



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Regulering av varmevekslersløyfe og vurdering av måleteknisk utstyr



Hovedprosjekt utført ved FMC Biopolymer Haugesund
Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. Haugesund - ingeniørfag

Studieretning: Elektro

Av:	Asgeir Kinn	Kandidatnr.	42
	Jostein Sørvåg		48



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling Haugesund - ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Regulering av varmevekslersløyfe og vurdering av måleteknisk utstyr		Rapportnummer
Utført av Asgeir Kinn Jostein Sørvåg		
Linje Elektro		Studieretning Automasjon
Gradering Åpen	Innlevert dato	Veiledere Intern: Eyvind Rossebø Ekstern: Odd Magnar Liknes

Ekstrakt

Denne oppgaven tar for et gjeldende måleteknisk oppsett og forslag til forandringer og utbedringer vurderes.

Mulig reguleringssystem av en varmevekslerpark skal vurderes ut fra et ønske om å få utnyttet mest mulig energi.

Arbeidet tar utgangspunkt i eksisterende anlegg, og oppgaven vurderes ut fra teori og en etablert modell.

Forord

Som en del av studieplanen for ingeniørstudenter ved Høgskolen Stord Haugesund, gjennomfører studentene et avsluttende hovedprosjekt.

Oppgaven er gitt av FMC BioPolymer Haugesund, og er gjennomført av Jostein Sørvåg og Asgeir Kinn.

Vi vil benytte anledningen til å takke noen personer for bidrag i rapporten:

- Odd Magnar Liknes, vår eksterne veileder ved FMC Biopolymer Haugesund.
- Eyvind Rossebø vår interne veileder og foreleser ved Høgskolen Stord Haugesund.
- Asle Fosen ved Gassco, tidligere foreleser ved Høgskolen Stord Haugesund, for hjelp med å komme i gang med Matlab/Simulink
- Bengt Bratlie, Høgskolelektor ved Høgskolen i Telemark for tips om ”System identification toolbox” til bruk ved modellering.

07.05.2004

Asgeir Kinn

Jostein Sørvåg

Innholdsfortegnelse

INNHALDSFORTEGNELSE	1
SAMMENDRAG.....	2
INNLEDNING.....	3
1 - PLATEVARMEVEKSLER.....	4
2 - MÅLETEKNISK DEL.....	5
2.1 MÅLETEKNISK UTSTYR.....	5
2.1.0 Følere.....	5
2.1.1 Koblingsbokser.....	6
2.1.2 Kabler:.....	6
2.1.3 Temperaturmatingskort.....	6
2.2 MULIGE LØSNINGER.....	6
2.2.1 Løsning 1 - Flytte transmittere.....	7
2.2.2 Løsning 2 - Databuss.....	8
2.2.3 Løsning 3 - Optisk overføring.....	9
2.3 FORETRUKKET LØSNING.....	10
2.4 Plassering av følere, og antall:.....	12
3 - REGULERINGSTEKNISK DEL.....	13
3.1 REGULATORER.....	13
3.1.1 Standardregulatorer.....	13
3.1.2 Mikroprosessor eller datamaskin som reguleringsorgan:.....	14
3.3 MODELLERING.....	15
3.3.1 Utførelse.....	15
3.3.2 Modellens begrensninger.....	17
3.4 DAGENS SYSTEM.....	18
3.5 NIVÅREGULERING OG BUFFERTANK.....	19
3.6 TEMPERATURREGULERING.....	22
3.6.1 Tilbakekobling.....	22
3.6.2 Foroverkobling.....	25
3.6.3 Foroverkobling kombinert med tilbakekobling.....	25
3.6.4 Vurdering av regulering.....	27
3.6.5 Bruk av sjøvannsvexler.....	27
4 – KONKLUSJON.....	28
LITTERATURLISTE	29
VEDLEGG.....	30

Sammendrag

Bakgrunnen for prosjektet er at FMC Biopolymer Haugesund, ønsket at vi skulle vurdere reguleringsstruktur på en av deres varmevekslerparker. Dette for å oppnå best mulig utnyttelse av effekten i varmevekslerparken til videre bruk. Oppgaven omfatter også vurdering av det tilhørende måletekniske utstyret og forslag til utbedring.

Varmevekslerparken blir brukt til å kjøle ned prosess væske(alginatløsning) fra en temperatur på rundt 50 grader C til maksimalt 15 grader C. Kjølevannet som blir brukt til nedkjøling av alginatløsningen, hentes fra et overliggende lokalt vann(Vormedalsvannet). Etter at kjølevannet har passert den siste veksleren i parken brukes dette oppvarmede kjølevannet videre i prosessen. Før neste prosesstrinn, må dette vannet holde en temperatur på ca 50 grader C, og for å oppnå dette, blir det ytterligere, ved hjelp av varmepumpe og steamer.

Oppgaven kan i hovedsak deles opp i to hoveddeler.

Del en tar for seg det måletekniske anlegget, som er svært utsatt for støy. Dette påvirker kvaliteten på målingene, noe som følgelig er uønsket.

Del to tar for seg mulige metoder for regulering av varmevekslerparken for å få utnyttet mest mulig energi videre i andre prosessavsnitt. Et problem her, er at det ofte brukes for mye kjølevann til nedkjøling, slik at en oppnår en temperatur som er lavere enn det som er nødvendig. Samtidig fører dette til at kjølevannet også får en lavere temperatur, noe som krever mer oppvarming før videre bruk. Ved mindre behov for videre oppvarming, vil bedriften spare penger.

Vurdering av regulering av anlegget er basert på en enkel modell av vekslerparken, samt generell reguleringsteori.

For å forbedre det måletekniske anlegget måtte vi studere teorien rundt interferens. Flere gode løsninger er tatt med i rapporten. Etter vurdering av pris, samt arbeidsmengde som kreves for å gjennomføre løsningene, er det en løsning skiller seg ut. Denne løsningen er da anbefalt fremfor de andre.

Innledning

FMC BioPolymer Haugesund har i dag en varmevekslerpark. Vekslerparken har som oppgave å kjøle ned alginatløsning fra temperaturer rundt 50 grader C ned til 15 grader C.

Parken består av fire ferskvannsvexslere og en sjøvannsvexsler. Vekslerne er av typen motstrøms plateveksler. Parken har et tilhørende måleteknisk anlegg bestående av fire følere, inn/ ut på begge medier på hver veksler. I alt 20 følere. Måleresultater blir deretter logget på server. Nåværende regulering er basert på en flottørventil som styrer forholdet mellom alginatløsning og kjølevann.

Bedriftens ønske er å få best mulig utnyttelse av varmevekslernes effekt, da det oppvarmede kjølevannet skal brukes videre i prosessen. Det er derfor viktig at kjølevannet ut fra siste varmeveksler holder høyest mulig temperatur forutsatt tilstrekkelig nedkjøling av alginatløsning. I varme perioder brukes en sjøvannsvexsler for å oppnå tilstrekkelig kjøling, og ettersom sjøvannet pumpes tilbake til sjø, vil ikke effekt tatt opp av sjøvannet kunne utnyttes videre.

Et annet ønske fra bedriften er å få en vurdering av det måletekniske anlegget da det er påvist mye interferens i anlegget noe som gir varierende kvalitet på målingene.

Rapporten vil ta for seg ulike muligheter for utbedring av måleoppsett og utstyr, med bakgrunn i teori om måling og instrumentering. Ved vurdering vil det også tas hensyn til kostnader ved de ulike løsningene, samt arbeidsmengde som utbedringen krever.

Vekslerparken er i en så sentral posisjon i prosessen at stopp i anlegget vil stanse all produksjon i den aktuelle fabrikk. Det vil derfor ikke være praktisk mulig å prøve ut reguleringsstrukturer på anlegget. En modell bør da etableres. Uten tilgang til å utføre tester på anlegget, vil modellen kunne bli noe forenklet. Modell vil da bli basert på eksisterende prosessmålinger.

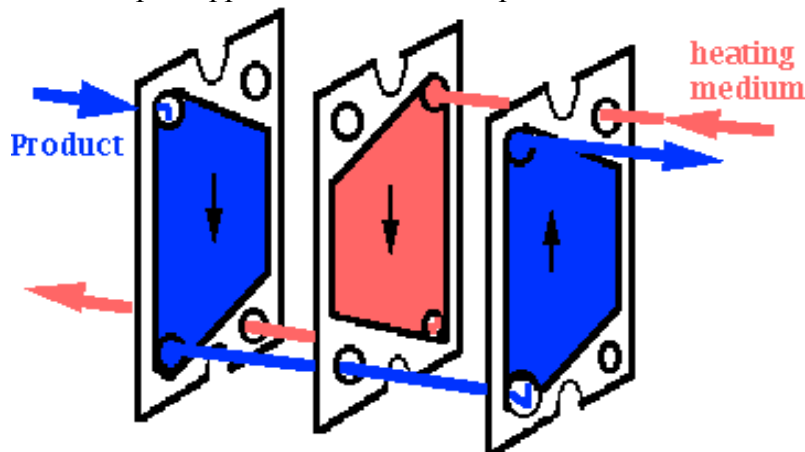
Gruppen vil prøve å sette seg inn i teorien bak interferens, og se på mulige løsninger for å unngå dette problemet.

1 - Platevarmeveksler

Varmevekslere finnes i mange forskjellige typer og varianter. Felles for alle varmevekslere, er at varme overføres fra ett medium til et annet uten at disse blandes. Varmevekslere brukes mye innen prosessindustrien til både oppvarming og nedkjøling av prosessvæsker.

