

Lab - 2-nivå trefase DC/AC-omformar¹

Emnekode: ELE119

Emnenamn: Kraftelektronikk

Haut 2023

Labansvarleg: Lars M. Ekroll
lme@hvl.no

Emneansvarlig: Eirik Haustveit
ehau@hvl.no

Utlevert: Frist:
dd.mm.åååå dd.mm.åååå

Gjennomføring:
dd.mm.åååå

Denne laboratorieoppgåva dekker grunnleggande praktisk bruk av ein 2-nivå trefase DC/AC-omformar. Spenningane og straumane som skal nyttast i oppgåva er moderate, men framleis på eit nivå som medfører fare. Før arbeidet kan starta er det derfor obligatorisk med ein sikkerhetsgjennomgang for alle studentar som skal gjennomføra oppgåva.



Figur 1: 150 V, livsfare.

- 2-nivå trefase-omformar
- Romvektormodulering - SV-PWM
- Sinuspulsbreiddemulering - SPWM

¹ Denne laboratorieoppgåva er utvikla av Marius Englund, Eirik Skorve Haugland og Ingrid Hovland, med utgangspunkt i ein mal utarbeidd av Eirik Haustveit.

1 Introduksjon

Denne laboratorieoppgåva dekker 2-nivå trefase-omformar. Oppgåva er strukturert i 3 delar:

1. Forarbeid: Her skal ein berekne nokre aktuelle parameter. I tillegg skal ein simulera berekna verdiar. Resultata frå berekningar og simuleringar skal noterast i oversiktstabellen.
2. Laboratoriearbeid: Her skal ein utføre oppkoplinga, samt måling på dei fysiske modellane. Det vil være ein stor fordel om ein har gjort seg godt kjent med ein simuleringsmodell og verktøya i forkant. Grunnleggande forståing for dei to modulasjonsteknikkane SPWM og SV-PWM er og ein stor fordel. Ein skal samle måleresultat i all hovudsak ved hjelp av oscilloskop. På oscilloskopet har ein verktøy som er kjent frå Simulink, som å måla verdiar som RMS, snitt, peak-peak, FFT m.m. Ein skal også lagre datasett som CSV-filer for å kunne etterbehandla dei i Matlab. Her er det viktig at ein organiserer arbeidet, slik at ein har kontroll på kva målingar som ligg i eit gitt datasett.
3. Etterarbeid: I etterarbeidet skal ein samanlikne utrekna, simulerte og fysiske måleresultat og studere avvika som ev. viser seg. Ein skal og tolke datasett frå laboratoriearbeidet.

Arbeidet skal oppsummerast i ein enkel rapport som dokumenter dei ulike delane av oppgåva.

1.1 Føresetnader

Arbeidet blir utført på spenningssatt anlegg med maksimal spenning 230 V. Då dette er eit spenningsnivå som har skadepotensial for både personar og utstyr, er ein tryggleiksgjennomgang med ansvarleg for elkraft-laboratoriet, Lars M. Ekrol påkrevd før den praktiske delen av oppgåva kan gjennomførast.

1.2 Utstyr

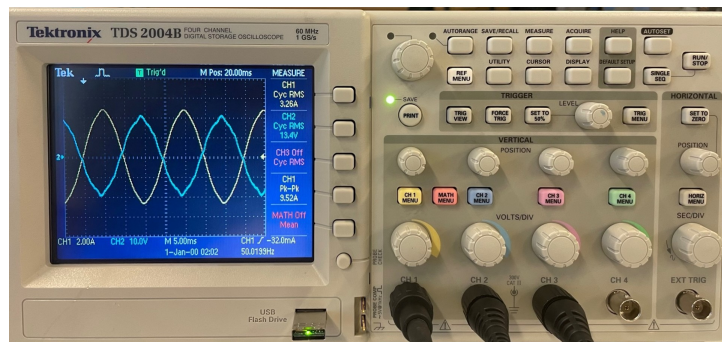
Under fylgjer ei liste over utstyr som blir gjort tilgjengeleg for den praktiske gjennomføringa. Noter utstyrsnummeret du har brukt i tabell 1. Om det er avvik frå ditt oppsett skal dette avviket noterast i din rapport.

