



Høgskolen i Telemark
Fakultet for teknologiske fag
Bachelor i ingeniørfag

RAPPORT FRA 6 SEMESTERS PROSJEKT VÅREN 2012

PRH606 Hovedprosjekt

IA6-6-12

Prosjektering og utvikling av laboratorium med prosessmodell



Fakultet for teknologiske fag

Adresse: Kjølnes ring 56, 3918 Porsgrunn, telefon 35 02 62 00, www.hit.no

Bachelorutdanning - Masterutdanning – Ph.D. utdanning



Høgskolen i Telemark

Avdeling for teknologiske fag

Bachelor i ingeniørfag

RAPPORT FRA 6. SEMESTERS PROSJEKT VÅREN 2012

Emne: PRH606 Hovedprosjekt

Tittel: Prosjektering og utvikling av laboratorium med prosessmodell

Rapporten utgjør en del av vurderingsgrunnlaget i emnet.

Prosjektgruppe: IA6-6-12

Tilgjengelighet: Åpen

Gruppedeltakere:

Henrik Frigaard Rybråten

Åsmund Natås

Andreas Rege

Hovedveileder: *Hans-Petter Halvorsen*

Biveileder: *Morten Pedersen*

Prosjektpartner: *Yara Porsgrunn*

Godkjent for arkivering: _____

Sammendrag:

Dette er en 6. semesters rapport basert på et studentprosjekt i samarbeid med Yara Porsgrunn. Yaras prosessdatavdeling har et laboratorium med flere DeltaV-nettverk. Disse ønsket Yara å oppgradere, samtidig som de ønsket seg en prosessrigg for simulering og opplæring av eget personell. Det var opp til gruppen å komme med forslag til hvilken type rigg som skulle lages. En prosessrigg med vann som prosessmedium ble valgt og prosjektert i 5. semester hvor bestillingslister over deler ble levert. I 6.semester ble laboratorienettverket oppgradert og riggen bygget og programmert. Denne rapporten tar derfor i hovedsak for seg utførelsen av de forskjellige deloppgavene, som for eksempel hvordan komponenter som inngår i prosjektet er satt sammen og programmeringen av reguleringsløyene. Prosessriggen som er bygd består av 5 tanker med ulik utforming og funksjon. I forbindelse med tankene er det ventiler, pumper og måleutstyr som gjør det mulig å styre prosessen med DeltaV. Kontrollnettverket på laboratoriet er oppgradert og består nå av 4 separate DeltaV-nettverk med hver sin RTU og ProPLUS-stasjon. Et av nettverkene er dedikert til prosessriggen, mens de resterende benyttes til å simulere Yaras fullgjødsselfabrikk. Det ble utført en HAZOP-analyse som belyste faremomenter og tiltak rundt drift av riggen. Det er også laget forriglinger i programmet som skal hindre tørrkjøring av pumper, overfylling av tanker og tørrkoking. Gruppen hadde ca. 50 000,00 NOK til disposisjon til utførelsen av prosjektet. Yara stilte i tillegg med alt utstyr til kontrollsystemet og diverse koblingsmateriell. Dette gjorde det mulig å overholde budsjettrammene.

Høgskolen tar ikke ansvar for denne studentrapportens resultater og konklusjoner



Fakultet for teknologiske fag

FORORD

Denne tekniske rapporten er utarbeidet av tre studenter på 3. året Informatikk og Automatisering Y-VEI ved Høgskolen i Telemark. Oppgaven er utført i 6. semester våren 2012 i faget PRH606 Hovedprosjekt.

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom prosjektgruppen og prosessdataavdelingen til Yara Porsgrunn. Gruppen fikk en stikkordsliste med ønsket prosjektinnhold, og utformet oppgaveteksten ut fra denne. Oppgaveteksten i sin helhet er lagt ved som Vedlegg A. Vi vil rette en stor takk til Håkon Wærstad, Stig Myrland, Ingvar Westengen samt resten av avdelingen for deres veiledning og innspill. I tillegg vil vi rette en takk til Anders Løvstad hos Emerson for hjelp med DeltaV og Klaus Aaby fra Goodtech for hjelp med signalomforming.

For å få fullt utbytte av rapporten kreves det noe kjennskap til grunnleggende reguleringsteknikk og Emerson Process Management DeltaV-programmeringsverktøy (heretter referert til som DeltaV). Forkortelser som er brukt i rapporten vil være forklart i nomenklaturlisten.

Dataverktøy som er benyttet er Microsoft Visio, Microsoft PowerPoint, Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft Project, DeltaV og AutoCAD.

Sted: _____

Dato: _____

Åsmund Natås

Henrik Frigaard Rybråten

Andreas Rege

NOMENKLATURLISTE

AI	-	Analog Input
AO	-	Analog Output
CAS	-	Cascade (kaskade)
DC	-	Direct Current
DCS	-	Distributed Control System
DI	-	Digital Input
DO	-	Digital Output
EH	-	Electrical Heater
FFC	-	Flow Fraction Controller
FGJ4	-	Fullgjødsel 4
FIC	-	Flow Indicator Controller
FT	-	Flow Transmitter
HAZOP	-	Hazard and Operability Study
HZ	-	Hand Safety
I/O	-	Input/Output
IP	-	International Protection rating
KVM	-	Keyboard, Visual display unit, Mouse
LAN	-	Local Area Network
LI	-	Level Indicator
LIC	-	Level Indicator Controller
LT	-	Level Transmitter
LV	-	Level Valve
MAC	-	Media Access Control
MPC	-	Model Predictive Control
NC	-	Normally Closed
NO	-	Normally Open
P&ID	-	Prosess og Instrumenterings Diagram
PA	-	Pumpe
PC	-	Personal Computer
PID	-	Proporsjonal Integral Derivat
ProPLUS	-	Professional PLUS
PT-100	-	Platinum Temperatur- 100 Ω ved 0 °C
PV	-	Prosessverdi/Process value
PWM	-	Pulse Width Modulation

RTD	-	Resistans Temperatur Detektor
RTU	-	Remote Terminal Unit
SP	-	Settpunkt
TA	-	Tank
TAG	-	Navn på enhet
TI	-	Temperature Indicator
TIC	-	Temperature Indicator Controller
TT	-	Temperature Transmitter
USB	-	Universal Serial Bus
VAC	-	Voltage Alternating Current
VDC	-	Voltage Direct Current
VLAN	-	Virtual Local Area Network
XV	-	On/Off Valve

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	2
Nomenklaturliste.....	3
Innholdsfortegnelse.....	5
1 Innledning	7
2 Systembeskrivelse.....	8
2.1 Kontrollnettverket	8
2.2 Prosessriggen.....	9
3 Komponenter i kontrollnettverket på laboratoriet	11
3.1 Svitsjer	11
3.2 Servere	12
3.3 KVM.....	12
3.4 Patchepanel.....	13
3.5 Stømforsyning til kontrollnettverket på laboratoriet	13
3.6 Kontrollenheter med I/O-kort	13
4 Komponenter på prosessriggen	15
4.1 Mekanisk.....	15
4.1.1 Tanker.....	16
4.1.2 Rør.....	16
4.2 Elektrisk.....	16
4.2.1 Strømforsyning til riggen	17
4.2.2 PWM	18
4.2.3 Tyristor.....	19
4.2.4 Signalomformere	20
4.3 Måleutstyr.....	21
4.3.1 Trykktransmitter	21
4.3.2 Temperaturmåling.....	22
4.3.3 Mengde/Flow	22
4.4 Pådragsorganer	23
4.4.1 Pumper.....	23
4.4.2 Reguleringsventiler.....	23
4.4.3 Av/På-ventil.....	25
5 Reguleringsteknikk	26
5.1 PID	26
5.1.1 Kaskaderegulering.....	26
5.2 Model- Predictive Control.....	27
5.3 Fuzzy-logikk	27
6 Kontrollnettverket på laboratoriet.....	29
6.1 Oppbygning / oppkobling.....	29
6.2 Virkemåte	30
7 Prosessriggen	32
7.1 Systemoversikt.....	32
7.2 Funksjonsbeskrivelse	33
7.2.1 Normal drift av riggen.....	33
7.2.2 Spesiell drift av riggen.....	34
8 Styresystemet	35
8.1 YARA bibliotek.....	35
8.1.1 TANK_AI.....	36

8.2 HMI.....	36
8.3 Trend.....	37
8.4 Faceplate.....	37
8.5 Alarmsystemets virkemåte	38
8.6 MPC i DeltaV	40
8.7 Fuzzy-logikk i DeltaV	40
8.8 PID i DeltaV.....	40
8.9 Autotuning.....	41
8.10 Konfigurering av DeltaV	42
9 Sikkerhet	44
9.1 HAZOP	44
9.2 Datasikkerhet	44
9.3 Brukeradministrasjon	44
10 Driftsprosedyre Prosessrigg	45
10.1 Tilkopling.....	45
10.2 Klargjøring	46
10.3 Oppstart	47
10.4 Drift av prosessmodell	47
10.5 Normal nedkjøring.....	47
10.6 Nødstop	48
10.7 Frakopling.....	48
11 Testkjøring.....	49
11.1 Justering av regulatorparametre	49
11.2 Testkjøring av riggen.....	51
12 Økonomi.....	54
13 Videre arbeid	57
14 Oppsummering	58
Referanser.....	59
Vedlegg.....	61

1 INNLEDNING

I dette prosjektet har gruppen hatt et samarbeid med prosessdataavdelingen hos Yara i Porsgrunn. Prosjektet strekker seg over 5. og 6. semester og oppgavetekst for hele prosjektet ligger som Vedlegg A.

Gruppen valgte å samarbeide med en lokal bedrift siden det ville gi en relevant oppgave i et faglig sterkt miljø.

Prosjektet går i hovedsak ut på å oppgradere kontrollnettverket på laboratoriet til Yaras prosessdataavdeling og det skal prosjekteres og bygges en fysisk prosessrigg. Denne rapporten beskriver gjennomføringen av prosjektet i 6. semester. Det ble skrevet en egen rapport for prosjekteringsdelen av oppgaven i 5.semester [1]. Det ble her besluttet at det skal bygges en prosessrigg med vann som prosessmedium. I tillegg skal det settes opp 4 separate kontrollnettverk på laboratoriet. Et av nettverkene er dedikert til prosessriggen mens de resterende er til simulering av Yaras fullgjødsselfabrikk.

Riggen skal styres med DeltaV som er et DCS-system fra Emerson Process Management. Det skal lages skjermbilder og programmeres logikk til styring av riggen. Det ble i 5. semester gitt et innføringskurs i DeltaV. I 6. semester vil gruppen kunne kontakte Anders Løvstad fra Emerson til spørsmål rundt konfigurering og programmering. I tillegg har Yara egen kompetanse på området som gruppen kan benytte seg av.

Budsjettrammene for prosjektet er satt til ca. 50 000,00 NOK eks. mva. Midlene skal brukes til oppgraderingen av laboratoriet og deler til riggen. I 5.semester ble det satt opp bestillingslister for deler til riggen og laboratorienettverket.

Kapittel 2 gir en enkel beskrivelse av prosessriggen og kontrollnettverket på laboratoriet. Dette skal gi leseren en overfladisk systemoversikt over prosjektet.

Kapittel 3 tar for seg teorien rundt komponentene som skal brukes i kontrollnettverket.

Kapittel 4 handler om teorien rundt komponentene som vil bli brukt på riggen og hvilke prinsipper de bygger på.

Kapittel 5 beskriver reguleringsteknikk, litt om teori og virkemåte til PID, Fuzzy-logikk og MPC.

Kapittel 6 tar for seg oppbygningen og virkemåten til laboratorienettverket, og litt om kabling og terminering.

Kapittel 7 handler om oppbygning og virkemåten til prosessriggen.

Kapittel 8 tar for seg styresystemet til prosessriggen.

Kapittel 9 handler om sikkerhet. Faremomenter og tiltak knyttet til drift av riggen og styresystemet blir belyst.

Kapittel 10 gir en innføring i hvordan riggen skal kobles opp og kjøres fra styresystemet, DeltaV.

Kapittel 11 viser testkjøring av prosessen med justering av regulatorer og hvordan de ulike reguleringssløyvene oppfører seg.

Kapittel 12 handler om prosjektets økonomi og ressursbruk.

Kapittel 13 beskriver hvilke muligheter som finnes for en eventuell videreføring av prosjektet.

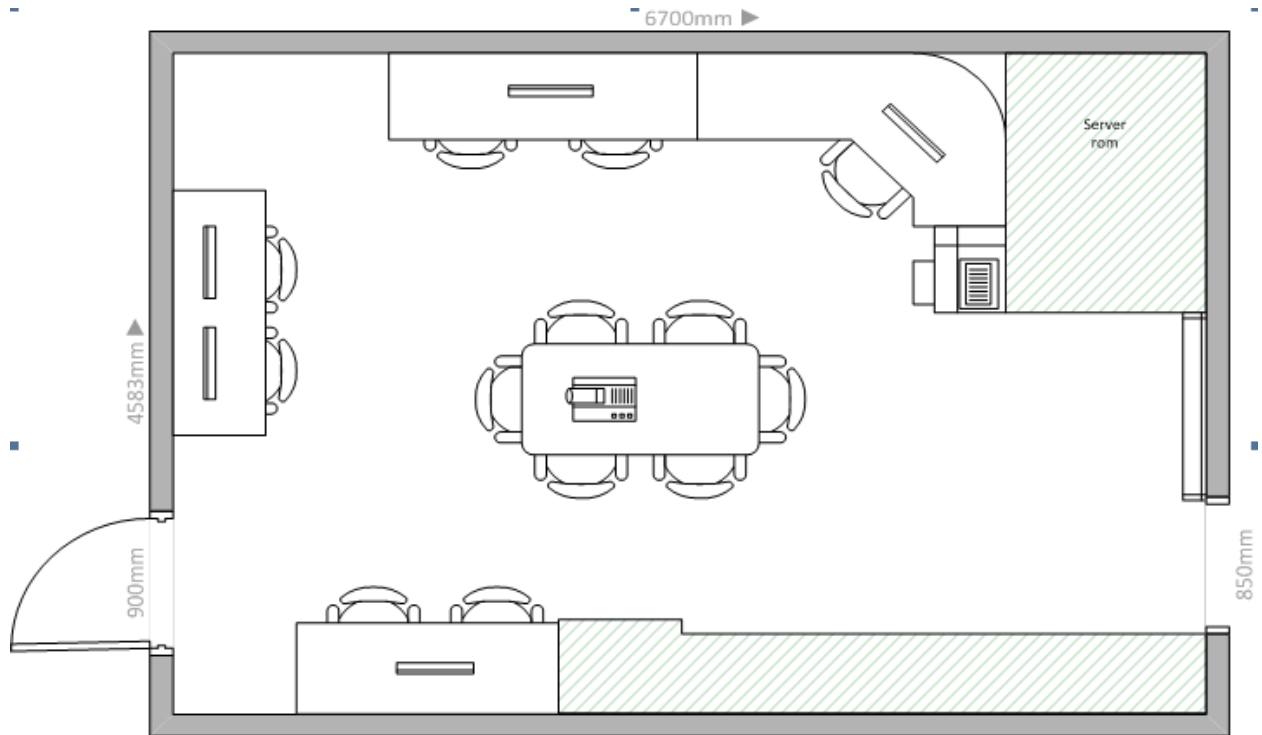
Kapittel 14 oppsummerer prosjektet.

Alle vedlegg det refereres til i rapporten ligger i eget vedleggshefte.

2 SYSTEMBESKRIVELSE

Som beskrevet i innledningen er hovedoppgavene i dette prosjektet å bygge en fysisk prosessrigg som skal styres med styresystemet DeltaV. I tillegg skal kontrollnettverket på laboratoriet til prosessdataavdelingen til Yara oppgraderes. Figur 2-1 viser plantegning av laboratoriet hvor kontrollnettverkene skal kobles opp og prosessriggen skal stå.

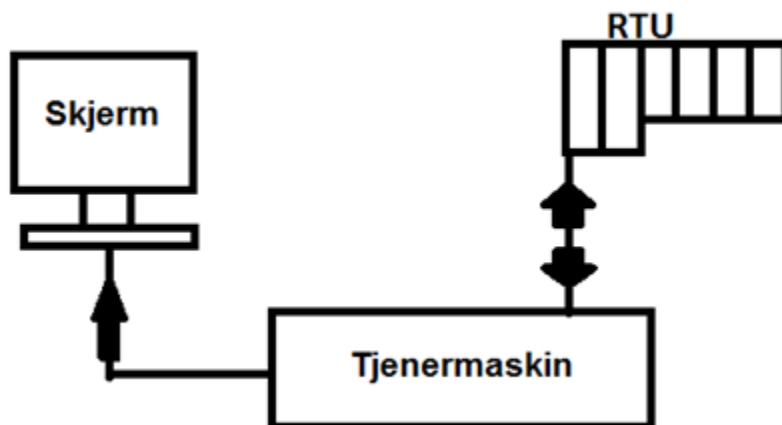
Dette kapitlet er ment å gi leseren en oversikt over kontrollnettverket og prosessriggen for å få større utbytte av de senere kapitlene.



Figur 2-1 Plantegning av laboratoriet

2.1 Kontrollnettverket

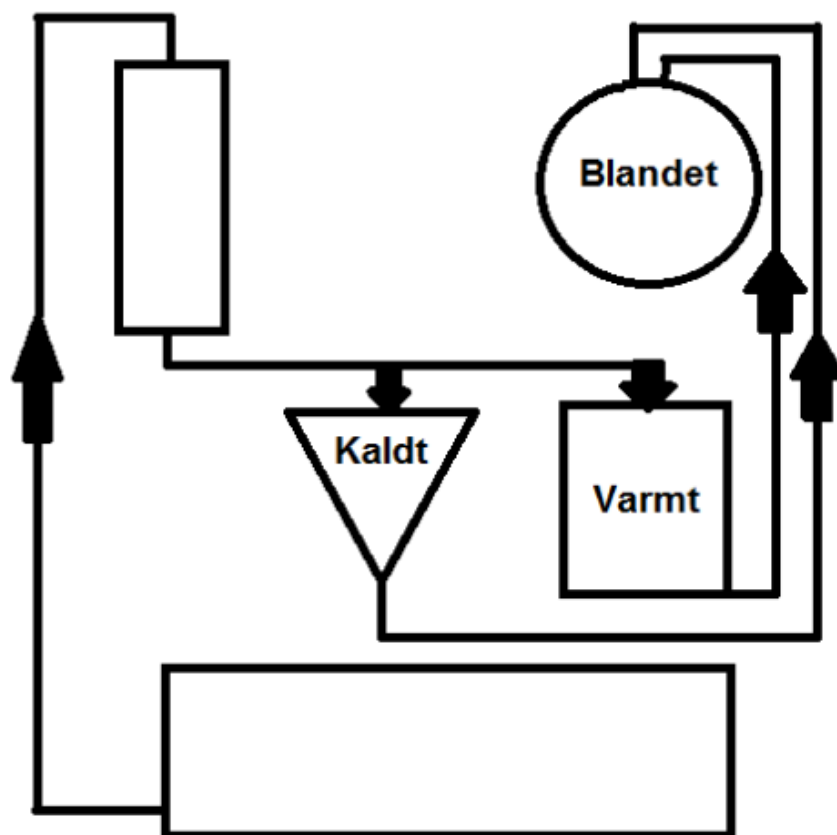
Kontrollnettverket på laboratoriet består egentlig av fire adskilte nettverk. Hvert nettverk består av en tjenermaskin/server, svitsj og RTU. Når det skal lages et program for å styre en prosess, gjøres dette på tjenermaskinen. Når programmet er ferdig lastes det over på RTU-en. RTU-en kan kobles til forskjellig feltinstrumentering, som TT, LT o.l. Når en prosess kjøres fra systemet er det kontrollmodulen som foretar eksekveringen av programmet. Figur 2-2 viser prinsipielt hvordan kommunikasjonen er i hvert nettverk. Kontrollmodulen oppe til høyre i figuren har toveis kommunikasjon med tjenermaskinen mens skjermen bare viser hva som skjer i tjenermaskinen. I praksis er det også en svitsj mellom tjenermaskin og kontrollmodul, men den er for enkelhets skyld ikke vist i figuren. På laboratoriet er det fire slike nettverk og selv om kommunikasjonen prinsipielt er ganske enkel å forstå ligger det en del teori bak. Denne vil bli beskrevet i kapittel tre.



Figur 2-2 Prinsipp av kontrollnettverk

2.2 Prosessriggen

Dette skal være en fysisk prosess med vann som prosessmedium. Den skal bestå av fem forskjellige tanker som forbindes med rør. Vannet skal transporteres mellom tankene. En av tankene har et varmelement som varmer opp vannet. I en annen tank skal kaldt og varmt vann blandes. Denne blandeprosessen er hovedfunksjonen til riggen. Figur 2-3 viser en enkel systemskisse av prosessen.