Varmevekslerne i prosessavsnittet ved FMC, er platevarmevekslere der vi har varmeovergang mellom to væsker.

Skisse som viser prinsippet for en motstrøms plateveksler.



Det varme og det kalde mediet er fysisk atskilte av metallplater og strømmer lagvis over platene slik figuren viser. En platevarmeveksler kan bestå av flere hundre plater, og varmeovergangsarealet blir da veldig stort til tross for et relativt beskjedent ytre mål.

2 - Måleteknisk del

For å bestemme temperatur på kjølevann og alginatløsning finnes det allerede et anlegg. Dette er bygget opp rundt PT-100 elements følere PT-100 elementene er paret slik at kjølevann inn og alginatløsning ut fra hver veksler, går med hver sin 3-leder 1,5 mm + jord PFSP kabel [vedlegg 1] inn i en koblingsboks. Fra denne boksen er det strukket en 7*1,5mm PFSP inn i en av i alt to større bokser. Fra disse boksene er det i dag strukket en 37*1,5mm PFSP kabel [vedlegg 2] til et temperaturmatingskort DSAI 145 [vedlegg 3-4]. Dette kabelstrekket er nært opp mot 100m og ligger på gate sammen med lavspenningskabler. Dette vil da gi en del interferens.

Se [vedlegg 5-9] for koblingsskjema over målesystemet.

2.1 Måleteknisk utstyr

2.1.0 Følere

PT-100 er en mye brukt termistor med positiv temperaturkoeffisient. PT-100 har en motstand på 100 Ω ved 0°C og innen det biologiske temperaturområdet er det en lineær respons. PT-100 elementene som her er benyttet, har et måle- området på 4-20mA. Dette referer da til temperaturer fra 0-100 °C og motstand fra 100-138,5 Ω . [vedlegg 10]

En elektrisk temperaturredetektor kan baseres på at metallenes spesifikke motstand varierer med temperaturen. Opp gjennom tidene har flere metaller vært benyttet, blant annet kopper, nikkel og platina. Sistnevnte har vist seg som den beste, både med hensyn til målenøyaktighet og stabilitet. Vi vil derfor anbefale bruk av platina.

Disse blir levert i:

PT 25
PT 50
PT 100
PT 250
PT 500
PT 1000

For å bruke et Pt element i en måling i prosessindustri som her, må det kapsles inn i målelommer [vedlegg 11], og beskyttes mot mekaniske og kjemiske påkjenninger, etc.

En solid overgang mellom føler og kabel er nødvendig for at ikke ledningen skal skades og for at ikke fuktighet skal kunne trenge inn, og dermed skape kortslutning mellom lederne.

Følerens innstikklengde er et vesentlig moment med hensyn til målenøyaktigheten. En enkel regel er at innstikklengden bør være 15 ganger følerdiameteren.

For å unngå egenoppvarming bør ikke målestrømmen overstige 1mA. På en føler med liten diameter for eksempel 2-3 mm bør man gå ytterligere ned, da gjerne 0.5mA

Dette er informasjon som oppgis av leverandør, og finnes da i datablader, monteringsanvisninger osv.

2.1.1 Koblingsbokser

Koblingsboksene som er brukt er vanlig sprutsikre bokser, med innsatt rekkeklemmer.

2.1.2 Kabler:

Kablene som er brukt er:

- PFSP 4*1,5 Cu
- PFSP 7*1,5 Cu
- PFSP 37*1,5 Cu

2.1.3 Temperaturmatingskort

Dette kortet er et DSAI 145 kort.

Kortet har i alt 31 kanaler. Inngangstype er PT-100, 3-tråd.

Innimpedans >100 MΩ

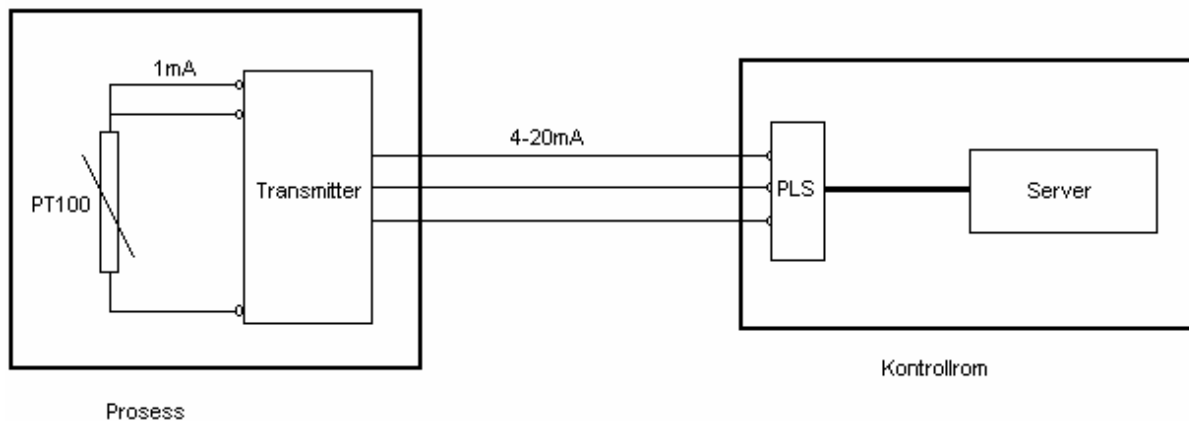
Måleområdet er -100 til + 320 °C eller 0 – 640 °C.

2.2 Mulige løsninger

Denne type installasjon gjør at anlegget tar imot en og del interferens, dette er helt klart ikke ønskelig og påvirker måleresultatene på en negativ måte. Vi har flere mulige løsninger vi ønsker å se nærmere på.

- Løsning 1 er å flytte transmittere ned til PT-100 elementene, dette skulle forbedre resultatene vesentlig, men vil kanskje kunne føre til noe interferens på den kablen som blir brukt i dag. Dette vurderes videre i rapporten.
- Løsning 2 er å flytte I/O'en ned til PT-100 elementene, og bruke en kabel-buss opp til PLS og videre til loggeutstyret som er en data server.
- Løsning 3 er å sette en A/D omformer fra strøm til optiske signaler nede ved PT-100 elementene og deretter føre signalene til server via en optisk kabel.

2.2.1 Løsning 1 - Flytte transmittere



Her har vi kun flyttet transmitterne ned til følerne.

Dagens system har transmittere oppe ved PLS'en (enhet for programmerbar logisk styring), dette vil igjen si at det er spenning som gjengir måleresultatet i hele målesløyfen opp til PLS'en. Dette er meget ugunstig. Et måleresultat basert på spenning er meget følsomt for interferens. Og i dette systemet har vi mye interferens, fra lavspent kabler osv. Disse vil indusere ytterligere spenning på målespenningen. Dette er da selvsagt ikke ønskelig.

I denne sløyfen har vi måleresultatene gitt i spenning kun frem til transmitteren. Kun en fysisk strekning på maksimalt 0.5m. Etter transmitteren er det strøm i området 4-20mA som gjenspeiler temperaturen. Fra transmitteren vil en kunne bruke samme kabel som ligger der i dag. I denne målesløyfen er strøm den måleresulterte. Og den induserte spenningen som interferensen representerer vil da påvirke resultatet i mye mindre grad.

Dette vil medføre en del nytt utstyr:

- Nye følere med plass til transmitter.
- Nye transmittere.
- Nytt I/O kort. Det er også ytret missnøye med dagens kort, blant annet fordi er vanskelig å kalibrere. Dårlig kalibrering vil føre til feil på målingene.

Det ble for en stund siden gjennomført en ombygging på en annen del av fabrikk. Det er ytret ønske om samme fabrikat på følere og transmittere på ved delen av fabrikk som omtales i denne rapporten.

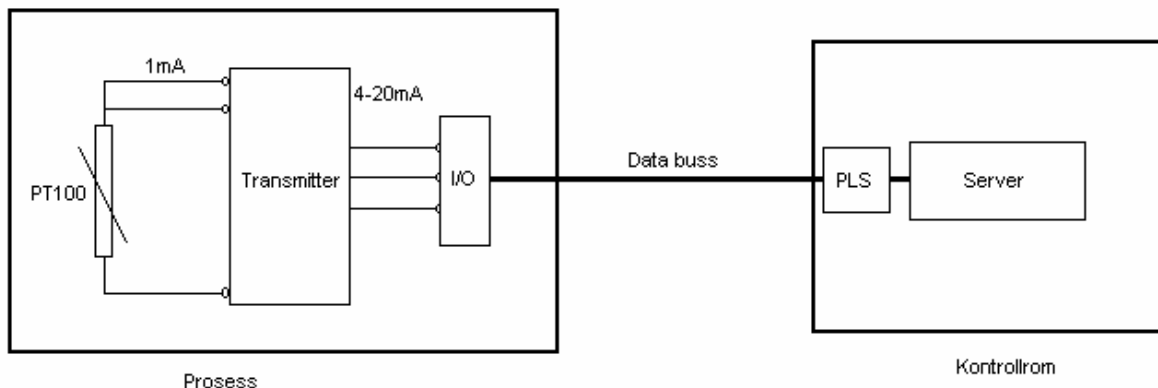
Fabrikat:

Følere: Bourdon Haenni PT100 1/1 Din. [vedlegg 12-13]

Transmittere: Kamstrup flextop 2201. [vedlegg 14]

I/O kort: Et passende kort til ABB Advant Controller AC450.

