lengre tid, selv om spenningskilden er frakoblet. Det vil ta tid før spenningen i kondensatorene avtar helt til 0 V. På bakgrunn av dette er det svært viktig å ikke åpne modellen før spenningen har redusert til det ansees som trygt nok.

Modellen som tilhører dette oppgaveheftet ansees å være, i full kapslet tilstand; berøringssikker, men ikke sprutsikker. Derfor er det viktig å gjøre seg noen tanker om hva som er fornuftig å foreta seg før, under, og etter arbeid ved eller på modellen.

Anbefalinger:

- Sett deg inn i modellens oppbygning og hvor det er fare for berøring
- Bruk godkjent utstyr; multimeter, oscilloskop, målepinner etc.
- Ha med spenningstester og bruk den til å kontrollere spenningsnivåene.
- Hold toppluken til modellen lukket.
- Hold væsker; vann, brus, kaffe, etc. unna arbeidsområdet.
- Spør lærer eller andre mer erfarne brukere hvis noe er usikkert.
- Hvis luken skal åpnes, vent minst 10 minutter etter utkobling.
- Tenk og gjør vurderinger selv underveis!

Har du satt deg inn i punktene oppbygning, teori, og sikkerhet, kan oppgaveløsning foretas.

OBS: Motoren liker ikke å kjøre med lav hertz. Strømmen vil bli høyere, og viften koblet på akslingen vil utføre dårligere kjøling. Skal motoren kjøres lenge bør det skje rundt 40-50 Hz.

OPPGAVER

Oppgave 1 - Funksjonstest

Oppgaven går ut på å starte opp modellen, samt bli kjent med modellens oppbygging og funksjon i praksis.

Til denne oppgaven trengs laptop, motor, modell og en én-fas 230V stikkontakt.

Mål: Bli kjent med oppkobling og drift.

1. Sett spenning på modellen – støpsel inn i stikkontakt.
2. Koble opp begge Arduinokortene med USB-kabler fra laptopen.
3. Sørg for at riktig program til hver av Arduinokortene er lastet opp fra laptopen. Åpne mappen som heter «Arduino». Her ser man filen «Motorstyring Mega» som skal lastes opp til Mega-kortet og filen «Overvaaking UNO» som skal lastes opp til UNO-kortet.
For å laste opp program til Mega, velg «Tools» -> «Board» -> «Arduino/Genuino Mega or Mega 2560»
Videre gå til «Tools» -> «Port:» -> Velg COM for Mega 2560.
Trykk «Upload» merket som en pil til høyre. Når det står at opplastingen er ferdig.
4. Last opp tilhørende kode til Arduino Uno når opplastingen av Mega-programmet er ferdig. Dette gjøres på samme måte, bortsett fra at det er programmet «Overvaaking UNO» som skal lastes opp. Husk å velg riktig Board og COM-port. Følg med på LCD-skjermen under opplasting. Når overskriften viser «Motor Drive» med ulike parametere under, er den klar.
5. Før du plugger i kablene så kan du forsikre deg om at start bryteren ikke er aktivert, grønn LED over startbryteren skal ikke lyse. Nå kan du plugg i alle de tre lederne + jord fra motoren i utgangene på modellen. Pass på at gulgrønn leder plugges i gulgrønt uttak. De tre svarte lederne

er ikke viktig å koble i en viss rekkefølge, rekkefølgen har bare noe å si på hvilken retning motoren dreier.

6. IR-sensoren festes ved hjelp av borrelås
7. Sett potmeteret til minimum (til venstre mot klokken). LCD-skjermen skal vise 20 Hz når dette er gjort.
8. Sjekk at hovedbryteren ved inntaket er aktivert. Det ser du også om du har DC spenning på modellen.
9. Prøvekjør motoren ved å trykke på startknappen (OBS: Pass på at alt av utstyr står stødig). Når startknappen er på, skal grønn diode lyse.
10. Juster potmeteret opp og ned ved alle frekvenser for å endre turtallet på motoren. Fungerer motoren ved alle frekvenser fra 20-50 Hz er det OK.
11. Stopp motoren ved å trykk inn startknappen på nytt.
12. Endre retningen på motorens spinn ved å endre dreieretningsknappens posisjon og start på nytt. Se til at retningen endrer seg.
13. Se til om verdier for hertz, rpm, og dc-buss vises på LCD-skjermen.
14. Stopp motoren.

Nå er oppgaven 1 ferdig!

Hvis alle punkter er gjennomført og alt ser ut til å fungere som det skal kan neste oppgave utføres. Hvis det ikke fungerer som det skal må feilene utbedres først.