Tabell 1: Liste over utstyr til lab

Utstyr	Skildring	Utstyrsnr	Kommentar
Trafo	2 kVA trafo, 220/133 V		
Brytar	Brytar i tilførsel		
Brytar	Brytar i last		
Sikring	3 fase, 2/6 A		
Koblingsboks	For tilkopling og måling		
Kraftmodul	2-nivå trefase-omformar		
Spenningsprobe 1	Micsig DP1003		
Spenningsprobe 2	Micsig DP1003		
Strømtang 1	Micsig CP2100A		
Strømtang 2	Micsig CP2100A		
Multimeter	Hioki DT4282		
	Kopplingsleidningar med bananplugg		
Effektmotstand	Belastningsmotstand		
Effektmotstand	Straumbegrensingsmotstand for kondensator		

1.3 Måleinstrument

For å gjennomføre denne laboratorieoppgåva er det nødvendig å ha kjennskap til dei måleinstrumenta ein skal nytta. I all hovudsak skal oscilloskop nyttast til målingane, men det kan og vera aktuelt å foreta enkelte målingar med multimeter. Figur 2 viser oscilloskopet som skal nyttast. Det føresett grunnleggande forkunnskap i å bruka oscilloskopet, som justering av skallering, tid, størrelse, trigger og liknande. Vedlegg A gir ei enkel innføring i korleis ein stillar in probar, samt korleis ein hentar ut relevante målingar.



Figur 2Bilde av oscilloskop, Tektronix TDS 2004B

2 2-nivå trefase-omformar

Oppgave 1

I denne oppgåva skal de gjera målingar på ein 2-nivå trefase-omformar. Omformaren består av ein DC-link og seks transistorar som kan verta styrt med forskjellige modulasjonsteknikkar. I denne oppgåva skal dei to modulasjonsteknikkane sinuspulsbreiddemodulasjon (SPWM) og romvektormodulasjon (SV-PWM) samanliknast.

Tilført spenning $U_s = 150\text{ V}$ med frekvensen $f_1 = 50\text{ Hz}$.

Forarbeid:

- (a) Utfør berekning av verdier gitt i tabell 2 for SPWM og SV-PWM.
- (b) Simuler verdiane gitt i tabell 2.

Laboratoriearbeid:

Dei akutte “measure” verdiane frå skopet skal noterast i tabell 2.

- (a) Kontroller at du har tilgang på nødvendig utstyr, og kople opp omformaren mot last. Alle målingane skal gjerast for både SPWM og SV-PWM.
- (b) Skru på DC-link spenning og svitsjing i mikrokontroller ved å trykke start på kortet. Observer tilført og avgitt spenning på oscilloskopet. Du skal bruka “measure” funksjonen i skopet til å finna frekvens, snitt, peak-peak og RMS verdi av målingane. Vidare skal du lagra eit datasett av målingane til ein minnepinne. For referanse skal PWM frå mikrokontroller vera med på alle målingar frå skopet.
 - i. Foreta ei samtidig måling av tilført, samt avgitt spenning. Noter “measure” verdiane.
 - ii. Foreta ei måling av tilført, samt avgitt straum. Noter “measure” verdiane.
 - iii. Foreta ei samtidig måling av tilført straum og spenning. Bruk “math” funksjonen i skopet til å finna effektkurva og ta snittet av denne kurva for å finna aktiv effekt. Noter “measure” verdiane.
 - iv. Foreta ei samtidig måling av avgitt straum og spenning. Bruk “math” funksjonen i skopet til å finna avgitt aktiv effekt. Noter “measure” verdien av snittet til den berekna effektkurva.
 - v. Mål det harmoniske innhaldet i spenning.

Etterarbeid:

