



**Høgskulen
på Vestlandet**

BACHELOROPPGÅVE

Kraftverksimulator

Power plant simulator

Energi, elkraft og miljø/automatiseringsteknikk

HO2-300 - Bacheloroppgåve

Avdeling for ingeniør og naturfag

Institutt for ingeniør- og teknologifag

19. mai 2017

15 949 ord

av

Asle Ness

Atle Jostein Rauset

Rakel Synnøve Ullebust

Stig Heggheim

Rettleiarar: Joar Sande, Nils Westerheim, Johannes Møgster og Kjell Johnny Kvamme

Eg stadfestar at arbeidet er sjølvstendig utarbeida, og at referansar/kjeldetilvisingar til alle kjelder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.*



**Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen på Vestlandet sitt
institusjonelle arkiv (Brage)**

Eg gir med dette Høgskulen på Vestlandet løyve til å publisere oppgåva (Kraftverksimulator) i Brage dersom karakteren A eller B er oppnådd.

Eg garanterer at eg har opphav til oppgåva, saman med eventuelle medforfattarar.

Opphavsrettsleg beskytta materiale er nytta med skriftleg løyve.

Eg garanterer at oppgåva ikkje inneheld materiale som kan stride mot gjeldande norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Kandidatnummer: 24

Asle Ness

JA ☐ NEI ☐

Kandidatnummer: 33

Atle Jostein Rauset

JA ☐ NEI ☐

Kandidatnummer: 8

Rakel Synnøve Ullebust

JA ☐ NEI ☐

Kandidatnummer: 10

Stig Heggheim

JA ☐ NEI ☐

STUDENTRAPPORT

Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

TITTEL HO2-300 Hovudoppgåve - Kraftverksimulator	RAPPORTNR. 01	DATO 19.05.2017
PROSJEKTTITTEL Kraftverksimulator	TILGJENGE Open	TAL SIDER 50 sider + 37 vedlegg
FORFATTARAR Asle Ness Stig Heggheim Atle Jostein Rauset Rakel Synnøve Ullebust	ANSVARLEGE RETTLEIARAR Joar Sande – Prosjektansvarleg Nils Westerheim – Rettleiar EEM Johannes Møgster – Rettleiar AUT Kjell Johnny Kvamme - Ekstern rettleiar Sunnfjord Energi AS	
OPPDRA GSGJEVAR Sunnfjord Energi AS ved Kjell Johnny Kvamme		
SAMANDRAG Oppdragsgjevaren for prosjektet er Sunnfjord Energi AS, som er eit kraftselskap med kraftproduksjon, drift og bygging av nett og sal av kraft til bedrifter og hushald. Kraftselskap brukar store pengesummar på kontrollanlegg som ofte vise seg å ikkje halde mål. Dette fører til kostbare utbetringar i ettertid og driftstap på kraftverket. Ved hjelp av ein kraftverksimulator vil ein kunne finne feil ved kontrollanlegget på fabrikk, og kan rette desse før levering til kraftstasjonen. Vi skal i dette prosjektet prosjektere og programmere ein kraftverksimulator med utgangspunkt i Hove kraftverk, med hovudfokus på dei ulike sekvensane til anlegget.		
SUMMARY The assignment holder for our project is Sunnfjord Energi AS, wich is an energy company that produces, distributes and sells electrical energy to companies and households. Energy companies uses a whole lot of money on control systems that often lacks required spesifications. This leads to large additional costs and operating losses for the powerplant. With the use of a “Kraftverksimulator” the control system faults will be detected at the factory and corrected before delivery at the plant. The goal of this assignment is to project and program a hydroelectric power plant simulator with Hove powerplant as baseline. The main focus in the development is to describe and simulate the main sequences at Hove.		
EMNEORD Hovudoppgåve, Vasskraftverk, Simulering, PLS, Studentprosjekt, Elkraft, Automasjon, HO2-300, Kontrollsystem.		

Føreord

Denne rapporten er utarbeida i samband med det avsluttande hovudprosjektet vårt på ingeniørstudiet ved Høgskulen på Vestlandet, campus Førde. Rapporten viser våre undersøkingar og resultat i arbeidet med bacheloroppgåva. Studentane har under prosjektet hatt delte arbeidsoppgåver som omhandlar studieretning for energi, elkraft og miljø og automatiseringsteknikk. Oppgåva er utarbeida av Sunnfjord Energi AS med det føremålet å kvalitetssikre nye kontrollanlegg til deira vasskraftstasjonar. Dette er fordi dei erfaringsmessig ser at det er kostnadseffektivt å bruke resursar på kvalitetssikring, enn å feilrette anlegget etter det er driftssett.

Finansiering av denne prosjektfasen er det HVL som er ansvarleg for. Det vil derimot førekome svært få kostnadar under prosjekteringsfasen av kraftverksimulatoren som denne rapporten omhandlar.

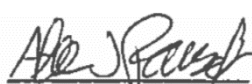
Rapporten vil gjennomgå arbeidet med prosjektering og programmering av kraftverksimulatoren. I dette ligg det blant anna tekniske undersøkingar, drøfting kring valde løysingar og økonomiske aspekt. Vi har lagt til rette for at oppgåva kan takast vidare av komande bachelorgrupper. Vi har difor dokumentert undersøkingar vi har gjort og forslag for vidare arbeid.

Undervegs i prosjektet har vi fått god hjelp. Vi vil rette ein spesiell takk til Sunnfjord Energi AS for ei spennande oppgåve. Vidare vil vi takke prosjektansvarleg, Joar Sande, og rettleiarane våre Johannes Møgster og Nils Westerheim.

Førde 18.mai 2017



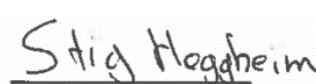
Asle Ness



Atle Jostein Rauset



Rakel Synnøve Ullebust



Stig Heggheim

Samandrag

Dette er sluttrapporten for vår hovudoppgåve (H02-300) på studiet elektroingeniør - bachelorgrad innanfor felta energi-, elkraft- og miljø og automatiseringsteknikk ved HVL, våren 2017.

Prosjektet vårt er basert på ei oppgåve gjeven av Kjell Johnny Kvamme ved Sunnfjord Energi AS. Formålet med oppgåva er å prosjektere og bygge ein mobil kraftverksimulator som kan teste kontrollanlegg til vasskraftstasjonar hjå produsenten før overlevering. Kraftselskapet vil dermed unngå unødige kostnader og driftstap i vasskraftverket etter driftssetjing.

Undersøkingane er gjort av fire bachelorstudentar som har ei tidsramme på 500 timar per student, og med avgrensa kunnskapsmessige og økonomiske resursar.

Etter avgrensingar av oppgåva i samarbeid med oppdragsgjevar og rettleiarar, har resultatet blitt ein prosjektert «kraftverksimulator», med utgangspunkt i hovudforlaupet til Hove kraftverk i Vik. Simulatoren som rapporten beskriv er samansett av grundige val av tekniske løysingar, komponentar, kostnadsoverslag og dokumentasjon som viser framgangsmåten i utviklingsarbeidet. Dei mest sentrale delane av simulatoren er blitt programmert i funksjonsblokker og presentert ved hjelp av ein grafisk betenings- og overvakingsskjerm. Val av komponentar og utstyr har vore ein viktig del av oppgåva. Beckhoff PLS er etter våre erfaringar meir fleksibelt med tanke på tilleggsmodular og programvare, samt eit rimelegare alternativ enn Siemens, som blei forkasta undervegs i prosjektet. For å simulere frekvens, straumar og spenningar har vi etter sterke ynskje frå oppdragsgjevar og nedslåande resultat på utprøvde komponentar, retta oss mot å bruke Omicron kraftelektronikk til føremålet.

Rapporten består og av ein prosjektadministrativ del. Hensikta med denne er å vise korleis prosjektgruppa har jobba seg fram til den ferdige hovudoppgåva, og er mest tenkt til skuleføremål. Utfordringane våre med avgrensing av ei stor oppgåve, samt beskrive grensesnittet mellom simulator og kontrollanlegg har vore mange og kravd mykje resursar frå gruppemedlemmane.

Grunna prosjektets tidsrammer og kostnadsrammer var det ikkje mogeleg å bygge kraftverksumulatoren. Det vil derimot vere mogeleg å byggje og utvide funksjonane til simulatoren for seinare bachelorgrupper. Dette har vi lagt til rette for i prosjektet. Utbyttet av prosjekt har vore brei kunnskap kring vasskraftanlegg og komponentane i desse. Det å ta grundige slutningar i prosjekteringsfasen har vi funne å være svært viktig, då dette er grunnpilarane for eit godt heilskapleg resultat. Gruppemedlemmane har lært mykje om prosjektadministrasjon og samarbeid på tvers av faggrupper som er ei uvurderleg erfaring.

Innhald

Fullmaktskjema	i
Referanse.....	ii
Føreord	iii
Samandrag.....	iv
Innhald.....	v
Figurliste	viii
Tabelliste	viii
Akronym	ix
1 Innleiing	1
2 Oppgåvefokus.....	2
2.1 Funksjonar	2
2.2 Tekniske løysingar	2
2.3 Programvare	3
3 Målsetjingar.....	3
3.1 Hovudmål	3
3.2 Delmål.....	3
4 Teori knytt til vasskraftverk.....	4
4.1 Vasskraftverk	4
4.2 Hove kraftverk	4
4.3 Hovudforlaupet i Hove kraftverk.....	5
4.3.1 Stillstand	5
4.3.2 Startklar	6
4.3.3 Start til tomgang utan spenning	6
4.3.4 Tomgang utan spenning	6
4.3.5 Magnetisering.....	6
4.3.6 Tomgang med spenning	6
4.3.7 Innkopling til drift	6
4.3.8 Drift.....	6
4.3.9 Utkopling av effektbrytar	6
4.3.10 Fråkopling	7
4.3.11 Hurtigstopp.....	7
4.3.12 Stopp	7
4.3.13 Nødstop	7
4.3.14 Nødstyring	7
4.4 Komponentar i Hove kraftverk	7
4.4.1 Inntak.....	8
4.4.2 Ventilsystem	8
4.4.3 Turbinregulator	8
4.4.4 Bremser	9
4.4.5 Generator	9
4.4.6 Rotorløft	9
4.4.7 Spenningsregulator	9
4.4.8 Avgangsanlegg.....	10
4.4.9 Kjølevasssystem	10
5 Tekniske løysingar	10
5.1 Grunngeving av tekniske val.....	10
5.2 Skisser og skjema.....	12
5.2.1 Oversiktsskisse.....	12
5.2.2 Koplingsskjema for relé og PLS modular	12

5.2.3	IO-liste	13
5.2.4	Relé-liste	14
5.2.5	HMI-liste	14
5.3	Funksjonsbeskriving	14
5.4	Val av komponentar	15
5.4.1	PLS	15
5.4.2	Inngangsmodul	15
5.4.3	Utgangsmodul	16
5.4.4	HMI-beteningspanel	16
5.4.5	Relé	17
5.4.6	Straumforsyning	17
5.5	Undersøkte komponentar	18
5.5.1	Omicron	18
5.5.2	CM Engine	19
5.5.3	GOOSE, IEC 61850	20
5.5.4	Simulering PT100 element	20
5.5.5	Skaping av trefase	22
5.5.6	Transformator	23
5.5.7	Effektregulator	24
5.5.8	Autotransformator	25
5.5.9	Modul for måling	26
6	Programmering	26
6.1	Programvare	26
6.2	Programmeringsspråk	27
6.2.1	Funksjonsblokk, FB	27
6.2.2	Strukturert tekst, ST	28
6.2.3	Utvida funksjonsblokkdiagram, CFC	28
6.3	Programmeringsstruktur	28
6.3.1	Global Variable List, GVL	29
6.4	HMI	29
6.5	Testing	31
7	Måloppnåing	31
7.1	Hovudmål	31
7.2	Delmål	32
8	Drøfting	32
8.1	Vidareutvikling	34
9	Konklusjon	35
10	Administrasjon av prosjektet	36
10.1	Organisering	36
10.1.1	Oppdragsgjevar	36
10.1.2	Styringsgruppa	37
10.1.3	Prosjektgruppa	37
10.2	Ansvarsfordeling	37
10.3	Arbeidsmetodar	38
10.4	Milepålar, Gantt	39
10.5	Møteplan	39
10.6	Dokumentstyring	39
10.6.1	OneDrive	39
10.6.2	AutoCAD	40
10.6.3	Adobe Photoshop	40
10.7	Tidsressursar	41
10.8	Økonomi	41

10.9	Prosjektnettstad	42
10.10	Risikostyring	42
10.11	Prosjektevaluering.....	43
10.11.1	Gruppeprosess og kommunikasjon	43
10.11.2	Utfordringar.....	43
10.11.3	Utbytte av prosjektet	45
11	Referansar	46
12	Vedlegg.....	49

Figurliste

Figur 1. Høgtrykkskraftverk [2].	4
Figur 2. Hovudforlaupet i Hove kraftverk [vedlegg 1].	5
Figur 3. Oversiktsskisse.	12
Figur 4. Koplingsskjema.	13
Figur 5. Relé for utgang.	13
Figur 6. Relé for inngang.	13
Figur 7. Utklipp frå IO-liste.	14
Figur 8. Beckhoff CX5140 [26].	15
Figur 9. Beckhoff EL1008 [4].	15
Figur 10. Beckhoff EL2008 [5].	16
Figur 11. Beckhoff CP2916-0000 [20].	16
Figur 12. Omron G2RV [7].	17
Figur 13. PULS CS5.241 [21].	17
Figur 14. Omicron CMC 356 [8].	18
Figur 15. Forslag til grensesnitt for PLS til Omicron.	20
Figur 16. Digitalt potensiometer [12].	21
Figur 17. Diagram for PT100 sin endring av ohm-verdi.	21
Figur 18. Beckhoff EL2124 [28].	22
Figur 19. Einfase transformator.	23
Figur 20. Trekant - trekant kopla transformator	23
Figur 21. Pettersen PAC35 [22].	24
Figur 22. Effektregulator 604B [24].	24
Figur 23. Belotti autotransformator [vedlegg 19].	25
Figur 24. Beckhoff EL3773 [14].	26
Figur 25. Eksempel på deklarerer av funksjonsblokk.	27
Figur 26. Eksempel på kode i strukturert tekst.	28
Figur 27. Døme på ei funksjonsblokk som ligg i CFC.	28
Figur 28. Liste over funksjonsblokker.	28
Figur 29. HMI-fane av inntaket i kraftverksimulatoren.	30
Figur 30. Organisasjonsstruktur.	36
Figur 31. Sunnfjord Energi logo [18].	36
Figur 33. OneDrive logo [18].	40
Figur 34. AutoCAD logo [19].	40
Figur 35. Adobe Photoshop logo [20].	40
Figur 36. Sektordiagram av tidsbruk.	41

Tabelliste

Tabell 1. Forkortingar med forklaring.	ix
Tabell 2. Utrekna straumforbruk til komponentar.	17
Tabell 3. Kontaktinformasjon for styringsgruppa.	37
Tabell 4. Kontaktinformasjon for prosjektgruppa.	37

Akronym

Tabell 1. Forkortingar med forklaring.

SEAS	Sunnfjord Energi AS
HVL	Høgskulen på Vestlandet
EEM	Studieretning energi, elkraft og miljø
AUT	Studieretning automatiseringsteknikk
HMT	Helse, miljø og tryggleik
PLS	Programmerbar logisk styring
HMI	Human machine interface (menneske-maskin grensesnitt)
IO	Input/output (inn- og utgangsmodul for PLS)
DI	Digital input (digital inngang)
DO	Digital output (digital utgang)
IEC	International electrotechnical commission (internasjonal standard)
ST	Structured text (strukturert tekst)
CFC	Continuous function chart (utvida funksjonsblokkdiagram)
GVL	Global variabls list (global variabelliste)
Tag	Ein variabel
SPI	Serial peripheral interface (kommunikasjonsprotokoll)
SW	Software (programvare)
VDC	Volt, direct current (spenning frå likestraumskjelde)
Kraftelektronikk	Elektronisk utstyr brukt til kraftoverføring
CME	CM Engine
NO	Normally open (kontakt som er open ved kviletilstand)
NC	Normally closed (kontakt som er lukka ved kviletilstand)
MW	Megawatt
GWh	Gigawatt-timar

1 Innleiing

Kraftselskap brukar store pengesummar på kontrollanlegg som viser seg å innehalde feil. Blir dette oppdaga for seint, kan ein i verste fall risikere at komponentar i vasskraftverket bli øydelagde. Dette resulterer til unødige tidsbruk og store kostnader. Ved hjelp av ein «kraftverksimulator» vil ein kunne avdekke desse feila før kontrollanlegget blir transportert og installert på kraftstasjonen. I samband med utskiftingar av fleire kontrollanlegg har Sunnfjord Energi eit ønske om at det blir bygd ei mobil eining som simulerer eit operativt vasskraftverk. Kraftverksimulatoren skal manipulere kontrollanlegget til å køyre ulike driftssituasjonar og reagere ved feilmeldingar, og på den måten teste om kontrollanlegget held mål.

I byrjinga av prosjektet fokuserte vi på å få oversikt over korleis eit vasskraftverk fungerte. I tillegg undersøkte vi ulike komponentar og løysingar som kunne nyttast. For å sikre framgang i arbeidet fordelte vi arbeidsoppgåver etter ønskjer og kvalifikasjonane til gruppemedlemmane. Vidare arbeidde vi med å setje grensesnitt for kraftverksimulatoren, og utarbeide ein funksjonsbeskriving utifrå dokumentasjon frå Hove kraftverk. Brulandsfossen kraftverk, som Sunnfjord Energi eig, var også eit anlegg som var aktuelt å ta utgangspunkt i, men grunna manglande dokumentasjon måtte vi gå vekk frå dette. Funksjonsbeskrivinga la grunnlaget for PLS-programmering av funksjonane i kraftverksimulatoren og design av HMI som skal styre og overvake funksjonane. Rapporten er skriven utifrå arbeidet vi har lagt ned i oppgåva frå starten av, og dekkjer alt frå koplingsskjema til personlege erfaringar undervegs i prosjektet.

Rapporten er skriven med omsyn til oppdragsgjevar og bachelorgrupper som ønskjer å ta oppgåva vidare. Vi har difor lagt vekt på å grunngje vala vi har gjort, undersøkingar og tips for vidare arbeid. Rapporten dokumenterer arbeidet gruppa har hatt i samband med prosjektering av kraftverksimulatoren og utarbeiding av kostnadsoverslag. Dette inneberer undersøkingar kring val av løysingar og komponentar, samt programmering av funksjonar som skal ligge i det ferdige testustyret.

Vi har lagt vekt på at alle opplysingar i rapporten skal kome frå sikre kjelder. For å sikre at kvaliteten på oppgjevne data i oppgåva er rettmessige, har vi valt å bruke produsentens eigne datablad, trykte fagbøker, Statkrafts dokumentasjon over Hove kraftverk, samt rettleiarane våre som har høg utdanning og lang arbeidserfaring. Ved bruk av konkrete fagdata er det oppgjeve kjeldene til desse for å auke truverda av stoffet som er presentert i denne rapporten.

Rapporten byrjar med innføring av grunnleggande teori knytt til vasskraftverk med vekt på Hove kraftverk. Deretter blir det presentert ulike løysingar vi har undersøkt og valt. Her finn ein forslag til HMI, skisse og koplingsskjema for den planlagde simulatoren. Avslutningsvis er det tatt med ein

prosjektfagleg del. I denne delen skildra vi korleis prosjektgjennomføringa har føregått og erfaringar vi har gjort undervegs. I tillegg til det som er presentert i rapporten, er det også vedlagt dokument relatert til kraftverksimulatoren og prosjektgjennomføringa. Dette inkludera mellom anna ei funksjonsbeskriving som utgjer ein stor del av oppgåva.

2 Oppgåvefokus

Grunnlaget for prosjektet er hovudsakleg basert på Sunnfjord Energi si skildring av oppgåva, samt rammer sett av HVL og diskusjonar som er tekne saman med styringsgruppa. Vi har lagt vekt på kvalitet i arbeidet som blir utført, dette er fordi kontrollanlegg er kostbart og krev at alle omstende er tenkt på. Sidan det skal vere mogelegheit for andre bachelorgrupper å ta oppgåva vidare, har vi lagt vekt på at aktuelle løysingar skal være undersøkt og dokumentert for å lette arbeidet til komande prosjektgrupper.

2.1 Funksjonar

Prosjektgruppa har tatt utgangspunkt i hovudforlaupet til Hove kraftverk for å sikre at kraftverksimulatoren blei mest mogeleg reell. Dei mest sentrale komponentane i forhold til hovudforlaupet er difor blitt tatt med. Simulatoren skal få og sende digitale signal til kontrollanlegget i vasskraftstasjonen, dette kontrollert av ein PLS. Ulike talverdiar og kommandoar kan gjevast av operatør via HMI, og kontrollanlegget skal reagere på desse.

2.2 Tekniske løysingar

Det har blitt lagt vekt på å ha kvalitet på dei tekniske løysingane. Desse må vere innanfor rimelegheitas grense for kostnad og teknologisk forståing. I tillegg skal den prosjekterte simulatoren vere enkel å frakte og tole hard medfart. I arbeidet med å finne tekniske løysingar er det tatt utgangspunkt i oppdragsgjevar ønskje. Spesielt vurderingar kring driftssikkerheit, simulatorens frakteeigenskapar og brukarvenleik er blitt tungt vekta. Tekniske eigenskapar vert vekta over prisen på komponentane. Ulike alternativ til tekniske løysingar er blitt diskutert mellom prosjektgruppa og styringsgruppa og godkjent av begge partar.

2.3 Programvare

Fokus for programvara til kraftverksimulatoren er å nytte det utstyret som gjev oss dei funksjonane vi treng til simulatoren. Sunnfjord Energi hadde ønskje om at det skulle nyttast Siemens S7-1500 som PLS då dei har erfaring med desse frå tidlegare. Dette ønskje blir ikkje tatt omsyn til om vi finn utstyr som eignar seg betre til oppgåva som skal løysast. Vi har lagt vekt på at kraftverksimulatoren skal vere brukarvenleg, og at ein raskt skal setje seg inn i måten den verkar på. Vi har difor forsøkt å utarbeide HMI på ein måte som enkel og oversiktleg, med ein meny som gjev rask tilgang til alle delar av simulatoren.

3 Målsetjingar

3.1 Hovudmål

"Hovudmålet for prosjektet er å prosjektere ein kraftverksimulator som simulerer ved hjelp av PLS."

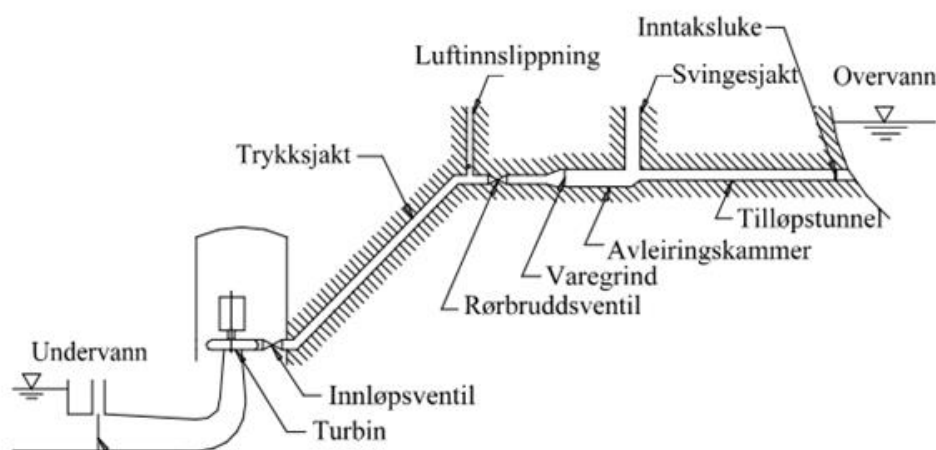
3.2 Delmål

- Utarbeide og få godkjent prosjektbeskriving, forprosjektrapport og hovudrapport
- Opprette heimeside, samt halde den oppdatert
- Utarbeide budsjett, risikoanalyse, Gantt-diagram
- Finne forslag til kraftelektronikk som kan nyttast ved testing av dei logiske funksjonane i kontrollanlegget
- Lage ei funksjonsbeskriving for kraftverksimulatoren sine funksjonar og grensesnitt
- Programmering av software
- Utarbeide pressemelding og plakat
- Presentere det teoretiske arbeidet og berekningar som er utført
- Gjennomføre prosjektet i samsvar med framdriftsplan og budsjett
- God dokumentering av alle prosjektfasane

4 Teori knytt til vasskraftverk

4.1 Vasskraftverk

I 1870 åra byrja ein å produsere elektrisk energi med vasskraft. Noreg har eit naturleg godt utgangspunkt for vasskraftproduksjon med alle sine fjell og dalar i kystnære strøk. Vestlandet er den delen av Noreg som klart utpregar seg til dette føremålet. Noreg er i dag Europas største produsent av vasskraft, og nummer sju på verdsbasis [1].



Figur 1. Høgtrykkskraftverk [2].

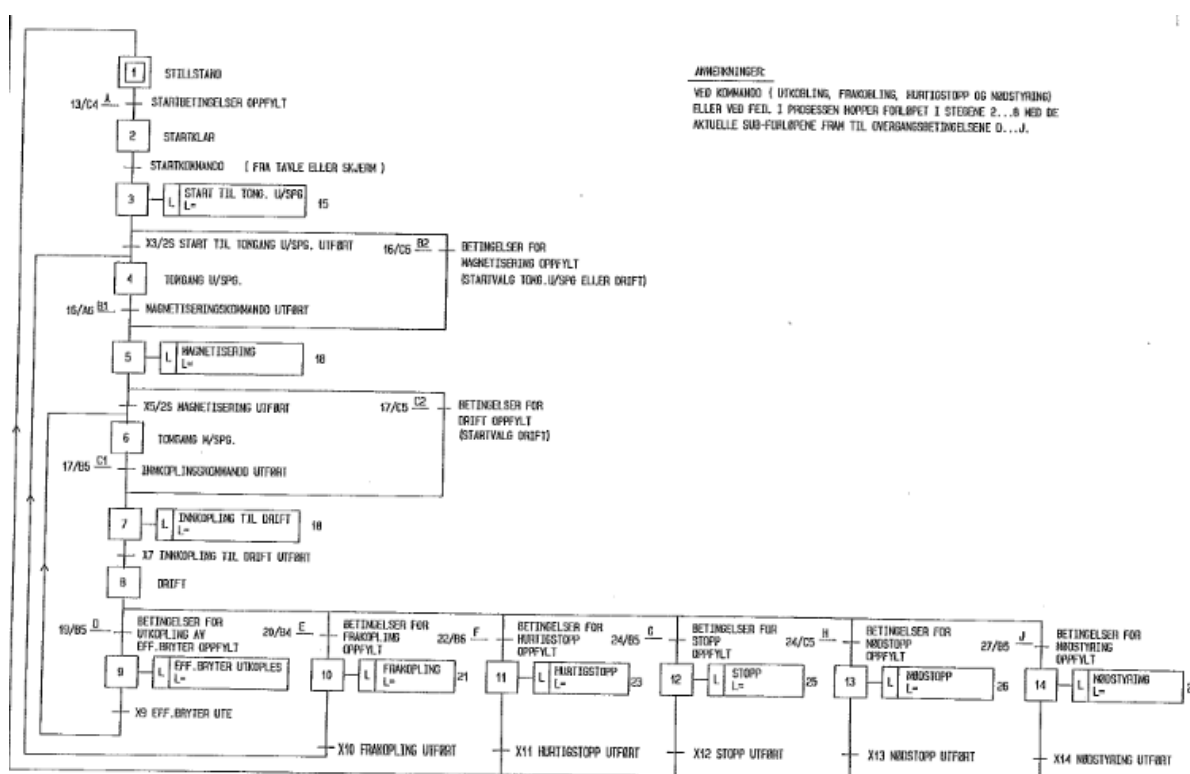
Vasskraftverkets oppbygning varierer frå kraftverk til kraftverk. Skissa over viser eit høghøgtrykkskraftverk. I denne rapporten vil vi ta føre oss dei sekvensane i Hove kraftverk som vi ser på som sentrale i forhold til kraftverksimulatoren vi har prosjektert. Vi skal også sjå litt på dei komponentane i Hove kraftverk som er sentrale i forhold til vår oppgåve. Hove kraftverk er bygd opp likt med figur 1.

4.2 Hove kraftverk

Hove kraftverk ligg i Vik kommune i Sogn og Fjordane. Hovudeigaren av anlegget er Statkraft. Stasjonen har to francisturbinar med ein installert effekt på 68 MW, og ein årleg produksjon på 369 GWh [3]. Vi har valt å ta utgangspunkt i Hove kraftverk sidan dette er eit anlegg som oversiktleg oppbygd og inneheld mange funksjonar som er like for andre kraftstasjonar. I tillegg er anlegget godt dokumentert, noko som har vore til god hjelp ved prosjektering og programmering av kraftverksimulatoren. Vi har tatt utgangspunkt i funksjonsplanen for kraftverket. Denne ligg som vedlegg 1 (lukka vedlegg).

4.3 Hovudforlaupet i Hove kraftverk

Vi har valt å legge vekt på hovudforlaupet i Hove kraftverk ved prosjektering og programmering av kraftverkssimulatoren. Ved å ta utgangspunkt i hovudforlaupet blei arbeidet meir ryddig og vi fekk ein meir gjennomført simulator. Ved testing av kontrollanlegg vil ein då kunne køyre igjennom hovudforlaupet for å sjå om kontrollanlegget oppføra seg som ønskja. I tillegg vil ein sjå korleis kontrollanlegget reagerer når simulatoren ikkje oppfylle vilkåra som krevst for å gå vidare i hovudforlaupet. Hovudforlaupet er vist på figur 2. Dei ulike stega i hovudforlaupet er presentert under. Betingelsane som er omtala i stega kan finnast i funksjonsplanen for Hove kraftverk, den er lagt som vedlegg 1 (lukka vedlegg).



Figur 2. Hovudforlaupet i Hove kraftverk [vedlegg 1].

4.3.1 Stillstand

Ved stillstand er ventilsystemet lukka og anlegget er i ro. Hovudforlaupet i Hove startar og sluttar med stillstand.

4.3.2 Startklar

For at anlegget skal bli startklar må både dei faste og variable startbetingelsane vere oppfylt. Kraftverkssimulatoren vil sende signalet "startbetingelsar oppfylt", og ein forventar då at kontrollanlegget vil gå vidare til "start til tomgang utan spenning" etter å ha mottatt startkommando frå tavle eller skjerm.

4.3.3 Start til tomgang utan spenning

Under denne delen av forløpet startar dei ulike hjelpesystema opp. Bremsar blir kopla ut og ventilsystem blir gradvis opna. Turtalet aukar roleg frå 0% til 100%. Generatoren er ikkje belasta ved dette steget.

4.3.4 Tomgang utan spenning

I steg fire er kraftverket i tomgang utan spenning. Er alle betingelsane oppfylt går forløpet vidare til magnetisering av generator.

4.3.5 Magnetisering

Magnetisering skjer når betingelsar for magnetisering er oppfylt og magnetiseringskommando er gjeven. Feltbrytaren vil då kople seg inn. Generatoren produserer no spenning.

4.3.6 Tomgang med spenning

Generatoren produsera spenning. Spenninga blir optimalisert for å kunne koplast inn mot nettet i neste steg.

4.3.7 Innkopling til drift

Effektbrytar blir kopla inn når synkroniseringa bekreftar at spenninga og frekvensen frå generatoren er lik linjenettet. Ventilsystemet er no 100% opent.

4.3.8 Drift

Kraftverket går som normalt.

4.3.9 Utkopling av effektbrytar

Effektbrytar blir utkopla. Dette skjer ved kommando frå tavle eller fjernstyring, stoppsekvensane eller ved lang innkoplingstid. Effektbrytar blir også kopla ut når spenninga og/eller frekvensen frå generatoren ikkje stemmer med nettet. Når effektbrytaren har lagt seg ut vil det gå tilbake til steget "tomgang med spenning".

4.3.10 Fråkopling

Fråkopling av effektbrytar og feltbrytar. Kontrollanlegget gjev kommando til effektbrytaren om at den skal koplast ut, utkopla effektbrytar skil generatoren vekk frå nettet. Dette skapar rusing av generatoren sidan lasta ikkje blir redusert før utkopling. Deretter blir feltbrytaren kopl ut magnetiseringsstraumen, og når magnetiseringsstraumen blir fråkopla blir generatorspenning lik null. Fråkopling blir utført ved til dømes overspenning, skeivlast, tap av synkronisering, høg temperatur på stator eller overlast. Etter fråkopling hoppar ein tilbake til steget "tomgang utan spenning".

4.3.11 Hurtigstopp

Vasstilførselen blir stengt, effektbrytar og feltbrytar utkopla. Bremsene blir lagt på og heng på fram til turtalet er 0%. I tillegg stengast kjølevassventilen. Målet til bremsene her er å få raskt redusert turbinen sin hastigheit. Hurtigstopp blir utløyst ved feil, høge temperaturar på lager, vibrasjonar i lager/turbin og generelle mekaniske feil ved turbin. Når denne sekvensen er over hoppar forlaupet tilbake til steget "stillstand".

4.3.12 Stopp

Fråkopling av effektbrytar og feltbrytar, vasstilførsel blir stengt og bremsene legg seg på ved turtal under 10% og kjølevassventilen stengast.

Blir utført ved jordfeil på rotor/stator, kortslutningar og generelle elektriske feil i generator.

4.3.13 Nødstopp

Vasstilførselen blir stengd og effektbrytar og feltbrytar utkoplast. Her blir det i tillegg brukt bremsar for å raskt redusere turbinen si hastigheit. Bremsene legg seg på ved turtal under 90%.

Nødstopp blir utløyst ved kritisk høg temperatur på lager. Dette for å forhindre skadar på kraftverket. Nødstopp er meir effektivt enn hurtigstopp.

4.3.14 Nødstyring

Nødstyring blir aktivert når dei andre stoppsekvensane sviktar. Dette er ei reservestyring der målet er å få stoppa alt. Effektbrytar og feltbrytar blir kopl ut, vasstilførselen blir stengd og bremsene legg seg på ved turtal under 10%.

4.4 Komponentar i Hove kraftverk

Vi har valt å ta med dei mest sentrale komponentane i Hove kraftverk. Desse er presentert under, som igjen er dei aktuelle komponentane som er implementert i programmeringa/funksjonsbeskrivinga.

Dokumentasjonen til Hove kraftverk er lagt ved som lukka vedlegg. Sjå vedlegg 1.

Dokumentasjonen for Hove kraftverk beskriv fleire funksjonar enn det som er tatt med i prosjektet. Til dømes: Samleskinne, nødstyring, ventilasjonsanlegg, vekselrettar, hjelpesystem, brannmeldeanlegg, kompressorsystem, lensesystem og transformator. Dess er blitt utelukka for å avgrense oppgåvas storleik.

Dei ulike komponentane i kraftverket har eigne styresystem som fungera åleine. Komponentane fungerer fint aleine, men kontrollanlegget har eit overordna ansvar for å starte/stoppe funksjonar på rett tidspunkt i løpet av sekvensane.

4.4.1 Inntak

Inntaksluke er den komponenten som opnar og lukkar vasstilførselen frå vassmagasinet, og slepp vatnet inn i tunnelane og røyra. Luka er ofte laga av treverk som er samansett til ei plate, og som då blir senka ned i tunnelen. I tillegg til open og lukka, har luka har ei 5% open stilling, for roleg fylling av tunnel og røyrgate etter vedlikehald. Ved for rask opning vil sette i sving ukontrollerte vasskrefter.

4.4.2 Ventilsystem

Ventilsystemet består av hovudventil som er ein stor ventil med diameter lik røyrgata, og omløpsventil som er ein liten ventil som har ein del mindre diameter enn røyrgata. Omløpsventilen har som funksjon å utjamne trykket på begge sider av hovudventilen før den blir opna, dette gjer den ved å gå parallelt forbi hovudventilen. Grunnen til dette er at hovudventilen blir utsett for veldig stor belastning når det er store trykkforskjellar. Hovudventilen har eit stille på 30% open, som blir brukt ved oppstart av aggregatet. Turbinen får då ei roleg auke av rotasjonshastigheita. Ved utjamna trykk kan omløpsventilen enten bli ståande open eller stenge. Vi har programmert omløpsventilen til å stenge etter trykket er utjamna.

4.4.3 Turbinregulator

Turbinregulatoren er også eit sjølvstendig system som blir overvaka av kontrollanlegget. Den har som funksjon å justere vasstilførselen til turbinhjulet for å oppretthalde ønska turtal ved oppstart og levert effekt når kraftverket er kome i drift. For å justere vasstilførselen opnar og lukker regulatoren ledeapparatet som slepp vatn på turbinen.

Ved rask stenging av vasstilførsel har turbinregulatoren ein funksjon som blir kalla hurtiglukker, som stenge ledeapparatet raskare enn normalt. Turbinregulatoren vi har tatt utgangspunkt i gjev ut signal for turtal i ulike områder, dette er signal som blir brukt i sekvensane til kontrollanlegget.

Turtalssignala brukast til følgande:

Turtalet skal vere over 90% i steg 3 (start til tomgang u/spenning) for at anlegget kan gå vidare til

neste steg. Turtalet må også vere over 90% for at anlegget skal kunne starte magnetisering og vere i drift.

Ved turtal under 90% kan anlegget gå til stega fråkopling, hurtigstopp, stopp og nødstop.

Medan ved turtal under 15% lukkar ventilsystemet seg og effektbrytar blir lagt ut. Vidare går turtalet ned til å bli under 10%. Ved turtal lik 0% er anlegget i ro.

Turbinregulatoren er delt opp i to deler, elektrisk og mekanisk med trykkolje. Vi har valt å samle desse i ei felles funksjonsblokk.

4.4.4 Bremsar

Hydrauliske bremsar skapar friksjon mot ei bremseskive slik at turbinen reduserer rotasjonshastigheita. Ein av betingelsane kontrollanlegget sjekkar før ein eventuelt start, er tilstanden på bremsetrykket. Dette må vere tilstades for å kunne kome til startsekvens.

4.4.5 Generator

Generator er ein komponent som dannar rotasjonsenergi om til elektrisk energi. I simuleringa har det blitt lagt vekt på ulike feilmeldingar og driftsmeldingar, medan skaping av straum og spenning frå generator har vi gått vekk i frå. Vi har lagt fokuset på å simulere feilmeldingar ved kritiske temperaturar og implementere dette i PLS-programmet med betjening frå HMI-panelet. For å skape ei meir reell simulering, er det blitt laga til felt på betjeningspanelet for å kunne oppgje setpunkt for «merkespenning» (V) og "merkeyting" (kVA). Generatoren er knytt saman med turbinregulator og spenningsregulator slik at alle komponentane endrar seg når generatoren får «setpunkt» for ønska produksjon (levert effekt frå generator) eller generatorspenning (spenning levert frå generator).

4.4.6 Rotorløft

Rotorløftaren har som funksjon å løfte rotoren i håp om at det renn inn olje i bærelageret, for at det skal smøre lageret betre. Rotorløfter er ein teknologi som er på veg ut og blir no erstatta av trykkoljeavlasting. Forskjellen på desse er at med trykkoljeavlasting blir olja sett under høgt trykk, som gjer at ein garantert fyller alle dei små kanalane i bærelageret med olje. Denne teknologien førar til at bærelageret blir smurt ordentleg og minimerar slitasje. Hove kraftverk har på si side rotorløftar for smørjing og vi har difor tatt dette med i vår simulator.

4.4.7 Spenningsregulator

Spenningsregulatoren har som oppgåve å halde spenninga til generatoren utifrå kva setpunkt som blir sett av kontrollanlegget. Regulatoren er som dei fleste anleggsdelane i kraftverket, sjølvstendig men med overvaking frå kontrollanlegget. Spenningsregulatoren regulerar magnetiseringspenning og

-straum for å oppretthalde ønskja spenning på generatoren, samt justering av reaktiv effekt etter ønskje. Kontrollanlegget sin funksjon ovanfor spenningsregulatoren er å gje setpunkt som regulatoren skal regulere seg inn på og kontrollere at spenningsregulatoren har rett tilstand utifrå kva sekvens kontrollanlegget er i.

4.4.8 Avgangsanlegg

Brytaranlegget til kraftverket. Der har vi effektbrytar, skillebrytar og jordbrytar. Effektbrytar er ein brytar som er dimensjonert for ein trefasa kortslutning. Skillebrytar er ein enklare brytar som er berekna for å kunne betenast utan noko vesentleg last. Jordbrytar er ein sikkerheitsbrytar som blir brukt ved sikring mot innkopling, dette sikrar den ved å kortslutte alle tre fasane, og direkte kople dei til jord. Samanhengen mellom brytarane i kraftverket er at dei er forrigla, det vil seie at posisjonen til ein brytar kan hindre betjening av ein annan. Til dømes kan ein ikkje betene skiljebrytar når effektbrytar er innkopla, eller betene jordbrytar når skiljebrytar er innkopla.

4.4.9 Kjølevasssystem

Dette systemet har som funksjon å kjøle komponentane. Det er eit separert system som til ei kvar tid skal halde driftstemperatur. Kjølesystemet har separate krinsar for kvar anleggsdel. Vi har valt å ta for oss systemet sine generelle funksjonar sidan kjølevasssystema er forskjellige frå stasjon til stasjon. Funksjonar som opning og lukking av ventil og tilstanden på sirkuleringspumpa for kjølevatnet.

5 Tekniske løysingar

5.1 Grunngeving av tekniske val

Oppdragsgjevar ønskte seg testutstyr for å kunne finne feil ved kontrollanlegg på fabrikktest av dei nye kontrollanlegga.

Oppgåva byrja med at vi tok utgangspunkt i skissa i oppgåvebeskrivinga frå oppdragsgjevar (vedlegg 2). Vi vart førespegla å måtte fysisk simulere ekte spenning og straum, som om det skulle vere ein ekte generator. Det på den måten at vi skulle fungere som både ein straumtransformator, og ein spenningstransformator. Desse transformatorane gjev ut spenning eller straum, utifrå eit førehandsbestemt forholdstal, til dømes leverar 1/100 del av generatoren sin straum eller spenning.

For å oppfatte ønskja endringar frå kontrollanlegget, måtte vi i tillegg ha utstyr for å kunne måle spenning/straum som blei sendt ut av kontrollanlegget. I den samanheng undersøkte vi Omicron, som er eit testutstyr som er mykje brukt for testing av ulike vern og avanserte målingar. Vi såg nærare på to ulike modellar som ville vere aktuelle for vårt bruk. Dette står det meir om under

avsnitt «5.5.1 Omicron». Desse var dessverre for kostbare til at oppdragsgjevar ønskte å kjøpe dei inn.

For å finne eit alternativ til måling av spenning/straum, såg vi først igjennom det som var av utstyr til Siemens PLSar. Der kunne vi ikkje finne noko utstyr som hadde evna til å måle likespenning eller -straum. Etter tips frå emneansvarleg undersøkte vi ei tidlegare oppgåve som var av same retning. Der fann vi ein analog modul frå Beckhoff med akkurat den evna vi var på utkikk etter. Dette har vi drøfta meir under avsnitt «5.5.9 Modul for måling».

Vi undersøkte og alternativ kraftelektronikk til Omicron. Dette gjorde vi ved å studere datablad og sjå på tekniske opplysningar i forhold til korleis komponentane sitt samspel vil kunne fungere. Her måtte ein setje saman fleire komponentar for å skape ei fungerande løysing. Dette har vi drøfta meir under avsnitt «5.5.7 Effektreulator».

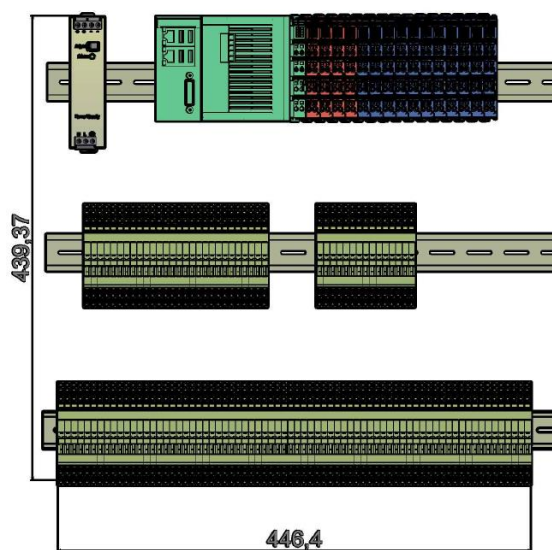
Saman med oppdragsgjevar og rettleiar Nils Westerheim vart vi einige om å ta utgangspunkt funksjonsplanen for Hove kraftverk, som er lagt ved som lukka vedlegg (vedlegg 1). Simulering av dei mest sentrale komponentane for aggregatet, er utført. Dei utvalde komponentane har vi fortalt meir om under «4.4 Komponentar i Hove kraftverk».

Løysinga vi vil føreslå inneheld Beckhoff-PLS med digitale inn- og utgangsmodular, relé for beskyttelse av PLS-utstyr og programmert simulatorfunksjon med tilhøyrande HMI-skjerm. Ein finn oversiktsskisse, koplingsskjema, IO-liste, relé-liste og HMI-tagliste som er utarbeida tekniske dokumentasjon. Desse ligg under overskrifta «skisser og skjema».

For å grunngje dei tekniske vala som er gjort har vi nytta oss av det vi meiner er sikre kjelder for informasjon. Rettleiarane våre har vore viktige støttespelarar i arbeidet med å finne gode tekniske løysingar, dei er høgt fagleg utdanna og sit på mykje erfaring kring emna vi har arbeidd under. Ved val av komponentar har vi tatt utgangspunkt i produsenten sine datablad og har i gruppa vurdert desse utifrå vårt kunnskapsnivå, samt rådført oss med rettleiarar og produsentar. Vi har då lagt vekt på kor vidt det er praktisk mogeleg å la seg gjennomføre, og korleis vil det vere mogeleg å få eit grensesnitt mot PLS. Dette utan halvgode løysningar i mellom PLS og den aktuelle komponenten. Lærebøker frå tidlegare emne, andre fagbøker og artiklar frå nettstadar med sikre kjelder, er blitt nytta for å auke truverdigeita til valet av dei tekniske løysingane.

5.2 Skisser og skjema

5.2.1 Oversiktsskisse

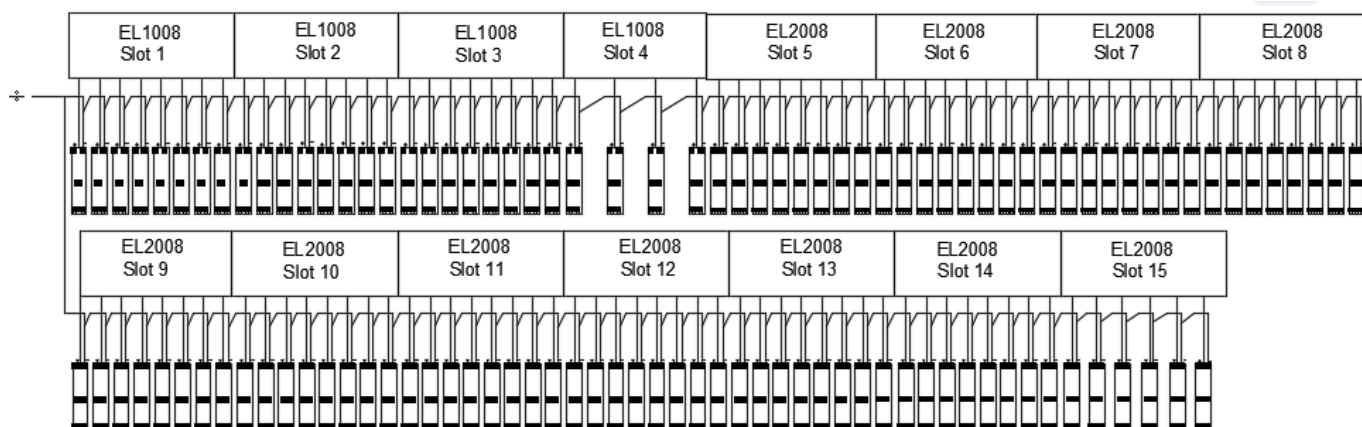


Figur 3. Oversiktsskisse.

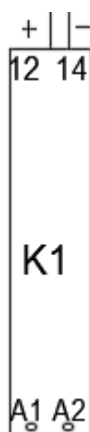
Forklaring til figur 3: Oppe frå venstre har vi straumforsyning PULS CS3.241, den grønne ved sidan av er PLS-en, CX5140. Dei raude er inngangsmodular av typen EL1008, mens dei blå er utgangsmodular av typen EL2008. På andre rad har vi frå venstre relé for inngangane(K1-K28), ved sidan av har vi relé for dei ulike standardbetingelsane (K100-K114). På nederste rad har vi relé for utgangar(K29-K99). Tala som er vist på figur 3 er måla på modellen gjeve i millimeter.

5.2.2 Koplingsskjema for relé og PLS modular

Kraftverksimulatoren består av 15 modular. EL 1008 er inngangsmodular, medan EL2008 er utgangsmodular. Kvar modul har åtte binære tilkoplingspunkt. Sjå "val av komponentar" for meir informasjon om PLS modulane. På dei tilkoplingspunkta som er i bruk er det kopla til relé. Modulane skal koplast fysisk saman slik oversiktsskissa viser. Sjå figur 4.



Figur 4. Koplingsskjema.



Figur 6. Relé for inngang.



Figur 5. Relé for utgang.

5.2.3 IO-liste

Dette er ei oversiktleg liste over alle inn- og utganger i simulatoren. Denne fekk vi god innføring i under oppgåver knytt til PLS tidlegare i studiet.

Lista definere ein «tag» som ein ser på figur 7. Deretter skriv ein først inn namnet på funksjonsblokka, og «_» for å skilje funksjonsblokka og kallenamn for variabelen til dei ulike signala. Vi må også registrere om signalet er «inn» eller «ut» og kva spenning det er snakk om. I dette tilfellet er det snakk om «DI» som tydar digital inngang, og «input type» står det 24V som er driftspenning for denne inngangsmodulen.

Det som skaper den verkelege oversikta er at signala blir oppgjeve med plassering på modul gjeve plass frå venstre til høgre. Til dømes er «Slot 1» første modul, medan «Slot 15» blir siste modul. I tillegg blir signala merka med tilkoplingspunkt, der kvar modul har åtte tilkoplingspunkt som er tydeleg merka med tal. I IO-lista er desse tilkoplingspunktka kalla «Channel».

Tag	Comment	IO type	EtherCAT Device	Module type	Slot	Channel	NO/NC	Input type	Output type	PLC declaration
AvAnl_EffBrInn	Effektbrytar inn	DI		1 EL1008		1	1 NO	24V		xAvAnl_EffBrInn AT %I* : BOOL; (* Effektbrytar inn *)
AvAnl_EffBrUt	Effektbrytar ut	DI		1 EL1008		2	2 NO	24V		xAvAnl_EffBrUt AT %I* : BOOL; (* Effektbrytar ut *)
AvAnl_JBrInn	Jordbrytar inn	DI		1 EL1008		3	3 NO	24V		xAvAnl_JBrInn AT %I* : BOOL; (* Jordbrytar inn *)
AvAnl_JBrUt	Jordbrytar ut	DI		1 EL1008		4	4 NO	24V		xAvAnl_JBrUt AT %I* : BOOL; (* Jordbrytar ut *)
AvAnl_SkBrInn	Skillebrytar inn	DI		1 EL1008		5	5 NO	24V		xAvAnl_SkBrInn AT %I* : BOOL; (* Skillebrytar inn *)
AvAnl_SkBrUt	Skillebrytar ut	DI		1 EL1008		6	6 NO	24V		xAvAnl_SkBrUt AT %I* : BOOL; (* Skillebrytar ut *)

Figur 7. Utklipp frå IO-liste.

Denne lista som er vist i figur 7. har vi laga i Excel. Dette sidan det finst gode reknearkfunksjonar i Excel, slik at ein kan få eit eget felt som blir automatisk generert av tal/bokstavar som vi set inn i dei ulike radene i lista. I IO-lista blir «PLC declaration» automatisk generert utifrå kva vi fyller inn i dei andre felta. Kommandoene som blir danna her, kan ein kopiere direkte frå Excel og inn i TwinCAT. I TwinCAT blir desse plassert under GVL, som tyder global variabls list. Det er i GVL ein definerer alle inn- og utgangs variablar som fysisk skal forlate PLS-en. Fullstendig IO-liste finn ein i vedlegg 3.

5.2.4 Relé-liste

For å halde oversikt over dei ulike reléa har vi laga ei liste. Reléa er merka frå K1 til K114, der vi byrjar med inngangar og avsluttar med utgangar. Eit relé har ei tilkopling på inn- og utgangsmodulane som gjev same signal. Vi har laga eit «5.2.2 Koplingsskjema for relé og PLS modular» for å vise modulane og reléa sin samanheng. Relé-lista finn ein i vedlegg 4.

5.2.5 HMI-liste

HMI-lista er relativt lik den utarbeida IO-lista, men til forskjell inneheld den ikkje inn- og utgangsvariablar. Til forskjell definera ein i HMI-lista berre ein «tag», som er kallenamn for variablane til inn- og utgangar til funksjonsblokkene. I dette tilfelle er «tag» brukt internt i programmet mellom funksjonsblokkene, og dei ulike lampene eller brytarane på HMI skjermen. HMI-lista finn ein som vedlegg 5 til rapporten.

5.3 Funksjonsbeskriving

Det er utarbeida ei funksjonsbeskriving for kraftverksimulatoren for å gje ei skildring av funksjonane til kraftverksimulatoren. Funksjonsbeskrivinga gjev ei oversikt over programmeringsblokkene, logikk, HMI og feilsignal for dei ulike komponentane. Funksjonsbeskrivinga er utarbeidd av prosjektgruppa utifrå dokumentasjonen til Hove kraftverk og råd frå rettleiarane. Ved programmering av kraftveksimulatoren er det blitt tatt utgangspunkt i funksjonsbeskrivinga. Funksjonsbeskrivinga for kraftverksimulatoren ligg i vedlegg 6 til rapporten.

5.4 Val av komponentar

5.4.1 PLS

Oppdragsgjevar føreslo at ein kunne nytte seg av ein PLS eller ein FPGA for å simulere logikken i kraftverket. FPGA står for Field-programmable gate array. Dette er ein halvleiarkomponent som inneheld programmerbar logikk [4]. Eit eksempel på dette er ein Altera DE2 som vi har brukt i undervisninga på skulen. Den typen FPGA vi har brukt tidlegare har avgrensingar for vårt bruksområde. Eit eksempel på dette er antal inn- og utgangar. Sidan vi har gode erfaringar med bruk av PLS frå tidlegare, valde vi å gå for dette. PLS er også brukt mykje i industri, og har ferdige modular for å kople til forskjellig utstyr og sensorar.



Figur 8. Beckhoff CX5140 [27].

I utgangspunktet hadde vi valt Siemens S7-1500 som PLS, men grunna tekniske fordelar gjekk vi over til Beckhoff. Dette står meir detaljert beskrive under avsnittet for «5.5.9 Modul for måling».

Beckhoff har mange ulike PLS-ar med ulike storleikar og ytingar. Vi har ikkje veldig tunge oppgåver ved simuleringa, og difor ikkje behov for noko kraftig PLS. Vi valde å ta utgangspunkt i CX5140 (figur 8), dette på grunn av praktiske årsaker sidan høgskulen har ein slik tilgjengeleg på labben. CX5140 er ein PLS med god arbeidskapasitet og dekkjer våre behov med tanke på modulbasert tilbehør.

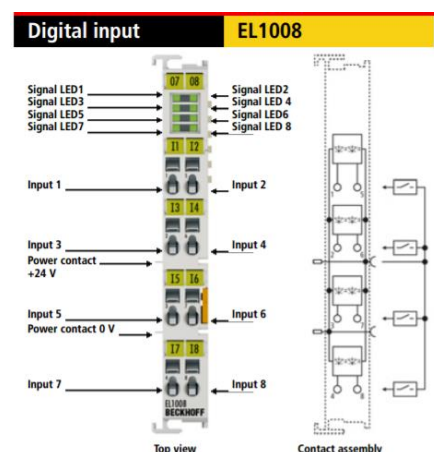
Teknisk dokumentasjon for PLS-en finn ein i databladet (vedlegg 7).

5.4.2 Inngangsmodul

EL1008 er ein digital inngangsmodul frå Beckhoff. Den har nominell spenning på 24V DC, men ein spenningsmargin på +20% og -15%. EL1xxx betyr at dette er ein digital inngangsmodul. Det siste sifferet i namnet på modulen står for antal kanalar/inngangar. I dette tilfellet har vi åtte inngangar på kvar modul [5].

Vi valte denne digitale inngangsmodulen sidan dette er ein av typene som blir nytta på labben på høgskulen. Grunnen til at det blei valt «EL1008» og ikkje «EL1004» som modul, kjem av at denne har åtte inngangar. «EL1004» derimot har berre fire inngangar, og skapar dårlegare utnytting av plass.

Datablad for denne er lagt ved som vedlegg 8.



Figur 9. Beckhoff EL1008 [5].

5.4.3 Utgangsmodul

EL2008 er ein digital utgangsmodul frå Beckhoff. Den har nominell spenning på 24V DC, men har ein spenningsmargin på +20% og -15%. EL2xxx tyder at dette er ein digital utgangsmodul. Det siste sifferet i namnet på modulen står for antal kanalar/utgangar. I dette tilfelle har vi åtte utgangar på kvar modul [6].

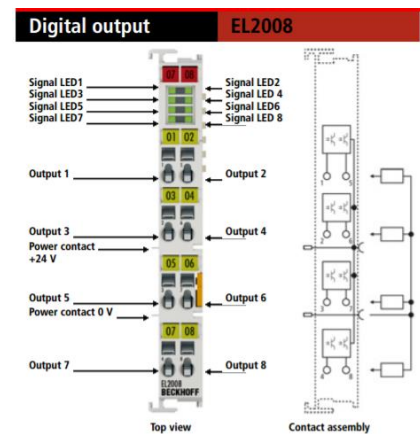
Vi valte denne digitale utgangsmodulen sidan dette er ein av typene som blir nytta på labben på høgskulen. Grunnen til at det blei valt «EL2008» og ikkje «EL2004» som modul, kjem av at denne har åtte inngangar. «EL2004» derimot har berre fire inngangar, og skapar dårlegare utnytting av plass.

Datablad for denne er lagt ved som vedlegg 9.

5.4.4 HMI-betjeningspanel

For å betjene kraftverkssimulatoren treng vi ein HMI-betjeningsskjem. Vi har valt å nytte oss av ein multi-finger touchskjem med DVI/USB frå produsenten Beckhoff, for maksimal fleksibilitet og brukarvenleik. Beckhoff CP2916-0000 er ein 15,6tommer touchskjem med 1366 x 768 oppløysing og kraftig quad-core i7 prosessor som taklar alle oppgåver [7]. Denne skjermen skal koplast opp mot PLS-en og vise dei designa HMI fanene, samt verke som styringspanel for simulatoren. CP2916-0000 har IP65 sertifisering, bygnad av aluminium og rustfritt stål, samt uknuseleg glas som gjer den eigna til alle ytre forhold og transport med fly. Grunnen for val av denne storleiken er at det skal bli oversiktleg nok for operatøren å bruke alle funksjonane i simulatoren, samtidig som den skal være portabel. HMI fanene er kompakt designa for å støtte alle storleikar, men vil med denne storleiken auke brukarvenleiken.

Datablad for denne er lagt ved som vedlegg 10.



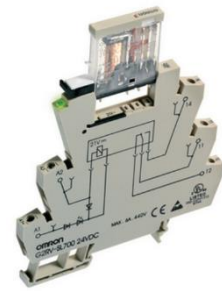
Figur 10. Beckhoff EL2008 [6].



Figur 11. Beckhoff CP2916-0000 [21].

5.4.5 Relé

Vi har valt å ta utgangspunkt i relé av typen Omron G2RV på alle inn- og utgangar. Dette er for å verne PLS-utstyret mot eventuelle overspenningar eller overharmoniske straumar. Reléet vil då fungere som eit galvanisk skilje. Gruppa hadde frå tidlegare erfaring med Omron relé, men tilsvarande relé kan veljast til dette føremålet.



Reléet består av to delar: Sokkel med tilkoplingar og sjølve reléet. Sjølve reléet kan koplast av og på sokkelen. På den måten er det enkelt å bytte ut sjølve reléet dersom det blir defekt.

Figur 12. Omron G2RV [8].

Driftsspenninga for styring av reléet er 24V DC, som er det same som PLSen opererer med. Innkopling av reléet skjer ved ein at får 24V DC over klemmene «A1» og «A2». På sekundærsida har releet NC og NO kontakt, der «11» og «12» er ein NC kontakt, og «11» og «13» er NO kontakt (figur 12). Desse endrar tilstand ved innkopla relé [8]. Ein finn utfyllande teknisk dokumentasjon i databladet (vedlegg 11).

5.4.6 Straumforsyning

Vi brukar ei ekstern straumforsyning til å forsyne PLS-en, samt inn- og utgangsmodulane for å tilfredsstille effektbehovet til komponentane. Det vart utført dimensjonering av straumforsyning, som vist i tabell 2.

Maksimalt effektforbruk er berekna til å vere i underkant av 4,9 ampere.

Valet fell dermed på PULS CS5.241, som kan levere 5 ampere. PULS kan erstattast av tilsvarande straumforsyning som kan levere 5A, men det er tatt eit val med tanke på oppgåva. Vi ser ikkje på det som sannsynleg at effektbehovet oppnår høgaste belastning ettersom alle reléa ikkje blir testa på same tid.



Figur 13. PULS CS5.241 [22].

Tabell 2. Utrekna straumforbruk til komponentar.

Utstyr	Antal	Forbruk i mA pr stk	Sum	Eining
PLS	1	2000	2000	mA
Relé	114	13,3	1516,2	mA
IO-moduler	15	90	1350	mA
Total forbruk i milliampere			4866,2	mA
Total forbruk i ampere			<u>4,866</u>	A

Dimensjonering av straumforsyning er vist i tabell 2. Vi tok utgangspunkt i maksimalt forbruk på «Omron G2RV» relé, PLS og inn- og utgangsmodulane som er valt i oppgåva. Datablad for denne er lagt ved som vedlegg 12

5.5 Undersøkte komponentar

5.5.1 Omicron

For å skape spenning og straum til dei ulike simuleringane i kraftverksimulatoren undersøkte vi fleire typar utstyr. På grunn av oppdragsgjevar og rettleiarar sine anbefalingar av Omicron sin kraftelektronikk, undersøkte vi deira produkt mot våre behov. Aktuelt utstyr som blei undersøkt var Omicron's CMC 256-Plus og CMC 356. Desse er i utgangspunktet relativt like. Det som skil dei er at 256-Plus er meir nøyaktig under målingar og sending av utgangssignal for straum, spenning og frekvens. Nøyaktigheit er lista opp som «error» i prosent under dokumentasjonen som kan finnast i vedlegg 13. CMC 356 er på den andre sida eit kraftigare utstyr der ein kan sende ut større effekt på utgangane på same tid. Dette såg vi som ein fordel til simulatoren då ein hadde fleksibilitet i kor stor del av anlegget som kunne testast på same tid. CMC 356 sine effektfordelar visast under «power» i databladet som ligg som vedlegg 14.

Erfaringane med Omicron sin kraftelektronikk var frå arbeidsgjevaren si side gode. Under tidlegare testar av kraftstasjonane har leverandøren av anlegget stilt med Omicron for å teste blant anna generatorvern, som beskyttar generatoren ved ein eventuell feilsituasjon. Dette har vist seg å fungere svært tilfredsstillande grunna si pålitelegheit og nøyaktigheit. Av denne grunn var dette eit av dei store ynskja frå oppdragsgjevar, å kunne implementere Omicron sitt utstyr i kraftverksimulatoren. Implementeringa er sett på i prosjekteringsfasen, men andre alternativ er undersøkt grunna Omicron sin høge pris, og at vi ville sjå på om dette faktisk var den beste løysinga.



Figur 14. Omicron CMC 356 [9].

Kraftelektronikk frå produsenten Omicron er utvikla for å teste utstyr i kraftindustrien. Funksjonaliteten i desse er å sende ut frekvensar, straumar og spenningar for kontrollere at komponentar fungera på rett måte. Utstyret kan og foreta kalibrerte målingar, og alt kan kontrollerast og registrerast ved bruk av tilkopla datamaskin. CMC 356 har mange inn og utgangar som gjer det fleksibelt under små og store testar, og justeringsmogelegheitene er «uendelege». Rett

og slett eit komplett testutstyr. Ei av utfordringane med å bruke Omicron var å få dette til å reagere på styresignala vi gjev ut frå PLS-modulen. Dette såg vi som mogeleg å få til, med bruk av Omicron's eige kommunikasjongsgrensesnitt CM Engine. Dette er forklart under punktet «5.5.2 CM Engine».

Som ein kan lese av undersøkingane lenger nede i rapporten, var det ingen av dei undersøkte løysingane som kunne måle seg med Omicron CMC 356. Dette er eit komplett testutstyr som kan brukast både uavhengig og saman med kraftverksimulatoren. Frekvens, spenning, og straum kan med stor nøyaktigheit og i rett storleik sendast kontrollert til kontrollanlegget ein testar. Dette gjerast for å verifisere at handlingane til kontrollanlegget fungera på rett måte. Utstyret er svært kostbart, men er etter våre vurderingar det einaste som underbyggjer kvaliteten i testinga som vi krev. Omicron er eit ferdig produkt som er samansett av komponentar rett for føremålet, og er samtidig kalibrert for å gje nøyaktige målingar, som skapt for vårt føremål.

Vårt alternativ var at mange ulike komponentar skulle setjast saman til å fungere på same måte som CMC 356. Dette hadde sin fordel med at komponentar best eigna til sin spesielle funksjon kunne veljast og at dette var eit rimelegare alternativ. Ulempa var på den andre sida større med problema for å få desse til å «snakke saman», på ein måte som gav stabile simuleringar. Dette kom til å krevje store tidsressursar og ville framleis ikkje nå opp til kvaliteten og nøyaktigheita på Omicron CMC 356. Utan at vi sjølv fekk prøvd ut utstyret er vi etter samtale med oppdragsgjevar og rettleiar Nils sikker på at dette fungera perfekt til våre intensjonar.

5.5.2 CM Engine

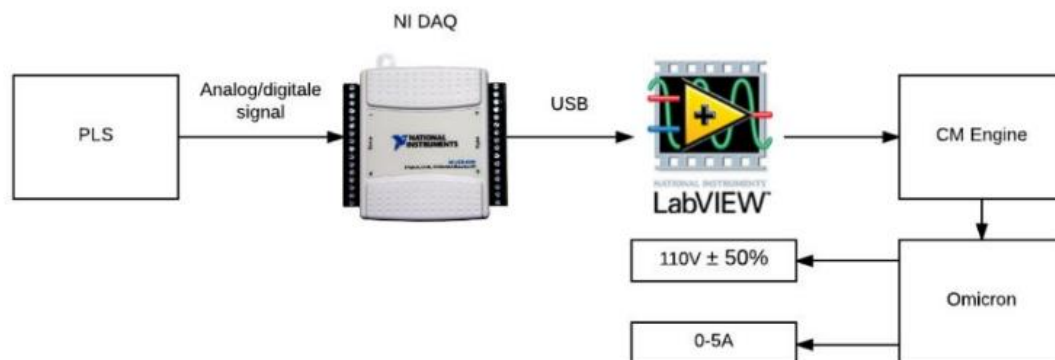
CM Engine, forkorta CME er ein software til PC som brukast til å styre ulike Omicron produkt som nemnd over. Dette er Omicron sitt eigenproduserte kommunikasjongsgrensesnitt. Softwaren er laga til for å kunne fungere på Windows 7, Vista og XP. CME tillèt brukarar å lage sine egne program til å for eksempel teste vern til kraftnettet. Eit av programmeringsspråka ein kan bruke til å skrive i CME er C++. LabVIEW kan også nyttast.

LabVIEW og DAQ som er vist på figur 15, produkt frå National Instruments. LabVIEW er eit programvareverktøy som nyttast av personar som jobbar med utvikling for å skape ulike styrings- og målingsprogram, som koplast til den fysiske komponenten DAQ. Dette er ein dataloggar som samlar inn ulike måleverdiar frå blant anna sensorar. I dette tilfellet vil det vere signal frå PLS-en, om ulike endringar som er ønskeleg å utføre med Omicron [10]. Grunnen til at vi valde å lage skisse for LabVIEW og DAQ, og ikkje C++ er at vi har erfaring med desse produkta til National Instruments frå tidlegare emne.

Ved hjelp av CM Engine kan ein styre spenning, straum og justerere sinuskurva som blir gjeve ut med Omicron utstyret.

Vi såg føre oss å kunne lage eit grensesnitt mellom CME og PLS, slik at ein frå programmet i PLS og HMI kan endre den aktuelle spenninga ut. Dette blei ikkje realisert då dette vart kostbart, og avgrensing av oppgåva førte til at Omicron blei utelukka.

Det er laga ei skisse for å illustrere korleis dette skal fungere. Skissa kan ein sjå på figur 15.



Figur 15. Forslag til grensesnitt for PLS til Omicron.

5.5.3 GOOSE, IEC 61850

GOOSE står for Generic Object Oriented Substation Event, og følger den internasjonale standarden for transformatorstasjonar «IEC 61850». I transformatorstasjonar kan ein bruke denne protokollen for å kunne integrere vern, måling, styring og overvåkingsfunksjonar. I tillegg skal den sørge for hurtige vern funksjonar. GOOSE kommunikasjonen går over Ethernet [11].

Dette grensesnittet såg vi på som ei mogleg løysning mellom Omicron og PLS, sidan Omicron støttar denne standarden. Vi har ikkje studert nøye på korleis ein kan løyse denne kommunikasjonen, sidan vi ikkje hadde tilgang på Omicron utstyr.

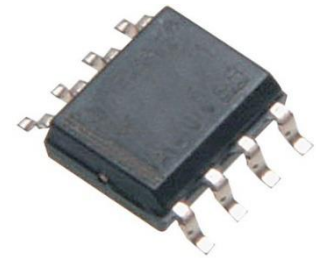
5.5.4 Simulering PT100 element

Eit PT100 element er eit platina som linjert endrar motstand ved temperaturendringar. For å finne temperaturen måler vi motstanden som vi deretter regner om til grader celsius. Eit PT100 element har som namnet tilseier ein resistans på 100Ω ved 0°C. Dette er den mest brukte standarden innan industri, men ein har også typar PT500, PT1000 og andre typar [12].

I eit kraftverk er det nødvendig å ha informasjon om kva temperaturen er på forskjellige komponentar og væsker, slik at ein til dømes kan stenge ned aggregatet om ein får kritisk temperatur i eit lager.

Ein PLS har som regel inngangsmodular som kan lese PT100 signal, men ikkje modular som kan simulere desse. Difor måtte vi finne ein måte å lage ein resistans som vi kunne regulere via ein PLS. Etter litt søking på internett kom vi fram til eit digitalt potensiometer frå leverandøren Analog Devices.

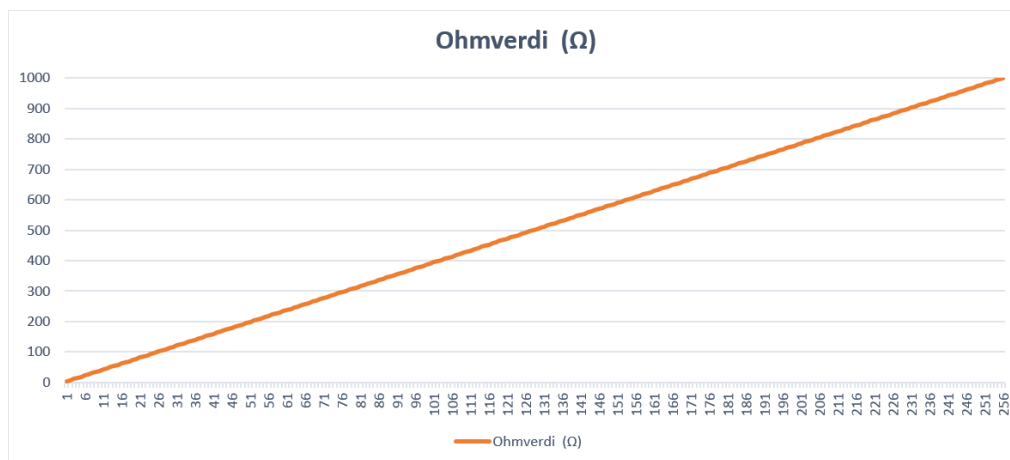
Komponentserien heiter AD8400 og kjem i ulike versjonar med forskjellig antal utgangar, motstandar og oppløysing [13].



Komponenten vi valde har typenamn AD8400ARZ1. Denne var lagervare hos Elfa Distrelec, ein nettbutikk for elektronikk som skulen nyttar. Den har ein kanal på 1k Ω . Antal trinn på denne er 256 steg. Om ein då delar 1k Ω på 256 steg får ein at kvart steg er om lag 3,9 Ω . I figur 17. ser ein at ohm-verdien går linjert frå 3,9 Ω til 1k Ω .

Figur 16. Digitalt potensiometer [13].

Datablad for denne er lagt ved som vedlegg 15.