Oppgave 2 – Simulering

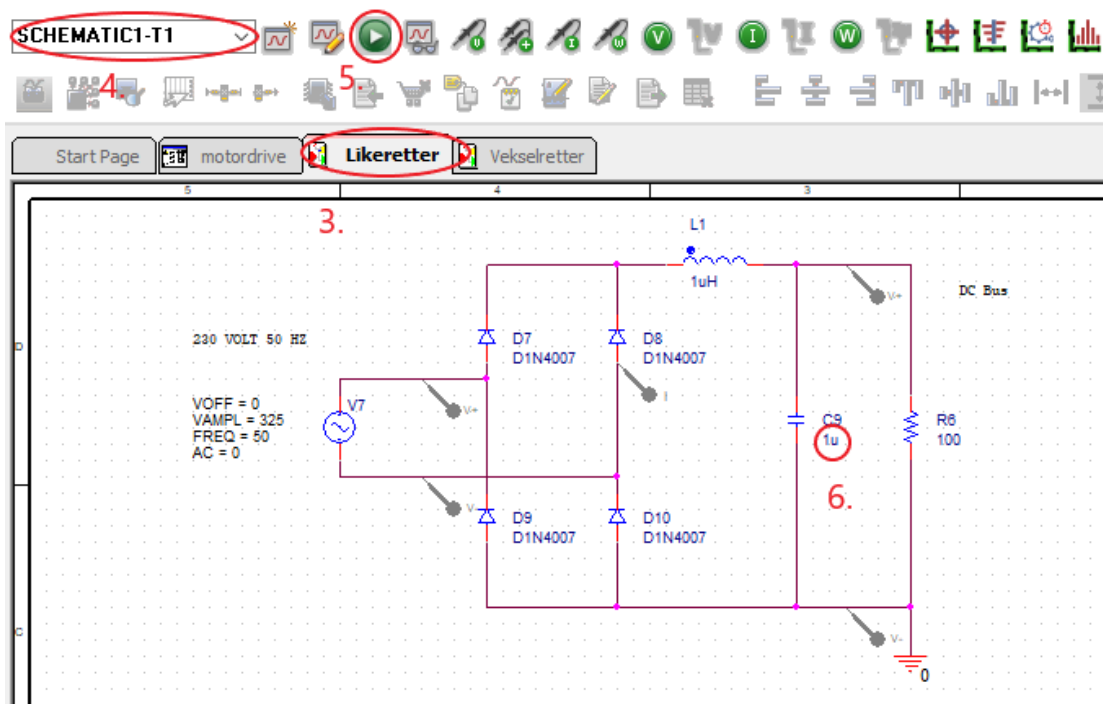
I oppgave 2 skal vi simulere det vi har lest om i teoridelen. Da skal vi se på hva som skjer når vi likeretter en 1-faset 230 volt vekselspenning. Vi vil også se hva som skjer når vi vekselretter likespenningen til six step-spenning ved hjelp av IGBTer.

Til denne oppgaven trengs bare medfølgende laptop med programmet orcad og en kalkulator.

Mål: Bli kjent med hvordan likeretting og vekselretting kan simuleres/visualiseres, for å oppnå bedre forståelse for praktiske målinger.

Likeretting:

1. Åpne programmet Capture CIS Lite på skrivebordet
2. Åpne prosjektet motordrive.opj på Recent Files
3. Trykk på fanen med programmet Likeretter
4. Velg SCHEMATIC1 - T1



5. Trykk på grønn pil for å starte simuleringen, det vil komme opp som et nytt vindu på oppgavelinjen. Hvis du endrer noen parametere i programmet, må du trykke grønn pil igjen for å oppdatere simuleringene.
6. Du kan nå prøve å endre verdien til kondensatoren. Velg verdier mellom 1 til 1000 microFarad. Du skriver f.eks 1000u på verdien til kondensatoren. Se på hvordan ripple spenningen endrer seg over motstanden R6.
7. Bruk følgende formel til å estimere hvor stor ripple du vil få med den verdien du har valgt på kondensatoren.

$$U_{\text{Rippel}} = \frac{I_{\text{Laststrøm}}}{f \cdot C}$$

U_{Rippel} = ripple spenning peak to peak
 $I_{\text{Laststrøm}}$ = strømmen gjennom R6 (bruk 2.3A)
 f = frekvens etter likeretterbroen (100Hz)
 C = Kondensatorens verdi i Farad

$I_{\text{laststrøm}}$ er regnet etter rms verdien til tilførselen fra nettet

$$U / R6 = I_{\text{last}} , 230 / 100 = 2,3 \text{ A}$$

Ser du hvorfor vi må bruke 100Hz for frekvensen og stemmer det overens med de verdiene du ser i simuleringen?