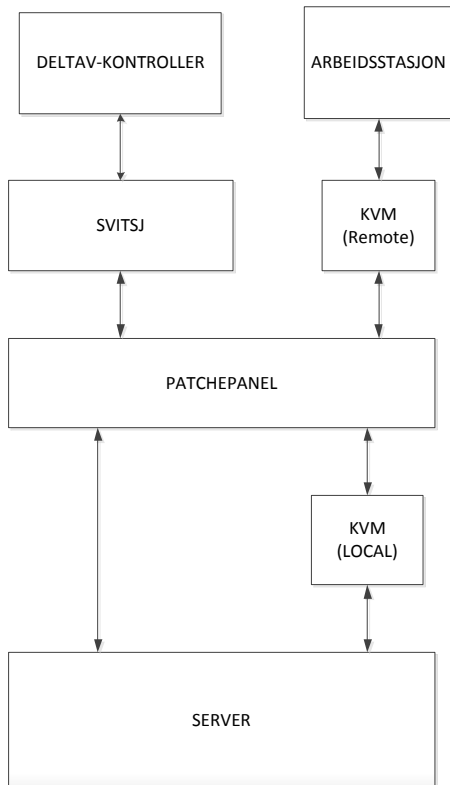
Figur 2-3 Systemskisse av prosessriggen

Pilene i Figur 2-3 viser strømningsretningen gjennom rørene. Vann som skal strømme oppover blir transportert ved hjelp av pumper. Der vannet renner nedover vil vannstrømningen bli regulert av ventiler.

Tanken med påskriften ”varmt” i Figur 2-3 blir tilført kaldt vann og varmer det opp før det blir pumpet videre. I tanken med påskriften ”blandet” skal temperaturen reguleres ved at kaldt og varmt vann blandes. I tankene uten påskrift er vannet kaldt.

3 KOMPONENTER I KONTROLLNETTVERKET PÅ LABORATORIET

Et kontrollnettverk består av flere nettverkskomponenter. I dette kapitlet er de komponentene som er relevante for dette prosjektet beskrevet. Figur 3-1 viser en prinsippsskisse over hvordan et av prosjektets DeltaV-nettverk er satt sammen.



Figur 3-1 Prinsippsskisse av et DeltaV-nettverk benyttet i prosjektet

3.1 Svitsjer

En svitsj er en nettverkskomponent med flere porter som styrer datatrafikken i et lokalnettverk. Ved å analysere innkommende data, sender svitsjen datapakkene videre ut på den porten som har korrekt MAC-adresse. På denne måten blir alle tilkoblingene punkt-til-punktforbindelser. Dette betyr at hver enhet tilkoblet svitsjen får full kapasitet. I dette prosjektet er det benyttet Ethernetsvitsjer av typen Cisco Catalyst 2950, 10Base-T/100Base-TX som vist i Figur 3-2. For tidligere versjoner av DeltaV var det anbefalt å bruke denne typen svitsj.[2].



Figur 3-2 Bilde av Cisco Catalyst 2950 svitsj [3].

3.2 Servere

I lokalnett med flere noder tjener denne de andre maskinene ved at arbeidsstasjonene benytter seg av tjenermaskinens tjenester. Serverne i laboratorienettverket er konfigurert som ProPLUS-stasjoner og kobles mot kontrollenhetene. En ProPLUS-stasjon er obligatorisk for hvert system og er en databasenode som inneholder alle konfigureringer av systemet. Den kan også brukes som operatørstasjon. All konfigurasjon og programmering gjøres direkte på serveren og lastes over til kontrollenheten når det er ferdig konfigurert. I tillegg inneholder den programmeringsbibliotek med kontrollmoduler og lagrede historiske prosessverdier. Serverne som brukes er av typen Dell Power Edge 2950 og er vist i Figur 3-3. [2][4]



Figur 3-3 Bilde av Dell PowerEdge 2950 [5].

3.3 KVM

KVM-enheter gjør det mulig å styre datautstyr opp til 300 meters avstand fra arbeidsstasjonen (skjerm, tastatur og mus). Ved å ha en *local* KVM-enhet koblet til serveren på serverrommet og en *remote* KVM-enhet koblet til en arbeidsstasjon på laboratoriet, kan det jobbes direkte på serveren fra laboratoriet over en Kat5 ethernetkabel. Hensikten med bruk av KVM-enheter i dette prosjektet er å minimere utstyr som for eksempel pc-er på laboratoriet. KVM-enhetene benyttet i dette prosjektet er av typen Black Box CATx USB Micro Extender som vist i Figur 3-4. [6]



Figur 3-4 Bilde av KVM *Local* og *Remote* [7]

3.4 Patchepanel

Et patchepanel er en komponent som brukes til å bedre strukturen på kablingen i et nettverk. Hver linje avsluttes i et punkt i patchepanelet, noe som forenkler eventuell feilsøking. Bruk av patchepanel gjør det lettere å endre på kabeloppsettet. Med dette menes at utstyr som skal kobles til eller fra hverandre kan laskes i patchepanelet uten behov for ny eller mer kabling. Patchepanelet brukt i dette prosjektet er ElkoLink 19", 24ports UTP som vist i Figur 3-5.[2]



Figur 3-5 Bilde av ElkoLink 19", 24ports patchepanel [8].

3.5 Stømforsyning til kontrollnettverket på laboratoriet

Både kontrollerne på veggstasjonene, og utstyr på prosessriggen benytter 24 VDC. Alle kontrollerne har felles strømforsyning fra rack på serverrommet. Denne er av typen Eltek SMPS 600 30/30/R, vist i Figur 3-6 og kan levere 26,7 VDC, 20 A. På hver veggstasjon er det en sikring på DC-forsyningen slik at hver stasjon kan slås av eller på individuelt. Strømforsyning til riggen er beskrevet i kapittel 4.2.1



Figur 3-6 Strømforsyning i server-rack.

3.6 Kontrollenheter med I/O-kort

DeltaV-kontrolleren utfører lokal kontroll og håndterer kommunikasjon mellom I/O-subsystemet og kontrollnettverket. Kontrolleren, strømforsyning og I/O-kort monteres på en bakplate som vist i Figur 3-7. Strømforsyningen blir tilført med 24VDC og forsyner kontrolleren og I/O-kortene med strøm. På bakplaten sitter fire skrueterminaler til *field power* for hvert par med plasser på I/O-bakplaten. Disse brukes for at I/O-kortene skal kunne forsyne feltinstrumenter og lignende med strøm. Kontrolleren kan tilkobles både primært og sekundært kontrollnettverk ved behov for

redundans, men det fungerer også å bare koble til primært kontrollnettverk. Det kan også kobles opp med to strømforsyninger og to kontrollere slik at redundans oppnås i tilfelle en av strømforsyningene eller kontrollerne svikter.[9]

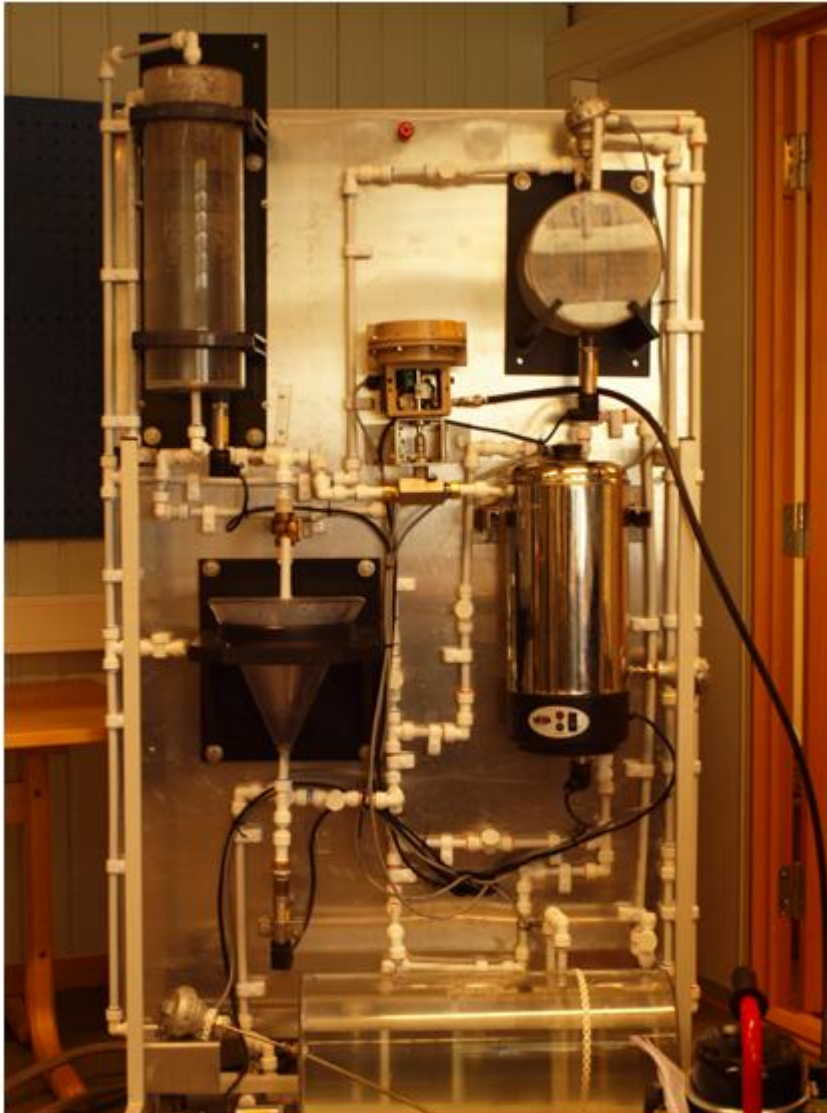
Hver gang det installeres data på kontrolleren blir informasjonen automatisk lagret. På samme måte lagres endringer når det utføres online-konfigurasjoner. Kontrolleren oppdager automatisk at I/O-kort blir tilkoblet og hvilken type kort det er, slik at det ikke må konfigureres manuelt.[10]



Figur 3-7 Kontroller med I/O-kort

4 KOMPONENTER PÅ PROSESSRIGGEN

Prosessriggen er bygd opp av forskjellige mekaniske og elektriske komponenter som pumper, ventiler og måleutstyr. Dette kapitlet tar for seg oppbygningen og virkemåten til komponentene som er brukt på riggen. Figur 4-1 viser et bilde av den ferdige prosessriggen.



Figur 4-1 Prosessriggen

4.1 Mekanisk

Riggen består av 5 tanker, der 3 av tankene er sylindriske, en er kjegleformet og den siste er en sylindrisk varmtvannstank. De sylindriske tankene er valgt på grunn av at det blir lavere produksjonskostnader ved å lage tanker av rør, enn ved å få bygget firkantede tanker. En annen grunn er at liggende sylindriske tanker gjør det mer utfordrende å regulere nivået. Den kjegleformede tanken er valgt på grunn av ulineæriteten mellom nivå og volum. Alle tanker bortsett fra varmtvannstanken er laget i pleksiglass slik at det kan følges med på hva som skjer inne i tankene. Vannet transporteres i plastrør mellom tankene. Riggen er montert på et stativ med hjul slik at den er mobil.

4.1.1 Tanker

Konstruksjonstegninger for tankene beskrevet i dette underkapittelet er vist i Vedlegg C. For å få best mulig utbytte av dette underkapittelet bør P&ID-diagram i Vedlegg D benyttes.

TA-001 vil fungere som en reservoartank. Den er en liggende sylindrisk tank på 26,7 liter. Tanken har mulighet for påfylling og avtapping av vann.

TA-002 er en relativt høy, stående sylindrisk tank. Den er plassert høyt opp i riggen for å oppnå høyest mulig hydrostatisk trykk. Dette trykket skal drive vannet videre til TA003 og TA004 uten å benytte pumper. Tanken har et volum på 8,8 liter.

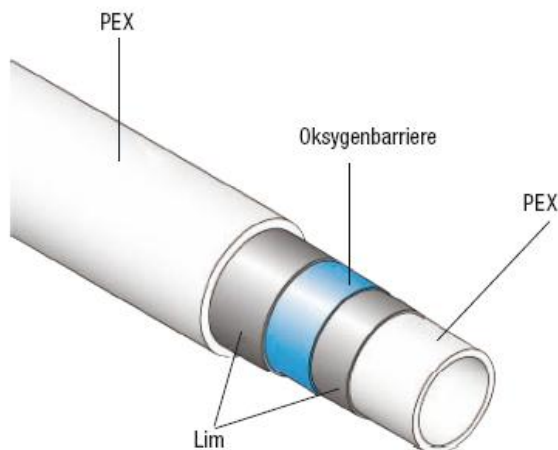
TA-003 er en kjegleformet tank på 4,1 liter for kaldtvann.

TA-004 er en 9,9 liters tank med et 1600 W varmelement for oppvarming av vann. Den har en innebygd termostat som kobler ut varmelementet ved 99 °C. Denne funksjonen er beholdt som en sikkerhetsfunksjon

TA-005 er en liggende sylinder med et volum på 6,3 liter. Det er her produktkomponentene, varmt og kaldt vann, blandes.

4.1.2 Rør

Rørene som er brukt mellom tankene er plastrør med en indre diameter på 12 mm og en ytre diameter på 15 mm. Rørene som er benyttet er vist i Figur 4-2.



Figur 4-2 Rørenes oppbygning[11]

Pumpene klarer maksimalt å gi 2 bar trykk. Rørene i systemet er godkjent for 6 bar ved 65 °C.[11]

For å sikre atmosfærisk trykk i tankene er alle tankene utstyrt med et lufterør som er montert på tankenes høyeste punkt. Dette er viktig for at nivåmålingsprinsippet skal fungere samt at tankene beskyttes mot over/under-trykk.

4.2 Elektrisk

I dette prosjektet benyttes både 230 VAC og 24 VDC. Styring av riggen gjøres i hovedsak med analoge 4-20 mA-signaler mellom DeltaV og instrumenter og pådragsorganer på riggen. Dette underkapittelet beskriver derfor de forskjellige elektriske komponentene som er benyttet for å

oppnå denne styringen. Figur 4-3 viser et bilde av koblingsskapet på riggen med omformere og liknende. Fronttegning av skapet med de forskjellige komponentens plassering er vist i Vedlegg E.



Figur 4-3 Koblingsskapet på riggen

4.2.1 Strømforsyning til riggen

230 VAC blir tilført fra strømmettet via en sikring på veggstasjonen til prosessriggen, hvor spenningen ut til riggen kan slås av eller på.

Prosessriggen har egen DC-strømforsyning av typen Eltek SMPS 600 30/20/VT montert på riggens bakside, vist i Figur 4-4. Denne kan levere 26,8 VDC, 20 A. I koblingsskapet på riggen er 24 VDC fordelt på rekkeklemmelist X4 med sikringer på hver kurs ut til utstyret. Looptegningene i Vedlegg F viser en detaljert oversikt over kursene.



Figur 4-4 Strømforsyning på modellen

4.2.2 PWM

Til å styre hastigheten til pumpene som er brukt i dette prosjektet benyttes pulsbreddemodulasjon. Dette er en styring av firkantpulstog på en slik måte at de aktive pulslengdene endres, mens periodetiden er konstant. Gjennomsnittsverdien av spenning og strøm som mates til lasten kontrolleres ved å svitsje den tilførte spenningen mellom på og av. Jo lenger bryteren er på i forhold til av, jo større er effekten som tilføres lasten. Svitsjefrekvensen må være så rask at den ikke kan påvirke lasten (fra noen få kHz til titalls kHz for en motorstyringsenhet). "På-tiden" kalles på engelsk for *duty cycle* og beskriver hvor lenge svitsjen er på i forhold til periodetiden. *Duty cycle* uttrykkes i prosent. Hovedfordelen med PWM er at effekttapet over enheten er lavt. [12]

Pumpene på riggen kjøres på 24 VDC. PWM er derfor en bra metode for å styre hastigheten på disse. På-tiden ut fra PWM-ene styres av 0-5 V eller 0-10 V kontrollsignal. De analoge I/O-kortene fra DeltaV går fra 4-20 mA, det var derfor nødvendig å omforme dette signalet til spenning for å få brukt PWM-ene. Signalomformingen er beskrevet i underkapittelet om signalomformere. PWM-ene skal ha tilførselsspenning mellom 10 og 35 V. De kan settes i høy eller lav modus for å bestemme frekvensen. Høy frekvens brukes til induktiv last, f.eks motorer, lav frekvens brukes til resistiv last, f.eks lamper. Enhetene har beskyttelse mot overoppheting og en rampefunksjon for mykstart med justerbar tid. Den justerbare rampe-tiden er hvor lang tid det tar før utgangen kjøres opp til driftsnivå. [13]

4.2.3 Tyristor

En tyristor er en *solid state* halvleder enhet med fire lag med vekslende N- og P-materiale. Tyristoren har tre tilkoblingspunkter. Disse er katode, anode og gate. Tyristorer leder når gaten mottar en strøm-trigger og fortsetter å lede så lenge spenningen over ikke er reversert.

Når tilkoblet i en krets er tyristorer i en av tre tilstander [14]:

- Spenning blir tilført i retningen som ville blitt sperret av en diode
- Spenning tilføres i retning som ville føre til at en diode blir ledende, men tyristoren har ikke blitt trigget til å lede.
- Tyristoren har blitt trigget til å lede og vil fortsette med å lede inntil strømmen faller under en terskelverdi eller forandrer retning.

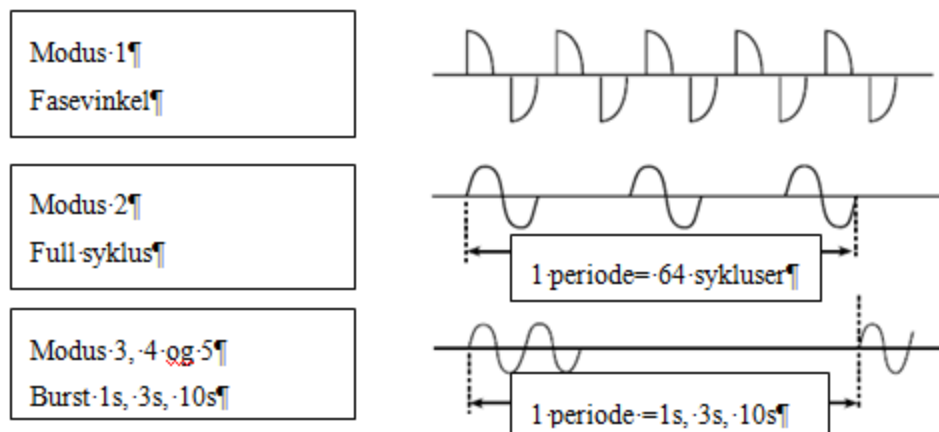
Et *solid state-relé* er en elektronisk bryter enhet hvor et lite kontrollsignal styrer en større last. Det består av en sensor som responderer til et kontrollsignal, en elektronisk bryter enhet som svitsjer effekten ut til lasten og en koblingsmekanisme som gjør det mulig for kontrollsignalet å aktivere svitsjen uten mekaniske deler. [15]

På riggen brukes et solid state relé med tyristor for å regulere et varmeelement. Reléet er fra Carlo Gavazzi og har modellbetegnelsen RJ1P23I30E. Den har fem forskjellige modi for regulering av lasten og styres av 4-20 mA-signal fra DeltaV-systemet.

- Modus 1 Fasevinkel
- Modus 2 Full syklus
- Modus 3 Burst med 1s periodetid
- Modus 4 Burst med 3s periodetid
- Modus 5 Burst med 10s periodetid

Disse kan velges ved å vri på en liten bryter i fronten på reléet [16].

Figur 4-5 viser de ulike modi for svitsjing av lasten.

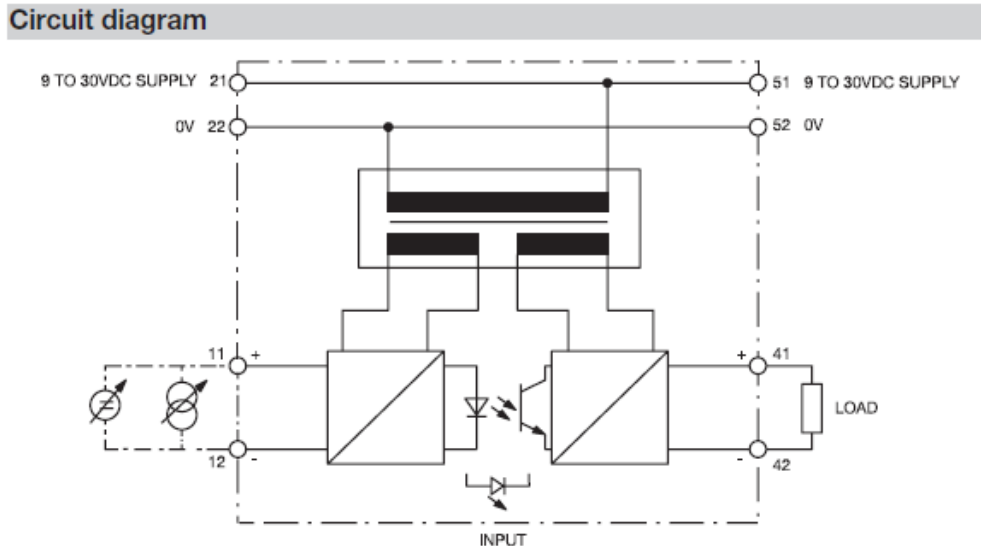


Figur 4-5 Ulike modi for "solid state"-reléet [16]

Fasevinkel-modus fungerer slik at brytningspunktet i sinuskurven på utgangen avhenger av signalnivået tilført inngangen. Reléet svitsjer av hver gang utgangsstrømmen krysser null. Distribuert-modus gir et antall fulle sykluser jevnt distribuert over en fast periode på 1,28s ved 50Hz. *Burst*-modus genererer et antall fulle sykluser, avhengig av inngangssignalet over en fast periode på ett, tre eller ti sekunder for henholdsvis modus tre, fire og 5 Distribuert modus og *burst*-modus anbefales ikke for lysstyring grunnet lysflimring.

