



HOVEDOPPGAVE

- Kandidatens navn : **Per Bjarne Fredrick Stavnes**
- Fag : **ELKRAFTTEKNIKK**
- Oppgavens tittel (norsk) : **Transistoromformere integrert i AC-nettet -
Reguleringsstrategi ved bruk av fasereferansevektor.**
- Oppgavens tittel (engelsk) : **Transistor converters integrated in the AC-network -
Control strategy using phase reference vector.**
- Oppgavens tekst:

Teknologiske fremskritt innen produksjon og lagring av elektrisk energi gjør det interessant å teste nye alternativer for realisering av kraftnett ved utstrakt bruk av kraftelektroniske omformere. I denne oppgaven skal typiske problemstillinger studeres når en pulsbredde-modulert spenningskilde, 3-fase IGBT-omformere er konfigurert som aktiv likeretter i et AC-nett.

Oppgaven skal utføres i nært samarbeid med forskende personell ved SINTEF Energiforskning, som vil arbeide med nært beslektede problemstillinger i et forskningsprosjekt innen omformerteknologi for produksjon og lagring av elektrisk energi.

Oppgaven kan deles inn i følgende deloppgaver:

- En litteraturundersøkelse med mål å kartlegge typiske problemstillinger, strategier og metoder for generering og bruk av referansevektor i styringen.
- Realiseringsring av detaljert simuleringsmodell av omformerprototyp i PSCAD/EMTDC
- Testing av 20 kW omformerprototyp fremskaffet av SINTEF Energiforskning/NTNU mot 230 V-nett, herunder verifisering av simuleringsmodell.
- Gjennomføring av målinger og simuleringer, med utgangspunkt i typiske problemstillinger. Forslag til løsninger på observerte problemer.
- Tilpasning av simuleringsmodell for analyse av et nærmere spesifisert skipsnett, hvor den dominerende belastningen er en 5 MW aktiv likeretter for fremdriftsmaskineri. Simuleringer, dokumentasjon og forslag til løsninger på observerte problemer.

- Oppgaven gitt : 20.09.00
Besvarelsen leveres innen : 20.12.00
Besvarelsen levert :
Utført ved (institusjon, bedrift) : Elkraftteknikk
Kandidatens veileder : Magnar Hernes, Kjell Ljøkelsøy, SEfAS

Trondheim, 20. september 2000

Asle Skjellnes
faglærer

Sammendrag

Teknologiske fremskritt innen produksjon og lagring av elektrisk energi har gjort det interessant å teste nye alternativer for realisering av kraftnett ved utstrakt bruk av moderne strømretterteknologi.

Denne diplomoppgaven inneholder undersøkelser av reguleringsstrategi ved bruk av fasereferansevektor for nettintegert transistoromformer. Typiske problemstillinger er studert når en pulsbredde-modulert (PBM) spenningskilde, 3-fase IGBT omformer tilkobles et AC-nett som aktiv likeretter. Styresystemet til omformereren må ha synkroniserte referansevektorer til den indre strømsløyfen. Dette løses ved å ta i bruk en komponent kalt faselåst sløyfe (PLL).

Opgaven har gått ut på å undersøke og videreutvikle bruken av faselåst sløyfe styresystemet. Utgangspunkt for oppgaven var simuleringer av faselåst sløyfe mot et AC-nett og en halvferdig software implementert faselåst sløyfe (SPLL) i en mikrokontroller. Litteratur undersøkelser er gjort for å kartlegge typiske problemstillinger, strategier og metoder ved bruk av referansevektor i styringen. En kravspesifikasjon for egenskapene til faselåst sløyfe ble laget og metoder som ga muligheter for forbedringer av sløyfen ble funnet.

Håndtering av feilsituasjoner på ekstern referanse er viktig å undersøke når et slikt styresystem skal etableres. Etter simuleringer av faselåst sløyfe viste det seg den valgte modellen var god og håndterte feilsituasjoner godt. Det implementerte styresystemet ble i praksis testet mot noen av feilsituasjonene som kan oppstå på et AC-nett.

En komplett simuleringsmodell av omformereren med styresystem tilkoblet et AC-nett er etablert. Videreutvikling av implementert faselåst sløyfe og implementering av andre styrefunksjoner og tester av styresystemet i praktisk oppkobling er foretatt.