8. Bruk følgende formel til å beregne en passende kondensator, slik at ripple spenningen blir tilnærmet lik 40 Volt

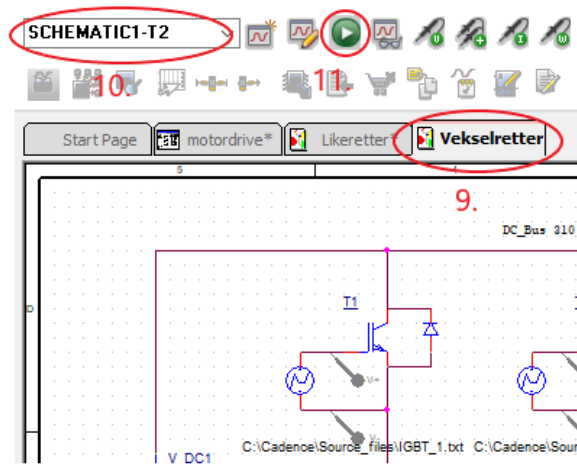
$$C = \frac{I \cdot t}{U_{\text{Rippel}}}$$

$I = 2,3 \text{ A}$
 $t = 0,010 \text{ sekunder}$
 t er Perioden til frekvensen etter likerettingen
 $t = 1 / 100 \text{ Hz} = 0,010 \text{ sek}$

Hvor stor ripple leser du ut av simuleringen? Og hvordan stemmer dette resultatet? Husk at kondensatorer kommer bare i bestemte størrelser, så dette vil bare være en indikator på hvilken kondensator du bør velge. Pris og fysisk størrelse vil være avgjørende faktorer for valg av kondensator.

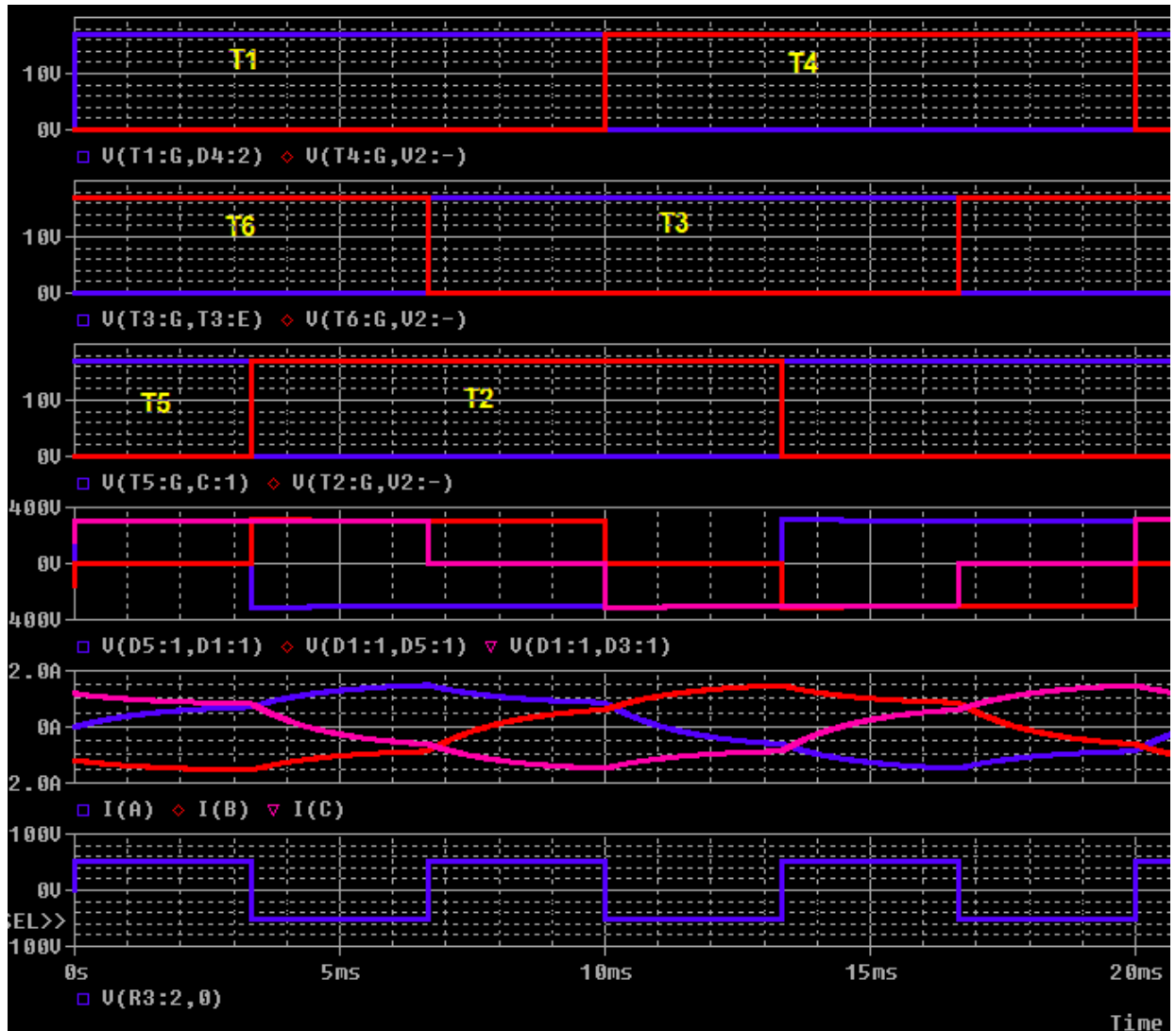
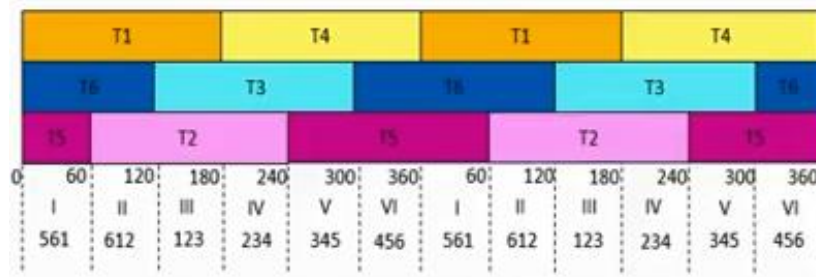
Vekselretting:

9. Trykk nå på fanen merket Vekselretter
10. Velg SCHEMATIC1-T2
11. Trykk så på grønn pil for å starte simuleringen



12. Analyser så hvordan styresignalene, spenningene og strømmene i de ulike plottene ser ut.

Ser du sammenhengen mellom teorien og simuleringen?



13. Første plot viser IGBT 1 og 4, andre plot viser IGBT 3 og 6, tredje plot viser IGBT 5 og 2
14. I plot 4 har vi linjespenningene som går ut på motorviklingene
15. I plot 5 ser du strømmene som går inn på motorviklingene
16. Sjette og siste plot viser common mode spenningen som ligger mellom motorens nullpunkt N og nettets jording PE.

Oppgave 3 – Måling 1

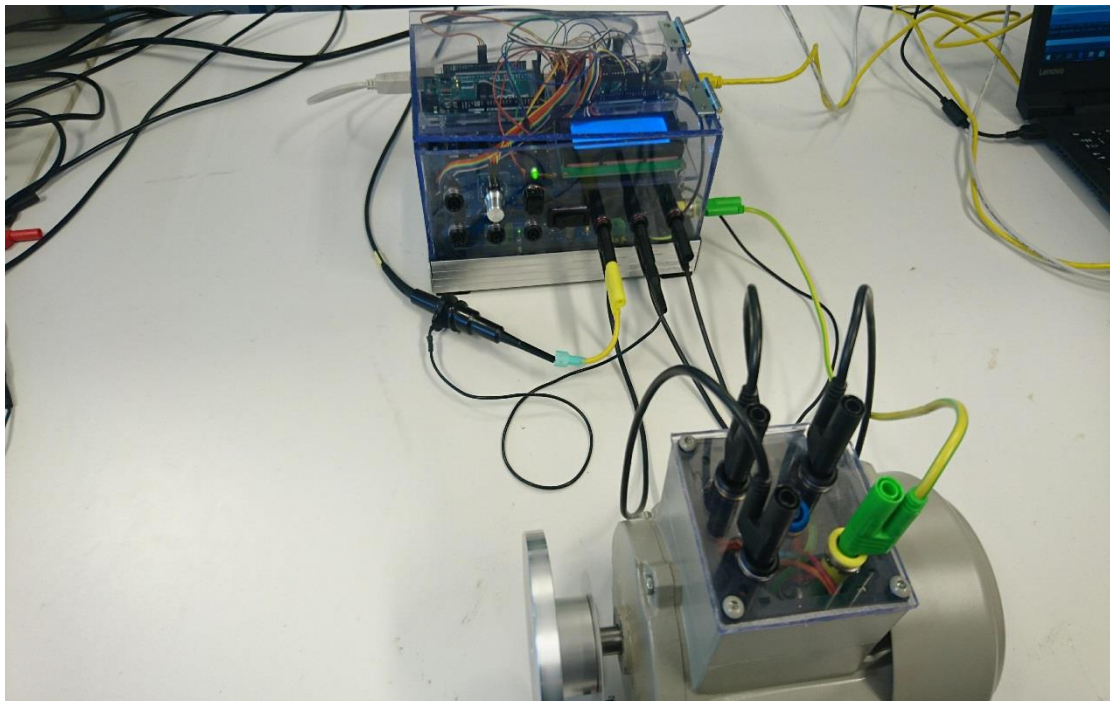
Denne oppgaven handler om å utføre ulike målinger på ulike steder i modellens krets.

Til denne oppgaven trengs **dobbeltisolert** oscilloskop Tektronix TPS 2014, og **dobbeltisolerte** måleprober av typen Tektronix P5120.

Mål: Få til fine oversiktlige målinger med oscilloskopet og forstå firkantpulsenes perioder, samt identifisere hvordan type spenning som driver motoren rundt.