4.2.4 Signalomformere

Pumpemotorene på riggen forsynes med 24 VDC og effekten til motorene styres av PWM som har 0-5 V-styresignal. Men signalet fra AO på kontrolleren er 4-20 mA. Det er derfor nødvendig med omforming av signalet. Signalomformerne kommer fra produsenten Weidmüller og har produktnumrene 832766 og 825001. Det er to av hver type, men virkemåten er lik. Figur 4-6 viser hvordan den interne koblingen i signalomformerne ser ut. [17]



Figur 4-6 Signalomformer [17]

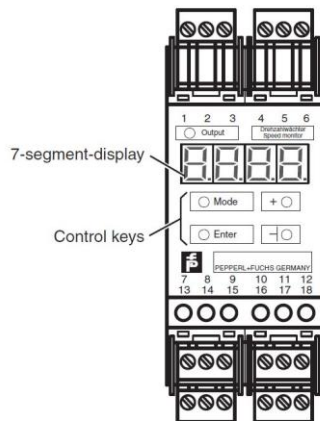
Det kan velges ulike inn- og utsignaler på signalomformerne. Det kan også velges signalområde. Begge deler bestemmes ved å stille inn mikrobrytere på siden av omformerne. Omformerne som ble brukt kunne bare omforme spenningssignaler. Disse ble stilt inn til å omforme fra 1-5V til 0-5V. Siden de analoge utgangene fra kontrolleren gir ut 4-20 mA måtte disse omformes til spenning. Dette ble gjort ved å sette en 250Ω-motstand i parallell med signalomformerens (koblet mellom skruene 11 og 12 på Figur 4-6). Formel (4-1) og (4-2) viser utregningen fra strøm til spenning med 250Ω motstand.

$$U = R * I = 250\Omega * 4 * 10^{-3} A = 1 V \quad (4-1)$$

$$U = R * I = 250\Omega * 20 * 10^{-3} A = 5 V \quad (4-2)$$

Som beregningene viser vil dette gi et 1-5 V-kontrollsignal inn på omformerne. Signalet ut fra signalomformerne ble kontrollert med spenningstester før de ble koblet mot PWM-ene for å kontrollere at signalet var innenfor det riktige området.

Mengdemålerne som er installert på riggen har et frekvenssignal som har et lineært forhold mellom mengde og frekvens på 0,3-9 l/min og 40-1200 Hz. Siden DeltaV frekvensinnngangskort ikke var tilgjengelig ble det benyttet en programmerbar frekvens-til-analogomformer. Fabrikatet er Pepper+Fuchs og har modellbetegnelsen KFU8-FSSP-1.D. Figur 4-7 viser denne signalomformerens.



Figur 4-7 Frekvens-til- mA-omformer [18]

Den har som funksjon å proporsjonalt omforme et frekvenssignal til et spenning/strømssignal. Omformeren kan kobles og programmeres til å behandle frekvenssignal og gi ut strøm eller spenningssignal. Programmeringen gjøres direkte på omformeren som har en programmeringsmeny hvor det kan navigeres mellom de ulike parametrene. Til menyvisning benyttes fire syvsegmentdisplay. Under normal drift vil disse vise hvilke frekvens som er på inngangen til omformeren. Siden omformeren har egen strømforsyning benyttes det passivt AI-kort i DeltaV.[18]

4.3 Måleutstyr

For å kontrollere prosessriggen er det nødvendig å kjenne flere av parametrene som det reguleres på. For å ha kontroll på disse benyttes flere måleprinsipper som trykk, mengde og temperatur. Dette underkapitlet beskriver virkemåten til det forskjellige måleutstyret som er benyttet i prosjektet.

4.3.1 Trykktransmitter

Trykktransmitterne som ble brukt på riggen i dette prosjektet er fra produsenten Aplisens og har modellbetegnelsen PCE-28. De har måleområde fra 0 til 250 mbar og gir ut 4-20 mA-målesignal.[19]



Figur 4-8 Trykktransmitter [19]

Transmitteren har membran der trykket som skal måles ligger på ene siden av membranen og det er et referansetrykk på andre siden. I dette tilfellet er referansetrykket atmosfærisk.

Transmitteren har piezoresistiv sensor (strekklapp) som betyr at resistans endres ved trykkendring. Sensoren bruker den piezoresistive effekten som strekkklapper har til å detektere belastningen trykket påfører membranen. Strekkklappene sitter på membranen som strekker seg ved trykkforskjell mellom trykket som skal måles og referansetrykket. Altså utføres trykkmålingen ved at strekkklappene på membranen endrer motstand når de strekkes. Den piezoresistive effekten forårsaker bare endringer i den elektriske motstanden, ikke i elektrisk potensial.[19][20]

4.3.2 Temperaturmåling

Dette underkapittelet omhandler måling av temperatur og er i hovedsak basert på referanse [21]. En normal egenskap for metall er at den elektriske motstanden er en funksjon av metallens temperatur. Derfor kan en lengde metalltråd kombinert med et måleinstrument for måling av resistans brukes som et temperaturmålingssystem. Disse kalles på engelsk for RTD. De har også et lineært forhold mellom temperatur og resistans. Selve elementet er innstøpt i glass eller keramikk, rundt dette materialet ligger en beskyttende metallkappe. PT-100 elementer er en versjon av platinum RTD. De består av platinum som har en motstand på 100 Ω ved 0 °C.

Wheatstone-målebro er en krets som kan brukes for å måle motstandsendringer i disse elementene. Når det benyttes målebroer til disse elementene må det tas hensyn til at den delen av tilkoblingsledningene som sitter nære elementet kan endre motstand på grunn av omgivelsestemperaturen.

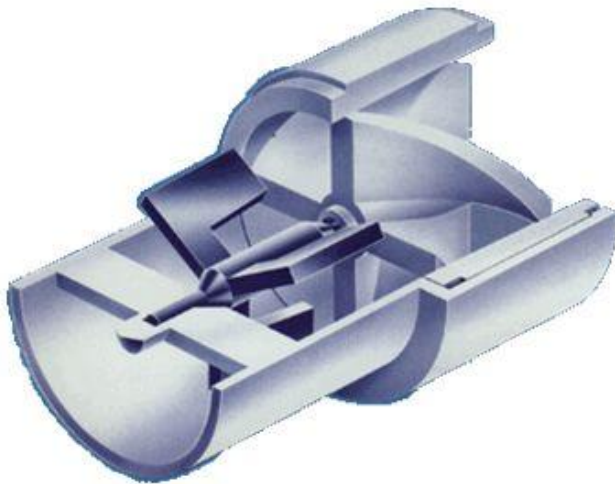
En alternativ krets kalt treleder RTD målebro kan brukes for å minimere ledningsmotstandens effekt på måleverdien. PT-100 elementene som har blitt brukt i dette prosjektet bygger på dette prinsippet. De har også en måleverdiomformer som gir ut 4-20 mA-signal lineært for 0-200 °C.

Siden det går strøm gjennom RTD-er når de er plassert i krets for motstandsmåling går noe av effekt over til varme. Denne effekten kalles selvoppvarming. Dette er normalt ikke et problem ved måling av væsketemperatur, men kan gi feil ved måling av gasstemperatur. Problemet med selvoppvarming kan reduseres ved å bruke laveffekts forsyningsspenning, men dette vil også føre til at utgangssignalet blir svakere.

4.3.3 Mengde/Flow

Flowmålerene som har blitt brukt på riggen er turbinmålere. Turbinmålere består av en propell som sitter inne i væskestrømmen, og en føler som detekterer hvor fort propellen roterer. Propellhastigheten blir i dette tilfellet målt ved at propellen krysser en infrarød stråle, og det genereres et frekvenssignal. Frekvenssignalet er proporsjonalt med hastigheten på propellen og dermed også proporsjonalt med hastigheten på strømmingen. Signalgenerering med infrarødt lys fungerer for gjennomsiktige væsker.[21][22]

Flowmåleren på riggen heter IR-Opflow type 2 og er vist i Figur 4-9. Den har et måleområde på 0,3-9 l/min og gir ut et frekvenssignal på 40-1200 Hz, som er proporsjonalt med gjennomstrømmingen.



Figur 4-9 Flowmåler [23]

4.4 Pådragsorganer

På riggen brukes pumper og ventiler til å regulere mengdestrømning og nivå. Disse er derfor beskrevet nærmere i dette underkapittelet for å gi et bilde av hvordan de virker.

4.4.1 Pumper

På riggen er det brukt elektriske pumper som er konstruert for pumping av vann eller diesel. Pumpene er ikke laget for kontinuerlig drift så det må settes begrensninger for hvor lenge riggen kan kjøres. De kan kjøres på 12 eller 24 VDC og kan levere 14 l/min. Pumpens IP-grad er IP55. For å regulere hastigheten på pumpene brukes PWM-moduler.

Pumpene brukt i dette prosjektet er fortrengningspumper. En fortrengningspumpe, er basert på bevegelse som fysisk fortrenger væske. Det kan være et stempel som beveges eller tannhjul som roterer. Fortrengningspumper leverer mindre mengde, men høyere trykk enn sentrifugalpumper. Bruksområder er bl.a. dosering av kjemikalier. Pumpene på modellen har roterende tannhjul.

I dette prosjektet er det elektromotorer som driver pumpene. Motoren og pumpen er koblet sammen med en aksling.[22]

4.4.2 Reguleringsventiler

Dette underkapittelet omhandler reguleringsventiler og er i hovedsak basert på referansene [24] og 60[25]. Oppgaven til reguleringsventiler er å regulere gjennomstrømningen over hele området mellom fullt åpent og helt stengt. Strupeventilens lukkeelement har to formål, ikke bare å stenge eller åpne, men også bevege seg til en posisjon langs vandringen på ventilen og på den måten regulere gjennomstrømningen. Den innvendige passasjen i strupeventilen er designet for å tåle trykkforskjeller mens Av/På-ventiler er designet for å tillate strømning rett igjennom uten å tillate signifikant trykkfall. Strupeventiler må ha en form for mekanisk enhet som bruker kraft fra mennesker, fjær, luft-trykk eller hydrauliske væsker til å assistere med posisjoneringen. Per definisjon er en reguleringsventil en strupeventil, men den er nesten alltid utstyrt med en form for aktuator eller aktiveringssystem som er designet for å fungere i en reguleringsløyfe. Denne involveringen i reguleringsløyfen er det som skiller reguleringsventiler fra andre strupeventiler.

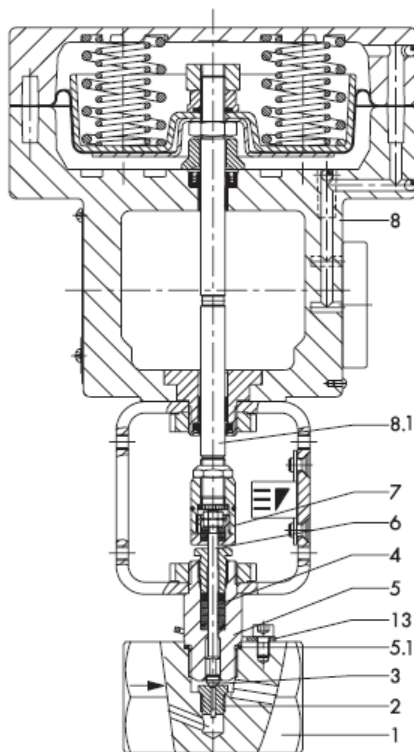
Ventilkoeffisienten (C_v) beskriver gjennomstrømningen til en ventil når den er fullt åpen og har et differansetrykk på 1 bar, også kjent som gjennomstrømningskoeffisienten. Når en ventil velges til et spesielt bruksområde brukes ventilkoeffisienten til å bestemme best egnet ventilstørrelse. En egnet ventil slipper igjennom ønsket mengde samtidig som den tilbyr stabil regulering.

Den mest brukte typen aktuatorer er pneumatisk drevne aktuatorer. På grunn av at kraftkilden, trykkluft, er disse relativt rimelige i drift sammenlignet med menneskekraft og hydraulikk. Sammenlignet med elektromekaniske og elektrohydrauliske aktuatorer er pneumatisk aktuatorer relativt enkle å forstå og vedlikeholde. Når pneumatisk aktuatorer brukes sammen med pneumatisk ventilstillere er det ideelt til bruk i eksplosjonsfarlige og brannfarlige områder, siden de ikke er avhengige av elektriske signaler som potensielt kan skape en gnist.

Resten av underkapittelet handler om reguleringsventilen på riggen og er basert på [26]. Reguleringsventilen på riggen har pneumatisk aktuator, 1/2" tilkoblingsgjenger og C_v på 0,063, noe som tilsvarer $0,063 \text{ m}^3/\text{h}$ ved 1 bar differansetrykk og full åpning. Omregnet blir dette 63 l/h eller 1,05 l/min ved 1 bar som er lite, og siden trykket ved reguleringsventilen på riggen er under 100 mbar vil enda mindre renne igjennom. Gjennomstrømningen gjennom ventilen var derfor svært liten sammenlignet med pumpeens 14 l/min.

For å få økt gjennomstrømningen i reguleringsventilen ble denne sendt til Matek i Skien for å bytte sete og plugg i ventilen. Slik at ventilen fikk en C_v på 0,25. Beregnet gjennomstrømning for reguleringsventilen er vist i Vedlegg G.

Prosessmediet strømmer gjennom mikro-flowventilen i retningen angitt av pilen i Figur 4-10. Posisjonen til ventilpluggen (3) bestemmer areal for gjennomstrømning mellom sete (2) og pluggen. Plugg-stemmen (6) er koblet til aktuator-stem (8.1) via stem-sammenkoblingen (7) og tettet med en justerbar pakning.



Figur 4-10 Reguleringsventil. [25]

Ventilen posisjoneres ved hjelp av en pneumatisk aktuator med trykkområde fra 0,2 til 1 bar. Både aktuator og ventil er fra leverandøren Samson. Aktuatoren er NC slik at ventilen stenges stenger når det ikke er påsatt trykkluft. Dette kan bygges om ved å flytte om på fjærene hvis ønskelig, men på riggen passer det bra med NC. Aktuatoren styres av 4-20 mA-signal.

4.4.3 Av/På-ventil

Automatiserte Av/På-ventiler har ikke mulighet for posisjonsregulering. De har derfor en enklere styringsoppbygging enn reguleringsventiler. Det brukes en pilotventil som styres av en liten elektromagnet for å tilføre luft eller hydraulikk til aktuatoren. Hvis effektbehovet på elektromagneten er lavt, kan den aktiveres direkte av en DO fra styresystemet. I dette prosjektet er magnetventilens effektbehov for stort til at den kan styres av DO-kortet. Den styres i stedet vha. et 24 V-relé For å indikere posisjonen til ventilen brukes induktive eller kapasitive sensorer som er knyttet opp mot styresystemet. Av/På-ventiler benyttes bl.a. i sikkerhetsfunksjoner og sekvensstyrte prosesser.[24]

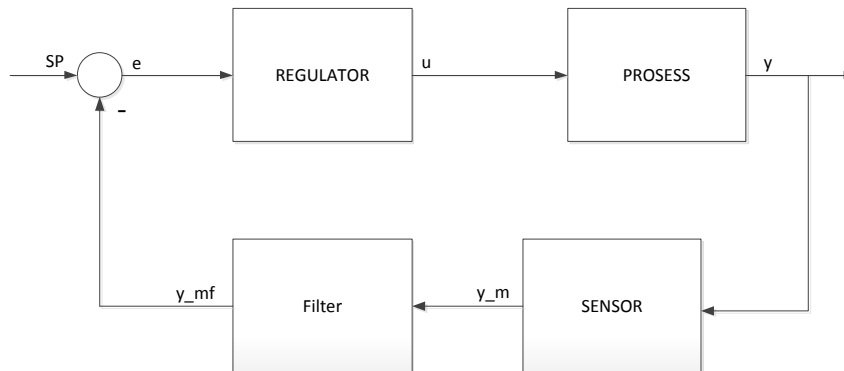
Av/på-ventilen på riggen er en toveis magnetventil som er NC og direktestyrt. At den er toveis betyr at den er i en av to tilstander, strømførende eller ikke-strømførende. I direktestyrte ventiler åpner kjernen en NC-ventil når magneten blir tilført energi, og motsatt for NO. Den har en Cv på 1,2. Maks operasjonsfrekvens er 360 operasjoner per minutt. Magnetventilen har en beskyttelsesgrad på IP54.[27]

5 REGULERINGSTEKNIKK

For å kontrollere en prosess kan forskjellige reguleringsprinsipper benyttes. I dette kapitlet er prinsippene til PID, MPC og Fuzzy-logikk forklart.

5.1 PID

PID-regulatorer beregner differansen mellom SP og PV. Regulatorens oppgave er å minimere denne differansen ved å justere prosessinnnganger. Figur 5-1 viser hvordan PID-regulatoren kobles opp.[28]

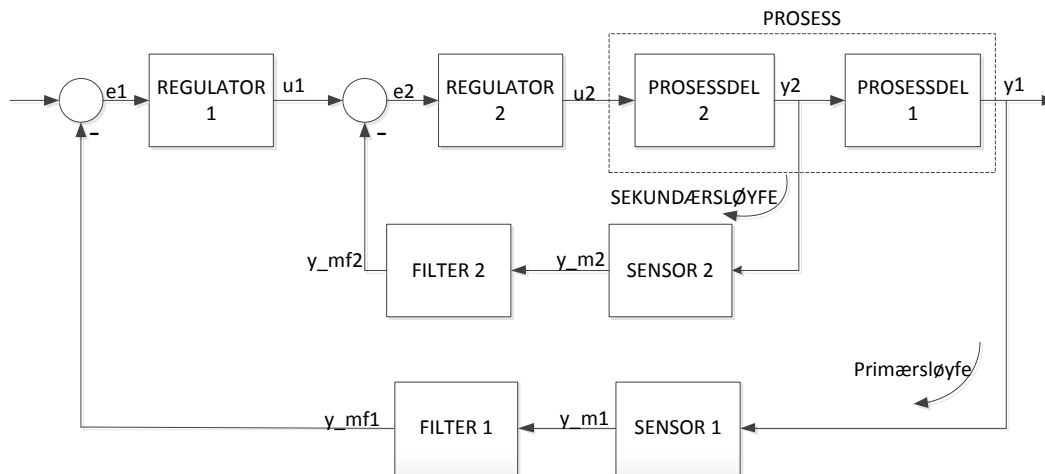


Figur 5-1 Prinsippskisse PID-regulator

Algoritmen til PID-regulatoren inneholder tre separate konstante parametre. Disse er parametre for proporsjonal-, integral- og derivasjonsleddet, forkortet P, I og D. Parameteren for P er K_p , dette er en forsterkning. P-leddet reagerer raskt på endring i feil, men klarer ikke å holde feilen stabilt til null. Dette er det I-leddet som gjør. Parameteren for I er T_i , dette er en tid oftest gitt i sekunder eller minutter. D-parameteren er T_d , denne er også gitt i tid (sek. eller min). T_d er en forutsigelse av fremtidig feil basert på nåværende endring, den deriverte. D-leddet gir raskere regulering. Allikevel blir ikke alltid dette leddet tatt med siden det forstørker opp tilfeldig støy og forårsaker store variasjoner i kontrollsignalet. Hvis det ikke er behov for D-leddet settes $T_d=0$ i regulatoren.[28]

5.1.1 Kaskaderegulering

I kaskadereguleringssløyfer er det en eller flere reguleringsløyfer inne i den primære sløyfen og regulatorene er i kaskade. Den primære regulatoren (regulatoren i den primære sløyfen) vil kunne få bedre kompensasjon for støy i tillegg til at reguleringen kan bli raskere. Kontrollsignalet fra den primære regulatoren brukes som SP i den sekundære. Det er altså den primære reguleringsløyfen som drar fordel av kaskaderegulering. Figur 5-2 viser hvordan to reguleringsløyfer kan kobles i kaskade.[28]



Figur 5-2 Kaskaderegulering

5.2 Model- Predictive Control

Dette underkapittelet er basert på referanse [29]. MPC er en mye brukt reguleringsmetode. Kommersiell MPC-produkter er tilgjengelige som separate produkter eller som moduler inkludert i automatiseringsprodukter. MPC kan anvendes på multivariable prosesser og ulineære prosesser. Kontrollerfunksjonen er basert på en kontinuerlig kalkulerings av den optimale framtidige sekvensen eller tidsserie av kontrollvariabelen. Denne kalkulerings er basert på å forutsi den framtidige oppførselen til den kontrollerte prosessen. En matematisk modell blir brukt til å forutsi denne framtidige oppførselen. Optimaliseringen tar hensyn til begrensninger i tillegg til den matematiske modellen. En stor fordel med MPC er at den kan ta hensyn til begrensninger på en veldefinert måte. Det kan brukes forskjellige typer matematiske modeller for prosessen som skal reguleres, alternativene er[29]:

- impulsrespons
- sprangrespons
- transferfunksjon-modell
- lineær tilstandsrommodell
- ulineær tilstandsrommodell

5.3 Fuzzy-logikk

Dette underkapittelet er i hovedsak basert på referanse [30]. Fuzzy-logikk håndterer resonnement som er omtrentlige i stedet for faste eller eksakte. I kontrast med tradisjonell logikk hvor det er boolsk logikk, enten sann eller usann, kan Fuzzy-logikkvariable ha en "sanhetsverdi" som varierer over hele området fra sann til usann.