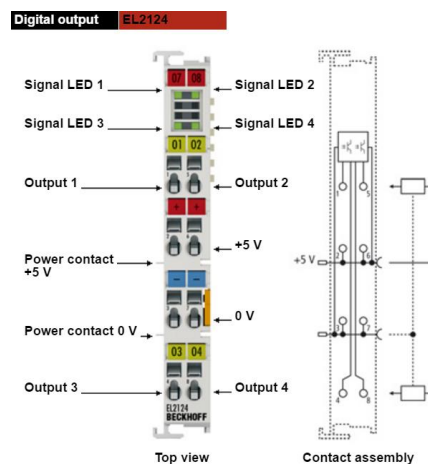


Figur 17. Diagram for PT100 sin endring av ohm-verdi.

Potensiometeret brukar ein kommunikasjon som vert kalla «Serial Peripheral Interface Bus», forkorta SPI. I første forsøk på å teste ut komponenten brukte vi eit ferdig program for Arduino [14]. Etter mindre modifikasjonar fungerte det som ønska, og vi ville undersøke om dette også var mogeleg å få til via PLS.

Vi har undersøkt forskjellige leverandører av PLS, og ingen av disse støtta SPI kommunikasjon. Sidan Beckhoff heller ikkje har noko innebygd SPI kommunikasjonsbibliotek laga vi ein forenkla funksjonsblokk for SPI kommunikasjon som kunne kommunisere med potensiometeret. Dette fungerte som ønska. Vedlagt programmeringskode for potensiometeret finn ein i vedlegg 16.

Potensiometeret AD8400 opererer på 5V, medan PLS-en har 24V som driftspenning. Etter litt undersøking av produkta som Beckhoff har som tilbehør for PLS, fann vi ein digital utgangsmodul som leverer 5V. På grunn av denne modulen slepp ein spenningsavgrensande motstand mellom PLS og potensiometeret. Denne vert kalla EL2124, og er vist på figur 18. Modulen har fire utganger, medan SPI kommunikasjon som nemnd tidlegare brukar tre.



Figur 18. Beckhoff EL2124 [29].

I byrjinga av prosjektperioden hadde vi planar om å simulere analoge temperatursignal. Etter at ein såg funksjonsplan frå Hove kraftverk, trengde vi berre å simulere digitale signal på forvarsel og kritiske temperaturar, ikkje sjølve temperaturen.

5.5.5 Skaping av trefase

Då vi undersøkte alternative løysingar for Omicron, såg vi på mogelegheita å kunne bruke frekvensomformar for å skape trefasespenning. Frekvensomformar inneheld elektronikk som gjer at ein kan kople til ein standard einfase 230V stikkontakt i veggen, og frekvensomformaren danner trefase 230V. Vi tenkte i desse baner då ein 230V «vanlig» eurostikkontakt er standardisert, og finnast nesten over alt. Då testinga ikkje har behov for direktekopla trefaseuttak grunna lave effektbehov, ser ein det som ein fordel å unngå uttak med trefase som er meir sjeldan å finne.

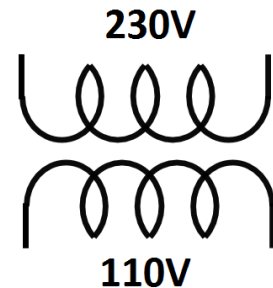
Vi tolka oppgåva slik at vi skulle danne «generator» og «nett», der begge deler skulle vere trefase. «Nett» skulle vere låst på 110V AC og 50Hz, medan «generator» skulle kunne regulere spenning og frekvens for å justerer seg lik «nett». Når spenning, frekvens og tidsperioden på sinussignalet er lik, kan kontrollanlegget foreta ei innkopling av effektbrytaren. Då effektbrytaren er innkopla er «generator» og «nett» knytt saman. Prosessen før innkopling av effektbrytar blir kalla «synkronisering».

Grunnlaget for funksjonen var at vi kunne teste kontrollanlegget sin evne til å justere spenning og frekvens lik kvarandre. Sidan den alternative løysinga på «generator» vart lagt vekk, konkluderte vi med at vi skulle halde oss til Omicron. Dette sidan ei alternativ løysning etter vårt syn ikkje blei

nøyaktig nok. Vårt studie om alternativ til «generator» , er meir beskrive under «5.5.7 Effektregulator».

5.5.6 Transformator

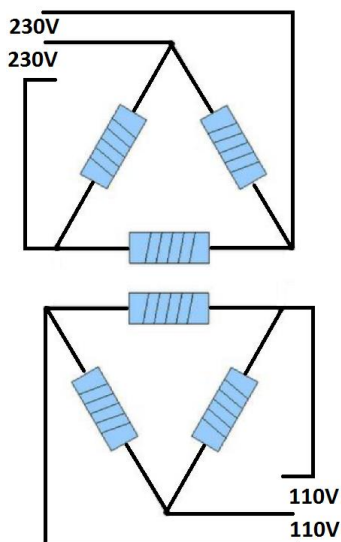
Val av transformator blei undersøkt i samanheng med å finne eigna utstyr til ei fast AC-spenning som simulerer «nett» si spenning. Vi gjorde undersøkingar for ei trefase 230V til 110V AC-transformering. Vi fann mange alternativ som hadde høg vekt, og storleik som ikkje eigna seg av det kriteriet.



Så vi såg difor på enkle einfase transformatorar slik som figur 19, og fann ut at vi kunne kople saman 3.stk av denne typen. Dette for å kunne bruke dei som ein trefase-transformator. Difor valde vi å kople saman primær- og sekundærside slik som figur 20 viser.

Figur 19. Einfase transformator.

Skaping av trefase hadde fungert heilt ideelt på «nettdelen» av simulatoren. Løysninga i forhold til «generator» delen av simulator gjorde at vi valde å halde oss til Omicron som løysning, uavhengig av løysing på «nettsida».



Figur 20. Trekant - trekant kopla transformator

5.5.7 Effektregulator

Vi såg i byrjinga på ulike effektregulatorar for å kunne erstatte Omicron sin «generator» funksjon for justering av spenning.

Vi såg på ulike trefase effektregulatorar, men dei fleste av dei var veldig grove og berekna for industri. Dette førte til at dei fleste effektregulatorane hadde krav om ei minimum belastning som var ufornuftig høg til vårt bruk.

Det som var bra med trefase effektregulatorane var at dei kunne justerast med 4-20mA, som er standard for analogstyring ved PLS. Det produktet vi var mest fornøgd med gitt våre søkepreferanser, 4-20mA og lav minimumbelastning, var PAC35 frå produsenten Pettersen. Teknisk dokumentasjon for PAC35 finn ein i databladet (vedlegg 17).



Figur 21. Pettersen PAC35 [23].

Ein anna løysing vi såg på var å bruke 3 stk. einfase effektregulatorar frå produsenten United Automation LTD, som vist på figur 22. Desse hadde ei låg minste belastning, med ein låg pris og var lagervare på nettsida Elfa Distrelec som skulen nyttar til innkjøp. Ved hjelp av dei kan ein regulere spenninga ved å endre motstanden på den regulerbare motstanden som ein har kopla mellom «1» og «2» som vist på figur 22. Vi tenkte å bruke motstandsreguleringa frå PT100 prinsippet som vi har laga til, slik at vi kunne justere motstanden frå PLS. Desse effektregulatorane bestilte vi inn, og kopla opp for testing. Koplingsskjema for effektregulatoren finn ein i databladet (vedlegg 18).



Figur 22. Effektregulator 604B [24].

Då vi testa einfase effektregulatorane fekk vi under testinga erfare at dei ikkje var presise nok, og i tillegg ganske ustabile. Dei einfase effektregulatorane gjekk vi dermed vekk ifrå. Effektregulatoren PAC35 er vårt beste alternativ til effektregulator, då eigenskapane ser ut til å passe vårt bruksområde. Ved å ha ein frekvensomformar fram føre utstyret kunne ein få laga til trefase, og regulere frekvensen som var den andre parameteren som vi skulle justere i tillegg til spenninga. Då vi studerte desse nærmare la vi merke til at effektregulatorar berre fungerer på 50- og 60hz. Ved å ha frekvensomformar framfor kan det resultere i 0 til 200hz frekvens inn på effektregulatoren. Konklusjonen vart av effektregulator er utelukka, sidan det ikkje ville fungere saman med frekvensomformar. Vi bestemte oss for at vi skulle halde oss til Omicron som løysning for den simulerte «generator» funksjonen.

5.5.8 Autotransformator

Under arbeidet med å undersøke aktuelle løysingar for «generatorsida» av simulatoren såg vi på å kunne bruke ein regulerbar straumtrafo til å regulere straum og spenning. Etter å ha tatt kontakt med Noratel Norge, fekk vi tilsendt datablad for regulerbare transformatorar, også kalla motorstyrte variacs, frå produsenten Belotti Variatori. Du kan sjå desse i vedlegg 19. Tilsvarande løysing frå andre produsentar kunne og ha vore nytta. Desse transformatorane kan regulerast ved hjelp av PLS med ein 0-10V analog utgang. Dette verka som ei stabil og trygg løysing. Problemet med autotransformatoren var at reguleringa skjedde for langsamt, det ville dermed bli vanskeleg å få ustyret til å regulere seg ilag med raskare utstyr. Ein av grunnane til at dette blei eit forkasta forslag var vekta. Ettersom simulatoren skal være mobil må vekta og være lav, noko som ikkje var mogeleg å oppnå då sjølv dei minste autotransformatorane var for store for vårt bruksområde.



Figur 23. Belotti autotransformator [vedlegg 19].

6.2 Programmeringsspråk

Til å kode i TwinCAT har vi nytta to ulike språk innanfor programmering. Vi har nytta «funksjonsblokker» til å gjenspegle dei ulike komponentane, og knytt dei saman i eit utvida funksjonsblokkdiagram. Her ser ein ser tydeleg kva komponentar som er avhengig av dei ulike funksjonane frå dei andre komponentane. Inne i funksjonsblokkene har vi brukt «strukturert tekst» for å uttrykke logikken for kvar enkelt komponent.

6.2.1 Funksjonsblokk, FB

Ei funksjonsblokk kan samanliknast med ein elektronisk krins. Ein byggjer opp blokka som ein komponent med inn- og utgangar, der ein har logikk for samanhengen mellom desse. Når ein først har laga funksjonsblokka kan ein bruke denne som ein ferdig mal, og kan brukast fleire gangar i hovudprogrammet.

```
1 FUNCTION_BLOCK FB_Rotloft
2 VAR_INPUT
3     // Eksterne variablar inn
4     inStart      : BOOL;    (* Rotorløft start *)
5     inStopp      : BOOL;    (* Rotorløft stopp *)
6
7     // HMI variablar inn
8     inDriftsklar : BOOL;    (* HMI: Rotorløftpumpe driftsklar *)
9     inRotorSenk  : BOOL;    (* HMI: Senking av rotor *)
10    inIgnStartStopp : BOOL;  (* HMI: Ignorer start/stopp *)
11 END_VAR
12 VAR_OUTPUT
13     // Eksterne variablar ut
14     outDriftsklar : BOOL;    (* Rotorløftpumpe driftsklar *)
15     outPa         : BOOL;    (* Rotorløft på *)
16     outLoftet     : BOOL;    (* Rotor løftet *)
17 END_VAR
18 VAR
19     // Interne variablar
20     DelayOn       : TON;      (* På timer *)
21     DelayOff      : TOF;      (* Av timer *)
22     Loftetid      : TIME := T#5S; (* Tid er tar for rotor er loftet *)
23     Senketid      : TIME := T#5S; (* Tid er tar for rotor er senket *)
24     Senk          : BOOL;    (* Hjelpe variabel *)
25 END_VAR
```

Figur 25. Eksempel på deklarerer av funksjonsblokk.

Figur 25 viser eit døme på korleis vi definera variablar for ei funksjonsblokk. I dømet ser ein at variablar er delt opp i tre kategoriar: «VAR_INPUT» som definera inngangsvariablar som funksjonsblokka hentar inn. «VAR_OUTPUT» definera utgangsvariablar som blir sendt ut av funksjonsblokka, medan «VAR» er interne variablar som berre blir brukt i funksjonsblokka, og har ikkje noko kommunikasjon inn eller ut. Når ein deklarerer ein variabel må ein gje variabelen eit namn, og fylle inn kva type det er. Døme på variabeltype kan vere «BOOL» som er ein i logikkvariabel. Den har tilstand på «TRUE» eller «FALSE» som på norsk betyr sann/usann. Ein kan også førehandsbestemme startverdien for variablane. Ein legg også til kommentarar om kva dei forskjellige variablane betyr.

6.2.2 Strukturert tekst, ST

Programmeringsspråket strukturert tekst er som det ligg i namnet, ein tekstbasert programmeringsmetode. Den er basert på IEC 61131-3 standarden, som er ein standard for programmeringsspråk innan industriell automasjon. Fordelen med at programmeringsverktøy brukar lik standard er at ein sparar tid ved at det ikkje er behov for å lære seg mange

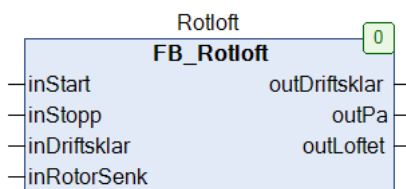
```
1 outDriftsklar := inDriftsklar;  
2 DelayOn(IN:=outPa , PT:=Lofitetid , Q=> , ET=> );  
3 DelayOff(IN:=Senk , PT:=Senketid , Q=> , ET=> );  
4  
5 IF inStopp AND NOT inIgnStartStopp THEN  
6   outPa := FALSE;  
7 ELSEIF inStart AND outDriftsklar AND NOT inIgnStartStopp THEN  
8   outPa := TRUE;  
9 END_IF  
10  
11 IF DelayOn.Q THEN  
12   OutLofitet := TRUE;  
13 ELSEIF NOT DelayOff.Q THEN  
14   outLofitet := FALSE;  
15   Senk := TRUE;  
16 END_IF  
17  
18 IF inRotorSenk THEN  
19   Senk := FALSE;  
20 END_IF
```

Figur 26. Eksempel på kode i strukturert tekst.

ulike måtar å programmere på. Ein skal også i teorien kunne kopiere koden direkte frå ein PLS-leverandør til ein annan. Dette programmeringsspråket inneheld blant anna dei viktige kommandoane som if-then-else, case, for og while [16]. Døme på slik programmering ser ein på figur 26, det er ved hjelp av desse kommandoane ein skapar logikken som PLS-en nyttar.

6.2.3 Utvida funksjonsblokkdiagram, CFC

Utvida funksjonsblokkdiagram, som på engelsk heiter «Continuous Function Chart». Derav forkortinga CFC. Dette er ein grafisk måte å programmere på, der ein legg inn blokkar og koplar desse saman.



Figur 27. Døme på ei funksjonsblokk som ligg i CFC.

6.3 Programmeringsstruktur

Vi har delt litt på å programmere dei forskjellige funksjonsblokkane. Dei forskjellige blokkene vi har programmert ser ein i figur 28. Ein kan lese meir om korleis desse skal fungere i funksjonsbeskrivinga som ligg i vedlegg 6.

Det er to blokker som ikkje er beskrive i funksjonsbeskrivinga. Desse er «Klokke» og «Ramping».

- FB_AvAnl (FB)
- FB_BetDrift (FB)
- FB_BetFrakopl (FB)
- FB_BetHStopp (FB)
- FB_BetNStopp (FB)
- FB_BetNStyring (FB)
- FB_BetStartDrift (FB)
- FB_BetUtkEffBr (FB)
- FB_Brems (FB)
- FB_Klokke (FB)
- FB_FastStartBet (FB)
- FB_Gen (FB)
- FB_KjolSys (FB)
- FB_MagBet (FB)
- FB_MagKom (FB)
- FB_Ramping (FB)
- FB_Rotloft (FB)
- FB_StartBet (FB)
- FB_StoppBet (FB)
- FB_Tilegg (FB)
- FB_TomgStartMSpgBet (FB)
- FB_TReg (FB)
- FB_UReg (FB)

Figur 28. Liste over funksjonsblokker.

Klokkefunksjonen sender ut ein puls kvart sekund. Det klokkefunksjonen gjer, er at den sender ut ein puls kvart sekund til andre funksjonsblokker som er avhengig av tid. Poenget med denne blokka er at ein kan justere hastigheita på simuleringa.

Rampefunksjonen fungerer slik at eit set kva verdi ein ønskjer og kor lang tid den skal bruke for å nå denne. Om ein då ser på eksempelet «FB_Ventilsys» som blir brukt av inntaksluka og hovudventil, ser ein at ventilen har ein verdi på 0-100%. Deretter set ein ynskja opningstid. Rampefunksjonen reknar då om kor mange % han skal opne kvart sekund. Om ein då regulerer opp pulsane i klokkefunksjonen, vil ventilen opne kjappare.

Programmeringskode knytt til «Kraftverksimulatoren», er lagt ved i vedlegg 21.

6.3.1 Global Variable List, GVL

«Global Variable List», forkorta GVL er ei liste der ein deklarerer globale variablar. Det som er meininga med ein global variabel er at den vil vere tilgjengeleg i heile programmet. Fordelen med det er at både HMI og PLS programmet kan lese og skrive desse variablane. Ein bør på ei anna side tenkje på om ein ønsker at desse skal vere synlege for heile programmet. Vi har valt å legge alle variablar frå IO-lista og HMI-tags i GVL lista [17].

6.4 HMI

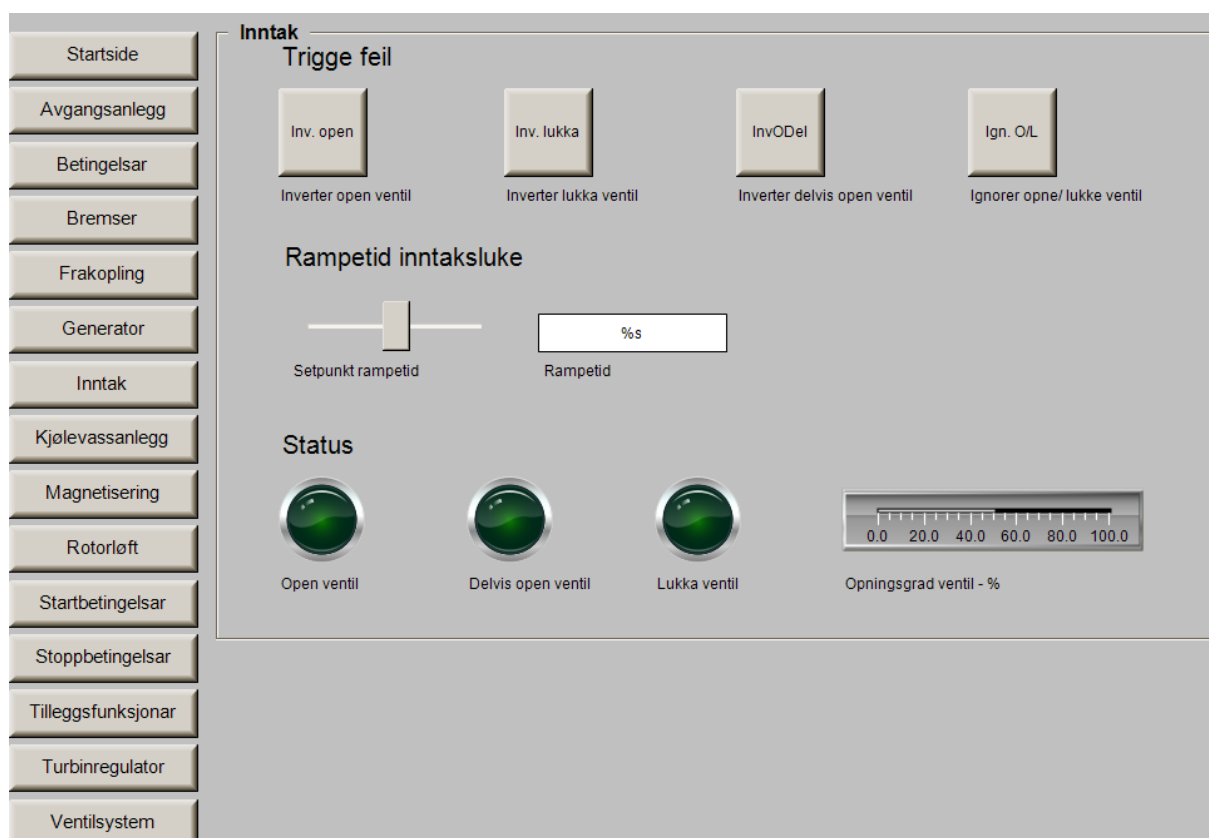
Eit HMI eller menneskje-maskin grensesnitt på norsk, er grensesnittet mellom operatøren og kraftverksimulatoren. HMI viser ei grafisk oversikt over simulatoren og gjev operatøren mogelegheit til å overvake dei ulike sekvensane i kraftverket, samt trigge feil på komponentane. I dei ulike fanene i HMI-panelet kan ein få presentert verdiar om blant anna generatoryting i MVA, temperatur i bærelager og posisjon på ledeapparatet. Prosessar i kraftverksimulatoren kan og påverkast med til dømes å endre setpunktet til ønskja turtal på turbinen, endre rampetida til inntaksluka eller sette feil på synkroniseringsinstrumentet, slik at ein ikkje kan slå inn effektbrytaren mot linjenettet.

HMI-panelet er designa i Beckhoff sitt tileigna PLS-program, TwinCAT. Funksjonen ein designar i heiter «visualization» og har eit bibliotek med ferdige boksar, knappar, lys og instrument. Programmet gjer det oversiktleg og enkelt å lage funksjonar som stemmer overeins med det som er programmert. Ettersom funksjonane til kraftverksimulatoren og er programmert i TwinCAT, kan programmering og HMI-design føregå separat og koplast saman etterpå ved hjelp av variablar.

Utgangspunktet for arbeidet med den grafiske betjenings- og overvakingsskjermen har vore funksjonsbeskrivinga som er laga med utgangspunkt i Hove kraftverk. Utifrå dei planlagde funksjonsblokkene er nødvendige brytarar, indikasjonar, og visningar beskrive her. Under arbeidet

med HMI til simulatoren har det vore fokus på brukarvenleik. God oversikt over prosessane i dei ulike delane av anlegget, at det skal være forståeleg for brukargruppa, samt eit profesjonelt uttrykk har vore viktige haldepunkt for arbeidet. Grunngevinga for vala som er gjort er henta frå fagbok om HMI, samt god rettleiing frå Johannes, som har mykje erfaring med utarbeiding av slike grensesnitt.

Boka «The High Performance HMI Handbook» har vore ei viktig kjelde i arbeidet. Handboka set fokus på korleis HMI skal utformast for å passe brukarane på best måte, med naturleg oppsett utifrå korleis hjernen oppfattar og tenkjer [18]. Distraksjonslaust miljø og minimalt med avbrot frå hovudoppgåva til operatøren under testprosedyra er viktig, samtidig som skjermen er designa for effektivitet i normale og unormale testsituasjonar. Biletet skal være standardisert, intuitivt, rett fram enkelt og krevje få tastetrykk for å kome fram til funksjon. Skjerm skal lagast som informasjon i form av lampe for indikasjon når funksjon ligg inne eller ein «bar» for å vise grad av yting, heller enn berre nummer på skjermen. Grafikk skal ikkje innehalde unødvendige detaljar og fargar. Ein brukar grå bakgrunn for å minimere gjenspegling og for å få ei lav-kontrast framstilling og fargar til å framheve viktige funksjonar eller kritiske feil. Døme på HMI-fane ser du under figur 29.



Figur 29. HMI-fane av inntaket i kraftverksimulatoren.

Dei ulike «fanene» på HMI-panelet er utforma etter eit bestemt mønster for at det skal verke naturleg for operatørane. «Fanene» måtte og designast i eit kompakt format for å kunne passe alle

storleikar på beteningsskjermen. Alle funksjonane er sett i eit tenkt rutenett for å skape eit oversiktleg system. Alle funksjonar på HMI panelet med, unntak av indikasjonsllys henta frå «visualization» biblioteket, er alt prega av kvadratiske eller rektangulære former. Dette fordi det skapar eit oversiktleg og ryddig inntrykk for brukarane av panelet. Det designa panelet har grå bakgrunnsfarge, ellers lite bruk av fargar og krev maksimalt 2 trykk for å aktivere ønskja funksjon. Fanene har visningar for aktiveerte funksjonar med enten lys eller grafar som går frå låg til høg, orientert frå venstre til høgre. Alt dette for å underbyggje kva teorien seier om best utforming. Alle HMI-fanene til simulatoren er lagt ved rapporten i vedlegg 22.

6.5 Testing

Vi har undervegs testa dei ulike funksjonsblokkene medan vi utarbeida desse. Då vi hadde laga alle dei ulike funksjonsblokkene, kopla ein dei saman i CFC struktur. Slik fekk vi testa samspelet mellom dei, for å luke vekk uønskete hendingar. Under testing av samspel hadde vi også knytt inn- og utgang til HMI for ei oversiktleg overvaking av endringane. Til slutt manipulerte ein inngangsignala ein skal få frå kontrollanlegget, for å sjå korleis dette føregjekk. Vi konkluderte med at testresultatet var bra, på den måten at det fungerte som ønskja.

Ideelt sett burde vi køyre ein komplett test det vi testar kvar enkelt del fullstendig. Det blir for tidskrevjande å teste alle komponentar, så difor har vi valt og ta ein komplett test på ein tilfeldig komponent, ei stikkprøve. Testrapporten for den komponenten ligg som vedlegg 23.

7 Måloppnåing

I forprosjektperioden utarbeidde gruppa hovudmål og delmål for prosjektet. Måla er laga utifrå retningslinjer frå Høgskulen på Vestlandet og ønskje frå oppdragsgjevar. Måla blei sett etter drøfting i prosjektgruppa, og etter innspel frå styringsgruppa. Kva grad måla er oppnådd er presentert systematisk under.

7.1 Hovudmål

"Prosjektere ein kraftverksimulator som simulerer ved hjelp av PLS."

Hovudmålet er det vi har jobba mot undervegs i heile prosjektperioden. Målet blei dekt av delmåla som er presentert under.

7.2 Delmål

- *"Utarbeide og få godkjend prosjektbeskriving, forprosjektrapport og hovudrapport."*

Dette er gjennomført. Det gjenstår å laste opp hovudrapporten på nettstaden «WISEflow».

- *"Opprette heimeside, samt halde den oppdatert."*

Heimeside blei oppretta i forprosjektperioden. Den er blitt oppdatert kvar veke i prosjektperioden.

- *"Utarbeide budsjett, risikoanalyse og Gantt-diagram."*

Det er laga budsjett for sjølve gjennomføringa av prosjektet og eit prisoverslag for kraftverksimulatoren. Risikoanalyse og Gantt-diagram er også utarbeid.

- *"Finne forslag til kraftelektronikk som kan nyttast ved testing av dei logiske funksjonane i kontrollanlegget."*

Det er lagt fram eit forslag til kraftelektronikk, vi har undersøkt ulike løysningar før valet vart Omicron. Etter møte i styringsgruppa, vart vi einige om å utelukka Omicron frå prosjektet. Omicron kom utanfor prosjektet sine rammer, men er veldig aktuell ved vidareføring av prosjektet. Dette er dokumentert under "tekniske løysingar".

- *"Lage ein funksjonsbeskrivelse for kraftverksimulatoren sine funksjonar og grensesnitt."*

Funksjonsbeskrivinga er laga utifrå dokumentasjon av Hove kraftverk. Styringsgruppa kom med ønskje og tips til funksjonsbeskrivinga. Dette blei tatt hensyn til.

- *"Programmering av software."*

Dette er gjennomført. Ved programmering av SW blei det tatt utgangspunkt i funksjonsbeskrivinga.

- *"Utarbeide pressemelding og plakart."*

Pressemelding er levert til prosjektansvarleg, Joar Sande. Plakat er laga og klar for å bli hengt opp.

- *"Presentere det teoretiske arbeidet og berekningar som er utført."*

Prosjektet skal framførast 23.mai. Vi vil då fortelje om kva løysingar vi komen fram til, demonstrere SW og HMI og fortelje litt om korleis vi har arbeidd.

- *"Gjennomføre prosjektet i samsvar med framdriftsplan og budsjett."*

Eit stykke ut i prosjektperioden blei det sett nye rammer for prosjektet. Dette førte til at vi kom litt bakpå i forhold til framdriftsplanen. Vi er likevel komen i mål med alle delane av oppgåva. Budsjettet har vi derimot overstige grunna transportutgifter som oppstod i tilknytning til eit møte i Sogndal.

- *"God dokumentering av alle prosjektfasane."*

Undervegs i arbeidet har det vore kvar enkelt sitt ansvar å dokumentere det ein har arbeidd med. Sidan vi har nytta oss av OneDrive har alle gruppemedlemmane hatt tilgang til all dokumentasjon. Dette har letta arbeidet med rapporten. I tillegg har vi dagleg logga tidsbruk med arbeidsoppgåver og skreive om framdrifta kvar veke på nettstaden vår.

8 Drøfting

Prosjekt av denne storleiken krev stor innsats og engasjement frå prosjektgruppa. Ved oppstart av prosjektet hadde vi lite kunnskap om vasskraftverk og vi måtte difor skaffe oss oversikt over dette før vi kunne starte planlegginga av kraftverksimulatoren. Tidleg i prosessen måtte gruppa, ofte i dialog med oppdragsgjevar og rettleiarar, gjere vurderingar til korleis vi skulle gå fram for å oppfylle krava i

prosjektet. Prosjektbeskrivinga gav ikkje eit konkret bilete av spesifikasjonane som måtte være med i den føreslegne løysinga. Kartlegging av oppgåva vart første steg i prosessen mot hovudmålet. I utgangspunktet skulle vi byggje ein kraftverksimulator som kunne brukast til å teste kontrollanlegg i alle typar vasskraftstasjonar. Etter råd frå rettleiarer vår, Nils Westerheim, bestemte vi oss for å avgrense oppgåva for å sikre gjennomførbarheita til prosjektet. Det skulle då takast utgangspunkt i Brulandsfossen kraftverk som er eigd av Sunnfjord Energi. Grunna manglande dokumentasjon på dette anlegget valde vi å prosjektere kraftverksimulatoren med utgangspunkt i Statkraft sitt kraftverk Hove. Prosjektgruppa og styringsgruppa meiner denne avgrensinga var nødvendig å gjere for å få kraftverksimulatoren mest mogeleg realistisk og innhaldsrik, noko som var ein av hovudintensjonane i arbeidet.

Hovudforløpet til Hove kraftverk var den viktigaste dokumentasjonen under arbeidet med å utarbeide den omfattande og krevjande funksjonsbeskrivinga for kraftverksimulatoren. Denne gav prosjektgruppa utfordringar på grunn av at det lenge var usikkerheit kring innhaldet i denne og kor grensesnittet mellom kontrollanlegget sine funksjonar og kva simulatoren skulle utføre var. Ei løysing som gjev operatør oversikt over delar av kontrollanlegget med visuelle visningar på HMI-skjerm, saman med simulatoren sine interne og eksterne signal blei valt til funksjonsbeskrivinga. Dette gjev ei større oversikt en berre å vise simulatoren sine funksjonar.

Arbeidet med prosjektering av kraftverksimulatoren vil kunne gjerast på fleire måtar, og løysingane vil være mange. Hovudfokuset i vårt arbeid har vore å velje dei løysingane som skal fungere best mogeleg til spesifikasjonane gjevne av oppdragsgjevarer. Kraftverksimulatoren skal være driftssikker og universelt utforma til å kunne fungere i alle land og til alle kontrollanlegg. Grunnlaget for å skape ein slik simulator er langt på veg nådd, og det er opp til seinare bachelorgrupper å skape ein fysisk simulator som taklar alt av utfordringar. Programmeringa av hovudforløpet i simulatoren er gjort saman med prosjektering av simulatoren for å få ei djupare teknisk oppgåveløysing. Beckhoff sitt PLS program, TwinCAT er brukt til å programmere funksjonane og design av HMI. Det er lagt vekt på at ei seinare utviding skal være enkelt, der ein brukar funksjonsblokker som koplast saman til eit program og eit universelt utforma HMI-skjermbilete.

Alle avgjerder knytt til prosjektering av kraftverksimulatoren er drøfta i prosjektgruppa, presentert og grunngjevne i rapporten. Gruppemedlemmane meiner at det undervegs i arbeidet er blitt tatt veloverveigde val som og vil kome seinare prosjektgrupper til gode. Arbeidet som er utført, men ikkje del av det synlege resultatet frå oppgåva, er den viktigaste delen i samband med vidareføring av prosjektet. På felte der kunnskapsgrunnlaget til gruppa har vore mangelfull er eksterne fagpersonar blitt henta inn for å forsterke kunnskapsnivået kring emnet. Resultatet som er presentert oppfyller

krava til oppdragsgjevar og fleire av stega i den opprinnlege problemstillinga er løyst. Prosjekteringsarbeidet har resultert i val av utstyr som skal brukast i kraftverksimulatoren, kostnadsoverslag for bygging av det mobile testustyret og teoretisk grunnlag i form av funksjonsbeskriving og prosjektrapport.

8.1 Vidareutvikling

Vi har lagt til rette for at studentar som kjem etter oss kan vidareutvikle og bygge kraftverksimulatoren ved å dokumentere og grunngje kvifor vi har tatt dei vala vi har teke. Under har vi presentert det vi ser på som mest sentralt for å kome i mål med ein komplett kraftverksimulator.

- Utvikle grensesnitt mellom Beckhoff PLS og CM Engine
- Utvide funksjonane til kraftverksimulatoren
- Byggje ein simulator som er eigna for flytting
- Måling av straum og spenning

Utvikle grensesnitt mellom Beckhoff PLS og CM Engine

For å kunne kome i mål med å byggje kraftverksimulatoren er ein avhengig av å ha nokon som kan støtte økonomisk ettersom Omicron er veldig kostbart. Anbefalinga er å bruke Omicron CMC 356 kraftelektronikk til å simulere tilbakemeldingar frå komponentar i kraftverket. For at samspelet mellom PLS og Omicron skal fungere må eit grensesnitt mellom Beckhoff PLS og CM Engine vere på plass. CM Engine er dataprogrammet ein styrer Omicron med, det må utviklast eit grensesnitt for føremålet. Etter våre undersøkingar finst det ikkje ei slik løysing på dagens marknad.

Utvide funksjonane til kraftverksimulatoren

Det er gode moglegheiter for å utvide funksjonane til simulatoren. Ein bør til dømes ta med alle dei tre vanlegaste turbinkonfigurasjonane. I denne oppgåva er francisturbinen med. Det er difor ynskjeleg å utvide simulatoren ved å legge til rette for vasskraftverk med pelton- og kaplanturbin og deira hjelpesystem. Oppdragsgjevar ynskjer at simulatoren skal være universell for å kunne kontrollere flest mogleg kontrollanlegg. Kraftstasjonar er sjeldan like, slik at ein kan implementere mange fleire funksjonar enn dei vi har tatt med i dette prosjektet.

Byggje ein simulator som er eigna for flytting

For å gjere simulatoren godt eigna for flytting, bør ein sikre den under transport. Vi føreslår då at det blir nytta ein koffert. Den må være robust for å takle flytransport. Dette sidan bagasjen blir utsett for kraftige støyt ved lossing og lasting. I tillegg vil det vere praktisk å ha ein koffert med hjul og handtak, samt feste for hengelås for å hindre uvedkomande tilgang.

Måling av straum og spenning

Vi har allereie funne ei løysning for måling av DC og AC straum/spenning med EL3773 modul frå Beckhoff. Dersom grensesnitt mellom PLS og Omicron fungerer, vil og målemodulen og fungere etter føresetnadane. Modulen for måling av AC og DC er viktig for at simulatoren skal fungere.

9 Konklusjon

Hovudmålet i dette prosjektet var å prosjektere ein mobil kraftverkssimulator som kan styrast ved hjelp av PLS. Grunnlaget for dette prosjektet er oppdragsgjevars ønskje om å verifisere kvaliteten til nye kontrollanlegg i vasskraftstasjonar. For å nå vårt hovudmål sette vi oss inn i korleis eit kraftverk fungera. Vi har tileigna oss mykje kunnskap ved å studere dokumentasjonen frå Hove kraftverk, og ved å besøke kraftverk. På det eine besøket fekk vi observere stopp og start av Sunnfjord Energi sitt kraftverk på Mo i Førde kommune. Vi fekk då sjå heile forlaupet til anlegget. Dokumentasjon for Hove kraftverk har blitt brukt som utgangspunkt ved prosjektering av kraftverksimulatoren.

Fleire løysingar har vore vurdert utifrå tekniske, økonomiske og plasskrevjande kriterie. Vi har hatt hovudfokus for på å finne gode løysingar som skapar eit driftssikkert samspel mellom dei ulike komponentane i kraftverksimulatoren. I tillegg til prosjektering av ein «kraftverksimulator» har vi utarbeidd eit PLS program som gjev simulatoren funksjonar som illustrerer eit reelt vasskraftverk sine sekvensar. Den endelege løysinga som er presentert oppfyller måla og spesifikasjonane som er utarbeida i samarbeid med oppdragsgjevar og styringsgruppe for prosjektet.

Under «tekniske løysingar» har vi presentert forslag knytt kraftverksimulatoren sine komponentar. Vi har konkludert med at PLS frå produsenten Beckhoff med digitale inn- og utgangsmodular, straumforsyning, HMI-trykkskjerm og potensialfrie relé for beskyttelse av PLS-utstyret vil være den beste løysinga. Testutstyret CMC 356 frå Omicron er trekt fram som metode for å skape straum og spenning som simulerar aktive komponentar i kraftverket. Grunna økonomiske utfordringar vart Omicron ekskludert frå prosjektet, men gjev anbefaling til prosjektgrupper som vil vidareutvikle konseptet om å implementere dette i simulatoren.

Prosjektering er utført ved hjelp av vurderingar av ustyr mot brukarbehov, kalkulasjon av energitekniske storleikar, behovsanalyse av materiell, teikning i AutoCAD og bruk av teknisk dokumentasjon. Programmering er gjort etter erfaringsmessige kunnskapar og rettleiing frå faglærar.

Avgrensing av oppgåva vart gjort i tida før levering av forprosjektsrapport. Grunnlaget for dette var opprinnlege oppgåve sin storleik som krev fleire timar enn rammene opnar for. Gruppa bestemde seg for å jobbe mot ei mindre mål og fokusere på kvalitet i arbeidet istadenfor ei oppgåve som gav

preg av «hastearbeid» i negativ forstand. Vi meina at kvaliteten på det arbeidet som er gjennomført er godt og at dette er tilstrekkeleg dokumentert. Velovervegde val gjort etter kravspesifikasjonar frå oppdragsgjevar, resurskrevjande utarbeiding av funksjonsbeskriving med tilhøyrande PLS program og løysingsframlegg for slutføring av simulator er blant delane som utmerkar seg. Måla for oppgåva er nådd og læringsutbyttet på tvers av studieretningane er stort.

10 Administrasjon av prosjektet

10.1 Organisering

Figur 30. viser organisasjonsstrukturen for prosjektet. Prosjektorganiseringa har vore delt inn i tre nivå; oppdragsgjevar, styringsgruppe og prosjektgruppe.



Figur 30. Organisasjonsstruktur.

10.1.1 Oppdragsgjevar

Oppdragsgjevar er Sunnfjord Energi AS. Dei er eit kraftselskap med kraftproduksjon, drift og bygging av nett og sal av kraft til bedrifter og hushald. SEAS er delt inn i fire avdelingar; stasjon, nett, marknad og administrasjon. SEAS har 10 kraftverk med totalt 14 aggregat. Årsresultatet for 2015 var på 35,5 millionar kr.



Figur 31. Sunnfjord Energi logo [18].

10.1.2 Styringsgruppa

Styringsgruppa har eit overordna ansvar i forhold til gjennomføringa av dette prosjektet. Gruppa har som oppgåve å drøfte og ta viktige avgjersler. Den er samansett følgande:

Tabell 3. Kontaktinformasjon for styringsgruppa.

Kjell Johnny Kvamme	Ekstern rettleiar. Kontaktperson frå SEAS	kjell.johnny.kvamme@sunnfjordenergi.no
Joar Sande	Prosjektansvarleg	joar.sande@hvl.no
Nils Westerheim	Rettleiar EEM	nils.westerheim@hvl.no
Johannes Møgster	Rettleiar AUT	johannes.mogster@hvl.no
Asle Ness	Prosjektleder	ness.asle@gmail.com

10.1.3 Prosjektgruppa

Prosjektgruppa består av fire studentar som gjennomfører bacheloroppgåve i samband med ingeniørstudia «Energi, elkraft og miljø» og «Automatiseringsteknikk». Gruppa er samansett av medlemmar med ulike utdanning og arbeidsbakgrunn. Atle Jostein Rauset og Stig Heggheim har bakgrunn som elektrikar, Asle Ness har bakgrunn som energimontør, medan Rakel Synnøve Ullebust har gått studiespesialisering med realfag. I denne gruppa har Asle Ness fått rolla som prosjektleder.

Tabell 4. Kontaktinformasjon for prosjektgruppa.

Asle Ness	ness.asle@gmail.com
Atle Jostein Rauset	a_rauset@hotmail.com
Rakel Synnøve Ullebust	rakelsu@stud.hisf.no
Stig Heggheim	stigh123@gmail.com

10.2 Ansvarsfordeling

Vi har hatt som mål at alle gruppedeltakarane skal få kjennskap til alle dei ulike fasane og emna dette prosjektet inneheld. Vi har fordelt hovudansvaret på dei ulike delane av prosjektet mellom gruppe medlemmane der fordelinga er basert på kvar enkelt sine kvaliteter, erfaringar og ynskjer.

Asle Ness har vore prosjektleder og har hatt hovudansvar for det administrative knytt til gjennomføringa av prosjektet. I dette inngår arbeidsfordeling og oversikt over framdrifta i forhold til fristar og framdriftsplan. Asle har vore involvert i både elkraft- og automatiseringsoppgåver for å oppnå tverrfagleg godskriving.

Atle Jostein Rauset har vore ansvarleg for kvalitetssikring av arbeidet og kraftelektronikk. Han har i tillegg utarbeidd HMI for vasskraftsimulatoren. Kvalitetssikring innebere gjennomgang av arbeidet

gruppa har gjort. Atle har saman med Asle vore involvert i både elkraft- og automatiseringsoppgåver for å oppnå tverrfagleg godskriving.

Rakel Synnøve Ullebust er dokumentasjonsansvarleg og har hovudansvar for elkraftoppgåvene. Rakel er den på gruppa som har vore hovudansvarleg for dei formelle dokumentasjonskrava til bacheloroppgåva, men har fått god hjelp av dei andre. Ettersom ho er den einaste med rein bakgrunn frå elkraft, har ho tatt seg av den mest krevjande elkraftteorien.

Stig Heggheim har hatt hovudansvaret for programmering og spesifikk automatiseringsteori. Han har hatt ei sentral rolle i den tekniske delen av prosjektet som inneberer testing og val av komponentar, som også er inkludert utarbeiding av teknisk dokumentasjon.

Kvart medlem har hatt eit ansvar for å innhente informasjon og dokumentere sitt eige arbeid. Oppdateringar og informasjon har blitt gjennomgått i fellesskap i gruppa, slik at gruppemedlemmane har hatt innsikt i dei ulike emna prosjektet omfattar. Dette er ein avgjerande faktor for at prosjektet skulle lukkast.

10.3 Arbeidsmetodar

Hovudprosjektet er utarbeidd etter ei rekke retningslinjer sett av HVL. Dette innebar arbeidskrav som blant anna forprosjektrapport, pressemelding, plakar, sluttrapport og presentasjon. Dette er mål vi har arbeidd mot gjennom heile prosjektfasen. Gruppemedlemmane har basert arbeidet stort sett på gruppearbeid med tre faste dagar i veka. Dei resterande dagane har som oftast vore sjølvstendig arbeid med kvar sine arbeidsoppgåver. Organiseringa la opp til at alle deltakarane i gruppa tok ansvar for felles mål og fastsette arbeidsoppgåver. For å unngå «skippertak» ved slutten av prosjektfasen, sette vi oss mål om at kvar student skulle arbeide 25 til 30 timar kvar veke.

Før vi gjekk i gang med arbeidet hadde vi eit møte med oppdragsgjevaren der vi fekk oversikt over kva ønskje dei hadde for produktet. Vidare blei det mykje teoretisk arbeid der vi måtte studere og sette oss inn i korleis eit vasskraftverk fungera, ettersom vasskraftsimulatoren skal sende tilsvarende signal til kontrollanlegget ved testing. Denne kunnskapen tileigna vi oss ved å besøke vasskraftverk og lese funksjonsbeskriving for Brulandsfossen kraftverk, og dokumentasjon for Hove kraftverk. Vi har lagt mest vekt på å sekvensane i Hove kraftverk ettersom det er desse vi har programmert vasskraftsimulatoren etter.

Vi har nytta skulen sitt utstyr til testing av komponentar for å bekrefte at funksjonaliteten var som ønskja. Sidan vi ikkje har bygd sjølvve testriggen har det vore lite praktisk arbeid.

Gruppa har lagt vekt på å dokumentere grundig undervegs for å halde oversikt og ha eit godt

grunnlag for sluttrapport. Dette har vi gjort ved å føre timebruk og arbeidsoppgåver kvar dag. I tillegg har vi skreve jamt i forprosjektrapporten og sluttrapporten og lagt ved kjelder etter kvart som det er blitt nytta. Vi har også vore nøyen med å halde tett dialog med rettleiarane for å få eit best mogeleg fagleg resultat.

10.4 Milepålar, Gantt

Arbeidet har forgått med utgangspunkt i milepålar gjeven av HVL og eit utarbeida Gantt-diagram av prosjektgruppa. Gantt-diagrammet er laga for å sikre ein jamn og oversiktleg framgang under prosjektperioden.

Diagrammet har vi laga ved hjelp av Microsoft Excel. I tillegg til dei milepålane som er førehandsbestemt frå HVL, har lagt inn nokon eigne milepålar etter forventet framdrift. Gantt-diagrammet har hjulpet oss å nå måla våre og halde eit jamt arbeidstempo. Milepålane gjevne av HVL er markert med oransje strekar i Gantt-diagrammet. Dette var fristar som måtte haldast for å få prosjektet godkjend. Våre eigne milepålar er derimot vegleiande. Gantt-diagrammet har blitt justert ved uforutsette hendingar. Framdriftsplanen er presentert i vedlegg 24. Oversikt over milepålane er presentert i vedlegg 25.

10.5 Møteplan

Det vart lagt opp til møte for styringsgruppa kvar 14. dag. Dette for å halde god kontakt med styringsgruppa og gje dei jamleg oppdatering. Dei fekk då ei betre oversikt over kvar i prosjektet vi var komen, og kva som blei neste steg. I tillegg kom dei med rettleiing ved behov. Ved eit par tilfelle har møtet blitt avlyst då det ikkje har vore behov. Til alle møta i styringsgruppa er det blitt skriva møteinnkalling og møtereferat. Møteplanen for styringsgruppa kan finnast i vedlegg 26. Møteinnkallingar og referat er presentert i vedlegg 27.

Prosjektgruppa har gjennomført uformelle prosjektmøter kvar veke der vi har diskutert status, utfordringar og plan for vidare arbeid. Det er ikkje skreve noko innkalling eller referat frå desse møta. I dei tilfella det er blitt tatt viktige avgjersler, er dette blitt lagt ut på nettstaden vår. På den måten har også styringsgruppa halde seg oppdatert.

10.6 Dokumentstyring

10.6.1 OneDrive

I dette prosjektet har vi valt å nytte oss av OneDrive og Office-pakken med 2016 versjon. OneDrive er ei nettlagringsteneste med funksjonar som gjer det mogeleg å samarbeide om eit dokument på forskjellige datamaskiner samtidig, utan at det skapar duplikat. OneDrive gjev i tillegg fordelene med

at alt er trygt lagra digitalt på nett, samt at ein kan arbeide på dokument så lenge ein har internettilkopling. Kvart enkelt gruppemedlem fekk med denne tenesta betre oversikt over prosjektet og større valmogelegheit av arbeidsplass.



Figur 32. OneDrive logo [19].

10.6.2 AutoCAD

AutoCAD er ein applikasjonsprogramvare for 2D og 3D konstruksjonar. Dette verktøyet kan brukast til å designe teikningar, og ulike konstruksjonar innanfor til dømes verktøy og bygningar.

Ein stor fordel med AutoCAD er gratislisensen for studentar. For å forberede oss til bacheloroppgåva deltok heile gruppa på eit 30 timar AutoCAD-kurs i haust. Der vi fekk god innføring i grunnleggande funksjonar og verktøy, både i 2D og 3D-teikning.

Vi har nytta AutoCAD ved teikning av koplingsskjema og oversiktsskisse av kraftverksimulatoren. Desse to finn ein som figur 3 – oversiktsskisse, og figur 4 – koplingsskjema.



Figur 33. AutoCAD logo [20].

10.6.3 Adobe Photoshop

Adobe Photoshop er eit dataverktøy for avansert redigering av bilete. Vi valde å bruke Photoshop til å designe plakat, då gruppa hadde kjennskap til dette verktøyet frå før. Plakaten har vi lagt ved, og ein finn den som vedlegg 28.



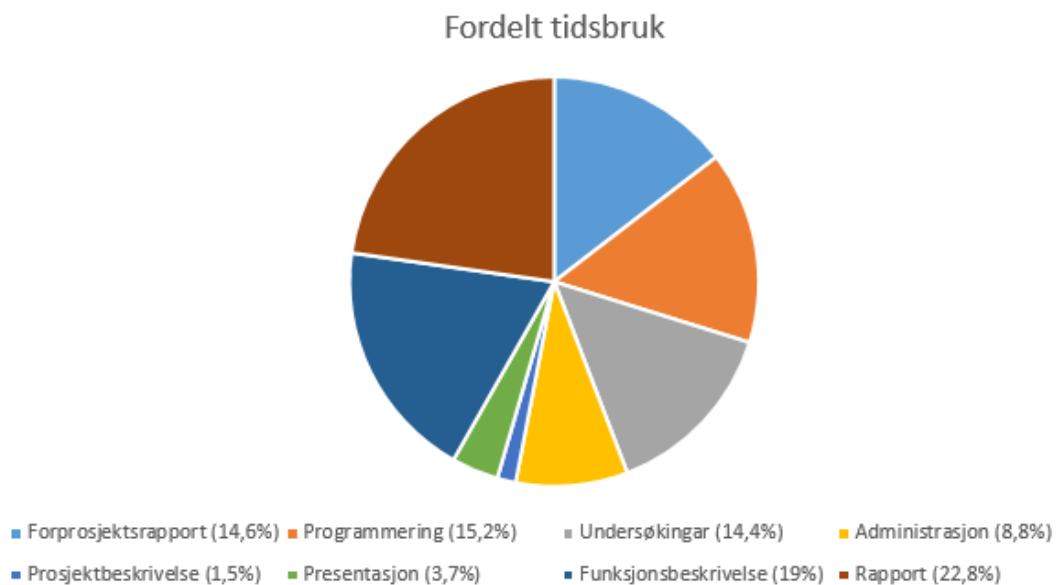
Figur 34. Adobe Photoshop logo [20].

10.7 Tidsressursar

Hovudprosjektet ved HVL gjev, ved godkjend resultat, 20 studiepoeng. Til dette er det frå HVL berekna ei disponibel tid på 500 timar på kvart gruppemedlem. Vi har difor tatt utgangspunkt i 2000 timar for heile prosjektet. For å nytte desse timane best mogeleg laga vi til Gantt-diagram. Dette har vi nytta aktivt under arbeidet med oppgåva, for å sørge for at vi fullførte måla våre.

Det er ikkje sett noko grense for kor mykje tid det skal setjast av til kvar enkelt del av prosjektet, men Gantt-diagrammet som er utarbeidd viser kva dato dei ulike fasane skal vere avslutta. Grunna ulike utfordringar vi møtte på undervegs blei det enkelte justeringar. Det største avviket er knytt til funksjonsbeskrivinga, vi måtte begynne på nytt med denne ettersom det blei endring i rammene for prosjektet. Undervegs har vi loggført tidsbruken kvar dag i prosjektdagboka. Vi har då oppsummert kva oppgåve ein har arbeidd med og kor lenge.

GANTT-diagrammet er presentert i vedlegg 23 og prosjektdagboka er presentert i vedlegg 29. Ein ser på figur 35 korleis tidsbruken for prosjektgruppa er fordelt.



Figur 35. Sektordiagram av tidsbruk.

10.8 Økonomi

Ved forprosjektet blei det utarbeid eit budsjett for sjølve prosjektet. Budsjettet inneheld utgifter til transport, komponentar til testing og undersøking og andre utgifter knytt til gjennomføring av prosjektet. I tillegg er det laga til rekneskap for prosjektet som viser kva den endelege utgifta ved prosjektet blei. Budsjettet er presentert i vedlegg 30. og rekneskapen i vedlegg 31.

Vi har også laga eit prisoverslag for kva det vil koste å bygge kraftverkssimulatoren. Vi har då tatt utgangspunkt i prisane vi har fått frå leverandørar og prisar vi har funne på nettsidene deira. Prisoverslaget for kraftverkssimulatoren er lagt i lukka vedlegg sidan vi operera med studentprisar. Dette kan finnast i vedlegg 32.

10.9 Prosjektnettstad

I tilknytning til hovudprosjektet skal det i starten av prosjektperioden opprettast ein nettstad for prosjektet. Denne skal kontinuerleg oppdaterast med status og nyhende for prosjektet. På nettstaden har vi delt dokument undervegs som forprosjektrapport, pressemelding, plakat og sluttrapport. Vi har i tillegg lagt ut status for prosjektet kvar torsdag.

Utforminga av nettstaden er gjort i Webnode, som er eit gratis og enkelt publiseringsverktøy på web. Det viktigaste med nettstaden er at den gjev eit profesjonelt uttrykk og funksjonalitet for våre lesarar.

Nettstaden kan finnast på: <http://kraftsim.webnode.com>

10.10 Risikostyring

Ei risikoanalyse er eit verktøy vi nyttar oss av til å kartlegge og beskrive kritiske suksessfaktorar for hovudoppgåva. Denne analysa er retta mot risiko knytt til gjennomføring av krav som HVL set, og har ikkje samband med den fysiske simulatoren. Risikoanalyse viser kva vi forventar å støyte på av problem og farar under utføringa av prosjektet. Føremålet med å utarbeide denne er å hindre at personar og materiell skal kome til skade og at ein skal kome i mål med prosjektarbeidet ved å sikre kontinuerleg framdrift. Sidan oppgåva vår er teoretisk retta har det ikkje vore noko vesentleg fare for personskadar eller materielle skadar.

Risiko vert kalkulert etter kriteriet:

Sannsynet for at hendinga inntreff * konsekvensen av at det inntreff.

Faktorane sannsyn og konsekvens er numerisk skalert frå 1-5, der 1. er ubetydeleg, medan 5. er alvorleg. Tar ein produktet av desse to faktorane kan ein oppnå ein maksimalverdi på 25. For kvar post i risikovurderinga er det gruppedeltakarane som kritisk har skalert dei ulike faktorane opp mot forventningar og utført planleggingsstadie.

Førebyggjande tiltak må gjerast dersom risikofaktoren vert høg. Tiltak skal utførast dersom risikoverdien kjem over grense fastsett av gruppedeltakarane. Verdier mellom 1-7 blir sett på som lav risiko, der ein ikkje ser behov for å gjere tiltak. Ved ein risikoverdi på eller over 8 skal tiltak utarbeidast og utførast for å senke risikoen. Dersom risiko vert vurdert 15. eller meir skal det

utarbeidast tiltak og plan for oppfølging av desse, ettersom vi ser på dette som alvorleg. utfordringar for prosjektet i HMT samanheng er lista opp i vedlegg 33.

10.11 Prosjektevaluering

10.11.1 Gruppeprosess og kommunikasjon

Ved tidlegare gruppearbeid har gruppemedlemmane i dette prosjektet jobba saman. Vi kjenner difor til kvarandre sine sterke sider, og har fordelt arbeidet ut ifrå det.

I situasjonar der vi har vore usamde, har vi hatt diskusjonar i gruppa og funne ordningar på dette saman. For å halde ein god kommunikasjon i prosjektgruppa har vi arbeid saman på grupperom måndag til onsdag. I tillegg har vi ein gruppesamtale på «Facebook» der vi har tatt opp mindre utfordringar vi har støytt på.

Kommunikasjonen med styringsgruppa har hovudsakleg føregått via styringsgruppemøta. I tillegg har vi sendt e-post eller ringt ved behov.

Før prosjektgruppa starta arbeidet med oppgåva hadde vi ei målsetjing om å tileigne oss mest mogeleg kunnskap. I tillegg var alle i prosjektgruppa innstilt på å legge ein god innsats i oppgåva for å oppnå best mogeleg karakter.

Vi synast samarbeidet i prosjektgruppa og styringsgruppa har fungert godt, noko som har bidrege til at vi sit igjen med gode resultat.

10.11.2 Utfordringar

Prosjektgruppa har støytt på fleire utfordringar. Desse har blitt diskutert med styringsgruppa for å finne dei beste løysingane. Dei største utfordringane var:

- Avgrensing av oppgåva
- Programmering
- Val av komponentar
- Design av HMI-grensesnitt

Avgrensing av oppgåva

Den største utfordringa i dette prosjektet var å avgrense oppgåva. Utifrå oppgåva vi fekk frå oppdragsgjevar skulle vi lage ein komplett testtrigg som fungera for alle kraftverk. Vi var komen eit godt stykke ut i prosjektperioden før vi innsåg at dette blei for mykje. Etter råd frå rettleiaren vår, Nils Westerheim, bestemte vi oss for å ta utgangspunkt i Hove kraftverk.

Etter kvart bestemte vi oss også for at vi ikkje skulle byggje testtriggen då dette viste seg å ville bli langt over vore kostnads- og tidsrammer. Sidan vi var komen eit godt stykke ut i prosjektet før vi tok

desse vala, førte det til at vi har brukte ein del tid på undersøkingar som ikkje vert del av det synlege resultat av prosjektet. Likevel ser vi på dette som nyttige erfaringar som vi vil ta med oss vidare i arbeidslivet.

Programmering

Programmeringa gjekk stort sett utan store utfordringar, men nokre var det. Blant anna var det litt utfordrande å programmere dei mest avanserte komponentane i simulatoren. Ein anna utfordring var å programmere kommunikasjonen mellom det digitale potensiometeret og PLS. Ein måtte då først setje seg inn i korleis kommunikasjonen fungerte, deretter programmere PLS etter korleis kommunikasjonen mellom dei fungerte. Dette kravde fleire rundar med korrigeringar før potensiometer og PLS «snakka saman».

Val av komponentar

Arbeidet med å finne og undersøke aktuelle komponentar til prosjektet var ein møysommeleg prosess. Det vart sett opp ein plan på korleis vi kunne finne ei alternativ løysing til Omicron kraftelektronikk. Komponentar til denne løysinga måtte finnast og undersøkast opp mot løysinga vi ynskte. Dette var utfordrande då fleire aspekt med kvar enkelt komponent måtte samanliknast.

Under arbeidet måtte produsentar/grossistar av utstyret kontaktast for å bekrefte om utstyret hadde ønskja funksjonar. Ein måtte då være heilt sikker på at ein hadde kontroll på kva funksjonen til komponenten skulle være, og korleis denne skulle «snakke saman» med PLS-en vi hadde valt, dette var utfordrande å setje seg inn i. På den ande sida var Omicron eit komplett utstyr. Problemet med dette var at det var veldig omfattande å setje seg inn i alle delar av kraftelektronikken. Under engelsk dialog med Omicron sitt hovudkontor var det og vanskeleg å beskrive og få svar på alt vi lurte på kring dette utstyret. Etter mykje dialog kom vi i kontakt med ein norsk seljar for Omicron som sette oss i kontakt med fleire fagpersonar i miljøet. Dei hadde lite erfaring med å kople dette mot PLS som var vår tanke, og vi måtte dermed undersøke mykje kring dette på eigahand for å kome fram til konklusjon.

Design av HMI-grensesnitt

Etter lite grunnkunnskap kring design av HMI-grensesnitt, var det utfordrande å byggje opp skjermbilete som skulle fungere for alle brukargrupper. Ved hjelp av Beckhoff sine forklaringar på heimesida, blei funksjonar i biblioteket til TwinCAT plukka ut for å passe våre mål for HMI. Fagstoff blei nytta som kjelde til dei store delane av oppbygginga. Plasseringa av dei ulike delane blei gjort ved hjelp av «prøve og feile» metoden og med korrigert plassering i X og Y retning i koordinatsystemet, for optimal plassering. Ved bruk av ekstra tidsresursar og tilbakemeldingar frå gruppa og rettleiar,

kom ein fram til eit resultat ein kunne være nøgd med. Detaljert utforming blei gjort ved å prøve dei ulike innstillingane som låg i kvar av funksjonane.

HMI er ein viktig del av prosjektet fordi den skal vise grafisk korleis simulatoren fungera for brukarar og interessentar for prosjektet. Utfordrande, men kjekt når ein får det til! Der utfordringane har vore størst, har vi henta inn kunnskap frå eksterne fagpersonar for å løyse problema vi har hatt. Ekstra tidsbruk har stort sett vore løysinga på dei utfordringane vi har hatt, med at vi har gjort konkrete undersøkingar mot problema for å løyse desse. Det er av utfordringane våre vi har lært mest av i prosjektet.

10.11.3 Utbyte av prosjektet

Dette prosjektet har vore utfordrande, lærerikt og spennande. Vi har fått utvikla oss både individuelt og som gruppe under prosjektarbeidet. Vi har tileigna oss ny kunnskap rundt vasskraftverk, programmering og komponentar som vi har undersøkt under arbeidet med kraftverksimulatoren. Vi har blant anna vore på omvising på to av Sunnfjord Energi sine kraftverk, der vi ved det eine besøket fekk stoppe og starte anlegget. I tillegg har vi fått nytta mykje av teorien frå fleire av emna i studia ved prosjektering av kraftverksimulatoren.

I tidlegare semester har vi hatt mindre prosjekt, og har derfor erfaring med prosjektarbeid. Vi har tatt med oss erfaringar frå tidlegare, og har derfor vore nøyen med å planlegge og dokumentere jamt gjennom heile prosjektet. Det har likevel vore lærerikt å jobbe med dette prosjektet då vi har hatt ein ekstern rettleiar og vore i kontakt med ulike leverandørar, noko som ikkje har vore tilfelle ved tidlegare prosjekt.

11 Referansar

- [1] A. V. o. K. Hofstad, «snl.no/vannkraft,» Store norske leksikon, 19. April 2016. [Internett]. Available: <https://snl.no/vannkraft>. [Funnet 30. April 2017].
- [2] O. F. o. A. Brimi, «NTNU.no,» [Internett]. Available: <http://web.phys.ntnu.no/~stovneng/FY1303NY/prosjekt/vannkraft.pdf>. [Funnet 19 April 2017].
- [3] Statkraft, «Statkraft.no,» [Internett]. Available: <http://www.statkraft.no/Energikilder/vaare-kraftverk/norge/Hove/>. [Funnet 19 April 2017].
- [4] Store norske leksikon, «FPGA,» 4 Februar 2010. [Internett]. Available: <https://snl.no/FPGA>. [Funnet 16 Mai 2017].
- [5] Beckhoff, «Beckhoff.com-EL1008,» [Internett]. Available: http://download.beckhoff.com/download/document/catalog/main_catalog/english/separate-pages/EtherCAT/el1008.pdf. [Funnet 4 April 2017].
- [6] Beckhoff, «Beckhoff.com-EL2008,» [Internett]. Available: https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/separate-pages/EtherCAT/el2008.pdf. [Funnet 4 April 2017].
- [7] Beckhoff, «Beckhoff.com - CP2916-0000,» [Internett]. Available: <http://www.beckhoffautomation.com/english.asp?highlights/multitouch/default.htm>. [Funnet 20 April 2017].
- [8] Omron, «Elfa distrelec,» Omron, [Internett]. Available: https://www.elfadistrelec.no/no/interface-relay-omron-industrial-automation-g2rv-sl500-24-vdc/p/13690128?q=*&filter_Buyable=1&filter_Category6=G2RV&filter_Category5=Rel%C3%A9grensennittmoduler%2C+6%2C2+mm&filter_Category3=I%2FU-moduler+og+grensennittrel%C. [Funnet 4 April 2017].
- [9] Omicron, «omicronenergy.com,» [Internett]. Available: <https://www.omicronenergy.com/en/products/all/secondary-testing-calibration/cmc-356/>. [Funnet 07 Mai 2017].
- [10] N. Instruments, «National Instruments,» [Internett]. Available: <http://norway.ni.com/labview>. [Funnet 07 Mai 2017].
- [11] IEC, «Schneider-electric,» IEC, [Internett]. Available: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/60793-iec-61850-standard/>. [Funnet 18 April 2017].
- [12] A. Gylseth, «PT 100 Elementet,» elektrofaq.info, [Internett]. Available: <http://w3.elektrofaq.info/instrumentering/pt100>. [Funnet 2 Mai 2017].

- [13] Elfa Distrelec, «Potensiometer 1 kOhm, AD8400ARZ1,» [Internett]. Available: <https://www.elfadistrelec.no/no/potensiometer-ic-kohm-so-analog-devices-ad8400arz1/p/17322444?q=173-22-444&page=1&origPos=1&origPageSize=50&simi=98.0>. [Funnet 27 April 2017].
- [14] «Controlling a Digital Potentiometer Using SPI,» [Internett]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPotControl>. [Funnet 25 Januar 2017].
- [15] Beckhoff, «Beckhoff.com - EL3773,» [Internett]. Available: http://download.beckhoff.com/download/document/catalog/Main_Catalog/english/separate-pages/EtherCAT/el3773.pdf. [Funnet 4 April 2017].
- [16] PLCopen, «PLCopen,» [Internett]. Available: http://www.plcopen.org/pages/promotion/publications/downloads/intro_iec_march2013.pdf. [Funnet 2 Mai 2017].
- [17] Beckhoff, «Beckhoff.com - GVL,» [Internett]. Available: https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tc3_plc_intro/18014398645438091.html&id=. [Funnet 07 Mai 2017].
- [18] D. O. I. N. o. E. H. Bill Hollifield, i *The High performance HMI handbook*, Huston, 360 Bigital Books, 2008, pp. 37-70.
- [19] OneDrive, «Droid life,» 27 Oktober 2014. [Internett]. Available: <http://www.droid-life.com/tag/onedrive/>. [Funnet 20 April 2017].
- [20] AutoCad, «2020iscoming.info,» [Internett]. Available: <http://2020iscoming.info/else/autocad-2017-logo.coming>. [Funnet 03 Mai 2017].
- [21] Beckhoff, «Beckhoff.com - Bilde CP29XX,» [Internett]. Available: <http://www.beckhoffautomation.com/english.asp?highlights/multitouch/default.htm>. [Funnet 20 April 2017].
- [22] PULS, «Elfa Distrelec,» 19 April 2017. [Internett]. Available: https://www.elfadistrelec.no/no/switch-mode-stromforsyning-for-din-skinne-puls-cs5-241/p/16996519?channel=b2c&price_gs=1516.25&wt_mc=no.cse.gshop.no.-&source=googleps&pup_e=1&pup_cid=35879&pup_id=16996519&gclid=Cj0KEQjwxPbHBRCd xJLF3qen3dYBEiQAMRyxS3uH0jHo.
- [23] I. Pettersen, «Pettersen.no,» [Internett]. Available: http://www.pettersen.no/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=33&category_id=8&option=com_virtuemart&Itemid=40. [Funnet Januar 25 2017].
- [24] U. a. ltd, «Elfa distrelec,» [Internett]. Available: <https://www.elfadistrelec.no/no/effektregulator-apne-ual-united-automation-ltd-604b/p/17205313?q=effekt+regulator+vac+604&page=2&origPos=2&origPageSize=50&simi=90.61>. [Funnet 1 Februar 2017].

- [25] S. Energi, «Sunnfjordenergi.no,» [Internett]. Available: <https://www.sunnfjordenergi.no/>. [Funnet 20 April 2017].
- [26] A. Photoshop, «Adobe photoshop,» [Internett]. Available: <https://adobe-photoshop.softonic.com/>. [Funnet 4 Mai 2017].
- [27] Beckhoff, «Beckhoff.com - CX5140,» [Internett]. Available: <http://www.tpautomation.de/Automation-systems/Beckhoff-Embedded-PCs/Series-CX5100/CX5140/CX5140-0100-CPU-Module-w/o-operating-system-w/o-TwinCAT::32762.html>. [Funnet 4 April 2017].
- [28] Beckhoff, «Beckhoff CX5100-serien,» Beckhoff, [Internett]. Available: https://www.beckhoff.com/english.asp?embedded_pc/cx5100.htm. [Funnet 4 Mai 2017].
- [29] Beckhoff, «Beckhoff - EL2124,» [Internett]. Available: <https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el2124.htm>. [Funnet 20 April 2017].

12 Vedlegg

Vedlegg 1 - Funksjonsplan Hove kraftverk (lukka)

Vedlegg 2 - Bacheloroppgåve-Sunnfjord-Energi-Aggregatsimulator

Vedlegg 3 - IO liste

Vedlegg 4 - Relé liste

Vedlegg 5 - HMI liste

Vedlegg 6 - Funksjonsbeskrivelse

Vedlegg 7 - Datablad Beckhoff CX5140

Vedlegg 8 - Datablad Beckhoff EL1008

Vedlegg 9 - Datablad Beckhoff EL2008

Vedlegg 10 - Utklipp frå datablad Beckhoff CP29XX

Vedlegg 11 - Utklipp frå datablad Omron G2RV

Vedlegg 12 - Utklipp frå datablad PULS CS5.241

Vedlegg 13 - Datablad Omicron CMC 256plus

Vedlegg 14 - Datablad Omicron CMC 356

Vedlegg 15 - Utklipp frå datablad Analog Devices AD8400

Vedlegg 16 - Programmering PT100

Vedlegg 17 - Utklipp frå datablad Pettersen PAC35

Vedlegg 18 - Datablad United Automation Limited CSR-series

Vedlegg 19 - Datablad Belotti Variatori SRL

Vedlegg 20 - Datablad Beckhoff EL3773

Vedlegg 21 - Programmering kraftverksimulator (lukka)

Vedlegg 22 - HMI Kraftverksimulator

Vedlegg 23 - Testrapport kraftverksimulator

Vedlegg 24 - Gantt-diagram

Vedlegg 25 - Milepålar

Vedlegg 26 - Møteplan

Vedlegg 27 - Møteinncalling og -referat

Vedlegg 28 - Plakat

Vedlegg 29 - Prosjektdagbok

Vedlegg 30 - Budsjett

Vedlegg 31 - Rekneskap

Vedlegg 32 - Prisoverslag (lukka)

Vedlegg 33 - Risikoanalyse

Vedlegg 34 - Prosjektbeskriving

Vedlegg 35 - Pressemelding

Vedlegg 36 - Forprosjektsrapport

Vedlegg 37 - Prosjektavtale

Bacheloroppgåver Sunnfjord Energi

Oppgåve 1 – Aggregat-simulator

Fag: Automasjon og Elkraft (minst ein frå kvart fag)

Tal personar: 3-4

Avdeling: Produksjon

Vegleiar: Kjell Johnny Kvamme

95 98 90 33

kjell.johnny.kvamme@sunnfjordenergi.no

Budsjett: 100'

Eigar av resultat: Sunnfjord Energi AS

Tema: #Turbinregulator #Kontrollanlegg #PLS #Kraftelektronikk #Funksjonsbeskrivelse #FAT #Testing #Testtrigg

Bakgrunn

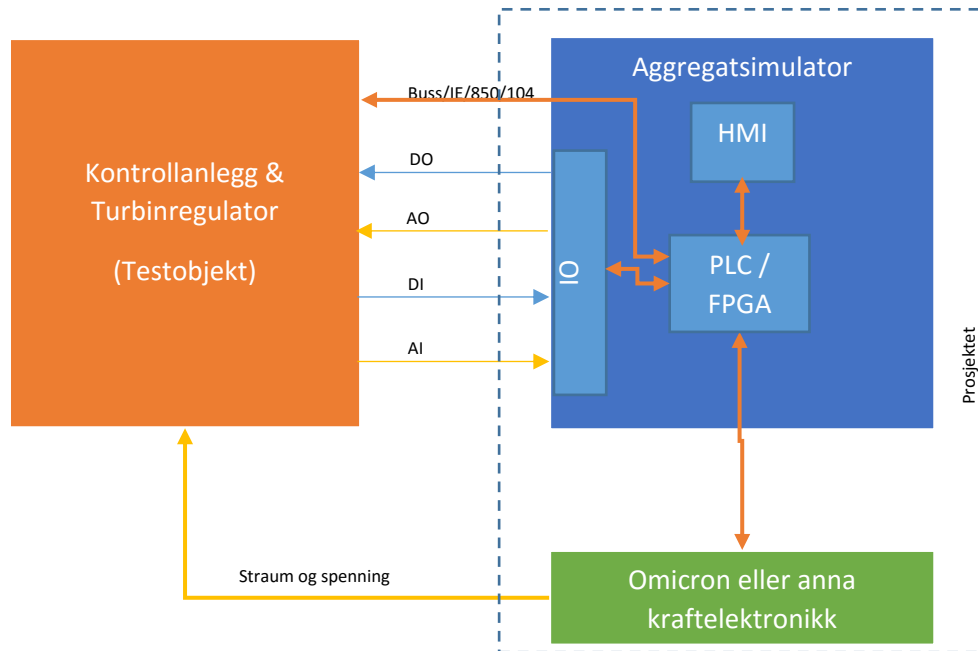
Sunnfjord Energi AS har ti kraftstasjonar med totalt fjorten aggregat. Vi er godt i gong med ein langtidsplan for å modernisere og oppgradere kraftstasjonane. I tillegg til større revisjon av turbin og generator er det også vanlig å bytte ut kontrollanlegg og alle hjelpesystem. Vi ser at det er vanskeleg å teste ut kontrollanlegg og turbinregulator i forbindelse med FAT (Factory Acceptance Test). Vi ønskjer derfor å få bygt ein aggregatsimulator som simulerer eit kraftverk.