2.2.2 Løsning 2 - Databuss



Skisse over løsning 2

Denne løsningen er basert på å lage digitale signaler tidlig som mulig. Dette vil da følgelig gi meget gode resultater. Her går spenningen ut fra følerne direkte inni transmitteren som i løsning 1. Deretter direkte inn i et I/O kort som er plassert nede i prosessen. Denne omformer analoge signaler til digitale signaler. Deretter går det en databuss-kabel opp til kontrollrommet og inn i PLS' en, og resultatene vil bli logget i server.

Nytt utstyr:

- Nye følere med plass til transmitter.
- Nye transmittere.
- Nytt I/O kort som kan stå nede i prosessen.
- Data buss kabel, rundt 90m.

Fabrikatet på føler og transmitter er lik løsning 1.

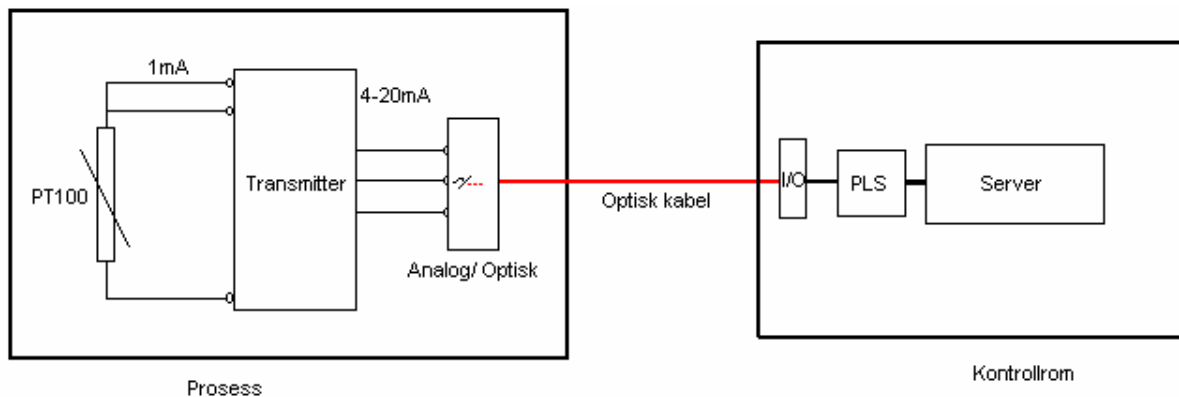
Følere: Bourdon Haenni PT100 1/1 Din.

Transmittere: Kamstrup flextop 2201.

I/O kort: Et passende kort til ABB Advant Controller AC450.

Data buss kabel: En passende kabel til ABB Advant Controller AC450

2.2.3 Løsning 3 - Optisk overføring



Skisse over løsning 3.

Denne løsningen er basert på samme tanke som løsning 2. Her er det om å gjøre å få digitalisert signalet så tidlig som mulig. Her er det gjort en vesentlig forandring. I/O nede i prosessen er her erstattet av et analog til optisk konverter-kort. Dette kortet transformerer analoge signaler om til lyssignaler. Disse lyssignalene blir da overført i en fiber optisk kabel ut fra prosessen og inn i et I/O kort oppe i kontrollrommet. Dette vil føre til at overføringen fra prosessen ikke vil bli påvirket av interferensen fra lavspent kablene osv. Interferens \approx null.

Dette regnes som den beste løsningen, men også den dyreste.

Nytt utstyr:

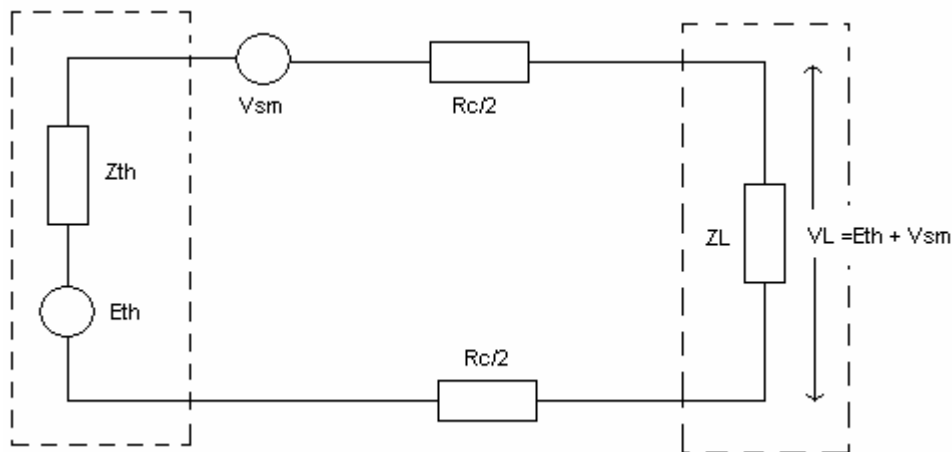
- Nye følere med plass til transmitter.
- Nye transmittere.
- Nytt I/O kort. Med optisk inngang.
- Analog/ optisk konverter kort som kan slå nede i prosessen.
- Fiber optisk kabel, en til hver føler. Rundt 90m.

2.3 Foretrukket løsning

Grunnet pris, utbedringsarbeid og at løsningen viser seg teoretisk god, vil løsning 1 foretrekkes. Denne løsningen vil mest sannsynlig tilfredsstillende bedriftens ønske.

Videre følger vurdering av eksisterende oppsett mot nytt oppsett.

Teori:



Nåværende anlegg [Bentley, figur 6.7 a)]

Interferens: Her er interferens eller interferens kilden V_{SM} i serie med målesignalet E_{TH} .

Strømmen gjennom kretsen vil da være:

$$i = \frac{Eth + Vsm}{Zth + Rc + Zl}$$

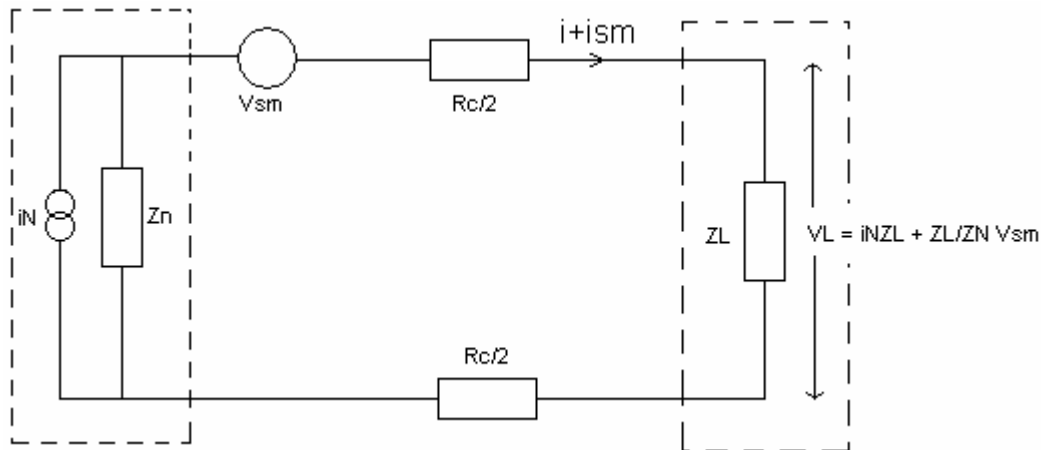
og den tilhørende spenningen over lasten er:

$$V_L = \frac{Zl}{Zth + Rc + Zl} \times \langle Eth + Vsm \rangle \quad [\text{Bentley, ligning 6.34}]$$

Her er $Z_L \gg E_{TH} + V_{SM}$, og da blir:

$$V_L \approx E_{TH} + V_{SM} \quad [\text{Bentley, ligning 6.35}]$$

Her er det E_{TH} som er resultatet ut fra føleren, men som vi ser har det målesignalet vi ser, fått summert en spenning V_{SM} som representerer interferens og induerte spenninger fra omliggende kabler osv.



Nytt design [Bentley, figur 6.7 b)]

Denne figuren viser et strømoverføringssystem som har den samme interferens spenningen V_{SM} . Norton kilden i_N deles i to deler, en del gjennom kilde impedansen Z_N , og den andre delen gjennom Z_L . Når strømdelingsregelen brukes, blir strømmen gjennom lasten i følge kilden:

$$i = \frac{Z_n}{Z_n + R_c + Z_l}$$

Dersom det i tillegg er interferens strøm

$$i_{sm} = \frac{V_{sm}}{Z_n + R_c + Z_L}$$

gjennom lasten V_L tilkommer interferens spenning. Den totale spenningen over lasten er derfor:

$$V_L = iZ_L + i_{sm}Z_L \quad [\text{Bentley, ligning 6.37}]$$

$$= inZL \times \frac{Z_n}{Z_n + R_c + Z_L} + V_{sm} \times \frac{Z_L}{Z_n + R_c + Z_L}$$

Normalt har vi $R_C + Z_L \ll Z_N$ for å oppnå maksimal strøm til lasten. Dette kan da forenkles til:

$$V_L \approx inZL + \frac{Z_L}{Z_n} V_{sm} \quad [\text{Bentley, ligning 6.38}]$$

Her er Z_N mye større en Z_L , og det fører dermed til at V_{SM} blir multiplisert med veldig lite tall. Dermed har vi oppnådd mye mindre interferens i anlegget.