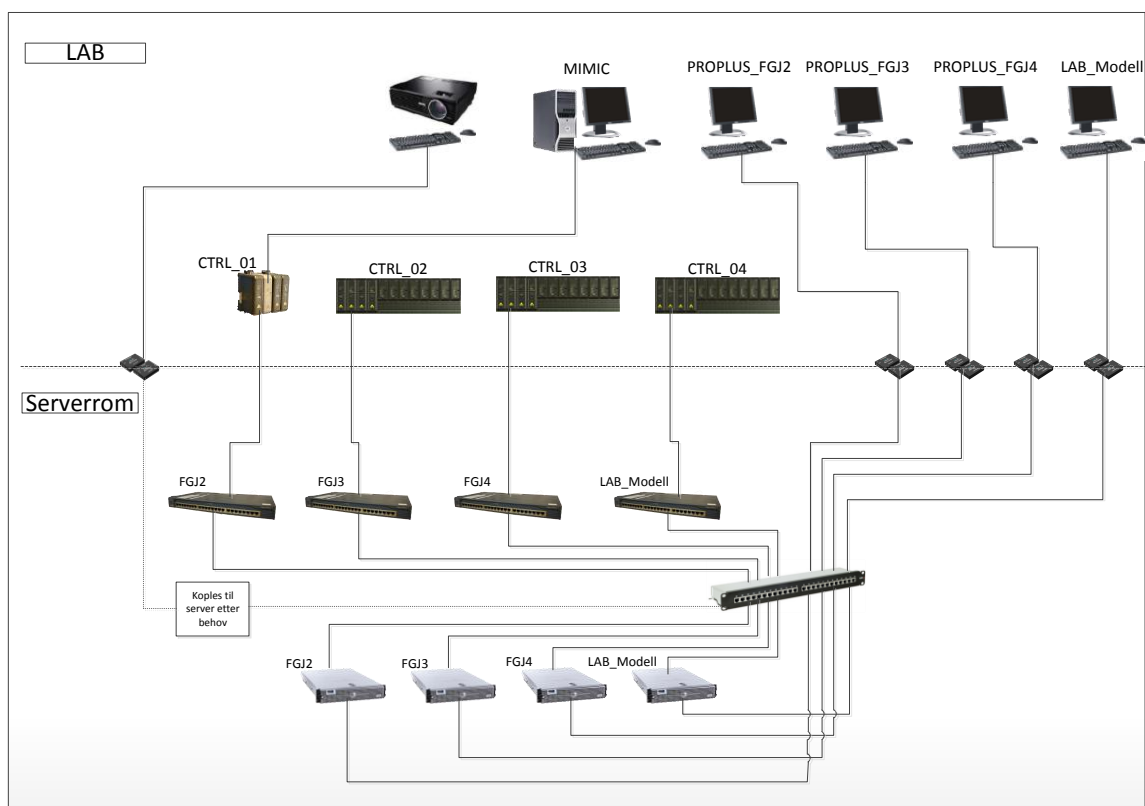
Fuzzy-logikk er en gren av maskinintelligens som hjelper datamaskiner å forstå variasjonene som oppstår. Fuzzy-logikk manipulerer vage begreper som "varm" eller "kjøre fort" på en slik måte at det hjelper ved design av kontrollsystemer som veksler fra et sett med kontrollkriterier til et annet.

Den eneste egentlige begrensningen i bruken av Fuzzy-logikk er at et objekts medlemskap i komplementære grupper må summeres til en enhet. Hvis noe er 30 % kaldt må det også være 70 % ikke kaldt. Dette gjør det mulig for Fuzzy-logikk å unngå selvmotsigelsen at noe er 100 % kaldt og 100 % ikke kaldt, som ville ødelegge normal logikk. Et Fuzzy-system må ha et sett med overlappende regler som kan relatere til hele spekteret mellom inputs og outputs. Disse reglene

blir representert som lapper (områder) i en graf. Som et eksempel kan et airconditionanlegg ha de overlappende temperatursettene: kaldt, kjølig, akkurat passe, lunt og varmt. Motorsettene for viftemotoren kan for disse temperatursettene være: veldig sakte, sakte medium, raskt og maksimum. En temperatur på 20 °C kan da representeres av disse reglene ved å være 20 % kjølig og derfor 80 % ikke-kjølig, samtidig 70 % akkurat passe og derfor 30 % ikke akkurat passe. Dette vil da gi 20 % på kurven for lav hastighet og 70 % på kurven for medium hastighet. Summering av disse kurvene gir den resulterende kurven for Fuzzy-settet. Men disse verdiene kan ikke forstås av et binært system, så siste ledd i prosessen er *defuzzification*. Dette gjøres ved at den resulterende Fuzzy-utgangskurven blir konvertert til en enkelt numerisk verdi. Den normale måten å oppnå dette på er at en datamaskin kalkulerer tyngdepunktet til areal under kurven. Svakheten til Fuzzy-logikk er at reglene og settene kan ta lang tid å justere.

6 KONTROLLNETTVERKET PÅ LABORATORIET

Figur 6-1 viser en oversikt over hvordan kontrollnettverket på laboratoriet henger sammen. Større tegning ligger også ved som Vedlegg H. Plassering av servere, svitsjer og patchepanel i serverkabinettet er vist i Vedlegg E. Plassering av RTU på veggstasjon er også vist i Vedlegg E. Laboratorienettverket består nå av fire ProPLUS-stasjoner som er konfigurert på hver sin server. ProPLUS-stasjonene består av skjerm, tastatur og mus som er koblet mot serveren. Signalene fra server til skjerm, tastatur og mus er koblet via en KVM-boks. På denne måten trengs det bare en kabel til hver stasjon, isteden for tre. Hver server er igjen koblet til hver sin RTU gjennom en svitsj. Serverne og svitsjene sitter på serverrommet. Der sitter det også et patchepanel. Patchepanelet gjør det mulig å endre på hvilken arbeidsstasjon som skal kobles til en gitt server. Patchepanelet gjør det også mulig å koble om på kablene fra serveren ut til RTU-ene.

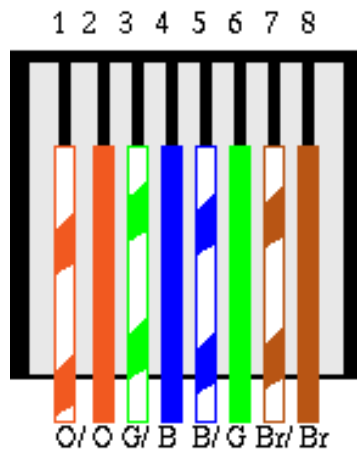


Figur 6-1 Nettverkstopologi over laboratoriet og serverrom

6.1 Oppbygning / oppkobling

Dette underkapittelet er basert på referanse [9]. Kontrollnettverket er et lukket Ethernet-LAN som gir kommunikasjon mellom kontrolleren og arbeidsstasjonen. DeltaV-systemet har gode muligheter for redundans. Det er lagt opp til at det skal kobles et primærnettverk og et sekundærnettverk til hver kontrollenhet. For å få laget to nettverk trengs det to svitsjer, eventuelt huber, mellom hver server og tilhørende kontrollenhet. Siden det bare finnes fire svitsjer på laboratoriet blir bare primærnettverket brukt. Det er likevel trukket to kabler til hver kontrollenhet slik at det kan lages et sekundærnettverk senere hvis det skulle bli behov for dette. Maksimum lengde for tvinnnet trådparkabel mellom to enheter i kontrollnettverket er 100 meter, hvis avstanden overstiger 100 m tilbyr Emerson fiberoptiske kabler med transceiver-løsninger. I dette nettverket er avstandene relativt korte og det er derfor godt nok med tvinnnet trådparkabel.

Nettverket er koblet med Kat5-kabel som har skjermet RJ45-plugg til kontrollere, svitsjer og servere. Enden av kabelen som går til arbeidsstasjonen skal ikke ha skjermet plugg. Det går to nettverkskabler til hver kontroller, en primær og en sekundær. Kablene skal termineres med RJ45-plugger og T568B pinnekonfigurasjon, vist i Figur 6-2, i begge ender. Uskjermede RJ45-plugger brukes til alle arbeidsstasjonstilkoblingene. Kablene fra servere til kontrollere er koblet gjennom svitsjer.



Figur 6-2 Termineringsrekkefølge på RJ45-plugg [31].

ProPLUS-stasjonene og kontrollenhetene sitter i laboratoriet mens servere, patchepanel og svitsjer sitter inne på serverrommet. Det går to kabler fra hver server til tilhørende kontroller i tillegg til signalkabel fra KVM. Det måtte derfor trekkes i alt 12 nettverkskabler mellom serverrom og lab. Siden alle kontrollenhetene skal ha 24 VDC- strømforsyning ble også strømforsyningsenheten plassert inne på serverrommet, og kabel ble trukket ut til hver kontrollenhet.

Patchepanelet gjør det raskt og enkelt å koble om på hvilken stasjon som er koblet mot en gitt server eller hvilken server som kobles mot en kontroller. Signalene for skjerm, tastatur og mus er koblet ut fra serveren og inn på KVM-boksen, fra KVM-boksen går en Kat5-kabel inn på baksiden av patchepanelet. Fra fronten på patchepanelet går det Kat5-kabel ut til KVM-boksene ute i laboratoriet der signalene splittes opp og skjerm, tastatur og mus kobles til. Kabelen som skal fra server til kontroller er koblet ut fra serveren og inn på baksiden av patchepanelet. Fra fronten på patchepanelet går en patchekabel inn på svitsjen. Ut fra svitsjen går kabelen til kontrolleren. Hvis det hadde vært et ekstra sett med svitsjer kunne det vær koblet et primært og et sekundært nettverk mellom server og kontroller. Påliteligheten til systemet ville da vært enda bedre. Dette kan også løses ved f.eks å lage portbasert VLAN, slik at ulike porter på svitsjen blir definert til å høre til et spesifikt VLAN. Men siden det ikke er kritisk at dette nettverket fungerer til enhver tid har ikke dette blitt prioritert.[2]

RTU-ene kan kobles opp mot ulike I/O- enheter som f.eks. temperaturmåling, trykk, pumper og så videre. Dette gjøres ved å bruke ulike I/O-kort til ulike enheter. På kontrolleren som brukes til riggen sitter det 3 AI-kort hvorav 2 aktive og 1 passivt, et digitalt inngangskort, et analogt utgangskort og et digitalt utgangskort.

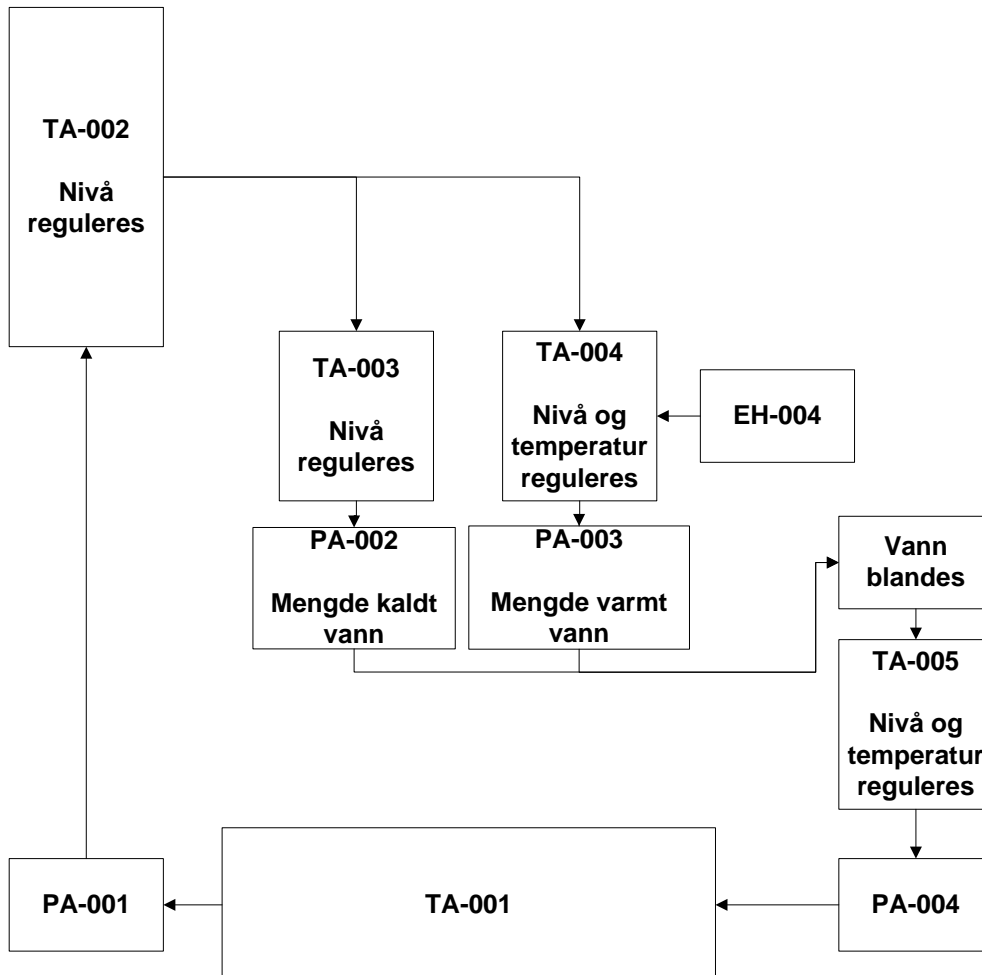
6.2 Virkemåte

DeltaV-kontrollenheten utfører lokal kontroll og utfører kommunikasjonen mellom I/O-systemet og kontrollnettverket. Kontrollenheten kommuniserer med serveren over Ethernet, koblet med Kat5-kabel. Serveren inneholder all logikk og programvare som trengs for å lage styresystemer.

Den inneholder i tillegg biblioteker, både innebygde biblioteker som kommer med DeltaV og biblioteker som har blitt utviklet hos Yara. ProPLUS-stasjonen gir mulighet til å lage kontroll-logikk og brukergrensesnitt. I tillegg kan den brukes som operatørstasjon når programmet er laget. Når et program er laget, lastes dette over på kontrolleren. I/O-kort blir automatisk oppdaget av systemet slik at systemet, noe som forenkler installasjonen av systemet.

7 PROSESSRIGGEN

Dette kapitlet gir et overblikk over hvordan prosessriggen er bygd opp og hensikten med riggen. Figur 7-1 viser prosessflyten i riggen og hvilke parametre som reguleres i de ulike tankene.



Figur 7-1 Prosessflyt for riggen

Riggen som gruppen har designet og bygget for Yara skal blant annet benyttes til opplæring av nye prosessoperatører som ikke er kjent med DeltaV. En av fordelene med å benytte riggen til opplæring er å se hvilken effekt endringer av kontrollparametre har på den fysiske prosessen.

7.1 Systemoversikt

Prosessriggen er en sammensatt reguleringsmodell som består av følgende hovedkomponenter:

- TA-001, Reservoartank for prosessmodell
- TA-002, Trykkstøttetank for nedstrøms tanker
- TA-003, Kjegleformet nivåreguleringstank
- TA-004, Tank for oppvarming av vann
- TA-005, Blandetank for varmt og kaldt vann
- PA-001, Nivåreguleringspumpe TA-002
- PA-002, Mengdereguleringspumpe for kaldtvann
- PA-003, Mengdereguleringspumpe for varmt vann
- PA-004, Nivåreguleringspumpe TA-005

- XV-002, Innløpsventil TA-003
- LV-003, Innløpsventil TA-004
- EH-004, Elektrisk varmeelement for TA-004

P&ID bør benyttes under lesing av dette kapittelet. Denne er for detaljert til å få plass i rapporten, men den ligger som Vedlegg D. Vann fra reservoartank TA-001 pumpes med PA-001 til TA-002. Nivået i TA-002 reguleres. Vannet fra TA-002 ledes i to separate strømmer til TA-003 via XV-002 og til TA-004 via LV-003. Nivået i TA-003 styres av XV-002 som åpner og stenger gitt av nivågrenser i TA-003. Nivået i TA-004 reguleres med LV-003 og temperaturen reguleres med EH-004. TA-005 er hovedtanken på riggen. I denne reguleres temperaturen (produktkvaliteten) vha. blandingsforholdet mellom varmtvann fra TA-004 og kaldtvann fra TA-003. Mengden varmtvann bestemmes med pådraget på PA-003. Mengden kaldtvann fra TA-003 reguleres med PA-002 ut i fra hvor mye varmtvann som kjøres til TA-005. Nivået i TA-005 reguleres vha. PA-004.

7.2 Funksjonsbeskrivelse

Dette underkapittelet gir en beskrivelse av hvordan prosessriggen virker. For å få fullt utbytte av å lese dette kapitlet bør en benytte P & ID-diagrammet i Vedlegg D. Det vil gi leseren en bedre helhet av prosessriggens virkemåte

7.2.1 Normal drift av riggen

TA-001 er reservoartanken i prosessriggen og har et volum på 26,7 l. Før oppstart skal nivået ligge på ca. 90 %. For å overvåke temperatur og nivå i tanken benyttes TI-009 og LI-010. I tillegg gir de forrigling mot LIC-001 som styrer PA-001. PA-001 vil ikke kunne opereres hvis det er over 75 °C i TA-001 og/eller nivået er under 10 %. Dette for å sikre PA-001 mot tørrkjøring og høy driftstemperatur.

TA-002 er en trykkstøttetank hvor det benyttes hydrostatisk trykk til å drive vann gjennom påfyllingsventilene til TA-003 og TA-004. For å oppnå høyest mulig trykk reguleres nivået i TA-002 med LIC-001 til cirka 65 %. Det vil da oppnås et innløpsstrykk på nedstrømsventiler (XV-002 og LV-003) som er 60mbar. For å sikre TA-002 mot overfylling benyttes en intern forrigling i LIC-001. Forriglingen er satt til en nivågrense på 85 % som setter LIC-001 i manuell og gir utgangen 0 %, slik at PA-001 stopper.

TA-003 er en kjegleformet mellomlagringstank for det kalde vannet som benyttes til å regulere temperaturen i TA-005. På grunn av geometrien til tanken vil sammenhengen mellom nivå og volum ikke er konstant. For å opprettholde nivået i tanken benyttes en NC Av/På-ventil, XV-002. Det er mulig å operere XV-002 både manuelt og sekvensielt. Ved normal drift skal den opereres sekvensielt. Grensene for sekvensiell kjøring gis fra LI-002. Vanlig driftsnivå ligger mellom 60 og 90 % av nivået i TA-002. Hvis nivået i TA-002 er under 10 % vil det ikke være mulig å operere XV-002, dette pga. av forrigling fra LIC-001. Nivåmåler LI-002 har to ulike forriglinger som er i bruk. Den ene er ved høyt nivå på 95 % som stenger XV-002, den skal beskytte TA-003 mot overfylling. Den andre er ved lavt nivå på 40 % og vil sette FIC-005 i manuell og utgangen til 0 % for å beskytte PA-002 mot tørrkjøring.

TA-004 er prosessriggen sitt varmereservoar hvor kaldt vann fra TA-002 varmes med EH-004. Ønsket temperatur bestemmes med TIC-004. Normalt vil temperaturen ligge mellom 40 og 50 °C. Til å regulere nivået benyttes LIC-003 som styrer LV-003, normalt driftsnivå i TA-004 ligger mellom 50 og 60 %. Det vil ikke være mulig å kjøre LIC-003 hvis nivået i TA-002 er

under 10 %, dette pga. forrigling fra LIC-001. LV-003 har også en intern forrigling på høyt nivå i TA-004 på 80 %. For å forhindre tørrkoking er TIC-004 som styrer EH-004 forriglet ved lavt nivå i TA-004 på 20 %. Samme forrigling beskytter PA-003 mot tørrkjøring ved at FFC-006 blir satt i manuell og utgangen går til 0 %.

TA-005 er blandetanken til prosessriggen hvor temperaturen skal reguleres med TIC-007 basert på forholdet mellom kaldt og varmt vann fra TA-003 og TA-004. Temperaturen i TA-005 er derfor hovedreguleringsparameter for prosessriggen. Kaskaderegulering benyttes mellom TIC-007 og FFC-006 hvor TIC-007 er primærregulator og mengden varmtvann blir styrt av sekundærregulatoren. Ønsket temperatur i TA-005 vil normalt ligge mellom 35 og 40 °C. For å regulere temperaturen reguleres forholdet mellom kaldt og varmt vann der mengden varmtvann bestemmer SP til FIC-005 og dermed hvor mye kaldtvann som skal pumpes til TA-005. For å sikre konstant oppholdstid i TA-005 benyttes LIC-008 som styrer PA-004. Ved normal drift ligger SP på 50 %. For å beskytte TA-005 mot overfylling er FIC-005 og FFC-006 forriglet fra LIC-008 ved høyt nivå på 80 %. LIC-008 har også en intern forrigling som stopper PA-004 ved 20 % nivå i TA-005.