Figur 1 Typisk kontrollanlegg i ein kraftstasjon.

Problemstilling

Vi ser føre oss ein PLS- eller FPGA-styrt simulator som tar i mot signal frå kontrollanlegget som skal testast. Simulatoren skal so gi signal tilbake slik eit aggregat ville gjort i ein kraftstasjon. I tillegg ønskjer vi eit grensesnitt for å konfigurere type turbin og andre karakteristika ved anlegget som skal testast samt kommunikasjon med kontrollanlegget. I dette grensesnittet må det og vere mogleg å sende typiske feilsignal til kontrollanlegget. Labview kan vere eit slikt grensesnitt.



Figur 2 Forslag til systemskisse for ein aggregatsimulator.

For å løyse denne oppgåva må ein ha kompetanse både om korleis ein vasskraftturbin og -generator fungerer for å lage ein funksjonsbeskrivelse av virkemåten. Til å simulere straumen som kjem ut av generatoren må det nyttast utstyr som kan simulere tre fase spenning og straumsignal. Vi ønskjer ein testtrigg som er mobil, dvs. montert i ei løysning som enkelt kan sendast når ein skal på reise.

Vegleiar og representant frå høgskulen skal utgjere styringsgruppa i prosjektet. Styringsgruppa skal gi tilsagn til økonomiske disposisjonar.

Forslag til prosjektfasar:

1. Moglegheitsstudie
Hensikta med denne prosjektfasen er å gjere seg kjent med problemstillinga og finne ulike konsept for utstyr som kan nyttast til oppgåva.
2. Funksjonsbeskrivelse
Lage ein funksjonsbeskrivelse for Aggregatsimulatoren sin funksjon og grensesnitt.
3. Design av HW & SW
Design av «testtrigg»
4. Montering og programmering av «testtrigg»

Ved prosjektoppstart skal ein gjennomføre ein workshop der ein går igjennom problemstillinga og vurdere prosjektfasane som er føreslått. Det må og definerast mål, milepålar, kontrollstasjonar og styringsdokument for prosjektet.

IO liste

Tag	Comment	IO type	EtherCAT Device	Module type	Slot	Channel	NO/NC	Input type	Output type	PLC declaration
AvAnl_EffBrInn	Effektbrytar inn	DI	1	EL1008	1	1	NO	24V		xAvAnl_EffBrInn AT %I* : BOOL ; (* Effektbrytar inn *)
AvAnl_EffBrUt	Effektbrytar ut	DI	1	EL1008	1	2	NO	24V		xAvAnl_EffBrUt AT %I* : BOOL ; (* Effektbrytar ut *)
AvAnl_JBrInn	Jordbrytar inn	DI	1	EL1008	1	3	NO	24V		xAvAnl_JBrInn AT %I* : BOOL ; (* Jordbrytar inn *)
AvAnl_JBrUt	Jordbrytar ut	DI	1	EL1008	1	4	NO	24V		xAvAnl_JBrUt AT %I* : BOOL ; (* Jordbrytar ut *)
AvAnl_SkBrInn	Skillebrytar inn	DI	1	EL1008	1	5	NO	24V		xAvAnl_SkBrInn AT %I* : BOOL ; (* Skillebrytar inn *)
AvAnl_SkBrUt	Skillebrytar ut	DI	1	EL1008	1	6	NO	24V		xAvAnl_SkBrUt AT %I* : BOOL ; (* Skillebrytar ut *)
AvAnl_SynkInn	Synkronisering innkoples	DI	1	EL1008	1	7	NO	24V		xAvAnl_SynkInn AT %I* : BOOL ; (* Synkronisering innkoples *)
Brems_Start	Bremser innkoples	DI	1	EL1008	1	8	NO	24V		xBrems_Start AT %I* : BOOL ; (* Bremser innkoples *)
Brems_Stopp	Bremser utkoples	DI	1	EL1008	2	1	NO	24V		xBrems_Stopp AT %I* : BOOL ; (* Bremser utkoples *)
Gen_LastNed	Lastreferanse: Ned	DI	1	EL1008	2	2	NO	24V		xGen_LastNed AT %I* : BOOL ; (* Lastreferanse: Ned *)
InnVent_Lukke	Lukke inntaksluke	DI	1	EL1008	2	3	NO	24V		xInnVent_Lukke AT %I* : BOOL ; (* Lukke inntaksluke *)
InnVent_Opne	Opne inntaksluke	DI	1	EL1008	2	4	NO	24V		xInnVent_Opne AT %I* : BOOL ; (* Opne inntaksluke *)
KjolSys_Lukke	Lukke kjølevassventil	DI	1	EL1008	2	5	NO	24V		xKjolSys_Lukke AT %I* : BOOL ; (* Lukke kjølevassventil *)
KjolSys_Opne	Opne kjølevassventil	DI	1	EL1008	2	6	NO	24V		xKjolSys_Opne AT %I* : BOOL ; (* Opne kjølevassventil *)
Rotloft_Start	Rotorløft start	DI	1	EL1008	2	7	NO	24V		xRotloft_Start AT %I* : BOOL ; (* Rotorløft start *)
Rotloft_Stopp	Rotorløft av	DI	1	EL1008	2	8	NO	24V		xRotloft_Stopp AT %I* : BOOL ; (* Rotorløft av *)
Tilegg_HovudreleAv	Hovedrele stopp	DI	1	EL1008	3	1	NO	24V		xTilegg_HovudreleAv AT %I* : BOOL ; (* Hovedrele stopp *)
Tilegg_HovudrelePa	Hovedrele drift	DI	1	EL1008	3	2	NO	24V		xTilegg_HovudrelePa AT %I* : BOOL ; (* Hovedrele drift *)
Tilegg_StillstReleAv	Stillstandsrele stopp	DI	1	EL1008	3	3	NO	24V		xTilegg_StillstReleAv AT %I* : BOOL ; (* Stillstandsrele stopp *)
Tilegg_StillstRelePa	Stillstandsrele drift	DI	1	EL1008	3	4	NO	24V		xTilegg_StillstRelePa AT %I* : BOOL ; (* Stillstandsrele drift *)
TReg_HLukkStart	Hurtiglukker start	DI	1	EL1008	3	5	NO	24V		xTReg_HLukkStart AT %I* : BOOL ; (* Hurtiglukker start *)
TReg_HLukkStopp	Hurtiglukker stopp	DI	1	EL1008	3	6	NO	24V		xTReg_HLukkStopp AT %I* : BOOL ; (* Hurtiglukker stopp *)
TReg_Start	Turbinregulator start	DI	1	EL1008	3	7	NO	24V		xTReg_Start AT %I* : BOOL ; (* Turbinregulator start *)
TReg_Stopp	Turbinregulator stopp	DI	1	EL1008	3	8	NO	24V		xTReg_Stopp AT %I* : BOOL ; (* Turbinregulator stopp *)
UReg_FeltBrInn	Feltbrytar Inn	DI	1	EL1008	4	1	NO	24V		xUReg_FeltBrInn AT %I* : BOOL ; (* Feltbrytar Inn *)
UReg_FeltBrUt	Feltbrytar ut	DI	1	EL1008	4	2	NO	24V		xUReg_FeltBrUt AT %I* : BOOL ; (* Feltbrytar ut *)
VSys_Lukke	Lukke ventilsystem	DI	1	EL1008	4	3	NO	24V		xVSys_Lukke AT %I* : BOOL ; (* Lukke ventilsystem *)
VSys_Opne	Opne ventilsystem	DI	1	EL1008	4	4	NO	24V		xVSys_Opne AT %I* : BOOL ; (* Opne ventilsystem *)
AvAnl_EffBrInne	Effektbrytar inne	DO	1	EL2008	5	1	NO		24V	yAvAnl_EffBrInne AT %Q* : BOOL ; (* Effektbrytar inne *)
AvAnl_EffBrSkj	Effektbrytar inn frå skjerm	DO	1	EL2008	5	2	NO		24V	yAvAnl_EffBrSkj AT %Q* : BOOL ; (* Effektbrytar inn frå skjerm *)
AvAnl_EffBrTavl	Effektbrytar inn frå tavle	DO	1	EL2008	5	3	NO		24V	yAvAnl_EffBrTavl AT %Q* : BOOL ; (* Effektbrytar inn frå tavle *)
AvAnl_EffBrUte	Effektbrytar ute	DO	1	EL2008	5	4	NO		24V	yAvAnl_EffBrUte AT %Q* : BOOL ; (* Effektbrytar ute *)
AvAnl_JBrInne	Jordbrytar inne	DO	1	EL2008	5	5	NO		24V	yAvAnl_JBrInne AT %Q* : BOOL ; (* Jordbrytar inne *)
AvAnl_JBrUte	Jordbrytar ute	DO	1	EL2008	5	6	NO		24V	yAvAnl_JBrUte AT %Q* : BOOL ; (* Jordbrytar ute *)
AvAnl_Sikr	AC sikring måling inne	DO	1	EL2008	5	7	NO		24V	yAvAnl_Sikr AT %Q* : BOOL ; (* AC sikring måling inne *)
AvAnl_SikrSkinne	AC sikring måling SSK inne	DO	1	EL2008	5	8	NO		24V	yAvAnl_SikrSkinne AT %Q* : BOOL ; (* AC sikring måling SSK inne *)
AvAnl_SkBrInne	Skillebrytar inne	DO	1	EL2008	6	1	NO		24V	yAvAnl_SkBrInne AT %Q* : BOOL ; (* Skillebrytar inne *)
AvAnl_SkBrUte	Skillebrytar ute	DO	1	EL2008	6	2	NO		24V	yAvAnl_SkBrUte AT %Q* : BOOL ; (* Skillebrytar ute *)
AvAnl_SynkInne	Synkinstrument innkoples	DO	1	EL2008	6	3	NO		24V	yAvAnl_SynkInne AT %Q* : BOOL ; (* Synkinstrument innkoples *)
Brems_Av	Bremser av	DO	1	EL2008	6	4	NO		24V	yBrems_Av AT %Q* : BOOL ; (* Bremser av *)
Brems_Pa	Bremser på	DO	1	EL2008	6	5	NO		24V	yBrems_Pa AT %Q* : BOOL ; (* Bremser på *)
Brems_TrOk	Bremsetrykk tilstades	DO	1	EL2008	6	6	NO		24V	yBrems_TrOk AT %Q* : BOOL ; (* Bremsetrykk tilstades *)
Brems_UanmInk	Bremser på uanmeldt	DO	1	EL2008	6	7	NO		24V	yBrems_UanmInk AT %Q* : BOOL ; (* Bremser på uanmeldt *)
Gen_NedLagKrit	Nedre-lager kritisk temperatur	DO	1	EL2008	6	8	NO		24V	yGen_NedLagKrit AT %Q* : BOOL ; (* Nedre-lager kritisk temperatur *)
Gen_OvrLagKrit	Øvre-lager kritisk temperatur	DO	1	EL2008	7	1	NO		24V	yGen_OvrLagKrit AT %Q* : BOOL ; (* Øvre-lager kritisk temperatur *)
Gen_U100	Generatorspenning: 100%	DO	1	EL2008	7	2	NO		24V	yGen_U100 AT %Q* : BOOL ; (* Generatorspenning: 100% *)
Gen_UNrm	Generatorspenning: Normal	DO	1	EL2008	7	3	NO		24V	yGen_UNrm AT %Q* : BOOL ; (* Generatorspenning: Normal *)
Gen_StaKrit	Stator kritisk temperatur	DO	1	EL2008	7	4	NO		24V	yGen_StaKrit AT %Q* : BOOL ; (* Stator kritisk temperatur *)
Gen_VarmKritTemp	Varmluft kritisk temperatur	DO	1	EL2008	7	5	NO		24V	yGen_VarmKritTemp AT %Q* : BOOL ; (* Varmluft kritisk temperatur *)
InnVent_Lukka	Inntaksluke lukket	DO	1	EL2008	7	6	NO		24V	yInnVent_Lukka AT %Q* : BOOL ; (* Inntaksluke lukket *)
InnVent_Open	Inntaksluke open	DO	1	EL2008	7	7	NO		24V	yInnVent_Open AT %Q* : BOOL ; (* Inntaksluke open *)
InnVent_OpenDel	Inntaksluke open 5%	DO	1	EL2008	7	8	NO		24V	yInnVent_OpenDel AT %Q* : BOOL ; (* Inntaksluke open 5% *)
KjolSys_Klar	Kjølevasspumpe klar	DO	1	EL2008	8	1	NO		24V	yKjolSys_Klar AT %Q* : BOOL ; (* Kjølevasspumpe klar *)
KjolSys_Lukka	Kjølevassventil lukka	DO	1	EL2008	8	2	NO		24V	yKjolSys_Lukka AT %Q* : BOOL ; (* Kjølevassventil lukka *)
KjolSys_Open	Kjølevassventil open	DO	1	EL2008	8	3	NO		24V	yKjolSys_Open AT %Q* : BOOL ; (* Kjølevassventil open *)
Rotloft_Driftklar	Rotorløftpumpe driftsklar	DO	1	EL2008	8	4	NO		24V	yRotloft_Driftklar AT %Q* : BOOL ; (* Rotorløftpumpe driftsklar *)
Rotloft_Løftet	Rotorløft løftet	DO	1	EL2008	8	5	NO		24V	yRotloft_Løftet AT %Q* : BOOL ; (* Rotorløft løftet *)
Rotloft_Pa	Rotorløft på	DO	1	EL2008	8	6	NO		24V	yRotloft_Pa AT %Q* : BOOL ; (* Rotorløft på *)

Tilegg_FrakoplDeblok	Frakopling deblokkert	DO	1	EL2008	8	7	NO	24V	yTilegg_FrakoplDeblok AT %Q* : BOOL ; (* Frakopling deblokkert *)
Tilegg_HovudreleAv	Hovedrele stoppstilt	DO	1	EL2008	8	8	NO	24V	yTilegg_HovudreleAv AT %Q* : BOOL ; (* Hovedrele stoppstilt *)
Tilegg_HovudrelePa	Hovedrele driftstilt	DO	1	EL2008	9	1	NO	24V	yTilegg_HovudrelePa AT %Q* : BOOL ; (* Hovedrele driftstilt *)
Tilegg_StillstRelePa	Stillstandsrele driftstilt	DO	1	EL2008	9	2	NO	24V	yTilegg_StillstRelePa AT %Q* : BOOL ; (* Stillstandsrele driftstilt *)
Tilegg_StillstReleAv	Stillstandsrele stoppstilt	DO	1	EL2008	9	3	NO	24V	yTilegg_StillstReleAv AT %Q* : BOOL ; (* Stillstandsrele stoppstilt *)
TReg_Auto	Automodus turbinreg	DO	1	EL2008	9	4	NO	24V	yTReg_Auto AT %Q* : BOOL ; (* Automodus turbinreg *)
TReg_HLukkDrift	Hurtiglukker driftstilt	DO	1	EL2008	9	5	NO	24V	yTReg_HLukkDrift AT %Q* : BOOL ; (* Hurtiglukker driftstilt *)
TReg_HLukkStoppet	Hurtiglukker stoppstilt	DO	1	EL2008	9	6	NO	24V	yTReg_HLukkStoppet AT %Q* : BOOL ; (* Hurtiglukker stoppstilt *)
TReg_HLukkUanm	Hurtiglukker uanmeldt stopp	DO	1	EL2008	9	7	NO	24V	yTReg_HLukkUanm AT %Q* : BOOL ; (* Hurtiglukker uanmeldt stopp *)
TReg_KritTempLager	Kritisk temperatur turbinregulator	DO	1	EL2008	9	8	NO	24V	yTReg_KritTempLager AT %Q* : BOOL ; (* Kritisk temperatur turbinregulator *)
TReg_KritTempTReg	Kritisk temperatur turbinregulator	DO	1	EL2008	10	1	NO	24V	yTReg_KritTempTReg AT %Q* : BOOL ; (* Kritisk temperatur turbinregulator *)
TReg_LAppLukket	Ledeapparat lukket	DO	1	EL2008	10	2	NO	24V	yTReg_LAppLukket AT %Q* : BOOL ; (* Ledepapparat lukket *)
TReg_LokStopp	Lokal stopp	DO	1	EL2008	10	3	NO	24V	yTReg_LokStopp AT %Q* : BOOL ; (* Lokal stopp *)
TReg_MekRus	Mekanisk rusing	DO	1	EL2008	10	4	NO	24V	yTReg_MekRus AT %Q* : BOOL ; (* Mekanisk rusing *)
TReg_TrOljeKlar	Trykkolje klar	DO	1	EL2008	10	5	NO	24V	yTReg_TrOljeKlar AT %Q* : BOOL ; (* Trykkolje klar *)
TReg_Tur0	Turtall 0%	DO	1	EL2008	10	6	NO	24V	yTReg_Tur0 AT %Q* : BOOL ; (* Turtall 0% *)
TReg_TurOvr90	Turtall over 90%	DO	1	EL2008	10	7	NO	24V	yTReg_TurOvr90 AT %Q* : BOOL ; (* Turtall over 90% *)
TReg_TurUnd10	Turtall under 10%	DO	1	EL2008	10	8	NO	24V	yTReg_TurUnd10 AT %Q* : BOOL ; (* Turtall under 10% *)
TReg_TurUnd15	Turtall under 15%	DO	1	EL2008	11	1	NO	24V	yTReg_TurUnd15 AT %Q* : BOOL ; (* Turtall under 15% *)
TReg_TurUnd90	Turtall under 90%	DO	1	EL2008	11	2	NO	24V	yTReg_TurUnd90 AT %Q* : BOOL ; (* Turtall under 90% *)
UReg_FeltBrInne	Feltbrytar inne	DO	1	EL2008	11	3	NO	24V	yUReg_FeltBrInne AT %Q* : BOOL ; (* Feltbrytar inne *)
UReg_FeltBrUte	Feltbrytar ute	DO	1	EL2008	11	4	NO	24V	yUReg_FeltBrUte AT %Q* : BOOL ; (* Feltbrytar ute *)
UReg_KritFeil	Spenningsregulator kritisk feil	DO	1	EL2008	11	5	NO	24V	yUReg_KritFeil AT %Q* : BOOL ; (* Spenningsregulator kritisk feil *)
UReg_MagSkj	Magnetiseringskommando frå skjerm	DO	1	EL2008	11	6	NO	24V	yUReg_MagSkj AT %Q* : BOOL ; (* Magnetiseringskommando frå skjerm *)
UReg_MagTavl	Magnetisering frå tavle	DO	1	EL2008	11	7	NO	24V	yUReg_MagTavl AT %Q* : BOOL ; (* Magnetisering frå tavle *)
UReg_MagUte	Startmagnetisering Ute	DO	1	EL2008	11	8	NO	24V	yUReg_MagUte AT %Q* : BOOL ; (* Startmagnetisering Ute *)
UReg_Man	Spenningsregulator: I manuell	DO	1	EL2008	12	1	NO	24V	yUReg_Man AT %Q* : BOOL ; (* Spenningsregulator: I manuell *)
UReg_SikrUReg	AC-sikring spregulator: Utløst	DO	1	EL2008	12	2	NO	24V	yUReg_SikrUReg AT %Q* : BOOL ; (* AC-sikring spregulator: Utløst *)
UReg_StartMag	Startmagnetisering tilstedes	DO	1	EL2008	12	3	NO	24V	yUReg_StartMag AT %Q* : BOOL ; (* Startmagnetisering tilstedes *)
VSys_FiltForv	Filter forvarsel	DO	1	EL2008	12	4	NO	24V	yVSys_FiltForv AT %Q* : BOOL ; (* Filter forvarsel *)
VSys_HovTetn	Hovedtetning av	DO	1	EL2008	12	5	NO	24V	yVSys_HovTetn AT %Q* : BOOL ; (* Hovedtetning av *)
VSys_Lukka	Ventilsystem lukket	DO	1	EL2008	12	6	NO	24V	yVSys_Lukka AT %Q* : BOOL ; (* Ventilsystem lukket *)
VSys_OmlVnt	Omløpsventil lukket	DO	1	EL2008	12	7	NO	24V	yVSys_OmlVnt AT %Q* : BOOL ; (* Omløpsventil lukket *)
VSys_Open	Ventilsystem open	DO	1	EL2008	12	8	NO	24V	yVSys_Open AT %Q* : BOOL ; (* Ventilsystem open *)
VSys_OpenDel	Ventilsystem 30% open	DO	1	EL2008	13	1	NO	24V	yVSys_OpenDel AT %Q* : BOOL ; (* Ventilsystem 30% open *)
VSys_SogeRor	Sugerorsluke open	DO	1	EL2008	13	2	NO	24V	yVSys_SogeRor AT %Q* : BOOL ; (* Sugersluka open *)
VSys_RevTetn	Revisjonstetning på	DO	1	EL2008	13	3	NO	24V	yVSys_RevTetn AT %Q* : BOOL ; (* Revisjonstetning på *)
VSys_TrForv	Sjakttrykk lavt forvarsel	DO	1	EL2008	13	4	NO	24V	yVSys_TrForv AT %Q* : BOOL ; (* Sjakttrykk lavt forvarsel *)
VSys_TrKrit	Sjakttrykk lavt kritisk	DO	1	EL2008	13	5	NO	24V	yVSys_TrKrit AT %Q* : BOOL ; (* Sjakttrykk lavt kritisk *)
VSys_TrommeTr	Trommetrykk på	DO	1	EL2008	13	6	NO	24V	yVSys_TrommeTr AT %Q* : BOOL ; (* Trommetrykk på *)
VSys_UanmLukke	Ventilsystem uanmeldt lukking	DO	1	EL2008	13	7	NO	24V	yVSys_UanmLukke AT %Q* : BOOL ; (* Ventilsystem uanmeldt lukking *)
FastStartBet_Oppf	Faste startbetingelsar oppfylt	DO	1	EL2008	13	8	NO	24V	yFastStartBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Faste startbetingelsar oppfylt *)
VarStartBet_Oppf	Variable startbetingelsar oppfylt	DO	1	EL2008	14	1	NO	24V	yVarStartBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Variable startbetingelsar oppfylt *)
StartBet_Oppf	Startbetingelsar oppfylt	DO	1	EL2008	14	2	NO	24V	yStartBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Startbetingelsar oppfylt *)
TongStartMedSpennBet_Oppf	Betingelsar for start til tomgang /m spenning	DO	1	EL2008	14	3	NO	24V	yTongStartMedSpennBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for start til tomgang /m spenning *)
BetStartDrift_Oppf	Betingelsar for start til drift	DO	1	EL2008	14	4	NO	24V	yBetStartDrift_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for start til drift *)
MagKom_Utf	Magnetiseringskommando utført	DO	1	EL2008	14	5	NO	24V	yMagKom_Utf AT %Q* : BOOL ; (* Magnetiseringskommando utført *)
MagBet_Oppf	Betingelsar for magnetisering oppfylt	DO	1	EL2008	14	6	NO	24V	yMagBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for magnetisering oppfylt *)
InnkoplKom_Utf	Innkoplingskommando utført	DO	1	EL2008	14	7	NO	24V	yInnkoplKom_Utf AT %Q* : BOOL ; (* Innkoplingskommando utført *)
BetDrift_Oppf	Betingelsar for drift oppfylt	DO	1	EL2008	14	8	NO	24V	yBetDrift_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for drift oppfylt *)
BetUtkEffBr_Oppf	Betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt	DO	1	EL2008	15	1	NO	24V	yBetUtkEffBr_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt *)
BetFrakopl_Oppf	Betingelsar for frakopling oppfylt	DO	1	EL2008	15	2	NO	24V	yBetFrakopl_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for frakopling oppfylt *)
BetHStopp_Oppf	Betingelsar for hurtigstopp oppfylt	DO	1	EL2008	15	3	NO	24V	yBetHStopp_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for hurtigstopp oppfylt *)
StoppBet_Oppf	Betingelsar for stopp oppfylt	DO	1	EL2008	15	4	NO	24V	yStoppBet_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for stopp oppfylt *)
BetNStopp_Oppf	Betingelsar for nodstopp oppfylt	DO	1	EL2008	15	5	NO	24V	yBetNStopp_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for nodstopp oppfylt *)
BetNStyring_Oppf	Betingelsar for nodstyring oppfylt	DO	1	EL2008	15	6	NO	24V	yBetNStyring_Oppf AT %Q* : BOOL ; (* Betingelsar for nodstyring oppfylt *)

Relé liste

Tilkopling intern		Relé	Sett frå simulator: Inn/Ut	Eksternt tilknytta relé
Slot	Tilknytningspunkt			Funksjon
1	1	K1	Inn	Effektbrytar inn
1	2	K2	Inn	Effektbrytar ut
1	3	K3	Inn	Jordbrytar inn
1	4	K4	Inn	Jordbrytar ut
1	5	K5	Inn	Skillebrytar inn
1	6	K6	Inn	Skillebrytar ut
1	7	K7	Inn	Synkronisering innkoples
1	8	K8	Inn	Bremser innkoples
2	1	K9	Inn	Bremser utkoples
2	2	K10	Inn	Lastreferanse: Ned
2	3	K11	Inn	Lukke inntaksluke
2	4	K12	Inn	Opne inntaksluke
2	5	K13	Inn	Lukke kjølevassventil
2	6	K14	Inn	Opne kjølevassventil
2	7	K15	Inn	Rotorløft start
2	8	K16	Inn	Rotorløft av
3	1	K17	Inn	Hovedrele stopp
3	2	K18	Inn	Hovedrele drift
3	3	K19	Inn	Stillstandsrele stopp
3	4	K20	Inn	Stillstandsrele drift
3	5	K21	Inn	Hurtiglukker start
3	6	K22	Inn	Hurtiglukker stopp
3	7	K23	Inn	Turbinregulator start
3	8	K24	Inn	Turbinregulator stopp
4	1	K25	Inn	Feltbrytar Inn
4	2	K26	Inn	Feltbrytar ut
4	3	K27	Inn	Lukke ventilsystem
4	4	K28	Inn	Opne ventilsystem
5	1	K29	Ut	Effektbrytar inne
5	2	K30	Ut	Effektbrytar inn frå skjerm
5	3	K31	Ut	Effektbrytar inn frå tavle
5	4	K32	Ut	Effektbrytar ute
5	5	K33	Ut	Jordbrytar inne
5	6	K34	Ut	Jordbrytar ute
5	7	K35	Ut	AC sikring måling inne
5	8	K36	Ut	AC sikring måling SSK inne
6	1	K37	Ut	Skillebrytar inne
6	2	K38	Ut	Skillebrytar ute
6	3	K39	Ut	Synkinstrument innkoples
6	4	K40	Ut	Bremser av
6	5	K41	Ut	Bremser på
6	6	K42	Ut	Bremsetrykk tilstades
6	7	K43	Ut	Bremser på uanmeldt
6	8	K44	Ut	Nedre-lager kritisk temperatur
7	1	K45	Ut	Øvre-lager kritisk temperatur
7	2	K46	Ut	Generatorspenning: 100%
7	3	K47	Ut	Generatorspenning: Normal
7	4	K48	Ut	Stator kritisk temperatur
7	5	K49	Ut	Varmluft kritisk temperatur
7	6	K50	Ut	Inntaksluke lukket

7	7	K51	Ut	Inntaksluke open
7	8	K52	Ut	Inntaksluke open 5%
8	1	K53	Ut	Kjølevasspumpe klar
8	2	K54	Ut	Kjølevassventil lukka
8	3	K55	Ut	Kjølevassventil open
8	4	K56	Ut	Rotorløftpumpe driftsklar
8	5	K57	Ut	Rotorløft løftet
8	6	K58	Ut	Rotorløft på
8	7	K59	Ut	Frakopling deblokkert
8	8	K60	Ut	Hovedrele stoppstilt
9	1	K61	Ut	Hovedrele driftstilt
9	2	K62	Ut	Stillstandsrele driftstilt
9	3	K63	Ut	Stillstandsrele stoppstilt
9	4	K64	Ut	Automodus turbinreg
9	5	K65	Ut	Hurtiglukker driftstilt
9	6	K66	Ut	Hurtiglukker stoppstilt
9	7	K67	Ut	Hurtiglukker uanmeldt stopp
9	8	K68	Ut	Kritisk temperatur turbinregulator
10	1	K69	Ut	Kritisk temperatur turbinregulator
10	2	K70	Ut	Ledeapparat lukket
10	3	K71	Ut	Lokal stopp
10	4	K72	Ut	Mekanisk rusing
10	5	K73	Ut	Trykkolje klar
10	6	K74	Ut	Turtall 0%
10	7	K75	Ut	Turtall over 90%
10	8	K76	Ut	Turtall under 10%
11	1	K77	Ut	Turtall under 15%
11	2	K78	Ut	Turtall under 90%
11	3	K79	Ut	Feltbrytar inne
11	4	K80	Ut	Feltbrytar ute
11	5	K81	Ut	Spenningsregulator kritisk feil
11	6	K82	Ut	Magnetiseringskommando frå skjerm
11	7	K83	Ut	Magnetisering frå tavle
11	8	K84	Ut	Startmagnetisering Ute
12	1	K85	Ut	Spenningsregulator: I manuell
12	2	K86	Ut	AC-sikring spgregulator: Utløst
12	3	K87	Ut	Startmagnetisering tilstedes
12	4	K88	Ut	Filter forvarsel
12	5	K89	Ut	Hovedtetning av
12	6	K90	Ut	Ventilsystem lukket
12	7	K91	Ut	Omløpsventil lukket
12	8	K92	Ut	Ventilsystem open
13	1	K93	Ut	Ventilsystem 30% open
13	2	K94	Ut	Sugerorsluke open
13	3	K95	Ut	Revisjonstetning på
13	4	K96	Ut	Sjakttrykk lavt forvarsel
13	5	K97	Ut	Sjakttrykk lavt kritisk
13	6	K98	Ut	Trommetrykk på
13	7	K99	Ut	Ventilsystem uanmeldt lukking
13	8	K100	Ut	Faste startbetingelsar oppfylt
14	1	K101	Ut	Variable startbetingelsar oppfylt
14	2	K102	Ut	Startbetingelsar oppfylt
14	3	K103	Ut	Betingelser for start til tomgang /m spenning
14	4	K104	Ut	Betingelser for start til drift
14	5	K105	Ut	Magnetiseringskommando utført
14	6	K106	Ut	Betingelser for magnetisering oppfylt

14	7	K107	Ut	Innkoplingskommando utført
14	8	K108	Ut	Betingelser for drift oppfylt
15	1	K109	Ut	Betingelser for utkopling av effektbrytar oppfylt
15	2	K110	Ut	Betingelser for frakopling oppfylt
15	3	K111	Ut	Betingelser for hurtigstopp oppfylt
15	4	K112	Ut	Betingelser for stopp oppfylt
15	5	K113	Ut	Betingelser for nodstopp oppfylt
15	6	K114	Ut	Betingelser for nodstyring oppfylt

HMI liste

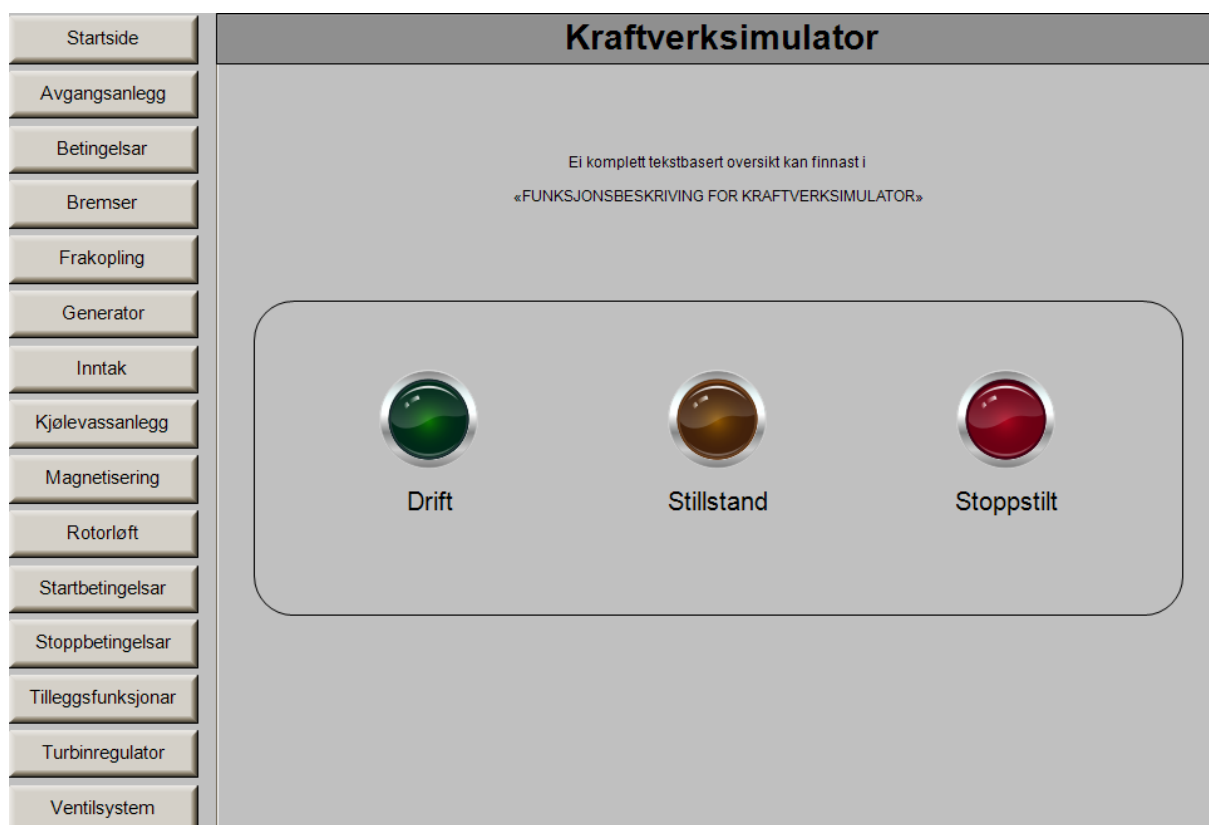
Tag	Comment	Input/output	Variabel type	PLC declaration
InnVent_IgnOpneLukke	HMI: Ignorere opne/lukke	IN	BOOL	xInnVent_IgnOpneLukke : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorere opne/lukke *)
InnVent_InvLukket	HMI: Inverter lukket	IN	BOOL	xInnVent_InvLukket : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter lukket *)
InnVent_InvOpenDel	HMI: Inverter 5% open	IN	BOOL	xInnVent_InvOpenDel : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter 5% open *)
InnVent_InvOpen	HMI: Inverter open	IN	BOOL	xInnVent_InvOpen : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter open *)
InnVent_Rampetid	HMI: Rampetid ventil	IN	TIME	xInnVent_Rampetid : TIME ; (* Input: HMI: Rampetid ventil *)
InnVent_Pos	INT: Posisjon ventil (%)	OUT	REAL	yInnVent_Pos : REAL ; (* Output: INT: Posisjon ventil (%) *)
VSys_LokLukke	HMI: Lokal lukke	IN	BOOL	xVSys_LokLukke : BOOL ; (* Input: HMI: Lokal lukke *)
VSys_IgnOpneLukke	HMI: Ignorere opne/lukke	IN	BOOL	xVSys_IgnOpneLukke : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorere opne/lukke *)
VSys_InvLukka	HMI: Inverter lukket	IN	BOOL	xVSys_InvLukka : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter lukket *)
VSys_InvOpenDel	HMI: Inverter 30% open	IN	BOOL	xVSys_InvOpenDel : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter 30% open *)
VSys_InvOpen	HMI: Inverter open	IN	BOOL	xVSys_InvOpen : BOOL ; (* Input: HMI: Inverter open *)
VSys_Rampetid	HMI: Rampetid ventil	IN	TIME	xVSys_Rampetid : TIME ; (* Input: HMI: Rampetid ventil *)
VSys_Pos	INT: Posisjon ventil (%)	OUT	REAL	yVSys_Pos : REAL ; (* Output: INT: Posisjon ventil (%) *)
VSys_FiltForv	HMI: Filter forvarsel	IN	BOOL	xVSys_FiltForv : BOOL ; (* Input: HMI: Filter forvarsel *)
VSys_HovTetn	HMI: Hovedtetning på	IN	BOOL	xVSys_HovTetn : BOOL ; (* Input: HMI: Hovedtetning på *)
VSys_RevTetn	HMI: Revisjonstetning på	IN	BOOL	xVSys_RevTetn : BOOL ; (* Input: HMI: Revisjonstetning på *)
VSys_SjaTrKrit	HMI: Sjakttrykk lavt kritisk	IN	BOOL	xVSys_SjaTrKrit : BOOL ; (* Input: HMI: Sjakttrykk lavt kritisk *)
VSys_SjaTrForv	HMI: Sjakttrykk lavt forvarsel	IN	BOOL	xVSys_SjaTrForv : BOOL ; (* Input: HMI: Sjakttrykk lavt forvarsel *)
VSys_SogeRor	HMI: Sugerørsluke open	IN	BOOL	xVSys_SogeRor : BOOL ; (* Input: HMI: Sugerørsluke open *)
VSys_FiltForv	Filter forvarsel	OUT	BOOL	yVSys_FiltForv : BOOL ; (* Output: Filter forvarsel *)
VSys_HovTetn	Hovedtetning på	OUT	BOOL	yVSys_HovTetn : BOOL ; (* Output: Hovedtetning på *)
VSys_RevTetn	Revisjonstetning på	OUT	BOOL	yVSys_RevTetn : BOOL ; (* Output: Revisjonstetning på *)
VSys_SjaTrKrit	Sjakttrykk lavt kritisk	OUT	BOOL	yVSys_SjaTrKrit : BOOL ; (* Output: Sjakttrykk lavt kritisk *)
VSys_SjaTrForv	Sjakttrykk lavt forvarsel	OUT	BOOL	yVSys_SjaTrForv : BOOL ; (* Output: Sjakttrykk lavt forvarsel *)
VSys_SogeRor	Sugerørsluke open	OUT	BOOL	yVSys_SogeRor : BOOL ; (* Output: Sugerørsluke open *)
TReg_SimKritTemp	INT: Tilstand på effektbrytar	IN	BOOL	xTReg_SimKritTemp : BOOL ; (* Input: INT: Tilstand på effektbrytar *)
TReg_TrOlje	HMI: Trykkolje klar	IN	BOOL	xTReg_TrOlje : BOOL ; (* Input: HMI: Trykkolje klar *)
TReg_LokStopp	HMI: Lokal stopp	IN	BOOL	xTReg_LokStopp : BOOL ; (* Input: HMI: Lokal stopp *)
TReg_TurbLagKritTemp	HMI: Turbinlager kritisk	IN	BOOL	xTReg_TurbLagKritTemp : BOOL ; (* Input: HMI: Turbinlager kritisk *)
TReg_MrkTurtall	HMI: Merketurtal på turbinen	IN	INT	xTReg_MrkTurtall : INT ; (* Input: HMI: Merketurtal på turbinen *)
TReg_SimRus	HMI: Simulere rusing	IN	BOOL	xTReg_SimRus : BOOL ; (* Input: HMI: Simulere rusing *)
TReg_Rampetid	HMI: Rampetid	IN	TIME	xTReg_Rampetid : TIME ; (* Input: HMI: Rampetid *)
TReg_InvAuto	HMI: Invertere automodus	IN	BOOL	xTReg_InvAuto : BOOL ; (* Input: HMI: Invertere automodus *)
TReg_SetTurtall	HMI: Sette Turtal	IN	INT	xTReg_SetTurtall : INT ; (* Input: HMI: Sette Turtal *)
TReg_HLukkUanm	HMI: Hurtiglukker uanmeldt av	IN	BOOL	xTReg_HLukkUanm : BOOL ; (* Input: HMI: Hurtiglukker uanmeldt av *)
TReg_Prod	INT: Produksjon generator (kW)	OUT	REAL	yTReg_Prod : REAL ; (* Output: INT: Produksjon generator (kW) *)
TReg_Turtall	HMI: Nominelt turtal (RPM)	OUT	REAL	yTReg_Turtall : REAL ; (* Output: HMI: Nominelt turtal (RPM) *)
TReg_PosLapp	HMI: Posisjon ledeapparat (%)	OUT	REAL	yTReg_PosLapp : REAL ; (* Output: HMI: Posisjon ledeapparat (%) *)
TReg_TempTurbLag	HMI: Temperatur turbinlager (°C)	OUT	REAL	yTReg_TempTurbLag : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur turbinlager (°C) *)
TReg_TempTReg	HMI: Temperatur turbinregulator (°C)	OUT	REAL	yTReg_TempTReg : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur turbinregulator (°C) *)
Brems_LokStart	HMI: Brems på uanmeldt	IN	BOOL	xBrems_LokStart : BOOL ; (* Input: HMI: Brems på uanmeldt *)
Brems_TrOk	HMI: Bremsetrykk tilstades	IN	BOOL	xBrems_TrOk : BOOL ; (* Input: HMI: Bremsetrykk tilstades *)

Brems_InvPa	HMI: Inventer bremses på	IN	BOOL	xBrems_InvPa : BOOL ; (* Input: HMI: Inventer bremses på *)
Gen_VarmKritTemp	HMI: Varmluft kritisk temperatur	IN	BOOL	xGen_VarmKritTemp : BOOL ; (* Input: HMI: Varmluft kritisk temperatur *)
Gen_StaKritTemp	HMI: Stator kritisk temperatur	IN	BOOL	xGen_StaKritTemp : BOOL ; (* Input: HMI: Stator kritisk temperatur *)
Gen_OvrlagKritTemp	HMI: Øvre-lager kritisk temperatur	IN	BOOL	xGen_OvrlagKritTemp : BOOL ; (* Input: HMI: Øvre-lager kritisk temperatur *)
Gen_NedrlagKritTemp	HMI: Nedre-lager kritisk temperatur	IN	BOOL	xGen_NedrlagKritTemp : BOOL ; (* Input: HMI: Nedre-lager kritisk temperatur *)
Gen_Rampetid	HMI: Rampetid (Tid)	IN	TIME	xGen_Rampetid : TIME ; (* Input: HMI: Rampetid (Tid) *)
Gen_YtlGen	HMI: Ytelse Generator (kVA)	IN	REAL	xGen_YtlGen : REAL ; (* Input: HMI: Ytelse Generator (kVA) *)
Gen_MrkU	HMI: Merkespenning generator (V)	IN	REAL	xGen_MrkU : REAL ; (* Input: HMI: Merkespenning generator (V) *)
Gen_OnsProd	HMI: Ønska Produksjon (kW)	IN	INT	xGen_OnsProd : INT ; (* Input: HMI: Ønska Produksjon (kW) *)
Gen_SetU	HMI: Sette generatorspenning (V)	IN	REAL	xGen_SetU : REAL ; (* Input: HMI: Sette generatorspenning (V) *)
Gen_IgnLastNed	HMI: Ignorere lastned	IN	BOOL	xGen_IgnLastNed : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorere lastned *)
Gen_OnsProd	INT: Ønska produksjon (kW)	OUT	REAL	yGen_OnsProd : REAL ; (* Output: INT: Ønska produksjon (kW) *)
Gen_LevEff	HMI: Levert effekt (kW)	OUT	REAL	yGen_LevEff : REAL ; (* Output: HMI: Levert effekt (kW) *)
Gen_U	HMI: Spenning generator (V)	OUT	REAL	yGen_U : REAL ; (* Output: HMI: Spenning generator (V) *)
Gen_OnsMagStr	INT: Ønska magnetiseringsstrøm (A)	OUT	REAL	yGen_OnsMagStr : REAL ; (* Output: INT: Ønska magnetiseringsstrøm (A) *)
Gen_TempVarm	HMI: Temperatur varmluft (°C)	OUT	REAL	yGen_TempVarm : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur varmluft (°C) *)
Gen_TempSta	HMI: Temperatur stator (°C)	OUT	REAL	yGen_TempSta : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur stator (°C) *)
Gen_TempOvrlag	HMI: Temperatur øvre lager (°C)	OUT	REAL	yGen_TempOvrlag : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur øvre lager (°C) *)
Gen_TempNedrlag	HMI: Temperatur nedre lager (°C)	OUT	REAL	yGen_TempNedrlag : REAL ; (* Output: HMI: Temperatur nedre lager (°C) *)
Rotloft_Driftklar	HMI: Rotorløftpumpe driftklar	IN	BOOL	xRotloft_Driftklar : BOOL ; (* Input: HMI: Rotorløftpumpe driftklar *)
Rotloft_RotorSenk	HMI: Senking av rotor	IN	BOOL	xRotloft_RotorSenk : BOOL ; (* Input: HMI: Senking av rotor *)
Rotloft_IgnStartStopp	HMI: Ignorer start/stopp	IN	BOOL	xRotloft_IgnStartStopp : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorer start/stopp *)
UReg_StartMag	HMI: Startmagnetisering tilstedes	IN	BOOL	xUReg_StartMag : BOOL ; (* Input: HMI: Startmagnetisering tilstedes *)
UReg_URegMan	HMI: Spenningsregulator i manuell	IN	BOOL	xUReg_URegMan : BOOL ; (* Input: HMI: Spenningsregulator i manuell *)
UReg_MagFraTavl	HMI: Magnetisering fra tavle	IN	BOOL	xUReg_MagFraTavl : BOOL ; (* Input: HMI: Magnetisering fra tavle *)
UReg_SikrUReg	HMI: Sikring spenningsregulator utløyst	IN	BOOL	xUReg_SikrUReg : BOOL ; (* Input: HMI: Sikring spenningsregulator utløyst *)
UReg_URegKrit	HMI: Spenningsregulator kritisk feil	IN	BOOL	xUReg_URegKrit : BOOL ; (* Input: HMI: Spenningsregulator kritisk feil *)
UReg_MagFraSkjerm	HMI: Magnetiseringskommando fra skjerm	IN	BOOL	xUReg_MagFraSkjerm : BOOL ; (* Input: HMI: Magnetiseringskommando fra skjerm *)
UReg_UOppMan	HMI: Manuell justere spenning opp	IN	BOOL	xUReg_UOppMan : BOOL ; (* Input: HMI: Manuell justere spenning opp *)
UReg_UNedMan	HMI: Manuelt justere spenning ned	IN	BOOL	xUReg_UNedMan : BOOL ; (* Input: HMI: Manuelt justere spenning ned *)
UReg_Rampetid	HMI: Rampetid (Tid)	IN	TIME	xUReg_Rampetid : TIME ; (* Input: HMI: Rampetid (Tid) *)
UReg_FeltBrUanm	HMI: Feltbrytar uanmeldt ut	IN	BOOL	xUReg_FeltBrUanm : BOOL ; (* Input: HMI: Feltbrytar uanmeldt ut *)
UReg_MagStr	INT: Magnetiseringsstrøm (A)	OUT	REAL	yUReg_MagStr : REAL ; (* Output: INT: Magnetiseringsstrøm (A) *)
AvAnl_SynkInst	HMI: Synkronisering innkoples	IN	BOOL	xAvAnl_SynkInst : BOOL ; (* Input: HMI: Synkronisering innkoples *)
AvAnl_Sikr	HMI: AC sikring måling Inne	IN	BOOL	xAvAnl_Sikr : BOOL ; (* Input: HMI: AC sikring måling Inne *)
AvAnl_SikrSkinne	HMI: AC sikring måling SSK inne	IN	BOOL	xAvAnl_SikrSkinne : BOOL ; (* Input: HMI: AC sikring måling SSK inne *)
AvAnl_EffBrTavl	HMI: Effektbrytar inn fra tavle	IN	BOOL	xAvAnl_EffBrTavl : BOOL ; (* Input: HMI: Effektbrytar inn fra tavle *)
AvAnl_EffBrSkj	HMI: Effektbrytar inn fra skjerm	IN	BOOL	xAvAnl_EffBrSkj : BOOL ; (* Input: HMI: Effektbrytar inn fra skjerm *)
AvAnl_SynkFeil	HMI: Feil på synkronisering	IN	BOOL	xAvAnl_SynkFeil : BOOL ; (* Input: HMI: Feil på synkronisering *)
AvAnl_IgnBrBetening	HMI: Ignorer brytar betjening	IN	BOOL	xAvAnl_IgnBrBetening : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorer brytar betjening *)
AvAnl_EffBrUanm	HMI: Effektbrytar ut uanmeldt	IN	BOOL	xAvAnl_EffBrUanm : BOOL ; (* Input: HMI: Effektbrytar ut uanmeldt *)
KjolSys_Klar	HMI: Kjølevasspumpe klar	IN	BOOL	xKjolSys_Klar : BOOL ; (* Input: HMI: Kjølevasspumpe klar *)
KjolSys_Ign	HMI: Ignorer opne/lukke	IN	BOOL	xKjolSys_Ign : BOOL ; (* Input: HMI: Ignorer opne/lukke *)
FastStartBet_Man	HMI: Manuelt startval	IN	BOOL	xFastStartBet_Man : BOOL ; (* Input: HMI: Manuelt startval *)
FastStartBet_AgrStStr	HMI: Aggregat styrestrøm normal	IN	BOOL	xFastStartBet_AgrStStr : BOOL ; (* Input: HMI: Aggregat styrestrøm normal *)
FastStartBet_NodStyrKlar	HMI: Nødstyring driftklar	IN	BOOL	xFastStartBet_NodStyrKlar : BOOL ; (* Input: HMI: Nødstyring driftklar *)
FastStartBet_KompKlar	HMI: Kompressor klar	IN	BOOL	xFastStartBet_KompKlar : BOOL ; (* Input: HMI: Kompressor klar *)

FastStartBet_LensPumpKlar	HMI: Lenspumpe klar	IN	BOOL	xFastStartBet_LensPumpKlar : BOOL ; (* Input: HMI: Lenspumpe klar *)
VarStartBet_FrakoplStoppstilt	HMI: Fråkopling stoppstilt	IN	BOOL	xVarStartBet_FrakoplStoppstilt : BOOL ; (* Input: HMI: Fråkopling stoppstilt *)
StartBet_StartvalTomgUSpenning	HMI: Startval, tomgang U/ spenning	IN	BOOL	xStartBet_StartvalTomgUSpenning : BOOL ; (* Input: HMI: Startval, tomgang U/ spenning *)
TomgStartMSpennBet_StartvalDrift	HMI: Startval: Drift	IN	BOOL	xTomgStartMSpennBet_StartvalDrift : BOOL ; (* Input: HMI: Startval: Drift *)
TomgStartMSpennBet_StartvalTomgMSpg	HMI: Startval: Tomgang med spenning	IN	BOOL	xTomgStartMSpennBet_StartvalTomgMSpg : BOOL ; (* Input: HMI: Startval: Tomgang med spenning *)
BetStartDrift_StartvalDrift	HMI: Startval: Drift	IN	BOOL	xBetStartDrift_StartvalDrift : BOOL ; (* Input: HMI: Startval: Drift *)
MagKom_Start	HMI: Ny startkommando	IN	BOOL	xMagKom_Start : BOOL ; (* Input: HMI: Ny startkommando *)
MagBet_InvFraKopl	HMI: Invertert fråkopling	IN	BOOL	xMagBet_InvFraKopl : BOOL ; (* Input: HMI: Invertert fråkopling *)
MagBet_Start	HMI: Start pågår	IN	BOOL	xMagBet_Start : BOOL ; (* Input: HMI: Start pågår *)
InnkoplKom_Start	HMI: Ny startkommando	IN	BOOL	xInnkoplKom_Start : BOOL ; (* Input: HMI: Ny startkommando *)
BetDrift_Start	HMI: Start pågår	IN	BOOL	xBetDrift_Start : BOOL ; (* Input: HMI: Start pågår *)
BetDrift_Utkopl	HMI: Utkopling av effektbrytar	IN	BOOL	xBetDrift_Utkopl : BOOL ; (* Input: HMI: Utkopling av effektbrytar *)
BetUtkEffBr_UtKomTavl	HMI: Utkommando frå tavle	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_UtKomTavl : BOOL ; (* Input: HMI: Utkommando frå tavle *)
BetUtkEffBr_UtKomTast	HMI: Utkommando frå tastatur	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_UtKomTast : BOOL ; (* Input: HMI: Utkommando frå tastatur *)
BetUtkEffBr_FjernstPa	HMI: Fjernstyring på	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_FjernstPa : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernstyring på *)
BetUtkEffBr_FjernstyrUtkopl	HMI: Fjernstyring på	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_FjernstyrUtkopl : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernstyring på *)
BetUtkEffBr_LangInnkoplTid	HMI: Lang innkoplingstid	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_LangInnkoplTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang innkoplingstid *)
BetUtkEffBr_Frakopl	HMI: Fråkopling	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_Frakopl : BOOL ; (* Input: HMI: Fråkopling *)
BetUtkEffBr_AlleElVern	HMI: Alle elektriske vern	IN	BOOL	xBetUtkEffBr_AlleElVern : BOOL ; (* Input: HMI: Alle elektriske vern *)
BetFrakopl_FrakoplTavle	HMI: Frakopling frå tavle	IN	BOOL	xBetFrakopl_FrakoplTavle : BOOL ; (* Input: HMI: Frakopling frå tavle *)
BetFrakopl_FrakoplTast	HMI: Frakopling frå tastatur	IN	BOOL	xBetFrakopl_FrakoplTast : BOOL ; (* Input: HMI: Frakopling frå tastatur *)
BetFrakopl_FjernstPa	HMI: Fjernstyring på	IN	BOOL	xBetFrakopl_FjernstPa : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernstyring på *)
BetFrakopl_FjernFrakopl	HMI: Fjernkontroll fråkopling	IN	BOOL	xBetFrakopl_FjernFrakopl : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernkontroll fråkopling *)
BetFrakopl_LangMagnTid	HMI: Lang magnetiseringstid	IN	BOOL	xBetFrakopl_LangMagnTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang magnetiseringstid *)
BetFrakopl_Sikr	HMI: AC sikring vern	IN	BOOL	xBetFrakopl_Sikr : BOOL ; (* Input: HMI: AC sikring vern *)
BetFrakopl_Stopp	HMI: Stopp	IN	BOOL	xBetFrakopl_Stopp : BOOL ; (* Input: HMI: Stopp *)
BetFrakopl_Frakopl	HMI: Frakopling	IN	BOOL	xBetFrakopl_Frakopl : BOOL ; (* Input: HMI: Frakopling *)
BetFrakopl_Nodstopp	HMI: Nodstopp	IN	BOOL	xBetFrakopl_Nodstopp : BOOL ; (* Input: HMI: Nodstopp *)
BetFrakopl_GenSkeivLast	HMI: Generator skjeivlast	IN	BOOL	xBetFrakopl_GenSkeivLast : BOOL ; (* Input: HMI: Generator skjeivlast *)
BetFrakopl_HStopp	HMI: Hurtigstopp	IN	BOOL	xBetFrakopl_HStopp : BOOL ; (* Input: HMI: Hurtigstopp *)
BetHStopp_HStoppTavl	HMI: Hurtigstopp frå tavle	IN	BOOL	xBetHStopp_HStoppTavl : BOOL ; (* Input: HMI: Hurtigstopp frå tavle *)
BetHStopp_HStoppTast	HMI: Hurtigstopp frå tastatur	IN	BOOL	xBetHStopp_HStoppTast : BOOL ; (* Input: HMI: Hurtigstopp frå tastatur *)
BetHStopp_FjernstPa	HMI: Fjernstyring på	IN	BOOL	xBetHStopp_FjernstPa : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernstyring på *)
BetHStopp_FjernStopp	HMI: Fjernkontroll stopp	IN	BOOL	xBetHStopp_FjernStopp : BOOL ; (* Input: HMI: Fjernkontroll stopp *)
BetHStopp_LangStartTid	HMI: Lang starttid	IN	BOOL	xBetHStopp_LangStartTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang starttid *)
BetHStopp_UndervKrit	HMI: Undervann kritisk høgt	IN	BOOL	xBetHStopp_UndervKrit : BOOL ; (* Input: HMI: Undervann kritisk høgt *)
BetHStopp_LensekumKrit	HMI: Lensekum nivå kritisk høgt	IN	BOOL	xBetHStopp_LensekumKrit : BOOL ; (* Input: HMI: Lensekum nivå kritisk høgt *)
StoppBet_NodStUtl	HMI: Nødstyring utløst	IN	BOOL	xStoppBet_NodStUtl : BOOL ; (* Input: HMI: Nødstyring utløst *)
StoppBet_GenStatFeil	HMI: Generator statorjordfeil	IN	BOOL	xStoppBet_GenStatFeil : BOOL ; (* Input: HMI: Generator statorjordfeil *)
StoppBet_GenRotFeil	HMI: Generator rotorjordfeil	IN	BOOL	xStoppBet_GenRotFeil : BOOL ; (* Input: HMI: Generator rotorjordfeil *)
StoppBet_GenBrann	HMI: Generator brann	IN	BOOL	xStoppBet_GenBrann : BOOL ; (* Input: HMI: Generator brann *)
BetNStopp_BereLagKrit	HMI: Berelager temp krit	IN	BOOL	xBetNStopp_BereLagKrit : BOOL ; (* Input: HMI: Berelager temp krit *)
BetNStyring_NodStDrift	HMI: Nødstyring drift	IN	BOOL	xBetNStyring_NodStDrift : BOOL ; (* Input: HMI: Nødstyring drift *)
BetNStyring_BattUMangl	HMI: Batterispenning manglar	IN	BOOL	xBetNStyring_BattUMangl : BOOL ; (* Input: HMI: Batterispenning manglar *)
BetNStyring_StStrMangl	HMI: Styrestrøm utløst	IN	BOOL	xBetNStyring_StStrMangl : BOOL ; (* Input: HMI: Styrestrøm utløst *)
BetNStyring_NodStyKomLok	HMI: Nodstyringskommando fra lokal	IN	BOOL	xBetNStyring_NodStyKomLok : BOOL ; (* Input: HMI: Nodstyringskommando fra lokal *)
BetNStyring_LangHStoppTid	HMI: Lang hurtigstopptid	IN	BOOL	xBetNStyring_LangHStoppTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang hurtigstopptid *)

BetNSTyring_LangStoppTid	HMI: Lang stopptid	IN	BOOL	xBetNSTyring_LangStoppTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang stopptid *)
BetNSTyring_LangNodStoppTid	HMI: Lang nodstopptid	IN	BOOL	xBetNSTyring_LangNodStoppTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang nodstopptid *)
BetNSTyring_LangUtkopTid	HMI: Lang utkoplingstid	IN	BOOL	xBetNSTyring_LangUtkopTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang utkoplingstid *)
BetNSTyring_LangFrakTid	HMI: Lang frakoplingstid	IN	BOOL	xBetNSTyring_LangFrakTid : BOOL ; (* Input: HMI: Lang frakoplingstid *)
BetNSTyring_DataFeil	HMI: Datamaskin feil	IN	BOOL	xBetNSTyring_DataFeil : BOOL ; (* Input: HMI: Datamaskin feil *)
BetNSTyring_KritFeil	HMI: Kritisk feil	IN	BOOL	xBetNSTyring_KritFeil : BOOL ; (* Input: HMI: Kritisk feil *)
BetNSTyring_HStoppTavl	HMI: Hurtigstopp tavle	IN	BOOL	xBetNSTyring_HStoppTavl : BOOL ; (* Input: HMI: Hurtigstopp tavle *)
Tilegg_FrakoplDeblok	HMI: Frakopling deblokkert	IN	BOOL	xTilegg_FrakoplDeblok : BOOL ; (* Input: HMI: Frakopling deblokkert *)
Tilegg_StyrevalSkj	HMI: Styreval: Skjermstyring	IN	BOOL	xTilegg_StyrevalSkj : BOOL ; (* Input: HMI: Styreval: Skjermstyring *)
Tilegg_StyrevalRes	HMI: Styreval: Reservestyring	IN	BOOL	xTilegg_StyrevalRes : BOOL ; (* Input: HMI: Styreval: Reservestyring *)
Tilegg_StyrevalSkj	INT: Styreval: Skjermstyring	OUT	BOOL	yTilegg_StyrevalSkj : BOOL ; (* Output: INT: Styreval: Skjermstyring *)
Tilegg_StyrevalRes	INT: Styreval: Reservestyring	OUT	BOOL	yTilegg_StyrevalRes : BOOL ; (* Output: INT: Styreval: Reservestyring *)

FUNKSJONSBESKRIVING FOR KRAFTVERKSIMULATOR



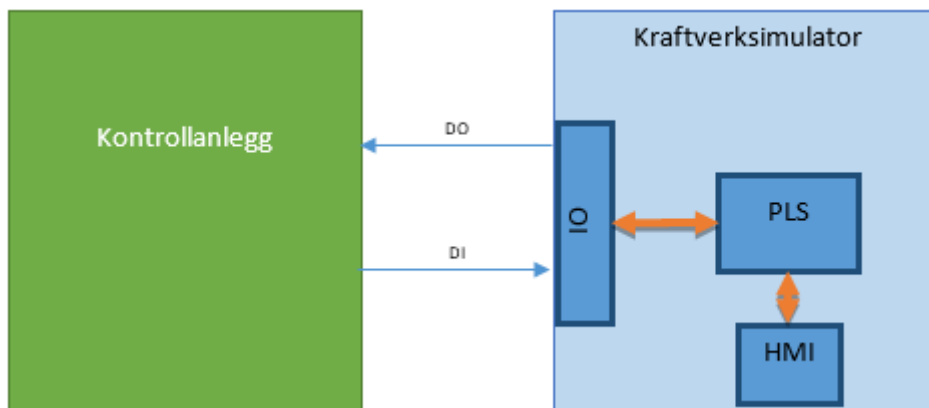
1 Innleiing

Dette er funksjonsbeskrivinga for kraftverksimulatoren som er prosjektert i samband med det avsluttande hovudprosjektet vårt på ingeniørstudiet ved Høgskulen på Vestlandet, campus Førde. Grensesnittet for simulatoren går fram i denne funksjonsbeskrivinga.

Kraftverksimulatoren er programmert og prosjektert med utgangspunkt i Hove kraftverk. Sjå sluttrapport for meir informasjon om Hove kraftverk.

Under punkt 6, «simulerte komponentar i Hove kraftverk», tek vi føre oss kva type signal simulatoren skal få og sende til kontrollanlegget, logikk for blokka, HMI og feilsignal.

Meir utfyllande informasjon om komponentane finn ein i rapporten «Kraftverksimulator».



Figur 1. Skisse av grensesnittet for kraftverksimulatoren.

2 Innhald

1	Innleiing	1
2	Innhald	2
3	Tabelliste	6
4	Figurliste	6
5	Forklaring av funksjonsblokker.....	7
5.1	Forkortingar variabelnamn.....	7
5.2	Funksjonsblokk	8
5.3	Logikk.....	8
5.4	Styrespenning.....	8
6	Simulerte komponentar i Hove kraftverk.....	9
6.1	Inntaksluke	9
6.1.1	Logikk.....	9
6.1.2	HMI	9
6.1.3	Simulering av feil	9
6.2	Ventilsystem (hovudventil med omløpsventil)	9
6.2.1	Logikk.....	9
6.2.2	HMI	10
6.2.3	Simulering av feil	10
6.3	Tilleggsfunksjonar til ventilsystem	10
6.3.1	Logikk.....	10
6.3.2	HMI	10
6.4	Turbinregulator	11
6.4.1	Logikk.....	11
6.4.2	HMI	11
6.4.3	Simulering av feil	12
6.5	Bremser	12
6.5.1	Logikk.....	12
6.5.2	HMI	12
6.5.3	Simulering av feil	12
6.6	Generator	13
6.6.1	Logikk.....	13
6.6.2	HMI	13
6.6.3	Simulering av feil	13
6.7	Rotorløft	14

6.7.1	Logikk.....	14
6.7.2	HMI	14
6.7.3	Simulering av feil	14
6.8	Magnetisering med spenningsregulator	15
6.8.1	Logikk.....	15
6.8.2	HMI	15
6.8.3	Simulering av feil	16
6.9	Avgangsanlegg.....	16
6.9.1	Logikk.....	16
6.9.2	HMI	16
6.9.3	Simulering av feil	17
6.10	Kjølevasssystem	17
6.10.1	Logikk.....	17
6.10.2	HMI	17
6.10.3	Simulering av feil	17
6.11	Faste startbetingelsar.....	18
6.11.2	HMI	18
6.11.3	Simulering av feil	18
6.12	Variable startbetingelsar	19
6.12.1	Logikk.....	19
6.12.2	HMI	19
6.12.3	Simulering av feil	19
6.13	Startbetingelsar	19
6.13.1	Logikk.....	19
6.13.2	HMI	20
6.13.3	Simulerte feil	20
6.14	Betingelsar for start til tomgang m/spenning	20
6.14.1	Logikk.....	20
6.14.2	HMI	20
6.14.3	Simulerte feil	20
6.15	Betingelsar for start til drift.....	21
6.15.1	Logikk.....	21
6.15.2	HMI	21
6.15.3	Simulerte feil	21
6.16	Magnetiseringskommando utført	21
6.16.1	Logikk.....	21

6.16.2	HMI	22
6.16.3	Simulerte feil	22
6.17	Betingelsar for magnetisering	22
6.17.1	Logikk.....	22
6.17.2	HMI	22
6.17.3	Simulerte feil	23
6.18	Innkoplingskommando utført	23
6.18.1	Logikk.....	23
6.18.2	HMI	24
6.18.3	Simulerte feil	24
6.19	Betingelsar for drift	24
6.19.1	Logikk.....	24
6.19.2	HMI	24
6.19.3	Simulerte feil	24
6.20	Betingelsar for utkopling av effektbrytar	24
6.20.1	Logikk.....	25
6.20.2	HMI	25
6.20.3	Simulerte feil	25
6.21	Betingelsar for fråkopling	26
6.21.1	Logikk.....	26
6.21.2	HMI	27
6.21.3	Simulering av feil	27
6.22	Betingelsar for hurtigstopp	28
6.22.1	Logikk.....	28
6.22.2	HMI	29
6.22.3	Simulering av feil	29
6.23	Betingelsar for stopp	30
6.23.1	Logikk.....	30
6.23.2	HMI	30
6.23.3	Simulering av feil	30
6.24	Betingelsar for nødstoppp oppfylt	31
6.24.1	Logikk.....	31
6.24.2	HMI	31
6.24.3	Simulering av feil	31
6.25	Betingelsar for nødstyring oppfylt.....	31
6.25.1	Logikk.....	32

6.25.2	HMI	32
6.25.3	Simulering av feil	32
6.26	Tilleggsfunksjonar	33
6.26.1	Logikk	33
6.26.2	HMI	33
6.26.3	Simulering av feil	33

3 Tabelliste

Tabell 1. Forkortingar.....	7
-----------------------------	---

4 Figurliste

Figur 1. Skisse av grensesnittet for kraftverkssimulatoren.....	1
Figur 2. Funksjonsblokk mal.	8
Figur 3. Inntakslukeblokk.....	9
Figur 4. Ventilsystemblokk.	9
Figur 5. Tilleggsfunksjonar ventilsystemblokk.....	10
Figur 6. Turbinregulatorblokk.....	11
Figur 7. Bremsblokk.....	12
Figur 8. Generatorblokk.	13
Figur 9. Rotorløftblokk.....	14
Figur 10. Magnetisering- og spenningsregulatorblokk.....	15
Figur 11. Avgangsanleggblokk.	16
Figur 12. Kjølevasssystemblokk.	17
Figur 13. «Faste startbetingelsar» blokk.	18
Figur 14. «Variable startbetingelsar» blokk.	19
Figur 15. Startbetingelsarblokk.	19
Figur 16. Logikk for «startbetingelsar oppfylt».	20
Figur 17. «Betingelsar for start til tomgang m/spenning» blokk	20
Figur 18. «Betingelsar for start til drift» blokk.	21
Figur 19. «Magnetiseringskommando utført» blokk.	21
Figur 20. Logikk for «Magnetiseringskommando utført».	22
Figur 21. «Betingelsar for magnetisering» blokk.	22
Figur 22. «Innkoplingskommando utført» blokk.....	23
Figur 23. Logikk for signalet «innkoplingskommando utført».	23
Figur 24. «Betingelsar for drift» blokk.....	24
Figur 25. «Betingelsar for utkopling av effektbrytar» blokk.	24
Figur 26. Logikk for signalet «Betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt».	25
Figur 27. «Betingelsar for fråkopling» blokk.	26
Figur 28. Oversikt over betingelsar for fråkopling.	27
Figur 29. «Betingelsar for hurtigstopp» blokk.....	28
Figur 30. Oversikt over betingelsane for å få hurtigstopp oppfylt.....	29
Figur 31. «Betingelsar for stopp» blokk.	30
Figur 32. Oversikt over blokka «betingelsar for stopp oppfylt».....	30
Figur 33. «Betingelsar for nødstoppp oppfylt» blokk.....	31
Figur 34. Logikk for blokka «betingelsar for nødstoppp oppfylt».	31
Figur 35. «Betingelsar for nødstyring oppfylt» blokk.....	31
Figur 36. Logikk for blokka «betingelsar for nødstyring oppfylt».	32
Figur 37. Tilleggsfunksjonar-blokk.....	33

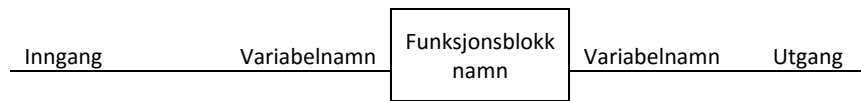
5 Forklaring av funksjonsblokker

5.1 Forkortinger variabelnamn

Tabell 1. Forkortinger.

Uttrykk	Forkorting	Uttrykk	Forkorting
Aggregat	Agr	Posisjon	Pos
Automodus	Auto	Produksjon	Prod
Avgangsanlegg	AvAnl	Reserve	Res
Betingelsar	Bet	Revisjon	Rev
Brytar	Br	Rusing	Rus
Deblokkering	Deblok	Samleskinne	Skinne
Delvis	Del	Senking	Senk
Effekt	Eff	Sette	Set
Elektrisk	El	Sikring	Sikr
Filter	Filt	Simulert	Sim
Forvarsel	Forv	Sjakt	Sja
Frakopling	Frakopl	Skilje	Sk
Fjernstyring	Fjernst	Skjerm	Skj
Generator	Gen	Spenningsregulator	UReg
Hovud	Hov	Stator	Sta
Human Machine Interface	HMI	Stillstand	Stillst
Hurtiglukker	HLukk	Straum	Str
Hurtigstopp	HStopp	Styrespenning	StSpg
Ignorere	Ign	Styring	Styr
Inngangssignal	In	Sugerør	SogeRor
Innkopling	Ink	Synkronisering	Synk
Inntaksluke	InnLuke	System	Sys
Intern	Int	Tavle	Tavl
Inventer	Inv	Tastatur	Tast
Jord	J	Temperatur	Temp
KjølevassSystem	KjolSys	Tetning	Tetn
Kommando	Kom	Trykk	Tr
Kompressor	Komp	Turbin	Trb
Kritisk	Krit	Turbinregulator	TReg
Lager	Lag	Turtal	Tur
Lastreferanse	Last	Uanmeldt	Uanm
Ledeapparat	LApp	Under	Und
Lense	Lens	Utført	Utf
Levert	Lev	Utgangssignal	Out
Lokal	Lok	Utkopling	Utkopl
Magnetisering	Mag	Variable	Var
Manuell	Man	Varmluft	Varm
Mekanisk	Mek	Ventil	Vent
Merke	Mrk	Ventilsystem	VSys
Nedre	Nedr	Yting	Ytl
Normal	Nrm	Ønske	Ons
Nød	Nod		
Omløp	Oml		
Oppfylt	Oppf		
Over	Ovr		
Ovre	Ovre		

5.2 Funksjonsblokk



Figur 2. Funksjonsblokk mal.

Funksjonsblokka er bygd opp på den måten at innsignala er ført opp på venstre side av blokka, medan utsignala er ført opp på høgre side. Variabelnamna som er ført opp på blokkene er brukt vidare i programmet for kraftverksimulatoren. Sjå figur 2.

5.3 Logikk

«HMI» – Signal som lar seg styre eller overvake av operatør på oversiktskjerm.

«INT» – Interne signal som er mellom funksjonsblokkene som er definert her i funksjonsbeskrivinga.

«Brytar» – Av/på-brytar

«Knapp» – Pulsbrytar

«Indikasjon» – Lampe

«Sette» – Tekstfelt der ein kan skrive inn.

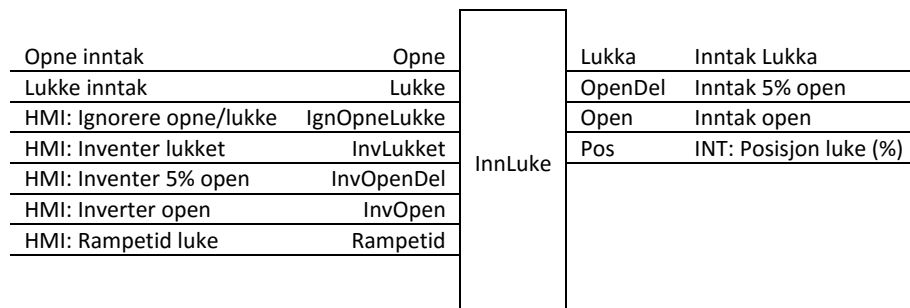
«Visning» – Oversikt over verdiar som forandrar seg.