2.4 Plassering av følere, og antall:

Dagens system består av 20 følere. Disse er montert på inn- og utgang på begge medier på varmevekslerne. Etersom vekslerne er koblet i serie, vil det i utgangspunktet ikke være nødvendig med 20 følere, da flere av disse vil måle på samme temperatur. Varmevekslerne vil pga. groe osv, jevnlig rengjøres, og dette gjøres ved å koble forbi den aktuelle veksleren. Dette gjøres ved hjelp av retningsventiler. Pga. dette vil det i disse tilfellene være hensiktsmessig med dagens antall og plassering av følere. Dette behandles ikke videre i rapporten.

3 - Reguleringssteknisk del

3.1 Regulatorer

3.1.1 Standardregulatorer

Reguleringsorganet kan være utført slik at utgangstørrelsen kan gjennomløpe alle verdier mellom minimum og maksimum. Når reguleringsorganet er slik, snakker vi om *kontinuerlig regulering*. Vi har forskjellige typer av kontinuerlig regulering. De viktigste er:

- Proporsjonal regulering (P- regulator)
- Proporsjonal integrerende regulering (PI regulering)
- Proporsjonal differensierende regulering (PD- regulering)
- Proporsjonal integrerende differensierende regulering (PID- regulering)

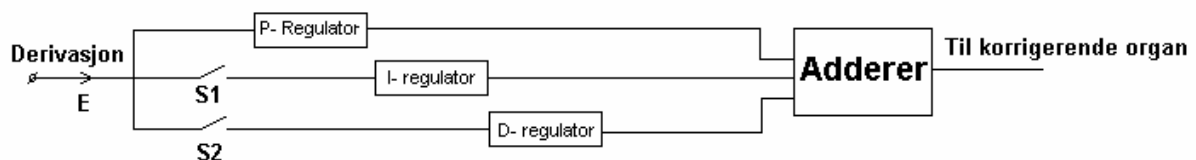
Ved P – regulering virker reguleringsorganet slik at utgangstørrelsen har nøyaktig samme form som inngangstørrelsen som funksjon av tiden. Betegnelsen *proporsjonal* går på utgangstørrelsen er direkte proporsjonal med inngangstørrelsen. Ulempen ved P- regulering er det vi kaller *statisk avvik*.

Når det ikke er ønskelig med statisk avvik, kan vi bruke PI regulering. I reguleringsorganet er det da i tillegg til den proporsjonale kretsen en integrator som opphever det statiske avviket.

Ulempen med en integrator i reguleringskretsen er at stabiliteten blir dårligere. For å gjøre denne ulempen mindre uten å miste fordelene med PI– regulatoren, bruker vi en PID- regulator. I tillegg til den proporsjonale og den integrerende kretsen inneholder PID- regulatoren en differensiator. Reguleringen får dermed en *antesiperende* karakter.

Utgangsvædien til differensiatoren avhenger nemlig av hvor raskt inngangsvædien endrer seg. I en reguleringskrets betyr det at en raskt stigende derivasjon fører til høyere styreverdi for det korrigierende organet.

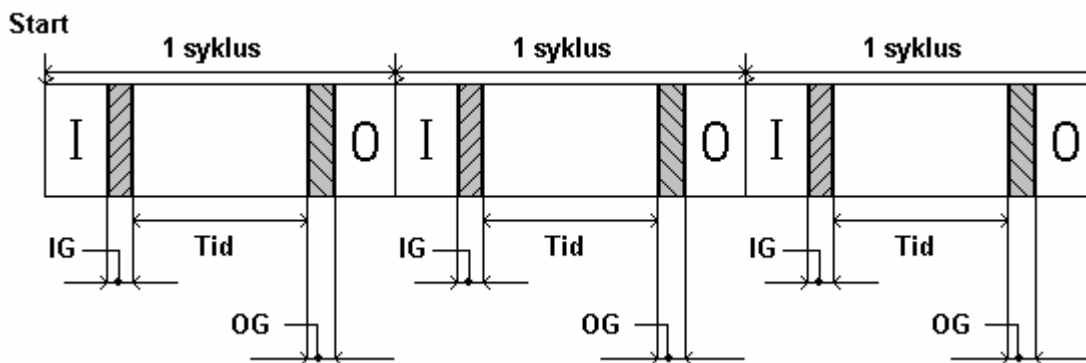
Figuren under viser et blokkskjematisk fremstilling av en P- regulator hvor en I- regulering og en D- regulering kan koples inn.



Blokkskjema for P- (og I- og D) regulering.

3.1.2 Mikroprosessor eller datamaskin som reguleringsorgan:

Regulering med mikroprosessor eller datamaskin er i prinsippet diskontinuerlig regulerende prosesser. Inngangssignalene fra sensorene blir nemlig vanligvis avtastet og lagret i arbeidslageret (RAM) til datamaskinen. Ved hjelp av data fra arbeidslageret kan datamaskinen med programmet foreta beregninger og ta beslutninger. Disse beslutningene blir igjen lagret i arbeidslageret. Deretter blir utgangssignalene lest ut av arbeidslageret, og utgangene gir nye signaler til de korrigerende organene (aktuatorene). Inngangssignalene blir deretter lest inn på nytt osv. Syklustiden for alle disse behandlingene er så kort at det i virkeligheten er snakk om en kontinuerlig prosess.



Run => programkjøring (databehandling)
 O + I => IO- slag
 I + IG + Run + = + OG = 1 syklus

I => Oppkalling av inngangsdata
 O => Styring av utgangene
 IG => Lagring av inngangsminne
 OG => Lagring av utgangsminne

Figuren viser forløpet for en syklus.

Fordelen med å bruke en datamaskin som reguleringsorgan, er at en kan sette/endre regulatorparametre via et overordnet system.

3.3 Modellering

3.3.1 Utførelse

Det var ikke mulig å utprøve ulike reguleringsmetoder på det faktiske systemet, da dette ville ført til stopp av anlegget, noe som ikke ville vært akseptabelt for bedriften. For å kunne få en indikasjon på hvordan en tenkt regulering vil fungere på et system, er det vanlig å lage en modell av prosessen. Det finnes ulike programvarepakker som lar deg modellere det meste som finnes av systemer i dag. Ved HSH er programmet Matlab tilgjengelig.

Varmevekslerne som dagens system består av, er relativt gamle. Disse ble opplyst å være innkjøpt en gang på 1960-tallet. Tekniske spesifikasjoner på vekslerne viste seg å ikke være tilgjengelige, verken fra bedrift eller leverandør.

Det finnes en rekke generelle modeller av varmevekslere, blant annet i [Haugen Bind 1]. Disse modellene forutsetter gjerne at en har kjennskap til blant annet varmeovergangstallet h, som gjerne blir oppgitt av leverandør.

I Matlab finnes det en komponent kalt "System Identification Toolbox" (SIT). Ved hjelp av denne komponenten er det mulig å estimere en modell for et gitt system, basert på prosessmålinger.

"System Identification Toolbox" og modellering
SIT gjør det mulig å finne sammenheng mellom inngangsverdier og utgangsverdier.

Følgende innganger og utganger ble definert.

Innganger:

Kjølevannstemperatur inn
Alginatløsningstemperatur inn
Strømning av kjølevann
Strømning av alginatløsning

Utganger:

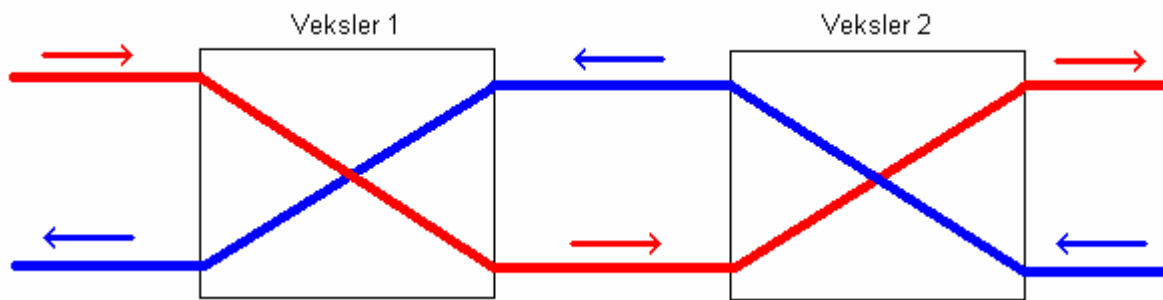
Kjølevannstemperatur ut
Alginatløsningstemperatur ut

For å gjennomføre identifisering av systemet, er det nødvendig å bruke 2 måleserier. Den ene måleserien brukes til å estimere en modell, mens den andre måleserien er ment som en test på hvor godt den estimerte modellen stemmer.

Ettersom det er definert 4 innganger og 2 utganger, fant SIT totalt $4 \times 2 = 8$ transferfunksjoner som sammen beskriver systemet.