7.2.2 Spesiell drift av riggen

Prosessriggen er designet med mulighet for manuell manipulering av væskestrømmer internt i riggen ved å benytte håndventiler. Hensikten med dette er å gjøre riggen mer fleksibel rigg med mulighet til å simulere hendelser som kan oppstå i et prosessanlegg.

Den funksjonen som gir størst regulerings tekniske utfordringer er å benytte HV-001. Det vil da gå en delstrøm kaldtvann fra utløpet på PA-001 direkte til TA-005, noe som vil skape forstyrrelser for flere reguleringsløyper. Denne manipuleringen vil være spesielt merkbar på LIC-001 og TIC-007. LIC-001 vil måtte øke pådraget siden mengden vann til TA-002 reduseres. Videre vil en slik endring redusere vanntemperaturen i TA-005. For å opprettholde ønsket temperatur i TA-005 vil TIC-007 redusere mengden kaldtvann fra TA-003 samtidig som mengden varmtvann fra TA-004 økes. Et problem ved operasjon av HV-001 er hvis gjennomstrømningen blir for stor. Da vil EH-004 ikke ha kapasitet til å varme opp nok varmtvann for å holde temperaturen i TA-005.

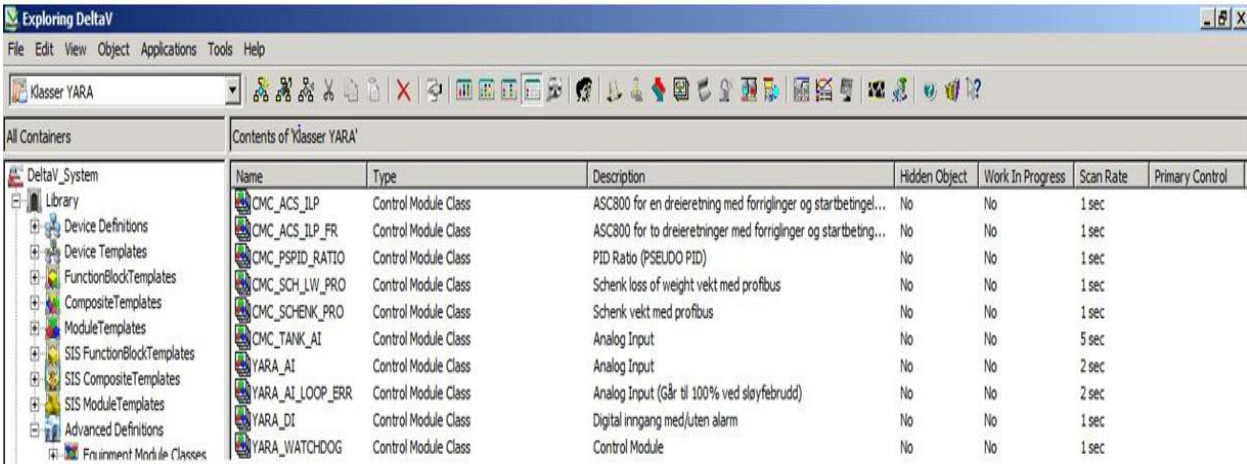
En annen prosessfunksjon som kan benyttes til manipulering av reguleringsløyper er dreneringsventilene HV-002, HV-003, HV-004 og HV-005. Ved hjelp av disse kan en teste nivåreguleringsløyper individuelt, noe som forenkler justering av disse. En annen funksjon disse ventilene har er simulering av lekkasje under drift.

8 STYRESYSTEMET

Styresystemet som brukes i prosjektet er DeltaV fra produsenten Emerson. Dette er det samme som Yara bruker i sine fullgjødsselfabrikker på Herøya.

8.1 YARA bibliotek

Det er blitt bestemt at styresystemet for prosessriggeren skal programmeres på samme grunnlag som Yaras fabrikker på Herøya. Dette gjør at Yara-personell som skal benytte prosessriggeren er kjent med brukergrensesnitt og logikkfunksjoner "uten behov for opplæring". For å oppnå dette benyttes Yara sitt programmeringsbibliotek. Det gir tilgang til ferdig programmerte logikkmoduler for prosessutstyr som Yara benytter i sine fabrikker. Disse modulene er oppbygd med standard funksjonsblokker som brukes til programmering i DeltaV. Kontrollmoduler for blant annet analoge måleverdier og PID-regulatorer er tilgjengelig. Noen av disse modulene er basert på klasseprinsippet og tilgang til endringer av logikken er begrenset. Ved å benytte seg av moduler fra biblioteket forenkles og standardiseres programmeringen. Det eneste som gjenstår før en slik modul kan benyttes er å programmere de knytningene om er unike for modulen. I tillegg til et logikkbibliotek benyttes et bibliotek for brukergrensesnittet. Det gir tilgang til standardiserte grafiske figurer som benyttes i skjermbildet for å beskrive utstyr samt egnet faceplate for et TAG. Tilgjengelige kontrollmoduler i Yaras bibliotek er vist i Figur 8-1.



Name	Type	Description	Hidden Object	Work In Progress	Scan Rate	Primary Control
CMC_ACS_ILP	Control Module Class	ASC800 for en dreieretning med forriglinger og startbetingel...	No	No	1 sec	
CMC_ACS_ILP_FR	Control Module Class	ASC800 for to dreieretninger med forriglinger og startbeting...	No	No	1 sec	
CMC_PSPID_RATIO	Control Module Class	PID Ratio (PSEUDO PID)	No	No	1 sec	
CMC_SCH_LW_PRO	Control Module Class	Schenk loss of weight vekt med profibus	No	No	1 sec	
CMC_SCHEWK_PRO	Control Module Class	Schenk vekt med profibus	No	No	1 sec	
CMC_TANK_AI	Control Module Class	Analog Input	No	No	5 sec	
YARA_AI	Control Module Class	Analog Input	No	No	2 sec	
YARA_AI_LOOP_ERR	Control Module Class	Analog Input (Går til 100% ved sløyfebrudd)	No	No	2 sec	
YARA_DI	Control Module Class	Digital inngang med/uten alarm	No	No	1 sec	
YARA_WATCHDOG	Control Module Class	Control Module	No	No	1 sec	

Figur 8-1 Klassebaserte kontrollmoduler

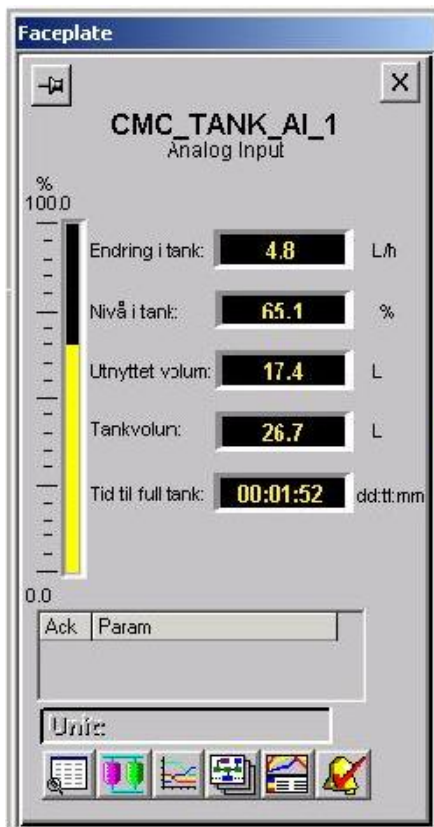
8.1.1 TANK_AI

Tank_AI-modulen er en modul som Yara har i sitt bibliotek over kontrollmoduler. Den er laget som en kontrollmodul-klasse. Det eneste som må gjøres er å endre på hvilken nivåmåler som skal benyttes, totalt volum på tanken og måleenheter. Modulen trenger få parametre for å utføre sine beregninger, noe som gjør den enkel å implementere i system hvor som allerede har nivåmåling. Modulen gir indikasjon på nivåendring i en tank. Ut i fra nivå og tankstørrelse blir det kontinuerlig utregnet mengde i tanken og tid til full/tom-tank med den gjeldende endringsraten. Den har en faceplate som viser:

- endring i tanken per time
- nivå i tanken i prosent
- utnyttet volum
- totalt tankvolum
- tid til full tank ved nåværende endringsrate

Beregningene bak modulen er utviklet av Ingvar Westengen hos Yara og modulen i DeltaV er laget av Emerson.[32]

På riggen har Tank_AI-modulen blitt brukt til å overvåke TA-001 for å kunne følge med på hvor mye som blir tilført, eventuelt pumpet ut av denne. Figur 8-2 viser faceplaten til Tank_AI-modulen brukt på TA-001 på riggen.



Figur 8-2 Faceplate til Tank_AI-modulen brukt på riggen

8.2 HMI

Til styring og overvåking av en prosess med DeltaV benyttes programmet Operate. Operate benyttes også til utforming av brukergrensesnitt. Det gir en grafisk presentasjon av prosessen

som plassering av rør og tanker. Utstyr som ventiler og pumper har ofte dynamiske element som kalles dynamoer. Dynamoer kan f.eks. programmeres til å vise at en pumpe er i drift ved at den farges grønn, eller rødt ved feil. Operate gir også tilgang til verktøy som faceplate, historikk og trending.

8.3 Trend

Dette underkapittelet er i hovedsak basert på referanse [4]. Trendfunksjonen i DeltaV gir mulighet for grafisk plotting av parametre som er knyttet til TAG i DeltaV. Disse parametre vil typisk være PV, SP og utganger fra regulatorer, men også binære signaler som alarmer er tilgjengelig. Siden de fleste parametre i DeltaV kontinuerlig lagres på ProPLUS-stasjonen kan historisk data hentes opp og knyttes til et trendbilde. Det gir mulighet for å se på hvordan en prosess har oppført seg tidligere og kan brukes til feilsøking ved å sammenligne historiske data med nåverdier. Trending benyttes i den daglige kjøringen av en prosess siden grafen gir et bedre bilde av prosessen enn ved å følge med på prosessverdien i brukergrensesnittet. Ved manuell tuning av prosessriggen hvor sprang respons har blitt benyttet, har trendfunksjonen i DeltaV vært et nyttig verktøy.

I DeltaV er det to trendtyper som benyttes:

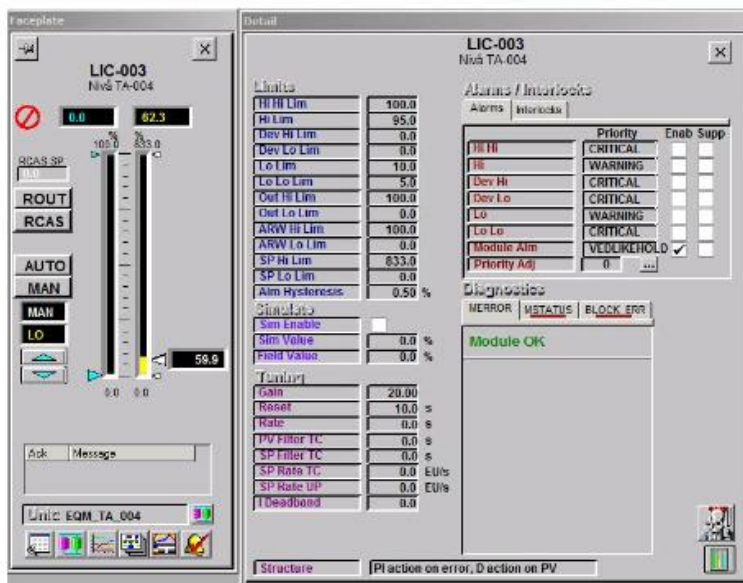
- Faceplate trend
- Prosesshistorisk trend

Trendbilder kan opprettes direkte fra faceplaten til et TAG. Hvilke parametre som vises i denne typen trendbilder er forhåndsbestemt. Dette gir lite fleksibilitet, noe som gjør at denne formen for trending blir lite brukt.

Prosesshistoriske trender opprettes av bruker som kan bestemme hvilke parametre trenden skal inneholde. Det er også mulighet for skalering av verdi og tid, noe som gjør at trendbildet kan tilpasses etter behov. Et slikt trendbilde viser også historiske verdier til de parametrene trenden inneholder. Siden tilpassing av et godt trendbilde er tidkrevende å lage kan trendene lagres. Historiske trendbilder er et nyttig verktøy til feilsøking av tidligere prosesshendelser. De blir også brukt til å følge utviklingen av prosessverdier og på den måten forsøke å forutsi fremtidige verdier. Trendbilder brukt i prosjektet er tatt med i kapittel 11.

8.4 Faceplate

En faceplate er et vindu som viser detaljert informasjon om TAG som er benyttet i et skjermbilde. Faceplaten til et TAG benyttes til overvåking og endring av driftsparametre som er knyttet til TAG-et. Hvilken type faceplate som er benyttet i skjermbildet til prosessriggen er bestemt ut fra TAG-funksjonen. En nivåmåler vil f.eks. ikke ha samme type faceplate som en regulator. Faceplaten til et TAG gir tilgang til flere funksjoner som alarmliste og trendbilde. Standard faceplate-visning gir tilgang til standardinformasjon som PV og regulatorinnstillinger som manuell og kaskade. Alle faceplater har også en utvidet funksjon som viser alarmgrenser og justeringsverdier for PID-regulator. Hvis en operatør er logget på Operate vil han vanligvis bare ha lesetilgang til denne informasjonen. Faceplate og detaljert faceplate er vist i Figur 8-3.[4]



Figur 8-3 Faceplate, "standard" til venstre og "detaljert" til høyre.

8.5 Alarmsystemets virkemåte

Dette underkapittelet er basert på referanse [4]. DeltaV har et integrert alarmsystem som er knyttet til kontrollmodulene i Control Studio og presenteres for operatør i Operate. Av mulige typer alarmer har en i dette prosjektet benyttet følgende:

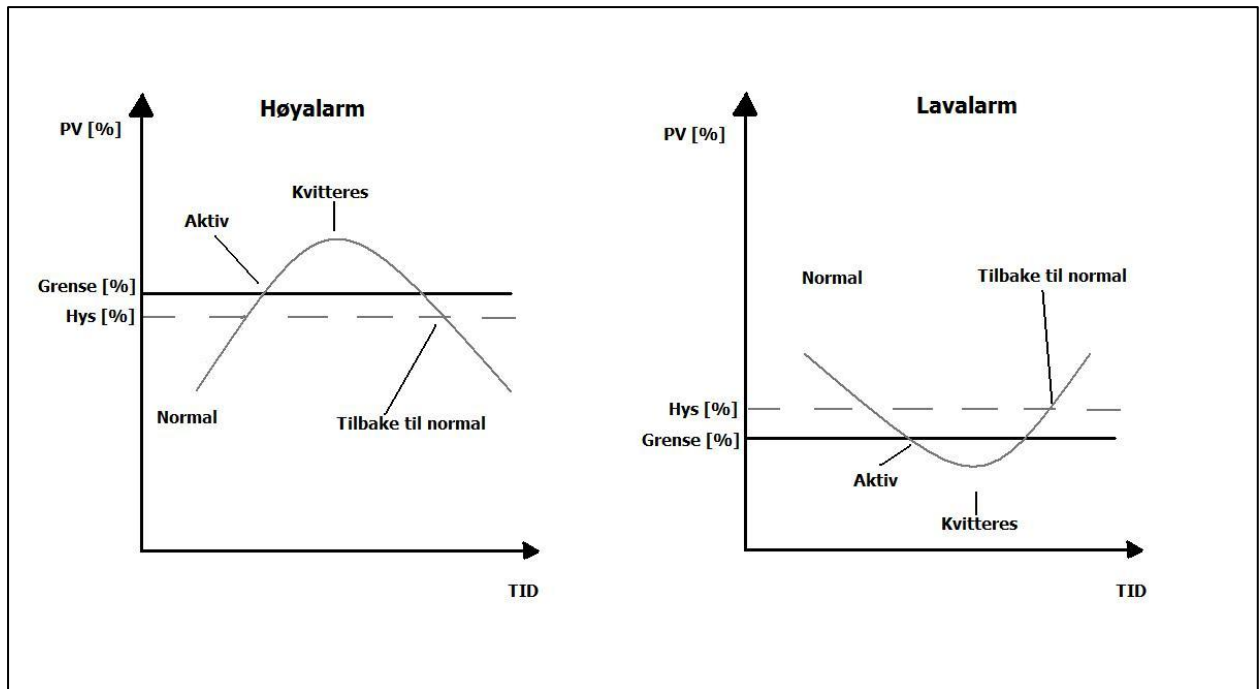
- PV-alarm
- Maskinvare alarm

PV-alarmer sier noe om tilstanden til prosessriggen ved at de angir hvilket område som en del av prosessen skal opereres innenfor. Disse deles opp i kritiske og ikke kritiske alarmer. Dette gjøres for at operatøren skal kunne sortere ut hvilke alarmer som har høyest prioritet. For å skape et skille mellom disse benyttes det fargekoder hvor rødt er kritisk og gult er ikke kritiske. Når en alarmgrense blir nådd vil alarmeren blinke både i alarmliste og på faceplaten til TAG-et som er knyttet til alarmeren. Tilstanden til en slik alarm er aktiv. Når alarmeren oppdages av operatør er det naturlig at den kvitteres, alarmeren skifter tilstand til kvittert. Den vil da slutte å blinke, men ligge inne helt til prosessverdi har gått tilbake til normal tilstand. Figur 8-4 viser et utsnitt av alarmlisten fra programmet til prosessriggen.

Alarm List									Unack: 1	Suppressed: 0
Ack	Time In	Unit	Module/Param	Description	Alarm	Help	Message	Priority		
	5/18/2012 1:31:55 I		LI-010/HI_ALM	NIVÅ TA-001	HIGH		High Alarm Value 106.389	WARNING		
✓	5/18/2012 11:33:00		NØDSTOPP/DISC_ALM	Digital inngang med/uten	UTLØST		Alarm	CRITICAL		
✓	5/18/2012 11:14:58	EQM_NIVÅ_TA-003	XV-002/F-ALL_ALM	Fylleventil TA-003	FAILED		Nedkjøring/forriglet	WARNING		
✓	5/11/2012 4:30:23 I		NODE1/MAINT_ALM		MAINT		ACN Communications: No	WARNING		
✓	5/18/2012 10:31:13	EQM_TA-002	LIC-001/MODULE_ALM	PI0 SINGLE	MFE:1		Modulfall: 11 eller Modulstr: VE:DIKKEHOLD			

Figur 8-4 Utsnitt av alarmliste

For å hindre at prosessverdier som ligger nær en alarmgrense skal produsere unødvendig støy i alarmlisten benyttes hysteresis på alarmgrensene. Alarmbehandlingsprinsippet er vist i Figur 8-5. Hysteresis og alarmgrenser konfigureres i kontrollmodulene til indikatorer og regulatorer hvor det benyttes alarmer. Hysteresis og alarmgrense angis i % av prosessverdi.



Figur 8-5 Alarmprinsipp

En annen alarmfunksjon som er knyttet til PV-alarm er avviksalarm. Det benyttes normalt på reguleringsløyper som regulerer produktkvalitet. Siden temperaturen i TA-005 er produktkvaliteten til prosessriggen benyttes det avviksalarm på TIC-007. Avviksgrensen er satt til 5 % avvik mellom SP og prosessverdi. Behovet for en slik alarm på riggen er ikke så relevant, men er tatt med for å vise hvilke muligheter som finnes innen alarmhåndtering i DeltaV.

For å kunne detektere feil på maskinvare som I/O-kort og kontroller benyttes maskinvarealarm. Disse alarmene blir vanligvis benyttet av vedlikeholdspersonell og ingeniører. DeltaV Diagnostics gir tilgang til disse alarmene. Diagnostics gir en hierarkisk oversikt fra kontroller og ned til I/O-kort. Alarmhendelser en her får tilgang til vil være kritiske alarmer som kommunikasjonsfeil mellom kontroller og ProPLUS-stasjon til mindre kritiske alarmer som brudd på signalløyper og feil på måleområdet til et instrument. Alarmer av denne typen vil også være tilgjengelig fra Operate, men bare de alvorligste vises i prosessalarmlisten. Bakgrunnen for dette er at operatøren sjelden har behov for denne informasjonen. Figur 8-6 viser kanalene på et I/O-kort i Diagnostics.