5.4 Styrespenning

Mellom inn- og utgangane som er beskriven her i funksjonsbeskrivinga og tilkoplingane i kontrollanlegget har vi nytta relé for å få eit galvanisk skilje. På den måten blandar ikkje ein styrespenningane, og tar då høgde for dei ulike spenningsnivåa som kan vere i kraftstasjonen.

6 Simulerte komponentar i Hove kraftverk

6.1 Inntaksluke



Figur 3. Inntakslukeblokk.

6.1.1 Logikk

Ved «Opne» signal vil luka rampe opp og gi «OpenDel» og deretter «Open».

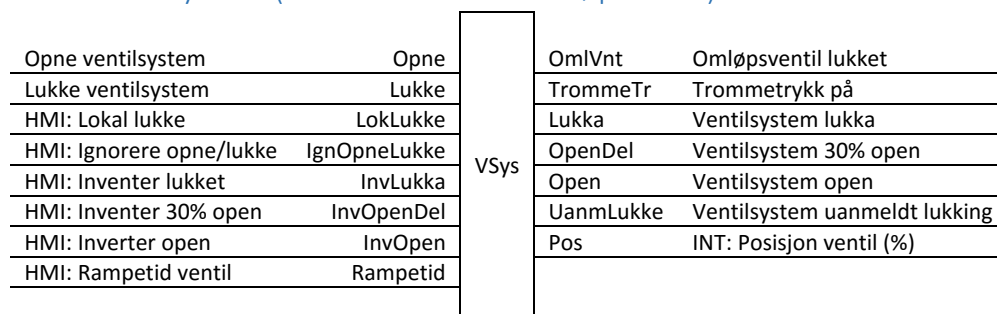
6.1.2 HMI

- Indikasjon: Open, Lukka, OpenDel.
- Visning: Posisjon i %.
- Setpunkt: Rampetid
- Brytar: IgnOpneLukke, InvLukket, InvOpenDel, InvOpen

6.1.3 Simulering av feil

- IgnOpneLukke: Ignorerer opne- og lukkesignal
- InvOpen: Inventerer opensignal

6.2 Ventilsystem (hovudventil med omløpsventil)



Figur 4. Ventilsystemblokk.

6.2.1 Logikk

Ved «Opne» signal vil «OmlVent» opne. «TrommeTrykk» vil da bli høg. Deretter vil ventilen rampe opp og gi «Open30» og «Open». Ved «LokalLukke» vil ventilen lukke samtidig som den gjev ut «UanmLukk». «Lukke» signal er prioritert over «Opne» signal.

6.2.2 HMI

- Visning: Posisjon i %
- Setpunkt: Rampetid til ventil
- Indikasjon: Open /lukka, 30% open ventil, Trommetrykk
- Brytar: Ignorer Opne / Lukke, Inventer Open, Inventer Lukka, Inventer OpenDel
- Knapp: Lokal lukke

6.2.3 Simulering av feil

- Ignorere «Opne» og «Lukke» signal
- Invertering av «OpenDel», «Open» eller «Lukket»

6.3 Tilleggsfunksjonar til ventilsystem

HMI: Filter forvarsel	FiltForv	VSys2	FiltForv	Filter forvarsel
HMI: Hovedtetning på	HovTetn		HovTetn	Hovedtetning av
HMI: Revisjonstetning på	RevTetn		RevTetn	Revisjonstetning på
HMI: Sjaktrykk lavt kritisk	SjaTrKrit		SjaTrKrit	Sjaktrykk lavt kritisk
HMI: Sjaktrykk lavt forvarsel	SjaTrForv		SjaTrForv	Sjaktrykk lavt forvarsel
HMI: Sugerørsluke open	SogeRor		SogeRor	Sugerørsluke open

Figur 5. Tilleggsfunksjonar ventilsystemblokk.

6.3.1 Logikk

Inngangar og utgangar er direkte kopla saman, og styrast via HMI.

6.3.2 HMI

- Brytar: Sjaktrykk kritisk, sjaktrykk forvarsel, sugerørsluke, filter, hovudtetning og revisjonstetning
- Indikasjon: Sjaktrykk kritisk, sjaktrykk forvarsel, sugerørsluke, filter, hovudtetning og revisjonstetning

6.4 Turbinregulator

Turbinregulator start	Start	TReg	TrOljeKlar	Trykkolje klar
Turbinregulator stopp	Stopp		Auto	Automodus aktivert
Hurtiglukker start	HLukkStart		LAppLukket	Ledeapparat lukket
Hurtiglukker stopp	HLukkStopp		HLukkDrift	Hurtiglukker driftstilt
INT: Tilstand på effektbrytar	AvAnl_EffBrInne		HLukkStoppet	Hurtiglukker stoppstilt
INT: Ønska produksjon generator	Gen_OnsProd		HLukkUanm	Hurtiglukker stoppet u/drift
INT: Posisjon Ventilsystem	HovVent_Pos		LokStopp	Lokal stopp
INT: Posisjon inntaksluke	InnLuke_Pos		MekRus	Mekanisk rusing
INT: Klokke Puls	Klokke_Pulse		KritTempTReg	Kritisk temp turbinregulator
HMI: Simulere kritisk høg temp	SimKritTemp		KritTempLag	Kritisk temp lager
HMI: Trykkolje klar	TrOlje		Tur0	Turtal 0%
HMI: Lokal stopp	LokStopp		TurUnd10	Turtal under 10%
HMI: Turbinlager kritisk	TurbLagKritTemp		TurUnd15	Turtall under 15%
HMI: Merketurtal på turbinen (RPM)	MrkTurtall		TurUnd90	Turtall under 90%
HMI: Simulere rusing	SimRus		TurOvr90	Turtall over 90%
HMI: Rampetid (Tid)	Rampetid		Prod	INT: Produksjon generator (kW)
HMI: Invertere automodus	InvAuto		Turtall	HMI: Nominelt turtal (RPM)
HMI: Sette Turtal (RPM)	SetTurtall		PosLApp	HMI: Posisjon ledeapparat (%)
HMI: Hurtiglukker uanmeldt av	HLukkUanm		TempTurbLag	HMI: Temperatur turbinlager (°C)
INT: Tilstand Brems	Brems_Pos		TempTReg	HMI: Temperatur turbinregulator (°C)

Figur 6. Turbinregulatorblokk.

6.4.1 Logikk

Turbinregulatoren har som oppgave å justere turtalet til det kontrollanlegget ønske og tilpasse vassmengda på turbinen.

For at turbinregulatoren kan starte må vi ha indikasjon på «trykkolje klar». Etter at startsignal for turbinregulatoren blir gjeve, er det 5 sekund forseinking til regulatoren blir sett over i automodus. Dersom vi ønsker kan vi invertere automodus, slik at det gjev feil for kontrollanlegget.

Er effektbrytar ute justera turbinregulatoren ledeapparatet for å oppnå ønskja turtal. Er effektbrytar inne er turtalet låst til 100% merketurtal og turbinregulatoren justera ledeapparatet for å oppnå ønskja produksjon som generatoren gjev beskjed om. Tilstanden til effektbrytaren blir henta frå «Avgangsanlegg».

Posisjonen på hovudventil og inntaksluke blir også henta frå andre blokker for å få forrigla turbinen, slik at den ikkje roterer når det ikkje er «fysisk mogeleg».

Ved simulering av kritiske temperaturar vil temperaturane skalere opp til 130 grader. Når temperaturen passere 120 grader vil det komme feilmelding om kritisk temperatur.

Hurtiglukkar må vere driftstilt ved oppstart. Vi har valt å doble lukkehastigheita for ledeapparatet ved hurtiglukkar funksjon. Hurtiglukking blir trigga av mekanisk rusing. Dette kan bli trigga på HMI ved å «simulere rusing».

6.4.2 HMI

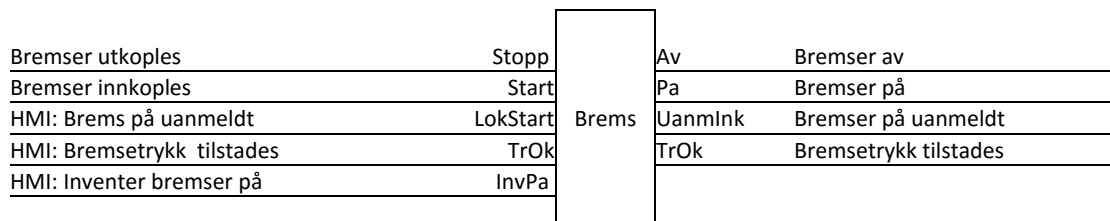
- Brytar: Kritisk temperatur turbinregulator, kritisk temperatur turbinlager og rusing av turbin
- Brytar: Trykkolje klar og invertert automodus
- Settpunkt: Merketurtal, ønsket turtal, rampetid til ledeapparat
- Visning: Temperatur på turbinlager og turbinregulator
- Visning: Posisjon på ledeapparat og turtal

- Knapp: Stopp av hurtiglukkar uanmeldt og lokalstopp
- Indikasjon: Trykkoljeanlegg klar, mekanisk rusing og lokalstopp
- Indikasjon: Ved oppnådd ønskja turtal i prosent
- Indikasjon: Hurtiglukkar ved drift, stopp, uanmeldt stopp og lukka ledeapparat

6.4.3 Simulering av feil

- Trykkoljeanlegg true/false på driftstilt
- Mekanisk rusing – 150% av turtal (aktivera hurtiglukkar)
- Turbinregulator når ikkje automodus etter 5 sek.
- Kritisk høg temp. turbinregulator
- Kritisk høg temp. turbinlager

6.5 Bremsar



Figur 7. Bremsblokk.

6.5.1 Logikk

Vi kan ved HMI sette bremsar på ved tvang, for å skape feilmelding «bremsar på uanmeldt». «Bremsetrykk til stades» er eit krav for nokon av sekvensane. Dette kan vi oppfylle ved enkel betjening frå HMI. Kontrollanlegg skal gje kommando om bremsar på/av, og simulatoren skal gje driftsmelding på status.

6.5.2 HMI

- Indikasjon: Bremsar på/av, bremsetrykk til stades, bremsar på uanmeldt og brems invertert på.
- Brytar: Bremsar på uanmeldt, bremsetrykk til stades og invertert bremsar på

6.5.3 Simulering av feil

- Ingen feedback på lukka signal
- Invertert bremsar på
- Bremsar på uanmeldt
- Fjerne bremsetrykk

6.6 Generator

Lastreferanse ned	LastNed	Gen	UNrm	Generatorspenning: Normal
INT: Tilstand effektbrytar	AvAnl_EffBrInne		VarmKritTemp	Varmluft kritisk temperatur
INT: Strøm frå magnetiseringsblokk	UReg_MagStr		StaKritTemp	Stator kritisk temperatur
INT: Produksjon frå turbinregulator	TReg_Prod		OvrLagKrit	Ovre-lager kritisk temperatur
INT: Klokke puls	Klokke_Pulse		NedrLagKrit	Nedre-lager kritisk temperatur
HMI: Varmluft kritisk temperatur	VarmKritTemp		U100	Generatorspenning 100%
HMI: Stator kritisk temperatur	StaKritTemp		OnsProd	INT: Ønska produksjon (kW)
HMI: Øvre-lager kritisk temperatur	OvrlagKritTemp		LevEff	HMI: Levert effekt (kW)
HMI: Nedre-lager kritisk temperatur	NedrlagKritTemp		U	HMI: Spenning generator (V)
HMI: Rampetid (Tid)	Rampetid		OnsMagStr	INT: Ønska magnetiseringsstraum (A)
HMI: Ytelse Generator (kVA)	YtlGen		TempVarm	HMI: Temperatur varmluft (°C)
HMI: Merkespenning generator (V)	MrkU		TempSta	HMI: Temperatur stator (°C)
HMI: Ønska Produksjon (kW)	OnsProd		TempOvrLag	HMI: Temperatur øvre lager (°C)
HMI: Sette generatorspenning (V)	SetU		TempNedrLag	HMI: Temperatur nedre lager (°C)
HMI: Ignorere lastned	IgnLastNed			

Figur 8. Generatorblokk.

6.6.1 Logikk

Generatoren blir justert av spenningsregulator og turbinregulator.

Generator sin yting må settast i HMI (sette MVA verdi) og ønska produksjon (sette kW verdi i HMI). Spenningsregulatoren justerer magnetiseringa for å oppnå ønska spenning på generatoren.

Generatorspenninga «normal» har vi sett til grense på +/- 5%.

«Lastreferanse ned» kommando kjem frå kontrollanlegg ved fråkopling for å unngå rusing ved utkopling. Då vil ein redusere produksjon, og skape mindre rusing ved utkopling av effektbrytar. Vi har laga det til slik at last blir redusert til 50% når «last ned» blir triggja.

Generatoren vil ikkje ha noko levert effekt når effektbrytaren ligg ute, medan spenninga kjem når feltbrytaren er innkopla.

Temperaturane blir skalert etter generatoren sin belastning/produksjon. Ved aktivering av brytarane for kritisk temperatur på HMI, blir temperaturane skalert opp til 130 grader. Når dei passerar 120 grader blir det gjeve feilmelding for kritisk temperatur. HMI viser temperatur.

6.6.2 HMI

- Setpunkt: Generatorspenning, generatorytelse og setpunkt produksjon
- Visning: Spenning, levert effekt og temperaturar
- Indikasjon: Generatorspenning 100%, generatorspenning normal og kritiske temperaturar.
- Brytar: Ignorering av «LastNed» kommando og simulering av kritisk temperaturar.

6.6.3 Simulering av feil

- Ignorere «last ned» signal
- Spenning utanfor normal grense, kan simulerast ved å sette setpunkt for spenning veldig høgt.
- Kritiske temperaturar
- Øydelegge sekvensane ved å droppe driftsmeldingar

6.7 Rotorløft

Rotorløft start	Start	Rotorløft	Driftklar	Rotorløftpumpe driftsklar
Rotorløft stopp	Stopp		Pa	Rotorløft på
HMI: Rotorløftpumpe driftsklar	Driftklar		Løftet	Rotor løftet
HMI: Senking av rotor	RotorSenk			
HMI: Ignorer start/stopp	IgnStartStopp			

Figur 9. Rotorløftblokk.

6.7.1 Logikk

Ein må først sette rotorløftpumpe driftsklar på HMI for at ein skal kunne starte. Ved start-kommando blir rotorløfter «på», og det tar 5 sekunder før den er «løfta». Frå HMI kan ein trykke på «senk rotorløft», då blir den senka. For å hindre start kan programmet ignorere start/stopp kommandoar frå kontrollanlegget. Dette kan triggast frå HMI.

6.7.2 HMI

- Indikasjon: Rotorløft på og rotorløftpumpe driftsklar
- Brytar: Rotorløftpumpe driftsklar og ignorering av start/stopp
- Knapp: Senking av rotor

6.7.3 Simulering av feil

- Ignorere «Start»/»Stopp» signal.
- Unngå å gje driftsmelding på driftsklar rotorløftpumpe

6.8 Magnetisering med spenningsregulator

Feltbrytar inn	FeltBrInn	UReg	FeltBrUte	Feltbrytar ute
Feltbrytar ut	FeltBrUt		FeltBrInne	Feltbrytar inne
INT: Ønska magnetiseringsstraum	Gen_OnsMagStr		StartMag	Startmagnetisering tilstades
INT: Klokke puls	Klokke_Pulse		MagTavl	Magnetisering frå tavle
HMI: Startmagnetisering tilstades	StartMag		Man	Manuell spenningsregulering
HMI: Spenningsregulator i manuell	URegMan		SikrUReg	AC sikring spenningsregulator utløyst
HMI: Magnetisering frå tavle	MagFraTavl		KritFeil	Spenningsregulator kritisk feil
HMI: Sikring spenningsregulator utløyst	SikrUReg		MagSkj	Magnetiseringskommando frå skjerm
HMI: Spenningsregulator kritisk feil	URegKrit		MagStr	INT: Magnetiseringsstraum (A)
HMI: Magnetiseringskommando frå skjerm	MagFraSkjerm		MagUte	Startmagnetisering Ute
HMI: Manuell justere spenning opp	UOppMan			
HMI: Manuelt justere spenning ned	UNedMan			
HMI: Rampetid (Tid)	Rampetid			
HMI: Feltbrytar uanmeldt ut	FeltBrUanm			

Figur 10. Magnetisering- og spenningsregulatorblokk.

6.8.1 Logikk

Ein må ved oppstart trykke på «startmagnetisering til stades» på HMI for å aktivere denne. Undervegs i oppstart vil kontrollanlegget gi kommando om å kople inn feltbrytaren for å få spenning på generator. Startmagnetisering vil då få tilstanden «Mag Ute» (startmagnetisering ute).

Kontrollanlegget frå driftsmelding på om feltbrytar ligger inne eller ute. Ein kan frå HMI sette spenningsregulator i manuell, då kan ein ved hjelp av enkle trykkbrytarar på HMI auke/minke spenninga på generator manuelt.

Vi kan frå HMI direkte gi signal om magnetisering frå tavle eller kommando frå skjerm.

Frå HMI kan ein trigge feil på spenningsregulator eller indikere at sikringen til spenningsregulatoren er utløyst.

Ein kan også tvangskøyre feltbrytaren ut under drift frå HMI.

Rampetid kan ein sette på HMI for kor rask endring ein ønskjer i magnetiseringsstraumen.

Ønskja magnetiseringsstraum frå generator blir tatt hensyn til av spenningsregulator, og endrar straumen roleg etter ønskje. Ved feltbrytar «ute» blir ikkje det levert noko straum frå denne blokka.

6.8.2 HMI

- Indikasjon: Feltbrytar inne og ute, startmagnetisering til stades/ute, magnetisering frå tavle, magnetiseringskommando frå skjerm, spenningsregulator i manuell og kritisk feil på spenningsregulator.
- Brytar: Spenningsregulator (auto/manuell), spenningsregulator kritisk feil, sikring spenningsregulator utløyst, startmagnetisering (til stades/ute).
- Knapp: Spenning opp, spenning ned og feltbrytar ut uanmeldt.
- Setpunkt: Rampetid for justering av magnetiseringsstraum

6.8.3 Simulering av feil

- Feltbrytar uanmeldt ut
- Spenningsregulator kritisk feil
- Spenningsregulator sikring utløyst

6.9 Avgangsanlegg

Skillebrytar inn	SkBrInn	AvAnl	SkBrInne	Skillebrytar inne
Skillebrytar ut	SkBrUt		SkBrUte	Skillebrytar ute
Effektbrytar inn	EffBrInn		EffBrInne	Effektbrytar inne
Effektbrytar ut	EffBrUt		EffBrUte	Effektbrytar ute
Jordbrytar inn	JBrInn		JBrInne	Jordbrytar inne
Jordbrytar ut	JBrUt		JBrUte	Jordbrytar ute
Synkronisering innkoples	SynkInn		SynkInne	Synkronisering innkopla
HMI: Synkronisering innkoples	SynkInst		Sikr	Ac sikring måling inne
HMI: AC sikring måling Inne	Sikr		SikrSkinne	AC sikring måling samleskinne inne
HMI: AC sikring måling SSK inne	SikrSkinne		EffBrTavl	Effektbrytar inn frå tavle
HMI: Effektbrytar inn frå tavle	EffBrTavl		EffBrSkj	Effektbrytar inn frå skjerm
HMI: Effektbrytar inn frå skjerm	EffBrSkj			
HMI: Feil på synkronisering	SynkFeil			
HMI: Ignorer brytar betjening	IgnBrBetening			
HMI: Effektbrytar ut uanmeldt	EffBrUanm			

Figur 11. Avgangsanleggsblokk.

6.9.1 Logikk

Effektbrytar, skiljebrytar og jordbrytar er forrigla mot kvarandre. Effektbrytar er forrigla mot skiljebrytar, og skiljebrytar er forrigla mot jordbrytar. Det betyr til dømes at ein ikkje kan kople inn «jordbrytar» medan skiljebrytar er innkopla.

Når synkroniseringsinstrumentet koplast inn vil effektbrytar bli lagt inn etter 3 sekund. Føresetnadane for dette er at AC sikring samleskinne og AC sikring måling ligge inne. Denne funksjonen kan bli køyrt frå HMI frå inngangen med same namn.

På HMI kan ein velje å ignorere brytar-kommando for å skape problem for kontrollanlegget.

Ein kan også trigge ein uanmeldt utkopling av effektbrytar.

Frå HMI kan ein direkte trigge feil på sikringane. Ved å aktivere «Feil på synkronisering» på HMI, vil ikkje effektbrytar kople seg inn.

Ein kan trigge effektbrytar «inn» frå tavle eller skjerm på HMI.

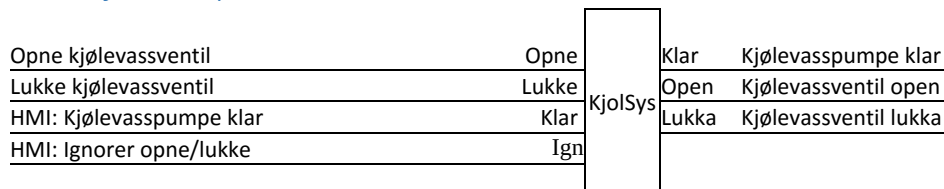
6.9.2 HMI

- Indikasjon: Effektbrytar, skillebrytar og jordbrytar (inne/ute)
- Indikasjon: Synkroniseringsinstrument inne, sikring måling, sikring samleskinne måling, effektbrytar inn frå tavle og effektbrytar inn frå skjerm.
- Brytar: Sikring måling, sikring samleskinne måling, feil på synkronisering, ignorering av brytar betjening, effektbrytar inn frå tavle og effektbrytar inn frå skjerm
- Knapp: Synkronisering innkoples og effektbrytar ut uanmeldt

6.9.3 Simulering av feil

- Ignorere inn/ut signal på skillebrytar, effektbrytar og jordbrytar
- Effektbrytar uanmeldt ut
- Feil på synkronisering
- Unngå nødvendige driftsmeldingar.

6.10 Kjølevasssystem



Figur 12. Kjølevasssystemblokk.

6.10.1 Logikk

Simulatoren vil få kommando frå kontrollanlegget om å opne eller lukke kjølevassventilen. «Kjølevasspumpe klar» og «ignorer opne/lukke» blir sett via HMI. Før opning av kjølevassventilen må kjølevasspumpa vere klar. Kjølevasspumpa må også vere klar for å oppnå «faste startbetingelsar oppfylt».

6.10.2 HMI

- Brytar: Ignorering av opne/lukke kommando og kjølevasspumpe klar
- Indikasjon: Kjølevasspumpe klar og kjølevassventil open og lukka

6.10.3 Simulering av feil

- Ignorere opne/ lukke signal
- Unngå nødvendig driftsmelding

6.11 Faste startbetingelsar



Figur 13. «Faste startbetingelsar» blokk.

6.11.1.1 Logikk

Alle signala som blir sendt til blokka må vere oppfylt for at «faste startbetingelsar oppfylt» skal bli sendt til kontrollanlegget. «Startval: Hand» og føresetnadane for dei ulike stopptypene skal vere invertert for å oppnå «faste startbetingelsar». Dei interne signala er signal frå andre blokker, medan dei som blir sett av HMI er manuelle signal.

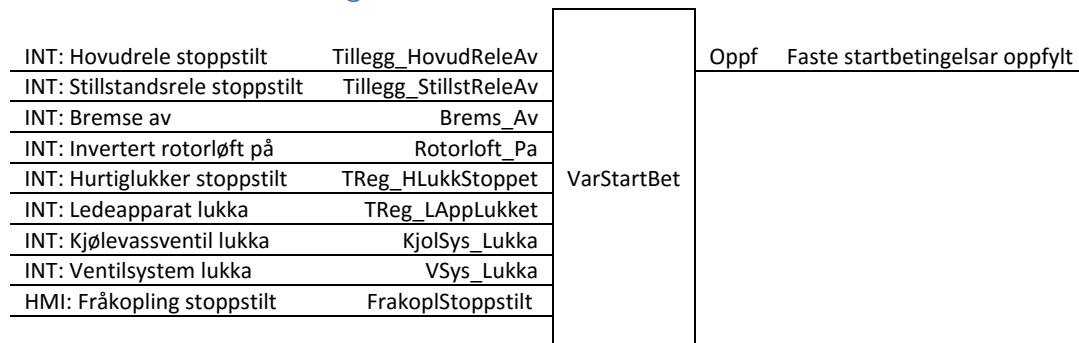
6.11.2 HMI

- Brytar: «Starval: Hand» og aggregat styrespenning normal
- Brytar: Kompressorar klar, nødstyring driftsklar og lensepumpe klar
- Indikasjon: Faste startbetingelsar oppfylt

6.11.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.12 Variable startbetingelsar



Figur 14. «Variable startbetingelsar» blokk.

6.12.1 Logikk

Alle innsignala som kjem må vere oppfylt for at signalet «variable startbetingelsar oppfylt» skal bli sendt til kontrollanlegget. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan dei som blir sett av HMI er manuelle signal.

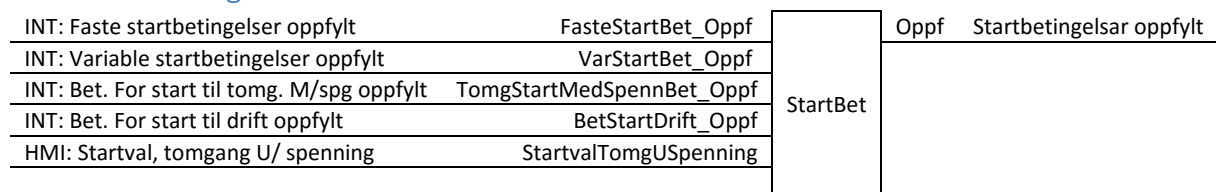
6.12.2 HMI

- Brytar: Fråkopling stoppstilt
- Indikasjon: Variable startbetingelsar oppfylt

6.12.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

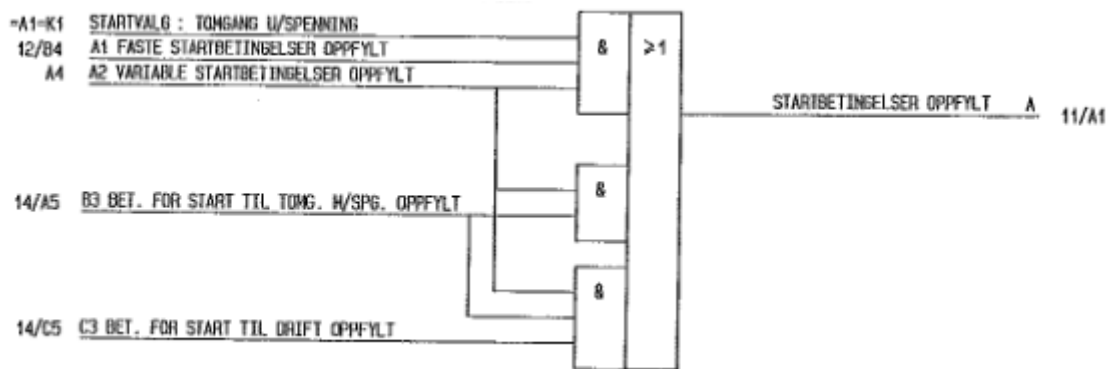
6.13 Startbetingelsar



Figur 15. Startbetingelsarblokk.

6.13.1 Logikk

På figur 16 går det fram korleis startbetingelsane blir oppfylt. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt.



Figur 16. Logikk for «startbetingelser oppfylt».

6.13.2 HMI

- Brytar: «Startval: Tomgang utan spenning»
- Indikasjon: Startbetingelser oppfylt

6.13.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.14 Betingelsar for start til tomgang m/spenning

INT: Faste startbetingelsar oppfylt	FastStartBet_Oppf	TomgStart MSpennBet	Oppf	Betingelsar oppfylt
INT: Effektbrytar ute	AvAnl_EffBrInne			
INT: Feltbrytar ute	AvAnl_EffBrUte			
INT: Startmagnetisering tilstede	UReg_StartMag			
INT: Generator spenningsregulator i manuell	UReg_Man			
INT: Jordbrytar ute	AvAnl_JBrUte			
HMI: Startval: Drift	StartvalDrift			
HMI: Startval: Tomgang med spenning	StartvalTomgMSpg			

Figur 17. «Betingelsar for start til tomgang m/spenning» blokk

6.14.1 Logikk

For at signalet «Betingelsar for start til tomgang m/ spenning oppfylt» skal bli sendt ut, må ein velje startvalet «drift» eller «tomgang m/spenning». I tillegg må alle dei andre interne innsignala vere oppfylt. Med interne signal meiner ein signal som ein mottar frå andre blokker i kraftverksimulatoren.

6.14.2 HMI

- Brytar: «Startval: Drift»
- Brytar: «Startval: Tomgang med spenning»
- Indikasjon: Betingelsar for start til tomgang med spenning oppfylt

6.14.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.15 Betingelsar for start til drift

INT: Skillebrytar inne	AvAnl_ SkBrInne	BetStartDrift	Oppf	Betingelsar for start til drift oppfylt
INT: AC sikring måling inne	AvAnl_ Sikr			
INT: AC sikring måling ssk inne	AvAnl_ SikrSkinne			
INT: Faste startbetingelsar oppfylt	FastStartBet_Oppf			
HMI: Startval: Drift	StartvalDrift			

Figur 18. «Betingelsar for start til drift» blokk.

6.15.1 Logikk

Alle innsignala må vere oppfylte for at utsignalet «betingelsar for start til drift oppfylt» skal bli sendt ut. Dei interne signala bli sendt frå andre blokker i simulatoren, medan startvalet må settast manuelt via HMI.

6.15.2 HMI

- Brytar: «Startval: Drift»
- Indikasjon: Betingelsar for start til drift oppfylt

6.15.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

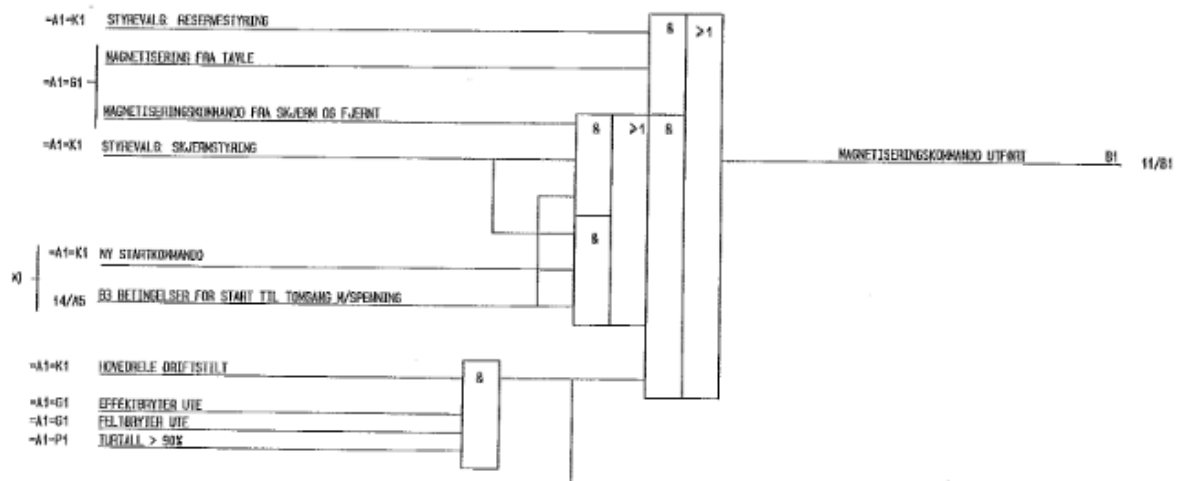
6.16 Magnetiseringskommando utført

INT: Mag.kommando frå skjerm	UReg_ MagSkj	MagKom	Utf	Magnetiseringskommando utført
INT: Mag. frå tavle	UReg_ MagTavl			
INT: Bet. For start til tomg, m/spg.	TomgStartMedSpennBet_Oppf			
INT: Hovudrele driftstilt	Tillegg_ HovudrelePa			
INT: Effektbrytar ute	AvAnl_ EffBrUte			
INT: Feltbrytar ute	UReg_ FeltBrUte			
INT: Turtal > 90%	TReg_ TurUnd90			
INT: Styreval: Reservestyring	Tillegg_ StyrevalRes			
INT: Styreval: Skjermstyring	Tillegg_ StyrevalSkj			
HMI: Ny startkommando	Start			

Figur 19. «Magnetiseringskommando utført» blokk.

6.16.1 Logikk

På figur 20 går det fram korleis «magnetiseringskommando utført» blir oppfylt. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt. Dei interne signala er signal som bli sendt frå andre blokker i simulatoren, medan dei andre blir sett via HMI.



Figur 20. Logikk for «Magnetiseringskommando utført».

6.16.2 HMI

- Brytar: Ny startkommando
- Indikasjon: Magnetiseringskommando utført

6.16.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.17 Betingelsar for magnetisering

INT: Hovudrelé driftstilt	Tillegg_HovudreléPa	Oppf	Betingelsar for magnetisering oppfylt
INT: Effektbrytar ute	AvAnl_EffBrUte		
INT: Feltbrytar ute	UReg_FeltBrUte		
INT: Turtall > 90%	TReg_TurUnd90		
INT: Bet. For start til tomg. M/spg.	TomgStartMedSpennBet_Oppf		
HMI: Invertert fråkopling	InvFraKopl		
HMI: Start pågår	Start		

Figur 21. «Betingelsar for magnetisering» blokk.

6.17.1 Logikk

Alle innsignala må vere oppfylt for at signalet «betingelsar for magnetisering oppfylt» skal bli sendt ut. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan dei andre blir sett via HMI.

6.17.2 HMI

- Brytar: Invertert fråkopling
- Brytar: Start pågår
- Indikasjon: Betingelsar for magnetisering oppfylt

6.17.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

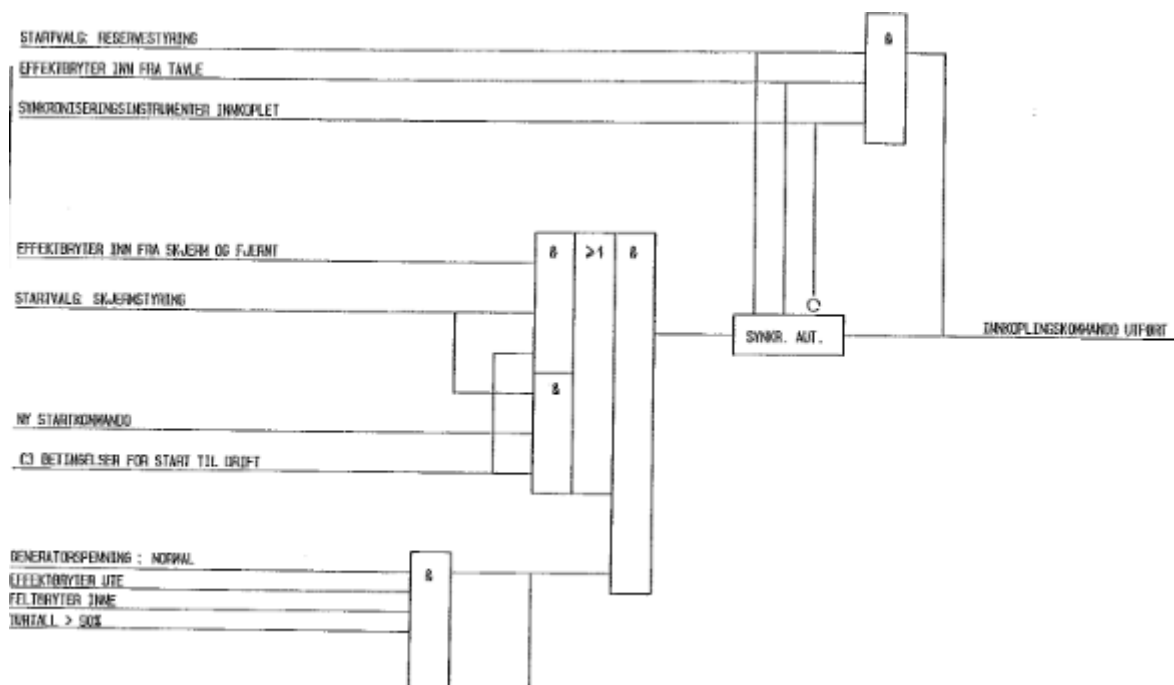
6.18 Innkoplingskommando utført



Figur 22. «Innkoplingskommando utført» blokk.

6.18.1 Logikk

På figur 23 går det fram korleis «innkoplingskommando utført» blir oppfylt. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle betingelsane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av betingelsane som går inn til blokka vere oppfylt. Ved automatisk synkronisering skal synkroniseringsinstrumentet ikkje vere innkopla. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan dei andre blir sett via HMI.



Figur 23. Logikk for signalet «innkoplingskommando utført».

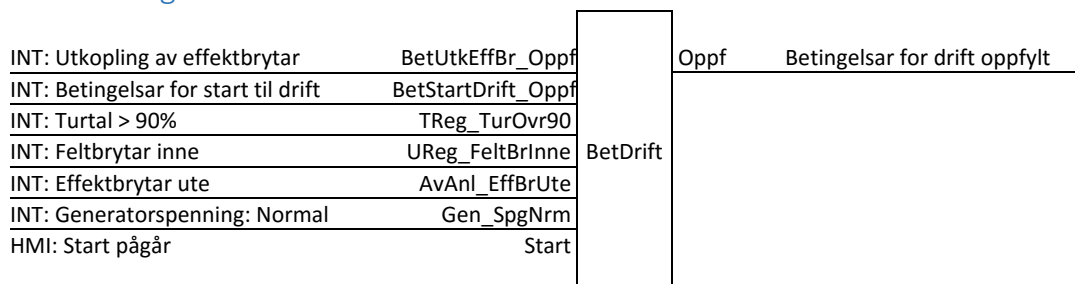
6.18.2 HMI

- Brytar: Ny startkommando
- Indikasjon: Innkoplingskommando utført

6.18.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.19 Betingelsar for drift



Figur 24. «Betingelsar for drift» blokk.

6.19.1 Logikk

Alle innsignala må vere oppfylt for at signalet «betingelsar for drift oppfylt» skal bli sendt ut. Dei interne signala bli sendt frå andre blokker, medan «start pågår» må settast manuelt via HMI.

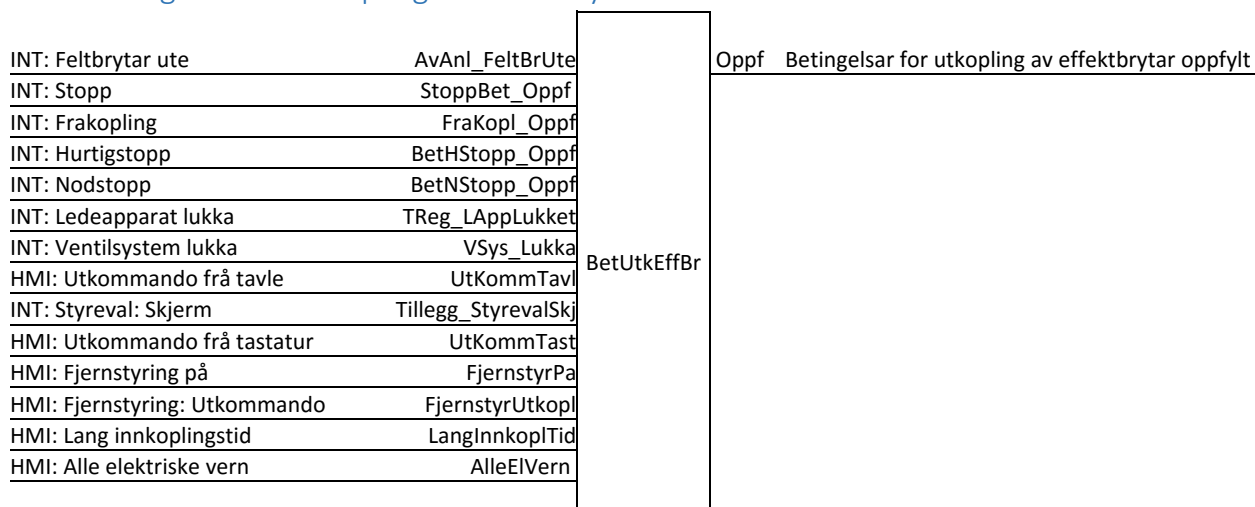
6.19.2 HMI

- Brytar: Start pågår
- Indikasjon: Betingelsar for drift oppfylt

6.19.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

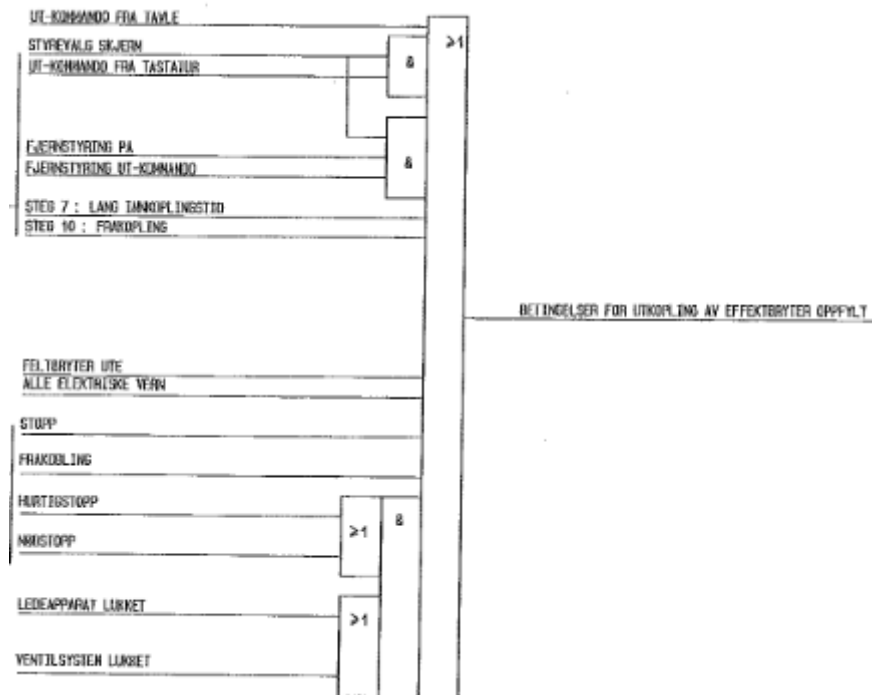
6.20 Betingelsar for utkopling av effektbrytar



Figur 25. «Betingelsar for utkopling av effektbrytar» blokk.

6.20.1 Logikk

På figur 26 går det fram kva som må vere til stades for at «betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt» skal bli sendt ut. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan dei andre blir sett via HMI.



Figur 26. Logikk for signalet «Betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt».

6.20.2 HMI

- Brytar: Ut-kommando frå tavle og ut-kommando frå tastatur
- Brytar: Fjernstyring på og fjernstyring ut-kommando
- Brytar: Alle elektriske vern og lang innkoplingstid
- Indikasjon: Betingelsar for utkopling av effektbrytar oppfylt

6.20.3 Simulerte feil

- Logikk ikkje oppfylt

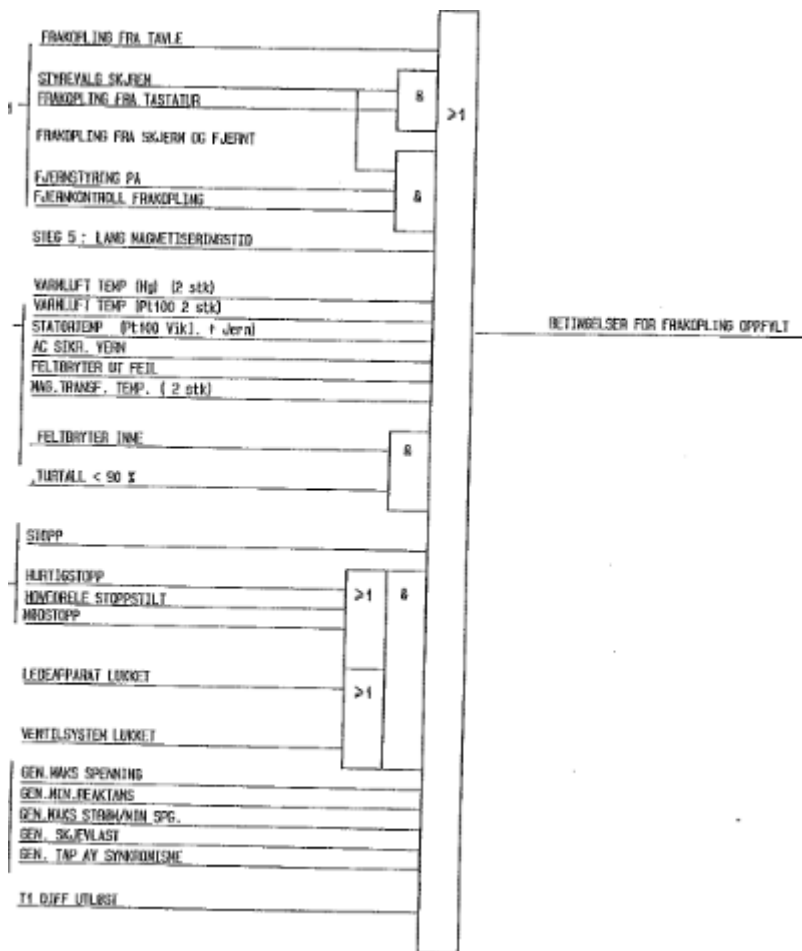
6.21 Betingelsar for fråkopling

INT: Feltbrytar inne	UReg_FeltBrInne	BetFrakopl	Oppf	Betingelsar for fråkopling oppfylt
INT: Turtal < 90%	TReg_TurUnd90			
INT: Hovedrele Driftstilt	Tillegg_HovudrelePa			
INT: Ledearparat lukka	TReg_LAppLukket			
INT: Ventilsystem lukka	VSys_Lukka			
HMI: Frakopling frå tavle	FrakoplTavle			
INT: Styreval: Skjerm	Tillegg_StyrevalSkj			
HMI: Frakopling frå tastatur	FrakoplTast			
HMI: Fjernstyring på	FjernstPa			
HMI: Fjernkontroll fråkopling	FjernFrakopl			
HMI: Lang magnetiseringstid	LangMagnTid			
HMI: AC sikring vern	Sikr			
INT: Stopp	StoppBet_Oppf			
INT: Nodstopp	BetNStopp_Oppf			
HMI: Generator skjeivlast	GenSkeivLast			
INT: Hurtigstopp	BethStopp_Oppf			

Figur 27. «Betingelsar for fråkopling» blokk.

6.21.1 Logikk

På figur 28 går det fram kva som må vere til stades for at «betingelsar for fråkopling oppfylt» skal bli sendt ut. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan resten blir styrt via HMI.



Figur 28. Oversikt over betingelsar for fråkopling.

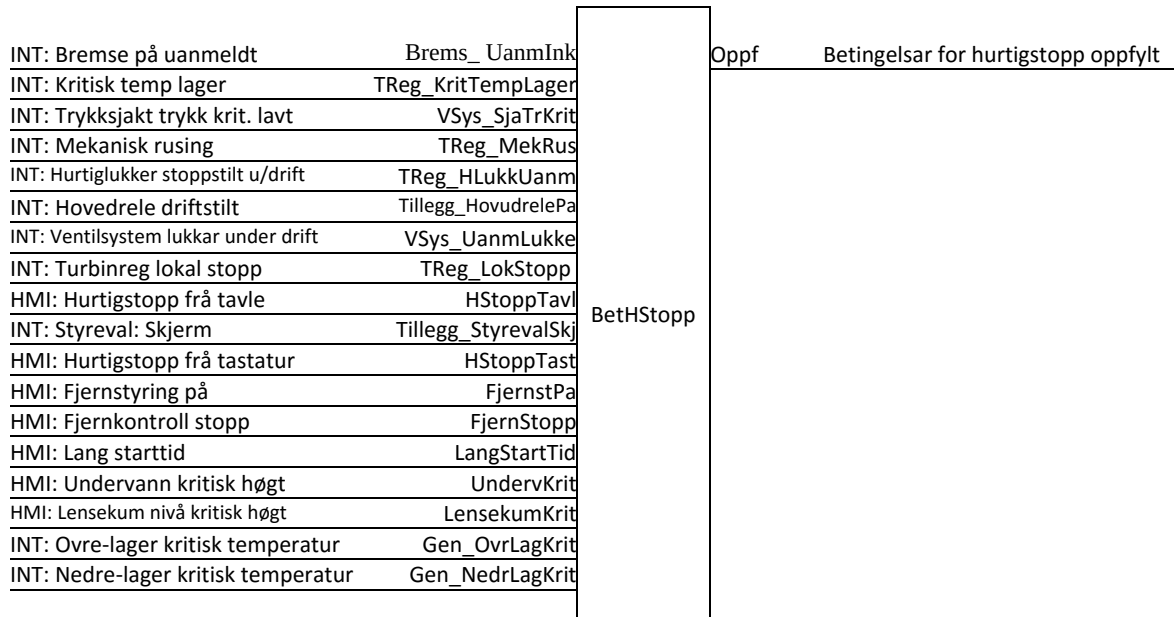
6.21.2 HMI

- Brytar: Fråkopling frå tavle og lang magnetiseringstid
- Brytar: Fjernstyring , fjernkontroll fråkopling og fråkopling frå tastatur
- Brytar: AC sikring utkoping og generator skeivlast.
- Indikasjon: Betingelsar for fråkopling oppfylt

6.21.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

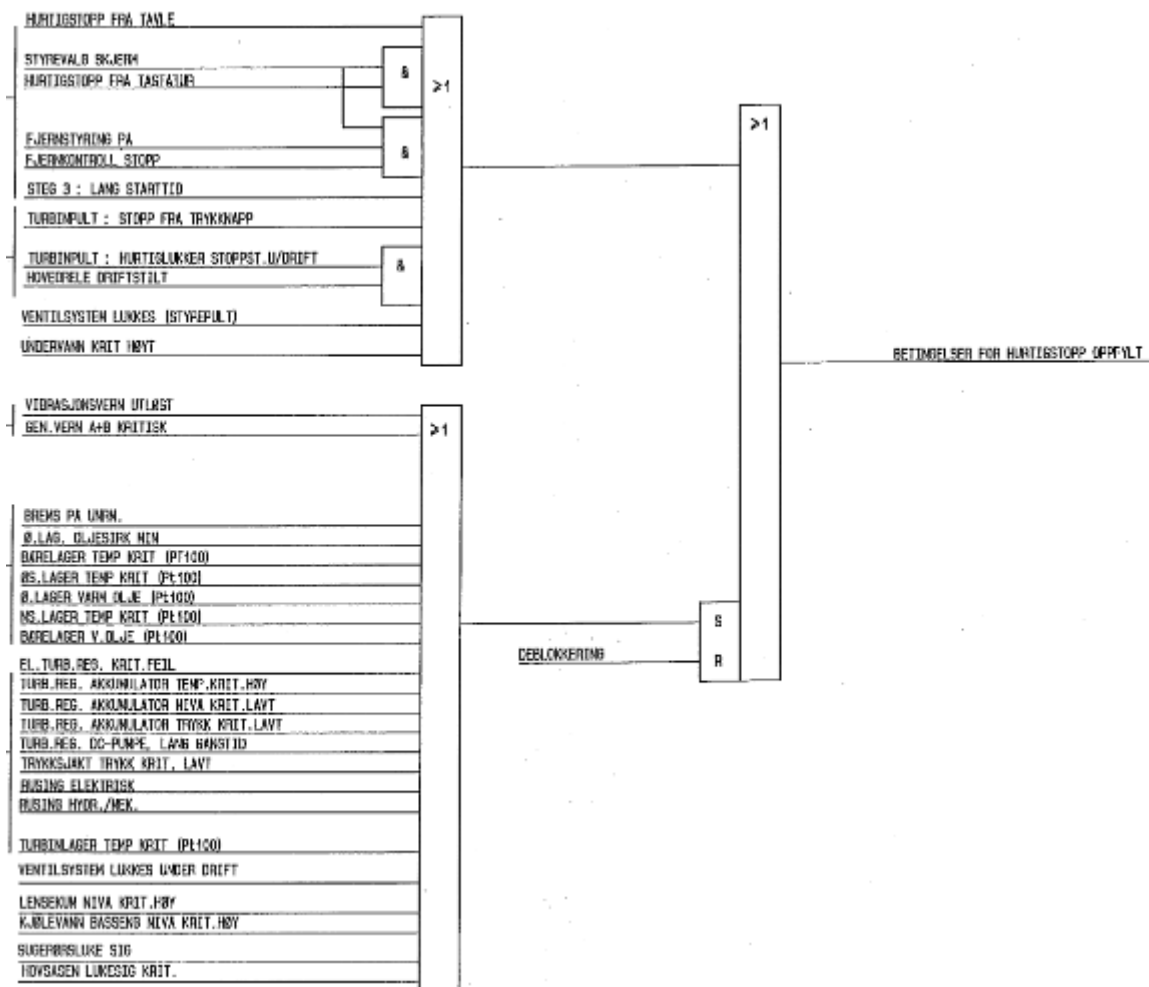
6.22 Betingelsar for hurtigstopp



Figur 29. «Betingelsar for hurtigstopp» blokk.

6.22.1 Logikk

På figur 30 går det fram kva som må vere til stades for at «betingelsar for hurtigstopp oppfylt» skal bli sendt ut. Logikken består av «og-blokker» (&) og «eller-blokker» (>1). Ved «og-blokker» må alle føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt, medan ved «eller-blokker» treng berre ein av føresetnadane som går inn til blokka vere oppfylt. Logikken inneheld også SR-vippe med deblokkering. I staden for å simulere denne deblokkeringa har vi valt å bruke ein av/på brytar. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan resten blir styrt via HMI.



Figur 30. Oversikt over betingelsane for å få hurtigstopp oppfylt.

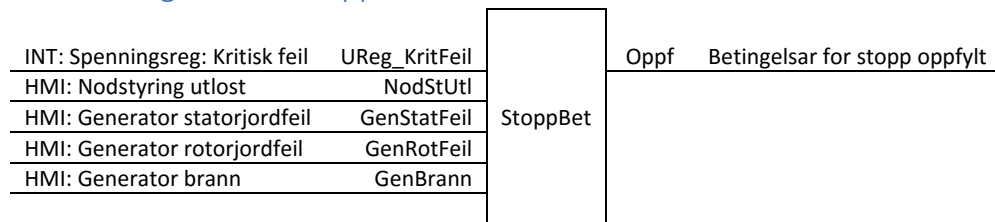
6.22.2 HMI

- Brytar: Hurtigstopp frå tavle og hurtigstopp frå tastatur
- Brytar: Fjernstyring på og fjernkontroll stopp
- Brytar: Lang starttid og deblokkering
- Brytar: Undervatn kritisk høgt og lensekum-nivå kritisk høgt
- Indikasjon: Betingelsar for hurtigstopp oppfylt

6.22.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

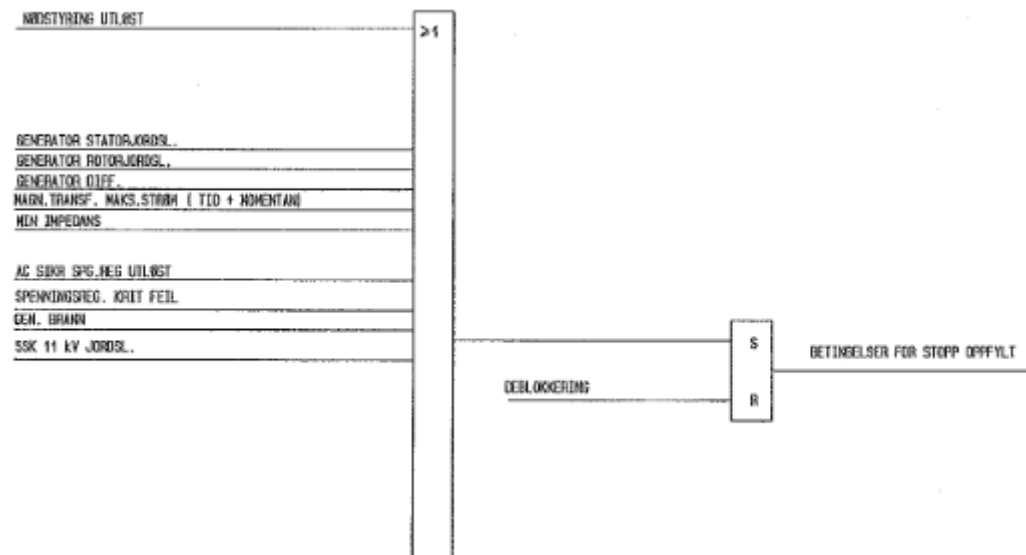
6.23 Betingelsar for stopp



Figur 31. «Betingelsar for stopp» blokk.

6.23.1 Logikk

Grunna «eller-blokka» er det berre blitt tatt med dei viktigaste innsignal. Desse vil bli styrt manuelt via HMI. Logikken inneheld også SR-vippe med deblokkering. I staden for å simulere denne deblokkeringa har vi valt å bruke ein av/på brytar. Dei interne signalet blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan resten blir styrt via HMI.



Figur 32. Oversikt over blokka «betingelsar for stopp oppfylt».

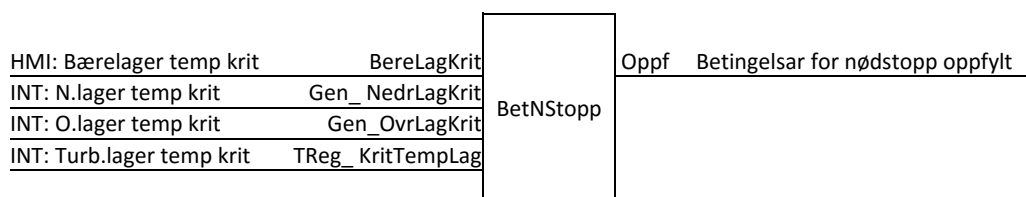
6.23.2 HMI

- Brytar: Nødstyring utløyst
- Brytar: Generator statorjordfeil, generator rotorjordfeil og generator brann.
- Indikasjon: Betingelsar for stopp oppfylt

6.23.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

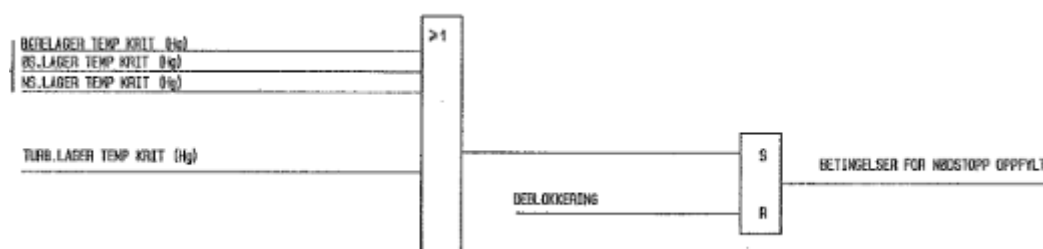
6.24 Betingelsar for nødstoppp oppfylt



Figur 33. «Betingelsar for nødstoppp oppfylt» blokk.

6.24.1 Logikk

Føresetnadane har utgangspunkt i funksjonsplanen frå Hove kraftverk. Logikken for blokka går fram i figur 34. Logikken inneheld SR-vippe med debløkkering. I staden for å simulere denne debløkkeringa har vi valt å bruke ein av/på brytar. Dei interne signala blir sendt frå andre blokker i simulatoren, medan den siste blir styrt via HMI.



Figur 34. Logikk for blokka «betingelsar for nødstoppp oppfylt».

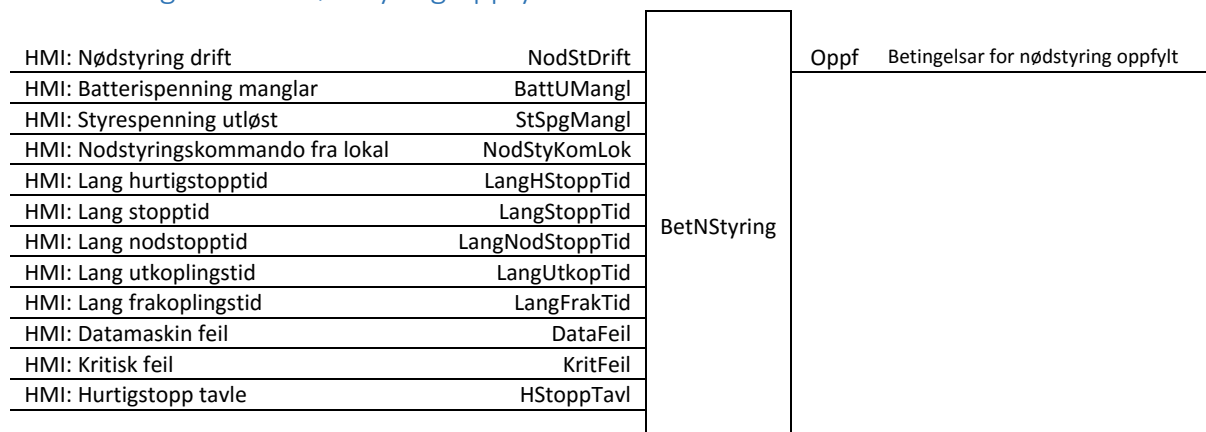
6.24.2 HMI

- Brytar: Bærelager temp krit
- Indikasjon: Betingelse for nødstoppp oppfylt

6.24.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

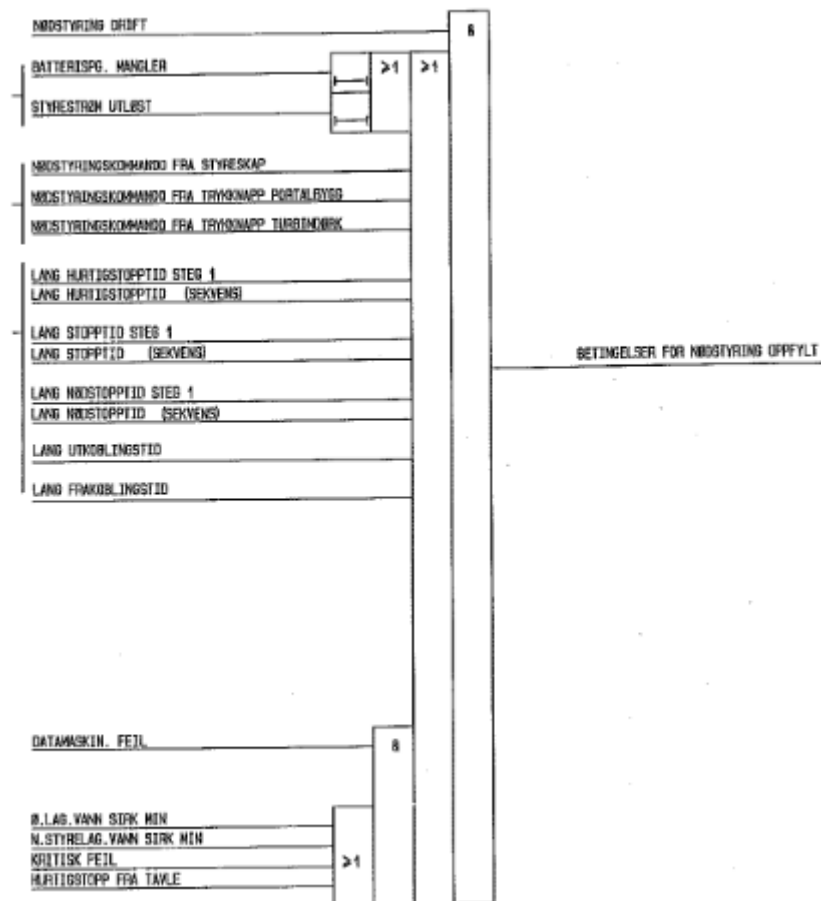
6.25 Betingelsar for nødstyring oppfylt



Figur 35. «Betingelsar for nødstyring oppfylt» blokk.

6.25.1 Logikk

Føresetnadane her har utgangspunkt i funksjonsplanen frå Hove kraftverk. Vi har tatt med dei mest sentrale innsignala. Dette har vi gjort ved dei tilfella der det er fleire innsignal inn på ei «eller-blokk». Alle innsignala i denne blokka blir styrt manuelt i HMI. Logikken for blokka går fram i figur 36.



Figur 36. Logikk for blokka «betingelsar for nødstyring oppfylt».

6.25.2 HMI

- Brytar: Nødstyring drift og nødstyringskommando lokal.
- Brytar: Batterispenning manglar og styrespenning utløyst
- Brytar: Lang hurtigstopptid, lang stopptid, lang nødstopptid, lang utkoplingstid og lang frakoplingstid.
- Brytar: Datamaskin feil og kritisk feil.
- Indikasjon: Betingelse for nødstyring oppfylt

6.25.3 Simulering av feil

- Logikk ikkje oppfylt

6.26 Tilleggsfunksjonar

Hovedrele drift	HovudrelePa	Tillegg	HovudrelePa	Hovedrele driftstilt
Hovedrele stopp	HovudreleAv		HovudreleAv	Hovedrele stoppstilt
Stillstandsrele drift	StillstRelePa		StillstRelePa	Stillstandsrele driftstilt
Stillstandsrele stopp	StillstReleAv		StillstReleAv	Stillstandsrele stoppstilt
HMI: Frakopling deblokkert	FrakoplDeblok		FrakoplDeblok	INT: Frakopling deblokkert
HMI: Styreval: Skjermstyring	StyrevalSkj		StyrevalSkj	INT: Styreval: Skjermstyring
HMI: Styreval: Reservestyring	StyrevalRes		StyrevalRes	INT: Styreval: Reservestyring

Figur 37. Tilleggsfunksjonar-blokk.

6.26.1 Logikk

Her kan kontrollanlegget gje kommando om å starte/stoppe hovudrele og stillstandsrele. Simulatoren vil gje driftmelding på relea sin tilstand. «Frakopling deblokkert» er ein driftmelding som ein kan styre frå HMI.

6.26.2 HMI

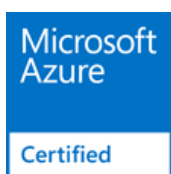
- Knapp: Hovudrele drift, hovudrele stopp, stillstandsrele drift og stillstandsrele stopp.
- Brytar: Fråkopling deblokkert
- Indikasjon: Hovudrele drift, stillstandsrele drift og fråkopling deblokkert.

6.26.3 Simulering av feil

- Blir styrt direkte av inngangar frå HMI, lagar feil for betingelse-blokkene.



i CX5140 | Embedded PC with Intel® Atom™ processor



CX5120, CX5130 and CX5140 are Embedded PCs from the CX5100 series based on the Intel® Atom™ multi-core processors. They differ from one another in housing width and CPU type. What is new is that the available Atom™ CPUs now also introduce genuine multi-core technology, extending up to quad-core, into the compact Embedded PC segment. Since the new devices are an extension of the existing CX5000 series, they are equipped with identical hardware interfaces. Two independent Gigabit-capable Ethernet interfaces as well as four USB 2.0 and one DVI-I interface are available. A multitude of further connection options and gateway functions is created by the multi-option interface, which can be pre-equipped ex factory, as well as the I/O level, which can optionally consist of either E-Bus or K-Bus Terminals.

All devices in the series are characterised by low power consumption and fanless design.

Depending on the installed TwinCAT runtime environment, the CX5100 can be used for implementing PLC or PLC/Motion Control projects with or without visualisation. The execution of Motion Control applications with interpolating axis movements is also possible.

The extended operating temperature range from -25 to +60 °C enables the use of the CX5100 Embedded PCs in climatically demanding environments.

Like the CX5000, the CX5100 series has a compact design; a modular device with extension modules like in the CX2000 series is not available.

The order number of the basic CPU module can be derived as follows:

CX5140-01ST		Optional interfaces:
0 = no TwinCAT		CX5140-N020 = audio interface
1 = with TwinCAT 2 PLC runtime		CX5140-N030 = RS232, D-sub plug
2 = with TwinCAT 2 NC PTP runtime		CX5140-N031 = RS422/RS485, D-sub socket
3 = with TwinCAT 2 NC I runtime		CX5140-M310 = PROFIBUS master, D-sub socket, 9-pin
5 = TwinCAT 3 runtime (XAR)		CX5140-B310 = PROFIBUS slave, D-sub socket, 9-pin
0 = no operating system		CX5140-M510 = CANopen master, D-sub plug, 9-pin
1 = operating system Windows Embedded Compact 7		CX5140-B510 = CANopen slave, D-sub plug, 9-pin
2 = operating system Windows Embedded Standard 7 P 32 bit		CX5140-M930 = PROFINET RT, controller
3 = operating system Windows Embedded Standard 7 P 64 bit		CX5140-B930 = PROFINET RT, device, Ethernet (2 x RJ45 switch)
4 = Windows 10 IoT Enterprise LTSB 32 bit		CX5140-B950 = EtherNet/IP slave, Ethernet (2 x RJ45 switch)
5 = Windows 10 IoT Enterprise LTSB 64 bit		CX5140-B110 = EtherCAT slave, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)

Since not all combinations make sense, the table "Ordering information" contains a breakdown of the permissible combinations.

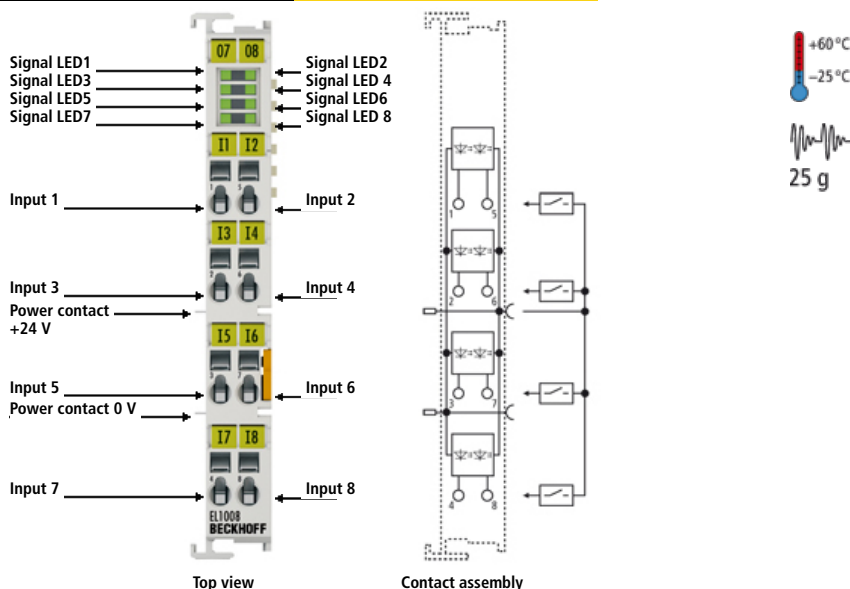
Technical data	CX5140
Processor	Intel® Atom™ E3845, 1.91 GHz, 4 cores (TC3: 50)
Flash memory	slot for CFast card (card not included), slot for microSD card
Internal main memory	4 GB DDR3 RAM (not expandable)
Persistent memory	integrated 1-second UPS (1 MB on CFast card)
Interfaces	2 x RJ45, 10/100/1000 Mbit/s, DVI-I, 4 x USB 2.0, 1 x optional interface
Diagnostics LED	1 x power, 1 x TC status, 1 x flash access, 2 x bus status
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7, Microsoft Windows Embedded Standard 7 P, Microsoft Windows 10 IoT Enterprise LTSB
Control software	TwinCAT 3 TwinCAT 2 PLC runtime, NC PTP runtime, NC I runtime
I/O connection	E-bus or K-bus, automatic recognition
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Current supply E-bus/K-bus	2 A
Max. power loss	12 W (including the system interfaces)
Dimensions (W x H x D)	142 mm x 100 mm x 92 mm
Weight	approx. 960 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protection class	IP 20
Approvals	CE, UL, Ex
TC3 performance class	performance plus (50); please see here for an overview of all the TwinCAT 3 performance classes

Ordering information	no operating system	Windows Embedded Compact 7	Windows Embedded Standard 7 P 32 bit	Windows Embedded Standard 7 P 64 bit	Windows 10 IoT Enterprise LTSB 32 bit	Windows 10 IoT Enterprise LTSB 64 bit	no TwinCAT	TwinCAT 2 PLC runtime	TwinCAT 2 NC PTP runtime	TwinCAT 2 NC I runtime	TwinCAT 3 runtime (XA)
CX5140-0100	x	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—
CX5140-0110	—	x	—	—	—	—	x	—	—	—	—
CX5140-0111	—	x	—	—	—	—	—	x	—	—	—
CX5140-0112	—	x	—	—	—	—	—	—	x	—	—
CX5140-0113	—	x	—	—	—	—	—	—	—	x	—
CX5140-0115	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	x
CX5140-0120	—	—	x	—	—	—	x	—	—	—	—
CX5140-0121	—	—	x	—	—	—	—	x	—	—	—
CX5140-0122	—	—	x	—	—	—	—	—	x	—	—
CX5140-0123	—	—	x	—	—	—	—	—	—	x	—
CX5140-0125	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	x
CX5140-0130	—	—	—	x	—	—	x	—	—	—	—
CX5140-0135	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	x
CX5140-0140	—	—	—	—	x	—	x	—	—	—	—
CX5140-0141	—	—	—	—	x	—	—	x	—	—	—
CX5140-0142	—	—	—	—	x	—	—	—	x	—	—
CX5140-0143	—	—	—	—	x	—	—	—	—	x	—
CX5140-0150	—	—	—	—	—	x	x	—	—	—	—
CX5140-0155	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	x

Accessories	
CX1900-0101	DVI-to-VGA passive adaptor for connecting a standard desktop VGA monitor to the CX system (singles out the VGA signals of the DVI-I interface).
CX2900-00xx	CFast cards: 2, 4, 8, 16, 32 GB CFast card
CX2900-0107	Device modification for fulfillment of ATEX Certification II 3 G Ex nA II T4 Gc and II 3 D Ex tc IIIC T135 °C Dc for CX5120, CX5130, CX5140 and CX9020: This option includes the modification and repositioning of the device label as well as a pre-mounted wire bow. The modification is a mandatory prerequisite for usage in hazardous areas as covered by the before mentioned certificate for ATEX Zone 2/22. Please also read the documentation for use in hazardous areas carefully.