Under praktisk testing og simuleringer av styresystemet ble flere viktige resultater observert. Det viste seg at undersøkelser og analyser av parameterinnstillinger (tidskonstanter og forsterkningsfaktorer m.m) er meget viktig under utvikling av et mikrokontroller basert styresystem for nettintegert aktiv likeretter. Spesielt viktig er parameterinnstillingene for faselåst sløyfe som genererer referansevektorene. Det ble brukt mye tid og energi på dette under oppgaven. Men ved hjelp av gode analyseverktøy og omfattende testing er gode parametre for drift av denne oppgavens aktive likeretter funnet.

1.0 INNLEDNING	2
2.0 TEORI	4
2.1 TRANSISTOROMFORMERE INTEGRERT I OVERFØRINGSNETTET	4
2.2 FASELÅST SLØYFE TEORI.....	6
2.2.1 <i>Generelt om faselåst sløyfe</i>	6
2.2.2 <i>Faselåst sløyfe i 3-fase kraftelektronikk</i>	9
2.3 FASELÅSING MOT AC-NETT	10
2.3.1 <i>Problemstillinger</i>	10
2.3.2 <i>Kravspesifikasjon</i>	12
2.3.3 <i>Metoder og strategier</i>	13
2.4 SOFTWARE PLL TEORI.....	14
3.0 SIMULERINGSMODELL	15
3.1 MODELL BESKRIVELSE	15
3.1.1 <i>Kraftkrets og last</i>	15
3.1.2 <i>Indre strømreguleringsløyfe</i>	15
3.1.3 <i>Overordnet styresystem (faselåst sløyfe og spenningsløyfe)</i>	15
3.2 SIMULERINGS RESULTATER	16
4.0 MIKROKONTROLLER PROGRAM	17
4.1 PROGRAMSTRUKTUR OG SIGNALFLYT I PROGRAM	17
4.1.1 <i>Programstruktur</i>	17
4.1.2 <i>Avbruddsstruktur</i>	18
4.1.3 <i>Signalflyt</i>	18
4.2 NYE FUNKSJONER I STYRESYSTEMET OG FORBEDRINGER I SPLL	20
4.2.1 <i>Spenningsregulator</i>	20
4.2.2 <i>Forbedringer i SPLL</i>	21
4.3 PROGRAMPARAMETRE FOR INNSTILLING AV REGULERINGSSLØYFER.....	22
4.4 ”SISTEMINUTTEN” FORBEDRINGER.....	23
4.5 SPESIELLE PROGRAMERINGSTEKNIKKER	23
5.0 PRAKTISK MIKROKONTROLLERSTYRT OMFORMERPROTOTYP MOT AC-NETT	25
5.1 LABOPPETT OG KRETSBESKRIVELSE	25
5.2 TESTING AV STYRESYSTEM FOR OMFORMER	27
5.2.1 <i>Parameterinnstillinger ved hjelp av stabilitetsanalyse i Mathcad</i>	27
5.2.2 <i>Testing mot generator med frekvensforandringer</i>	44
5.2.3 <i>Oppsummering av resultater ved testing med frekvensforandringer</i>	50
5.3 NETTFILTER, DIMENSJONERING OG PROBLEMATIKK.....	51
6.0 KONKLUSJON	54
6.1 VIKTIGE RESULTATER	55
6.2 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID OG BEMERKNINGER	55
7.0 LITTERATURREFERANSER	57
7.1 KOMMENTARER TIL SENTRAL LITTERATUR OM FASELÅST SLØYFE	58

Appendiks 1 : Frekvensresponsanalyse av indre strømsløyfe og ytre spenningsløyfe med Bodediagram

Appendiks 2 : Frekvensresponsanalyse av faselåst sløyfe med Bodediagram

Appendiks 3 : Bilder av praktisk utstyr/oppkobling på laboratorium

Appendiks 4 : Eksempel på direktestart av asynkronmotor i et skipsnett

Appendiks 5 : Frekvensresponsanalyse av resonans mellom nettimpedans og filterkondensator

Appendiks 6 : EMTDC simuleringmodell