Contents of 'C01 AI Card, 8 Ch., 4-20 mA, HART, Series Z'

Name	Description	Value	OInteg	Status
CH01	Channel 01	1.0667	GOOD	Good
CH02	Channel 02	5.77554	GOOD	Good
CH03	Channel 03	2.23497	GOOD	Good
CH04	Channel 04	1.20499	GOOD	Good
CH05	Channel 05	6.1594	GOOD	Good
CH06	Channel 06	12.2916	GOOD	Good
CH07	Channel 07	@@@@@	GOOD	Good - No Installed Config
CH08	Channel 08	12.1486	GOOD	Good
Exist	Card Exists	YES		
OInteg	Overall Integrity	GOOD		
HwRev	Hardware Revision	Rev 9.10		
SwRev	Software Revision	Rev 1.48		

Figur 8-6 Utsnitt fra Diagnostics som viser et I/O-korts kanaler

8.6 MPC i DeltaV

Dette underkapittelet er basert på referanse [4]. En matematisk modell av prosessen er basisen for bruk av MPC. I DeltaV-systemet kan programmet DeltaV Predict automatisk utføre prosessetestingen som er nødvendig for å utvikle matematiske modeller. Dataen som samles inn under testingen av prosessen kan bli sett av brukeren. Avvikende data kan elimineres ved å bruke grafiske verktøy. Ved å velge ekspert-modus tillater DeltaV Predict at den resulterende prosessmodellen blir sett og redigert. MPC-kontrolleren blir automatisk generert fra denne prosessmodellen og deretter lastet ned til MPC-funksjonsblokken i DeltaV-kontrolleren.

Med MPC Predict kan prosessutgangen ha maksimalt fire utgangsvariabler med maksimalt fire begrensninger. Tilsvarende for prosessinngangen, kan denne ha fire inngangsvariabler og fire begrensninger. Er det behov for flere variabler enn dette må MPC Predict Pro benyttes. Pro-utgaven kan ha opptil 80 variabler på prosessutgang med valgfri kombinasjon av kontroll- eller begrensingsvariabler og 40 variable prosessinn ganger.

Lisenser for MPC-utganger kan bestilles og samles i DeltaV-systemets database. Det totale antallet MPC-utganger vil deretter minke etter hvert som MPC-funksjonsblokker blir implementert. Hvis det f.eks. brukes en funksjonsblokk med to MPC utganger vil to utganger trekkes fra systemtotalen. Det trengs ingen lisens for MPC-blokker med bare en utgang, siden disse er standard. Det vil ikke trekkes fra i det totale antallet lisenser i dette tilfellet. MPC-utgangslisensene kan brukes både i Predict- og i Predict Pro-applikasjoner om hverandre.

8.7 Fuzzy-logikk i DeltaV

Dette underkapittelet er basert på referanse [4]. Prosess-sløyfer som kan dra fordel av ulineær kontrollrespons er gode kandidater til bruk av Fuzzy-kontroll. Siden Fuzzy-logikk tilbyr rask respons med tilnærmet ingen oversving fungerer det bra i sløyfer med hyppige SP-endringer eller lastforstyrrelser. I tillegg kan sløyfer med støyfullt prosessignal få bedre stabilitet når Fuzzy-logikk blir benyttet.

Kontrollsløyfer i DeltaV som benytter Fuzzy-logikk, er like enkle å implementere og justere som en sløyfe med PID-regulator. Fuzzy-logikk tilbyr null oversving, men samtidig rask respons. DeltaV Fuzzy-funksjonsblokker tunes med DeltaV InSight.

Det er ikke nødvendig å forstå reglene for Fuzzy-logikk for å bruke dette i DeltaV. Reglene settes i kontrolleren. Det er kun nødvendig å manipulere skaleringsfaktorene. DeltaV InSight kan brukes til å tune disse skaleringsfaktorene. Disse skaleringsfaktorene tilsvarer P-, I- og D-leddet i en PID-regulator.

For å overkomme utfordringene med å bestemme reglene for Fuzzy-logikk er DeltaV Fuzzy-funksjonsblokkene laget for å fungere sammen med DeltaV InSight. Ved tuning av Fuzzy-funksjonsblokker benyttes en relé-oscileringsteknologi for å identifisere prosessdynamikken. DeltaV InSight anbefaler da skaleringsfaktorer for å optimalisere reguleringsløyfer hvor Fuzzy-logikk benyttes. Fuzzy-funksjonsblokker kan brukes på alle DeltaV-systemer.

8.8 PID i DeltaV

Dette underkapittelet er basert på referanse [4]. Til styring og regulering av de ulike reguleringsløyfene på riggen er det benyttet PID-regulatorer. For implementering av tiltenkte regulatorfunksjoner er det brukt tre ulike kontrollmoduler: singel PID-regulator, PID-regulator med forholdsreguleringsfunksjon og en modul for kaskaderegulering. Disse kontrollmodulene er hentet fra Yaras bibliotek i DeltaV Explorer som beskrevet i kapittel 8.1. Til reguleringsløyfer

hvor det kun reguleres på en variabel benyttes singel PID-regulator. Den er brukt på følgende reguleringsløyper:

- LIC-001
- LIC-003
- TIC-004
- LIC-008
- FIC-005

Forholdsregulering oppnås ved å benytte PID-kontrollmodul med forholdsreguleringsfunksjon. Denne modulen er benyttet på FFC-006, som kan benyttes til å regulere mengden varmtvann ut fra mengden kaldtvann. Hvis FFC-006 er i forholdsmodus vil SP til FFC-006 bli styrt av mengden kaldtvann multiplisert med et forholdstall. Denne regulatormodulen er knyttet til to målevariable for å oppnå dette.

Kontrollmodul for kaskaderegulering brukes til å regulere temperaturen i TA-005. Denne funksjonen er brukt på TIC-007. TIC-007 er da primærregulator, hvor regulatorutgangen styrer SP til sekundærregulatoren FFC-006. For å muliggjøre dette må sekundærregulatoren være konfigurert slik at kaskademodus er tilgjengelig som en regulatorfunksjon.

Oppbygningen av de tre kontrollmodulene som er benyttet er i stor grad like og bygd opp rundt PID-funksjonsblokken som er vist i Figur 8-7.

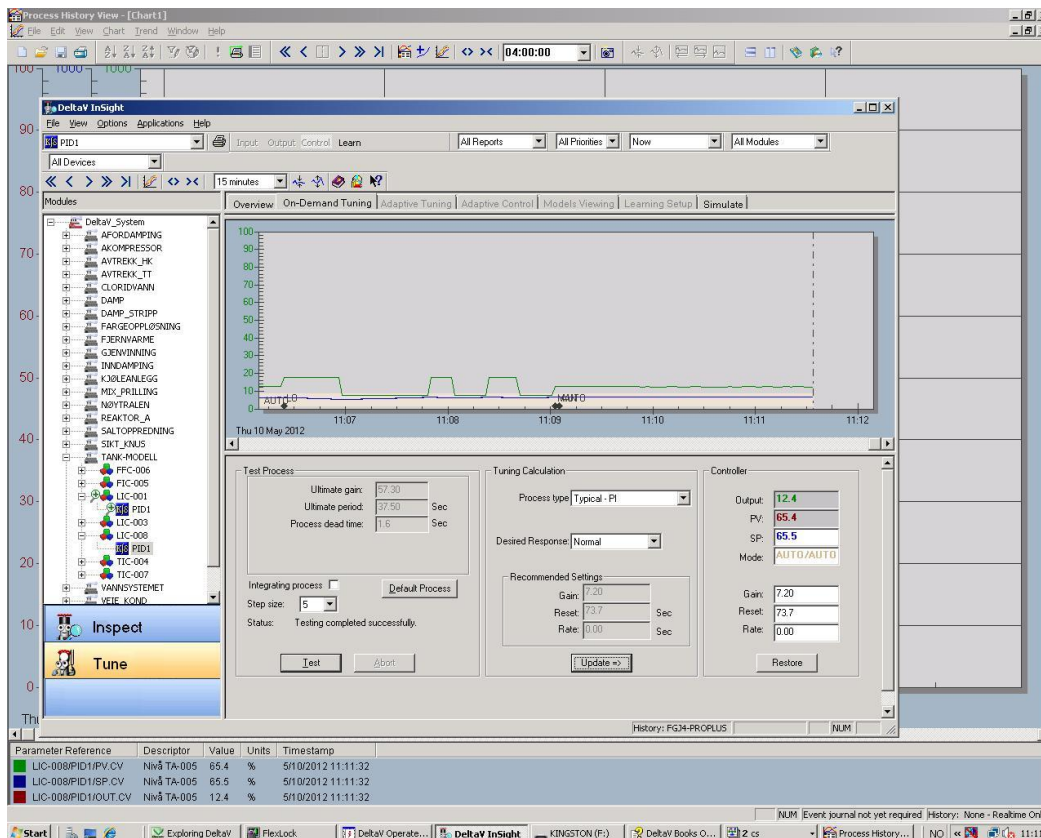


Figur 8-7 PID-blokk

I tillegg til denne blokken inneholder kontrollmodulene blant annet blokker for I/O, alarmhåndtering og forriglingsfunksjoner. Dette gjør at regulatorkontrollmodulene er generelle og kan brukes til de fleste regulatorsløyper. Forriglingsfunksjonene i kontrollmodulene som benyttes på prosessriggen har samme funksjon. De skal sette regulatoren i manuell modus og tvangskjøre (tracking) regulatorutgangen til 0 %. De ulike forriglingsfunksjonene settes opp for å visning i faceplaten til regulatoren slik at operatør oversikt over hvilke grenser som er tilgjengelige og/eller brutt.

8.9 Autotuning

Dette underkapittelet er basert på referanse [4]. For automatisk justering av regulatorparametre kan "autotuning" benyttes. For justering av PID- eller Fuzzy-parametre i DeltaV brukes et verktøy som heter InSight. Under justering av parametrene kjøres regulatorutgangen av en funksjon som varierer mellom to verdier, men med varierende frekvens. Dette gjør at prosessen oscillerer med en liten, kontrollert amplitude. InSight kalkulerer så det Emerson kaller "Ultimate Gain" og "Ultimate Period" for prosessen. Ut fra denne informasjonen blir innstillingene for kontrolleren beregnet, basert på angitt prosessstype. Figur 8-8 viser DeltaV InSight under "autotuning".

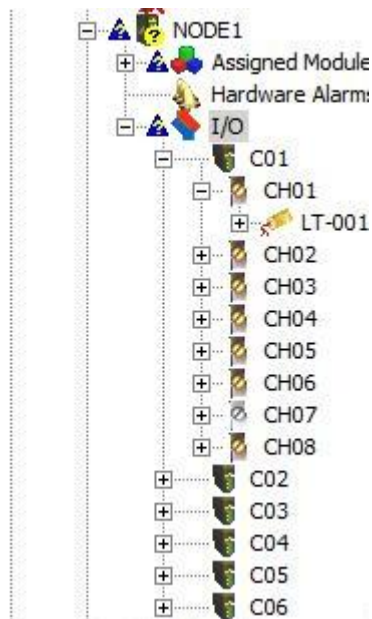


Figur 8-8 DeltaV InSight

8.10 Konfigurering av DeltaV

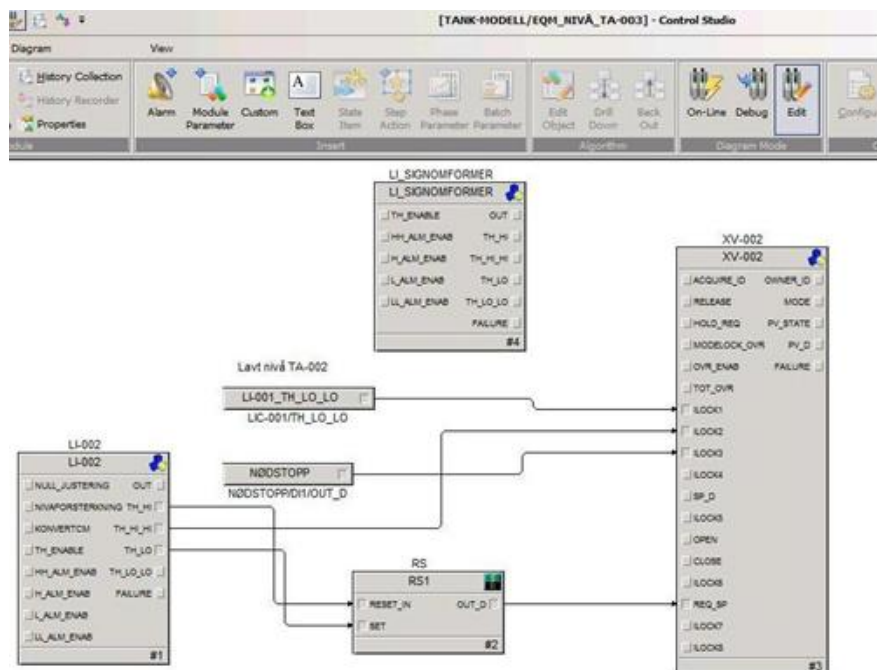
Før programmeringen av modellogikken var det behov for konfigurering av maskinvaren som skulle benyttes. Den første komponenten som ble satt opp var en ny ProPLUS-stasjon. For å få samme oppsettet som for fabrikkstasjonene, ble et image av FGJ4-stasjonen installert. Dette gav tilgang til programvare og bibliotek som var nødvendig for å programmere styresystemet til riggen.

For konfigurering benyttes DeltaV Explorer, som også gir tilgang til alle kontrollere som er knyttet opp mot ProPLUS-stasjonen. Ved oppkopling av en ny kontrollert må det gjøres et søk etter nye enheter på ProPLUS-nettverket. Når det er funnet en ny kontrollert blir den tildelt et navn. Kontrolleren som gruppen benytter heter NODE1. Under NODE1 vises alle I/O-kort som er knyttet opp mot kontrolleren som vist i Figur 8-9. Hvis et nytt I/O-kort installeres vil dette automatisk dukke opp under tilknyttet kontrollert. For å lage en bedre oversikt gis I/O-kortene et navn på bakgrunn av funksjonen til kortet og et løpenummer hvis det er benyttet flere kort av samme type. De ulike kortene har 8 inn eller utganger. Disse blir koblet mot utstyr som fysisk er montert på riggen og gis samme navn som utstyret for lettere kjenne inn og utganger i logikken. Siden I/O-kortene har innebygd feildeteksjon på åpen signalløype, aktiveres bare de inn- og utgangene som er koblet i felt. På den måten reduseres alarmbelastningen i DeltaV. For at endringer skal bli tilgjengelig må disse lastes ned til kontrolleren.



Figur 8-9 Maskinvarehierarki for RTU-en til riggen

Til implementering av logikk benyttes Control Studio hvor det opprettes et område hvor all logikk for hvert fysisk prosessavsnitt plasseres. Området som er benyttet i dette prosjektet heter Tank-Model. Kontrollmoduler og utstyrmoduler plasseres i dette området. Kontrollmoduler for ulike komponenter hentes fra biblioteket, som forklart i kapittel 8.1, og kopieres til området. For klassebaserte kontrollmoduler, som analoge innganger utføres all konfigurering ved parameterendringer. Parametrene som i hovedsak er blitt brukt er knytninger til I/O-kort, skalering av inngangssignal, alarmgrenser og forriglingsgrenser. De kontrollmodulene som ikke er klassebaserte kan i tillegg endres ved å legge til nye blokker i logikken ved behov. Utstyrmoduler benyttes til å skape bedre oversikt over programmet. Dette gjøres ved å samle kontrollmoduler som er knyttet til styring av samme utstyr i én utstyrmodul. Det gir mulighet for direkte knytning mellom kontrollmodulene i stedet for å bruke eksterne parameter, noe som gir dårligere oversikt. Figur 8-10 viser en utstyrmodul som er brukt i prosjektet.



Figur 8-10 Utstyrmodul: nivåstyring i TA-003

9 SIKKERHET

I dette prosjektet har det vært nødvendig å tenke på sikkerheten både med tanke på hva som fysisk kunne gå galt, men også med tanke på datasikkerhet. I dette kapitlet er noen av faremomentene og tiltakene beskrevet.

9.1 HAZOP

I 5. semester ble det gjennomgått en HAZOP-analyse for å belyse alle faremomenter på riggen. Den utførte HAZOP-analysen er vedlagt som Vedlegg I. Hovedmomentene fra HAZOP-analysen var:

- Overløpskapasiteten fra tankene skal klare maks pumpekapasitet uten at overtrykket i tankene blir for høyt.
- Konstruksjonen og materialvalg av TA-004.
- Øke antall sensorer for å få bedre overvåking av riggen

På grunn av plassmangel på riggen ble det gjort en vurdering på at sikkerheten i forhold til nivået i tankene skal håndteres i styresystemet. Dette blir gjort ved at det ble implementert forriglingsgrenser og alarmgrenser. Forriglingsgrensene for nivået i tankene stenger pumper og ventiler slik at tanken ikke kan overfylles. Overløpsrørene var også tenkt brukt som atmosfærisk tilknytning for tankene. Dette har blitt løst ved at hver tank har egen lufting. Forriglingsmatrise for hele riggen er lagt ved som Vedlegg J.

TA-004 er en ståltank, med innebygde termostater som slår av temperaturelementet hvis temperaturen overstiger 99 °C. I tillegg er det lagt inn en forriglingsgrense som slår av elementet ved 80 °C.

Det ble installert både trykkmåler for måling av nivå og temperaturtransmitter i TA-001. Dermed kan både temperaturen i hele systemet og den totale mengden vann overvåkes.

Det er montert en nødstoppbryter på riggen. Når denne trykkes inn, settes alle regulatorene i manuell modus og alle regulatorutganger tvangskjøres til 0 %. Dette medfører at alle pumper stoppes, og ventilene som er NC stenges.

9.2 Datasikkerhet

Kontrollnettverket på laboratoriet er ikke knyttet opp mot Internett så sjansene for inntregning er små. Den eneste måten en uautorisert bruker kan koble seg opp mot nettverket er å koble seg til fysisk med en kabel. Så den største trusselen mot nettverket er at virus kan komme seg inn på nettet ved bruk av minnepinne. For å unngå dette er det kun én minnepinne som blir brukt og denne blir jevnlig skannet for virus. Hver virusskanning skal også loggføres i egen bok som følger minnepennen. Hensikten med denne loggføringen er å kunne finne kilden og tidspunkt til eventuelle virus. Sikkerhetskopier fra før virusangrep kan da reinstallerer, slik at minst mulig data går tapt.

9.3 Brukeradministrasjon

I DeltaV kan det defineres ulike brukergrupper med forskjellige tilganger for å sørge for at brukere ikke kan gjøre endringer de ikke har tilgang til. F.eks. kan en gruppe kun ha rettigheter til å endre driftsparametre mens en annen gruppe kan ha tilgang til å endre enkelte justeringsparametre i tillegg. Dette kan settes opp i DeltaV User Manager.[4]

10 DRIFTSPROSEDYRE PROSESSRIGG

All drift av riggen skal utføres i henhold til denne prosedyren for å sikre riggen mot feiloperasjon. Operasjon utenfor det som er gitt i prosedyren er på eget ansvar. Punktene som må gjennomføres er satt opp i nummerert rekkefølge for å gjøre det enkelt for brukeren. Prosedyren er delt inn i underkapitler som igjen forklarer hvor punktene fysisk skal utføres.

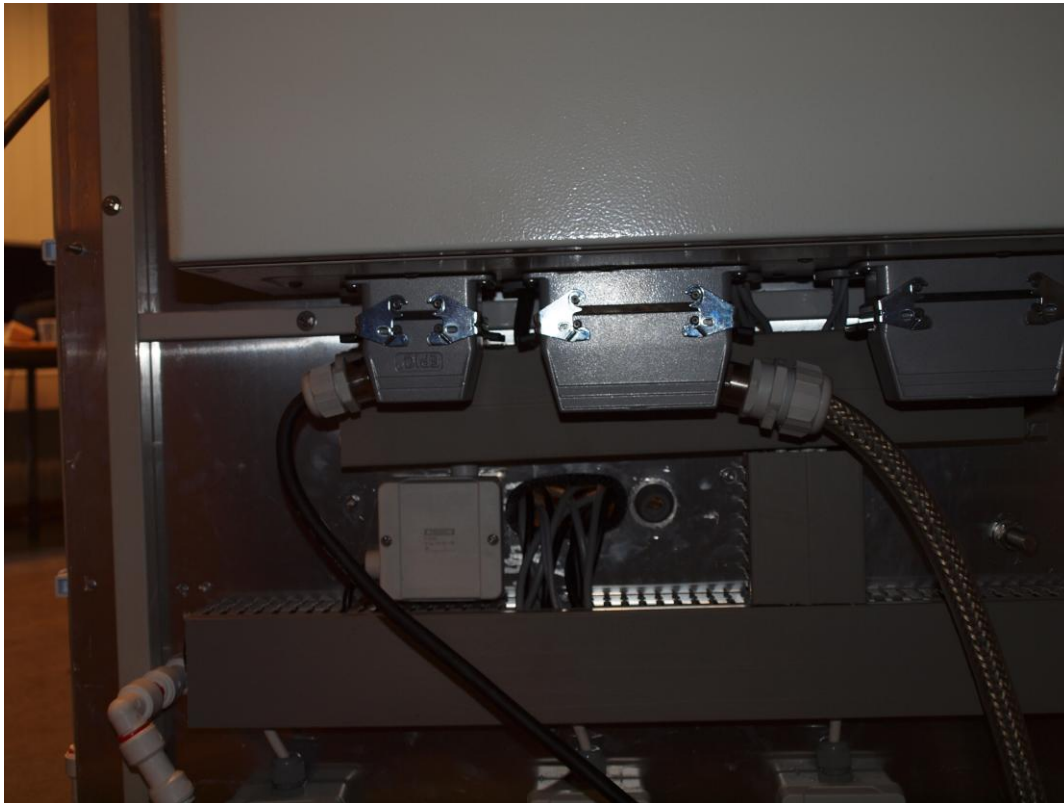
10.1 Tilkopling

ProPLUS-stasjon:

1. Før riggen kobles til strømforsyning og kontrollsystem skal DeltaV Operate startes. Dette for å få ha oversikt over tilstanden til prosessriggen.