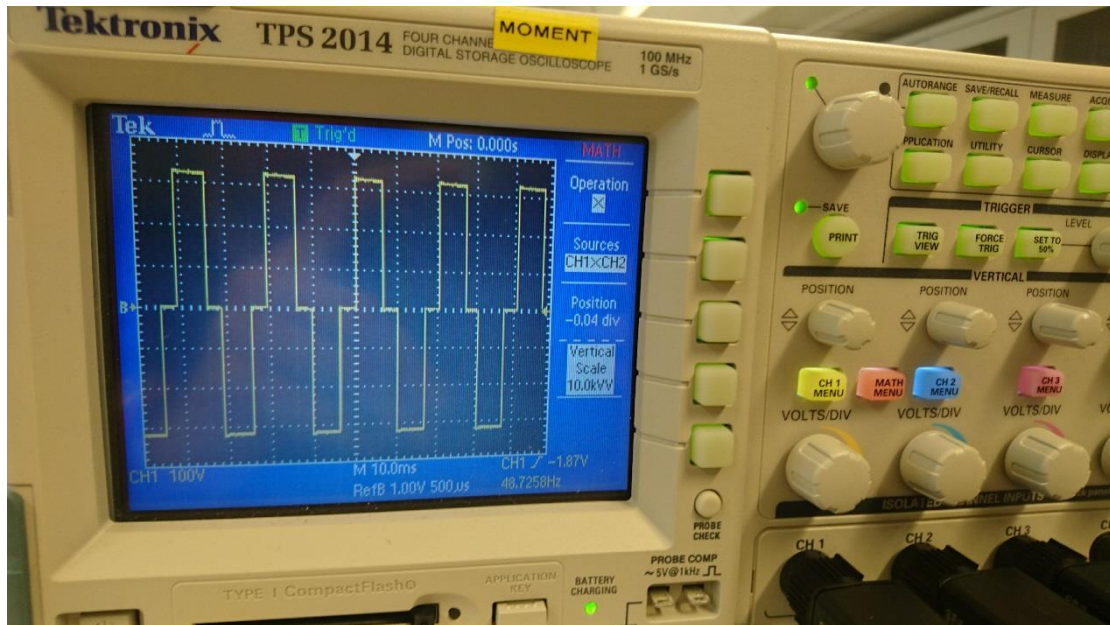
NB! Husk at motoren får dårligere kjøling ved lave turtall, hvis motoren blir varm kjøres turtallet på 50 Hz slik at motoren får tilstrekkelig kjøling.

1. Plugg i minst én måleprobe fra oscilloskopet inn i motorutgangens koblingspunkt(er) som vist på bildet: (Dette vil måle linjespenning til motor)



Proben er tilkoblet til motorutgang A med den ene pinnen, og motorutgang B med den andre.

2. Alle de tre lederne + jord fra motoren kobles til modellen slik at motoren kan kjøres.
3. Sett frekvensen på 50 Hz og start opp oscilloskopet. Trykk på autotset, og vent til firkantsignalene står stille og ser fine ut, slik som dette:

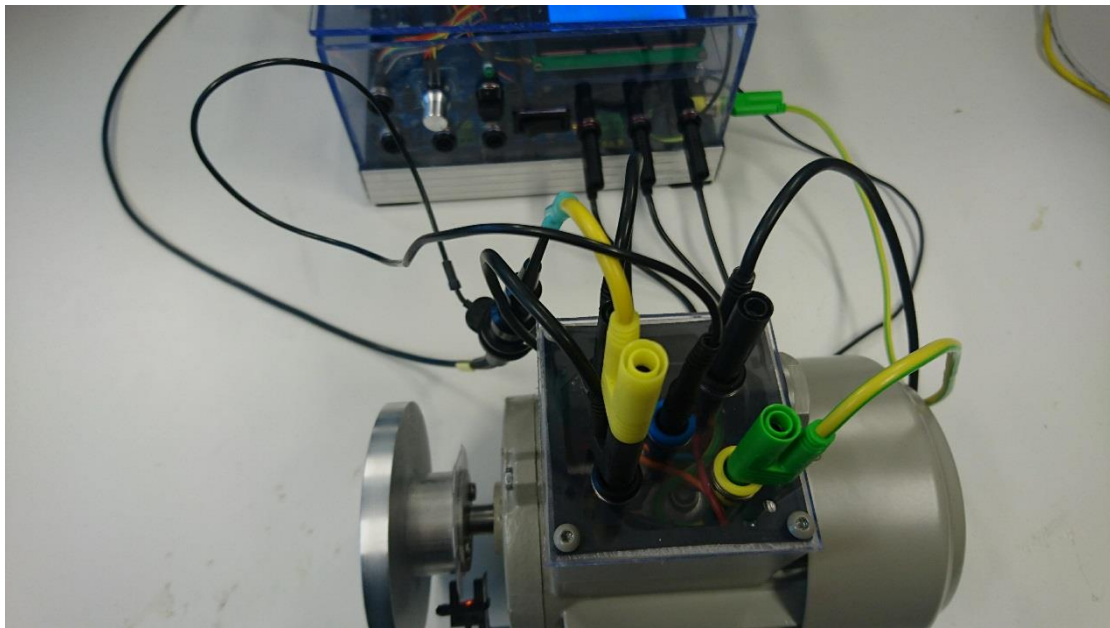


Merk at det oscilloskopet måler 48,7 Hz og ikke 50 Hz. Dette er pga. av programmet som styrer transistorene ikke er helt optimalt.