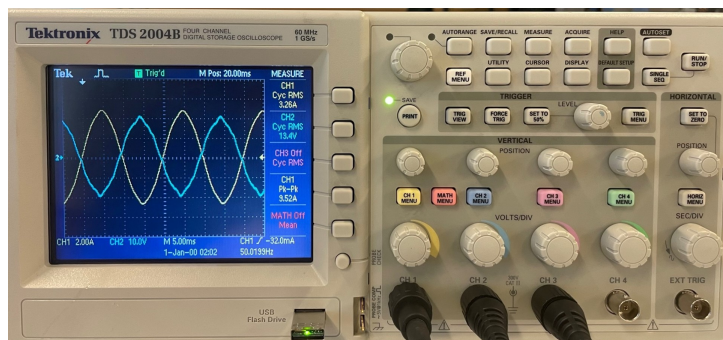
- (a) Vurder kva som er årsaka, dersom det er nokon ruter i tabellen som står tomme. Kvifor er dette verdier som er vanskelig å berekna, eller å måla fysisk? Dersom du har fylt ut heile tabellen, treng du ikkje svare på denne oppgåva.
- (b) Vurder årsaker til avvik mellom berekningar og fysiske målingar. Ta omsyn til toleransar i måleinstrument, og ikkje-ideelle eigenskapar ved diodane.
- (c) Samalikn kurvene frå datasetta til SPWM og SV-PWM. Kva er årsaken til likheit og ulikheit?
- (d) Samanlikn målte og simulerte resultat av dei to modulasjonsteknikkane.

Tabell 2. Samanlikning mellom berekna, simulerte, og målte verdier

Storleik	Skildring	SPWM			SV-PWM		
		Kalk.	Sim.	Målt	Kalk.	Sim.	Målt
\bar{U}_d	Avgitt snittspenning						
U_d	Avgitt RMS spenning						
\bar{I}_d	Avgitt snittstraum						
ΔU_d	Rippel i avgitt spenning						
U_s	Tilført RMS spenning	150 V	150 V		150 V	150 V	
I_s	Tilført RMS straum						
I_{s1}	Grunnharmonisk RMS straum						
I_{s3}	RMS av 3 harmoniske i tilført straum						
THD_i	THD i tilført straum						
P_d	Avgitt aktiv effekt	X			X		
P_s	Aktiv effekt frå U_s	X			X		
PF	Total effektfaktor	X			X		

A Innstilling og bruk av oscilloskop

Dette vedlegget gir ei kort inføring i det oscilloskopet, samt dei måleprobane ein skal nytta i denne laboppgåva.



Figur 3Bilde av oscilloskop, Tektronix TDS 2004B

A.1 Differensialprobe for spenningsmåling

Differensialproben Micsig DP10013 skal brukast til spenningsmåling og kan operera opptil 1,3 kV. Proben kan stillast på 2 måleområder, X50/X500, og ein må velga det området som passar best for dei spanningane ein forventer å måla. For riktig avlesing på oscilloskopet må ein stilla det inn på det samme måleområdet som proben.



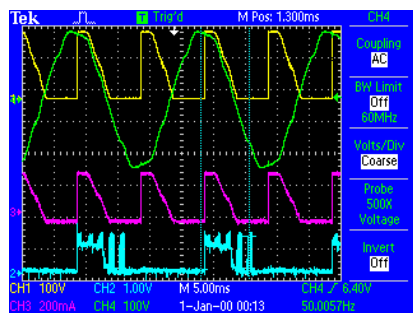
Figur 4Bilde av differensialprobe for spenningsmåling, Micsig DP1003

Frå kanal menyen “CH X MENU” får ein individuelle valg per kanal i sidemenyen. “Coupling”, skal vera DC. For spenningsproben velger ein “Voltage” og “Attenuation” 50X eller 500X avhengig av din probeinnstilling.

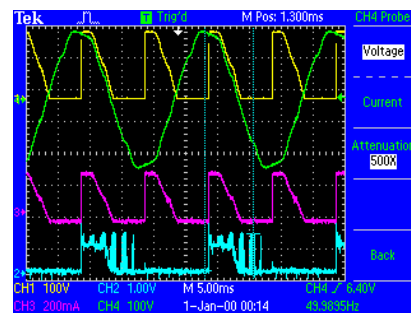
A.2 Tangamperemeter for straummåling

Straumtanga Micsig CP2100A skal brukast til straummåling og kan operere opptil 100 A. Proben kan stillast på 2 måleområder, 10 eller 100 A.

Frå kanal menyen “CH X MENU” får ein individuelle valg per kanal i sidemenyen. “Coupling”, skal vera DC. For straumtanga velger ein “Current” og “Scale” etter minste måleområde, 100 mV/A. Sjøkk at straumtanga lyser på 10 A måleområde. Når skalering er utført kan ein nullstille straumtanga ved å trykke “Zero” og evt. justere DC-offset med pilene dersom den ikkje viser 0 A før du begynner å ta målingar.



(a) Sidemeny etter valg av “CH X MENU”.