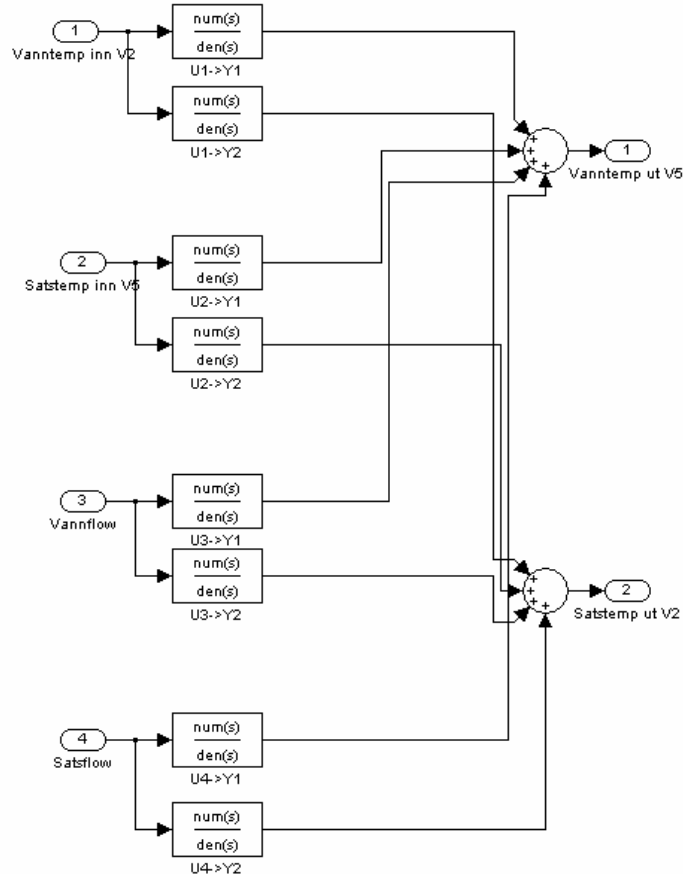
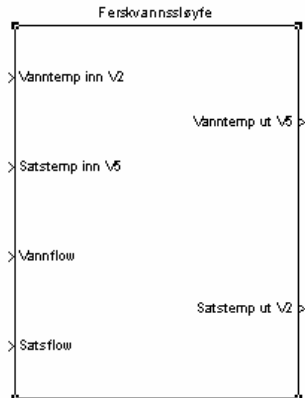
I utgangspunktet var det ønskelig å lage en modell av hver varmeveksler, for så å koble disse sammen til en større modell. Pga. motstrøms-varmevekslere, viste det seg at det ikke var mulig å få koblet disse modellene sammen.

Problemet kan illustreres med følgende tegning:



For at beregninger i Veksler 1 skal fungere, må begge inngangstemperaturene være kjente. Temperaturen på det varme mediet (rødt) kan i modellen settes til en hvilken som helst verdi, mens inngangstemperaturen på kjølemediet (blått), blir bestemt av beregninger i Veksler 2. Beregningene i Veksler 2 forutsetter også at begge inngangstemperaturene er kjente. Temperaturen på kjølemediet kan settes fritt, mens temperaturen på det varme mediet blir gitt av beregninger i Veksler 1. Det er derfor ikke mulig å koble disse modellene sammen.

Løsningen ble da å forenkle modellen, og se på inngangene og utgangene på varmeveksler 2 og 5, og se bort fra det som befinner seg i mellom. Dette vil igjen føre til en del begrensninger i modellen.



Figuren til høyre viser de 4 inngangene som hver går inn på 2 transferfunksjoner. Videre blir 4 og 4 funksjoner summert til hver sin utgang. Alt dette er samlet i en stor blokk, som da er figuren til venstre. Dette kalles et "subsystem" og brukes til å gjøre det hele mer oversiktlig når modellen skal brukes videre i større systemer.

3.3.2 Modellens begrensninger

Modellen er utarbeidet ut i fra prosessmålinger. Måleseriene som er brukt, er på forhånd behandlet for å ta bort store variasjoner, og er dermed laget om et arbeidspunkt med verdier som er representative for vanlig produksjon i anlegget. Dersom prosessvariablene avviker mye fra måleseriens verdier, vil modellen gi et dårlig bilde av den virkelige prosessen. Dagens måleoppsett i prosessen er heller ikke tilfredsstillende, og eventuelle dårlige målinger vil kunne føre til at modellen oppfører seg annerledes enn den virkelige prosessen.

Modellen inneholder heller ikke tidsforsinkelser, ettersom anlegget ikke var tilgjengelig for testing.

Modellen brukes for å gi en indikasjon på hvordan forskjellige typer regulering vil kunne fungere på prosessen.

3.4 Dagens system

[Vedlegg 15] viser oversikt over prosessen

Systemet for nedkjøling av alginatløsning består i dag av 4-5 varmevekslere i serie, avhengig av om sjøvannsveksleren benyttes. Alginatløsningen samles opp i en buffertank før den går inn i varmevekslerparken, og føres så til en felletank etter nedkjøling. Dersom felletanken blir full, kjøres anlegget ned. Mengden av alginatløsning som går til nedkjøling bestemmes av hvor mye som produseres til enhver tid. Kjølevannsmengden reguleres av en flottørventil der åpningen varierer etter strømming av alginatløsning. Det tas ikke spesielt hensyn til temperaturen på verken kjølevann eller alginatløsning. Temperaturen til alginatløsningen ligger relativt jevnt rundt 50 grader pga. tidligere ledd i prosessen. Kjølevannet tas fra et lokalt vann, og temperaturen her vil da variere, spesielt fra vinter til sommer. Høye kjølevannstemperaturer, som kan oppstå om sommeren (gjerne rundt i området 15-20 grader C), vil da føre til at ferskvannssløyfen i varmevekslerparken ikke er i stand til å kjøle ned alginatløsningen til ønsket temperatur, som er 15 grader celsius. For ytterligere nedkjøling etter ferskvannssløyfen brukes det en sjøvannsveksler hvor sjøvannet tas fra Karmsundet.

Kjølevannet skal brukes videre i prosessen, og må da holde en temperatur på ca 50 grader. For å oppnå dette, må kjølevannet varmes opp ytterligere etter varmevekslersløyfen.

Innføring av reguleringsystem

Hovedmålene for prosessen er:

- Alginatløsningen skal kjøles ned til å holde maksimalt 15 grader C.
- Kjølevannet skal holde høyest mulig temperatur ut av vekslersystemet, slik at behov for ytterligere oppvarming minimaliseres, forutsatt at alginatløsningen holder ønsket temperatur.

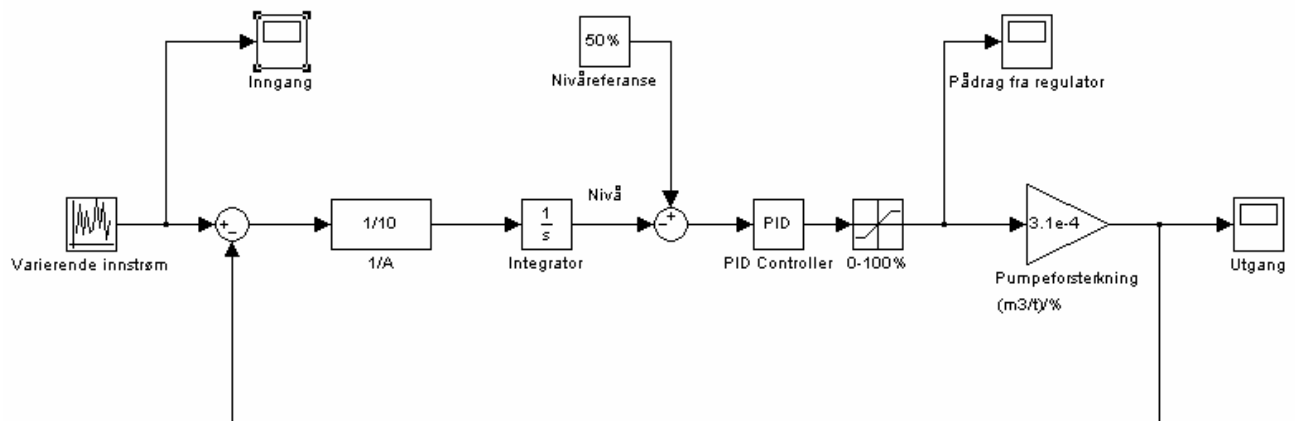
3.5 Nivåregulering og buffertank

Reguleringsmessig vil det være gunstig å ha en prosess som er så jevn som mulig. Buffertanken i forkant av systemet vil jevne ut variasjoner som vil fremkomme ved varierende produksjon av alginatløsning. En vil da få en jevn strøm gjennom vekslerparken. Foruten buffertanken vil det også være hensiktsmessig å implementere nivåregulering av felletanken. Da unngår en at felletanken fylles opp, som igjen fører til stopp i prosessen. Strømmen av alginatløsning vil da tilpasses slik at nivået i tanken holdes stabil på et valgt nivå.

Buffertank

Da det er ønskelig med en jevn prosess, vil det som tidligere nevnt være hensiktsmessig å bruke buffertanker. Ved bruk av buffertank kan en variabel innstrømning på et system glattes ut, slik at en oppnår en jevn strøm inn på systemet.