Optional interfaces	
CX5140-N010	DVI-D interface, additional DVI-D port for clone or extended desktop operation
CX5140-N011	DisplayPort interface, additional DisplayPort for clone or extended desktop operation
CX5140-N020	audio interface, 3 x 3.5 mm jack sockets, Line In, Mic In, Line Out or 5.1 Surround
CX5140-N030	RS232 interface, D-sub plug, 9-pin
CX5140-N031	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, without echo, termination on
CX5140-N031-0001	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, with echo, termination on
CX5140-N031-0002	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, without echo, termination off
CX5140-N031-0003	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, with echo, termination off
CX5140-N031-0004	RS422 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as full duplex end point, termination on
CX5140-B110	EtherCAT slave interface, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)
CX5140-M310	PROFIBUS master interface, D-sub socket, 9-pin
CX5140-B310	PROFIBUS slave interface, D-sub socket, 9-pin
CX5140-M510	CANopen master interface, D-sub plug, 9-pin
CX5140-B510	CANopen slave interface, D-sub plug, 9-pin
CX5140-M930	PROFINET RT, controller interface, Ethernet (2 x RJ45)
CX5140-B930	PROFINET RT, device interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)
CX5140-B950	EtherNet/IP slave interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)

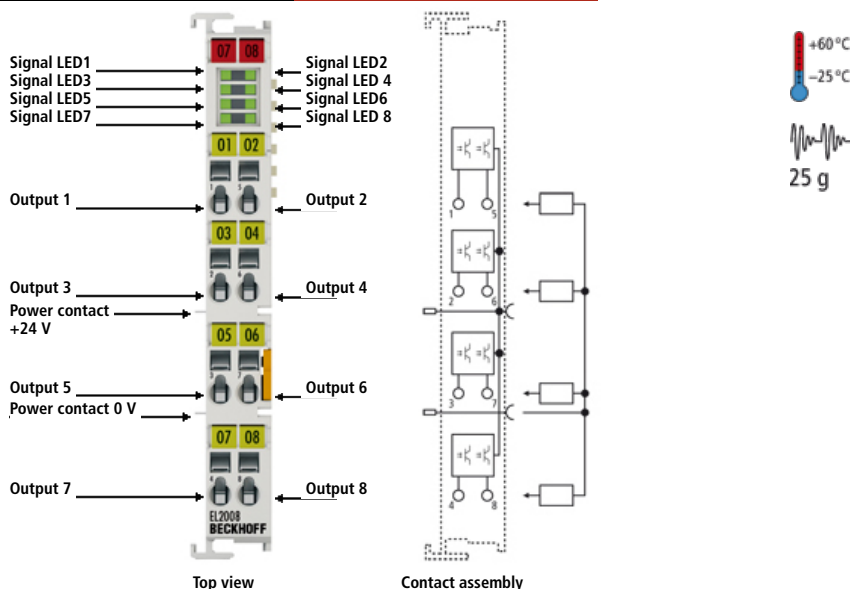
 Product announcement	CX5140-B950: estimated market release on request
---	--



EL1008 | 8-channel digital input terminal 24 V DC, 3 ms

The EL1008 digital input terminal acquires the binary control signals from the process level and transmits them, in an electrically isolated form, to the higher-level automation unit. Digital input terminals from the EL100x series have a 3 ms input filter. The EtherCAT Terminals indicate their state via an LED.

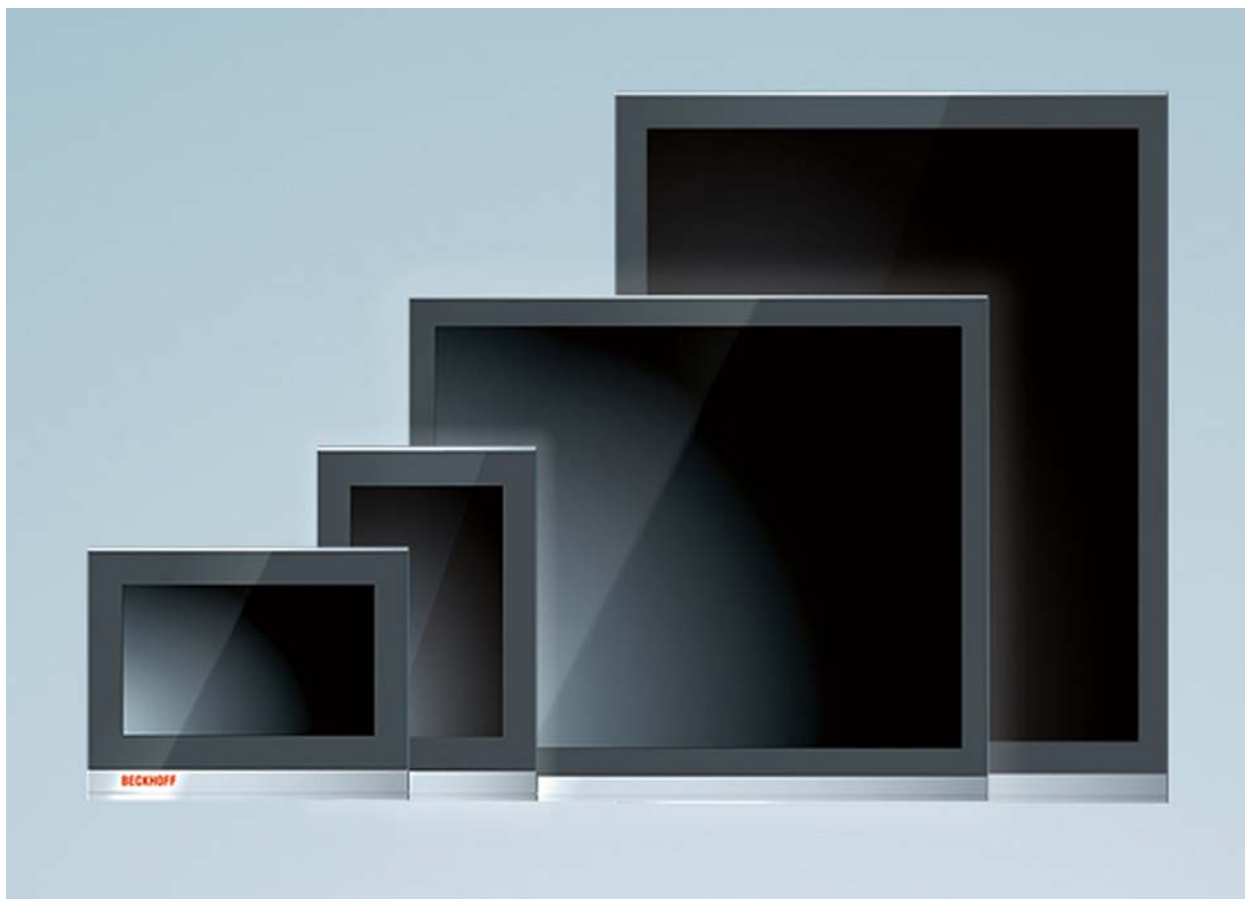
Technical data	EL1008 ES1008
Connection technology	1-wire
Specification	EN 61131-2, type 1/3
Number of inputs	8
Nominal voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
"0" signal voltage	-3...+5 V (EN 61131-2, type 3)
"1" signal voltage	15...30 V (EN 61131-2, type 3)
Input current	typ. 3 mA (EN 61131-2, type 3)
Input filter	typ. 3.0 ms
Distributed clocks	—
Current consumption power contacts	typ. 2 mA + load
Current consumption E-bus	typ. 90 mA
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Bit width in the process image	8 inputs
Configuration	no address or configuration setting
Special features	standard input terminal for bouncing signals (filter 3 ms)
Weight	approx. 55 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/see documentation
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex



EL2008 | 8-channel digital output terminal 24 V DC, 0.5 A

The EL2008 digital output terminal connects the binary control signals from the automation unit on to the actuators at the process level with electrical isolation. The EtherCAT Terminal indicates its signal state via an LED.

Technical data	EL2008 ES2008
Connection technology	1-wire
Number of outputs	8
Rated load voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
Load type	ohmic, inductive, lamp load
Distributed clocks	–
Max. output current	0.5 A (short-circuit-proof) per channel
Short circuit current	typ. < 2 A
Reverse voltage protection	yes
Breaking energy	< 150 mJ/channel
Switching times	typ. T _{ON} : 60 µs, typ. T _{OFF} : 300 µs
Current consumption E-bus	typ. 110 mA
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Current consumption power contacts	typ. 15 mA + load
Bit width in the process image	8 outputs
Configuration	no address or configuration setting
Weight	approx. 55 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/see documentation
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex



Installation and Operating instructions for

CP29xx-0000

Multi-touch Control Panel with DVI/ USB Extended interface

CP29xx-0010

Multi-touch Control Panel with CP-Link 4 interface

Version: 1.8

Date: 2015-08-27

BECKHOFF

2 Product Description

2.1 Product overview

Front view of CP29xx

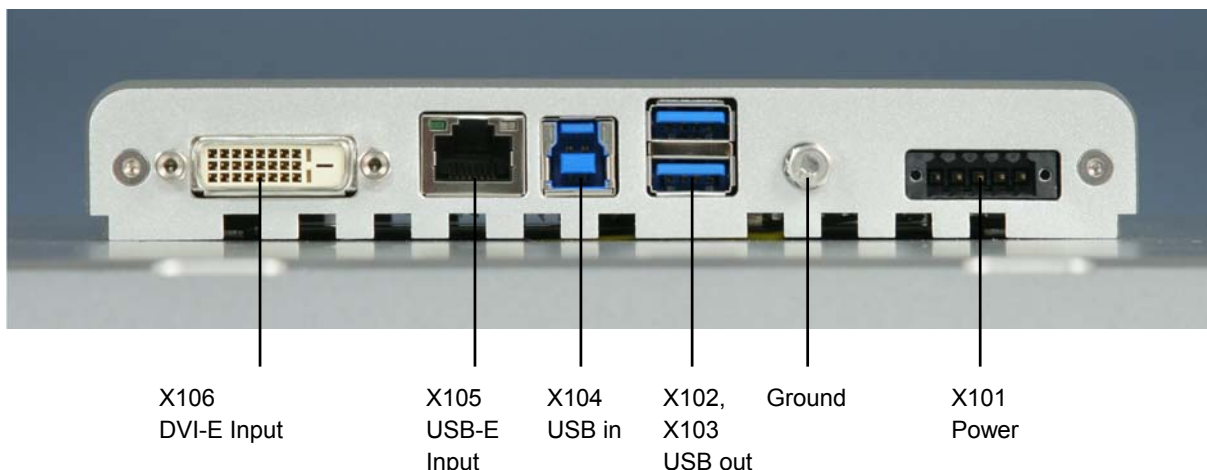


The new Beckhoff panel generation with industry-standard multi-touch display offers a feature-laden solution for any application. The wide selection of models offers different display sizes and formats as well as custom designs. Even for single-touch users, this new panel generation offers an excellent price-to-performance ratio and represents an economical alternative to other systems.

The multi-touch built-in Control Panel offer the following benefits:

- display sizes from 7-inch to 24-inch (16:9, 5:4, 4:3), landscape and portrait orientation
- multi-touch (PCT): e.g. for 5-finger or 2-hand touch operation
- high touch-point density for safe operation
- aluminium housing with glass front, front side IP65, rear side IP20
- CP29xx-0000 with integrated DVI/USB extension technology:
 - DVI-E and USB-E 2.0 enable remote panel operation at a distance of up to 50 m from the PC
 - USB-E 2.0 transmits USB 2.0 with 480 Mbit/s
 - DVI-E input is compatible to the standard DVI output of a PC
- CP29xx-0010 with CP-Link 4 technology:
 - enables remote panel operation at a distance of up to 100 m from the PC via a CAT.6_A cable
 - integrated or separate 24 V DC power supply
 - CP-Link 4 transmits USB 2.0 with 100 MBit/s
- 2-port USB socket inside the Control Panel backplane
- optional electromechanical push-button extension.

2.4 Interfaces CP29xx-0000



2.4.1 DVI-E Input (Digital Visual Interface-Extended) (X106)



X106

DVI-D 3 X 8-pole digital PCB installation (MOLEX 74320-9000 / 74320-9004)

The DVI-E connection (**X 106**) is used for transferring the video signal from the Industrial PC to the Control Panel.

The graphics signal is transferred directly via a DVI cable over a distance of 50 m max. Such a cable length leads to strong distortion of the graphics signal on arrival at the Control Panel. The CP29xx Control Panel features a signal processor that restores the DVI signal. The PC requires a conventional DVI output.

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Rx2-	13	Rx3+
2	Rx2-	14	+ 5V DVI
3	GND	15	GND
4	Rx4-	16	HPD
5	Rx4+	17	Rx0-
6	DDC CLK	18	Rx0+
7	DDC DAT	19	GND
8	AV SYNC	20	Rx5-
9	Rx1-	21	Rx5+
10	Rx1+	22	GND
11	GND	23	RxC+
12	Rx3-	24	RxC-

2.4.2 USB-Extended Input (X 105)



X105

Connection via standard-RJ45-cabel, not crossed

The Control Panel is connected with the CU8801 USB to USB extended converter box via the USB-Extended input (**X 105**).

In order to realize a distance of 50 m without hubs, with USB extended the USB signal is converted so that it can be transferred via 50 m CAT5 cables commonly used for Ethernet wiring. In the Control Panel the signal is converted back to USB.

2.4.3 USB in (X 104)



X104

USB type B, PCB installation (FCI 61729-0010B USB Receptacle B-Type)

The Control Panel is connected with the Industrial PC via the USB port (**X 104**, connector type B). USB3.0 standard is supported.

Pin	Signal	Pin	Signal
1	5V	3	D+
2	D-	4	GND

2.4.4 USB out (X 102, X 103)



X102, X103

USB Type-A twin circuit board mounting (FCI 72309-0030B USB Double Receptacle A-Type)

The two USB interfaces (**X102**, **X103**, connector type A) are used for connecting peripheral devices with USB connection. USB3.0 standard is supported in a distance of up to 3 m from the PC, from a distance of 3 m up to 50 m or if using USB-Extended, USB2.0 standard is supported.

Pin	Signal	Pin	Signal
1	5V	3	D+
2	D-	4	GND

2.4.5 Ground connection

The Control Panel is grounded via the screw connection (**Ground**).



Note

Malfunction possible with missing ground connection

A proper ground connection of the device is absolutely necessary for the correct function of the touchscreen.

2.4.6 Power Supply (X101)



X101

Socket 5-pol RM3.50 Sw Screw Clamp BL3.5/180F (WEIDMÜLLER 1615810000)

The power supply for the Control Panel is established via the socket (**X101**). The power supply connector is included in delivery.

Pin	Signal	Pin	Signal	Power Supply
1	NC	4	GND	
2	NC	5	+ 24 V _{DC}	
3	⏏			

8 Technical Data

 Danger	Risk of explosion! Do not use the Control Panel in areas of explosive hazard!
 Note	Pixel errors Pixel errors in the TFT display are production-caused and represent no complaint-reason!
 Note	Anomalies of the Touchscreen Anomalies of the touchscreen sensor are production-caused and represent no complaint-reason!

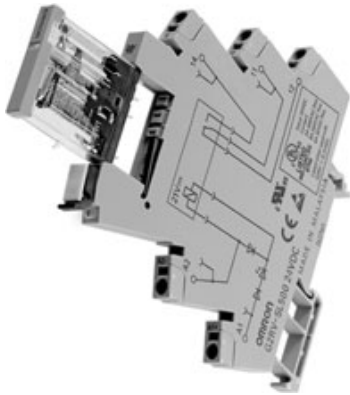
Product name	CP29xx-0000/ -0010			
Dimensions (B x H x T)	See chapter Assembly dimensions			
Weight	CP2907:	1.5 kg	CP2918:	5.1 kg
	CP2912:	3.0 kg	CP2919:	5.4 kg
	CP2915:	3.7 kg	CP2921:	5.9 kg
	CP2916:	4.2 kg	CP2924:	7.2 kg
Supply voltage	24 V _{DC} (20.4 – 28.8 V _{DC})			
Power consumption	CP2907:	max. 12 W	CP2918:	max. 25 W
	CP2912:	max. 16 W	CP2919:	max. 25 W
	CP2915:	max. 20 W	CP2921:	max. 35 W
	CP2916:	max. 22 W	CP2924:	max. 45 W
UL-compliance (in progress)	- Using a power supply class 2 or - Fuse protection with 4 A, according to UL 60950.2 chapter 2.5, table 2C			
CP29xx-0000: Integrated DVI/USB extension technology	- DVI-E and USB-E 2.0 enable remote panel operation at a distance of up to 50 m from the PC - USB-E 2.0 transmits USB 2.0 with 480 Mbit/s - DVI-E input is compatible to the standard DVI output of a PC			
CP29xx-0010: Integrated CP-Link 4 technology	- enables remote panel operation at a distance of up to 100 m from the PC via a CAT.6_A cable - integrated or separate 24 V DC power supply - CP-Link 4 transmits USB 2.0 with 100 MBit/s			
Interfaces CP29xx-0000	2-Port-USB-3.0/ USB 2.0, see chapter Interfaces CP29xx-0000			
Interfaces CP29xx-0010	2-Port-USB-2.0 interface			
Protection class	Front side IP65, rear side IP20			
Shock resistance (Sinusoidal vibration)	EN 60068-2-6:	10 to 58 Hz:	0.035 mm	
		58 to 500 Hz:	0.5 G (~ 5 m/ s ²)	
Shock resistance (Shock)	EN 60068-2-27:	5 G (~ 50 m/ s ²), duration: 30 ms		
EMC compatibility	Resistance to interference conforms to EN 61000-6-2			
EMC compatibility	Emission of interference conforms to EN 61000-6-4			
Permissible ambient temperature	Operation: 0°C to +55°C (CP29xx-0000) 0°C to +50°C (CP29xx-0000) Transport/ storage: -20°C to +70°C			
Permissible relative humidity	to 95%, no condensation			
Transport and storage	The same values for atmospheric humidity and shock resistance are to be observed during transport and storage as in operation. Suitable packaging of the Panel PC can improve the resistance to impact during transport.			
Certifications	CE; UL in progress			

Slim Relay

G2RV

The World's First Industrial Slim Relay

- Large plug-in terminals for reliable connection.
- LED indicator and mechanical flag to check operation.
- Transparent housing enables checking relay condition.
- Slim outline to save space.
- Push-in terminals and accessories for easy wiring.



Model Number Structure

Model Number Legend

G2RV-SL -

1. Auxiliary Type Designation

SL: Slim relay and socket combination

2. Wire Connection

7: Screw terminals

5: Push-in terminals

3. Relay LED

0: Without LED

Note: LED indicator available on socket.

4. Relay Pushbutton

0: Without pushbutton

5. Input Voltage

Ordering Information

List of Models

Classification		Enclosure rating	Input voltage	Type of connection	Contact form
					SPDT
Plug-in terminals	General-purpose	Unsealed	AC/DC	Screw terminals	G2RV-SL700
				Push-in terminals	G2RV-SL500

Relay and Socket Combinations

Input voltage	Screw terminals	Push-in terminals
12 VDC	G2RV-SL700-12 VDC	G2RV-SL500-12 VDC
24 VDC	G2RV-SL700-24 VDC	G2RV-SL500-24 VDC
24 VAC/DC	G2RV-SL700-24 VAC/DC	G2RV-SL500-24 VAC/DC
48 VAC/DC	G2RV-SL700-48 VAC/DC	G2RV-SL500-48 VAC/DC
110 VAC	G2RV-SL700-110 VAC	G2RV-SL500-110 VAC
230 VAC	G2RV-SL700-230 VAC	G2RV-SL500-230 VAC

Specifications

■ Input Ratings

Rated voltage	Rated current ^{*1}			Must operate voltage	Must release voltage	Power consumption		Input voltage
	AC		DC	% of rated voltage		AC (VA) Approx.	DC (mW) Approx.	% of rated voltage
	50 Hz	60 Hz						
12 VDC	---	---	27.2 mA	80%	10%	---	300 mW	±10%
24 VDC	---	---	13.3 mA			---	300 mW	
24 VAC/DC	21.1 mA	22.5 mA	13.0 mA			0.5 VA	300 mW	
48 VAC/DC	8.5 mA	9.0 mA	5.2 mA			0.4 VA	250 mW	
110 VAC	7.1 mA	7.5 mA	---			0.8 VA	---	
230 VAC	7.3 mA	7.9 mA	---			1.7 VA	---	

*1) Rated currents are measured at 23 degrees Celsius (ambient)

■ Contact Ratings

Number of poles	1 pole	
Load	Resistive load ($\cos\phi = 1$)	Inductive load ($\cos\phi = 0.4$, $L/R = 7$ ms)
Rated load	6 A at 250 VAC; 6 A at 30 VDC	2.5 A at 250 VAC; 2 A at 30 VDC
Rated carry current	6 A	
Max. switching voltage	400 VAC, 125 VDC	
Max. switching current	6 A	
Max. switching power	1,500 VA 180 W	500 VA 60 W
Failure rate (reference value)	10mA at 5VDC (P level)	

Note: P level: $\lambda_{60} = 0.1 \times 10^{-6}/\text{operation}$

■ Characteristics

Item	1 pole
Contact resistance	100 mΩ max.
Operate (set) time	20 ms max.
Release time	40 ms max.
Max. operating frequency	Mechanical: 18,000 operations/hr Electrical: 1,800 operations/hr (under rated load)
Insulation resistance	1,000 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	4,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between coil and contacts*; 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of same polarity
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 to 10 Hz, 0.50 mm single amplitude (1.0 mm double amplitude) Malfunction: 10 to 55 to 10 Hz, 0.50 mm single amplitude (1.0 mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s ² Malfunction: 200 m/s ² when energized; 100 m/s ² when not energized
Endurance	Mechanical: 5,000,000 operations min. Electrical : 100,000 Typical; NO 70,000 operations min. ; NC 50,000 operations min.
Ambient temperature	Operating: -40°C to 55°C (with no icing or condensation)
Ambient humidity	Operating: 5% to 85%
Weight	Approx. 35 g
Overvoltage category	III
Pollution degree	2
Contact material	AgSnIn
Creepage distance	7.0 mm
Clearance distance	5.5 mm

Note: Values in the above table are the initial values.



POWER SUPPLY

- AC 100-120 / 200-240V Auto-select Input
- Width only 32mm
- Optional with Conformal Coated PC-boards (CS5.241-C1)
- Optional with Spring-clamp Terminals (CS5.241-S1)
- Efficiency up to 90.2%
- Easy Fuse Breaking due to High Overload Peak Current
- 20% Output Power Reserves
- Full Power Between -25°C and +60°C
- Minimal Inrush Current Surge
- 3 Year Warranty

GENERAL DESCRIPTION

The DIMENSION C-Line units are cost optimized power supplies without compromising quality, reliability and performance. The C-Line is part of the DIMENSION power supply family, existing alongside the high featured Q-Line.

The CS5.241 includes all the essential basic functions and the devices have a power reserve of 20%. This extra current may even be used continuously at temperatures up to +45°C.

The most important features are the small size, high efficiency and the wide temperature range.

The Auto-select input makes worldwide installation and usage very simple. Defects or system failures caused by wrongly set switches cannot occur.

High immunity to transients and power surges as well as low electromagnetic emission and a large international approval package for a variety of applications makes this unit suitable for nearly every situation.

SHORT-FORM DATA

Output voltage	DC 24V	
Adjustment range	24 - 28V	
Output current	5A	at 24V, amb <60°C
	6A	at 24V, amb <45°C
	4.3A	at 28V, amb <60°C
	5.1A	at 28V, amb <45°C
Output power	120W	ambient <60°C
	144W	ambient <45°C
Output ripple	< 50mVpp	20Hz to 20MHz
AC Input voltage	AC 100-120V / 200-240V	±10% Auto-select input
Mains frequency	50-60Hz	±6%
AC Input current	2.0 / 1.23A	at 120 / 230Vac
DC Input voltage	-	not allowed
Power factor	0.56 / 0.47	at 120 / 230Vac
AC Inrush current	3 / 3A peak	at 120 / 230Vac
Efficiency	89.4 / 90.2%	at 120 / 230Vac
Losses	14.5 / 13.2W	at 120 / 230Vac
Temperature range	-25°C to +70°C	operational
Derating *)	3W/°C	+60 to +70°C
Hold-up time	80 / 78ms	at 120 / 230Vac
Dimensions	32x124x117mm	WxHxD
Weight	500g / 1.1lb	

ORDER NUMBERS

Power Supply	CS5.241	24-28V Standard unit
	CS5.241-C1	With conformal coated pc-boards
	CS5.241-S1	with quick-connect spring-clamp terminals
Accessory	ZM1.WALL	Wall mount bracket
	ZM13.SIDE	Side mount bracket
	YRM2.DIODE	Redundancy module

MARKINGS



3. AC-INPUT

AC input	nom.	AC 100-120V / 200-240V $\pm 10\%$	Auto-select input
Mains network systems		TN, TT or IT	
AC input range	min.	90-132Vac / 180-264Vac	continuous operation, lower input voltage range
		85-90Vac	continuous operation, upper input voltage range
		264-300Vac	short-tem or with reduced output current, see Fig. 3-5
			max. 500ms
			no harm to the power supply with input voltages between 132 and 180Vac
Allowed voltage L or N to earth	max.	300Vac	continuous, IEC 62103
Input frequency	nom.	50-60Hz	$\pm 6\%$
Turn-on voltage	typ.	75Vac	steady-state value, see Fig. 3-1
Shut-down voltage	typ.	55Vac	steady-state value, see Fig. 3-1
External input protection	See recommendations in chapter 22.3.		

		AC 100V	AC 120V	AC 230V	
Input current	typ.	2.33A	2.0A	1.23A	at 24V, 5A, see Fig. 3-3
Power factor ^{*)}	typ.	0.58	0.56	0.47	at 24V, 5A, see Fig. 3-4
Crest factor ^{**)}	typ.	2.9	3.1	3.7	at 24V, 5A
Start-up delay	typ.	740ms	900ms	720ms	see Fig. 3-2
Rise time	typ.	8ms	8ms	8ms	at 24V, 5A const. current load, 0mF load capacitance, see Fig. 3-2
	typ.	25ms	25ms	25ms	at 24V, 5A const. current load, 5mF load capacitance,, see Fig. 3-2
Turn-on overshoot	max.	400mV	400mV	400mV	see Fig. 3-2

^{*)} The power factor is the ratio of the true (or real) power to the apparent power in an AC circuit.

^{**)} The crest factor is the mathematical ratio of the peak value to RMS value of the input current waveform.

Fig. 3-1 **Input voltage ranges**

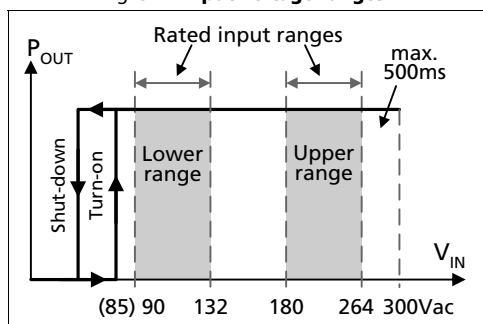
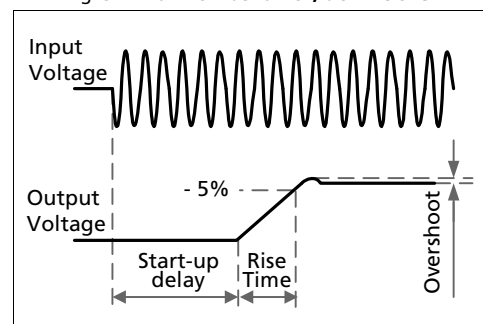


Fig. 3-2 **Turn-on behavior, definitions**



6. OUTPUT

Output voltage	nom.	24V	
Adjustment range	min.	24-28V	guaranteed
	max.	30V ^{***)}	at clockwise end position of potentiometer
Factory settings	typ.	24.1V	±0.2%, at full load, cold unit,
Line regulation	max.	70mV	90-132 / 180-300Vac
Load regulation	max.	100mV	static value, 0A → 5A; see Fig. 6-1
Ripple and noise voltage	max.	50mVpp	20Hz to 20MHz, 50Ohm
Output current	nom.	5A	at 24V, ambient temperature <60°C, see Fig. 6-1
	nom.	6A ^{*)}	at 24V, ambient temperature <45°C
	nom.	3.75A	at 24V and 70°C ambient temperature
	nom.	4.3A	at 28V, ambient temperature <60°C, see Fig. 6-1
	nom.	5.1A ^{*)}	at 28V, ambient temperature <45°C, see Fig. 6-1
	nom.	3.2A	at 28V and 70°C ambient temperature
		Reduce output current linearly between +45°C and +70°C	
Output power	nom.	120W	continuously available
	nom.	144W ^{*)}	Power Boost ^{*)}
Overload behavior		continuous current	see Fig. 6-1
Short-circuit current	min.	10A ^{**))}	load impedance <200mOhm, see Fig. 6-1
	max.	14A ^{**))}	load impedance <200mOhm, see Fig. 6-1
Output capacitance	typ.	1 800µF	included inside the power supply

***) Power Boost**

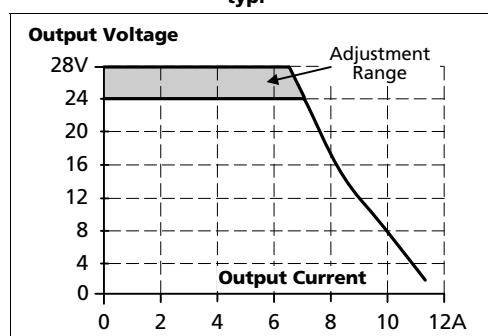
This power/ current is continuously allowed up to an ambient temperature of 45°C.

Above 45°C, do not use this power/ current longer than a duty cycle of 10% and/ or not longer than 1 minute every 10 minutes.

****) Discharge current of output capacitors is not included.**

****) This is the maximum output voltage which can occur at the clockwise end position of the potentiometer due to tolerances. It is not a guaranteed value which can be achieved. The typical value is about 28.5V.**

Fig. 6-1 **Output voltage vs. output current, typ.**



20. PHYSICAL DIMENSIONS AND WEIGHT

Width	32mm 1.26"
Height	124mm 4.88"
Depth	117mm 4.61" The DIN-rail height must be added to the unit depth to calculate the total required installation depth.
Weight	500g / 1.1lb
DIN-Rail	Use 35mm DIN-rails according to EN 60715 or EN 50022 with a height of 7.5 or 15mm.
Housing material	Body: Aluminium alloy Cover: zinc-plated steel
Installation clearances	See chapter 2

Fig. 20-1 **Front view**
CS5.241, CS5.241-C1 CS5.241-S1

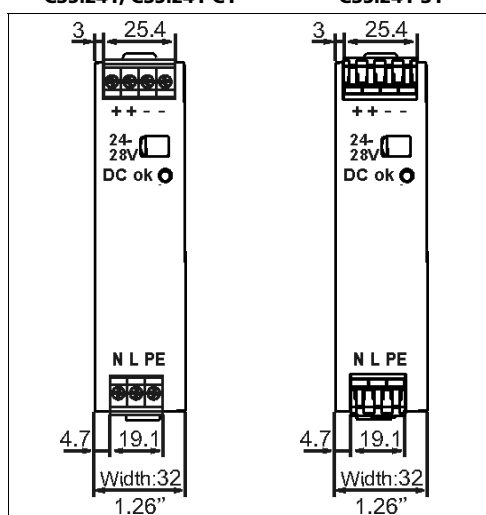
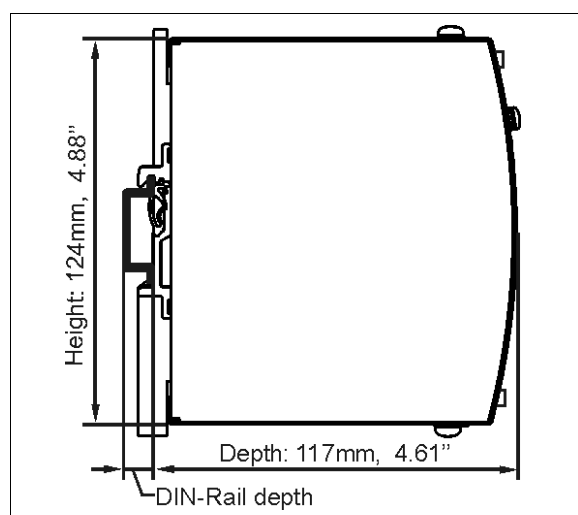


Fig. 20-2 **Side view**



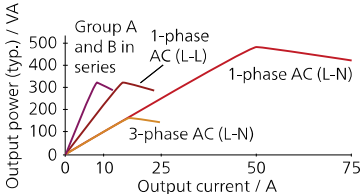
CMC 256plus: 6 Phase Current + 4 Phase Voltage Test Set and Universal Calibrator



The CMC 256plus is the first choice for applications requiring very high accuracy. This unit is not only an excellent test set for protection devices of all kinds but also a universal calibration tool. Its high precision allows the calibration of a wide range of measuring devices, including: electricity meters of class 0.2S, measuring transducers, power quality measurement devices and phasor measurement units (PMU). Its unique accuracy and flexibility make the CMC 256plus ideal for protection and measurement equipment manufacturers for research and development, production and type testing.

Operation: PC or CMControl

Technical Data¹

Current generators		
Setting range	6-phase AC (L-N)	6 x 0 ... 12.5 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 0 ... 25 A (Group A II B)
	1-phase AC (3L-N)	1 x 0 ... 75 A (Group A II B), 2 x 0 ... 37.5 A
	DC (3L-N)	1 x 0 ... ±35 A (Group A II B), 2 x 0 ... ±17.5 A
Power	6-phase AC (L-N)	6 x 80 VA typ. at 8.5 A, 6 x 70 VA guar. at 7.5 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 160 VA typ. at 17 A (Group A II B), 3 x 140 VA guar. at 15 A (Group A II B)
	1-phase AC (3L-N)	1 x 480 VA typ. at 51 A (Group A II B), 2 x 240 VA at 25.5 A, 1 x 420 VA guar. at 45 A (Group A II B), 2 x 210 VA at 22.5 A
	1-phase AC (L-L)	1 x 320 VA typ. at 8.5 A (Group A II B), 2 x 160 VA at 8.5 A, 1 x 280 VA guar. at 15 A (Group A II B), 2 x 140 VA at 7.5 A
	1-phase AC (L-L-L-L)	1 x 320 VA typ. at 8.5 A (40 VRMS, Group A and B in series), 1 x 280 VA guar. at 7.5 A (40 VRMS, Group A and B in series)
	DC (3L-N)	1 x 480 W typ. at ±35 A (Group A II B), 2 x 240 W at ±17.5 A, 1 x 470 W guar. at ±35 A (Group A II B), 2 x 235 W at ±17.5 A
		
Accuracy ²	error < 0.015 % rd. ³ + 0.005 % rg. ³ typ. at 0 ... 12.5 A error < 0.04 % rd. + 0.01 % rg. guar. at 0 ... 12.5 A	
Distortion (THD+N) ⁴	< 0.025 % typ., < 0.07 % guar.	
Ranges	1.25 A / 12.5 A (Group A, B) or 2.5 A / 25 A (Group A II B)	
Resolution (for respective range)	50 µA / 100 µA / 500 µA / 1 mA	
Max. compliance voltage (L-N)/(L-L)	15 Vpk / 60 Vpk	
Connection	4 mm (0.16 in) banana sockets / combination socket (Group A only)	

¹ All data specified are guaranteed, except where indicated otherwise.
OMICRON guarantees the specified data for one year after factory calibration, within 23 °C ± 5 °C (73 °F ± 10 °F) in the frequency range from 10 to 100 Hz and after a warm-up phase > 25 minutes

² Rload: 0 ... 0.5 Ω

³ rd. = reading, rg. = range

⁴ THD+N: Values at 50/60 Hz, > 1 A / 20 V with 20 kHz bandwidth

⁵ Rload: > 250 Ω

⁶ Amplitude derating at > 1000 Hz

⁷ Data are valid from 0.1 to 12.5 A (current amplifier A or B) and 50 to 300 V (voltage amplifier) at 50/60 Hz

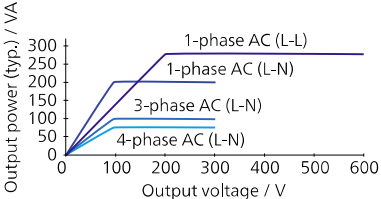
Permissible load for current outputs:

Range 1.25 A: 0 to 1 Ω and 1 VA max., cos φ = 0.5 to 1

Range 12.5 A: 0 to 0.5 Ω and 6 VA max., cos φ = 0.5 to 1

Permissible load for voltage outputs:

10 VA max. at 50 to 300 V, cos φ = 0.5 to 1

Voltage generators		
Setting range	4-phase AC (L-N)	4 x 0 ... 300 V (VL4(t) automatically calculated: VL4 = (VL1+VL2+VL3)*c or freely programmable)
	3-phase AC (L-N)	3 x 0 ... 300 V
	1-phase AC (L-L)	1 x 0 ... 600 V
	DC (L-N)	4 x 0 ... ±300 V
Power	3-phase AC (L-N)	3 x 100 VA typ. at 100 ... 300 V 3 x 85 VA guar. at 85 ... 300 V
	4-phase AC (L-N)	4 x 75 VA typ. at 100 ... 300 V 4 x 50 VA guar. at 85 ... 300 V
	1-phase AC (L-N)	1 x 200 VA typ. at 100 ... 300 V 1 x 150 VA guar. at 75 ... 300 V
	1-phase AC (L-L)	1 x 275 VA typ. at 200 ... 600 V 1 x 250 VA guar. at 200 ... 600 V
	DC (L-N)	1 x 420 W typ. at ±300 V 1 x 360 W guar. at ±300 V
		
Accuracy ⁵		Error < 0.015 % rd. ³ + 0.005 % rg. ³ typ. at 0 ... 300 V Error < 0.04 % rd. + 0.01 % rg. guar. at 0 ... 300 V
Distortion (THD+N) ⁴		0.015 % typ., < 0.05 % guar.
Ranges		150 V / 300 V
Resolution		5 mV / 10 mV in range 150 V / 300 V
Connection		4 mm (0.16 in) banana sockets / combination socket (1,2,3,N)
Generators, general		
Frequency	Range sine signals	10 ... 1000 Hz
	Range harmonics / interharmonics ⁶	10 ... 3000 Hz
	Range transient signals ⁶	DC ... 3.1 kHz
	Accuracy / drift	±0.5 ppm / ±1 ppm
	Resolution	< 5 µHz
	Phase	
Phase	Angle range	-360° ... +360°
	Resolution	0.001°
	Error at 50 / 60 Hz	< 0.005° typ., < 0.02° guar.
Bandwidth (-3 dB)		3.1 kHz
Simulated power S, P (calibration of energy meters)	Accuracy ⁷	Error < 0.05 % rd. typ., < 0.1 % rd. guar.
	Temperature drift	< 0.001 % / °C typ., < 0.005 % / °C guar.

Technical Data CMC 256plus (continued)

Low level outputs ¹	
Number of outputs	6 (12 with Option LLO-2)
Setting range	0 ... ±10 Vpk
Max. output current	1 mA
Accuracy	Error < 0.025 % typ., < 0.07 % guar. at 1 ... 10 Vpk
Resolution	250 µV
Distortion (THD+N) ²	< 0.015 % typ., < 0.05 % guar.
Unconventional CT/VT simulation	linear, Rogowski (transient and sinewave)
Overload indication	Yes
Isolation	SELV
Usability	Completely independent from internal amplifier outputs
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Auxiliary DC supply	
Voltage ranges	0 ... 264 VDC, 0.2 A / 0 ... 132 VDC, 0.4 A / 0 ... 66 VDC, 0.8 A
Power	Max. 50 W
Accuracy	Error < 2 % typ., < 5 % guar.
Binary inputs	
Number	10
Trigger criteria	Toggling of potential-free contacts or DC voltage compared to threshold voltage
Input characteristics	0 ... ±600 VDC threshold or potential-free
Ranges	100 mV / 1 V / 10 V / 100 V / 600 V
Resolution of threshold	±2 mV, ±20 mV, ±200 mV, ±2 V, ±20 V in ranges
Sample rate	10 kHz (resolution 100 µs)
Time stamping accuracy	±0.00015 % of rd. ³ ±70 µs
Max. measuring time	Infinite
Debounce / Deglitch time	0 ... 25 ms / 0 ... 25 ms
Counting function	< 3 kHz at pulse width > 150 µs
Galvanic isolation	5 galvanically isolated groups (2+2+2+2)
Max. input voltage	CAT IV / 150 V, CAT III / 300 V, CAT II / 600 V (850 Vpk)
Counter inputs 100 kHz	
Number	2
Max. counting frequency	100 kHz
Pulse width	> 3 µs
Threshold voltage	6 V
Voltage hysteresis	2 V
Max. input voltage	±30 V
Isolation	SELV
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Trigger on overload	
Supported generators	Current generators
Timer accuracy	Error < 1 ms
Binary outputs, relays	
Type	Potential-free relay contacts, software controlled
Number	4
Break capacity AC	Vmax: 300 VAC / Imax: 8 A / Pmax: 2000 VA
Break capacity DC	Vmax: 300 VDC / Imax: 8 A / Pmax: 50 W

Binary outputs, transistor	
Type	Open collector transistor outputs
Number	4
Update rate	10 kHz
Imax	5 mA
Connection	16 pin combination socket (rear side)
DC voltage measuring input	
Measuring range	0 ... ±10 V
Accuracy	Error < 0.003 % rg. ³ typ., < 0.02 % rg. guar.
Input impedance	1 MΩ
DC current measuring input	
Measuring range	0 ... ±1 mA, 0 ... ±20 mA
Accuracy	Error < 0.003 % rg. ³ typ., < 0.02 % rg. guar.
Input impedance	15 Ω
Analog AC+DC measuring inputs ⁴	
Type	AC + DC analog voltage inputs (current measurement with external current clamps or shunt resistors)
Number	10
Nominal input ranges (RMS values)	100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 600 V
Amplitude accuracy	Error < 0.06 % typ., < 0.15 % guar.
Bandwidth	DC ... 10 kHz
Sampling frequency	28.44 kHz, 9.48 kHz, 3.16 kHz
Input impedance	500 kΩ // 50 pF
Transient input buffer at 28 kHz	3.5 s for 10 input channels / 35 s for 1 input channel
Transient input buffer at 3 kHz	31 s for 10 input channels / 5 min. for 1 input channel
Transient trigger	Threshold voltage, power quality trigger: sag, swell, harmonic, frequency, frequency change, notch
Measurement functions	I (AC + DC), V (AC + DC), phase, frequency, power, harmonics, transient recording, event recording, trend recording
Input overload indication	Yes
Input protection	Yes
Max. input voltage	CAT IV / 150 V, CAT III / 300 V, CAT II / 600 V (850 Vpk)
Galvanic isolation	5 groups (2+2+2+2)
Time synchronization	
Timing accuracy	
IRIG-B synchronization with CMIRIG-B	Error < 1 µs typ., < 5 µs guar.
GPS synchronization with CMGPS 588	Error < 1 µs typ., < 5 µs guar.
To external voltage	Reference signal on binary input 10: 10 ... 300 V / 15 ... 70 Hz
Precision Time Protocol (PTP)	IEEE 1588-2008 IEEE C37.238-2011 (Power Profile)

With the unique PermaSync functionality, analog and Sampled Values outputs stay permanently in sync with the internal CMC time reference.

When a CMC is time-synchronized (IRIG-B, GPS, or PTP), the output quantities are continuously synchronized to the external time source.

With CMIRIG-B it is also possible to transmit the internal PPS signal of the CMC to the device under test (e.g. PMUs or IEDs stimulated with a synchronized Sampled Values data stream).

¹ For directly testing relays with low level inputs by simulating signals from non conventional CTs and VTs with low level interfaces and for controlling external amplifier units

² THD+N: Values at 50/60 Hz, 20 kHz measurement bandwidth, nominal value, and nominal load

³ rd. = reading, rg. = range

⁴ Up to three inputs can be used for measuring RMS values, frequency, and phase angle without the EnerLyzer software license. Full functionality requires EnerLyzer software license

IEC 61850 GOOSE ¹	
Simulation	Mapping of binary outputs to data attributes in published GOOSE messages. Number of virtual binary outputs: 360 Number of GOOSEs to be published: 128
Subscription	Mapping of data attributes from subscribed GOOSE messages to binary inputs. Number of virtual binary inputs: 360 Number of GOOSEs to be subscribed: 128
Performance	Type 1A; Class P2/3 (IEC 61850-5). Processing time (application to network or vice versa): < 1 ms
VLAN support	Selectable priority and VLAN-ID
IEC 61850 Sampled Values (Publishing) ¹	
Specification	According to the "Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC 61850-9-2" of the IEC International Users Group
Sampling Rate	80 samples per cycle for nominal frequencies of 50 Hz and 60 Hz.
Synchronization	Synchronization attribute (smpSynch) is set when the CMC is in synchronized operation mode. Sample count (smpCnt) zero is aligned with top of the second. Accuracy data see above
VLAN support	Selectable priority and VLAN-ID
Max. number of SV streams	2 (with option LLO-2: 3 SV streams)
Power supply	
Nominal input voltage ²	100 – 240 VAC, 1-phase
Permissible input voltage	85 ... 264 VAC
Nominal frequency	50/60 Hz
Permissible frequency range	45 ... 65 Hz
Rated current	12 A at 115 V / 10 A at 230 V
Connection	Standard AC socket (IEC 60320)
Environmental conditions	
Operation temperature ³	0 ... +50 °C (+32 ... +122 °F)
Storage temperature	-25 ... +70 °C (-13 ... +158 °F)
Humidity range	Relative humidity 5 ... 95 %, non-condensing
Vibration	IEC 60068-2-6 (20 m/s ² at 10 ... 150 Hz)
Shock	IEC 60068-2-27 (15 g/11 ms half-sine)
Safety standards, electromagnetic compatibility	
EMC	The product adheres to the electromagnetic compatibility (EMC) Directive 2004/108/EC (CE conform).
International	IEC 61326-1; IEC 61000-6-4; IEC 61000-3-2/3
USA	FCC Subpart B of Part 15 Class A
Safety	The product adheres to the low voltage Directive 2006/95/EC (CE conform).
International / USA	IEC 61010-1 / UL 61010-1
Canada	CAN/CSA-C22.2 No 61010-1-04

Miscellaneous	
Weight	16.0 kg (35.3 lbs)
Dimensions (W x H x D, without handle)	450 x 145 x 390 mm (17.7 x 5.7 x 15.4 in)
PC connection	Two PoE ⁴ Ethernet ports: • 10/100/1000 Base-TX • IEEE 802.3af compliant • Port capability limited to one Class 1 (3.84 W) and one Class 2 (6.49 W) powered device USB port: • USB 2.0 High Speed up to 480 Mbit/s • USB 1.1-compatible
Signal indication (LED)	> 42 V for voltage outputs and AUX DC
Connection to ground (earth)	4 mm (0.16 in) banana socket (rear side)
Hardware diagnostics	Self diagnostics upon each start-up
Galvanically separated groups	The following groups are galvanically separated from each other: mains, voltage amplifier output, current amplifier group A/B, auxiliary DC supply, binary/analog input
Protection	All current and voltage outputs are fully overload and short circuit proof and protected against external high-voltage transient signals and over temperature
Certifications	
 	
Developed and manufactured under an ISO 9001 registered system	

Ordering Information

CMC 256plus with Test Universe software	
VE002701	CMC 256plus Basic
VE002702	CMC 256plus Protection
VE002703	CMC 256plus Advanced Protection
VE002704	CMC 256plus Universal
VE002705	CMC 256plus Meter
VE002706	CMC 256plus Measurement
VE002720	CMC 256plus Recloser

CMC 256plus with CMControl (without Test Universe software)	
VE002715	CMC 256plus with CMControl P
VE002719	CMC 256plus with CMControl R
VE002721	CMC 256plus with CMControl P App activation key
VE002723	CMC 256plus with CMControl R App activation key

The CMControl can also be ordered as add-on together with a CMC 256plus with Test Universe software or as a later upgrade.

CMC 256plus hardware options	
VEHO2703	Option LLO-2 if ordered with a new unit
VEHO2704	Option LLO-2 if ordered as an upgrade

¹ Testing with GOOSE and Sampled Values functionality requires software licences for the corresponding configuration modules

² For line inputs below 115 VAC, it is not possible to drive all outputs (voltage output, current output, Aux DC) simultaneously at full load. All other technical specifications (e.g. the maximum output power of a single amplifier) are not affected

³ For an operational temperature above +30 °C (+86 °F) a duty cycle of down to 50 % may apply

⁴ PoE = Power over Ethernet



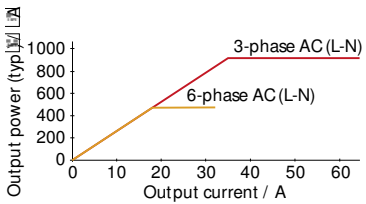
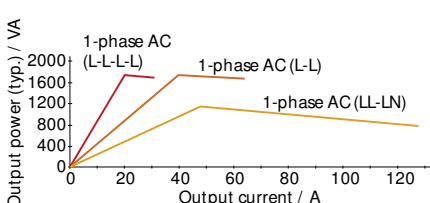
CMC 356: 6-Phase Current + 4 Phase Voltage Test Set and Commissioning Tool

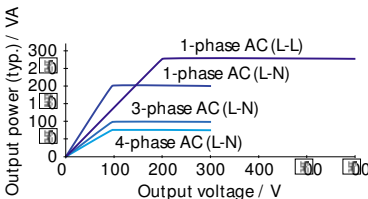


The CMC 356 is the universal solution for testing all generations and types of protection relays. Its powerful six current sources (three-phase mode: up to 64 A / 860 VA per channel) with a great dynamic range, make the unit capable of testing even high-burden electromechanical relays with very high power demands. Commissioning engineers will particularly appreciate the possibility to perform wiring and plausibility checks of current transformers, by using primary injection of high currents from the test set. The CMC 356 is the 1st choice for applications requiring the highest versatility, amplitude and power.

Operation: PC or CM Control

Technical Data¹

Current generators		
Setting range	6-phase AC (L-N)	6 x 0 ... 32 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 0 ... 64 A (Group A II B)
	1-phase AC (LL-LN)	1 x 0 ... 128 A (Group A II B)
	DC (LL-LN)	1 x 0 ... ±180 A (Group A II B)
Power ²	6-phase AC (L-N)	6 x 430 VA typ. at 25 A 6 x 250 VA guar. at 20 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 860 VA typ. at 50 A 3 x 500 VA guar. at 40 A
	1-phase AC (LL-LN)	1 x 1000 VA typ. at 80 A 1 x 700 VA guar. at 80 A
	1-phase AC (L-L)	1 x 1740 VA typ. at 50 A 1 x 1100 VA guar. at 40 A
	1-phase AC (L-L-L)	1 x 1740 VA typ. at 25 A 1 x 1100 VA guar. at 20 A
	DC (LL-LN)	1 x 1400 VA typ. at ±80 A 1 x 1000 VA guar. at ±80 A
		
		
Accuracy ³	Error < 0.05 % rd. + 0.02 % rg. typ. Error < 0.15 % rd. + 0.05 % rg. guar.	
Distortion (THD+N) ⁵	< 0.05 % typ., < 0.15 % guar.	
Resolution	1 mA	
Max. compliance voltage (L-N) / (L-L) / (L-L-L)	35 V _{pk} / 70 V _{pk} / 140 V _{pk}	
Connection banana sockets	4 mm (0.16 in) banana sockets (32 A continuously)	
Connection combination socket	Group A only (25 A continuously max.)	

Voltage generators		
Setting range	4-phase AC (L-N)	4 x 0 ... 300 V (VL4(t) automatically calculated: VL4 = (VL1+VL2+VL3)*c or freely programmable)
	3-phase AC (L-N)	3 x 0 ... 300 V
	1-phase AC (L-L)	1 x 0 ... 600 V
	DC (L-N)	4 x 0 ... ±300 V
Power	3-phase AC (L-N)	3 x 100 VA typ. at 100 ... 300 V 3 x 85 VA guar. at 85 ... 300 V
	4-phase AC (L-N)	4 x 75 VA typ. at 100 ... 300 V 4 x 50 VA guar. at 85 ... 300 V
	1-phase AC (L-N)	1 x 200 VA typ. at 100 ... 300 V 1 x 150 VA guar. at 75 ... 300 V
	1-phase AC (L-L)	1 x 275 VA typ. at 200 ... 600 V 1 x 250 VA guar. at 200 ... 600 V
	DC (L-N)	1 x 420 V typ. at ±300 V 1 x 360 V guar. at ±300 V
		
Accuracy	Error < 0.03 % rd. + 0.01 % rg. typ. at 0 ... 300 V Error < 0.08 % rd. + 0.02 % rg. guar. at 0 ... 300 V	
Distortion (THD+N) ⁵	0.015 % typ., < 0.05 % guar.	
Ranges	150 V / 300 V	
Resolution	5 mV / 10 mV in range 150 V / 300 V	
Connection	4 mm (0.16 in) banana sockets / combination socket (1,2,3,N)	
Generators, general		
Frequency	Range sine signals ⁶	10 ... 1000 Hz
	Range harmonics / interharmonics	Voltage: 10 ... 3000 Hz ⁷ Current: 10 ... 1000 Hz
	Range transient signals	DC ... 3.1 kHz ⁷
	Accuracy / drift	±0.5 ppm / ±1 ppm
	Resolution	< 5 mHz
Phase	Angle range	-360° ... +360°
	Resolution	0.001°
	Error at 50 / 60 Hz	Voltage: 0.02° typ., < 0.1° guar. Current: 0.05° typ., < 0.2° guar. ³
Bandwidth (-3 dB)	3.1 kHz	

¹ All data specified are guaranteed, except where indicated otherwise.
OMICRON guarantees the specified data for one year after factory calibration, within 23°C ±5°C (73°F ±10°F) in the frequency range from 10 to 1000 Hz and after a warm-up phase > 25 minutes

² Typical AC values valid for inductive loads (e.g. e / m relays)

³ Load: 0 ... 0.5 A

⁴ rd. = reading, rg. = range

⁵ THD+N: Values at 50 / 60 Hz, > 1 A / 20 V with 20 kHz bandwidth

⁶ For current outputs amplitude derating at > 380 Hz

⁷ Amplitude derating at > 1000 Hz

Low level outputs ¹	
Number of outputs	6 (12 with Option LLO-2)
Setting range	0 ... ±10 V _{pk}
Max. output current	1 mA
Accuracy	error < 0.025% typ., < 0.07% guar. at 1 ... 10 V _{pk}
Resolution	250 μV
Distortion (THD+N) ²	< 0.015% typ., < 0.05% guar.
Unconventional CT/VT simulation	linear, Rogowski (transient and sinewave)
Overload indication	yes
Isolation	SELV
Usability	completely independent from internal amplifier outputs
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Auxiliary DC supply	
Voltage ranges	0 ... 264 V _{DC} , 0.2 A / 0 ... 132 V _{DC} , 0.4 A / 0 ... 66 V _{DC} , 0.8 A
Power	max. 50 W
Accuracy	error < 0.2% typ., < 0.5% guar
Binary inputs	
Number	10
Trigger criteria	Toggling of potential-free contacts or DC voltage compared to threshold voltage
Input characteristics	0 ... ±300 V _{DC} threshold or potential-free If equipped with ELT-1 ³ : 0 ... ±600 V _{DC} threshold or potential-free
Ranges	20 V / 300 V If equipped with ELT-1 ³ : 100 mV / 1 V / 10 V / 100 V / 600 V
Resolution of threshold	50 mV (0 ... 20 V), 500 mV (20 V ... 300 V) ELT-1 ³ : ±2 mV, ±20 mV, ±200 mV, ±2 V, ±20 V in ranges
Sample rate	10 kHz (resolution 100 μs)
Time stamping accuracy	±0.00015% of rd. ⁵ ±70 μs
Max. measuring time	infinite
Debounce / Deglitch time	0 ... 25 ms / 0 ... 25 ms
Counting function	< 3 kHz at pulse width > 150 μs
Galvanic isolation	5 galvanically isolated groups (2+2+2+2)
Max. input voltage	CAT III / 150 V / CAT III / 300 V, transient immunity 2 kV If equipped with ELT-1 ³ : CAT III / 150 V / CAT III / 300 V / CAT III / 600 V (850 V _{pk})
Counter inputs 100 kHz	
Number	2
Max. counting frequency	100 kHz
Pulse width	> 3 μs
Threshold voltage	6 V
Voltage hysteresis	2 V
Max. input voltage	±30 V
Isolation	SELV
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Trigger on overload	
Supported generators	Current generators
Timer accuracy	error < 0.1 ms

Binary outputs, relays	
Type	Potential-free relay contacts, software controlled
Number	4
Break capacity AC	V _{max} : 300 V _{AC} / I _{max} : 8 A / P _{max} : 2000 VA
Break capacity DC	V _{max} : 300 V _{DC} / I _{max} : 8 A / P _{max} : 50 W
Binary outputs, transistor	
Type	Open collector transistor outputs
Number	4
Update rate	10 kHz
I _{max}	5 mA
Connection	16 pin combination socket (rear side)
DC voltage measuring input (If option ELT-1 is equipped ³)	
Measuring range	0 ... ±10 V
Accuracy	Error < 0.003% rg. ⁵ typ., < 0.02% rg. guar.
Input impedance	1 MΩ
DC current measuring input (If option ELT-1 is equipped ³)	
Measuring range	0 ... ±1 mA, 0 ... ±20 mA
Accuracy	Error < 0.003% rg. ⁵ typ., < 0.02% rg. guar.
Input impedance	15 Ω
Analog AC+DC measuring inputs (If option ELT-1 is equipped ^{3,4})	
Type	AC + DC analog voltage inputs (current measurement with external current clamps or shunt resistors)
Number	10
Nominal input ranges (RMS values)	100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 600 V
Amplitude accuracy	Error < 0.06% typ., < 0.15% guar.
Bandwidth	DC ... 10 kHz
Sampling frequency	28.44 kHz, 9.48 kHz, 3.16 kHz
Input impedance	500 Ω // 50 pF
Transient input buffer at 28 kHz	3.5 s for 10 input channels
Transient input buffer at 3 kHz	35 s for 1 input channel
Transient trigger	31 s for 10 input channels 5 min. for 1 input channel
Transient trigger	Threshold voltage, power quality trigger: sag, swell, harmonic, frequency, frequency change, notch
Measurement functions	I (AC + DC), V (AC + DC), phase, frequency, power, harmonics, transient-, event- and trend recording
Input overload indication	Yes
Input protection	Yes
Max. input voltage	CAT III / 150 V / CAT III / 300 V / CAT III / 600 V (850 V _{pk})
Galvanic isolation	5 groups (2+2+2+2)
Time synchronization	
Timing accuracy (voltage/ current)	
IRIG-B synchronization with CMIRIG-B	Error < 0.5 μs typ., < 0.20 μs guar.
GPS synchronization with CMGPS538	Error < 0.5 μs typ., < 0.20 μs guar.
To external voltage	Reference signal on binary input 10: 15 ... 70 Hz
Precision Time Protocol (PTP)	IEEE 1588-2008 IEEE 37.238-2011 (Power Profile)

With the unique PermaSync functionality, analog and Sampled Values outputs stay permanently in sync with the internal CMC time reference.

When a CMC is time-synchronized (IRIG-B, GPS, or PTP), the output quantities are continuously synchronized to the external time source.

With CMIRIG-B it is also possible to transmit the internal PPS signal of the CMC to the device under test (e.g. PMUs or IEDs stimulated with a synchronized Sampled Values data stream).

¹ For directly testing relays with low level inputs by simulating signals from non conventional CTs and VTs with low level interfaces and for controlling external amplifier units

² THD+N: Values at 50/60 Hz, 20 kHz measurement bandwidth, nominal value, and nominal load

³ The ELT-1 hardware option turns the ten binary inputs into multifunctional analog AC and DC voltage measuring inputs and adds two DC measuring inputs (0 ... 10 V / 0 ... 20 mA) for transducer testing

⁴ Up to three inputs can be used for measuring RMS values, frequency, and phase angle without the EnerLyzer software license. Full functionality requires EnerLyzer software license

⁵ rd. = reading, rg. = range

Technical Data CMC356 (continued)

IEC61850 GOOSE ¹	
Simulation	Mapping of binary outputs to data attributes in published GOOSE messages. Number of virtual binary outputs: 360 Number of GOOSEs to be published: 128
Subscription	Mapping of data attributes from subscribed GOOSE messages to binary inputs. Number of virtual binary inputs: 360 Number of GOOSEs to be subscribed: 128
Performance	Type 1A; Class P2/3 (IEC61850-5). Processing time (application to network or vice versa): <1ms
VLAN support	Selectable priority and VLAN-ID
IEC61850 Sampled Values (Publishing) ¹	
Specification	According to the "Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC61850-9-2" of the IEC International Users Group
Sampling Rate	80 samples per cycle for nominal frequencies of 50 Hz and 60 Hz.
Synchronization	Synchronization attribute (smpSynch) is set when the CMC is in synchronized operation mode. Sample count (smpCnt) zero is aligned with top of the second. Accuracy data see above
VLAN support	Selectable priority and VLAN-ID
Max. number of SV streams	2 (with option LLO-2: 3 SV streams)
Power supply	
Nominal input voltage ²	100/240 VAC, 1-phase
Permissible input voltage	85 ... 264 VAC
Nominal frequency	50/60 Hz
Permissible frequency range	45 ... 65 Hz
Rated current	12 A at 115 V / 10 A at 230 V
Connection	Standard AC socket (IEC60320)
Environmental conditions	
Operation temperature ³	0 ... +50 °C (+32 ... +122 °F)
Storage temperature	-25 ... +70 °C (-13 ... +158 °F)
Humidity range	Relative humidity 5 ... 95%, non-condensing
Vibration	IEC60068-2-6 (20 m/s² at 10 ... 150 Hz)
Shock	IEC60068-2-27 (150/11 ms half-sine)
Safety standards, electromagnetic compatibility	
EMC	The product adheres to the electromagnetic compatibility (EMC) Directive 2004/108/EC (CE conform). IEC61326-1; IEC61000-6-4; IEC61000-3-2/3
International	FCC Subpart B of Part 15 Class A
USA	
Safety	The product adheres to the low voltage Directive 2006/95/EC (CE conform). IEC61010-1 / UL61010-1
International / USA	
Canada	CAN/CSA-C22.2 No.61010-1-04

Miscellaneous	
Weight	16.8 kg (37.0 lbs)
Dimensions (W x H x D, without handle)	450 x 145 x 390 mm (17.7 x 5.7 x 15.4 in)
PC connection	Two PoE ⁴ Ethernet ports: 10/100/1000 Base-TX - IEEE802.3af compliant - Port capability limited to one Class I (3.84 W) and one Class II (6.49 W) powered device USB port: - USB 2.0 High Speed up to 480 Mbit/s - USB 1.1-compatible
Signal indication (LED)	>42 V for voltage and current outputs and AUX DC
Connection to ground (earth)	4 mm (0.16 in) banana socket (rear side)
Hardware diagnostics	Self diagnostics upon each start-up
Galvanically separated groups	The following groups are galvanically separated from each other: mains, voltage amplifier output, current amplifier group A/B, auxiliary DC supply, binary/analog input
Protection	All current and voltage outputs are fully overload and short circuit proof and protected against external high-voltage transient signals and over temperature
Certifications	
 	
Developed and manufactured under an ISO9001 registered system	

Ordering Information

CMC356 with Test Universe software	
VE002801	CMC356 Basic
VE002802	CMC356 Protection
VE002803	CMC356 Advanced Protection
VE002825	CMC356 Recloser

CMC356 with CM Control (without Test Universe software)	
VE002820	CMC356 with CM Control P
VE002824	CMC356 with CM Control R
VE002826	CMC356 with CM Control P App activation key
VE002827	CMC356 with CM Control R App activation key

The CM Control can also be ordered as add-on together with a CMC356 with Test Universe software or as a later upgrade.

CMC356 hardware options	
VEHO2801	Option ELT-1 if ordered with a new unit
VEHO2802	Option ELT-1 if ordered as an upgrade
VEHO2803	Option LLO-2 if ordered with a new unit
VEHO2804	Option LLO-2 if ordered as an upgrade

¹ The GOOSE and Sampled Values functionality require software licences for the respective configuration modules

² For line input voltages below 230 V a derating of the simultaneously available sum output power of the voltage/current amplifiers and the AuxDC will occur. All other technical specifications (e.g. the maximum output power of a single amplifier) are not affected

³ For an operational temperature above +30 °C (+86 °F) a duty cycle of down to 50% may apply

⁴ PoE = Power over Ethernet

AD8400/AD8402/AD8403

FEATURES

256-position variable resistance device

Replaces 1, 2, or 4 potentiometers

1 k Ω , 10 k Ω , 50 k Ω , 100 k Ω

Power shutdown—less than 5 μ A

3-wire, SPI-compatible serial data input

10 MHz update data loading rate

2.7 V to 5.5 V single-supply operation

APPLICATIONS

Mechanical potentiometer replacement

Programmable filters, delays, time constants

Volume control, panning

Line impedance matching

Power supply adjustment

GENERAL DESCRIPTION

The AD8400/AD8402/AD8403 provide a single-, dual-, or quad-channel, 256-position, digitally controlled variable resistor (VR) device.¹ These devices perform the same electronic adjustment function as a mechanical potentiometer or variable resistor. The AD8400 contains a single variable resistor in the compact SOIC-8 package. The AD8402 contains two independent variable resistors in space-saving SOIC-14 surface-mount packages. The AD8403 contains four independent variable resistors in 24-lead PDIP, SOIC, and TSSOP packages. Each part contains a fixed resistor with a wiper contact that taps the fixed resistor value at a point determined by the digital code loaded into the controlling serial input register. The resistance between the wiper and either endpoint of the fixed resistor varies linearly with respect to the digital code transferred into the VR latch. Each variable resistor offers a completely programmable value of resistance between the A terminal and the wiper or the B terminal and the wiper. The fixed A-to-B terminal resistance of 1 k Ω , 10 k Ω , 50 k Ω , or 100 k Ω has a $\pm 1\%$ channel-to-channel matching tolerance with a nominal temperature coefficient of 500 ppm/ $^{\circ}\text{C}$. A unique switching circuit minimizes the high glitch inherent in traditional switched resistor designs, avoiding any make-before-break or break-before-make operation.

(continued on Page 3)

Rev. D

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

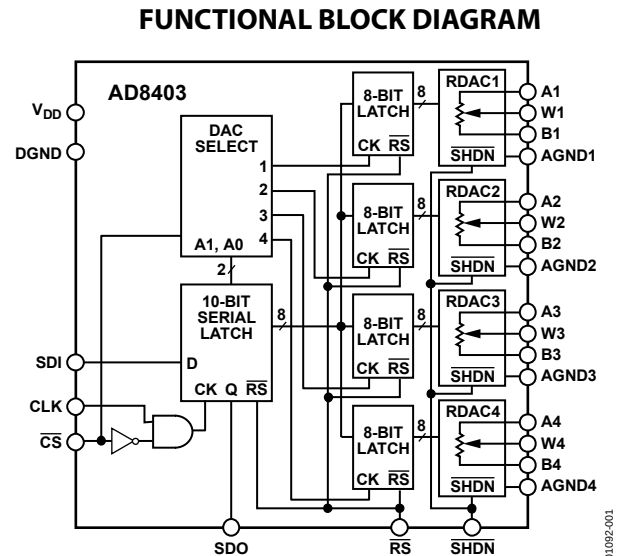


Figure 1.

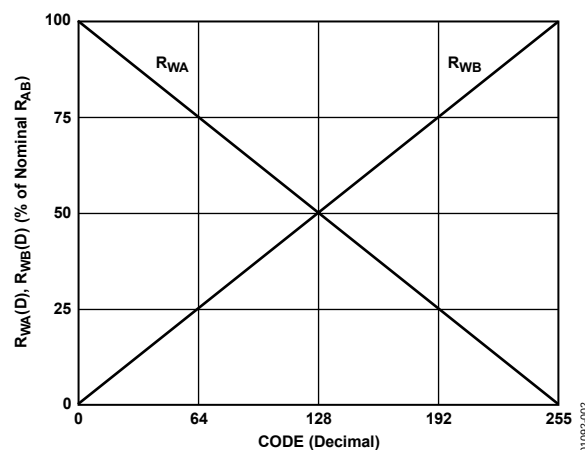


Figure 2. R_{WA} and R_{WB} vs. Code

¹ The terms digital potentiometer, VR, and RDAC are used interchangeably.

AD8400/AD8402/AD8403

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—1 K Ω VERSION

$V_{DD} = 3\text{ V} \pm 10\%$ or $5\text{ V} \pm 10\%$, $V_A = V_{DD}$, $V_B = 0\text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.

Table 3.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ ¹	Max	Unit
DC CHARACTERISTICS RHEOSTAT MODE (Specifications Apply to All VRs)						
Resistor Differential NL ²	R-DNL	R_{WB} , $V_A = \text{no connect}$	−5	−1	+3	LSB
Resistor Nonlinearity ²	R-INL	R_{WB} , $V_A = \text{no connect}$	−4	± 1.5	+4	LSB
Nominal Resistance ³	R_{AB}	$T_A = 25^\circ\text{C}$, model: AD840XYY1	0.8	1.2	1.6	k Ω
Resistance Tempco	$\Delta R_{AB}/\Delta T$	$V_{AB} = V_{DD}$, wiper = no connect		700		ppm/ $^\circ\text{C}$
Wiper Resistance	R_W	$V_{DD} = 5\text{ V}$, $I_W = V_{DD}/R_{AB}$		53	100	Ω
	R_W	$V_{DD} = 3\text{ V}$, $I_W = V_{DD}/R_{AB}$		200		Ω
Nominal Resistance Match	$\Delta R/R_{AB}$	CH 1 to CH 2, $V_{AB} = V_{DD}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		0.75	2	%
DC CHARACTERISTICS POTENTIOMETER DIVIDER (Specifications Apply to All VRs)						
Resolution	N		8			Bits
Integral Nonlinearity ⁴	INL		−6	± 2	+6	LSB
Differential Nonlinearity ⁴	DNL	$V_{DD} = 5\text{ V}$	−4	−1.5	+2	LSB
	DNL	$V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	−5	−2	+5	LSB
Voltage Divider Temperature Coefficient	$\Delta V_W/\Delta T$	Code = 80H		25		ppm/ $^\circ\text{C}$
Full-Scale Error	V_{WFSE}	Code = FF _H	−20	−12	0	LSB
Zero-Scale Error	V_{WZSE}	Code = 00 _H	0	6	10	LSB
RESISTOR TERMINALS						
Voltage Range ⁵	V_A , V_B , V_W		0		V_{DD}	V
Capacitance ⁶ Ax, Bx	C_A , C_B	$f = 1\text{ MHz}$, measured to GND, code = 80 _H		75		pF
Capacitance ⁶ Wx	C_W	$f = 1\text{ MHz}$, measured to GND, code = 80 _H		120		pF
Shutdown Supply Current ⁷	I_{A_SD}	$V_A = V_{DD}$, $V_B = 0\text{ V}$, $\overline{\text{SHDN}} = 0$		0.01	5	μA
Shutdown Wiper Resistance	R_{W_SD}	$V_A = V_{DD}$, $V_B = 0\text{ V}$, $\overline{\text{SHDN}} = 0$, $V_{DD} = 5\text{ V}$		50	100	Ω
DIGITAL INPUTS AND OUTPUTS						
Input Logic High	V_{IH}	$V_{DD} = 5\text{ V}$	2.4			V
Input Logic Low	V_{IL}	$V_{DD} = 5\text{ V}$			0.8	V
Input Logic High	V_{IH}	$V_{DD} = 3\text{ V}$	2.1			V
Input Logic Low	V_{IL}	$V_{DD} = 3\text{ V}$			0.6	V
Output Logic High	V_{OH}	$R_L = 2.2\text{ k}\Omega$ to V_{DD}	$V_{DD} - 0.1$			V
Output Logic Low	V_{OL}	$I_{OL} = 1.6\text{ mA}$, $V_{DD} = 5\text{ V}$			0.4	V
Input Current	I_{IL}	$V_{IN} = 0\text{ V}$ or 5 V , $V_{DD} = 5\text{ V}$			± 1	μA
Input Capacitance ⁶	C_{IL}			5		pF
POWER SUPPLIES						
Power Supply Range	V_{DD} range		2.7		5.5	V
Supply Current (CMOS)	I_{DD}	$V_{IH} = V_{DD}$ or $V_{IL} = 0\text{ V}$		0.01	5	μA
Supply Current (TTL) ⁸	I_{DD}	$V_{IH} = 2.4\text{ V}$ or 0.8 V , $V_{DD} = 5.5\text{ V}$		0.9	4	mA
Power Dissipation (CMOS) ⁹	P_{DISS}	$V_{IH} = V_{DD}$ or $V_{IL} = 0\text{ V}$, $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			27.5	μW
Power Supply Sensitivity	PSS	$\Delta V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$		0.0035	0.008	%/%
	PSS	$\Delta V_{DD} = 3\text{ V} \pm 10\%$		0.05	0.13	%/%

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ ¹	Max	Unit
DYNAMIC CHARACTERISTICS^{6, 10}						
Bandwidth –3 dB	BW_1 K	R = 1 k Ω		5,000		kHz
Total Harmonic Distortion	THD _W	V _A = 1 V rms + 2 V dc, V _B = 2 V dc, f = 1 kHz		0.015		%
V _W Settling Time	t _S	V _A = V _{DD} , V _B = 0 V, $\pm 1\%$ error band		0.5		μ s
Resistor Noise Voltage	e _{NWB}	R _{WB} = 500 Ω , f = 1 kHz, $\overline{RS} = 0$		3		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Crosstalk ¹¹	C _T	V _A = V _{DD} , V _B = 0 V		–65		dB

¹ Typical values represent average readings at 25°C and V_{DD} = 5 V.