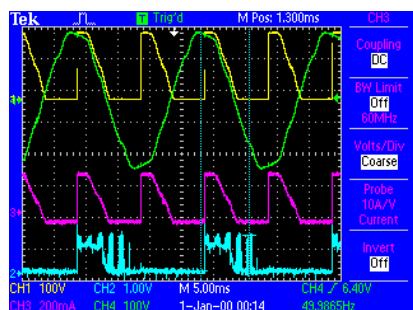


(b) Sidemeny etter valg av “Probe”

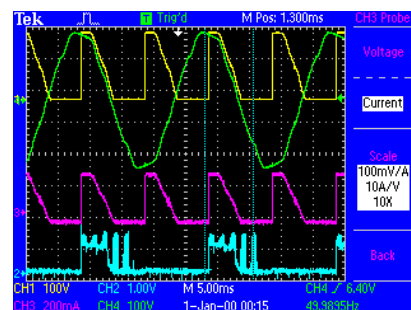
Figur 5 Instilling av spenningsprobe



Figur 6 Bilde av strømtang, Micsig CP2100A



(a) Sidemeny etter valg av “CH X MENU”

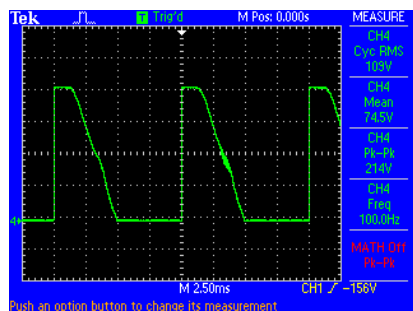


(b) Sidemeny etter valg av “Probe”

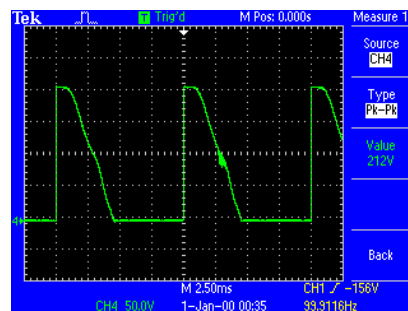
Figur 7 Instilling av straumtang

A.3 Målinger på skop

Oscilloskopet har ein “measure”-funksjon som kan gi oss forskjellige verdier ut frå dei kurvene me måler. Denne funksjonen skal me nytta til å henta ut RMS, snitt, peak-peak og frekvens. For å definere målingar mot gitt kanal trykker ein på “measure” og velger målepunkt i sidemenyen. Frå sidemenyen velger ein spesifikk kanal og kan vidare definere kjelde, og målefunksjon.



(a) Sidemeny etter valg av “Measure”

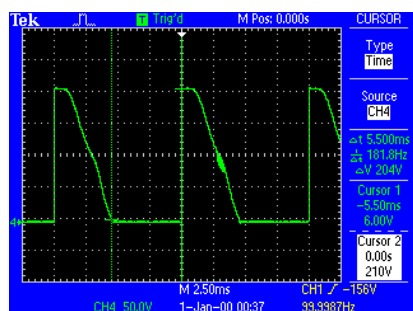


(b) Sidemeny etter valg av spesifikk måling

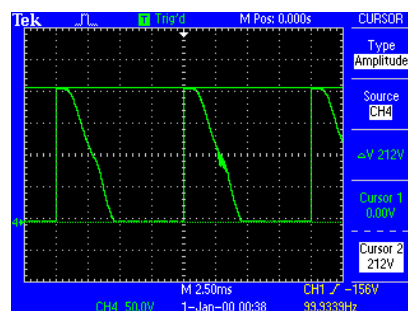
Figur 8 Instilling av målinger som RMS, snitt, peak-peak, frekvens med flere

A.4 Bruk av “cursors” på skop

“Cursors” kan nyttast for å sjå dei forskjellige kurvene i relasjon til kvar andre, eller for å finna relasjonen mellom forskjellige punkt på den samme kurva. Ein kan avlesa distanse i tid, eller i spenning eller straum. For å aktivere trykker ein på “Cursors” og velger type og kanal. Ein velger mellom dei 2 målelinjene, “Cursors”, i sidemenyen og kan flytte disse individuelt med multi-purpose hjulet. Punktavlesning per målelinje kan lesast av samt differansen mellom dei 2 målelinjene.