Her er et blokkdiagram for en buffertank med regulatorsøyfe i Simulink

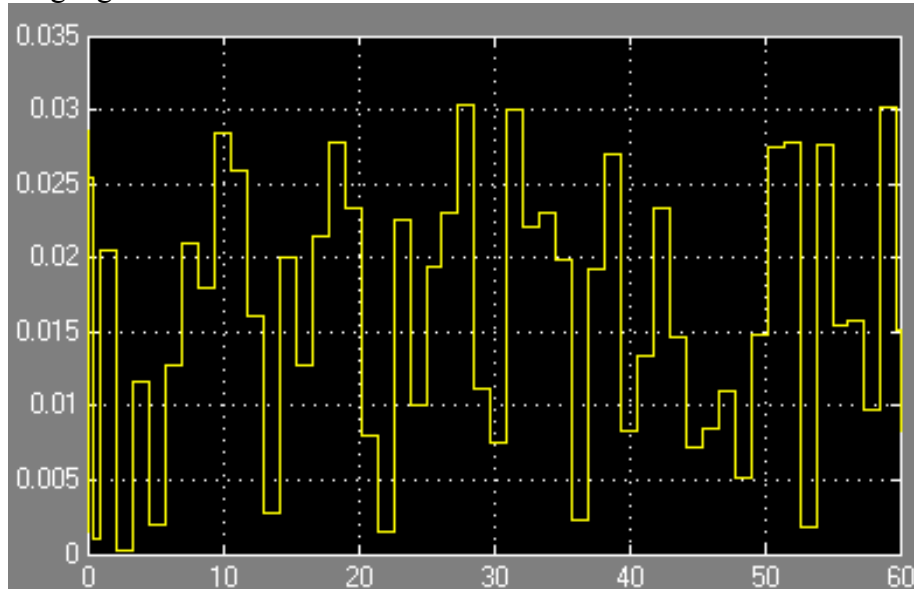


Inngangen på systemet er her satt som en "random"-funksjon som gir ut en tilfeldig verdi i området 0-0,31 m³/s. Tankens størrelse er her tilfeldig valgt med et tverrsnitt på 10 m². Pumpeforsterkningen er beregnet ut fra en maksimal utstrøm på 110 m³/time, omregnet til m³/s. Pådrag fra regulatoren settes til området 0-100 %.

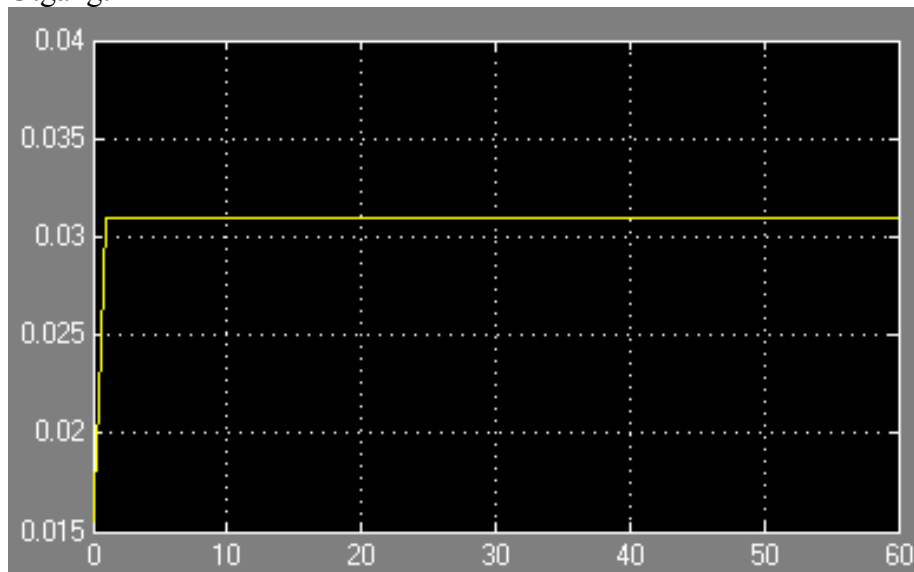
Det er ikke gjort undersøkelser angående dimensjoner på tanker, da det finnes tanker fra før i systemet. Disse kan sannsynligvis brukes videre.

En enkel simulering av blokkskjemaet viser følgende resultat.

Inngang:

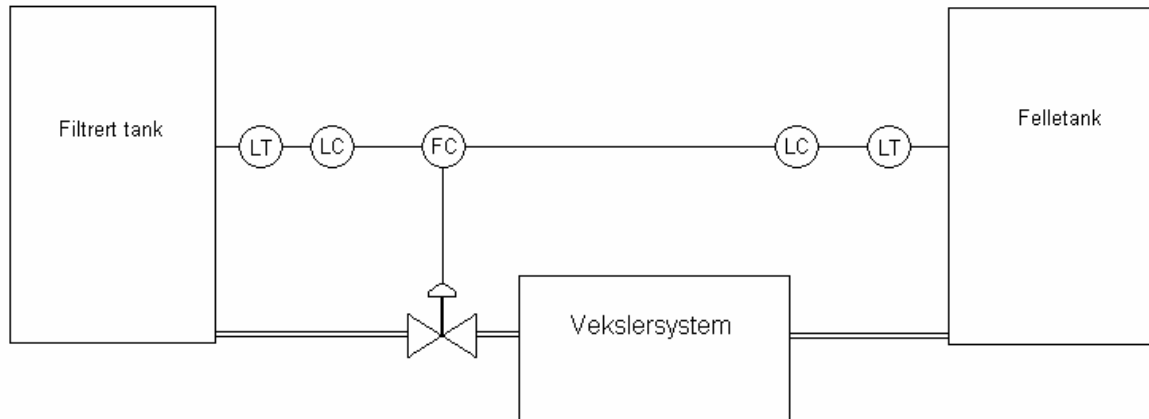


Utgang:



Utgangen er jevn til tross for store variasjoner på inngangen.

Figuren viser tenkt regulering for buffertankene



Ved nivåregulering av tankene, er det i dette tilfellet viktig at felletanken ikke blir full, da dette fører til stopp. Det er heller ikke gunstig tanken med filtrert løsning går tom. Nivåene må da reguleres slik at de holdes innenfor akseptable grenser, og dette gjøres ved å regulere på strømmen ut av tanken med filtrert løsning.

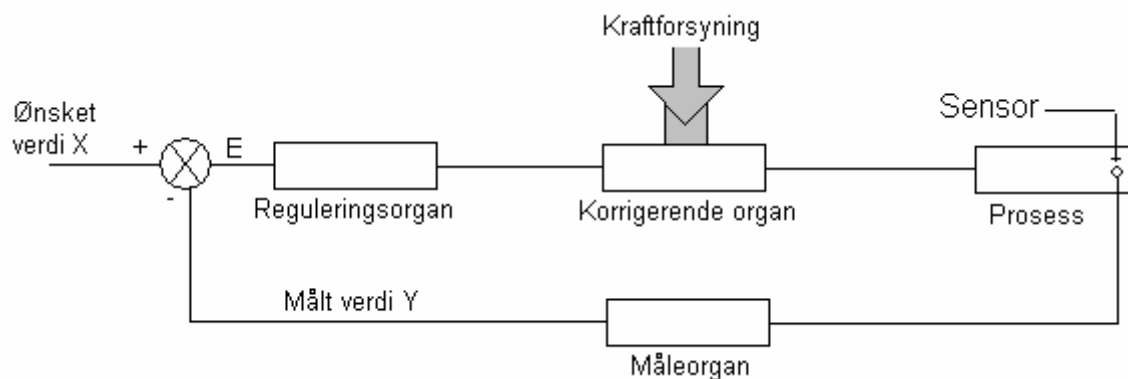
3.6 Temperaturregulering

Reguleringssystemet skal regulere temperaturen på alginatløsningen. Ettersom alginatløsningens og kjølevannets temperatur i utgangspunktet ikke kan varieres, må temperaturen reguleres ved å variere kjølevannsstrømmen.

Hovedmålet med temperaturreguleringen av systemet, er å holde alginatløsningens temperatur på 15 grader eller under. Samtidig som alginatløsningen holder ønsket temperatur, er det ønskelig at kjølevannet som blir oppvarmet, skal holde så høy temperatur som mulig. Dette vil oppnås dersom temperaturen ligger på akkurat 15 grader.

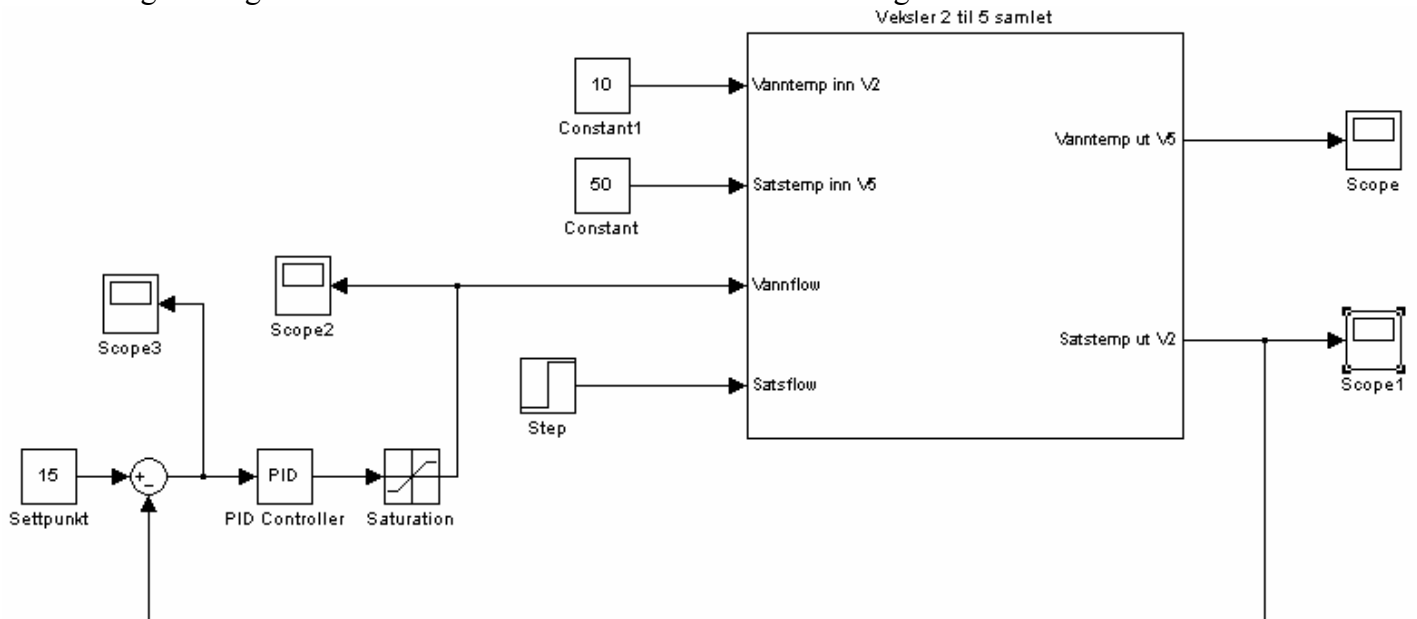
3.6.1 Tilbakekobling

Generelt blokkdiagram for tilbakekobling



Ved tilbakekobling måles prosessutgangen, som da kobles tilbake og sammenlignes med en ønsket referanse. Et eventuelt avvik går inn på regulatoren, som da vil korrigere prosessen til avviket er borte.