² Resistor position nonlinearity error R-INL is the deviation from an ideal value measured between the maximum resistance and the minimum resistance wiper positions. R-DNL measures the relative step change from ideal between successive tap positions. See the test circuit in Figure 38. I_W = 500 μ A for V_{DD} = 3 V and I_W = 2.5 mA for V_{DD} = 5 V for 1 k Ω version.

³ V_{AB} = V_{DD}, wiper (V_W) = no connect.

⁴ INL and DNL are measured at V_W with the RDAC configured as a potentiometer divider similar to a voltage output D/A converter. V_A = V_{DD} and V_B = 0 V. DNL specification limits of ± 1 LSB maximum are guaranteed monotonic operating conditions. See the test circuit in Figure 37.

⁵ Resistor Terminal A, Resistor Terminal B, and Resistor Terminal W have no limitations on polarity with respect to each other.

⁶ Guaranteed by design and not subject to production test. Resistor-terminal capacitance tests are measured with 2.5 V bias on the measured terminal. The remaining resistor terminals are left open circuit.

⁷ Measured at the A_x terminals. All A_x terminals are open-circuited in shutdown mode.

⁸ Worst-case supply current is consumed when the input logic level is at 2.4 V, a standard characteristic of CMOS logic. See Figure 28 for a plot of I_{DD} vs. logic voltage.

⁹ P_{DISS} is calculated from (I_{DD} $\times$ V_{DD}). CMOS logic level inputs result in minimum power dissipation.

¹⁰ All dynamic characteristics use V_{DD} = 5 V.

¹¹ Measured at a V_W pin where an adjacent V_W pin is making a full-scale voltage change.

AD8400/AD8402/AD8403

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—ALL VERSIONS

$V_{DD} = 3\text{ V} \pm 10\%$ or $5\text{ V} \pm 10\%$, $V_A = V_{DD}$, $V_B = 0\text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.

Table 4.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ ¹	Max	Unit
SWITCHING CHARACTERISTICS ^{2,3}						
Input Clock Pulse Width	t_{CH} , t_{CL}	Clock level high or low	10			ns
Data Setup Time	t_{DS}		5			ns
Data Hold Time	t_{DH}		5			ns
CLK to SDO Propagation Delay ⁴	t_{PD}	$R_L = 1\text{ k}\Omega$ to 5 V , $C_L \leq 20\text{ pF}$	1		25	ns
$\overline{CS}$ Setup Time	t_{CSS}		10			ns
$\overline{CS}$ High Pulse Width	t_{CSW}		10			ns
Reset Pulse Width	t_{RS}		50			ns
CLK Fall to $\overline{CS}$ Rise Hold Time	t_{CSH}		0			ns
$\overline{CS}$ Rise to Clock Rise Setup	t_{CS1}		10			ns

¹Typicals represent average readings at 25°C and $V_{DD} = 5\text{ V}$.

²Guaranteed by design and not subject to production test. Resistor-terminal capacitance tests are measured with 2.5 V bias on the measured terminal. The remaining resistor terminals are left open circuit.

³See the timing diagram in Figure 3 for location of measured values. All input control voltages are specified with $t_R = t_F = 1\text{ ns}$ (10% to 90% of V_{DD}) and timed from a voltage level of 1.6 V . Switching characteristics are measured using $V_{DD} = 3\text{ V}$ or 5 V . To avoid false clocking, a minimum input logic slew rate of $1\text{ V}/\mu\text{s}$ should be maintained.

⁴Propagation delay depends on the value of V_{DD} , R_L , and C_L (see the Applications section).

TIMING DIAGRAMS

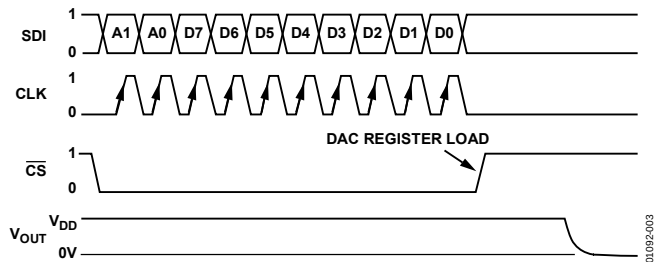


Figure 3. Timing Diagram

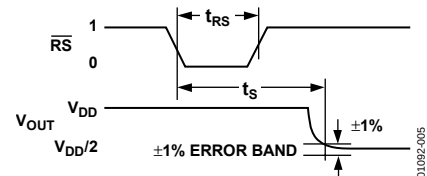


Figure 5. Reset Timing Diagram

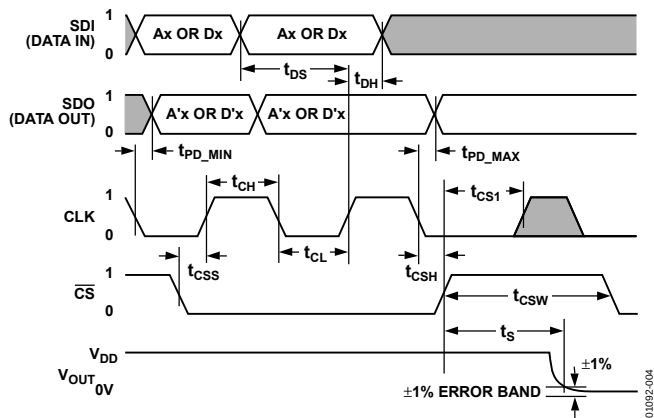


Figure 4. Detailed Timing Diagram

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.

Table 5.

Parameter	Rating
V_{DD} to GND	−0.3 V, +8 V
V_A , V_B , V_W to GND	0 V, V_{DD}
Maximum Current	
I_{WB} , I_{WA} Pulsed	±20 mA
I_{WB} Continuous ($R_{WB} \leq 1\text{ k}\Omega$, A Open) ¹	±5 mA
I_{WA} Continuous ($R_{WA} \leq 1\text{ k}\Omega$, B Open) ¹	±5 mA
I_{AB} Continuous ($R_{AB} = 1\text{ k}\Omega/10\text{ k}\Omega/50\text{ k}\Omega/100\text{ k}\Omega$) ¹	±5 mA/±500 μA / ±100 μA /±50 μA
Digital Input and Output Voltage to GND	0 V, 7 V
Operating Temperature Range	−40°C to +125°C
Maximum Junction Temperature (T_J Maximum)	150°C
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C
Package Power Dissipation	$(T_J \text{ max} - T_A)/\theta_{JA}$
Thermal Resistance (θ_{JA})	
SOIC (R-8)	158°C/W
PDIP (N-14)	83°C/W
PDIP (N-24)	63°C/W
SOIC (R-14)	120°C/W
SOIC (R-24)	70°C/W
TSSOP-14 (RU-14)	180°C/W
TSSOP-24 (RU-24)	143°C/W

¹ Maximum terminal current is bounded by the maximum applied voltage across any two of the A, B, and W terminals at a given resistance, the maximum current handling of the switches, and the maximum power dissipation of the package; $V_{DD} = 5\text{ V}$.

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

SERIAL DATA-WORD FORMAT

Table 6.

ADDR		DATA							
B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
MSB	LSB	MSB						LSB	
2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷						2 ⁰	

ESD CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although this product features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



AD8400/AD8402/AD8403

PIN CONFIGURATIONS AND FUNCTION DESCRIPTIONS



Figure 6. AD8400 Pin Configuration

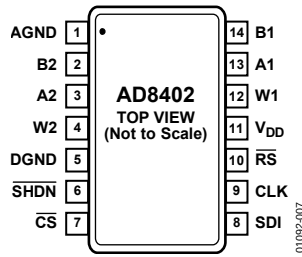


Figure 7. AD8402 Pin Configuration

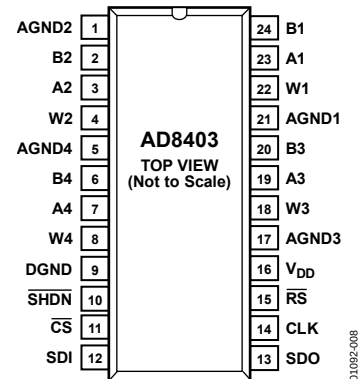


Figure 8. AD8403 Pin Configuration

Table 7. AD8400 Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	B1	Terminal B RDAC.
2	GND	Ground.
3	$\overline{CS}$	Chip Select Input, Active Low. When $\overline{CS}$ returns high, data in the serial input register is decoded, based on the address bits, and loaded into the target DAC register.
4	SDI	Serial Data Input.
5	CLK	Serial Clock Input, Positive Edge Triggered.
6	V _{DD}	Positive Power Supply. Specified for operation at both 3 V and 5 V.
7	W1	Wiper RDAC, Addr = 00 ₂ .
8	A1	Terminal A RDAC.

Table 8. AD8402 Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	AGND	Analog Ground. ¹
2	B2	Terminal B RDAC 2.
3	A2	Terminal A RDAC 2.
4	W2	Wiper RDAC 2, Addr = 01 ₂ .
5	DGND	Digital Ground. ¹
6	$\overline{SHDN}$	Terminal A Open Circuit. Shutdown controls Variable Resistor 1 and Variable Resistor 2.
7	$\overline{CS}$	Chip Select Input, Active Low. When $\overline{CS}$ returns high, data in the serial input register is decoded, based on the address bits, and loaded into the target DAC register.
8	SDI	Serial Data Input.
9	CLK	Serial Clock Input, Positive Edge Triggered.
10	$\overline{RS}$	Active Low Reset to Midscale. Sets RDAC registers to 80 _H .
11	V _{DD}	Positive Power Supply. Specified for operation at both 3 V and 5 V
12	W1	Wiper RDAC 1, Addr = 00 ₂ .
13	A1	Terminal A RDAC 1.
14	B1	Terminal B RDAC 1.

¹ All AGND pins must be connected to DGND.

FB_SPI (Kommunikasjon til potensiometer)**Deklarering av funksjonsblokk**

FUNCTION_BLOCK FB_SPI

VAR_INPUT

```
Channel1 : INT;
Channel2 : INT;
Channel3 : INT;
Channel4 : INT;
Pulsetime: TIME :=T#10MS;
Clocktime: TIME :=T#10MS;
```

END_VAR

VAR_OUTPUT

```
SDI: BOOL;
CLK: BOOL;
CS: BOOL;
```

END_VAR

VAR

```
Channel1Old : INT;
Channel2Old : INT;
Channel3Old : INT;
Channel4Old : INT;
CLKPulses: INT := 10;
CLKCounter: INT;
RisingEdge: R_TRIG;
ClockStart: BOOL;
Clock: TON;
SDIPulses: INT := 1;
SDICounter: INT;
Step: INT;
Go: BOOL;
DelayTimer: TON;
Delay: BOOL;
SDIPulse: TOF;
SDIP: BOOL;
CLKPulse: TOF;
CLKP: BOOL;
```

END_VAR

Kode

Clock(IN:= ClockStart, PT:= Clocktime, Q=> , ET=>);

```
IF Clock.Q OR Step = 0 THEN
    ClockStart:= FALSE;
```

ELSE

ClockStart:= TRUE;

END_IF

RisingEdge(CLK:=Clock.Q , Q=>);

DelayTimer(IN:= Delay, PT:= T#50ms, Q=> , ET=>);

//Sjekker om inngang er forandret

IF Channel1 <> Channel1Old AND NOT Go THEN

```
SDIPulses := 1;
CLKPulses := Channel1;
Channel1Old := Channel1;
Go := TRUE;
```

ELSIF Channel2 <> Channel2Old AND NOT Go THEN

```
SDIPulses := 2;
CLKPulses := Channel2;
Channel2Old := Channel2;
Go := TRUE;
```

ELSIF Channel3 <> Channel3Old AND NOT Go THEN

```
SDIPulses := 3;
CLKPulses := Channel3;
Channel3Old := Channel3;
Go := TRUE;
```

ELSIF Channel4 <> Channel4Old AND NOT Go THEN

```
SDIPulses := 4;
CLKPulses := Channel4;
Channel4Old := Channel4;
Go := TRUE;
```

END_IF

CASE Step OF

0:

//Idle

```
CS:= TRUE;
SDI := FALSE;
CLK := FALSE;
SDICounter:= 0;
CLKCounter:= 0;
IF Go THEN
    Delay := TRUE;
END_IF
IF DelayTimer.Q THEN
    Delay := FALSE;
    Step := 1;
END_IF
```

1:

//Starter kommunikasjon

```
CS:= FALSE;
Delay := TRUE;
```

```

        IF DelayTimer.Q THEN
            Delay := FALSE;
            Step := 2;
        END_IF

2:
    //Sette adresse
    IF SDIPulses = SDICounter AND RisingEdge.Q THEN
        Delay := TRUE;
    ELSIF RisingEdge.Q THEN
        SDIP:= TRUE;
        SDICounter := SDICounter + 1;
    ELSE
        SDIP:= FALSE;
    END_IF

    IF DelayTimer.Q THEN
        Delay := FALSE;
        Step := 3;
    END_IF

3:
    //Setter steps
    IF CLKPulses = CLKCounter AND RisingEdge.Q THEN
        Delay := TRUE;
    ELSIF RisingEdge.Q THEN
        CLKP:= TRUE;
        CLKCounter := CLKCounter + 1;
    ELSE
        CLKP:= FALSE;
    END_IF

    IF DelayTimer.Q THEN
        Delay := FALSE;
        Go:= FALSE;
        Step := 0;
    END_IF
END_CASE;

CLKPulse(IN:=CLKP , PT:=Pulsetime , Q=> , ET=> );
CLK:= CLKPulse.Q;
SDIPulse(IN:=SDIP , PT:=Pulsetime , Q=> , ET=> );
SDI:= SDIPulse.Q;

```

```

FB_TempToSteps (Får inn ønska temperatur, og finner antal steg)
Deklarering av funksjonsblokk
FUNCTION_BLOCK FB_TempToSteps
VAR_INPUT
    Temp: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    Steps: INT;
    WOhm: REAL;
    Ohm: REAL;
END_VAR
VAR
    Startup: BOOL;
    Arr      : ARRAY[ 1..255] OF REAL;
    counter: INT;
    Smallest: INT;
    Biggest: INT;
    WOhmOld: REAL;
    SmallestOhm: REAL;
    BiggestOhm: REAL;
    DeltaSmallest: REAL;
    DeltaBiggest: REAL;
END_VAR

Kode
//Legger inn array for temperaturen for hvert steg.

IF NOT Startup THEN
Arr[ 1 ] := 88.71352785 ; (* Grader -29.39185455 *)
Arr[ 2 ] := 92.05289673 ; (* Grader -20.69558144 *)
Arr[ 3 ] := 95.07194245 ; (* Grader -12.83348321 *)
Arr[ 4 ] := 97.81464531 ; (* Grader -5.691027841 *)
Arr[ 5 ] := 100.3172867 ; (* Grader 0.826267323 *)
Arr[ 6 ] := 102.6100629 ; (* Grader 6.797038784 *)
Arr[ 7 ] := 104.7183099 ; (* Grader 12.28726526 *)
Arr[ 8 ] := 106.6634429 ; (* Grader 17.35271599 *)
Arr[ 9 ] := 108.4636872 ; (* Grader 22.04085196 *)
Arr[ 10 ] := 110.1346499 ; (* Grader 26.39231747 *)
Arr[ 11 ] := 111.6897747 ; (* Grader 30.44212161 *)
Arr[ 12 ] := 113.1407035 ; (* Grader 34.22058208 *)
Arr[ 13 ] := 114.4975689 ; (* Grader 37.75408563 *)
Arr[ 14 ] := 115.7692308 ; (* Grader 41.06570513 *)
Arr[ 15 ] := 116.9634703 ; (* Grader 44.17570396 *)
Arr[ 16 ] := 118.0871492 ; (* Grader 47.10195101 *)
Arr[ 17 ] := 119.1463415 ; (* Grader 49.86026423 *)
Arr[ 18 ] := 120.1464435 ; (* Grader 52.46469665 *)
Arr[ 19 ] := 121.0922659 ; (* Grader 54.92777589 *)
Arr[ 20 ] := 121.988111 ; (* Grader 57.26070564 *)
Arr[ 21 ] := 122.8378378 ; (* Grader 59.47353604 *)
Arr[ 22 ] := 123.6449184 ; (* Grader 61.57530845 *)
Arr[ 23 ] := 124.4124847 ; (* Grader 63.57417891 *)
Arr[ 24 ] := 125.1433692 ; (* Grader 65.47752389 *)
Arr[ 25 ] := 125.84014 ; (* Grader 67.29203131 *)
Arr[ 26 ] := 126.5051311 ; (* Grader 69.02377898 *)
Arr[ 27 ] := 127.1404682 ; (* Grader 70.67830268 *)
Arr[ 28 ] := 127.7480916 ; (* Grader 72.26065522 *)
Arr[ 29 ] := 128.3297759 ; (* Grader 73.77545802 *)
Arr[ 30 ] := 128.8871473 ; (* Grader 75.22694619 *)
Arr[ 31 ] := 129.4216991 ; (* Grader 76.61900802 *)
Arr[ 32 ] := 129.9348044 ; (* Grader 77.95521983 *)
Arr[ 33 ] := 130.4277286 ; (* Grader 79.2388766 *)
Arr[ 34 ] := 130.9016393 ; (* Grader 80.47301913 *)
Arr[ 35 ] := 131.3576159 ; (* Grader 81.66045806 *)
Arr[ 36 ] := 131.7966574 ; (* Grader 82.80379526 *)
Arr[ 37 ] := 132.2196901 ; (* Grader 83.90544287 *)
Arr[ 38 ] := 132.6275739 ; (* Grader 84.96764026 *)
Arr[ 39 ] := 133.0211082 ; (* Grader 85.99246922 *)
Arr[ 40 ] := 133.4010372 ; (* Grader 86.98186762 *)
Arr[ 41 ] := 133.7680544 ; (* Grader 87.9376416 *)
Arr[ 42 ] := 134.122807 ; (* Grader 88.86147661 *)
Arr[ 43 ] := 134.4658998 ; (* Grader 89.75494727 *)
Arr[ 44 ] := 134.7978981 ; (* Grader 90.61952641 *)
Arr[ 45 ] := 135.1193317 ; (* Grader 91.45659308 *)
Arr[ 46 ] := 135.4306969 ; (* Grader 92.26743996 *)
Arr[ 47 ] := 135.7324595 ; (* Grader 93.05328001 *)
Arr[ 48 ] := 136.0250569 ; (* Grader 93.81525247 *)
Arr[ 49 ] := 136.3089005 ; (* Grader 94.55442845 *)
Arr[ 50 ] := 136.5843773 ; (* Grader 95.27181589 *)
Arr[ 51 ] := 136.8518519 ; (* Grader 95.9683642 *)
Arr[ 52 ] := 137.1116679 ; (* Grader 96.64496838 *)
Arr[ 53 ] := 137.3641496 ; (* Grader 97.30247295 *)
Arr[ 54 ] := 137.6096033 ; (* Grader 97.94167537 *)
Arr[ 55 ] := 137.8483185 ; (* Grader 98.56332933 *)
Arr[ 56 ] := 138.0805687 ; (* Grader 99.16814771 *)
Arr[ 57 ] := 138.3066132 ; (* Grader 99.75680528 *)
Arr[ 58 ] := 138.5266974 ; (* Grader 100.3299412 *)
Arr[ 59 ] := 138.741054 ; (* Grader 100.8881615 *)
Arr[ 60 ] := 138.9499037 ; (* Grader 101.4320408 *)
Arr[ 61 ] := 139.1534559 ; (* Grader 101.9621248 *)
Arr[ 62 ] := 139.3519098 ; (* Grader 102.4789319 *)
Arr[ 63 ] := 139.5454545 ; (* Grader 102.9829545 *)
Arr[ 64 ] := 139.73427 ; (* Grader 103.4746615 *)
Arr[ 65 ] := 139.9185275 ; (* Grader 103.9544986 *)
Arr[ 66 ] := 140.09839 ; (* Grader 104.4228906 *)
Arr[ 67 ] := 140.274013 ; (* Grader 104.8802421 *)

```

Arr[	68	]	:=	140.4455446	;	(* Grader 105.3269389	*)
Arr[	69	]	:=	140.6131261	;	(* Grader 105.7633492	*)
Arr[	70	]	:=	140.7768924	;	(* Grader 106.189824	*)
Arr[	71	]	:=	140.9369724	;	(* Grader 106.606699	*)
Arr[	72	]	:=	141.0934891	;	(* Grader 107.0142947	*)
Arr[	73	]	:=	141.2465603	;	(* Grader 107.4129174	*)
Arr[	74	]	:=	141.3962983	;	(* Grader 107.8028602	*)
Arr[	75	]	:=	141.542811	;	(* Grader 108.1844036	*)
Arr[	76	]	:=	141.6862014	;	(* Grader 108.5578161	*)
Arr[	77	]	:=	141.8265683	;	(* Grader 108.9233549	*)
Arr[	78	]	:=	141.9640063	;	(* Grader 109.2812663	*)
Arr[	79	]	:=	142.0986061	;	(* Grader 109.6317867	*)
Arr[	80	]	:=	142.2304548	;	(* Grader 109.9751427	*)
Arr[	81	]	:=	142.3596358	;	(* Grader 110.3115516	*)
Arr[	82	]	:=	142.4862293	;	(* Grader 110.6412223	*)
Arr[	83	]	:=	142.6103123	;	(* Grader 110.9643551	*)
Arr[	84	]	:=	142.7319588	;	(* Grader 111.2811426	*)
Arr[	85	]	:=	142.8512397	;	(* Grader 111.59177 *)	
Arr[	86	]	:=	142.9682234	;	(* Grader 111.8964151	*)
Arr[	87	]	:=	143.0829757	;	(* Grader 112.1952492	*)
Arr[	88	]	:=	143.1955598	;	(* Grader 112.4884369	*)
Arr[	89	]	:=	143.3060365	;	(* Grader 112.7761367	*)
Arr[	90	]	:=	143.4144645	;	(* Grader 113.0585014	*)
Arr[	91	]	:=	143.5209003	;	(* Grader 113.3356779	*)
Arr[	92	]	:=	143.6253983	;	(* Grader 113.607808	*)
Arr[	93	]	:=	143.7280108	;	(* Grader 113.8750282	*)
Arr[	94	]	:=	143.8287886	;	(* Grader 114.1374702	*)
Arr[	95	]	:=	143.9277802	;	(* Grader 114.395261	*)
Arr[	96	]	:=	144.0250329	;	(* Grader 114.6485233	*)
Arr[	97	]	:=	144.1205921	;	(* Grader 114.8973752	*)
Arr[	98	]	:=	144.2145015	;	(* Grader 115.141931	*)
Arr[	99	]	:=	144.3068036	;	(* Grader 115.382301	*)
Arr[	100	]	:=	144.3975392	;	(* Grader 115.6185918	*)
Arr[	101	]	:=	144.486748	;	(* Grader 115.8509063	*)
Arr[	102	]	:=	144.5744681	;	(* Grader 116.079344	*)
Arr[	103	]	:=	144.6607365	;	(* Grader 116.3040012	*)
Arr[	104	]	:=	144.7455888	;	(* Grader 116.5249709	*)
Arr[	105	]	:=	144.8290598	;	(* Grader 116.7423433	*)
Arr[	106	]	:=	144.9111829	;	(* Grader 116.9562054	*)
Arr[	107	]	:=	144.9919904	;	(* Grader 117.1666416	*)
Arr[	108	]	:=	145.0715137	;	(* Grader 117.3737336	*)
Arr[	109	]	:=	145.1497832	;	(* Grader 117.5775604	*)
Arr[	110	]	:=	145.2268283	;	(* Grader 117.7781987	*)
Arr[	111	]	:=	145.3026775	;	(* Grader 117.9757227	*)
Arr[	112	]	:=	145.3773585	;	(* Grader 118.1702044	*)
Arr[	113	]	:=	145.450898	;	(* Grader 118.3617135	*)
Arr[	114	]	:=	145.523322	;	(* Grader 118.5503176	*)
Arr[	115	]	:=	145.5946556	;	(* Grader 118.7360824	*)
Arr[	116	]	:=	145.6649234	;	(* Grader 118.9190714	*)
Arr[	117	]	:=	145.7341491	;	(* Grader 119.0993465	*)
Arr[	118	]	:=	145.8023555	;	(* Grader 119.2769675	*)
Arr[	119	]	:=	145.8695652	;	(* Grader 119.4519928	*)
Arr[	120	]	:=	145.9357998	;	(* Grader 119.6244786	*)
Arr[	121	]	:=	146.0010803	;	(* Grader 119.79448 *)	
Arr[	122	]	:=	146.0654272	;	(* Grader 119.9620501	*)
Arr[	123	]	:=	146.1288605	;	(* Grader 120.1272409	*)
Arr[	124	]	:=	146.1913994	;	(* Grader 120.2901025	*)
Arr[	125	]	:=	146.2530627	;	(* Grader 120.450684	*)
Arr[	126	]	:=	146.3138686	;	(* Grader 120.6090328	*)
Arr[	127	]	:=	146.373835	;	(* Grader 120.7651953	*)
Arr[	128	]	:=	146.4329791	;	(* Grader 120.9192164	*)
Arr[	129	]	:=	146.4913177	;	(* Grader 121.0711398	*)
Arr[	130	]	:=	146.5488671	;	(* Grader 121.2210081	*)
Arr[	131	]	:=	146.6056433	;	(* Grader 121.3688627	*)
Arr[	132	]	:=	146.6616617	;	(* Grader 121.5147439	*)
Arr[	133	]	:=	146.7169374	;	(* Grader 121.658691	*)
Arr[	134	]	:=	146.771485	;	(* Grader 121.8007422	*)
Arr[	135	]	:=	146.8253189	;	(* Grader 121.9409347	*)
Arr[	136	]	:=	146.878453	;	(* Grader 122.0793048	*)
Arr[	137	]	:=	146.9309009	;	(* Grader 122.2158877	*)
Arr[	138	]	:=	146.9826756	;	(* Grader 122.3507178	*)
Arr[	139	]	:=	147.0337902	;	(* Grader 122.4838288	*)
Arr[	140	]	:=	147.0842572	;	(* Grader 122.6152531	*)
Arr[	141	]	:=	147.1340888	;	(* Grader 122.7450228	*)
Arr[	142	]	:=	147.1832968	;	(* Grader 122.8731689	*)
Arr[	143	]	:=	147.2318931	;	(* Grader 122.9997215	*)
Arr[	144	]	:=	147.2798888	;	(* Grader 123.1247104	*)
Arr[	145	]	:=	147.3272951	;	(* Grader 123.2481642	*)
Arr[	146	]	:=	147.3741227	;	(* Grader 123.3701111	*)
Arr[	147	]	:=	147.4203822	;	(* Grader 123.4905786	*)
Arr[	148	]	:=	147.4660838	;	(* Grader 123.6095933	*)
Arr[	149	]	:=	147.5112376	;	(* Grader 123.7271814	*)
Arr[	150	]	:=	147.5558534	;	(* Grader 123.8433683	*)
Arr[	151	]	:=	147.5999408	;	(* Grader 123.9581791	*)
Arr[	152	]	:=	147.643509	;	(* Grader 124.071638	*)
Arr[	153	]	:=	147.6865672	;	(* Grader 124.1837687	*)
Arr[	154	]	:=	147.7291242	;	(* Grader 124.2945944	*)
Arr[	155	]	:=	147.7711889	;	(* Grader 124.4041377	*)
Arr[	156	]	:=	147.8127696	;	(* Grader 124.5124209	*)
Arr[	157	]	:=	147.8538747	;	(* Grader 124.6194655	*)
Arr[	158	]	:=	147.8945124	;	(* Grader 124.7252926	*)
Arr[	159	]	:=	147.9346904	;	(* Grader 124.829923	*)
Arr[	160	]	:=	147.9744166	;	(* Grader 124.9333767	*)
Arr[	161	]	:=	148.0136986	;	(* Grader 125.0356735	*)
Arr[	162	]	:=	148.0525438	;	(* Grader 125.1368328	*)

```

Arr[ 163 ] := 148.0909594 ; (* Grader 125.2368733 *)
Arr[ 164 ] := 148.1289524 ; (* Grader 125.3358136 *)
Arr[ 165 ] := 148.1665299 ; (* Grader 125.4336717 *)
Arr[ 166 ] := 148.2036987 ; (* Grader 125.5304653 *)
Arr[ 167 ] := 148.2404652 ; (* Grader 125.6262116 *)
Arr[ 168 ] := 148.2768362 ; (* Grader 125.7209275 *)
Arr[ 169 ] := 148.3128178 ; (* Grader 125.8146296 *)
Arr[ 170 ] := 148.3484163 ; (* Grader 125.9073341 *)
Arr[ 171 ] := 148.3836378 ; (* Grader 125.9990568 *)
Arr[ 172 ] := 148.4184883 ; (* Grader 126.0898132 *)
Arr[ 173 ] := 148.4529735 ; (* Grader 126.1796186 *)
Arr[ 174 ] := 148.4870993 ; (* Grader 126.2684878 *)
Arr[ 175 ] := 148.5208711 ; (* Grader 126.3564353 *)
Arr[ 176 ] := 148.5542946 ; (* Grader 126.4434754 *)
Arr[ 177 ] := 148.5873749 ; (* Grader 126.5296221 *)
Arr[ 178 ] := 148.6201174 ; (* Grader 126.6148892 *)
Arr[ 179 ] := 148.6525273 ; (* Grader 126.6992899 *)
Arr[ 180 ] := 148.6846096 ; (* Grader 126.7828374 *)
Arr[ 181 ] := 148.7163691 ; (* Grader 126.8655446 *)
Arr[ 182 ] := 148.7478109 ; (* Grader 126.9474241 *)
Arr[ 183 ] := 148.7789395 ; (* Grader 127.0284883 *)
Arr[ 184 ] := 148.8097597 ; (* Grader 127.1087493 *)
Arr[ 185 ] := 148.8402761 ; (* Grader 127.1882189 *)
Arr[ 186 ] := 148.870493 ; (* Grader 127.2669089 *)
Arr[ 187 ] := 148.9004149 ; (* Grader 127.3448306 *)
Arr[ 188 ] := 148.9300462 ; (* Grader 127.4219952 *)
Arr[ 189 ] := 148.9593909 ; (* Grader 127.4984137 *)
Arr[ 190 ] := 148.9884532 ; (* Grader 127.5740969 *)
Arr[ 191 ] := 149.0172373 ; (* Grader 127.6490553 *)
Arr[ 192 ] := 149.045747 ; (* Grader 127.7232994 *)
Arr[ 193 ] := 149.0739862 ; (* Grader 127.7968392 *)
Arr[ 194 ] := 149.1019589 ; (* Grader 127.8696847 *)
Arr[ 195 ] := 149.1296688 ; (* Grader 127.9418458 *)
Arr[ 196 ] := 149.1571195 ; (* Grader 128.013332 *)
Arr[ 197 ] := 149.1843146 ; (* Grader 128.0841527 *)
Arr[ 198 ] := 149.2112578 ; (* Grader 128.1543172 *)
Arr[ 199 ] := 149.2379525 ; (* Grader 128.2238346 *)
Arr[ 200 ] := 149.2644021 ; (* Grader 128.2927138 *)
Arr[ 201 ] := 149.29061 ; (* Grader 128.3609636 *)
Arr[ 202 ] := 149.3165795 ; (* Grader 128.4285924 *)
Arr[ 203 ] := 149.3423138 ; (* Grader 128.4956088 *)
Arr[ 204 ] := 149.3678161 ; (* Grader 128.5620211 *)
Arr[ 205 ] := 149.3930895 ; (* Grader 128.6278373 *)
Arr[ 206 ] := 149.4181371 ; (* Grader 128.6930655 *)
Arr[ 207 ] := 149.442962 ; (* Grader 128.7577135 *)
Arr[ 208 ] := 149.467567 ; (* Grader 128.821789 *)
Arr[ 209 ] := 149.491955 ; (* Grader 128.8852996 *)
Arr[ 210 ] := 149.516129 ; (* Grader 128.9482527 *)
Arr[ 211 ] := 149.5400918 ; (* Grader 129.0106556 *)
Arr[ 212 ] := 149.563846 ; (* Grader 129.0725156 *)
Arr[ 213 ] := 149.5873944 ; (* Grader 129.1338396 *)
Arr[ 214 ] := 149.6107397 ; (* Grader 129.1946346 *)
Arr[ 215 ] := 149.6338845 ; (* Grader 129.2549075 *)
Arr[ 216 ] := 149.6568313 ; (* Grader 129.3146648 *)
Arr[ 217 ] := 149.6795827 ; (* Grader 129.3739133 *)
Arr[ 218 ] := 149.7021412 ; (* Grader 129.4326594 *)
Arr[ 219 ] := 149.7245092 ; (* Grader 129.4909093 *)
Arr[ 220 ] := 149.7466891 ; (* Grader 129.5486695 *)
Arr[ 221 ] := 149.7686833 ; (* Grader 129.605946 *)
Arr[ 222 ] := 149.7904941 ; (* Grader 129.6627449 *)
Arr[ 223 ] := 149.8121237 ; (* Grader 129.7190722 *)
Arr[ 224 ] := 149.8335745 ; (* Grader 129.7749337 *)
Arr[ 225 ] := 149.8548487 ; (* Grader 129.8303351 *)
Arr[ 226 ] := 149.8759483 ; (* Grader 129.8852821 *)
Arr[ 227 ] := 149.8968756 ; (* Grader 129.9397803 *)
Arr[ 228 ] := 149.9176327 ; (* Grader 129.9938352 *)
Arr[ 229 ] := 149.9382216 ; (* Grader 130.0474521 *)
Arr[ 230 ] := 149.9586443 ; (* Grader 130.1006363 *)
Arr[ 231 ] := 149.978903 ; (* Grader 130.1533931 *)
Arr[ 232 ] := 149.9989994 ; (* Grader 130.2057276 *)
Arr[ 233 ] := 150.0189356 ; (* Grader 130.2576448 *)
Arr[ 234 ] := 150.0387135 ; (* Grader 130.3091498 *)
Arr[ 235 ] := 150.058335 ; (* Grader 130.3602473 *)
Arr[ 236 ] := 150.0778019 ; (* Grader 130.4109423 *)
Arr[ 237 ] := 150.097116 ; (* Grader 130.4612395 *)
Arr[ 238 ] := 150.1162791 ; (* Grader 130.5111434 *)
Arr[ 239 ] := 150.135293 ; (* Grader 130.5606588 *)
Arr[ 240 ] := 150.1541594 ; (* Grader 130.6097901 *)
Arr[ 241 ] := 150.17288 ; (* Grader 130.6585418 *)
Arr[ 242 ] := 150.1914566 ; (* Grader 130.7069183 *)
Arr[ 243 ] := 150.2098907 ; (* Grader 130.7549238 *)
Arr[ 244 ] := 150.2281841 ; (* Grader 130.8025627 *)
Arr[ 245 ] := 150.2463382 ; (* Grader 130.8498391 *)
Arr[ 246 ] := 150.2643547 ; (* Grader 130.8967572 *)
Arr[ 247 ] := 150.2822352 ; (* Grader 130.9433209 *)
Arr[ 248 ] := 150.2999812 ; (* Grader 130.9895344 *)
Arr[ 249 ] := 150.3175942 ; (* Grader 131.0354014 *)
Arr[ 250 ] := 150.3350756 ; (* Grader 131.080926 *)
Arr[ 251 ] := 150.352427 ; (* Grader 131.126112 *)
Arr[ 252 ] := 150.3696498 ; (* Grader 131.170963 *)
Arr[ 253 ] := 150.3867454 ; (* Grader 131.2154829 *)
Arr[ 254 ] := 150.4037153 ; (* Grader 131.2596752 *)
Arr[ 255 ] := 150.4205607 ; (* Grader 131.3035436 *)

Startup := TRUE;
END_IF;

```



```

//Programmet støtter ikkje temperatur under 0 grader.
IF Temp < 0 THEN
    Temp := 0;
END_IF
WOhm := 100+(Temp*0.384);

//Søker igjennom array og finner verdien under og over ønska temp
FOR counter:=1 TO 255 BY 1 DO
    SmallestOhm := Arr[counter];
    IF Arr[counter] < WOhm THEN
        SmallestOhm := Arr[counter];
        Smallest := counter;
    ELSIF Arr[counter] > WOhm THEN
        Biggest := counter;
        BiggestOhm := Arr[counter];
        counter:= 999;
    END_IF;
END_FOR;

DeltaSmallest := WOhm - SmallestOhm;
DeltaBiggest := WOhm - BiggestOhm;

//Sjekker kaslags verdi som er nermast.
IF DeltaSmallest <= DeltaBiggest THEN
    Steps:= Smallest;
    Ohm:= SmallestOhm;
ELSE
    Steps:= Biggest;
    Ohm:= BiggestOhm;
END_IF;

WOhmOld := WOhm;

```

°C

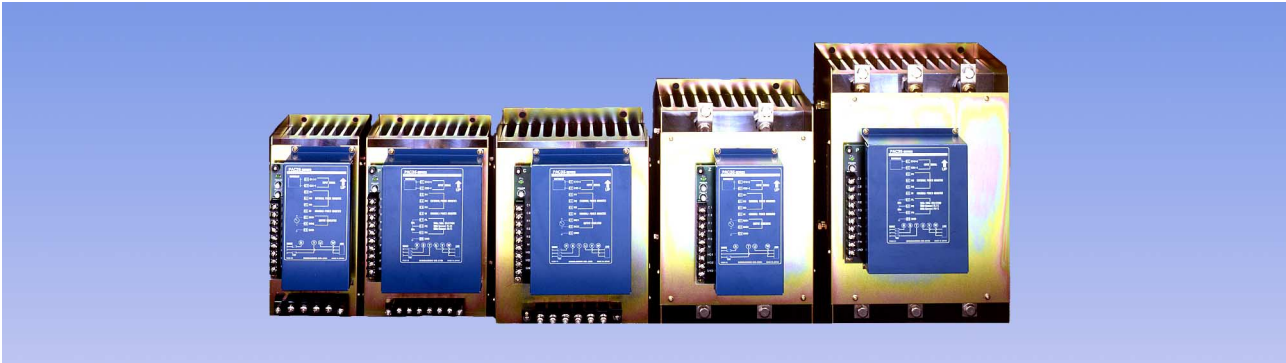
%RH

SHIMADEN

SERIE PAC35

TREFASE EFFEKTREGULATOR

Basisfunksjoner



- ☐ **Fasevinkel eller null-volt-gjennomgangs switching**
- ☐ **Strømkapasitet: 20, 30, 45, 60, 90, 135A**
- ☐ **Spenningsforsyning: 200~240 or 380~440V AC**

SPESIFIKASJON

Spenningsforsyning:	Se ordreinformasjon.
Strømkapasitet:	Se ordreinformasjon.
Regulerings input:	
Strøm:	4~20mA DC/Receiving impedance: 100Ω
Kontakt:	Potensialfri kontakt signal
Tyristorregulering:	Fasevinkel,nullvolt-gjennomgangswitching
Mulige laster:	
Fasevinkel:	Ohmsk last (mulig med primærsidekontroll på transformator)
Nullgjennongangswitching:	Konstant last
Proporsjonal frekvens:	
Fasevinkel:	Ingen
Frekvens basert	
Nullgjennongangswitching:	Ingen
Tidsbasert	
Nullgjennongangswitching:	Ca. 3 sek. (internt justerbar 2~4 sek.)
Reguleringsområde ut:	
Fasevinkel:	0~95% min. avinngangsspenning
Nullgjennongangswitching:	0~95% min. avinngangsspenning
Effektjustering:	
Inngangsstrømtype:	Internt oppsett er standard (Eksternt oppsett er mulig som opsjon)
Kontakt input type:	Eksternt oppsett er standard
SCR Element:	
Fasevinkel:	SCR × 3 og diode × 3 3-fase anti-parallell kobling
Nullgjennongangswitching:	SCR × 2 2-fase anti-parallell kobling
Power-lampe:	Grønn LED
Power frekvens:	50/60Hz
Overstrømsbeskyttelse:	Ingen tilgjengelig (Bruk sikring for halvledere.)
Tyristorelementkjøling:	20~90A (naturlig luft), 135A (vifte kjølet)
Minimum last:	0.5A min.
Operating Ambient	
Temperaturområde:	-10~+50°C
Operating Ambient	
Fuktighet:	90% RH maks.
Isolasjonsmotstand:	20MΩ min. ved 500V DC mellom regulerings-input og strømsforsyningsklemmer 20MΩ min. ved 500V DC mellom strømsforsyningsklemmer og chassis
Dielektrisk styrke:	1 min. ved 1000V AC mellom regulerings-input og strømsforsyningsklemmer 1 min. ved 2000V AC mellom strømsforsyningsklemmer og chassis
Ytre mål	Se side 6.



CSR-A & B SERIES

POWER REGULATOR CHIP

CSR-A/B

X10203

INTRODUCTION

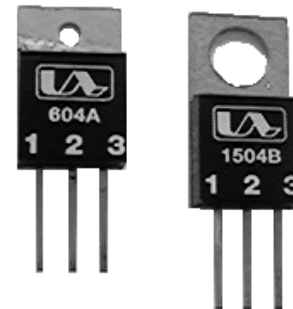
The CSR power regulator chip is a compact and robust unit, which is capable of controlling single-phase mains driven loads of up to 15A. Used in conjunction with variable resistance (potentiometer), the chip gives a fully adjustable output from zero to maximum voltage.

APPLICATIONS

Suitable for conventional resistive heating elements such as ovens, quartz lamps, moulders and dryers. They are also suitable for many inductive loads such as, transformers, fans and motors.

FEATURES

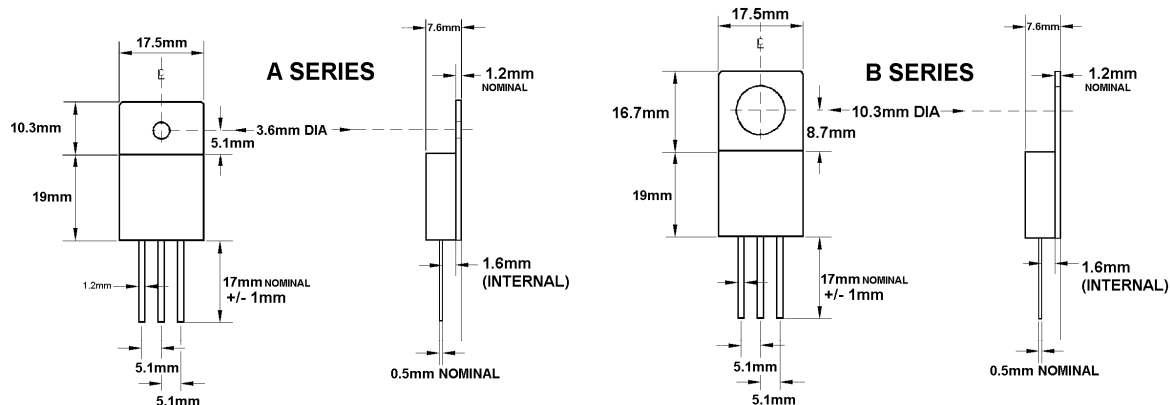
- Available in 6, 10, and 15A ratings.
- Flexibility of mounting.
- Easy installation (three pin connections).
- Isolated tab.
- Low cost.



RoHS Compliant

INSTALLATION

DIMENSIONS



INSTALLATION

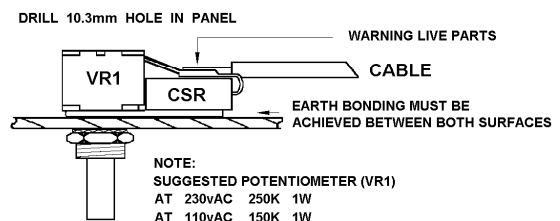
MOUNTING INSTRUCTIONS

"A" VERSION : FASTEN DIRECTLY TO HEATSINK FOR GOOD EARTH BONDING

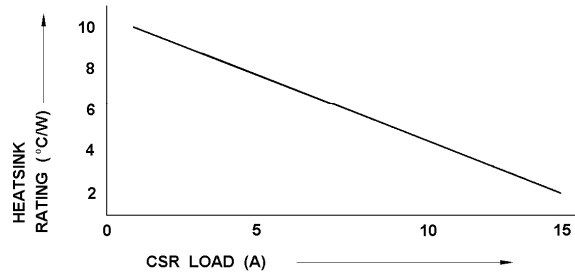
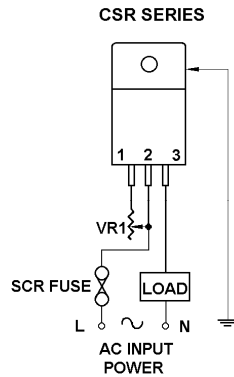
"B" VERSION : ATTACH DIRECTLY TO THE POTENTIOMETER TO THE PANEL (AS EXAMPLE - SIDE ELEVATION).

GENERAL NOTE: WHEN FIXING CSR TO ADDITIONAL HEATSINK, A SMEAR OF HEATSINK COMPOUND SHOULD BE USED BETWEEN THE BONDED SURFACES TO AID THERMAL DISSIPATION

NOTE: HEATSINK MUST BE EARTHED



INSTALLATION



SPECIFICATIONS

1504B

rms max. on state current
Peak one cycle surge current
Maximum off leakage current

Minimum holding load current

rms input voltage +/- 10% @ 50/60 Hz

Repetitive peak voltage

Total conduction phase angle (typical)

Controlled phase angle (typical)

UNIT	CSR	CSR 604A	CSR 604B	CSR 1004A	CSR 1004B	CSR 1504A
A	6	6	10	10	15	15
A	100	100	120	120	150	150
MA	-----	-----	2	-----	-----	-----
MA	-----	-----	30	-----	-----	-----
V	-----	-----	110/230	-----	-----	-----
V	-----	-----	400	-----	-----	-----
Degrees	-----	-----	0 to 160°	-----	-----	-----
Degrees	-----	-----	30 to 160°	-----	-----	-----

FUSING

It is recommended that semiconductor, fast acting type fuses or circuit breakers (Semiconductor-MCB) be used for protection. On initial operation some loads may need an increased Factor of Safety (F of S) for unit and/or device protection. See SRA datasheet for further information.

CE MARKING

This family carries a "CE" marking. These phase angle controllers need a suitable remote filter. For more information see recommendations section and contact our sales desk. See Declaration of Conformity.

RECOMMENDATIONS

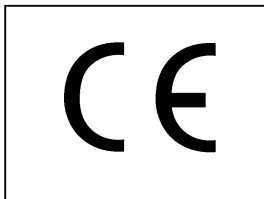
Other documents available on request, which may be appropriate for your application: -

CODE	IDENTITY	DESCRIPTION
X10229	RFI	Single Phase Filter recommendations: Addressing EMC Directive
X10213	ITA	Interaction: Uses for phase angle and for burst fire control.
X10255	SRA	Safety requirements: Addressing the Low Voltage Directive (LVD) including, Thermal data/cooling, Live parts warning, Earth requirements and fusing recommendations.
P01.1	COS	UAL Conditions of sale.

NOTE: It is recommended that installation and maintenance of this equipment should be done with reference to the current edition of the I.E.T. (formerly I.E.E.) regulations (BS7671) by suitably qualified/trained personnel. The regulations contain important requirements regarding installation and safety of electrical equipment. Specific installers should refer to local and national regulations.

ORDER CODE:

State part number: CSR 'A' OR 'B' + (load rating) and (supply voltage)
Optional extras include: knob, dial, heatsink compound.



UNITED AUTOMATION LIMITED

Southport Business Park
Wight Moss Way
Southport, PR8 4HQ
ENGLAND

Tel: 0044 (0) 1704 – 516500
Fax: 0044 (0) 1704 – 516501
enquiries@united-automation.com
www.united-automation.com

Page No. 2 of 2

Issue 3

Date 31/07/12



Remote voltage program board 0-10 Vd.c.

This option provides control voltage by an electronic board having an input signal from a PLC 0-10 Vdc and supplying an output signal (go-stop) to a gear motor of variac.

As input signal changes from zero up to 10V output voltage, i.e. voltage supplied by variac changes from zero to maximum rated voltage.

Output voltage is directly proportional to output signal, i.e. if signal is 5 V output voltage will be just half of maximum voltage. Output voltage can be controlled also by a potentiometer (remote control).

Rating and distinctives features

- Suitable for motor 24 Vdc
- Input control voltage 0-10 Vdc
- Supply voltage 220 Va.c.
- Regulation directly proportional
- Output voltage stability $\pm 1,5\%$ (Whether for load change 0-100% or supply mains change $\pm 10\%$)

STANDARD KIT CODE NR. RVP 570

- *Electronic printed board with*
Supply mains 220/24 Vdc Input/output terminal board
All components secured to aluminium plate of variac.



Fig. 28 - Single phase V70NA/M Motor Driven Autotransformer with voltage program board 0-10 Vdc

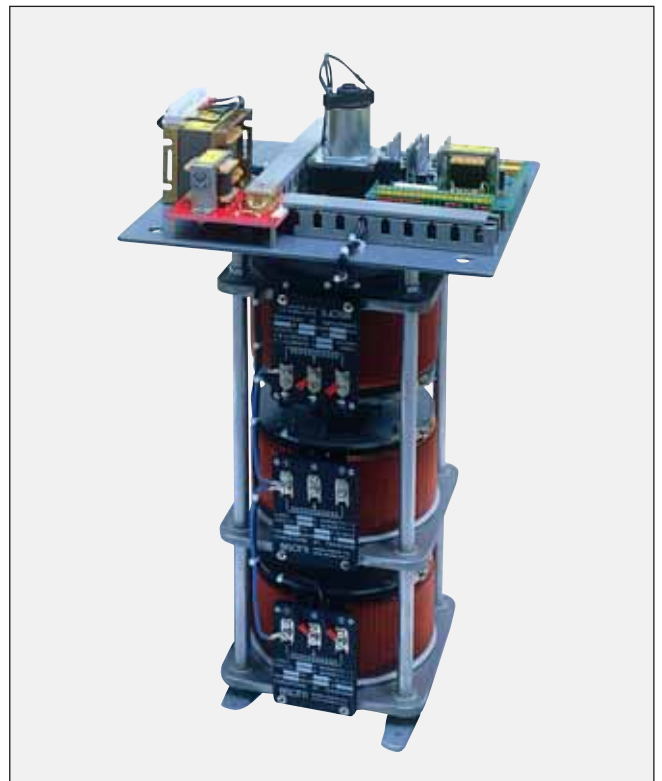


Fig. 29 - Three phase T20NA/M Motor Driven Autotransformer with voltage program board 0-10 Vdc

Motor driven variable autotransformers (dimensions and weights)

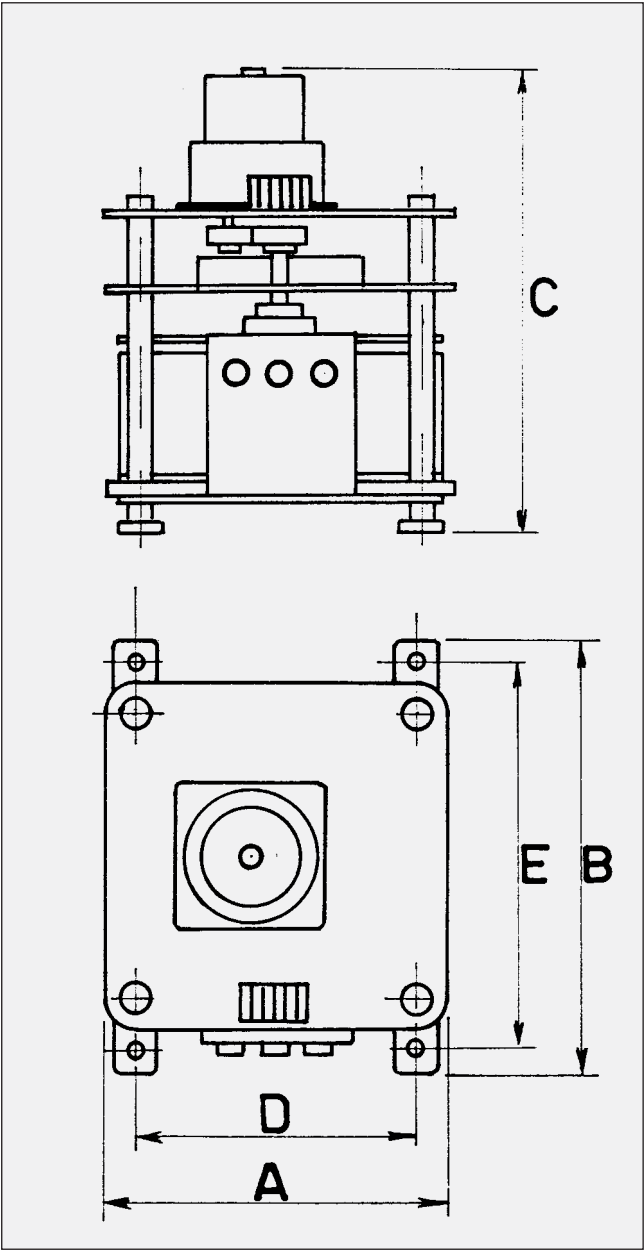


Fig. 30

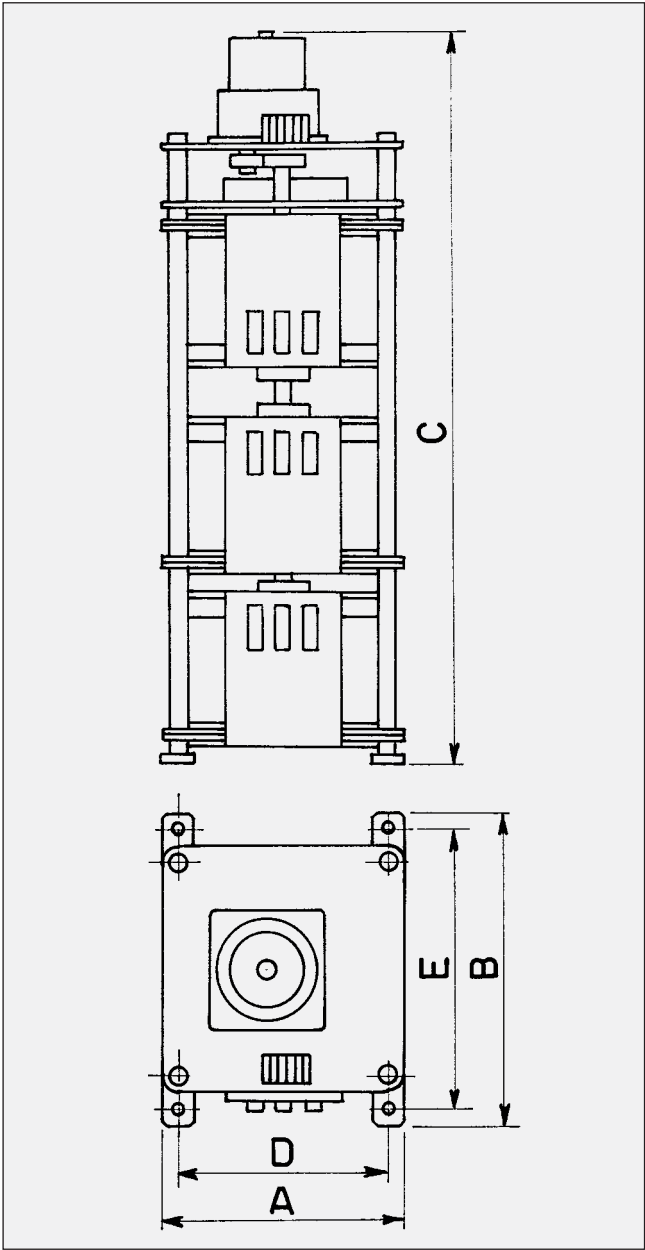


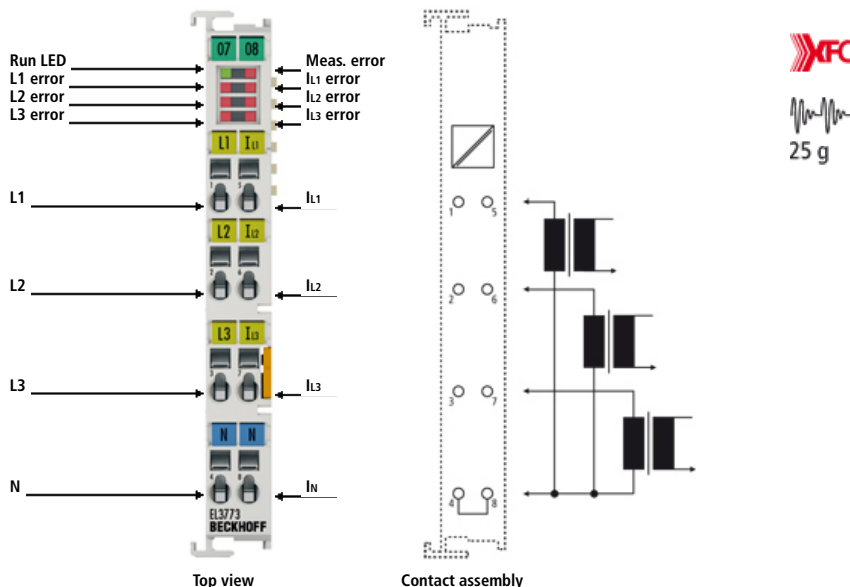
Fig. 31

Single phase

Type	Dimensions mm					Weight Kg
	A	B	C	D	E	
V 3 NA - M	160	180	260	85	160	5,8
V 5 NA - M	160	180	270	100	160	7
V 10 NA - M	160	210	300	133	186	11
V 20 NA - M	200	250	300	158	226	17
V 40 NA - M	230	280	300	188	256	23
V 70 NA - M	330	380	320	273	356	40

Three phase

Type	Dimensions mm					Weight Kg
	A	B	C	D	E	
T 3 NA/3 - M	160	180	500	85	160	12
T 5 NA/3 - M	160	180	530	100	160	16
T 10 NA/3 - M	160	210	570	133	186	27
T 20 NA/3 - M	200	250	605	158	226	44
T 40 NA/3 - M	230	280	620	188	256	56
T 70 NA/3 - M	330	380	730	273	356	114



EL3773 | Power monitoring oversampling terminal



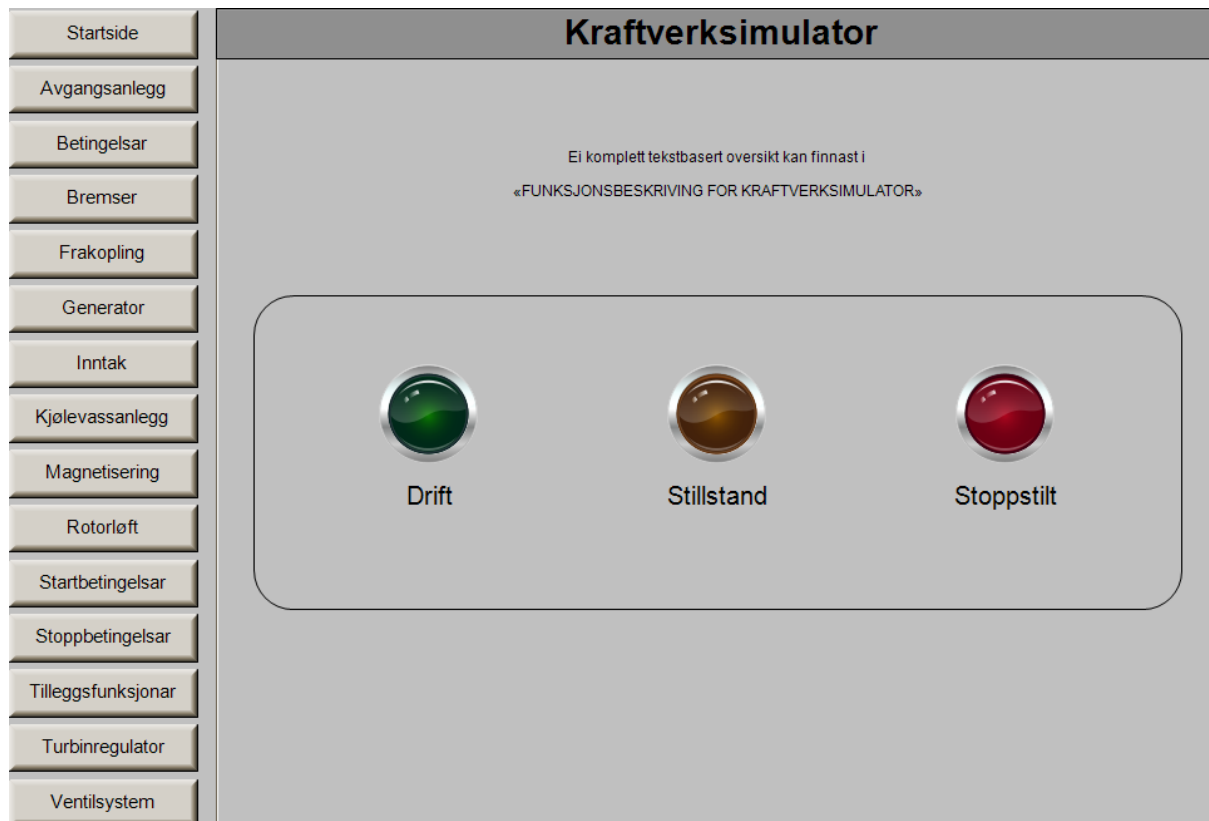
The EtherCAT Terminal EL3773 is a power monitoring terminal for state monitoring of a 3-phase AC voltage system. For each phase voltages up to 288 V_{eff}/410 V DC and currents up to 1 A_{eff}/1.5 A DC are sampled as instantaneous values with a resolution of 16 bits. The six channels are measured simultaneously based on the EtherCAT oversampling principle with a temporal resolution of up to 100 µs and passed on to the control system. The control system has sufficient computing power for true RMS or performance calculation and complex custom algorithms based on the measured voltages and currents. Through the oversampling principle the

terminal is able to measure at significantly shorter intervals than the cycle time of the control system. AC and DC parameters must be connected and measured with a common reference potential. The EL3773 supports distributed clocks and can therefore measure synchronous with other EtherCAT devices.