(a) Vertikale “Cursors” for punktavlesning og tidsdifferanse



(b) Horisontale “Cursors” for punktavlesning og amplitudedifferanse

Figur 9 Bruk av “Cursors” til måling av signal

A.5 Matte-funksjonar

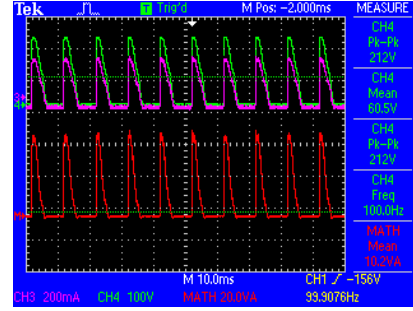
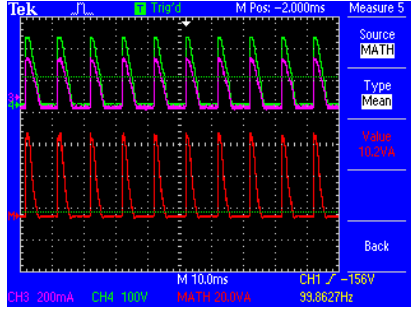
Ein kan bruke scopet til å rekne ut samanhengar mellom kanalar samt gjera nokre analysar per kanal. For å berekne effekt kan ein multiplisere straum og spenning ved å trykker på “MATH MENU” ved å velge X i operasjon fra sidemenyen. Matte-funksjonen kan vidare hentast inn i “Measure” bildet

Ein kan og gjere måling av harmonisk spekter for ein kanal ved å trykker på “MATH MENU” ved å velge kilde referert til kanal, source, samt FFT frå sidemenyen. Ein kan i dette bildet bruke “Cursors” til å lese av frekvens/amplitude.

Figur 11 viser eit døme på FFT-bilde frå scopet.

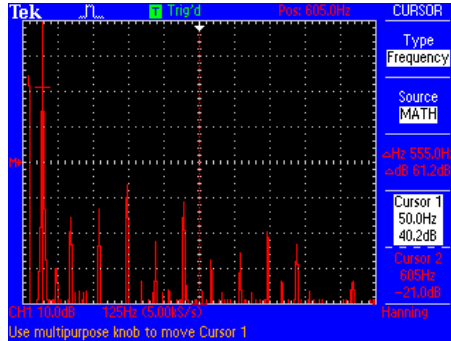
FFT målingane på Tektronix TDS 2004B er oppgitt i desibel relativt til ei RMS spenning på 1 V. Den fylgjande formelen syner samanhengen mellom spenning og desibel:

$$\text{dB}_V = 20 \log \left(\frac{U}{1 \text{ V}} \right) \quad (1)$$



(a) Sidemeny og effektkurve etter valg av "Measure" (b) Sidemeny inkludert målinger og mattefunksjon mot mattefunksjon

Figur 10 Bruk av mattefunksjon til å multiplisere strøm og spenning



Figur 11 FFT-måling

A.6 Total harmonisk forvrenging

Det er ikkje vanleg at oscilloskopet har innebygd støtte for berekning av total harmonisk forvrenging. Det er derimot mulig å berekna verdien frå dei harmoniske komponentane ein finn i spektrumsanalysatoren.

$$\text{THD}_u = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{U_1} = \sqrt{\frac{U_2^2}{U_1^2} + \frac{U_3^2}{U_1^2} + \frac{U_4^2}{U_1^2} + \dots} \quad (2)$$

Differansen mellom den grunnharmoniske og ein overharmonisk komponent kan uttrykkast som:

$$\text{dB}_c = 10 \cdot \log \left(\frac{P}{P_c} \right) \quad (3)$$

Der P er den overharmoniske og P_c er den grunnharmoniske (carrier). Denne verdien kan normalt finnast ved å plassera ein "cursor" på den grunnharmoniske, og ein anna "cursor" på den overharmoniske komponenten som er av interesse. Verdien ein er ute etter er ofte uttrykt som ΔdB .

$$\frac{P}{P_c} = \frac{\frac{U^2}{R}}{\frac{U_c^2}{R}} = \frac{U^2}{U_c^2} \quad (4)$$

$$\frac{P_h}{P_1} = \frac{U_h^2}{U_1^2} = 10 \left(\frac{\text{dB}_c}{10} \right) \quad (5)$$