Riggen:

1. Koble kontakter. En for strømforsyning til modell. To for signal mellom modell og DeltaV. Kontakter er plassert i underkant av styreskapet som vist i Figur 10-1.



Figur 10-1 Tilkoblingskontakter

Veggstasjon:

Figur 10-2 gjelder for punktene 3-5.

1. Tilfør 230 VAC til riggen ved å legge inn sikringen på veggstasjonen.
2. Kontroller at 24 VDC sikring som forsyner DeltaV-kontroller ligger inne.
3. Kontroller tilstanden til Power supply-kortet. Power-LED skal lyse grønt.
4. Kontroller tilstanden til kontroller. Power og Active-LED skal lyse grønt.

5. Kontroller tilstanden til I/O-kortene. Power/Active-LED skal lyse grønt. Ved kanalfeil vil LED for aktuelle kanaler blinke oransje. Alle I/O-kortene har like statuslys.



Figur 10-2 DeltaV-kontroller med I/O-kort

10.2 Klargjøring

Riggen:

1. Kontroller at TA-001 lufteventil HV-007 er åpen, vil føre til nivåfeil hvis den er stengt.
2. Kontroller at modell dreneringsventilene HV-006 og HV-008 er stengt.
3. Steng dreneringsventilene HV-002, HV-003, HV-004 og HV-005.
4. Koble trykkluftslange fra kompressor til LV-003.
5. Kompressoren er en ekstern enhet og må startes manuelt.

ProPLUS-stasjon:

1. Kontroller nivået i TA-001, hvis LI-0010 < 90 % fyll på kaldt vann.

10.3 Oppstart

Det må være stabilt nivå i alle tanker som har nivåregulering før temperaturen i TA-005 kan regulere. Videre må det kaldtvann sirkuleres rundt i riggen. Det siste hovedpunktet er å øke varmtvannstemperaturen i TA-004. Alle operasjoner fra ProPLUS-stasjonen gjøres fra faceplaten til aktuelle TAG.

ProPLUS-stasjon:

1. Sette LIC-001 i *auto* og SP settes til 65%. LIC-001 er satt opp med SP-ramping på 1 %/s. Dette for å unngå høyalarm i TA-001.
2. Sette XV-002 i *cas*. Nivået i TA-003 vil da bli styrt med hendelsesgrensene til LI-002.
3. Sette LIC-003s utgang til 80 % før regulatoren settes i *auto* med et SP på 50 %. Dette for å øke fyllingshastigheten av TA-004 siden LV-003 har lav gjennomstrømning ved liten åpning.
4. Sette FIC-005 i *auto* og SP settes til 1.2 l/min.
5. Påse at TIC-007 er i *man* og utgangen til regulatoren er 0 %
6. Sette LIC-008 i *auto* og SP settes til 50 %. Siden LIC-008 har reversert virkning vil ikke PA-004 starte før prosessverdi overstiger SP.
7. Når nivået i TA-004 er på 50 % settes TIC-004 i *auto* og SP settes til 40 °C. Når temperaturen er oppnådd er oppstartsfasen ferdig.

10.4 Drift av prosessmodell

Når temperaturen i varmetank TA-004 er oppnådd kan regulering av temperatur i TA-005 med TIC-007 startes.

ProPLUS-stasjonen:

1. Sette FFC-006 i *cas* hvis den står i *auto* eller *man*.
2. Sette TIC-007 i *auto* og gi ønsket SP. Hvis temperatur i TA-001 er 22 °C bør ikke SP overstige 30°C.
3. Siden prosessmodell ikke har noen form for kjøling, vil temperaturen i TA-001 øke så lenge varmt og kaldt vann blandes. SP til TIC-007 må derfor økes med steg på 5 °C hvis kontinuerlig regulering av temperaturen i TA-005 er ønskelig.
4. Når kaldtvannstemperaturen stiger må temperaturen i TA-004 økes slik at differansetemperaturen mellom TIC-004 og TIC-007 er på 10 til 15 °C.
5. Siden prosessriggens maksimale temperatur er på 70 °C bør ikke TIC-007 overstige 60°C.

10.5 Normal nedkjøring

Når arbeid med riggen er ferdig bør den kjøres ned på en kontrollert måte. Det gjelder spesielt hvis kaldtvannstemperaturen er over 60 °C, som er opp mot maksimal driftstemperatur.

ProPLUS-stasjon:

1. Sette TIC-004 i *man* og regulatorutgang til 0 %. Dette for å hindre overoppheting av varmeelement EH-004 når en reduserer nivået i TA-004.
2. Sette FFC-006 i *auto* og et SP på 1 l/min
3. Når en har lik temperatur i TA-001 og TA-004 settes resterende regulatorer i *man* og regulatorutgangene til 0 %. XV-002 skal settes i *auto* og stenges.

Riggen:

1. Drenerer TA-002, TA-003, TA-004 og TA-005 tilbake til TA-001 med de manuelle dreneringsventilene HV-002, HV-003, HV-004 og HV-005.

10.6 Nødstop

Skulle det oppstå en alvorlig feil med prosessriggen som ikke kan håndteres fra ProPLUS-stasjonen skal nødstoppen benyttes. Den er plassert i øverst på riggen. Før riggen kan startes opp etter en slik hendelse skal den vurderes og eventuelle feil utbedres.

10.7 Frakopling

Siden prosessriggen ikke er designet for drift uten tilsyn skal spenning og signalkabler frakobles etter bruk.

Veggstasjon:

1. Legg ut 230 VAC sikring til modell.

Riggen:

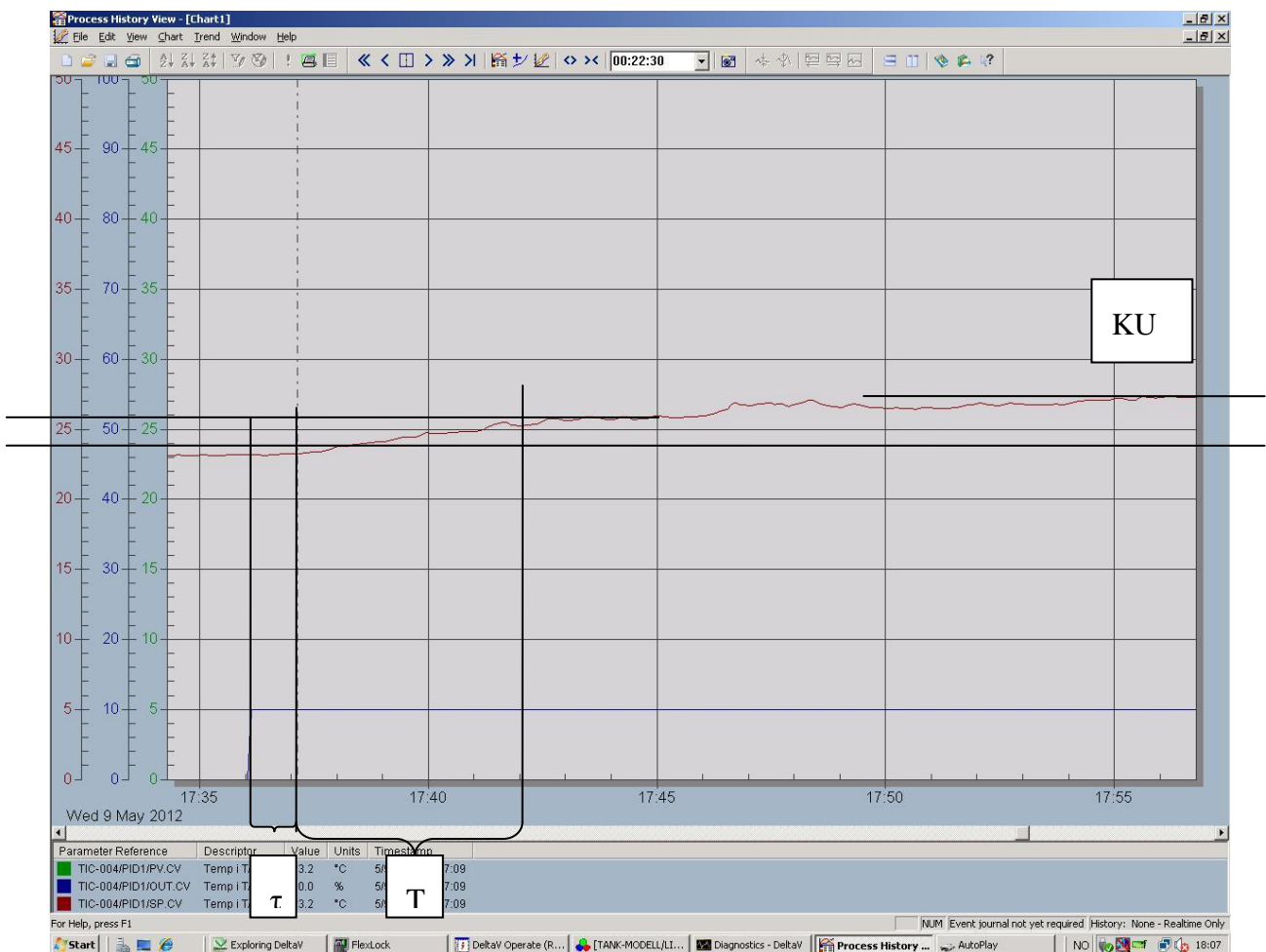
1. Koble spenningskabel og de to signalkablene fra styreskapet.

11 TESTKJØRING

En av deloppgavene gikk ut på å lage logikk og testkjøre riggen. Før reguleringssløyfene på riggen kunne kjøres i automatisk modus måtte regulatorparametrene til de ulike sløyfene finnes. Dette kapitlet beskriver hvordan disse parametrene ble funnet.

11.1 Justering av regulatorparametre

For å finne parametrene ,Kp og Ti, for PI-regulatoren TIC-004, ble det utført en sprangresponstest på prosessen. Skogestads metode for tidskonstant + delay ble brukt for å finne parametrene. Parametrene for beregningen ble lest av i grafen vist i Figur 11-1.



Figur 11-1 Sprangrespons

Avlest fra grafen finnes parametrene:

$$\tau = 17.37.16 - 17.36.08 = 52 \text{ s}$$

$$C = 2$$

$$T_c = 52 \text{ s}$$

$$K*U = (26,6 - 23,2) \text{ °C} = 3,4 \text{ °C}$$

U var et sprang på 10 %, og finner derav K som vist i formel (11-1)

$$K = \frac{3,4^{\circ}\text{C}}{10\%} = 0,34 \text{ }^{\circ}\text{C}/\% \quad (11-1)$$

63 % av KU er 2,14 °C. Tidskonstanten vil da være tiden fra tidspunkt 17.37.16 til 17.42.10 som vist i formel (11-2).

$$T = 17.42.10 - 17.37.16 = 4 \text{ m } 54 \text{ s} \quad (11-2)$$

Dette er alle de nødvendige verdiene for å beregne Kp og Ti som vist i formel (11-3) og formel (11-4).

$$Kp = \frac{T}{K(Tc + \tau)} = \frac{294}{0,34 * (52 + 52)} \approx 8,3 \quad (11-3)$$

$$Ti = \min[T, c(Tc + \tau)] = \min[294, 2(52 + 52)] = 208s \quad (11-4)$$

Verdiene for regulatoren ble testet. Det fungerer bra, men det er noe over og undersving før det stabiliserer seg. Temperaturen bruker kortere tid på å øke enn på å synke. Dette er naturlig siden det ikke er noe kjøling i prosessen. Temperaturen i TA-004 ble justert og testet med stabilt nivå konstant gjennomstrømning. Innstrømningen og utstrømningen må regnes som støy for temperaturreguleringen.

For reguleringsløyvene FIC-005 og FFC-006 ble det kjørt tilsvarende sprangresponser og regulatorparametrene ble regnet ut med Skogestads metode.

Parametre for FIC-005:

$$K_p \approx 10$$

$$T_i = 4 \text{ s}$$

Parametre for FFC-006:

$$K_p = 15$$

$$T_i = 4 \text{ s}$$

FIC-005 og FFC-006 har begrensninger på regulatorutgangene som forhindre at henholdsvis TA-003 og TA-004 pumpes tomme. Dette er gjort siden utløpsspennene har større kapasitet enn fylleventilene XV-002 og LV-003. Fylleventilenes kapasitet er begrenset av TA-002s hydrostatiske trykk på 60 mbar.

LIC-003: Nivået i TA-004 reguleres av LV-003 som står på innløpet til tanken. Denne har underkapasitet i forhold til utløpet. Regulatoren har derfor blitt justert til $K_p=20$ og $T_i=10s$, for at den skal kunne klare å regulere "hurtig" nok. Denne reguleringsløyfen ble justert inn med "prøv-og-feil-metoden".

TIC-007: Denne temperaturreguleringsløyfen begrenses av at mengden varmtvann. Den har blitt justert inn ved hjelp av "prøv-og-feil-metoden". Parametrene som ble satt var $K_p=5$ og $T_i=100s$.

For flere av reguleringsløyvene ble det brukt autotuning for å finne verdiene i PI-regulatoren. Før autotuningen startes bør prosessverdien ligge nær SP. Ønsket stegstørrelse kan velges før

InSight starter. Når testingen er ferdig gir InSight ut parametrene Gain og Reset. Gain er forsterkningen og Reset er integraltiden i PID-algoritmen i DeltaV.[4]

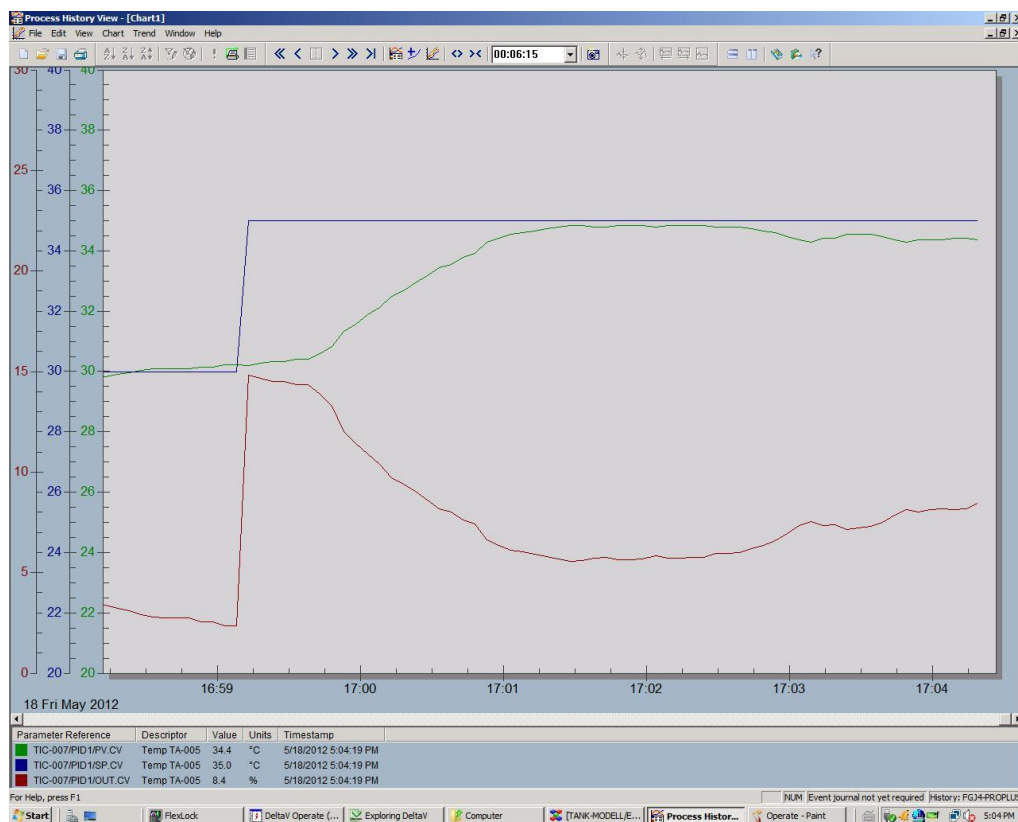
LIC-001: Stegstørrelse på 5 gir Gain=7,20 og Reset=45,7 s, testet som en rask prosess

LIC-008: Kjører den som normalt rask prosess (minutter). Stegstørrelse =5 gir Gain=7,2 og Reset=73,7 s. Denne regulatoren har reversert virkning siden pumpa som regulerer nivået sitter på utløpet av tanken. Dette er nivåreguleringssløyfen for den liggende sylindriske tanken TA-005. Nivået i denne tanken vil endre seg med ulik hastighet avhengig av væskehøyden.

11.2 Testkjøring av riggen

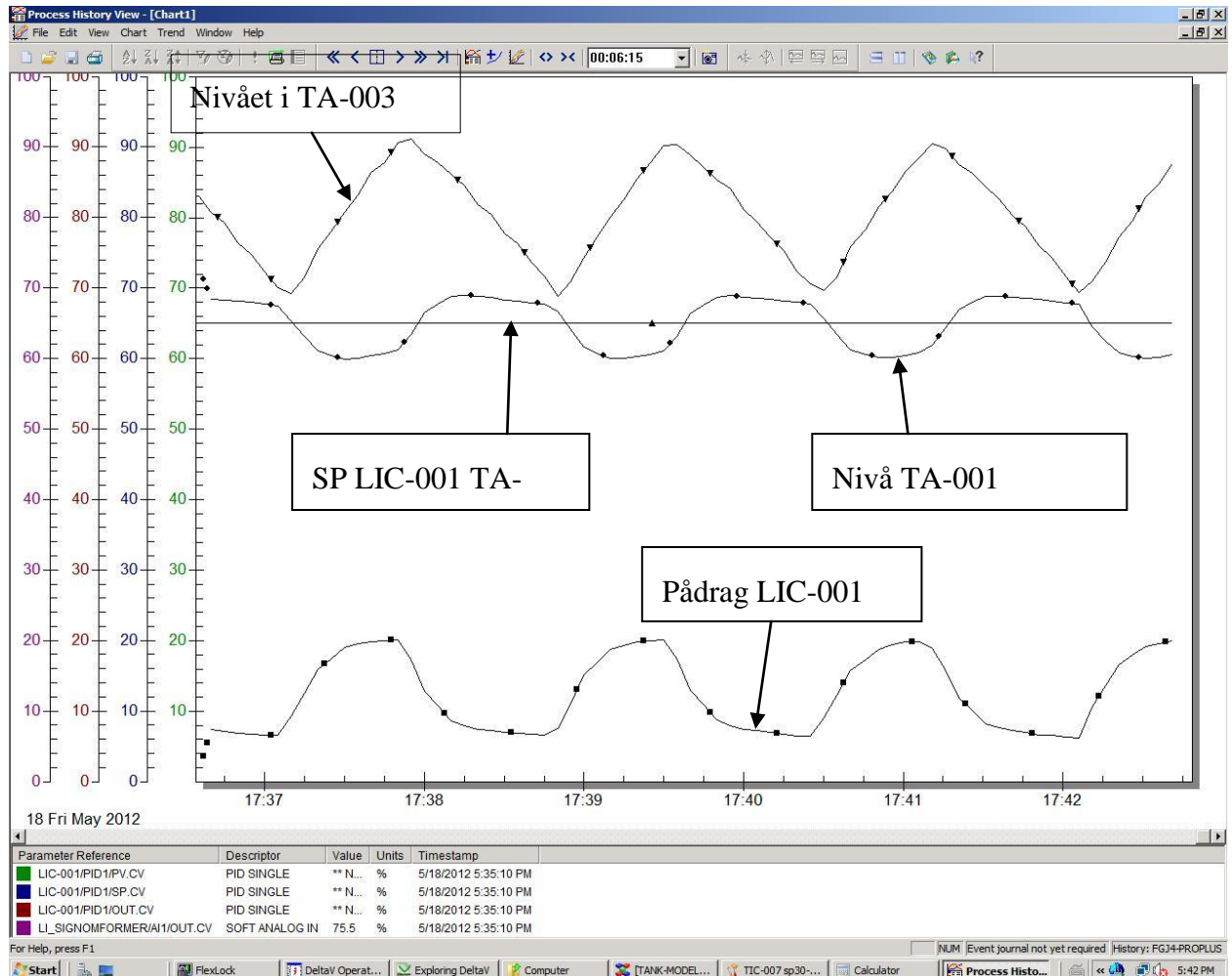
På prosessriggen skal nivået i fire av tankene reguleres. I tillegg skal temperaturen reguleres i to av tankene. Begrensningen av riggens proseshastighet (sirkulasjonshastighet) er mengden varmtvann. På innløpet til tanken som varmer opp vannet sitter reguleringsventilen LV-003. Denne slipper igjennom lite vann sammenlignet med utløpspumpen PA-003s kapasitet. På bakgrunn av dette har det blitt satt en begrensning på utløpspumpen fra TA-004, slik at tanken ikke tømmes helt. Denne begrensningen er på 1 l/min og er satt på regulatorutgangen til FFC-006, som styrer den aktuelle pumpen. Den eneste kjølingen av anlegget er mot omgivelsestemperatur. Størst kjølingseffekt oppnås i TA-001 og TA-002 som har stor overflate og lenger oppholdstid en de øvrige tankene.