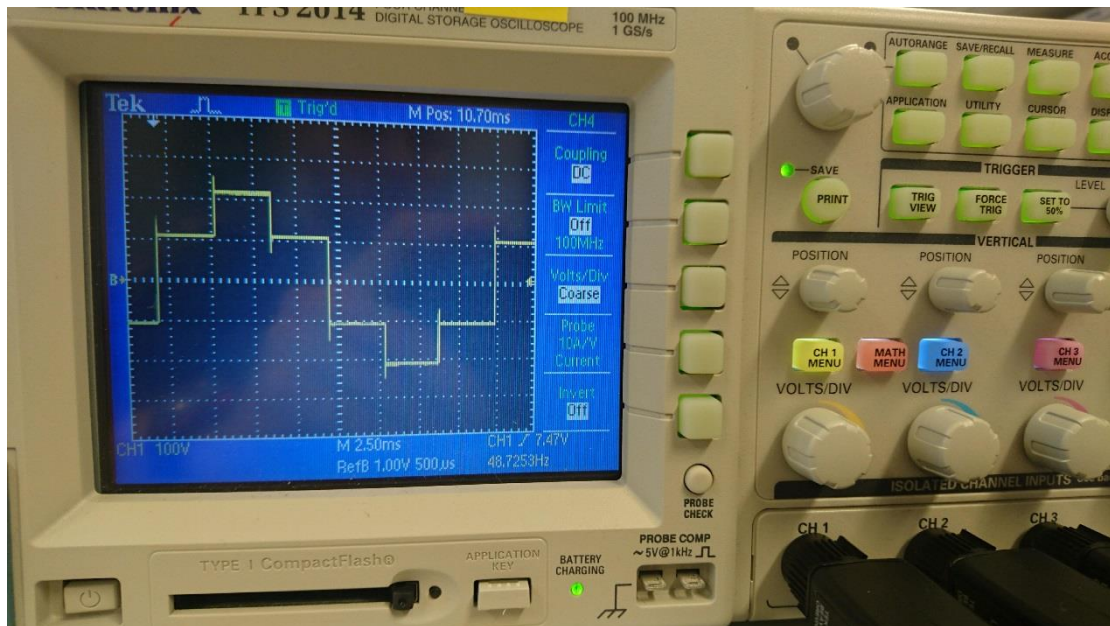
4. Finn ut hvor lang perioden av et av signalene i ms³ er når frekvensen er 20 Hz på skopet. Dette kan gjøres ved å bruke to cursor-referanser på skopet stilt inn på «Type: time» hvor cursor 1 er plassert på starten av perioden og curser 2 på slutten av perioden. Svaret vil bli vist som Δt . Noter ned svaret og sammenlign med hvordan det er for 40 Hz. Husk at T (periode) = $1 / f$ (frekvens).
Noter også ned peak voltage og RMS voltage. Dette gjøres ved å trykke på «Measure», «CH 1», og «Type: Cyc RMS / Max»

³ Millisekunder

5. Gjør det samme, men for fasespenning. Koble opp probene slik som dette:



Måleproben er koblet til den ene fasen (svart) og nullpunktet (blå plugg).

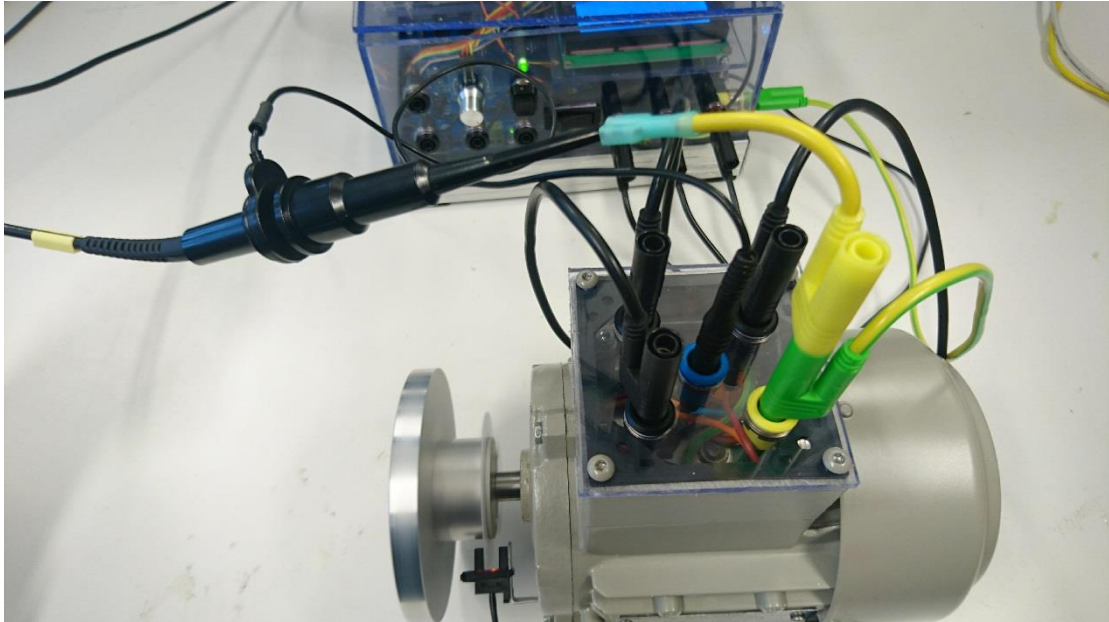


Noe som dette skal det se ut ved 50 Hz innstilt.