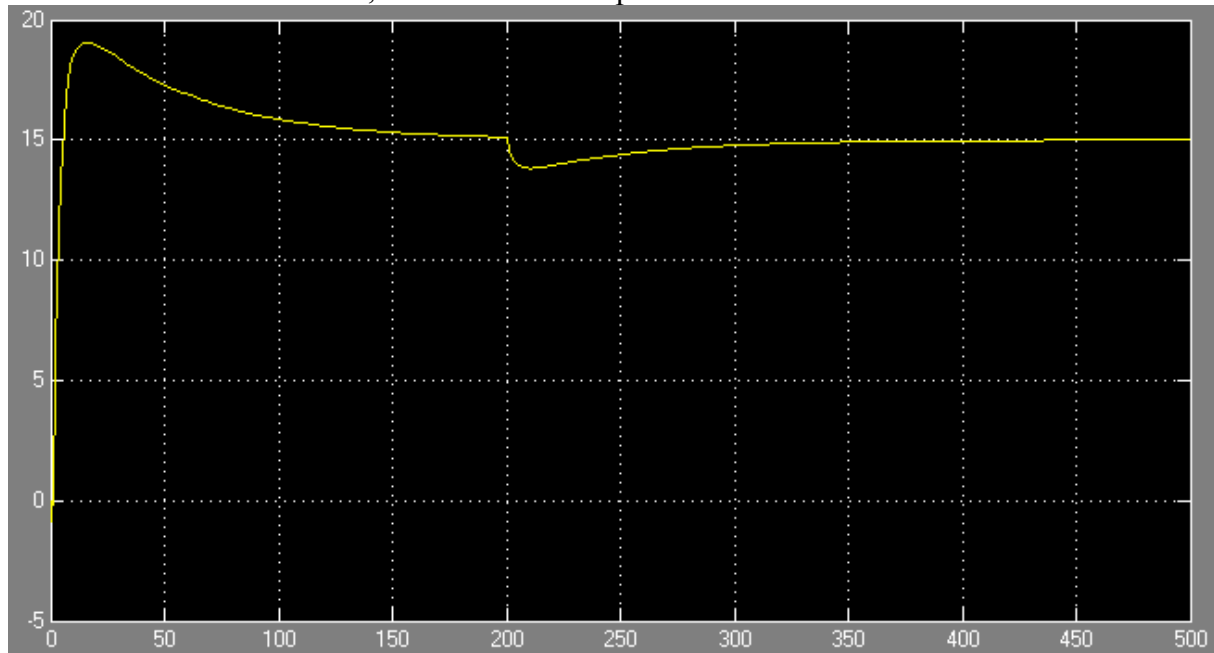
Følgende figur fra Simulink viser modellen med tilbakekobling:



Alginatløsningens utgangstemperatur måles og trekkes fra settpunktet. Avviket (Settpunkt – prosessutgang = avvik) går inn på regulatoren, som da vil regulere strømmingen av kjølevann til avviket på regulatorinngangen blir lik null, det vil si når utgangstemperaturen blir lik 15 grader.

En simulering av systemet med tilbakekobling gir følgende resultat:

X-aksen viser tid i sekunder, Y-aksen viser temperatur



Systemet innstilles her først til 15 grader. Etter 200 sekunder settes et sprang på strømmingen av alginatløsningen, og systemet innstilles igjen på 15 grader.

Tilbakekobling er et mye brukt prinsipp. Utgangen på systemet måles og sammenlignes med et settpunkt. Avviket går inn på regulatoren, som da vil korrigere til utgangen er lik settpunktet. Det er derfor unødvendig å måle på eventuelle forstyrrelser på inngangen.

En svakhet med tilbakekoblet regulering, er at forandringer i inngangsvariable ikke vil oppdages før effekten kommer på utgangen.

I varmevekslersystemet, vil transport av væske medføre en del "dødtid". En endring i væskestrømmen bruker tid for å forplante seg gjennom systemet, og der er denne forsinkelsen som omtales som "dødtid". Pga. dette vil det også ta litt tid før en forandring på inngangen merkes på utgangen. Når forandringen måles på utgangen, kan inngangen ha forandret seg igjen, og systemet får da problemer med å innstille seg, og vi får svingninger.

Dødtiden kan gjøres mindre ved å plassere vekslerne tett, og unngå en lengre transport av væske.

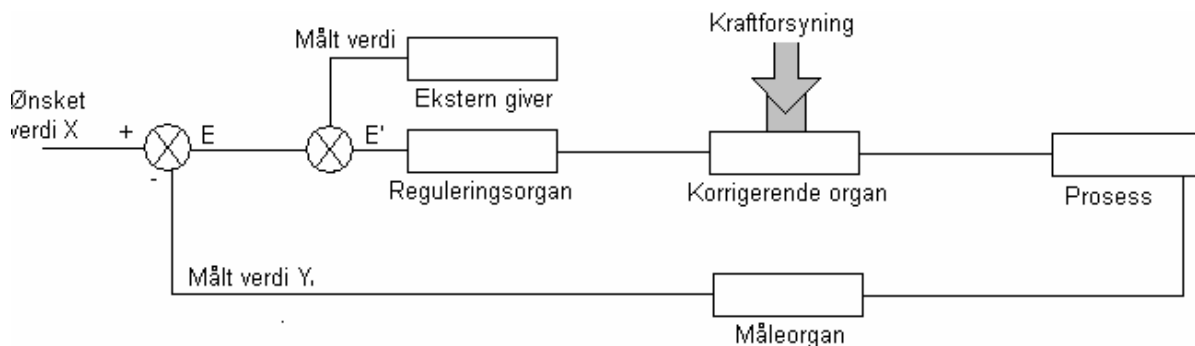
3.6.2 Foroverkobling

Foroverkobling fungerer ved at det måles på for eksempel en forstyrrelse, dette kan da være en inngang som varierer. Ved forandringer på denne inngangen, vil systemet kunne kompensere for forandringen før den merkes på systemet. Foroverkobling fungerer godt på trege systemer og systemer med dødtid. Ved bruk av foroverkoblet regulering, må alle forstyrrelser, og effekten av disse forstyrrelsene identifiseres. En god matematisk modell av prosessen er en forutsetning for å kunne implementere god foroverkoblet regulering. Foroverkoblet regulering er følsom for endringer i prosessparametre. Ved for eksempel groe i en varmeveksler, vil effekten avta, noe som ikke vil bli kompensert for av foroverkobleren.

Ved design av foroverkoblere, er det vanlig å ta utgangspunkt i en matematisk modell av prosessen

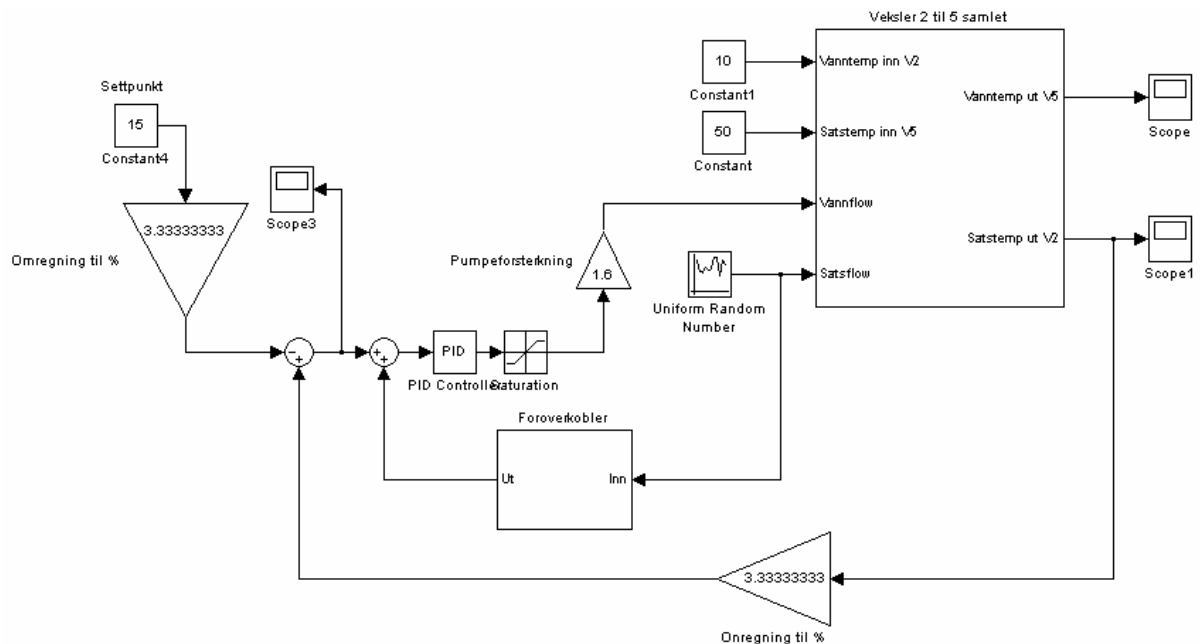
3.6.3 Foroverkobling kombinert med tilbakekobling