Produktet i denne prosessen er temperaturen på vannet i blandetanken TA-005. Figur 11-2 viser e trendbilde av temperaturen i blandetanken etter en endring i SP fra 30-35 °C. Figuren viser også at regulatoren er forsiktig justert for å hindre oversving. Oversving ved høy temperatur vil aktivere PV-alarmer.



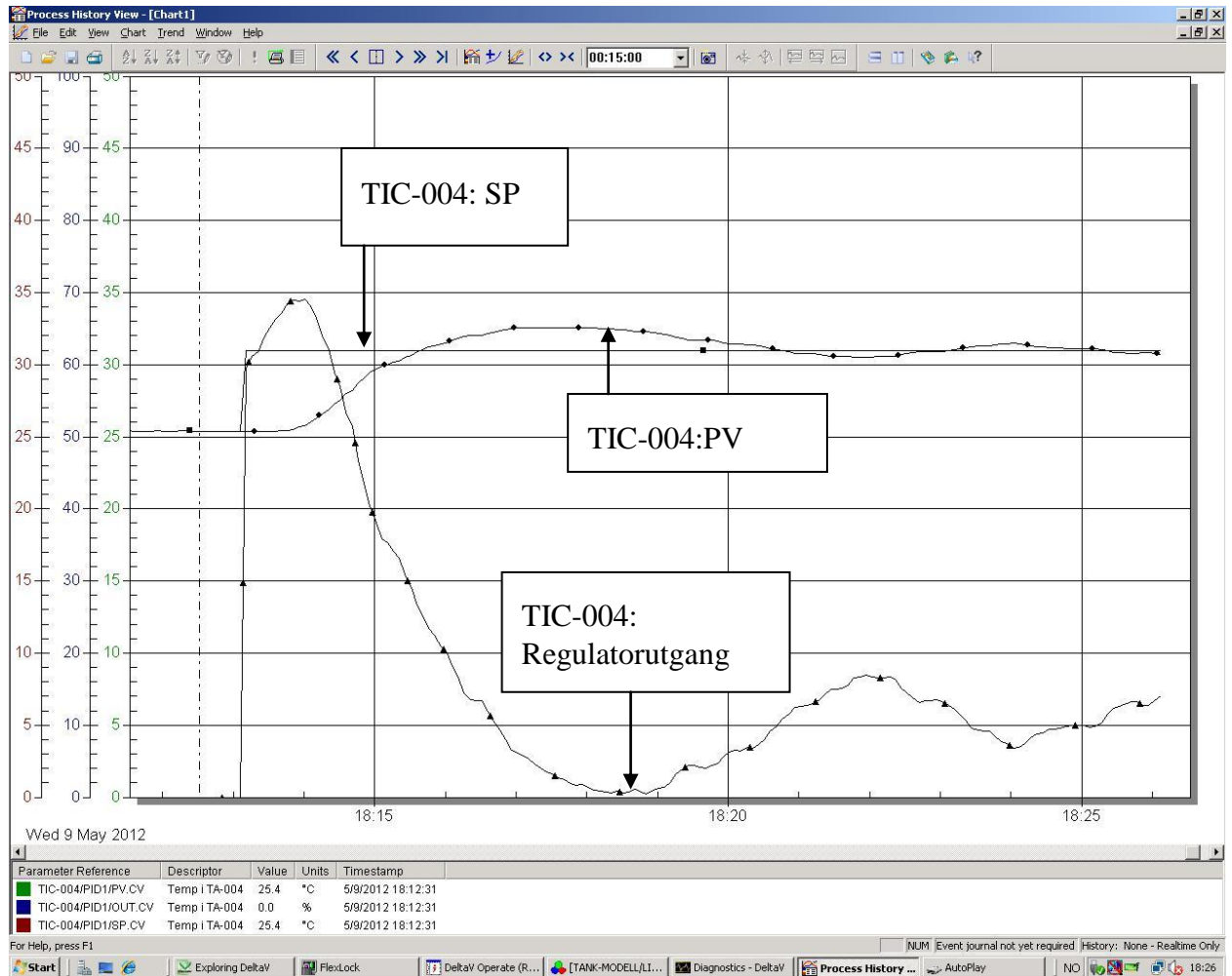
Figur 11-2 TIC-007 sprang fra 30-35 °C

TA-002 forsyner to andre tanker og er derfor utsatt for prosessstøy. Hovedårsaken til støyen er at nivået TA-003 blir regulert av Av/På-ventilen XV-002. Dette fører til raske endringer av utstrømningen fra TA-002. Figur 11-3 viser hvordan nivået i TA-001 svinger når XV-002 åpner og stenger. En mulig løsning på dette problemet kan være å kompensere for åpning og lukking av XV-002 i LIC-001, for eksempel ved at LIC-001 øker regulatorutgangen når XV-002 skal åpnes. Denne reguleringsutfordringen kan også forbedres ved å benytte Fuzzy-logikk.



Figur 11-3 Nivået i TA-002 påvirket av nivåreguleringen til TA-003

Figur 11-4 viser reguleringen av temperaturen i varmetanken, TA-004, etter en endring av SP fra 25,4-31 °C. Gjennomstrømningen på dette tidspunktet var 1 l/min som er maksimalt for denne tanken. Temperaturøkningen tar noe tid, men den er likevel hurtig nok til å tilfredsstille til nedstrøms reguleringsløyfe TIC-007. Temperaturøkning går raskere ved lavere gjennomstrømning. Normal gjennomstrømning vil ligge noe lavere enn 1 l/min.



Figur 11-4 SP, PV og pådrag i TIC-004

12 ØKONOMI

Yara gav gruppen en budsjetttramme på 50 000,00 NOK eks. mva. I tillegg ble det gitt rom for inntil 10 % overskridelse av budsjetttrammen til uforutsette utgifter. Pengene ble benyttet til oppgradering av eksisterende laboratorium og innkjøp av komponenter til en prosessrigg. Gruppen satte i 5. semester opp et budsjett for prosjektet og delte dette opp i et for riggen og et for laboratoriet. Oversikt over budsjett og estimerte kostnader for riggen er vist i Tabell 12-1.

Tabell 12-1 Budsjett og forbruk for prosessrigg

Komponenter til prosessriggen	Budsjettert [NOK]	Kostnader [NOK] (inkl. mva.)
Pumper/Ventiler	6 500	7 933
Tanker	15 000	15 375
Sensorer/Transmittere	15 000	17 756
Rør	1 000	3 642
Koblingsmateriell (Elektro)	500	0
Mekanisk/verktøy	2 000	1 875
Motor/Temperatur-styring	4 500	4 646
Sum modell	44 500	51 227

Oversikt over budsjett og estimerte kostnader for laboratoriet er vist i Tabell 12-2

Tabell 12-2 Budsjett og forbruk for laboratoriet

Komponenter til laboratoriet	Budsjettert [NOK]	Kostnader [NOK] (inkl. mva.)
Kabelkanaler med tilbehør	7 500	4 549
Koblingsmateriell (Elektro)	5 000	2 222
Verktøyplater	500	548
Diverse(verktøy)	1 000	1 250
Sum laboratoriet	14 500	8 569

Ut fra budsjettet ble det satt opp en innkjøpsliste over de komponentene det var behov for. Vedlegg K viser en oversikt over komponentene til laboratoriet, mens Vedlegg L inneholder delene til riggen. Yara stilte med koblingsmateriell, all maskinvare til DCS-systemet og annet PC-teknisk utstyr. Uten dette hadde det ikke vært mulig å etterfølge rammene i budsjettet.

Totalbudsjett og estimerte totalkostnader for hele prosjektet er vist i Tabell 12-3.

Tabell 12-3 Totalbudsjett og forbruk for prosjektet

Totalt for prosjektet	Budsjettert [NOK]	Estimerte kostnader [NOK] (inkl. mva.)
Prosessmodell	44 500	51 227
Laboratoriet	14 500	8 569
Sum totalt	50 000	59 796

Totalt hadde gruppen en maksimal begrensning på 68 750,00 NOK inkludert mva. Som Tabell 12-3 viser, har ikke prosjektkostnadene overskredet denne grensen. Det er brukt noe mer midler på riggen enn budsjettert, mens det er brukt mindre på laboratoriet. Hovedårsaken til budsjettoverskridelsen på riggen skyldes høyere kostnader på måleutstyr enn antatt. Laboratoriekostnadene var lavere enn budsjettert, da Yara stilte med mer utstyr enn planlagt.

Yara ønsket at gruppen skulle bruke deres faste leverandører mest mulig, slik at bestillingen gikk lettere gjennom deres innkjøpssystem. Dette lot seg ikke alltid gjøre da en del av komponentene

ikke finnes i de faste leverandørens sortiment. Delene måtte da bestilles fra andre leverandører, noe som medførte utfordringer i faktureringsprosessen siden Yara ikke var kunde hos disse.

Den største utfordringen var å finne komponenter som var dimensjonert i forhold til hverandre, og samtidig var billige nok til at budsjetttrammene ble overholdt.

Gruppen har også satt opp et estimat, vist i Tabell 12-4, over timeforbruket på hele prosjektet basert på ca. 8 timers arbeidsdager, en dag i uken fra midten av august 2011 frem til april 2012. Fra april 2012 til og med mai er det i gjennomsnitt beregnet ca. 3-4 dager per uke. I 5. semester ble det benyttet ca. 500 timer, mens det i 6. semester ble brukt ca. 1000 timer. Totalt har det blitt lagt ned ca. 1500 timer i prosjektet.

Tabell 12-4 Oversikt over tidsforbruk for prosjektet

Periode	Timeforbruk pr. periode	Timeforbruk for 3 personer
2011		
Uke 35-48: 8 t, 1 dag pr uke	104 t	312 t
Uke 48-50: 12 t, 6 dager	72 t	216 t
Sum 2011	176 t	528 t
2012		
Uke 2-13: 8 t, 1 dag pr. uke	96 t	288 t
Uke 14-18: 8 t, 3 dager pr. uke	120 t	360 t
Uke 19-21: 10 t, 4 dager pr. uke	120 t	360 t
Sum 2012	336 t	1008 t
Sum totalt	512 t	1536 t

13 VIDERE ARBEID

Prosessriggeren er designet og bygget i henhold til Yaras ønsker og gruppens prosjektoppgave. Etter endt prosjektperiode er riggen klar til bruk. Prosessdata vil bruke riggen til opplæring av prosesslæringer som ikke har kjennskap til DeltaV. Siden riggen står i samme rom som operatørstasjonen vil de som deltar på slik opplæring få bedre innsikt i hva som skjer fysisk ved operasjoner i DeltaV.

Selv om riggen er ferdig slik som beskrevet i oppgaveteksten er det muligheter for oppgraderinger både på riggen og i DeltaV. En oppgradering av prosessriggeren kan gi mulighet for å forsette samarbeid mellom Prosessdata og nye studenter fra HiT.

Alternative oppgraderinger som gruppen mener kan forbedre prosessriggeren:

- Implementering av MPC i DeltaV for overordnet regulering av temperatur i TA-005.
- Optimalisere nivåreguleringen av TA-004, hvor det i dag benyttes en luftstyrt reguleringsventil. Vurdere å bytte ut installert ventil med en som har elektrisk aktuator, for å gjøre riggen uavhengig av trykkluft. Selve ventilen bør også byttes grunnet lav C_v på den som er installert.
- Lage sekvenser i DeltaV. En for oppstart til normale driftsforhold og en for nedkjøring etter bruk.
- Øke sikkerheten ved å benytte reléer og kontaktorer til startbetingelse for pumper og varmeelement.
- Vurdere implementering av Fuzzy-logikk til nivåregulering av TA-002 hvor det i dag benyttes vanlig PID-regulator. Dette pga. Av/På-reguleringen av TA-003.
- Implementere TANK_AI-modulen på alle tankene for å få et overordnet bilde av væskestrømninger og nivå i hele systemet til enhver tid.

14 OPPSUMMERING

Dette prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom gruppen og Yaras prosessdataavdeling på Herøya. Prosjektet har pågått et helt skoleår. 5.semester bestod av prosjektering og planlegging av en fysisk prosessrigg og oppgradering av et laboratorium. 6.semester, som denne rapporten beskriver, har bestått i å realisere det som ble planlagt i 5.semester.

En av de største utfordringene i dette prosjektet har vært budsjetttrammene gitt av Yara. Budsjettet var på 50 000,00 NOK og skulle dekke instrumenteringsutstyr, pumper/ventiler, tanker, rør og koblingsmateriell til riggen. På grunn av pris har komponenter med forskjellige signaltyper blitt valgt. Noen har hatt 4-20 mA-signal og kunne kobles direkte til DeltaV-systemet, mens andre har hatt spenningssignal. Det har derfor vært behov for signalomforming siden kun var I/O-kort for 4-20 mA tilgjengelig på laboratoriet. Fra strømningsmålerne var det problemer med signalomformingen. Målerne gir ut frekvenssignal som skal gjøres om til spenningssignal av et omformerkort levert sammen med måleren. Dette måtte da igjen omformes til 4-20 mA, noe som fungerte svært dårlig. Det ble i stedet brukt en omformer som gjør frekvens om til 4-20 mA direkte. Denne løsningen viste seg å fungere tilfredsstillende.

Selve byggingen av modellen tok lengre tid enn antatt. Årsaken til dette var at det tok lenger tid en forventet å skaffe delene. Flere av leverandørene det skulle bestilles fra leverte bare til bedriftskunder, og siden Yara ikke hadde avtaler med alle disse ble dette en utfordring. På grunn av denne problematikken måtte det bestilles andre trykkmålere enn prosjektert i 5. semester. Eivind Fjelddalen ved HiT hjalp til med bestillingen av nye trykkmålere. Disse har vist seg å fungere bra.

Logikk og regulering for riggen ble programmert i DeltaV med moduler og dynamoer fra Yaras bibliotek. Dette fører til at brukergrensesnittet og virkemåten til styresystemet er relativt likt som i fullgjødsselfabrikkene til Yara. Dette er gjort fordi riggen senere kan brukes til opplæring av operatører. Prosessen består av å sirkulere vann mellom 5 tanker. Vannivået reguleres i 4 av tankene. I 2 av tankene kontrolleres også temperaturen. Nivåene i tankene er styrt med PID-regulatorer. Til temperaturreguleringen benyttes også kaskaderegulering. Riggen fungerer som planlagt med bruk av PID-regulatorer, men som en del av prosjektet skulle gruppen teste regulering med MPC og Fuzzy-logikk. Grunnet tidsbegrensninger har dette blitt nedprioritert og derfor ikke testet på riggen. Regulering med MPC og Fuzzy-logikk i DeltaV er likevel beskrevet i denne rapporten, slik at en eventuell senere gruppe kan arbeide videre med dette. Bruksområder på riggen for disse reguleringsprinsippene blir nevnt i kapittel 13. Det har blitt fokusert på sikkerhet under programmeringen. Forriglingsgrenser er lagt inn i logikken for både temperatur og nivå. Forriglingene sørger for at pumper og ventiler går til sikker tilstand(stopper/stenger).

Gruppen har i dette prosjektet fått god forståelse av hvordan et reelt prosjekt prosjekteres og utføres. Budsjetterammene for prosjektet er overholdt og prosjektet er klart for overlevering til Yara. Utfordringene har vært mange, men med god støtte fra veilederne har gjennomføringen stort sett gått som planlagt. Gruppen har i dette prosjektet tilegnet seg kunnskap rundt instrumentering, programmering og prosjektdrift. Denne kunnskapen kan gruppen dra god nytte av i senere prosjekter som ingeniør.

REFERANSER

- [1] Natås, Å., Rege, A. og Rybråten, H, F., Prosjektering og utvikling av laboratorium med prosessmodell. Studentrapport: IA5-6-11, Porsgrunn, avdeling for teknologiske fag, Høgskolen i Telemark, 2011
- [2] Mikalsen, A. B., Borgersen, P., Drift av lokalnettverk, 6. utgave, Tapir akademiske forlag, Norge, 2005
- [3] Cisco, Cisco Catalyst 2950C 24 Switch. Lokalisert 5. mars 2012 på Verdensveven: <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps628/ps630/index.html>
- [4] Emerson Process management, DeltaV Books online 11.3. Lokalisert 1. mai 2012 på Verdensveven: <http://www3.emersonprocess.com/Systems/Support/Home/Index.aspx?mnu=resource&pl=>
- [5] Dell, Dell Poweredge 2950 server. Lokalisert 16. mai 2012 på Verdensveven: http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/PE2950_SS_072007.pdf
- [6] Wikipedia, KVM Switch. Lokalisert 19. april på Verdensveven: http://en.wikipedia.org/wiki/KVM_switch#Remote_KVM_devices
- [7] Black Box network services, KVM-extendere. Lokalisert 14. mai 2012 på Verdensveven: <http://www.blackbox.com/Store/Detail.aspx/ServSwitch-Brand-USB-Micro-Extender-Kit-Dual-VGA-with-Serial-and-Audio/ACU4222A>
- [8] Elko, Patch P 24XSTP 5000, lokaliser 14. mai 2012 på Verdensveven: http://www.elko.no/wsp/elko2_nor/frontend.cgi?func=catalog.show&template=product&table=PRODUCT&prod_id=12008&search=yes&main_id=1002&l1exp=1124&l2exp=1012&l3exp
- [9] Emerson Process Management, 2004, Installing your DeltaV automation System, Storbritannia, side 1-2 til 1-4
- [10] Emerson Process Management, 2009, M-series MD Plus controller
- [11] Biltema (2011), Vannledningssystem. Lokalisert 16. november 2011 på Verdensveven: http://www.biltema.no/Documents/manualer/86/866001_man.pdf
- [12] Wikipedia, Pulse-width modulation. Lokalisert 5. mai 2012 på Verdensveven: http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation
- [13] Elektomen Oy, EM-213 operating instructions, Turku Finland
- [14] Wikipedia, Thyristor. Lokalisert 1. mai 2012 på Verdensveven: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thyristor>
- [15] Wikipedia, Solid-state relay. Lokalisert 1. mai 2012 på Verdensveven: http://en.wikipedia.org/wiki/Solid_state_relays
- [16] Carlo Gavazzi, 2007, Solid State relays Solitron Midi multi-function switching
- [17] Weidmuller, UPAC analog DC Ultra SlimPak analogue transmitter DC
- [18] Pepperl+Fuchs, KFU8-FSSP-1.D Frequency Voltage Converter. Lokalisert 15.mai 2012 på Verdensveven: http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0647a_eng.pdf
- [19] Aplisens, Pressure Transmitter PCE-28. Lokalisert 19. april 2012 på Verdensveven: http://www.oem.no/Archive/FilesArchive/274653_1_728.pdf

- [20] McCormick Northwestern Engineering, publisert 25.7.05, Piezoresistive sensors. Lokalisert 19. april 2012 på Verdensveven:
http://www.mech.northwestern.edu/FOM/LiuCh06v3_072505.pdf
- [21] Wheeler, A. J., Ganji, A. R., Introduction to engineering experimentation, 3. utgave, New Jersey USA, Pearson Education, 2010
- [22] Techflow international, Specification of the IR-Opflow turbine flowmeter, Nederland. Lokalisert 23. Mai 2012 på Verdensveven:
http://www.tecflow.nl/technical_page_brochure.pdf
- [23] IR-Opflow. Lokalisert 21. mai 2012 på Verdensveven:
<http://www.tecflow.nl/>
- [24] Ignatowitch, E, Prosesskjemi, 2.utgave 6.opplag, Tangen Norge, 2007
- [25] Skousen, P. L., Valve Handbook, McGraw-Hill, USA, 1998
- [26] Samson, Pneumatic Control Valve Type 3510-1 and Type 3510-7, Frankfurt Tyskland. Lokalisert 23. mai 2012 på Verdensveven:
http://www.samson.de/pdf_en/t80910en.pdf
- [27] Staiger, Type MA 252 datablad. Lokalisert 23. mai 2012 på Verdensveven:
http://www.staiger.de/en/suchergebnis.php?we_objectID=1399
- [28] Haugen, F., Basic DYNAMICS and CONTROL, Tech Teach, Skien Norge, 2010
- [29] Haugen, F., Advanced DYNAMICS and CONTROL, Tech Teach, Skien Norge, 2010
- [30] Altman, W., Practical Process Control for Engineers and Technicians, Elsevier, Oxford England, 2005
- [31] Fiskå skole, TP-kabler og RJ45. Lokalisert 16. mai.2012 på Verdensveven:
<http://www.fiskaskole.no/ped/tp-kabling.htm>
- [32] Wærstad, H., Mai 2012, Hærøya Porsgrunn, Forklaring av Tank_AI-modul

VEDLEGG

Vedlegg A Oppgaveteksten

Vedlegg B Fremdriftsplan

Vedlegg C Mekaniske tegninger

Vedlegg D P & ID-diagram

Vedlegg E Fronttegninger

Vedlegg F Elektriske tegninger

Vedlegg G Kalkulasjoner for reguleringsventil LV-003

Vedlegg H Nettverkstopologi

Vedlegg I HAZOP

Vedlegg J Forriglingsmatrise for prosessriggen

Vedlegg K Deleliste laboratoriet

Vedlegg L Deleliste modell