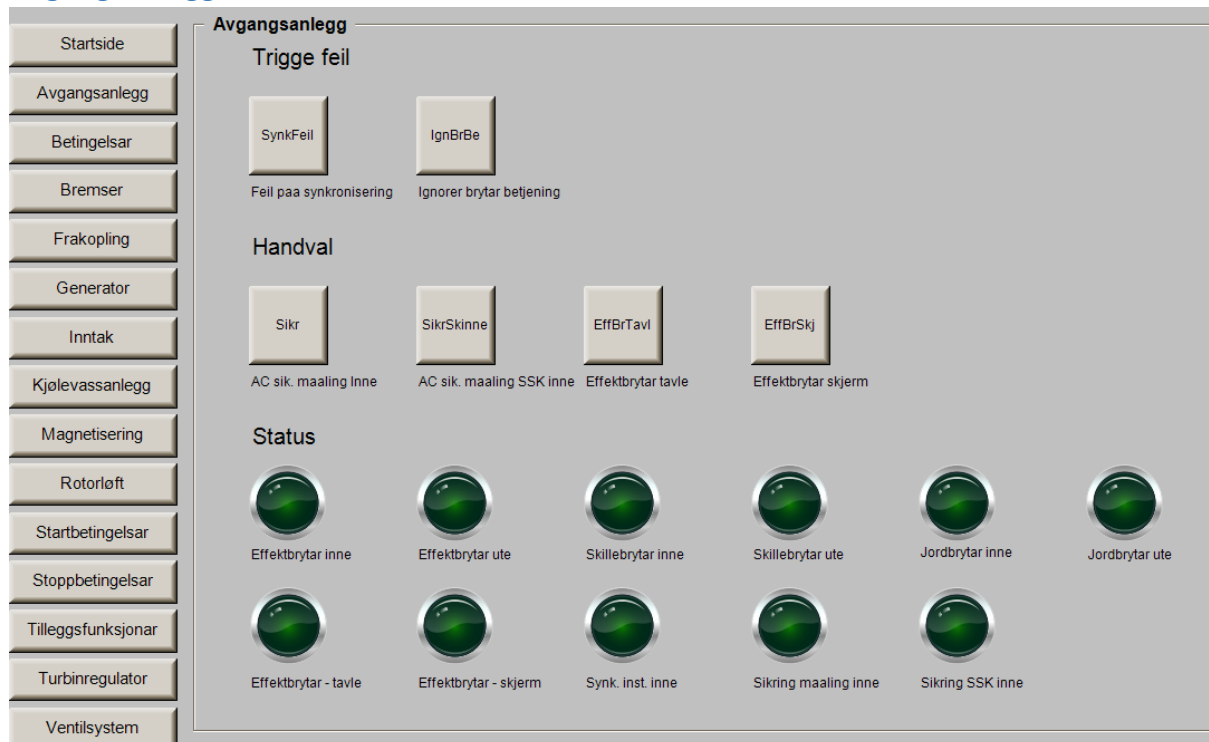
Technical data	EL3773
Number of inputs	3 x current, 3 x voltage
Technology	3-phase power monitoring for alternating/direct voltages
Oversampling factor	n = 1...100 selectable
Distributed clocks	yes
Conversion time	min. 100 µs, all channels simultaneously
Measured values	current (I1, I2, I3), voltage as instantaneous values (oversampling)
Measuring voltage	max. 500 V AC 3~ (ULx-N: max. 288 V AC), max. 410 V DC
Measuring current	max. 1 A (AC)/1.5 A (DC), via measuring transformers x A AC/1 A AC
Resolution	16 bit (incl. sign)
Measuring error	0.5 % relative to full scale value
Electrical isolation	2500 V
Current consumption power contacts	–
Current consumption E-bus	200 mA
Special features	oversampling, AC/DC measurement, single-phase operation also possible, adjustable hardware filters
Weight	approx. 75 g
Operating/storage temperature	0...+55 °C/-25...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Approvals	CE, UL

HMI

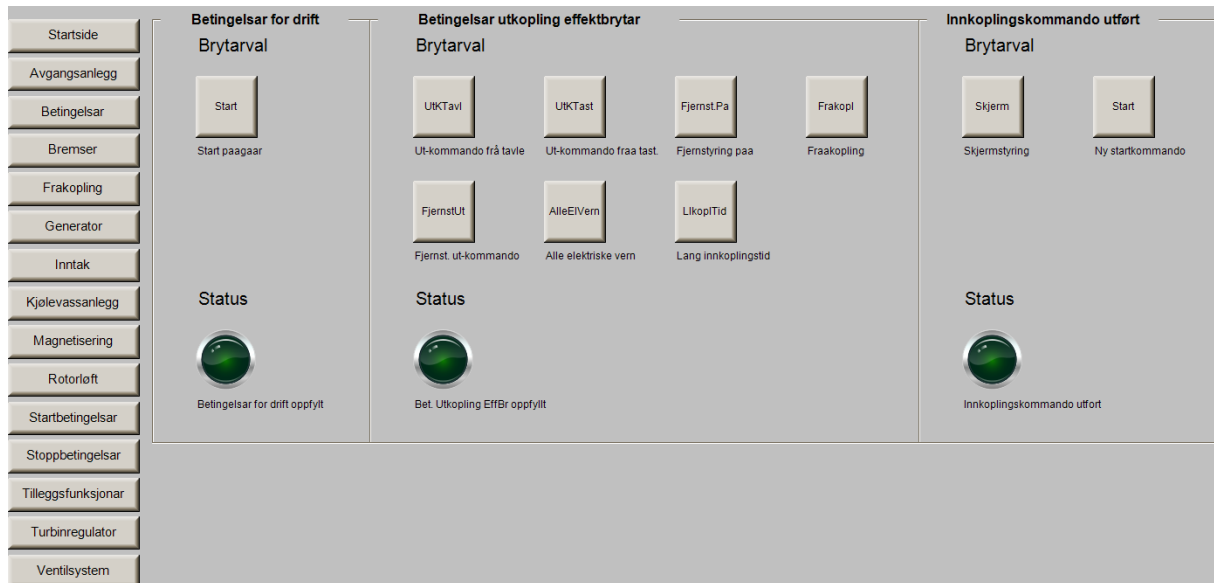
Startside



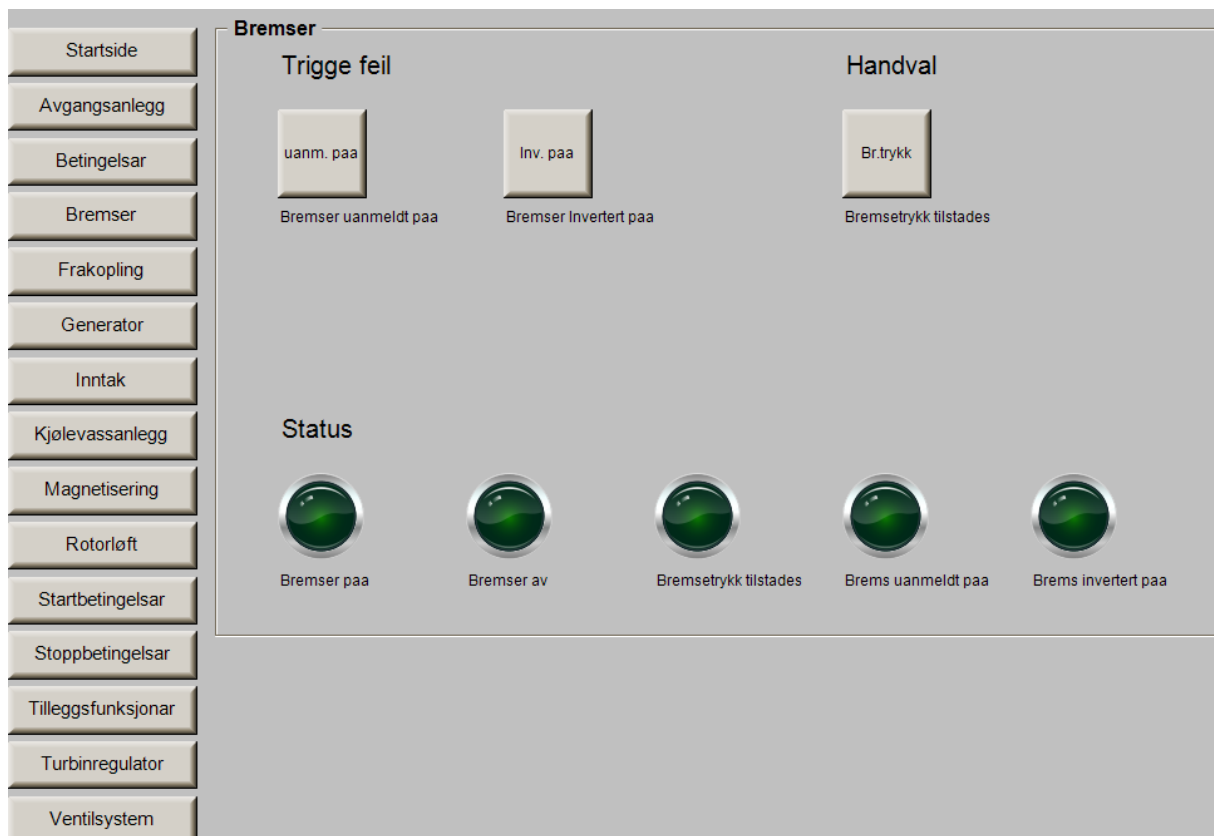
Avgangsanlegg



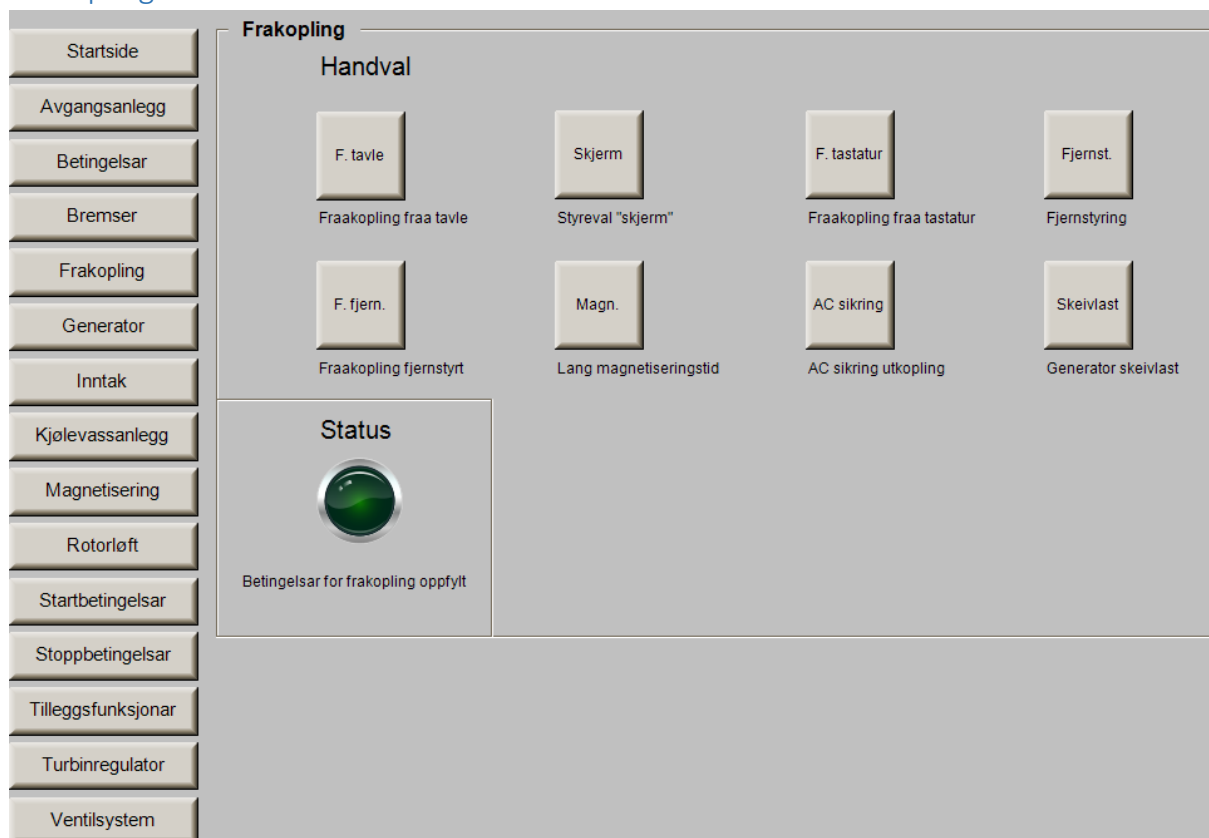
Betingelsar



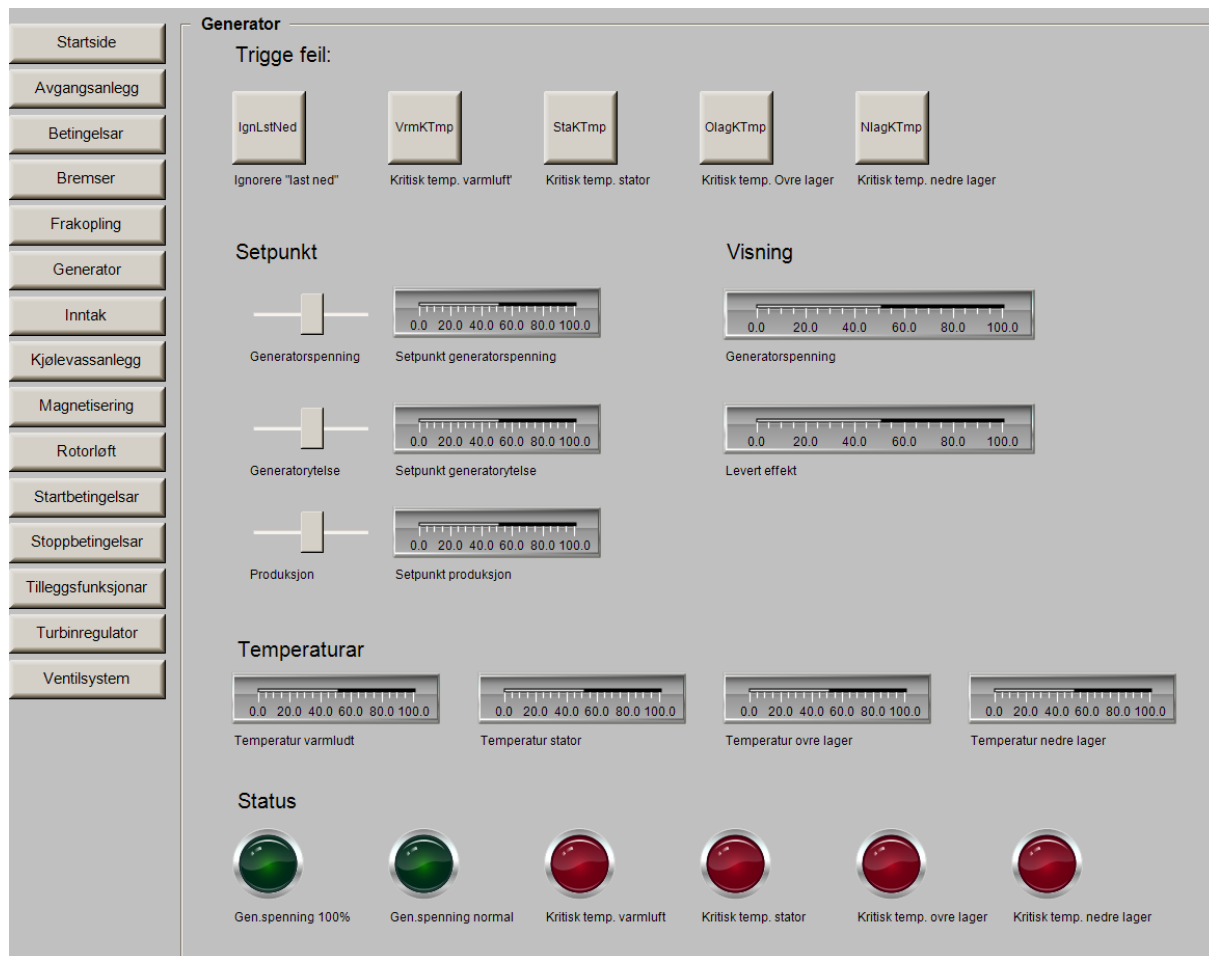
Bremsar



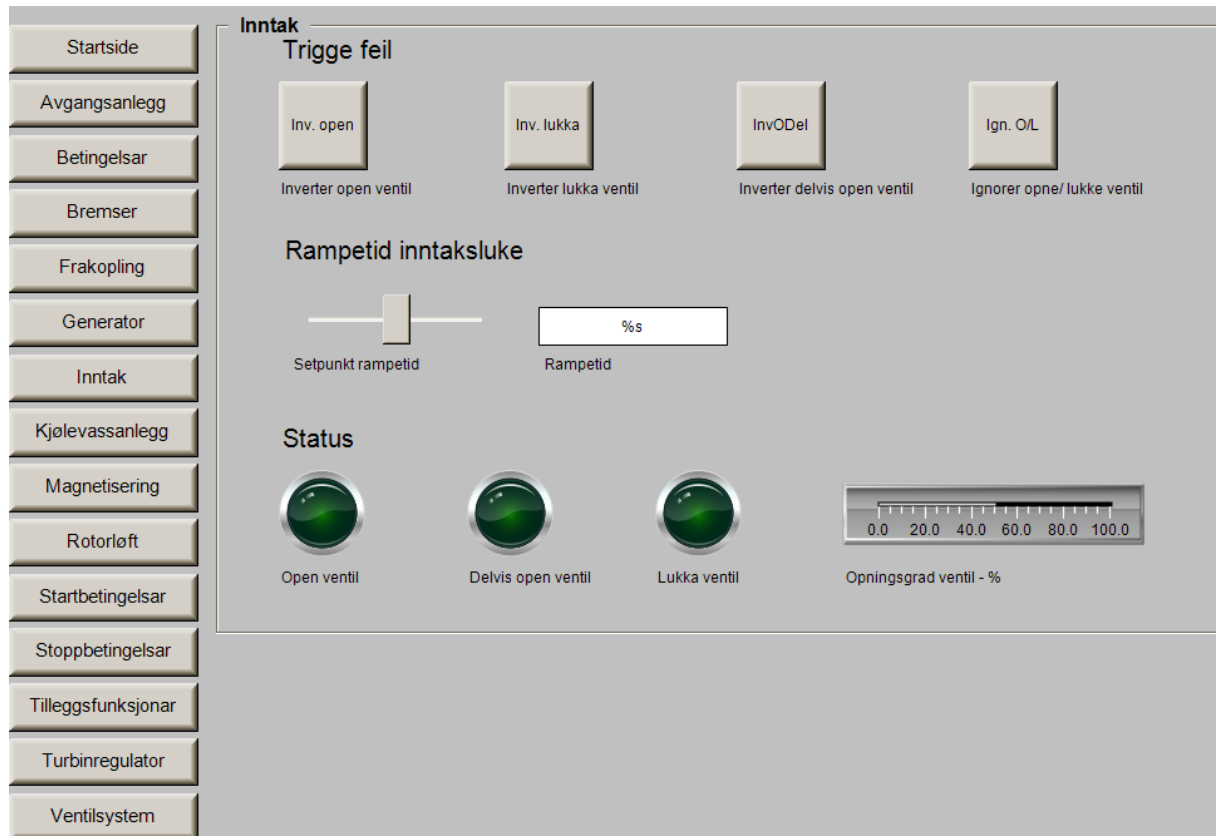
Frakopling



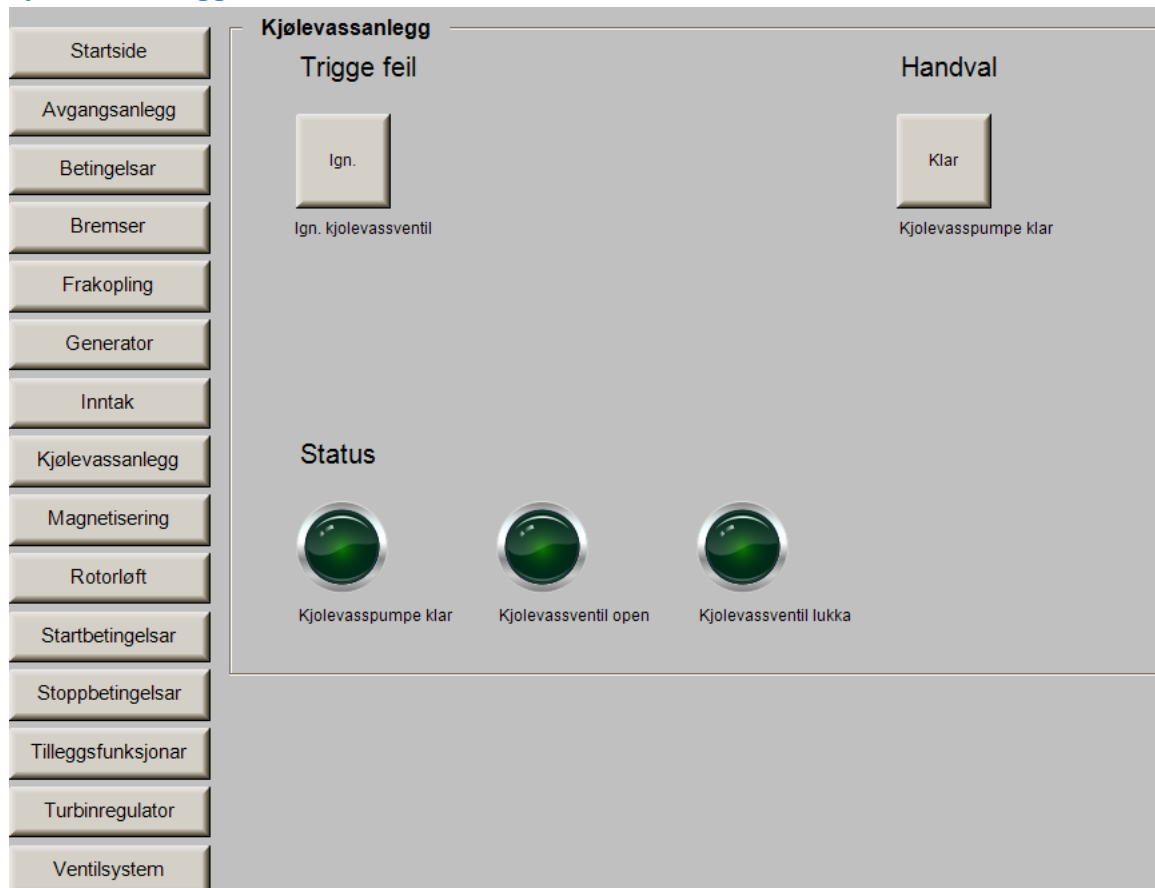
Generator



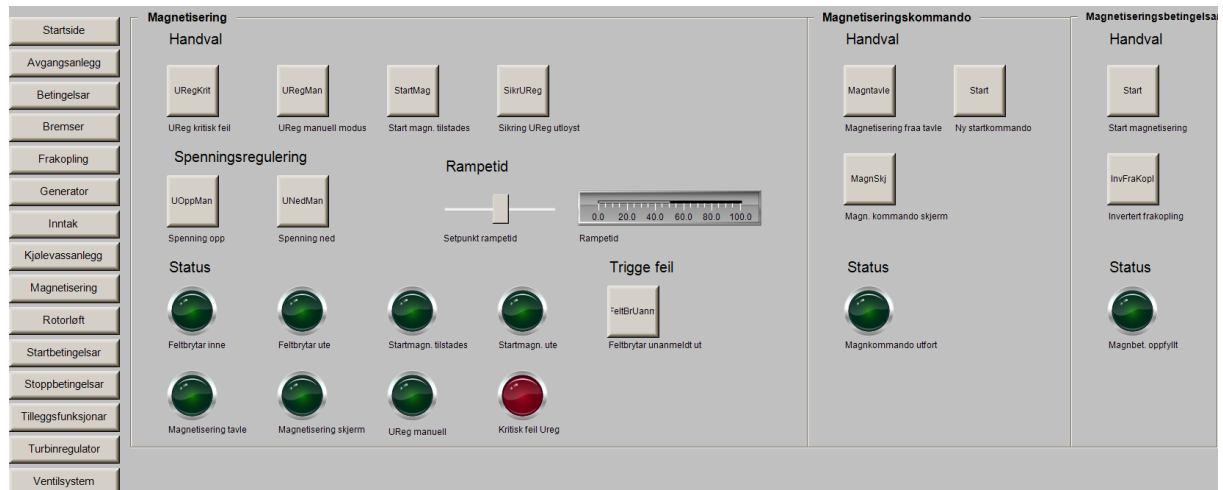
Inntak



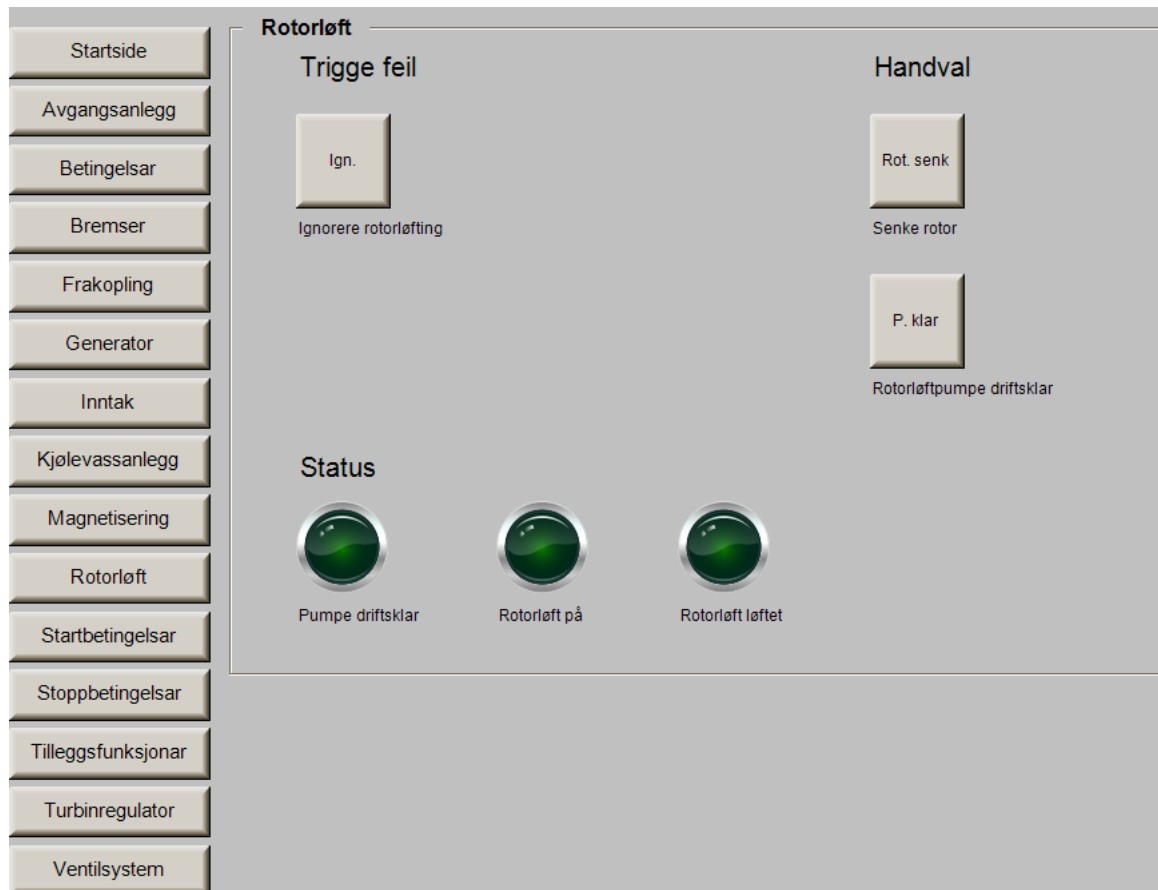
Kjølevassanlegg



Magnetisering



Rotorløft



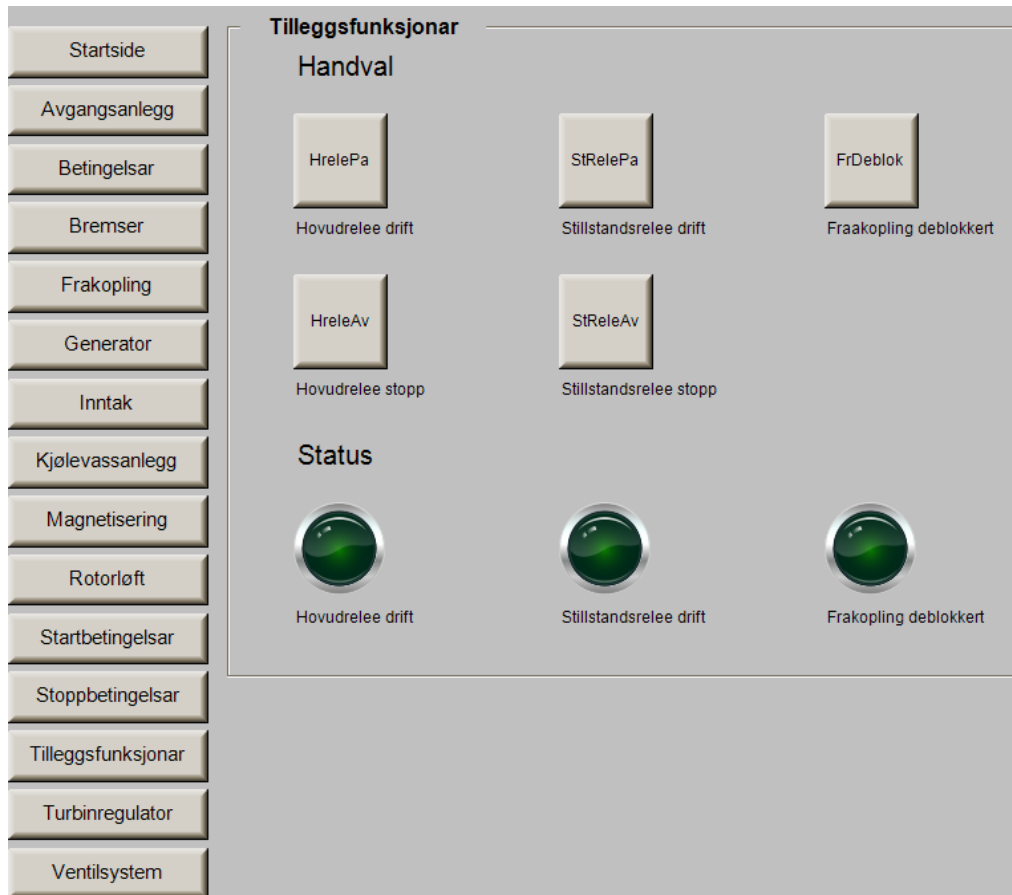
Startbetingelsar

Startside Avgangsarlegg Betingelsar Bremsar Frakopling Generator Inntak Kjølevassanlegg Magnetisering Rotorløft Startbetingelsar Stoppbetingelsar Tilleggsfunksjonar Turbinregulator Ventilsystem	Faste startbetingelsar Handval Man AggStSlr NodSKlar Startval hand Agg. styrestrum normal Nodstyring driftklar KompKlar LensPKlar Kompressor klar Lensepumpe klar Status Faste startbet. oppfylt			Variable startbetingelsar Handval FraStt Frakopling stoppstilt Status Variable startbet. oppfylt		Tomgang u/spenning Handval STouSpg Startval - tomgang u/spenning Status Startbet. tomgang u/spenning	Tomgang m/spenning Handval STomSpg Startval - tomgang m/spenning Status Startbet. tomgang m/spenning	Start til drift Handval StvalDrift Startval - drift Status Bet. start til drift oppfylt
---	--	--	--	--	--	--	--	---

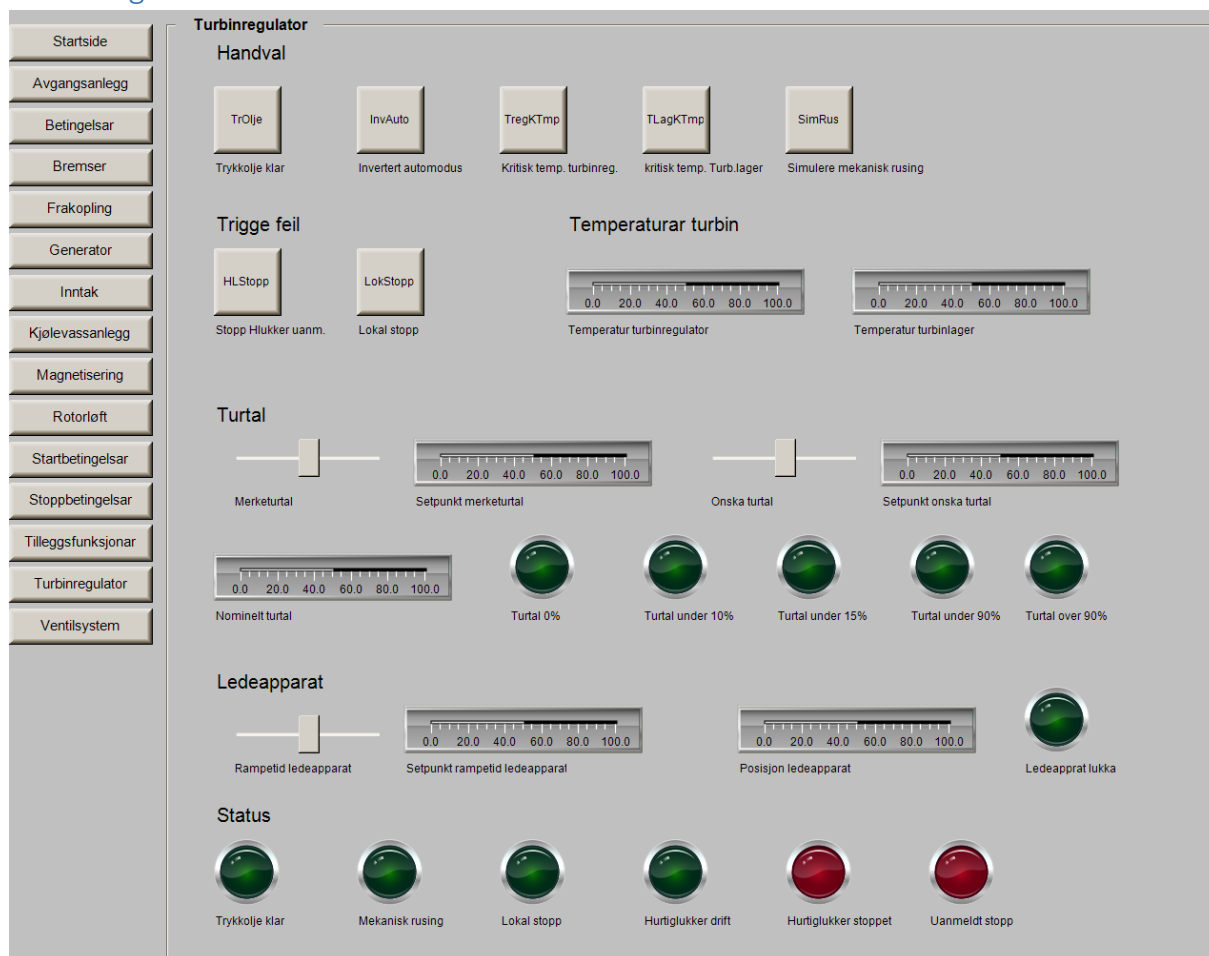
Stoppbetingelsar

Startside Avgangsarlegg Betingelsar Bremsar Frakopling Generator Inntak Kjølevassanlegg Magnetisering Rotorløft Startbetingelsar Stoppbetingelsar Tilleggsfunksjonar Turbinregulator Ventilsystem	Stoppbetingelsar Handval NodStUtl GenBrann Nodstyring utoyst Generatorbrann GenStFeil GenRotFeil Genetator statorjordfeil Generator rotorjordfeil Status Stoppbetingelsar oppfylt		Nodstoppbetingelsar Handval BKritTemp Berelager kritisk temp. Status Nodstoppbet. oppfylt	Betingelsar nodstyring Handval NodStDrift BattUMa SISrMa NodStLok Nodstyring drift Batterispenning manglar Styrestrom utoyst Nodstyring lokal LStopp LHStopp LNSStopp LUkopl Lang stopptid Lang hurtigstopptid Lang nodstopptid Lang utkoplingstid Status Bet. nodstyring oppfylt LFrakopl DataFeil KritFeil Lang frakoplingstid Datamaskfeil Kritisk feil			
---	---	--	---	--	--	--	--

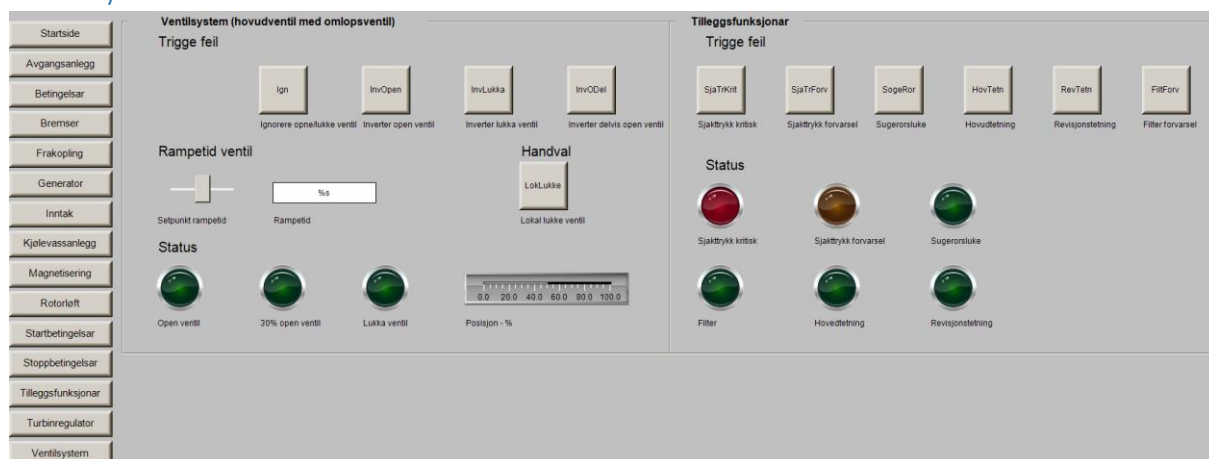
Tilleggsfunksjonar



Turbinregulator



Ventilsystem



Testrapport ventilsystem

Ekstern testar: Johannes Mager, JM

Logikk

Ved «Opne» signal vil «OmVent» opne. «TrommeTrykk» vil da bli høg. Deretter vil ventilen rampe opp og gi «Open30» og «Open». Ved «LokalLukke» vil ventilen lukke samtidig som den gjev ut «UanmLukk». «Lukke» signal er prioritert over «Opne» signal.

Logikk	Fungerer/fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

HMI

Visning: Posisjon i %	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign <i>J.M</i>
Kommentar		

Setpunkt: Rampetid til ventil	Fungerer/fungerer ikke	Sign <i>J.M</i>
Kommentar		

Indikasjon: Open	Fungerer/fungerer ikke	Sign J. N
Kommentar		

Indikasjon: Lukka	Fungerer/fungerer ikke	Sign <i>J.M</i>
Kommentar		

Indikasjon: 30% open	Fungerer/fungerer ikke	Sign J. N
Kommentar		

Indikasjon: Trommetrykk	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign <i>J.M</i>
Kommentar 		

Brytar: Ignorer Opne / Lukke	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Inventer Open	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Inventer Lukka	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Inventer OpenDel	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Knapp: Lokal lukke	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Sjakttrykk kritisk Indikasjon: Sjakttrykk kritisk	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Sjakttrykk forvarsel Indikasjon: Sjakttrykk forvarsel	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Sugerørsluke Indikasjon: Sugerørsluke	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

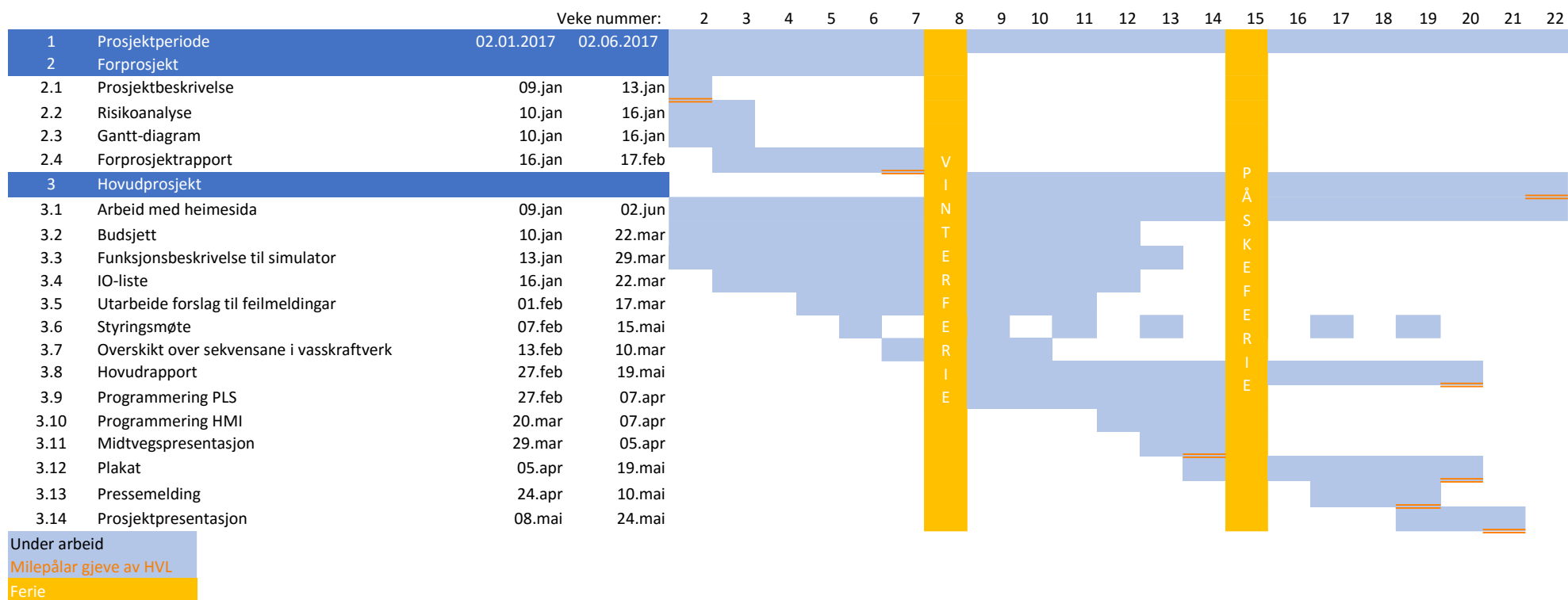
Brytar: Filter Indikasjon: Filter	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign J.M
Kommentar		

Brytar: Hovudtetning	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign	J.M
Indikasjon: Hovudtetning			
Kommentar			

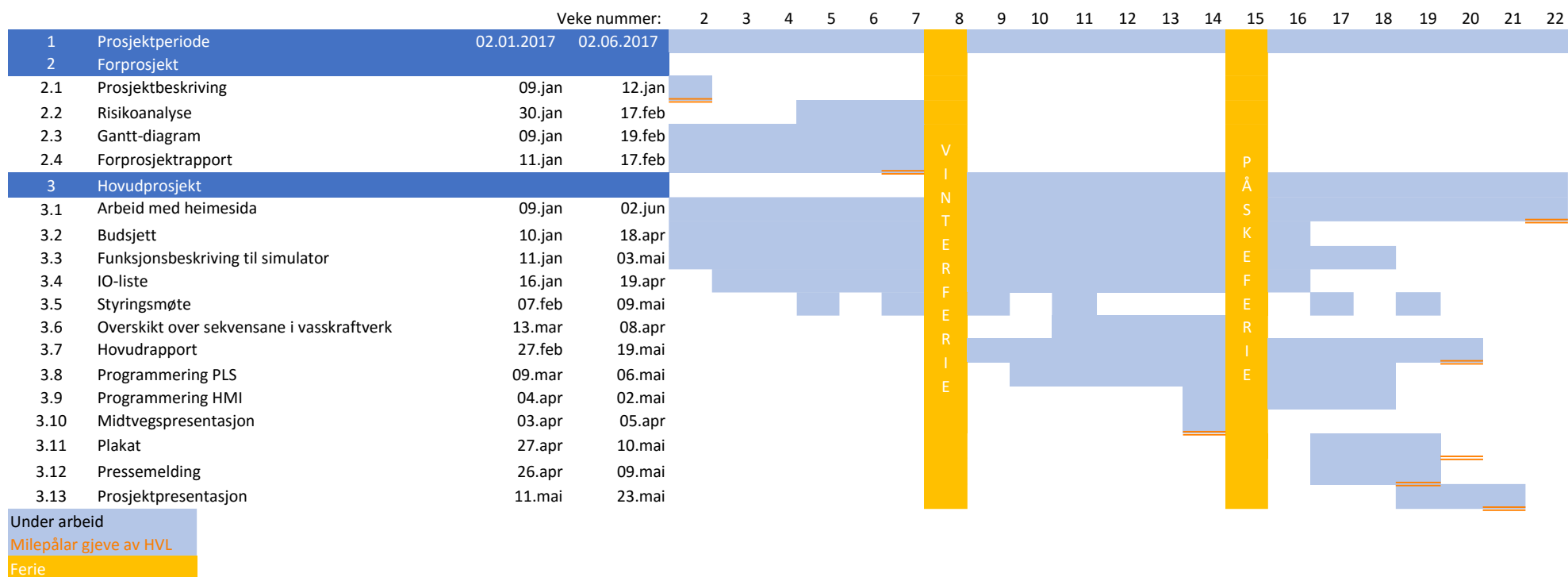
Brytar: Revisjonstetning	<u>Fungerer</u> /fungerer ikke	Sign	J.M
Indikasjon: Revisjonstetning			
Kommentar			

Andre kommentarar	Nei
Kommentar	

GANTT før



GANTT etter



Milepålar

Dato	Milepål
02.01.2017	Prosjektstart
13.01.2017	Innlevering av prosjektbeskriving
17.02.2017	Innlevering av forprosjektrapport. Nettside oppretta
10.03.2017	Oversikt over sekvensane i kraftverket
17.03.2017	Forslag til feilmeldingar ferdig
22.03.2017	IO-liste ferdig
22.03.2017	Budsjett
29.03.2017	Funksjonsbeskriving ferdig
05.04.2017	Midtvegspresentasjon
28.04.2017	Programmering av PLS og HMI ferdig
10.05.2017	Pressemelding klar
19.05.2017	Innlevering av sluttrapport
19.05.2017	Plakat klar og hengt opp
23.05.2017	Presentasjon
02.06.2017	Nettsida ferdigstilt. Opprydding ferdig.

Møteplan

Dato	Tidspunkt	Agenda	Kven
16.jan	12:30	Orientering for oppstart	Prosjektgruppa + Kjell Johnny Kvamme
07.feb	14:30	Oppstartsmøte styringsgruppa	Styringsgruppa
15.feb	10:00	Fastsetting av rammer	Prosjektgruppa + Kjell Johnny Kvamme og Nils Westerheim
28.feb	14:30	Gjennomgang av levert forprosjektrapport	Styringsgruppa
14.mar	14:30	Status på framgang og plan vidare	Styringsgruppa
28.mar	14:30	Status og gjennomgang før midtvegspresentasjon	Styringsgruppa
11.apr	14:30	Status på framgang og plan vidare	Styringsgruppa
25.apr	14:30	Status på framgang og plan vidare	Styringsgruppa
09.mai	14:30	Drøfting/justering av rapport, gjennomgang av plakat	Styringsgruppa
23.mai	12:00	Prosjektpresentasjon	Dei som ønskjer

Innkalling til oppstartsmøte for hovudoppgåve

Dato: Måndag - 16.01.17

Stad: Sunnfjord Energi - Energihuset

Tid: kl. 12.30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Asle Ness, Atle Rauset, Rakel Ullebust, Stig Heggheim.

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Dokumentasjon frå Voith
- 3) Omicron
 - Eigen koffert for Omicron?
 - Val av utstyr
- 4) PT100 element
- 5) Komponentar
 - Overlevering av PLS
 - Øvrig materiell
- 6) Testtrigg/ koffert
 - Kvalifikasjonar, pris, storleik
- 7) Kostnadar
 - Kva vert dekkja av Sunnfjord Energi?
- 8) Plan for vidare arbeid
- 9) Eventuelt

Med venleg helsing

Asle Ness, Atle Rauset, Rakel Ullebust, Stig Heggheim.

Møte 16.01.17

Stad: Sunnfjord Energi – Energihuset

Tid: kl.12.30-13.30

Desse møtte: Kjell Johnny Kvamme, Stig Heggheim, Atle Rauset, Asle Ness og Rakel Ullebust

Sak 1:

Sakliste godkjent, og Rakel valt til referent.

Sak 2:

Sunnfjord Energi har fått noko dokumentasjon frå Voith, men ikkje alt. Reknar med alt er komen slutten av januar eller starten av februar.

Sak 3:

Vi kom fram til at det vil vere ideelt å ha Omicron i eigen koffert slik at den kan brukast i andre oppdrag også. Transporten vil då bli enklare.

Vi har sett på andre alternativ til Omicron. Vi skal sjå meir på utstyr frå ABB.

Sak 4:

Det hastar med å finne ut kva komponentar vi skal nytte, ettersom vi snart må bestille desse.

Sak 5:

Sunnfjord Energi sin PLS vil vere opptatt fram til april, og mogelegeins lenger. Vi må difor bruke det vi har på skulen. HMI-skjermen kan vi få før.

Sak 6:

Det er planlagt at vi skal ha simulatoren i ein koffert. Kofferten må vere godkjent for fly og vere enkel å transportere.

Sak 7:

Vi må sette opp eit budsjett raskast mogleg. Dette skal då sendast til Kjell Johnny.

Sak 8:

Vi vil prioritere å lage budsjett, finne komponentar, lage forprosjektsrapport og funksjonsbeskrivelse.

Sak 9:

Alt som skal leggst ut av dokument på heimesida skal sendast til Kjell Johnny for godkjenning.

Kjell Johnny skal undersøke om han har ein funksjonsbeskrivelse som kan vere nytting å lese i forhold til å finne feilmeldingar til komponentar i kraftverk.

Vi har laga gantt-diagram, men vil gjere den meir detaljert ved å legge inn frist for når ulike oppgåver skal vere utført.

Innkalling til oppstartsmøte for styringsgruppa til bachelor oppgave

Dato: Tysdag - 07.02.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, Campus Førde – Grupperom «Astrup»

Tid: kl. 14.30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Johannes Møgster og Asle Ness.

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Val av møtetider
 - Forslag: Annakvar måndag kl. 12:30
- 3) Avgrensing av produkt
- 4) Milepålar
 - Formelle milepålar
 - Tekniske milepålar
- 5) Forslag til rapportering
 - Oppdatering pr. e-post
 - Framdrift på nettside

Med venleg helsing

Asle Ness

Prosjektleiar

Styringsmøte 07.02.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, campus Førde – Grupperom «Astrup»

Tidspunkt: 14:30-15:15

Desse deltok: Kjell Johnny Kvamme, Johannes Møgster, Joar Sande og Asle Ness

Sak 1:

Sakliste godkjent. Asle valt til referent

Sak 2:

Asle kom med forslag til møteplan. Korrigert til fast tidspunkt, annakvar tysdag klokka 14:30. Kjell Johnny vil nytte Skype til å delta på møte under mindre omfattande møter.

Sak 3:

Kjell Johnny ynskjer at prosjektgruppa skal ta ein siste gjennomgang av Omicron for vurdere om kommunikasjon med PLS lar seg ordne.

Dette må gå i boks for at Sunnfjord Energi ynskjer å bygge simulatoren. Dersom omicron ikkje kan nyttast skal gruppa utarbeide eit forslag til utføring som inkludert programmering.

Dokumentasjon: Materialliste, funksjonsbeskrivelse, kopleingsskjema, skisse, IO liste og rekkjeklemmeliste.

Funksjonar simulator:

Inntaksluke, hovudventil, hydraulikkoljeanlegg.

Kaplan, francis og peltonturbin med sine særtrekk (nåler, deflektor, ledeapparat og vridbare løpehjul).

Temperatur i vikling og lager på generator, og turtal.

Generator skal levere 110V AC 0-5A (straumtrafo), og 110V 3-fase AC og 50Hz (spenningstrafo) der ein skal kunne justere spenning og frekvens.

PLS-en må kunne lese ei DC spenning/straum på ca. 0-300V/0-5A. Er fortsatt litt uspesifisert.

Sak 4:

Milepålar var greie ved eventuell bygging av simulator. Dersom det blir endra til at det ikkje skal bli bygd simulator, må milepålane justerast slik at gruppa kan bruke meir tid på for eksempel programmering.

Sak 5:

Prosjektleder skal sende mail kvar torsdag ved oppdatering av framdrift på nettside. Styringsgruppa vil bli lagt til på Onedrive slik at dei kan følgje med på dokumentasjonen som ikkje ligg på nett.

Møteinnkalling

Dato: Onsdag 15.02.17

Stad: HVL Førde - Møterom Gaula/ Skype

Tid: kl. 10.00

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Nils Westerheim, Asle Ness, Atle Rauset, Rakel Ullebust og Stig Heggheim.

Sakliste:

1. Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
2. Omicron-undersøkingar
3. Definerings av rammer for hovudprosjekt
4. Plan for vidare arbeid
5. Ymse

Venleg helsing

Asle Ness, Atle Rauset, Rakel Ullebust og Stig Heggheim.

Møtereferat 15.02.17

Stad: Høgskulen på vestlandet, campus Førde – Møterom «Gaula»/Skype

Tid: kl. 10.00 - 10.45

Desse deltok: Kjell Johnny Kvamme, Nils Westerheim, Stig Heggheim, Asle Ness, Atle Rauset og Rakel Ullebust

Sak 1:

Sakliste godkjent. Rakel valt til referent.

Sak 2:

Atle informerte om det han har funne ut om Omicron. Det ser ut til at vi kan nytte Omicron, men det er dyrt å kjøpe inn. Det blei avtalt at Nils skal ringe Siemens Norge og høyre om det er mogeleg å få låne utstyr sidan dette er eit studentprosjekt. Vi diskuterte også om det kan vere ein mogelegheit å låne Omicron med SFE.

Sak 3:

Vi diskuterte rammene til prosjektet. Vi blei einige om at vi skal avgreinse oss til eit bestemt kraftverk. Nils vil prøve å finne eit enkelt/lite kraftverk til oss. Grunna manglande dokumentasjon frå leverandørar er det usikkert kva kraftverk vi skal ta utgangspunkt i. Dette må undersøkast litt meir av Nils. Dersom det ikkje eksistere funksjonsbeskrivelse, vil vi ta eit møte der vi går igjennom det bestemte kraftverket ilag med Nils.

Sak 4:

Prosjektgruppa skal prioritere å gjere seg ferdig med forprosjektrapporten ettersom fristen for denne er på fredag 17.02. Nils skal kontakte Siemens Noreg som sel Omicron. I tillegg skal ha sjå om han finn eit passende vasskraftverk som vi kan ta utgangspunkt i.

Innkalling til styringsmøte for hovudoppgåve – «Kraftverksimulator»

Dato: Tysdag - 28.02.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, Campus Førde – Grupperom «Astrup» /Skype

Tid: kl. 14.30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Johannes Møgster, Nils Westerheim og Asle Ness

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Gjennomgang av Forprosjektsrapport
 - Godkjenning før publisering på nettside

Med venleg helsing

Asle Ness

Prosjektleiar

Styringsmøte 28.02.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, campus Førde – Grupperom «Astrup» / Skype
Tidspunkt: 14:30-15:00

Desse deltok: Kjell Johnny Kvamme, Johannes Møgster, Nils Westerheim og Asle Ness.

Sak 1:

Sakliste godkjent. Kort samandrag frå perioden sidan sist møte, orientering om plan vidare. Asle valt til referent

Sak 2:

Forprosjektsrapporten blei godkjend for publisering på nettside. Kommentar til organisasjonskart for forbedring til hovudrapport. Det blei informert om at studentprisar på Siemensutstyr ikkje skulle bli publisert offentleg.

Tillegg:

- Kraftverk som vi skal ta utgangspunkt i blir «Hove kraftverk» i Vik. Nils skal purre på Siemens, i forbindelse med moglegheit for lån av Omicronutstyr.
- Ein skal legge inn i alle dei komande møta som «Skype-møte» for at desse tidleg skal få ein plass i kalendaren. (Må låne Skype Business frå ein av rettleiarane på skulen)
- Gruppa kjem til å bytte PLS type frå Siemens til Beckhoff. Dette grunna at Beckhoff har ein modul for måling av VDC (likespenning) som ikkje Siemens har.

Innkalling til møte for styringsgruppa til bachelor oppgåve

Dato: Tysdag - 14.03.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, Campus Førde – Grupperom «Nausta»/ Skype

Tid: kl. 14.30-15:30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Johannes Møgster, Nils Westerheim og Asle Ness.

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Oppsummering sidan sist møte
- 3) Nødvendige funksjonar
 - Vedlagt forslag
- 4) Gjennomgang av funksjonsbeskrivelse
 - Forslag til endringar
- 5) Oppsummering av plan vidare

Med venleg helsing

Asle Ness

Prosjektleder

Styringsmøte 14.03.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, campus Førde – Møterom «Nausta»

Tidspunkt: 14:30-15:30

Desse deltok: Joar Sande, Nils Westerheim og Asle Ness

Sak 1:

Sakliste godkjent. Asle valt til referent

Sak 2:

Oppsummering sidan sist:

Gruppa har vert i Sogndal der vi hadde ein grunnleggande gjennomgang med Nils på dokumentasjon for Hove kraftverk. Vidare har gruppa studert dokumentasjonen frå Hove, jobba med funksjonsbeskrivelse, sett på sekvensar (også kalla "Steg") frå Hove. Vi har laga eit forslag til komponentliste for kva funksjonar vi skal ta med, har også laga til eit forslag for utviding til fleire komponentar. Vidare har vi starta på Beckhoff-programmering, og PT100 simulering ved PLS (24V).

Sak 3:

Nødvendige funksjonar:

Under møtet vart ein enige om at det skulle lagast til potensiellfrie relé (styrt frå PLS), som gjev signal når alle betingelsar for sekvensen er oppfylt. For at releet skal slå inn, må alle betingelsar være oppfylt for at kontrollanlegget skal gå vidare i sekvensstyringa. I forhold til dokumentet "komponentar", blir f.eks. "faste startbetingelsar" ein felles utgang frå simulatoren. Utgangane frå programmeringsblokkene til reléa må være komplette for å kunne gå vidare til neste sekvens (kalla "Steg" i dokumentasjonen).

Det vart og tatt opp at gruppa burde endre forklaringane i dokumentasjonen som er laga. Ord som "pådrag" og "feedback" er lite forklarande for utanforståande. Det burde og spesifiserast nærare kva signala kjem frå og kvar signala skal til. Forslag til ord som kan brukast er: "kommando", "driftsmelding" eller "feilmelding".

Sak 4:

Funksjonsbeskrivelse:

Må justerast som følgje av Sak 3, men generelt bør ein skrive så forklarande som mogeleg.

Sak 5:

Plan vidare:

Gruppen kjem til å jobbe med fastsetjing av komponentar og funksjonar i kraftverksimulatoren, for å kunne fortsette med blanda anna materielliste, IO-liste og funksjonsbeskrivelse. Programmering blir jobba parallelt med øvrig arbeid.

Innkalling til møte for styringsgruppa for bacheloroppgåva "Kraftverksimulator"

Dato: Tysdag - 25.04.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, Campus Førde – Møterom «Jølstra»/ Skype

Tid: kl. 14.30-15:30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Johannes Møgster, Nils Westerheim, Atle Rauset, Rakel Ullebust, Stig Heggheim og Asle Ness.

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Oppsummering sidan sist møte
- 3) Gjennomgang av funksjonsbeskrivelse
 - Sendt som vedlegg
- 4) Innspel til sluttrapport
- 5) Plakat og pressemelding
- 6) Oppsummering av plan vidare

Med venleg helsing

Asle Ness

Prosjektleiar

Møte 25.02.2017

Stad: Høgskulen på Vestlandet, campus Førde- grupperom «Jølstra»

Tid: Kl. 14.30-16.30

Desse møtte: Nils Westerheim, Joar Sande, Kjell Johnny Kvamme, Stig Heggheim, Atle Rauset, Asle Ness og Rakel Ullebust

Sak 1:

Kommentar til saklista: Flytta gjennomgang av funksjonsbeskrivelsen til slutt (sak 3). Ha med eit punkt som heite eventuelt.

Rakel valt til referent.

Sak 2:

Oppdatert framdrift sidan sist er at vi har programmert og håpar å vere ferdig med dette i løpet av denne veka eller starten av neste. Vi nærmar oss ferdig med HMI. Sluttrapporten er begynt å ta form. Det står hovudsakleg igjen å skrive om val av løysingar, drøfting av desse og programmeringa.

Sak 3:

Sluttrapporten skal sendast over ilag med møtereferatet. Vi vil prøve å gjere oss ferdig med rapporten ei veke før fristen (19.mai) slik at vi kan få tilbakemelding på denne frå rettleiarane. Vi må lage til ei skisse som viser grensesnittet til kraftverksimulatoren.

Sak 4:

Plakat skal hengast opp 19.mai. Kjell Johnny skal undersøke om Sunnfjord Energi har noko bilete vi kan nytte til plakaten.

I pressemeldinga vil vi få fram kor mykje som blir investert i kontrollanlegg, og kor nyttig det vil vere å få til ein simulator som kan kontrollere at kontrollanlegget fungera som ønska. Denne skal vere klar 10.mai.

Sak 5:

Planen for vidare arbeid er å justere på funksjonsbeskrivelsen, bli ferdig med programmeringa og HMI og skrive rapport der vi har fokus på å grunngje kvifor vi har valt dei løysingane vi har valt. Sidan oppgåva skal vere mogeleg å ta vidare for andre grupper som kjem etter oss, må vi dokumentere godt kva vi har undersøkt og tips for vidare arbeid. Vi må også begynne på pressemelding og plakat.

Sak 6:

Gjennomgang av funksjonsbeskrivelsen. I betingelseblokkene må vi få tydeleg fram kva som er kontrollanleggets oppgåve og kva grensesnitt simulatoren har. Elles kom Nils med ein del kommentarar til beskrivelsen som vi vil rette oss etter.

Innkalling til møte for styringsgruppa for bacheloroppgåva "Kraftverksimulator"

Dato: Tysdag - 09.05.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, Campus Førde – Møterom «Nausta»/ Skype

Tid: kl. 14.30-15:30

Deltakarar: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Johannes Møgster, Nils Westerheim, Atle Rauset, Rakel Ullebust, Stig Heggheim og Asle Ness.

Sakliste:

- 1) Godkjenning av sakliste
 - Val av referent
- 2) Status
- 3) Gjennomgang av pressemelding
 - Sendt som vedlegg
- 4) Gjennomgang av plakat
 - Sendt om vedlegg
- 5) Eventuelt

Med venleg helsing

Asle Ness

Prosjektleiar

Møte 09.05.17

Stad: Høgskulen på Vestlandet, campus Førde- grupperom «Nausta»

Tid: Kl. 14.30-15.00

Desse møtte: Johannes Møgster, Joar Sande, Stig Heggheim, Atle Rauset, Asle Ness og Rakel Ullebust

Sak 1

Sakliste godkjent

Rakel valt som referent

Sak 2 - Status

Vi ventar på tilbakemelding på funksjonsbeskriving. Dersom Nils godkjenne denne, er denne ferdigstilt.

Rapporten vil vi sende ut til styringsgruppa i kveld, 09.05.2017, eller i morgon, 10.05.2017. Ellers begynner den å nærme seg ferdig.

I forhold til programmering står det berre igjen å teste programmet.

Sak 3 – Pressemelding

Denne er klar, og skal leverast seinast i morgon.

Sak 4 – Plakat

Vi har laga forslag til plakat. Denne ligg i "styringsdokument". Vi må skrive avsnittet om «metode» på nytt. Må få fram det som er spesielt for vår oppgåve. Denne skal vere hengt opp og levert i fronter 19.mai.

Sak 5 – Eventuelt

- Testing av programmet: Stig skal ta stikkprøver av programmet. Han vil prøve å få Nils eller Kjell Johnny med på dette.
- Drøfting i rapporten: Skal då skrive om erfaringar vi har gjort oss, kva som har gått bra og mindre bra, anbefalingar og korleis det har gått med måla våre.

Kraftverksimulator

Målet med denne oppgåva er å prosjektere eit testutstyr for kontrollanlegg i vasskraftstasjonar.

Problemstilling

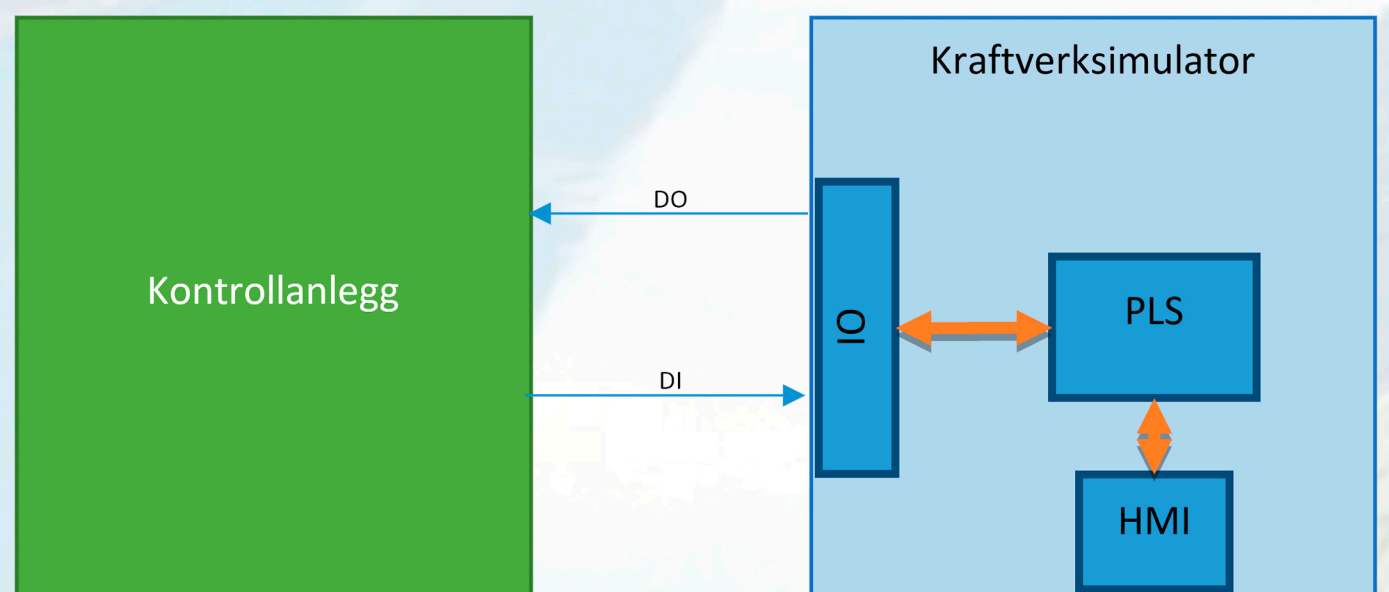
Kraftstasjonar til enorme summar har store manglar. Problem oppstår fordi kontrollanlegget ikkje er kvalitetssikra før driftsetjing, og dette fører til store økonomiske tap. Sunnfjord Energi vil unngå desse problema ved å kvalitetssikre kontrollanlegga ved fabrikkgodkjenninga.

Metode

Med gruppemedlemmar frå automasjon og elkraft har ein kryssa kompetansen for å skape eit best mogeleg resultat. Vi har vore på anleggsbefaring og gjort vurderingar, drøftingar og berekningar innanfor kraftelektronikk, programmering og vasskraftverk for å finne den beste løysinga på problemstillinga. For å få resultatet mest mogeleg reelt har vi tatt utgangspunkt i funksjonane til Hove kraftverk i Vik.

Resultat

Resultatet er vorte eit prosjektert testutstyr for kontrollanlegg, der programmering med tilhøyrande HMI-panel er designa for dei sentrale komponentane i kraftstasjonen. Krava til oppdragsgjevar er oppfylde og det ligg til rette for ferdigstilling av prosjektet for etterkommande studentgrupper.



Figur: Systemskisse

Prosjektdagbok

		Total	1745	415	404,5	458	467,5
		Gjennstår	255	85	95,5	42	32,5
Dato	Tema	Kven	Tidsbruk totalt	Rakel	Stig	Asle	Atle
02.jan	Skaffe oversikt	Rakel	1	1			
09.jan	Skaffe oversikt	Alle	8	2	2	2	2
09.jan	Planlegge	Rakel, Asle	3	1		2	
09.jan	Gantt	Rakel, Asle	2	1		1	
09.jan	Prosjektbeskrivelse	Rakel, Asle og Atle	6	1		2	3
09.jan	Nettside	Stig	2		2		
09.jan	PT100	Stig	2		2		
09.jan	Omicron	Atle	3,5				3,5
10.jan	Gantt	Rakel	1	1			
10.jan	Prosjektbeskrivelse	Alle	18	5	2	6	5
10.jan	Sakliste til møte	Asle	1,5			1,5	
10.jan	Gjennomgang budsjett og møteinnkalling	Atle	1				1
10.jan	Omicron	Atle	1,5				1,5
10.jan	PT100	Stig	4		4		
11.jan	PT100	Stig	2		2		
11.jan	Forprosjektrapport	Alle	17	4	2	5	6
11.jan	Omicron	Atle	2				2
11.jan	Funksjonsbeskrivelse	Asle	3,5			3,5	
11.jan	Prosjektbeskrivelse	Rakel	1	1			
11.jan	GANTT-diagram	Rakel	1	1			
12.jan	Forprosjektrapport	Alle	21,5	3	5,5	6,5	6,5
13.jan	Omicron	Atle	1				1
13.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1,5			1,5	
15.jan	Forprosjektsrapport	Asle og Rakel	3,5	2		1,5	
15.jan	GANTT-diagram	Rakel	1	1			
16.jan	Møte med Preben	Alle	4	1	1	1	1
16.jan	Møte med Kjell Johnny	Alle	8	2	2	2	2
16.jan	Forprosjektrapport	Asle, Rakel og Stig	12	4	3,5	4,5	
16.jan	Kontakt med Omicron og ABB	Atle	5				5
16.jan	IO	Stig	1,5		1,5		
17.jan	Møte referat frå møta 16.01.17	Rakel	1	1			
17.jan	Forprosjektrapport	Asle og Rakel	12,5	5		7,5	
17.jan	Undersøk IO-moduler og rekkeklemmer	Stig	7,5		7,5		
17.jan	Funksjonsbeskrivelse	Atle	3				3
17.jan	Kontakta ABB, Siemens, Omicron. Etter kraftelektronikk.	Atle	6,5				6,5
17.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1,5			1,5	
18.jan	PT100	Stig	6,5		6,5		
18.jan	Funksjonsbeskriving.	Rakel	5	5			
18.jan	Kraftelektronikk og skissering av styresystem.	Atle	7,5				7,5
18.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	3,5			3,5	
18.jan	Forprosjektrapport	Asle	4,5			4,5	
19.jan	Forsprosjektrapport	Rakel og Asle	6	5		1	
19.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
19.jan	Lesing om magnetisering, leit etter utstyr	Atle og Asle	4			1	3
20.jan	Undersøke magnetisering, lese om og leit etter utstyr	Atle	2,5				2,5
20.jan	PT100	Stig	4		4		
22.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	2,5			2,5	
23.jan	Forprosjektrapport	Rakel	7	7			
23.jan	Lesing av fagstoff	Asle	6			6	
23.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	2,5			2,5	
23.jan	PT100 prøve å kople til Siemens	Stig	6		6		
23.jan	Kraftelektronikk undersøkelsar	Atle	7,5				7,5
24.jan	Tegne oversikt system	Stig	7		7		
24.jan	Forprosjektrapport	Rakel, Atle og Asle	18,5	7		7,5	4
24.jan	Lese tidlegare bachelor, ABB	Atle	3,5				3,5
25.jan	Bruk av Beckhoff for å teste PT100	Stig	6		6		
25.jan	Forprosjektrapport	Rakel og Asle	12	6		6	
25.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
26.jan	Forprosjektrapport	Rakel	5	5			
26.jan	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	3			3	
26.jan	Oversikt til FBD	Asle	4,5			4,5	
25.jan	Kraftelektronikk	Atle	10				10
27.jan	Finne gamle funksjonsbeskrivelser	Stig	4		4		
27.jan	Kraftelektronikk og likerettar	Atle	2				2
29.jan	Forprosjektrapport	Rakel og Asle	7,5	6		1,5	
29.jan	Kraftelektronikk	Atle	1,5				1,5
30.jan	SPI-kommunikasjon	Stig	3,5		3,5		
30.jan	Møte med Frank på fagskulen	Alle	12	3	3	3	3
30.jan	Undersøkingar	Asle og Atle	14,5			7,5	7
30.jan	Forprosjektrapport	Rakel	4	4			
31.jan	SPI, og oppkopling med johannes	Stig	7		7		
31.jan	Forprosjektsrapport	Asle	7,5			7,5	
31.jan	Finne komponentar	Atle	7,5				7,5
01.feb	Forprosjektrapport	Asle, Atle og Rakel	18	8		5	5
01.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	3,5			3,5	
01.feb	Undersøke utstyr	Atle	3,5				3,5
01.feb	SPI-kommunikasjon	Stig	2		2		
02.feb	Oppkopling Arduino+Siemens og SPI	Stig	3		3		
02.feb	Forprosjektrapport	Atle og Rakel	8	5			3
05.feb	Forprosjektrapport	Rakel	4	4			

05.feb	Effektregulator	Asle	3,5			3,5	
06.feb	Forprosjektrapport	Atle, Stig og Rakel	15	6	6		3
06.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle, Atle og Stig	6		1	3	2
06.feb	Spenningsregulator	Atle og Asle	6,5			4,5	2
07.feb	Feilmeldingar, parameter til HMI	Rakel	5,5	5,5			
07.feb	Forprosjektrapport	Stig	3		3		
07.feb	Oppkopling spenningsregulator Fagskulen	Asle, Atle og Stig	9		3	3	3
07.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle og Atle	8			6	2
07.feb	Omicron	Atle	2,5				2,5
07.feb	Sjekke GOOSE-kommunikasjon	Stig	1		1		
08.feb	Møte med Nils	Alle	8	2	2	2	2
08.feb	Forprosjektrapport	Asle, Atle og Rakel	14	4		5	5
08.feb	Sjekke PLS leverandører og støtte til Goose ++	Stig	5,5		5,5		
13.feb	Omicron, sjekke NI LabView, forprosjektrapport	Stig	5,5		5,5		
13.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Rakel og Asle	4	2		2	
13.feb	Studering av vasskraftverk	Rakel og Asle	10,5	5		5,5	
13.feb	Omicron, feilsenario, div	Atle	7,5				7,5
14.feb	Funksjonsbeskriving	Rakel	4	4			
14.feb	Forsprosjektrapport	Atle	5,5				5,5
15.feb	Forprosjektrapport	Atle	7				7
15.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Alle	11	3,5	2	3,5	2
15.feb	Funksjonsbeskrivelse	Asle, Rakel og Stig	13,5	3,5	5	5	
16.feb	Forprosjektrapport	Alle	14	6	3	0,5	4,5
17.feb	Forprosjektrapport	Rakel og Asle	7	6		1	
18.feb	Forprosjektrapport	Atle	3				3
19.feb	gantt-diagram	Rakel	2	2			
19.feb	Forprosjektrapport	Alle	6	1,5	3	0,5	1
20.feb	Forprosjektrapport	Atle, Stig og Rakel	16	6	5		5
20.feb	Funksjonsbeskrivelse	Atle	2				2
21.feb	TIA portal(Siemens)	Stig	5		5		
25.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
26.feb	Møteinnkalling	Asle	0,5			0,5	
27.feb	DC måling	Stig og Asle	5		2,5	2,5	
27.feb	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Atle	1				1
27.feb	Oppsett til rapport	Atle	1				1
27.feb	Funksjonsbeskrivelse	Alle	18,5	5,5	6	4	3
28.feb	Møte og møtereferat	Asle	3			3	
28.feb	Funksjonsbeskriving	Atle	2,5				2,5
01.mar	Gjennomgang med Nils i Sogndal	Alle	26	6,5	6,5	6,5	6,5
01.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle og Atle	3			2	1
03.mar	Iest om Hove kraftverk	Rakel	1	1			
04.mar	Kartlegging Hove kraftverk	Asle	2			2	
05.mar	Kartlegging Hove kraftverk	Asle	1,5			1,5	
06.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
06.mar	Funksjonsbeskrivelse	Asle, Atle og Rakel	19,5	6		6,5	7
06.mar	Start på bechhoff	Stig	7		7		
07.mar	Bechhoff	Asle, Atle og Stig	8		4	3	1
08.mar	Funksjonsbeskriving	Rakel	7	7			
08.mar	Bechhoff (PT 100)	Stig og Asle	14,5		7	7,5	
08.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle	7				7
09.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	2,5			2,5	
09.mar	Funksjonsbeskrivelse, møteinnkalling, oppdatering + 1,5	Asle	5			5	
09.mar	Programmering	Stig	4		4		
09.mar	FBD	Rakel	3	3			
10.mar	Programmering	Stig	4,5		4,5		
10.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle og Rakel	2,5	1		1,5	
10.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel	4	4			
12.mar	PT100	Asle	3			3	
12.mar	Funksjonsliste	Atle	2				2
13.mar	Dokumentasjon Hove kraftverk	Rakel	2	2			
13.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel	2,5	2,5			
13.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle og Rakel	4,5	1,5		3	
13.mar	Arbeid med dokumentasjon	Asle	2			2	
13.mar	Programmering	Stig	6		6		
13.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle	8,5				8,5
14.mar	Oppsett av sluttrapport	Atle	4				4
14.mar	Programmering	Stig	6		6		
14.mar	Komponentar i Hove kraftverk	Rakel og Asle	10	4,5		5,5	
14.mar	Møte og møtereferat	Asle	3			3	
15.mar	Programmering	Stig	2		2		
16.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Atle	1				1
16.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel	6	4			2
16.mar	Programmering	Stig	4		4		
16.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
16.mar	Sorterting av komponentar	Asle	1,5			1,5	
17.mar	Programmering	Stig	4,5		4,5		
17.mar	Oppsett komponentar frå Hove	Asle	2,5			2,5	
18.mar	Oppsett komponentar frå Hove	Asle	1,5			1,5	
18.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle og Rakel	5,5	3,5			2
19.mar	Komponentar	Asle	1,5			1,5	
19.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle	1,5				1,5
20.mar	Programmering	Stig	2,5		2,5		
20.mar	Funksjonsbeskrivelse	Alle	28,5	7	3	9,5	9
21.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel	4,5	4,5			
21.mar	Diskutering og undersøking	Asle	3			3	
21.mar	Endring av oppgåva	Atle	2,5				2,5
22.mar	Funksjonsbeskrivelse	Alle	30,5	6	6,5	9,5	8,5

22.mar	Programmering	Stig	2		2		
23.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Atle	0,5				0,5
23.mar	Funksjonsbeskrivelse	Asle	3,5			3,5	
23.mar	IO-liste	Asle	1,5			1,5	
24.mar	Programmering	Stig	2		2		
24.mar	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	1			1	
24.mar	Funksjonsbeskrivelse	Asle og Stig	5,5		4	1,5	
26.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel	4	4			
27.mar	Funksjonsbeskrivelse	Alle	23	6,5	4	4	8,5
27.mar	Programmering	Asle, Atle og Stig	11		7	4	
28.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle og Rakel	8,5	4			4,5
28.mar	Programmering	Asle og Stig	16		6	10	
29.mar	Funksjonsbeskrivelse	Rakel og Atle	14,5	5			9,5
29.mar	Programmering	Asle og Stig	18		9	9	
30.mar	Rapport	Rakel	3	3			
30.mar	Funksjonsbeskrivelse	Atle og Rakel	10	4			6
31.mar	Programmering	Asle	1			1	
01.apr	Programmering	Asle	5,5		3	2,5	
02.apr	Funksjonsbeskrivelse	Atle	0,5				0,5
03.apr	Koplingsskjema	Rakel	3,5	3,5			
03.apr	Programmering	Asle og Stig	8		4,5	3,5	
03.apr	Midtvegspresentasjon	Alle	12	3	3	3	3
03.apr	Funksjonsbeskrivelse	Asle og Atle	6,5			3	3,5
04.apr	Funksjonsbeskrivelse	Asle, Rakel og Stig	8	3	2	3	
04.apr	Midtvegspresentasjon	Alle	11	3	2	3	3
04.apr	Rapport	Asle	3,5			3,5	
04.apr	Programmering	Stig	5,5		5,5		
04.apr	HMI	Atle	3,5				3,5
05.apr	Funksjonsbeskrivelse	Asle, Rakel og Stig	10,5	4,5	3,5	2,5	
05.apr	Rapport	Asle	2			2	
05.apr	Midtvegspresentasjon	Alle	8	2	2	2	2
05.apr	HMI	Atle	7				7
06.apr	Funksjonsbeskrivelse	Rakel, Atle og Asle	6,5	3		2,5	1
06.apr	Rapport	Asle	5	2		3	
06.apr	HMI	Atle	2				2
08.apr	HMI	Atle	3				3
10.apr	HMI	Atle	2,5				2,5
11.apr	HMI	Atle	5				5
14.apr	Rapport	Rakel	5	5			
17.apr	Rapport	Rakel	2	2			
18.apr	Programmering, tag-list	Stig	6		6		
18.apr	Rapport, budsjett, rele-liste	Asle	8,5			8,5	
18.apr	Sluttrapport	Rakel	8,5	8,5			
18.apr	HMI	Atle	4,5				4,5
19.apr	HMI	Atle	6				6
19.apr	IO	Stig	7		7		
19.apr	Rapport	Rakel og Asle	8	5		3	
19.apr	Autocad	Asle og Rakel	10	4		6	
19.apr	Programmering	Stig	1		1		
20.apr	Koplingsskjema	Rakel	2,5	2,5			
20.apr	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Asle	2,5			2,5	
20.apr	Rapport	Asle	4			4	
20.apr	Programmering	Stig	4		4		
20.apr	Administrasjon(Mail, nettside, møte osv)	Atle	2,5				2,5
20.apr	HMI	Atle	8				8
21.apr	Rapport	Asle	2			2	
21.apr	Funksjonsbeskrivelse	Asle	2			2	
23.apr	HMI	Atle	7				7
23.apr	Rapport	Rakel	4	4			
24.apr	Rapport	Asle og Rakel	11	4		7	
24.apr	Koplingsskjema	Rakel	4	4			
24.apr	HMI	Atle	7				7
24.apr	Programmering	Stig	4,5		4,5		
25.apr	Møte	Alle	8	2	2	2	2
25.apr	Sluttrapport	Asle, Rakel og Stig	7	4,5	2	0,5	
25.apr	Programmering	Stig	5		5		
25.apr	HMI	Atle	7,5				7,5
26.apr	Møtereferat	Rakel	1	1			
26.apr	Rapport	Rakel og Asle	3	2		1	
26.apr	Funksjonsbeskriving	Rakel og Asle	3,5	2		1,5	
26.apr	Pressemelding	Atle	1,5				1,5
26.apr	HMI	Atle	4				4
26.apr	Programmering	Stig	2,5		2,5		
27.apr	Programmering	Stig	2		2		
27.apr	Plakat	Atle	1				1
27.apr	Rapport	Asle, Stig og Atle	5		1	1	3
27.apr	Nettside	Asle	0,5			0,5	
28.apr	Rapport	Asle og Atle	6			3	3
29.apr	Programmering	Stig	2		2		
30.apr	Pressemelding og plakat	Rakel	3	3			
30.apr	Rapport	Atle og Rakel	10	4			6
30.apr	Programmering	Stig	2		2		
01.mai	Rapport	Alle	18	5	2	5	6
01.mai	Programmering	Stig	1		1		
02.mai	Programmering	Stig	2		2		
02.mai	Rapport	Atle, Stig og Rakel	12,5	2	4		6,5
02.mai	Funksjonsbeskrivelse	Rakel og Asle	7,5	3		4,5	

02.mai	HMI	Asle	3			3	
03.mai	Rapport	Rakel, Stig og Asle	13	4	5	4	
03.mai	Funksjonsbeskrivelse	Rakel og Asle	8	4		4	
03.mai	Programmering	Stig	1,5		1,5		
04.mai	Pressemelding og plakat	Rakel	2	2			
04.mai	Rapport	Asle, Atle og Rakel	18,5	3		7,5	8
05.mai	Møteinkalling	Asle	1			1	
05.mai	Programmering	Stig	4		4		
05.mai	Rapport	Alle	15	6	1,5	5,5	2
06.mai	Rapport	Rakel og Atle	7,5	3			4,5
06.mai	Programmering	Stig	2		2		
07.mai	Rapport	Asle, Atle og Stig	7		2	2	3
08.mai	Rapport	Alle	27,5	5,5	4	8	10
08.mai	Plakat	Stig	2		2		
08.mai	Programmering	Stig	1		1		
09.mai	Rapport	Alle	26,5	5	7	6	8,5
09.mai	Møte	Alle	5,5	1,5	1	2	1
09.mai	Programmering og testrapport	Stig	3		3		
10.mai	Rapport	Alle	25	6	8	6	5
10.mai	HMI	Stig	3		3		
11.mai	Presentasjon	Atle	1,5				1,5
11.mai	Rapport	Stig	4		4		
11.mai	HMI	Stig	1,5		1,5		
12.mai	Presentasjon	Rakel og Atle	4,5	3			1,5
12.mai	Testing program	Stig	5		5		
14.mai	Rapport	Atle	4				4
15.mai	Rapport	Alle	21,5	5	4	3	9,5
15.mai	Presentasjon	Asle	2			2	
15.mai	Plakat	Asle og Stig	3,5		2	1,5	
16.mai	Rapport	Alle	19	4	4,5	3,5	7
16.mai	Presentasjon	Alle	8	2	2	3	1
17.mai	Rapport	Atle	1				1
17.mai	Presentasjon	Rakel, Stig	5	4	1		
18.mai	Rapport	Alle	42	10,5	11	10,5	10

Budsjett

Kva	Kommentar	Pris pr. stk.	Antal	Pris total
Kretskort PT100:				
Analog Devices - Potensiometer-IC 1	Temperatursimulering	31,25	6	187,50
Spenningsregulator 5 V TO-220, L78M05CV, ST	Regulere spenning til temp. simulator	5,39	3	16,17
Kretskort		100,00	2	200,00
Rekkeklemme for kretskort 3P , RND 205-00233	Koplingsklemme til printkort	4,65	15	69,75
Rekkeklemme for kretskort 2P RND 205-00232	Koplingsklemme til printkort	3,23	3	9,69
Nettspenning 110V AC				
Effektregulator åpen 604b	Effektregulator 230V AC til 110V AC	312,50	3	937,50
Åpen sikringsholder ø5x20mm	Sikringsholder	4,86	3	14,58
Sikring 5x20mm: 5A fast-blow	Sikring 5A	3,94	3	11,82
Potensiometer 250 kOhm	For regulering av spenning	12,50	3	37,50
Formelle kostnader				
Plakat	Til prosjektpresentasjon	200,00	1	200,00
Utskrift	Sluttrapport og diverse	100,00	1	100,00
Webdomene	Nettstad for hovudoppgåve	0,00	1	0,00
			Total sum	1784,51

Rekneskap

Antal	Antal forventa	Utgiftspost	Kommentar	Forventa pris pr stk	Forventa sum	Pris pr stk	Sum
1	0	Transport	Tur - retur Sogndal	0	0	722,44	722,44
6	6	Analog Devices - Potensiometer-IC 1	Temperatursimulering	31,25	187,5	31,25	187,5
3	3	Spenningsregulator 5 V TO-220, L78M05CV, ST	Regulere spenning til temp. simulator	5,39	16,17	5,39	16,17
2	2	Kretskort		100	200	0,00	0
15	15	Rekkeklemme for kretskort 3P , RND 205-00233	Koplingsklemme til printkort	4,65	69,75	4,65	69,75
3	3	Rekkeklemme for kretskort 2P RND 205-00232	Koplingsklemme til printkort	3,23	9,69	3,23	9,69
3	3	Effektregulator åpen 604b	Effektregulator 230V AC til 110V AC	312,5	937,5	312,50	937,5
3	3	Åpen sikringsholder ø5x20mm	Sikringsholder	4,86	14,58	4,86	14,58
3	3	Sikring 5x20mm: 5A fast-blow	Sikring 5A	3,94	11,82	3,94	11,82
3	3	Potensiometer 250 kOhm	For regulering av spenning	12,5	37,5	12,50	37,5
1	1	Plakat	Til prosjektpresentasjon	200	200	0,00	0,00
1	1	Utskrift	Sluttrapport og diverse	100	100	100,00	100,00
1	1	Webdomene	Nettstad for hovudoppgåve	0	0	0,00	0,00
					1784,51		2106,95

Risikoanalyse

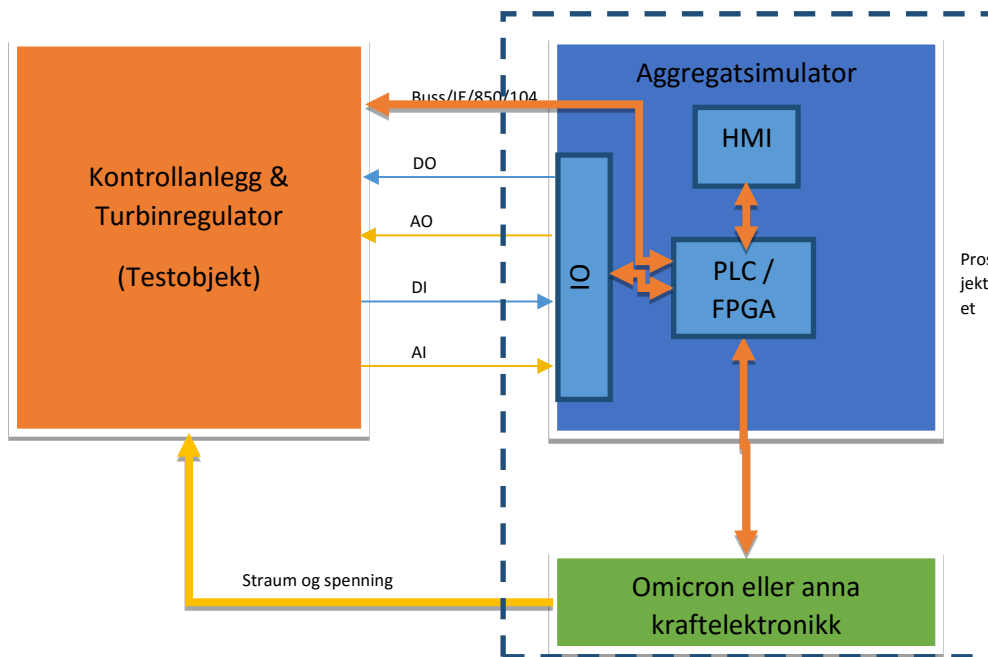
Risikoar / utfordringar	Sans. 1-5	Kons. 1-5	Risk. 1-25	Tiltak	Ny Sans.	Ny Kons.	Ny Risk.
Kortids frávær/sjukdom blant gruppemedlemmar	4	1	4	-	-	-	-
Langtids frávær/ sjukdom blant gruppemedlemmar	1	4	4	-	-	-	-
Personskade under transport	1	4	4	-	-	-	-
Viktige/ store delar av prosjektet tek for mykje tid	3	4	12	a	1	4	4
Dårleg kommunikasjon innad i gruppa	1	4	4	-	-	-	-
Mangelfull kommunikasjon og samarbeid med oppdragsgjevar /retteleiarar	2	4	8	b	1	4	4
Mangelfull prosjektstyring → redusert framdrift	1	4	4	-	-	-	-
Mangel på arbeidsrom til felles arbeid	5	2	10	c	2	2	4
Dårleg lagring av dokument→tapt arbeid	2	5	10	d	1	5	5
Overheld ikkje tidsfristar	1	5	5	-	-	-	-
Mangel på kunnskap	3	2	6	-	-	-	-
Finn ikkje komponentar til testriggen	2	4	8	e	1	4	4

Tiltak	Tiltak for betring av situasjon
a	Intensivere arbeidet for å halde seg til framdriftsplan, innhenting av ekstern hjelp for problemløysing.
b	Ta opp på styringsmøte.
c	Bestille grupperom 2 veker i forvegen – Finne alternative rom – Heimearbeid med kommunikasjon
d	Ekstern lagring av dokument – Sikkerheitskopi til lagringsteneste kvar dag.
e	Kontakte teknisk service hjå leverandør – Eigenkonstruksjon med rettleiing.