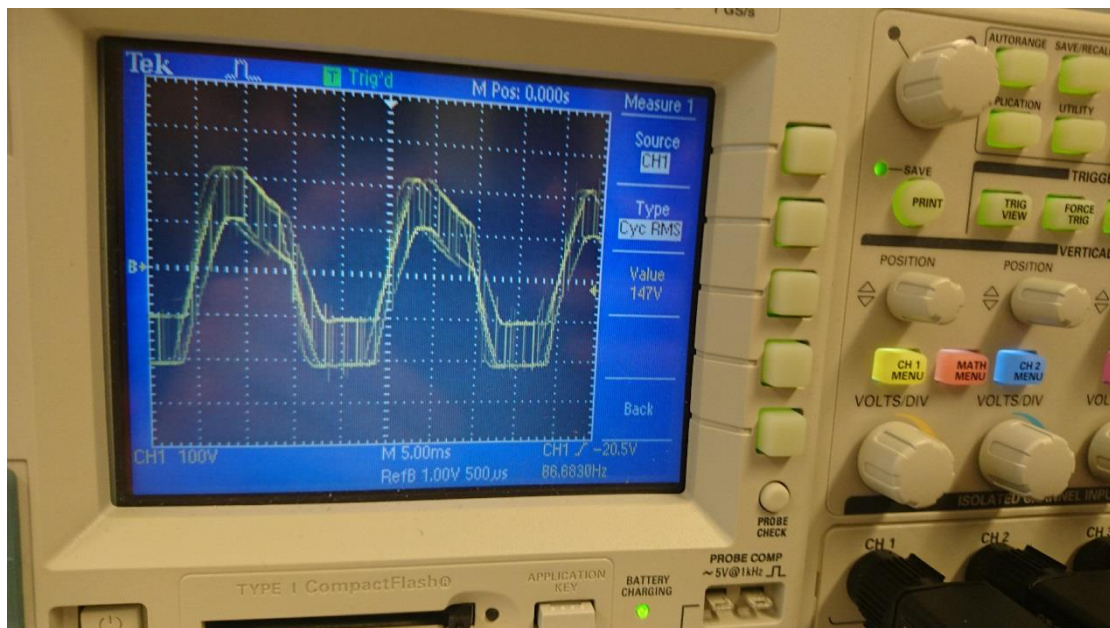
6. Sammenlign fase- og linjespenningene. Hvor mange ganger større er den ene i forhold til den andre?

7. Mål «Common mode»-spenningen; spenningen mellom motorens nullpunkt i viklingene og beskyttelsesjord. Hva vil dette si?

Oppkoblingen ser slik ut:



Probene er tilkoblet nøytralt punkt/stjernetpunktet og beskyttelsesjord.



Målingen så slik ut da dette forsøket ble gjennomført.

Oppgave 4 – Måling 2

Denne oppgaven handler om å utføre ulike målinger som startstrøm, kontinuerlig strøm, effektfaktor, effekt, samt harmoniske spenninger og strømmer.

Til denne oppgaven trengs nettanalysator (Fluke 43B power quality analyzer) med måleprober og strømtang.

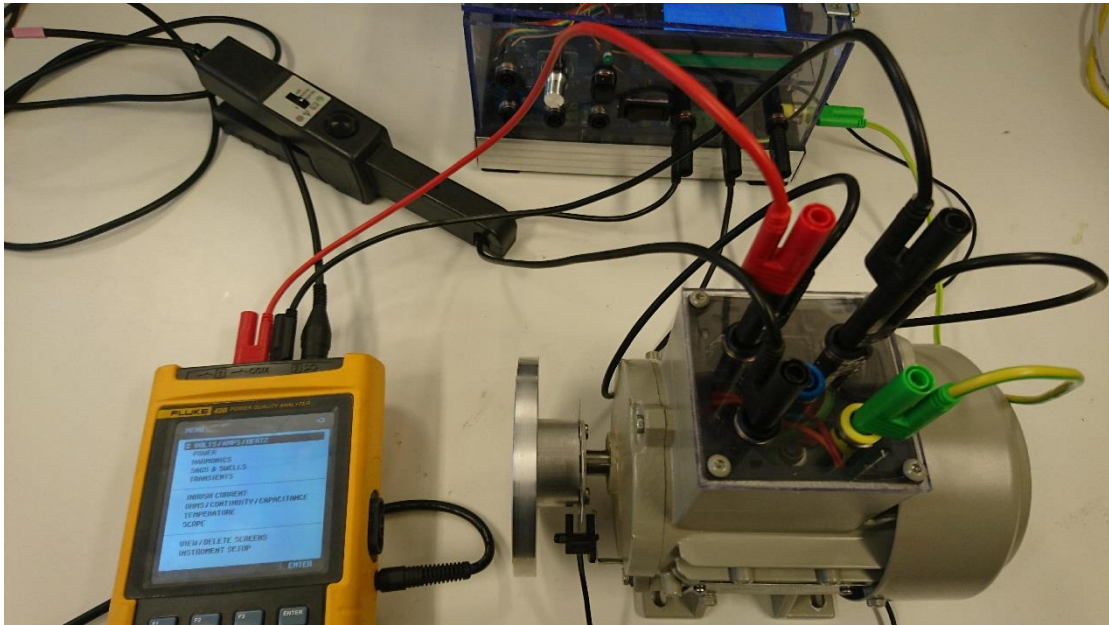
Mål: Identifisere hvordan type signaler og effekter som ligger i, og skapes av motoren og dens tilførsel.