Generelt blokkskjema for foroverkobling kombinert med tilbakekobling



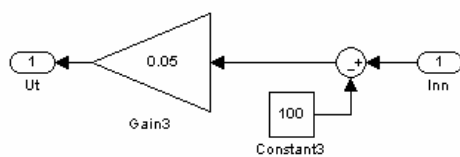
Ved å kombinere foroverkobling med tilbakekobling, vil en kunne utnytte fordelene ved begge prinsippene. Samtidig vil tilbakekoblingen korrigere for svakheter i foroverkoblingen.

Systemet med foroverkobler på modellen i Simulink

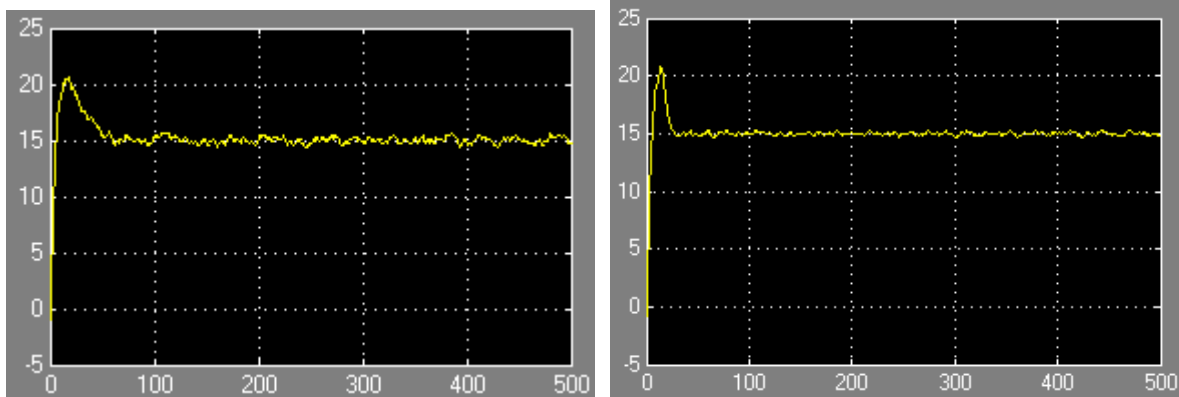


Som tidligere nevnt, kan det være problematisk å finne en god foroverkobler. En foroverkobler er gjerne en transferfunksjon som er utledet fra prosessens transferfunksjon. Foroverkobleren som er brukt her, forutsetter i utgangspunktet at strømmen av alginatløsning ligger på 100 m³/h, og varierer rundt dette. Dersom strømmingen avviker fra dette, vil foroverkobleren føre til et avvik inn på regulatoren, og regulatoren vil da kompensere med kjølevannet. Avviket fra foroverkobleren summeres til et eventuelt avvik fra tilbakekoblingen, og sammen utgjør disse det totale avviket, som regulatoren vil regulere etter.

Foroverkobleren



Ved å variere strømmingen av alginatløsning rundt 100 m³/h ved hjelp av en random-funksjon, fremkommer følgende responser ved kun bruk av tilbakekobling (figuren til venstre), og ved bruk av foroverkobling kombinert med tilbakekobling (figuren til høyre)



Systemet stiller seg inn raskere ved bruk av kombinasjonen, og temperaturkurven forløper også roligere.

3.6.4 Vurdering av regulering

Generell reguleringsteori og modell viser at kombinasjonen av tilbakekobling og foroverkobling, gir best resultat av de omhandlede metodene. Bruk av foroverkobling i reguleringen, forutsetter design av foroverkoblere, noe som vil kreve videre arbeid. Ettersom det vil bli brukt buffertanker, vil variasjonene på strømming av alginatløsning være små, og foroverkobling vil ha lite å si ved jevn strøm. Ved oppfylling av felletanken, vil buffertanksystemet føre til redusert strøm gjennom varmevekslerparken. Ved et slikt tilfelle, vil et system med foroverkobling reagere raskere. Temperaturen på utgangen vil da holdes på et jevnere nivå, og dermed vil effekten utnyttes i større grad, enn kun ved bruk av tilbakekobling.

Det må videre vurderes om det lar seg gjøre å finne en god foroverkobler for systemet, og om arbeidet som kreves for å finne denne, samt om effekten av foroverkobling er påviselig bedre enn ved bruk av KUN tilbakekobling. Ettersom modellen ikke inneholder dødtid, vil ikke dette kunne vurderes ut i fra denne. En bedre modell må da etableres, og det vil høyst sannsynlig innebære testing av anlegget.

Innstilling av regulatorer må utføres på anlegget, og er derfor ikke omtalt i rapporten.

3.6.5 Bruk av sjøvannsvexler

Dersom kjølevannstemperaturen blir for høy, er det nødvendig å koble til sjøvannsvexleren for tilstrekkelig kjøling. Uansett effekt tilgjengelig i ferskkjølevannsløypen, vil ikke systemet kunne kjøle ned en prosessvæske til en temperatur under kjølevannets temperatur, og sjøvannsvexleren vil da ikke kunne ekskluderes fra systemet. Ved bruk av sjøvannsvexleren, vil all effekt opptatt av sjøkjølevannet, bli ført tilbake til sjø, og vil dermed ikke kunne utnyttes. Det vil derfor være ønskelig å ha minimal bruk av denne veksleren, og dette kan oppnås ved at ferskkjølevannsløypens kapasitet utnyttes fullt ut, og sjøvannsvexleren bare sørger for videre nedkjøling. Regulering av sjøvannsvexleren vil da

kunne utføres med vanlig tilbakekobling, der strømmen av sjøkjølevann reguleres. Dette emnet er ikke videre behandlet i rapporten.

4 – Konklusjon

Rundt målesystemet er flere muligheter vurdert, og løsningen som innebærer flytting av transmittere ned i prosessen er her en løsning som er god, og samtidig billig å gjennomføre. Andre løsninger krever mer utstyr og ombyggingsarbeid, og vil dermed ikke kunne rettferdiggjøres med hensyn på forholdet mellom kostnad og ytelse. Bedriftens behov vil dekkes av den valgte løsningen, men andre forslag foreligger, og disse kan også vurderes av bedriften.

Ut fra det vurderingsgrunnlaget som er tilgjengelig, er det vanskelig å trekke en fullverdig konklusjon for hvilken type regulering som er nødvendig/tilstrekkelig. Modell og teori viser at foroverkobling kombinert med tilbakekobling gir best ytelse av de mulighetene som er omtalt i rapporten. Videre arbeid vil være nødvendig for å undersøke nærmere om det vil være behov for foroverkobling, og om dette i praksis lar seg gjøre med denne prosessen. Videre arbeid vil da være å etablere en bedre modell, eventuell utprøving på anlegget.

Litteraturliste

- [1] John P. Bentley Principles of measurement systems
Harlow Longman(1995) ISBN 0-582-23779-3
- [2] A. de Bruin Styrings- og reguleringsteknikk
A.A.P.C Kockx NKI forlaget (1993) ISBN 82-562-2704-4
J.F.M. Latjes
- [3] Finn Haugen Regulering av dynamiske systemer bind I
Tapir forlag (1994) ISBN 82-519-1433-7
- [4] Finn Haugen Regulering av dynamiske systemer Bind II
Tapir forlag (2001) ISBN 82-519-1407-8
- [5] Finn Haugen Learn SIMULINK 2 in 3 Hours!
TechTeach (1997) ISBN 82-91748-03-9
- [6] Finn Haugen Lær SIMULINK
TechTeach (1996) ISBN 82-91748-01-2
- [7] Bjørnar Larsen Reguleringsteknikk Teknisk fagskole-
Geir Larsen elektro
Gylendal forlag (2001) ISBN 82-05-29729-0
- [8] Lennart Ljung System identification Toolbox *for users with
Matlab*
- [9] George Stephanopulos Chemical process control
Prentice-hall (1984) ISBN 0-13-128596-3

Vedlegg

- Vedlegg 1: Kabeltype/-lederløsning
- Vedlegg 2: Kabeltype/-spesifikasjoner
- Vedlegg 3-4: Temperaturmatingskort
- Vedlegg 5-9: Koblingsskjema for målesystem
- Vedlegg 10: Pt-100 tabell
- Vedlegg 11: Følerlomme
- Vedlegg 12-13: Pt-100 føler, tekniske data
- Vedlegg 14: Temperaturtransmitter
- Vedlegg 15: Prosesskjema