Kraftverksimulator

Bakgrunn

Sunnfjord Energi AS har ti kraftstasjonar med totalt fjorten aggregat. Dei er godt i gong med ein langtidsplan for å modernisere og oppgradere kraftstasjonane. I tillegg til større revisjon av turbin og generator er det også vanlig å bytte ut kontrollanlegg og alle hjelpesystem. Dei ser at det er vanskeleg å teste ut kontrollanlegg og turbinregulator i forbindelse med FAT (Factory Acceptance Test). Dei ønskjer derfor å få bygt ein aggregatsimulator som simulerer eit kraftverk.



Figur 1. Forslag til systemskisse for ein kraftverksimulator.

Mål

Hovudmål:

- Fungerande prototype av ein kraftverkssimulator med nødvendig dokumentasjon.
- Sluttrapport for bachelor.

Delmål:

- Prosjektbeskrivelse
 - *Forprosjektrapport*
 - *Budsjett*
 - *Risikoanalyse*
 - *Gantt-skjema*
 - Funksjonsbeskrivelse
- Lage ein funksjonsbeskrivelse for kraftverksimulatoren sin funksjon og grensesnitt.*

- Montering og design av HW
- Programmering av SW
- Utprøving
- Utarbeiding av dokumentasjon
- Skrive pressemelding
- Lage plakat
- Presentere produktet

Rammer

Tidsrammer

02. januar – 02. juni 2017.

500 arbeidstimar per student.

Totalt tal arbeidstimar: 2000.

Ressursar

4 studantar; 1 elkraft, 2 elkraft/automasjon og 1 automasjon.

Rettleiarar og oppdragsgjevar.

Kostnader

Utgifter ved transport til kraftverk, plakat, utskrift av rapport og komponentar og material til simulatoren.

Sunnfjord Energi stiller med nødvendig utstyr og materiale til prototypen.

HVL dekker plakat og lærematerial.

Fasar/oppgåver (omfang og avgrensing)

Oppgåveavgrensing

Fasar

- Oppstartfase – lage prosjektbeskrivelse, forprosjektrapport, risikoanalyse og gantt-skjema.
- Lage funksjonsbeskrivelse.
- Designing av hardware (fysisk/ praktisk)
- Programmering av software
- Avslutningsfase – Rapportskriving og prosjektpresentasjon.

Arbeidsmetodar

Vi vil fordele oppgåvene for å effektivisere arbeidet. Nokon av oppgåvene vil vi samarbeide om. Slik som i haust vil Rakel ha ansvar for elkraft delen og er dokumentansvarleg. Stig har ansvaret for programmeringa. Asle er gruppeleiar, og er i tillegg ansvarleg for den praktiske gjennomføringa. Atle er ansvarleg for teknisk utstyr. Rapport, forprosjektrapport, funksjonsbeskrivelse og den praktiske ferdigstillinga av produktet skal vi arbeide ilag.

Vi har fast oppmøtetid måndag til onsdag så lenge ein ikkje har undervisning. Utanom dette vil det vere sjølvstendig arbeid. Vi har eit mål om å oppnå omtrent 30 timar i veka per person.

Organisering

Deltakarar i prosjektgruppe

Asle Ness, Stig Heggheim, Rakel Synnøve Ullebust, Atle Jostein Rauset. Asle vil fungere som gruppeleiar.

Oppdragsgjevar

Sunnfjord Energi

Styringsgruppe

Fagansvarlege ved HVL, Joar Sande og Johannes Møgster. Kontaktperson v/ Sunnfjord Energi, Kjell Johnny Kvamme.

Gjennomføring/Framdriftsplan

Framdriftsplan

09.01-13.01: Prosjektbeskrivelse

09.01-02.06: Arbeid med nettsida

10.01- 16.01: Risikoanalyse og gantt-skjema

10.01- 20.01: Budsjett

13.01-31.01: Funksjonsbeskrivelse

16.01-17.02: Forprosjektrapport

01.02-01.04: Designing av hardware (fysisk/ praktisk)

17.02-19.05: Rapportskriving

29.03-05.04: Midtvegspresentasjon

01.03-01.05: Programmering av software

24.04-10.05: Pressemelding

05.04- 19.05: Plakat

08.05- 23.05: Prosjektpresentasjon

Milepælar

2. Januar	Prosjektstart
12. Januar	Innlevering Prosjektbeskrivelse
17. februar	Innlevering av forprosjektrapport. Nettside oppretta.
5.april	Midtvegspresentasjon

10.Mai	Pressemelding klar
19.Mai	Innlevering av sluttrapport
19.Mai	Plakat klar og hengt opp
23.Mai	Presentasjon
2.Juni	Nettsida ferdigstilt. Opprydding er ferdig.

Risikoanalyse og kvalitetssikring

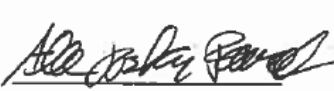
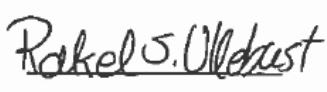
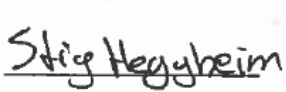
Kritiske suksessfaktorar

- Manglande samarbeid med leverandørar som Voith og Omicron
- Manglande samarbeid innan i gruppa
- Dårlig/ikkje tilgang til relevant informasjon og kunnskap
- Ikkje rekk tidsfristane
- Manglande motivasjon

Sannsynlegheit for at problem oppstår

- Leverandørar – middels sjanse
- Samarbeid i gruppa – svært liten
- Tilgang på informasjon og kunnskap – middels/ liten
- Tidsfristane – liten
- Motivasjon - liten

Førde, 10.01.17

	
Asle Ness	Atle Jostein Rauset
	
Rakel Synnøve Ullebust	Stig Heggheim

Pressemelding

Enorme investeringar – enorme problem

Det blir kvart år investert enorme summar i vasskraftanlegg kring om i Noreg. Med desse føl og med leverandørar av kontrollanlegg som ikkje tar dokumentasjon og kvalitetstesting av desse anlegga på alvor. Dette skapar ofte enorme problem for kraftselskap, spesielt i tida etter leveransen og når anlegga skal vedlikehaldast. Vi har i vår oppgåve prosjektert testutstyr for kontrollanlegg i vasskraftstasjonar, som skal brukast til fabrikkkontroll av nye kontrollanlegg. Med denne teknologien vil ein spare kraftselskapa for økonomiske tap og meirarbeid etter at kontrollanlegget er driftsett.

Kontaktperson med e-post og mobilnummer:

Asle Ness (gruppeleiar) - E-post: ness.asle@gmail.com - Tlf: 478 63 135

Heimeside: <http://kraftsim.webnode.com>

STUDENTARBEID

Kraftverksimulator Forprosjektrapport



av

Asle Ness

Atle Jostein Rauset

Rakel Synnøve Ullebust

Stig Heggheim

Avdeling for ingeniør- og naturfag

HO2-300 Bacheloroppgåve

Februar 2017

www.kraftsim.webnode.com



www.hvl.no



Høgskulen
på Vestlandet

STUDENTARBEID

Kraftverksimulator Forprosjektrapport



av

Asle Ness

Atle Jostein Rauset

Rakel Synnøve Ullebust

Stig Heggheim

Avdeling for ingeniør- og naturfag

HO2-300 Bacheloroppgåve

Februar 2017

www.kraftsim.webnode.com



www.hvl.no



Høgskulen
på Vestlandet

Referanse

TITTEL HO2-300 Hovudoppgåve - Forprosjektrapport	RAPPORTNR. 01	DATO 20.02.2017
PROSJEKTTITTEL Kraftverksimulator	TILGJENGE Open	TAL SIDER 21
FORFATTARAR Asle Ness Stig Heggheim Atle Jostein Rauset Rakel Synnøve Ullebust	ANSVARLEGE RETTLEIARAR Joar Sande – Prosjektansvarleg Nils Westerheim – Rettleiar EEM Johannes Møgster – Rettleiar AUT Kjell Johnny Kvamme - Ekstern rettleiar Sunnfjord Energi	
OPPDRAKSGJEVAR Sunnfjord Energi AS ved Kjell Johnny Kvamme		
SAMANDRAG Sunnfjord Energi AS er eit kraftselskap med kraftproduksjon, drift og bygging av nett og sal av kraft til bedrifter og hushald. I samband med oppgraderingar av kontrollsystemet på vasskraftverk ynskjer dei å få laga til ei mobil eining som simulerer eit kraftverk. Kraftverksimulatoren skal teste kontrollsystemet sine logiske funksjonar og tiltak ved ulike feilmeldingar. På den måten testar ein at kontrollanlegget held mål. Vi skal i dette prosjektet ta utgangspunkt i eit bestemt kraftverk med hovudfokus på dei ulike sekvensane som skjer ved start til drift og stopp til stillstand i anlegget. Dokumentasjon og undersøkingar for utviklinga av kraftverkssimulator skal og gjennomførast.		
SUMMARY Sunnfjord Energi AS distributes, produces and sells green energy to companies and households. Due to renewal of selected power plant control systems, it is desired to simulate control functions and error handling at the factory acceptance test, to guarantee delivery specifications. Toward this purpose, SEAS need to develop a mobile test unit with the simulated functions of an operative water power plant. This project will be based on a particular powerplant, with main focus on sequential control prior start to normal operations and shutdown to standstill of the power plant. This project will also examine solutions related to development of the power plant simulator, including documentation.		
EMNEORD Hovudoppgåve, Vasskraftverk, Simulering, PLS, Studentprosjekt, Elkraft, Automasjon, HO2-300, Kontrollsystem.		

Innholdsliste

Referanse.....	I
Innholdsliste	II
Samandrag.....	IV
Figurliste	V
Tabelliste	V
Forkortingar	VI
1. Innleiing	1
1.1 Bakgrunn for prosjektet	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Arbeidsmetode	1
2 Rammer	2
2.1 Tidsrammer	2
2.2 Kostnadsrammer	2
2.3 Avgrensing av produktet	2
2.4 Tilgjengelege ressursar	3
3 Mål.....	3
3.1 Mål for deltakarane	3
3.2 Mål for ferdig produkt.....	3
3.3 Hovudmål	3
3.4 Delmål.....	3
4 Teori.....	4
4.1 Vasskraftverk i Noreg	4
4.1.1 Inntaksluke	4
4.1.2 Ventilalar	5
4.1.3 Turbinar	5
4.1.4 Turbinregulator	6
4.1.5 Generator	6
4.1.6 Spenningsregulator	6
4.1.7 Generatorvern	7
4.2 Programmering.....	8
4.2.1 Programmeringsspråk	8
4.2.2 MFD (Masse Fjør Dempar)	9
4.3 Komponentar.....	9
4.3.1 Siemens PLS.....	9
4.3.2 Siemens HMI.....	10

4.3.3	Digitalt potensiometer	10
5	Konklusjon	11
6	Prosjektadministrasjon	11
6.1	Organisering	11
6.1.1	Oppdragsgjevar	11
6.1.2	Prosjektgruppa	12
6.1.3	Styringsgruppa	12
6.2	Ansvarsfordeling	12
6.3	Milepålar/GANTT	13
6.4	Møteplan	13
6.5	Arbeidsmetodar	13
6.6	Dokumentstyring	13
6.7	Tidsbruk	14
6.8	Økonomi og budsjett	14
7	Prosjektnettstad	14
8	HMT- HELSE, MILJØ OG TRYGGLEIK	14
8.1	Risikoanalyse	14
9	Kjelder	15
10	Vedlegg	15
	Vedlegg 1 - Budsjett forprosjektrapport	15
	Vedlegg 2 - Milepålar	15
	Vedlegg 3 - Gantt diagram	15
	Vedlegg 4 - Møteplan	15
	Vedlegg 5 - Risikoanalyse	15

Samandrag

Dette er forprosjektrapport for vår hovudoppgåve (H02-300) på studiet elektroingeniør innanfor felte energi-, elkraft- og miljø og automatiseringsteknikk ved HVL, våren 2017. Prosjektet vårt er basert på ei oppgåve gjeven av Kjell Johnny Kvamme ved Sunnfjord Energi AS. Formålet med å lage til ein kraftverksimulator er å teste kontrollanlegg hjå produsenten før overlevering.

Målet med prosjektet er å prosjektere ein simulator som kan simulere ulike driftssituasjonar og feilmeldingar ved eit bestemt kraftverk. På den måten vil ei kunne teste om kontrollanlegget oppfører seg som ønskja. Hovudprosjektet vil derfor innehalde kartlegging av dei ulike sekvensane i kraftverket og oppgåvene til eit kontrollanlegg. Grunna prosjektets tidsrammer, vil det ikkje vere aktuelt å byggje kraftverksimulatoren. Det vil derimot vere mogeleg å byggje og utvide funksjonane til simulatoren for seinare bachelorgrupper.

I denne forprosjektrapporten skal vi ta føre oss korleis vi har tenkt å gjennomføre prosjektet, og kva løysningar vi tenker å nytte oss av. Rapporten inneheld også beskriving av dei ulike fasane vi ha lagt inn i prosjektet, og kva rammer vi har sett oss. Definerings av rammene er utarbeida i fellesskap av prosjektgruppa, Nils Westerheim ved HVL og Kjell Johnny Kvamme ved Sunnfjord Energi, som er oppdragsgjevar. Vi har i tillegg lagt til rette for HVL sine formelle rammer i dette emnet.

Figurliste

Figur 1 - Vasskraftverk [2].....	4
Figur 2 - Francisturbin [2].	5
Figur 3 - Kaplanturbin [2].....	5
Figur 4 -Peltonturbin [2].....	6
Figur 5 - MFD modell [2].....	9
Figur 6 - MFD formlar [2].....	9
Figur 7 - Oversiktbilde av PLS med fem forskjellige IO modular [3].	9
Figur 8 - TP 700 Comfort HMI [3].	10
Figur 9 - Digitalt potensiometer [4].	10
Figur 10 - Organisasjonskart.....	11

Tabelliste

Tabell 1 - Forkortingar med forklaring	VI
Tabell 2 - Ulike typar vern [2].	8
Tabell 3 - Kontaktinformasjon for prosjektgruppa.....	12
Tabell 4 - Kontaktinformasjon for styringsgruppa	12

Forkortingar

Tabell 1 - Forkortingar med forklaring

SEAS	Sunnfjord Energi AS
HVL	Høgskulen på Vestlandet
HMT	Helse, miljø og tryggleik
EEM	Studieretning energi, elkraft og miljø
AUT	Studieretning automatiseringsteknikk
IEC	International Electrotechnical Commsion (International standard)
PLS	Programmerbar logisk styring
HMI	Human machine interface
IO	Inngang og utgangs modul for PLS
MFD	Masse fjør dempar
PID	Proporsjonal integrasjon derivasjon
TIA	Totally integrated automation
SCL	Structured control language
FBD	Function block diagram
FAT	Factory acceptance test
CPU	Central processing unit
AI	Analog inngang
AQ	Analog utgang
DI	Digital inngang
DQ	Digital utgang
VDC	Spennning frå likestraumskjelde
SW	Software

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Sunnfjord Energi AS er eit kraftselskap med kraftproduksjon, drift og bygging av nett og sal av kraft til bedrifter og hushald. I samband med oppgraderingar av kontrollsystemet på nokon av vasskraftverka ønskjer dei å få laga til ei mobil eining som simulerar eit kraftverk. Kraftverksimulatoren skal manipulere kontrollanlegget til å køyre aktuelle driftssituasjonar og reagere på ulike feilmeldingar, og på den måten teste om kontrollanlegg held mål.

1.2 Problemstilling

Gruppa står ovanfor utfordringa å starte utviklingsprosessen for kraftverkssimulatoren. Det skal takast utgangspunkt eit fysisk kraftverk med kontrollanlegg og funksjonaliteten som ligg i dette. Bacheloroppgåva skal omhandle planlegging av korleis oppgåva i sin heilheit kan løysast, med kostnadsoverslag og val av utstyr. Som del av denne planlegginga skal det kartleggast dei ulike sekvensane som skjer i den aktuelle kraftstasjonen ved start, stopp og klargjering til ny start. Til dei ulike sekvensane skal det utarbeidast feilsenario som skal kunne testast av kontrollanlegget. Alle funksjonar, sekvensar og feilsenarioar skal dokumenterast i ei funksjonsbeskriving for kraftverkssimulatoren. PLS programmering vil være ein sentral del av oppgåva, her skal alle dei ulike "blokkene" for sekvensstyringa programmerast og koplast saman, slik vi ser for oss at kraftverkssimulatoren skal verte. Ein skal sjekke at blokkene har den rette funksjonaliteten med å teste desse under dei ulike feilsenarioa.

Kraftelektronikk til testing av vern og funksjonar i kraftstasjonane er mykje brukt. Vi skal undersøke mogelegheita for å kunne kontrollere ein type kraftelektronikk via PLS, slik at det kan verte ein del av kraftverkssimulatoren. Kraftelektronikken skal sende ut bestemte straum, spenning eller frekvenssignal, for å teste dei logiske funksjonane i kontrollanlegget. Utstyret vi skal undersøke er frå produsenten Omicron, som Sunnfjord Energi nyttar seg av ved testing av kontrollanlegg.

Ein ser føre seg at dette prosjektet er starten for eit større prosjekt som omhandlar utviklinga av ein mobil testtrigg for kontrollanlegg i vasskraftstasjonar. Vi skal legge eit godt fundament og utarbeide ei rekke dokument som krevst for å gjennomføre oppgåva, samt starte på den store programmeringsjobben som ligg føre.

1.3 Arbeidsmetode

Gruppa hadde i haust eit forprosjekt i emnet ingeniørfagleg systememne (OR2-302) der hovudmålet med prosjektet var å undersøke om utviklinga av denne testtriggen er mogeleg og kva utstyr og løysingar som kan brukast for å gjennomføre dette. Vi hadde fokus på å sette seg inn i verkemåten til vasskraftverk, simulering via PLS, komponentar og dokumentasjon for å være godt rusta til hovudprosjekt.

Til hovudoppgåva nyttar vi litteratur frå internett, bøker og brukarvegleiingar for den teoretiske delen av oppgåva. Vi kjem til lese oss opp på ulike komponentar/utstyr som er relevant for det vi skal bruke, og i nokre tilfelle må vi kontakte ulike leverandørar for å få vite meir om produkta deira. Sunnfjord Energi vil bli brukt som rettleiarar, på lik linje med lærarane ved høgskulen og kan gje oss nyttig dokumentasjon på systema i kraftstasjonane.

I hovudprosjektet kjem vi til å nytte kunnskap vi har tileigna oss gjennom emna i studieløpet, som blant anna er elektriske maskiner, energidistribusjon og produksjon, regulerings- og måleteknikk, prosessstyring og programmering. Det er viktig for oss å jobbe jamt og strukturert med prosjektet for å "ligge frampå" og halde oversikt. Gruppa har fokus på å halde ein kontinuerleg dialog med oppdragsgjevar og rettleiarane for å komme fram til dei beste løysingane og halde seg innanfor rammene.

2 Rammer

2.1 Tidsrammer

Hovudprosjektet ved ingeniørutdanninga ved HVL gjev ved godkjend karakter, 20 studiepoeng. Prosjektet skal utførast i perioden 2. januar til 2. juni. Som ein peikepinn, skal kvar student arbeide omtrent 500 timar. Dette inneberer alt frå møter, presentasjon, sjølvstudie og rapportskriving. Tidsrammene er eit generelt mål for å vise kva arbeidsmengde prosjektet skal reflektere, meir enn eit konkret mål på timar. Ettersom gruppa består av 4 medlemmar, vil dette prosjektet ha totalt 2000 timar til rådighet. Gruppa har i tillegg sett seg eit mål om å jobbe omtrent 30 timar i veka for å vere ferdig i god tid.

2.2 Kostnadsrammer

Det er ikkje sett noko konkret kostnadsramme til prosjektet, ettersom dette i stor grad er teoretisk arbeid, utarbeiding av dokumentasjon og programmering på skulens PLS-lab. Om det skal gjerast innkjøp blir det avgjort om dette er noko som HVL eller Sunnfjord Energi skal dekke, alt etter kven som skal ha eigarskap til dette i ettertid. HVL vil dekke utgifter til dei obligatoriske delane av bacheloroppgåva, som blant anna er plakater og utskrift av sluttrapport. Sidan HVL og SEAS held til i Førde, vil det ikkje førekome nokon betydelege reiseutgifter i samband med prosjektet.

2.3 Avgrensing av produktet

Prosjektgruppa skal prosjektere ein kraftverksimulator som skal kunne styrast med PLS. Ved starten av prosjektet såg vi føre oss at simulatoren skulle fungere for alle kraftverk. Undersøkingar vi har gjort har ført til at vi vil avgrense oss til eit bestemt kraftverk slik at vi kan klare å halde oss innanfor tidsrammene. Det var også planlagt at vi skulle bygge simulatoren, men etter rådføring med rettleiarar, har vi komen fram til at det ikkje let seg gjere grunna tidsrammene.

Prosjektet vil omhandle planlegging av ein kraftverksimulator, med kostnadsoverslag og val av utstyr. Vi skal kartlegge dei ulike sekvensane som skjer i den aktuelle kraftstasjonen (start, stopp og klargjering). Til dei ulike sekvensane skal det også utarbeidast feilsenario for å teste kontrollanlegget. Alle funksjonar, sekvensar og feilsenarioar skal dokumenterast i ei funksjonsbeskriving for kraftverkssimulatoren. PLS programmering vil være ein sentral del av oppgåva. Her skal alle dei ulike "blokkene" for sekvensstyringa programmerast og koplast saman. For prosjektpresentasjonen skal nokon av desse simuleringane visast.

2.4 Tilgjengelege ressursar

For å løyse oppgåvene vil vi trenge tilgang til eksterne kunnskapsressursar. Stort sett vil desse ressursane avgrense seg til rettleiarar og faglærarar ved skulen. Tilgjengelegheit på fagstoff kan være svært varierende under dette prosjektet. Søkedatabasen til biblioteket, faglitteratur og fagpersonar er sikre kjelder til informasjon, medan ein må være kritiske til dei kjeldene ein brukar via nettstadar. Det meste av materielle som dette prosjektet vil krevje er tilgjengeleg på skulen sitt område.

3 Mål

3.1 Mål for deltakarane

Målet for deltakarane i dette prosjektet er å planlegge og utarbeide eit forslag til ein kraftverksimulator som både vi, rettleiarar og oppdragsgjevar vil vere nøgd med. Vi håpar på å få nytta kunnskapen vi har tileigna oss undervegs i ingeniørstudia, men også å få meir kunnskap både innanfor våre fagfelt og prosjektarbeid. Godt samarbeid, planlegging og strukturert arbeid vil vere avgjerande for å få dette prosjektet i mål. Alt dette vil gjere deltakarane i gruppa meir rusta for arbeidslivet, som er målet i det lange løpet.

3.2 Mål for ferdig produkt

Målet er å utarbeide eit forslag til ein kraftverksimulator som vil vere mogeleg for seinare bachelorgrupper å byggje eller utvide funksjonane til. For å nå dette målet må val av komponentar og løysingar vurderast grundig. I tillegg til forslaget til kraftverksimulatoren skal det utarbeidast ei funksjonsbeskriving, denne må vere ryddig og presis.

3.3 Hovudmål

"Prosjektere ein kraftverkssimulator som kan styrast ved hjelp av PLS."

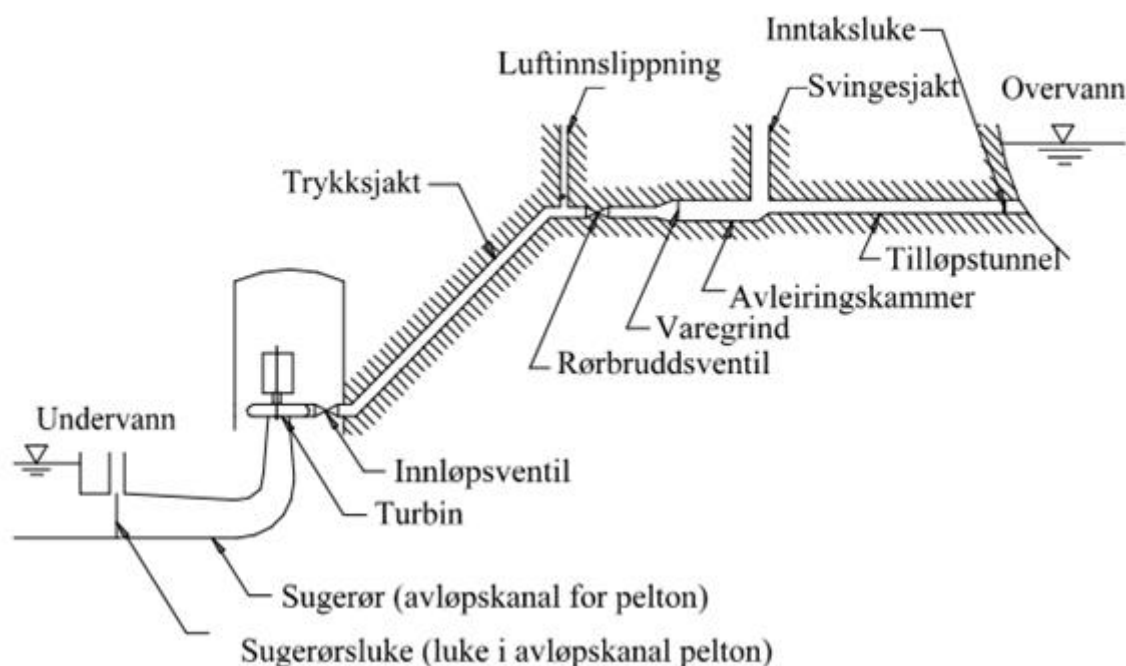
3.4 Delmål

- Utarbeide og få godkjent prosjektbeskrivelse, forprosjektrapport og hovudrapport
- Opprette heimeside, samt halde den oppdatert
- Utarbeide budsjett, risikoanalyse, gantt-diagram
- Finne forslag til kraftelektronikk som kan nyttast ved testing av dei logiske funksjonane i kontrollanlegget
- Lage ein funksjonsbeskrivelse for kraftverksimulatoren sine funksjonar og grensesnitt
- Programmering av SW
- Utarbeide pressemelding og plakat
- Presentere det teoretiske arbeidet og forslaget som er utført for å kome i mål
- Gjennomføre prosjektet i samsvar med framdriftsplan og budsjett som vi har sett oss
- God dokumentering av alle prosjektfasane

4 Teori

4.1 Vasskraftverk i Noreg

I 1870 åra byrja ein å produsere elektrisk energi med vasskraft. Noreg har eit naturleg godt utgangspunkt for vasskraftproduksjon med alle sine fjell og dalar i kystnære strøk. Vestlandet er den delen av Noreg som klart utpregar seg til dette føremålet. Noreg er i dag Europas største produsent av vasskraft, og nummer sju på verdsbasis [1].



Figur 1 - Vasskraftverk [2].

Vasskraftverkets oppbygning varierer frå kraftverk til kraftverk. Skissa over viser eit høgtrykkskraftverk. I denne rapporten vil vi ta føre oss dei komponentane i kraftverket som vi ser på som sentrale i forhold til kraftverksimulatoren vi skal prosjektere.

For å kontrollere om kontrollsystemet fungera slik som ønskja, vil kraftverksimulatoren også sende ulike feilmeldingar ved dei ulike sekvensane. Vi kjem til å sende feilmeldingar frå alle komponentar som er med i oppgåva. Oversikt over feilmeldingar som simulatoren skal sende ut vil bli lagt ved i hovudrapporten.

4.1.1 Inntaksluke

Inntaksluka er det organet som opnar og lukkar tilgangen til vatn. Luka blir også nytta ved vedlikehald i tilløpstunellen og varegrinda. Inntakslukene kan vere med å regulere vasstanden og hindre flaum. Kontrollsystemet til vasskraftverket vil sende ut signal om at luka skal opne eller lukke, alt etter kva sekvens kraftverket er i. Simulatoren vil då sende signala "open", "lukka", "5% open" (fyllestilling) og eventuelt kor mange prosent den er open tilbake.

4.1.2 Ventilar

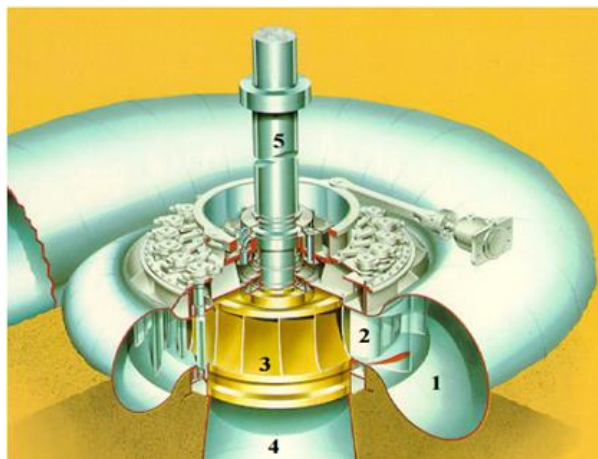
Innløpsventil har som oppgåve å stenge av eller opne for vasstilførsel til turbinen. I dag er kuleventil mest nytta. Ved opning av hovudventilen må det vere likt trykk på begge sider av ventilen. For å jamne ut dette trykket nyttar ein omløpsventil (bypass). Den fungera på den måten at det er montert eit mindre røyr mellom oppstraums- og nedstraumsside av stengeventilen. For å finne ut om det er likt trykk på begge sider av innløpsventilen, er det ein trykksensor på kvar side av innløpsventilen.

Ved oppstart av anlegget gir kontrollsystemet beskjed om å opne bypassventilen. Ved simulering av bypassventilen, vil simulatoren sende signala "open" og "lukka" til kontrollanlegget. Bypassventilen er open fram til begge trykksensorane måler likt trykk. Ved likt trykk på begge trykksensorane, vil kontrollanlegget sende signal til kraftverket, i vårt tilfelle kraftverksimulatoren, om å opne innløpsventilen. Simulatoren vil sende tilbake signala "open", "lukka" og eventuelt kor mange prosent open.

4.1.3 Turbinar

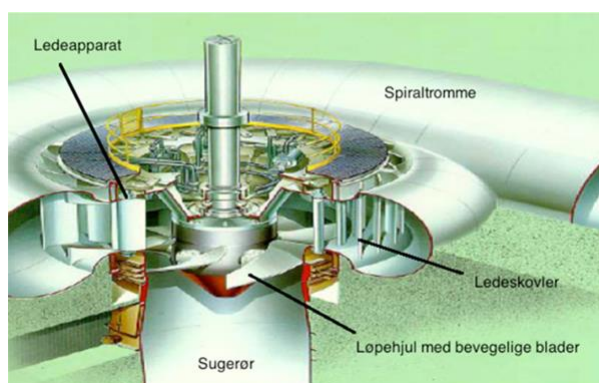
Oppgåva til turbinen i eit vasskraftverk er å omdanne potensiell eller kinetisk energi til mekanisk energi. Vi skil mellom dei tre hovudtypane francis-, kaplan- og peltonturbinen.

Francisturbinen har vridbart ledeapparat. Dette skal simulerast. Kontrollsystemet sende signala "opne", "lukke" eller ein viss prosent det skal opne. Kraftverksimulatoren vil då sende tilbake "lukka" eller kor mange prosent ledeapparatet er opent (0-100%).

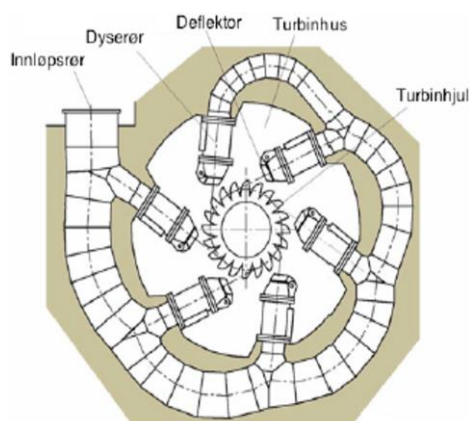


Figur 2 - Francisturbin [2].

Kaplanturbinen har også justerbart ledeapparat, som vil bli simulert på same måte som ledeapparatet til francisturbinen. I tillegg har kaplanturbinen vridbare løpeskovler. Kontrollsystemet sende signala "opne", "lukke" eller kor mange prosent det skal vere opent. Kraftverksimulatoren vil då kunne sende tilbake kor mange prosent det er opent.



Figur 3 - Kaplanturbin [2].



Peltonturbinen skille seg ifrå dei to andre ved at den har nåler med deflektor. Nålene vil vi simulere ved å sende signal om kor mange som er opne eller lukka. Deflektorane vil også bli simulert ved at vi gir signal om dei er lukka eller kor mange som er opne.

Figur 4 -Peltonturbin [2].

I tillegg skal kraftverksimulatoren simulere bremse, effekten turbinane levere og effektbrytar. Bremsene vil få kommandoen "av" og "på", og vil gi same signal tilbake. Ved simulering av effekt vil det bli sendt ut ein viss effekt. Når effektbrytaren er ute, vil det bli sendt ut 0 W. Ved simulering av effektbrytaren inne vil kraftverksimulatoren halde ein fast RPM, medan ved effektbrytaren ute vil RPM bli justert.

4.1.4 Turbinregulator

Turbinregulatoren har som oppgåve å regulere turtalet til turbinen. Dette blir gjort ved å auke vassmengda som igjen aukar turtalet, og minke vassmengda for å redusere turtalet. Turtalet blir også redusert ved at lasta aukar, og omvendt ved lastavslag. Det er ønska å halde merketurtall for å halde frekvens så nærme 50Hz som mogeleg. Ein brukar 50 Hz som standard i Norge for at ein skal kunne få synkronisert generatorane til å samarbeid med lasta [2].

Simulering av turbinregulatoren vil gå føre seg på den måten at vi endre turtalet ved at nåler eller ledeapparat opne og lukkar.

4.1.5 Generator

Generatoren har som oppgåve å omdanne rørsle til elektrisk energi. I kraftstasjonar er det to typar generatorar som blir brukt, synkron- og asynkrongenerator. Det er synkrongeneratoren som er mest brukt, og vi vil derfor ta utgangspunkt i den [2]. Vi kjem til å simulere temperatur i viklingane til generatoren og temperatur i lager. For å kunne utløyse ønska vern, må vi endre temperaturane slik at dei overstige maks temperaturen. Viklingane skal ikkje overstige 130°C og lager har maks temperatur 80°C.

Synkrongeneratoren blir magnetisert ved hjelp av ein likestraumskjelde. Her blir rotoren enten statisk magnetisert via børster eller sleperingar, eller børstelaus via ei roterande diodebru som er montert på rotor og likerettar og forsyner seg sjølv.

4.1.6 Spenningsregulator

Regulatoren har som oppgåve å halde generatorspenninga stabil. Utfordringa til regulatoren kjem når belastning til generatoren aukar eller avtar. Ved auka belastning synk spenninga, og ved

lastavslag aukar spenninga. Spenningsregulatoren føler på spenninga til regulatoren kontinuerlig, og regulerer deretter. I praksis blir magnetiseringsstraumen til generatoren aukt, og redusert for å senke spenninga [2]. I dette prosjektet skal vi ta i mot ein DC spenning/straum frå kontrollanlegget. Når den blir større skal vi auke spenning ut frå vår «generator», og omvendt når den minkar.

4.1.7 Generatorvern

I kraftstasjonar blir det brukt ulike typar vern for å beskytte utstyret ved feil. Vi har som regel to typar feil på generator:

Elektriske feil:

Dette er kortslutningar, vindingsfeil på viklingane og jordfeil.

Mekaniske feil:

Desse feila kan føre til elektriske feil som jordfeil og kortslutning.

Når det oppstår feil begynner vernet med tiltak for å unngå skader, og for å unngå skader som forplantar seg rundt i anlegget.

Det er tre hovudtiltak som blir satt i gang ved feil på generator:

Fråkopling:

Fråkopling av effektbrytar og feltbrytar. Effektbrytaren koplar generatoren vekk frå resten av nettet.

Feltbrytaren koplar ut magnetiseringsstraumen, og når magnetiseringsstraumen blir fråkopla blir generatorspenning lik null.

Stopp:

Fråkopling av effektbrytar og feltbrytar, vasstilførsel blir stengt.

Hurtigstopp:

Også kalla "naudstopp"; Vasstilførselen blir stengt, effektbrytar og feltbrytar fråkopla. Her blir det i tillegg brukt bremsar for å raskt redusere turbinen sin hastighet.

Tabell 2 - Ulike typar vern [2].

Typar vern	Førebyggjande vern	Skadebegrensande vern	Funksjonar
Statorjordfeilvern		X	Stopp
Rotorjordfeilvern		X	Stopp
Impedansvern		X	Stopp
Differensialvern		X	Stopp
Overstraumsvern		X	Stopp
Vibrasjonsvern	X		Hurtigstopp
Lagerstraumvern	X		Stopp
Rusingvern	X		Hurtiglukking av turbin
Overspenningsvern	X		Fråkopling
Termiskvern(Overlast)	X		Utkopling av effektbrytar
Skeivlastvern	X		Utkopling av effektbrytar

Rusevern:

Vernet har som oppgåve å hindre at turtalet til generator og turbin aukar over det som er nominelt. Turtalet blir registrert av turtalsmålar, det er satt ein maks grense for turtal før vernet koplar inn. Generatorane er dimensjonert for å ha litt margin på turtalet over merketurtal.

Dei ulike verna har som oppgåve å beskytte generatoren. Vi kjem berre til å teste rusevernet blant desse verna. Det skal vi gjere ved å auke turtalet mykje over merketurtal. Det blir hovudsakleg logikken til kontrollanlegget vi kjem til å teste.

4.2 Programmering

Programmering i dette prosjektet vil gå føre seg i «TIA Portal» som er ein programmeringsplattform felles for Siemens PLSar, vi brukar Siemens PLS etter ønske frå oppdragsgjevar. Sidan vi har typen Siemens Simatic S7-1500 på skulen vil vi nytte oss av den. Programmeringa vil gå føre seg i «funksjonsblokker» då dette kan programmerast oversiktleg, og tillèt oss derfor enkelt ha oversikt over heilheita ettersom fleire av gruppemedlemmane kjem til å delta i prosessen.

4.2.1 Programmeringsspråk

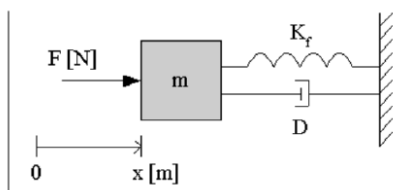
Vi kjem til å nytte oss av FBD og SCL.

FBD er eit grafisk programmeringsspråk der ein plasserer blokker med funksjonar inn i blokka, og koplar saman ulike inngang og utgang på blokkene som skal kommunisere. I blokkene som blir nytta i FBD er det logikk. Vi har her brukt strukturert tekst, der vi skrive inn betingelsar på kva som skjer ved ulike forutsetningar.

Begge språka vi brukar er definert av IEC 61131-3, som er ein internasjonal standard for korleis eit programmeringsspråk skal vere [2].

4.2.2 MFD (Masse Fjør Dempar)

Masse Fjør Dempar algoritmen er basert på Newtons andre lov ($F=m \cdot a$) som er basert på matematisk modell for kraftbalanse.



Figur 5 - MFD modell [2].

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -D \frac{dx}{dt} - K_f x + F$$

der

- $x [m]$ er klossens posisjon
- $F [N]$ er kraften som påvirker klossen
- $m [kg]$ er klossens masse
- $D [N/(m/s)]$ er dempekonstanten ($D \frac{dx}{dt}$ er dempekraften)
- $K_f [N/m]$ er fjærkonstanten ($K_f x$ er fjærkraften)

Figur 6 - MFD formalar [2].

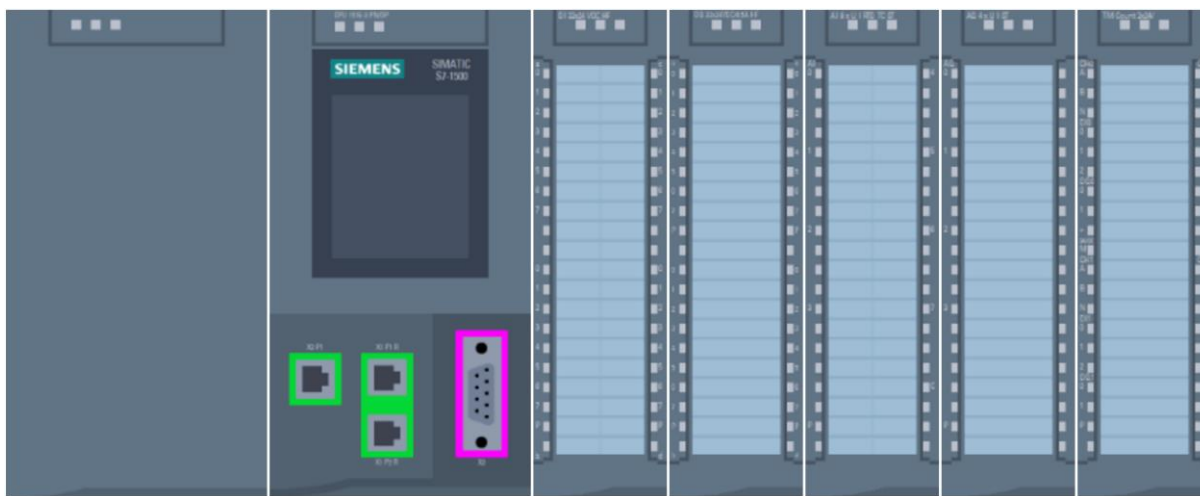
Vi blei kjent denne modellen i emnet «Prosesstyring» der vi brukte denne i forbindelse med simulering. Denne var då tilknytt ein PID-regulator som justerte, mens MFD gjenspeglar ein reguleringsprosess. MFD har ein «fjær» funksjon, som lagar ustabilitet i systemet ved endring, på denne måten blir reguleringa meir reell. System regulerar seg aldri heilt stabilt i realiteten.

4.3 Komponentar

4.3.1 Siemens PLS

Siemens Simatic S7-1500 er felles betegnelse for denne typen serien med CPU.

Den inneheld også straumforsyning og IO moduler som ein ser på figuren under.



Figur 7 - Oversiktbilde av PLS med fem forskjellige IO modular [3].

4.3.1.1 Straumforsyning

Straumforsyning på 190W som leverer straum til PLS og IO moduler.

Namn på modul: «Load current supply PM 190W, 120/230 V AC, 24 V DC, 8 A»

4.3.1.2 CPU

Dette er sjølve PLSen. Den har blant anna innebygd PROFINET og PROFIBUS.

Namn på modul: «CPU 1516-3 PN/DP, 1MB PROG., 5MB DATA»

4.3.1.3 Digitale inngangar

Digital inngangs modul til PLS med 32 inngangar. Leser høgt signal ved 24VDC på inngangen.

Namn på modul: «DI 32x24VDC HF»

4.3.1.4 Digitale utgangar

Digital utgangs modul til PLS med 32 utgangar. Ein gir ut 24VDC ved aktivert utgang.

Namn på modul: «DQ 32x24VDC/0.5A HF»

4.3.1.5 Analog inngangar

Analog inngang til PLS-en med 8 inngangar. Kan lese straum (0/4-20mA), spenning (-10-10V) og temperatur (resistans).

Namn på modul: «AI 8xU/I/RTD/TC ST»

4.3.1.6 Analog utgangar

Analog utgang til PLS-en med 4 utgangar. Kan gi ut straum eller spenningssignal alt etter korleis ein konfigurerer modulen.

Namn på modul: «AQ 4xU/I ST»

4.3.1.7 Digital tellemodul

Digital tellemodul. Tel pulsar opp til 200kHz, og kan gi ut pulsar på opp til 10kHz. For å simulere eit turtal treng ein tellemodul som kan gi ut pulsar kjapt.

Namn på modul: «TM Count 2x24V»

4.3.2 Siemens HMI

På skulen har vi ein 7" trykkfølsom skjerm som vi tenker å nytte i dette prosjektet. Den kan vi kople opp mot Siemens PLS for enkel betjening av funksjonar. HMI er eit grensesnitt mellom menneske og maskin. Er oftast ein trykkfølsom skjerm eller ei datamaskin. Panelet vi har tenkt å bruke heiter TP700 Comfort.



Figur 8 - TP 700 Comfort HMI [3].

4.3.3 Digitalt potensiometer

Vi skal simulere fleire PT100 element i denne oppgåva. Eit PT100 element er ein motstand som regulerer seg linjert med temperaturen. PT100 elementet gir 100Ω ved 0°C. For å simulere temperatursensorar brukar vi eit digitalt potensiometer. Eit potensiometer er ein regulerbar motstand.



Figur 9 - Digitalt potensiometer [4].

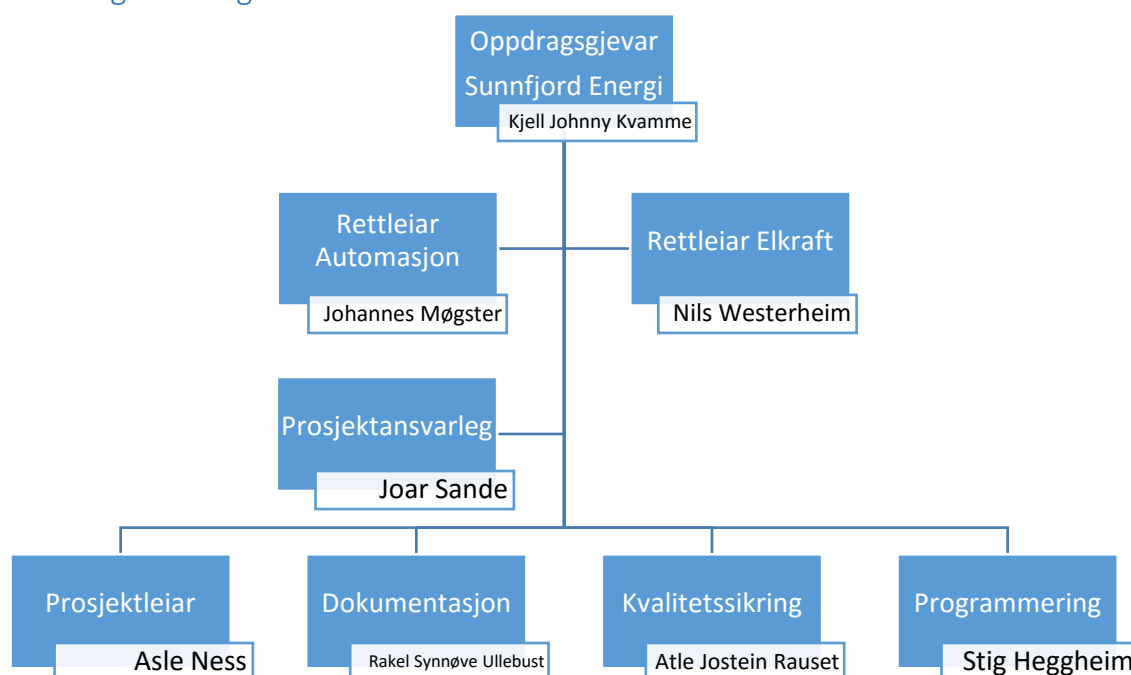
Vi har valt å bruke ein chip som heiter AD8400. Den får ein med ein, to, eller fire utgangar. Det digitale potensiometeret vi har valgt er på 1000Ω , og har 256 steg. Det vil seie at vi har om lag $3,9\Omega$ per steg. ($\frac{1000\Omega}{256} = 3,90625\Omega$).

5 Konklusjon

Forprosjektrapporten er grunnlaget som hovudprosjektet byggjer på, og beskriv korleis vi skal gjennomføre oppgåva gitt til oss av Sunnfjord Energi AS. Det endelege målet for hovudprosjektet er som nemnt i starten av denne rapporten "Prosjektare ein kraftverkssimulator som kan styrast ved hjelp av PLS.". I tillegg har vi sett delmål for å nå hovudmålet. Undervegs i arbeidet med denne rapporten har vi sett oss andre mål og rammer enn dei vi skreiv i prosjektbeskrivelsen.

6 Prosjektadministrasjon

6.1 Organisering



Figur 10 - Organisasjonskart

6.1.1 Oppdragsgjevar

Oppdragsgjevaren til dette prosjektet er kraftselskapet Sunnfjord Energi AS. Verkeområda til selskapet er kraftproduksjon, drift og bygging av nett og sal av kraft til bedrifter og hushald. SEAS er delt inn i fire avdelingar; stasjon, nett, marknad og administrasjon. Desse avdelingane tel om lag 110 årsverk. Hovudkontoret ligg i Førde, men har også avdelingar på Skei i Jølster, Sande i Gaular, Hålandsfossen i Fjaler, Leirvik i Hyllestad og Hardbakke i Solund. Det er også fast personell i kraftstasjonane Stakaldefossen og Øvre Svultingen. SEAS har 10 kraftverk med totalt 14 aggregat som produserar straum og bidrog med dette til årsresultatet for 2015 som var på 35.5 Millionar [4].

6.1.2 Prosjektgruppa

Prosjektgruppa består av fire studentar som gjennomfører hovudprosjekt i samband med ingeniørstudia «Energi, elkraft og miljø» og «Automatiseringsteknikk». Gruppa er samansett av medlemmar med ulik utdanning og arbeidsbakgrunn. Atle Jostein Rauset og Stig Heggheim har bakgrunn som elektrikar, Asle Ness har bakgrunn som energimontør, medan Rakel Synnøve Ullebust har gått studiespesialisering med realfag, og har ingen elektrorelatert bakgrunn. I denne gruppa har Asle Ness fått rolla som prosjektleiar.

Tabell 3 - Kontaktinformasjon for prosjektgruppa

Asle Ness	ness.asle@gmail.com
Atle Jostein Rauset	a_rauset@hotmail.com
Rakel Synnøve Ullebust	rakelsu@stud.hisf.no
Stig Heggheim	stigh123@gmail.com

6.1.3 Styringsgruppa

Styringsgruppa har eit overordna ansvar i forhold til gjennomføringa av dette prosjektet. Gruppa har som oppgåve å drøfte og ta viktige avgjersler. Den er samansett følgende:

Tabell 4 - Kontaktinformasjon for styringsgruppa

Kjell Johnny Kvamme	Ekstern rettleiar.	kjell.johnny.kvamme@sunnfjordenergi.no
	Kontaktperson frå SEAS	
Joar Sande	Prosjektansvarleg	joar.sande@hvl.no
Nils Westerheim	Rettleiar EEM	nils.westerheim@hvl.no
Johannes Møgster	Rettleiar AUT	johannes.mogster@hvl.no
Asle Ness	Prosjektleiar	ness.asle@gmail.com

6.2 Ansvarsfordeling

Vi har som mål at alle gruppedeltakarane skal få kjennskap til alle dei ulike fasane og emna dette prosjektet inneheld. Vi har fordelt hovudansvaret på dei ulike delane av prosjektet, denne fordelinga er gjort basert på medlemmane sine kvalitetar, erfaring og ynsker.

Asle Ness er prosjektleiar og vil ha hovudansvar for det administrative knytt til gjennomføringa av prosjektet. Dette inneberer arbeidsfordeling og oversikt over framdrifta i forhold til fristar og framdriftsplan. Asle kjem til å vere involvert i både elkraft- og automatiseringsoppgåver for tverrfagleg godskriving.

Atle Jostein Rauset har ansvaret for kvalitetssikring av arbeidet og kraftelektronikk, og vil i tillegg ha delt ansvar om rapportskrivinga. Kvalitetssikring inneber kritisk gjennomgang av arbeidet gruppa har gjort. Atle kjem til å vere involvert i både elkraft- og automatiseringsoppgåver for tverrfagleg godskriving.

Rakel Synnøve Ullebust er dokumentasjonsansvarleg og har hovudansvar for elkraftdelen av oppgåva. Rakel vil være den på gruppa som har hovudansvaret for dei formelle dokumentasjonskrava til bacheloroppgåva, men vil få hjelp av dei andre. Ettersom ho er den einaste med rein bakgrunn frå elkraft, vil ho ta seg av dei "tyngste" jobbane innanfor elkraftteorien.

Stig Heggheim har hovudansvaret for programmering og spesifikk automatiseringsteori. Han vil ha ei sentral rolle i den praktiske delen av prosjektet som inneberer testing og val av komponentar. Stig kjem også til å jobbe med utarbeiding av teknisk dokumentasjon.

Kvart medlem har eit ansvar for å innhente informasjon og dokumentere sitt eige arbeid. Oppdateringar og informasjon vil bli gjennomgått i fellesskap i gruppa, slik at gruppemedlemmane får innsikt i dei ulike emna prosjektet omfattar. Dette er ein avgjerande faktor for at prosjektet skal lukkast. Prosjektleiari har som oppgåve å følge opp at dette vert gjort. Ansvarsfordelingane vi har sett opp er eit utgangspunkt for prosjektet.

6.3 Milepålar/GANTT

Vi har utarbeida GANTT-diagram for å sikre ein jamn og oversiktleg framgang under prosjektperioden. Diagrammet har vi laga ved hjelp av Microsoft Excel. I tillegg til dei milepålane som er førehandsbestemt frå HVL, har bestemt egne etter forventet framdrift. GANTT hjelper oss til å nå måla våre til bestemt tid. Milepålane gjevne av HVL er markert med oransje strekar i gantt-diagrammet. Dette er fristar som må haldast for å få prosjektet godkjend. Våre egne milepålar er derimot vegleiarande. GANTT-diagrammet vil kunne endre seg ved uforutsette hendingar, som lang leveringstid på komponentar eller justering av oppgåva. Framdriftsplanen er presentert i vedlegg 3. Oversikt over milepålane er presentert i vedlegg 2.

6.4 Møteplan

Vi har lagt opp til møte for styringsgruppa kvar 14. dag. Dette for å halde god kontakt med styringsgruppa og gje desse jamnleg oppdatering. Dei får då ei betre oversikt over kvar i prosjektet vi har kome, og kva som blir neste steg. I tillegg vil dei kome med rettleiing ved behov. Prosjektgruppa vil gjennomføre uformelle prosjektmøter kvar veke. Møteplanen for styringsgruppa kan finnast i vedlegg 4.

6.5 Arbeidsmetodar

Hovudprosjektet skal utarbeidast etter ei rekke retningslinjer sett av HVL. Dette inneberer arbeidskrav som blant anna forprosjektrapport, pressemelding, plakat og presentasjon. Dette er mål ein arbeider mot gjennom heile prosjektfasen. Gruppemedlemmane baserar arbeidet stort sett på gruppearbeid, der ein har tre faste dagar i veka ein jobbar saman. Dei resterande timane er sett av til sjølvstendig arbeid med kvar sine arbeidsoppgåver. Organiseringa legg opp til at alle deltakarane i gruppa tek ansvar for felles mål og fastsette arbeidsoppgåver.

Vi kjem til å nytte skulen sitt utstyr til testing av komponentar for å bekrefte at funksjonaliteten er som ønska. Sidan vi skal utarbeide eit forslag til testtriggen og ikkje byggje, vert det lite praktisk arbeid. Gruppa legg vekt på å dokumentere grundig underveis for å få ein jamnare framgang og ha eit godt grunnlag for sluttrapport. Vi held tett dialog med rettleiarane for å få eit best mogeleg fagleg resultat.

6.6 Dokumentstyring

I dette prosjektet har vi valt å nytte oss av OneDrive og Office-pakken med 2016 Version. OneDrive er ein nettlagringssteneste med funksjonar som gjer det mogeleg å samarbeide om eit dokument på

forskjellege datamaskiner samtidig, utan at det skapar duplikat. OneDrive gjev i tillegg fordelen med at alt er trygt lagra digitalt på nett, samt at ein kan arbeide på dokument so lenge ein har internettilkopling. Kvar enkelt gruppelem får med denne tenesta betre oversikt over prosjektet og større valmogelegheit av arbeidsplass.

6.7 Tidsbruk

Bacheloroppgåva ved ingeniørutdanninga til HVL gjev ved godkjend karakter 20. studiepoeng. Oppgåva skal ha omfang på 500 timar pr. Student. Tidsbruk blir loggført kvar dag, her oppsummerar ein og kva det er blitt arbeidd med denne dagen. Dette systemet gjer det enklare for oss i den avsluttande fasen av prosjektet. Det er ikkje sett noko grense for kor mykje tid det skal setjast av til kvar enkelt del av prosjektet, men gantt-skjemaet som er utarbeida viser kva dato dei ulike fasane skal være avslutta. Vi er opptatte av at tidsbruken skal gjenspegle framdrifta i prosjektet.

6.8 Økonomi og budsjett

Det skal lagast eit forslag til budsjett for den planlagde kraftverksimulatoren. Den vil innehalde kva og kor mange komponentar som er vald med pris for dette. Vi vil diskutere med oppdragsgjevar undervegs for tips og ønskjer ved val av utstyr. I tillegg skal vi lage eit budsjett som er knytt til sjølve prosjektet. Det vil innebere transport, komponentar til testing og undersøkingar og andre utgifter knytt til gjennomføring av prosjektet. Det sistnemnte budsjettet kan finnast i vedlegg 1. Budsjett for kraftverksimulatoren vil bli presentert i hovudrapporten.

7 Prosjektnettstad

I tilknytning til hovudprosjektet skal det i starten av prosjektet opprettast ein nettstad for prosjektet. Denne skal kontinuerlig oppdaterast med status og nyhende for prosjektet. På nettstaden vil det bli delt dokument undervegs som forprosjektrapport, pressemelding, plakat og sluttrapport. Vi vil legge ut status for prosjektet kvar torsdag. Utforminga av nettstaden er gjort i Webnode, som er eit gratis og enkelt publiseringsverktøy på web. Det viktigaste med nettstaden er at den gjev eit profesjonelt uttrykk og funksjonalitet for våre lesarar.

Nettstaden kan finnast på: <http://kraftsim.webnode.com>

8 HMT- HELSE, MILJØ OG TRYGGLEIK

8.1 Risikoanalyse

Ei risikoanalyse er eit verktøy vi nyttar oss av til å kartlegge og beskrive kritiske suksessfaktorar for hovudoppgåva vi skal i gang med. Risikoanalysa viser kva vi kan forvente å støyte på av problem og farar under utføringa av prosjektet. Føremålet med å utarbeide denne er å hindre at personar og materiell skal kome til skade og at ein skal komme i mål med prosjektarbeidet ved å sikre kontinuerleg framdrift.

Risiko vert kalkulert etter kriteriet: Sannsynlegheita for at hendinga inntreff * konsekvensen av at det inntreff. Faktorane sannsynlegheit og konsekvens er numerisk skalert frå 1-5, der 1. er ubetydeleg, medan 5 er alvorleg. Tar ein produktet av desse to faktorane kan ein oppnå ein maksimalverdi på 25.

For kvar post i risikovurderinga er det gruppedeltakarane som kritisk har skalert dei ulike faktorane opp mot forventningar og utført planleggingsstadie.

Førebyggjande tiltak må gjerast dersom risikofaktoren vert høg. Tiltak skal utførast dersom risikoverdien kjem over grense fastsett av gruppedeltakarane. Verdier mellom 1-7 blir sett på som lav risiko, der ein ikkje ser behov for å gjere tiltak. Ved ein risikoverdi på eller over 8 skal tiltak utarbeidast og utførast for å senke risikoen. Dersom risiko vert vurdert 15 eller meir skal det utarbeidast tiltak og plan for oppfølging av desse, ettersom vi ser på dette som alvorleg. Utfordringar for prosjektet i HMS samanheng er lista opp i vedlegg 5.

9 Kjelder

- [1] A. Vinjar og K. Hofstad, «Store Norske Leksikon,» 19 April 2016. [Internett]. Available: <https://snl.no/vannkraft>. [Funnen 25 Januar 2017].
- [2] R. S. Ullebust, A. J. Rauset, S. Heggheim og A. Ness, «Aggregatsimulator,» HISF, Førde, 2016.
- [3] Siemens, «TIA Selection Tool,» [Internett]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/spice/TSTWeb/>. [Funnen 7 Februar 2017].
- [4] «Sunnfjord Energi,» 12 01 2017. [Internett]. Available: <http://www.sunnfjordenergi.no/>.
- [5] A. Devices, «Elfa.no,» Analog Devices, [Internett]. Available: <https://www.elfadistelec.no/no/potensiometer-ic-kohm-so-analog-devices-ad8400arz1/p/17322444?q=173-22-444&page=1&origPos=1&origPageSize=50&simi=98.0>. [Funnen 25 Januar 2017].
- [6] Siemens, «acdsupply.com,» Siemens, [Internett]. Available: <https://acdsupply.com/siemens-6av21448gc100aa0>. [Funnen 25 Januar 2017].

10 Vedlegg

Vedlegg 1 - Budsjett forprosjektrapport

Vedlegg 2 - Milepålar

Vedlegg 3 - Gantt diagram

Vedlegg 4 - Møteplan

Vedlegg 5 - Risikoanalyse

AVTALE OM BACHELOROPPGÅVE VED HiSF-AIN

Dato:

Oppgåvetittel: Aggregat-simulator

Involverte i oppgåva:

Studentar: Asle Ness, Rakel Ullebust, Atle Rauset og Stig Heggheim

Oppdragsgivar: Sunnfjord Energi v/ Kjell Johnny Kvamme

Prosjektansvarleg: Joar Sande

Styringsgruppe: Kjell Johnny Kvamme, Joar Sande, Nils Westerheim og Asle Ness

Finansiering: Høgskulen i Sogn og Fjordane. Under bacheloroppgåve må eventuelle ekstra behov leggst fram for Sunnfjord Energi.

Reglar for gjennomføring og bruk av resultatet:

Mellom studentane, HiSF-AIN og Sunnfjord Energi er det inngått følgjande avtale:

- 1) Avtalen blir gjeldane for emnet Systememne hausten 2016 og bacheloroppgåve våren 2017.
- 2) Høgskulen kan ikkje, overfor eventuell ekstern samarbeidspartnar, garantere sluttresultatet på eit studentprosjekt.
- 3) Ekstern samarbeidspartnar skal ha kopi av rapporten.
- 4) Oppgåveresultatet, med rapport, teikningar, modell, apparatur, program osv. er Sunnfjord Energi sin eigedom. HiSF sin bruk av resultatet/rapporten er avgrensa til undervisnings-, rekrutterings og forskningsformål, og skal utøvast i forståing med Sunnfjord Energi.
- 5) Studentane og ekstern samarbeidspartnar godkjenner at rapporten kan kopierast til andre. AIN har høve til å redigere og nytte informasjon frå denne presentasjonen.
- 6) Deler av rapporten som eventuelt skal vere unnateke offentlegheita, blir lagt i lukka vedlegg, og skal ikkje kopierast eller gjevast innsyn i utan at det er henta inn særskild avtale frå Sunnfjord Energi.
- 7) Rettane til utnytting av resultatet kommersielt eller ved dagleg drift tilfell Sunnfjord Energi.

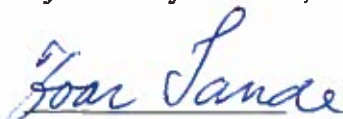
8) Studentane vil få tilgang til konfidensiell informasjon. Studentane plikter å bevare taushet om den informasjonen dei mottar frå Sunnfjord Energi og forøvrig tileignar gjennom prosjektet, men mindre det er gitt særskilt godkjenning frå Sunnfjord Energi. Studentane skal oppbevare alt mottatt skriftlig og elektronisk materiale på forsvarlig måte, slik at ikkje uvedkommande får tilgang til det.

Reglane er aksepterte:

Førde, 28.9.2016



Kjell Johnny Kvamme, Sunnfjord Energi



Joar Sande, HiSF



Nils Westerheim, HiSF



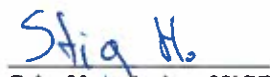
Asle Ness, HiSF



Rakel Ullebust, HiSF



Atle Rauset, HiSF



Stig Heggheim, HiSF