Det er viktig å kalibrere strømtangen før målinger foretas.

Skru på strømtangen og mål strøm i luften med nettanalysatoren. Skru på hjulet til mA er så nærmest null som mulig.

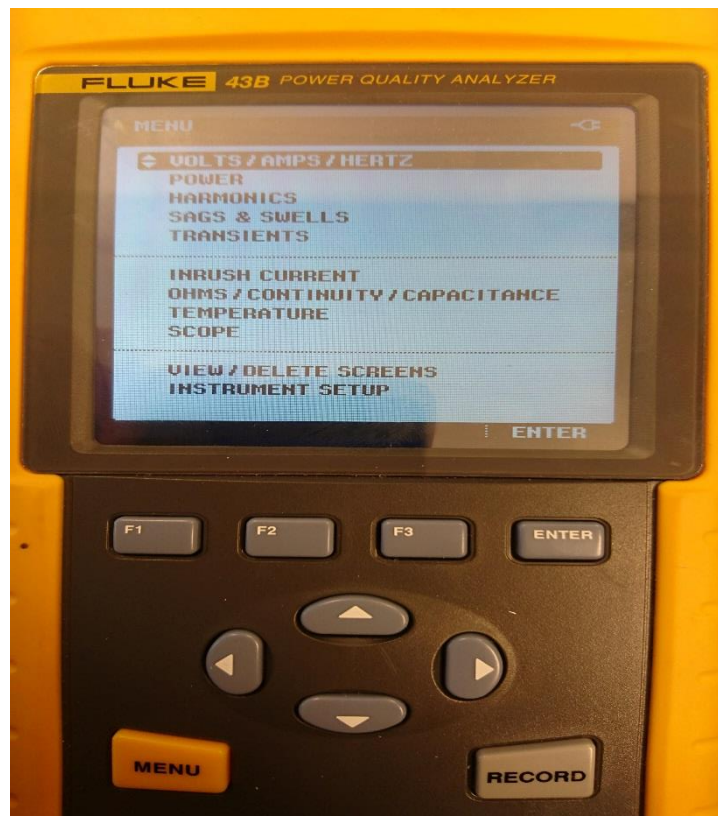
1. Plugg i måleprober fra analysatoren inn i motorens koblingspunkter som vist på bildet: (Dette vil måle linjespenning)



Her omfavner strømtangen fase A, mens rød måleprobe er koblet til fase B, og svart C. Viktig at hver probe tar seg av én fase hver. To prober for spenning, og en for strøm.

Dette er menyen til nettanalysatoren. Her velger man hva som er ønskelig å måle.

Se hvordan måleresultatene endres ved frekvensendring. Noter ned interessante observasjoner og prøv å finn svar på hvorfor det er slik.



2. Mål volt, amper og hertz.
3. Mål «Power»; aktiv effekt (W), reaktiv effekt (VAR) og tilsynelatende effekt (VA) i tillegg til effektfaktor (PF). (HUSK 3-fas innstilling).
4. Mål harmoniske volt og amper
5. Mål «Inrush Current» (startstrømmer).
Sett «Max current» til 1A og «Inrush time» til 1 sec eller 5 sec.
Start, stopp og bruk dreieretning mens måling foretas.
Hvilken situasjon skaper høyest strøm, og hvorfor?

Etterord

Hensikten med dette oppgaveheftet var å gi målgruppen grunnleggende kunnskaper i kraftelektronikk, signalforståelse, måling og analyse, samt praktisk programmering og motordrift.

Ved å følge en rød tråd gjennom hele heftet, der vi først ser på teori, så simulerer vi teorien, før vi tilslutt utfører den i praksis, håper vi at målgruppen har oppnådd mest mulig læring.

Vi har laget disse oppgavene slik at faglærer med elever skal komme godt i gang med modellen. Det er et stort potensiale til videre læring, og vi oppfordrer brukerne til å skape sine egne oppgaver og utfordre nysgjerrigheten rundt faget kraftelektronikk.