

Løsning til sluttprøve i IA3112 Automatiseringsteknikk ved Høgskolen i Telemark

Sluttprøvens dato: 2.12 2015. Varighet 5 timer. Vekt i sluttkarakteren: 100%.

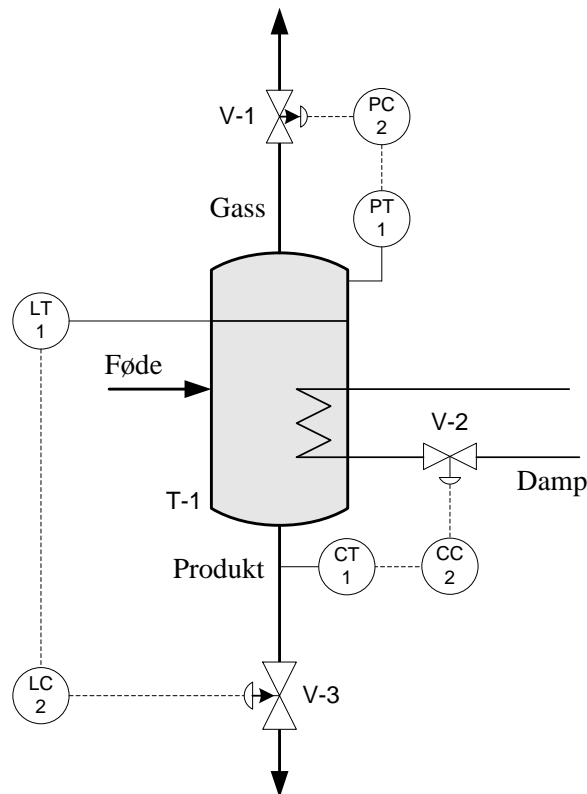
Emneansvarlig: Finn Aakre Haugen (finn.haugen@hit.no).

Løsning til oppgave 1 (10%)

- (7%) Reguleringsavviket er differansen mellom temperatursettpunktet og temperaturmålingen fra sensoren (TT). Regulatoren (TC) justerer pådraget på varmeelementet (aktuatoren) så lenge reguleringsavviket er forskjellig fra null, altså så lenge målingen er forskjellig fra settpunktet. Justeringen pågår helt til avviket er blitt null, og da holdes pådraget fast, inntil avviket igjen blir forskjellig fra null. Mulige årsaker til at avviket blir forskjellig fra null, er endringer i prosessforstyrrelsene, som er innløpstemperaturen T_{in} og omgivelsestemperaturen T_e og innstrømmen w , samt endringer i settpunktet. Regulatoren vil altså justere pådraget for å bringe avviket til null etter slike endringer.
- (3%) Simuleringene viser at avviket går mot null med automatisk regulatormodus, mens avviket er forskjellig fra null med manuell regulatormodus. Automatisk modus er derfor fordelaktig framfor manuell modus.

Løsning til oppgave 2 (10%)

Se figur 1. (Bruker bokstavkode C for konsentrasjon.)



Figur 1

Løsning til oppgave 3 (5%)

Olje har tettet lik ca 850 kg/m^3 . Nivået blir

$$\underline{h} = \frac{p}{\rho g} - h_0 = \frac{0,1 \cdot 100000 \text{ N/m}^2}{850 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,5 \text{ m} = \underline{\underline{0,70 \text{ m}}}$$

Løsning til oppgave 4 (10%)

Massebalanse:

$$dm/dt = \rho \cdot q_i - \rho \cdot q_u$$

Her er

$$m = \rho \cdot A \cdot h$$

som innsatt i massebalansen, gir

$$d(\rho \cdot A \cdot h)/dt = \rho \cdot q_i - \rho \cdot q_u$$

der $\rho \cdot A$ kan trekkes utenfor derivasjonen:

$$\rho \cdot A \cdot dh/dt = \rho \cdot q_i - \rho \cdot q_u$$

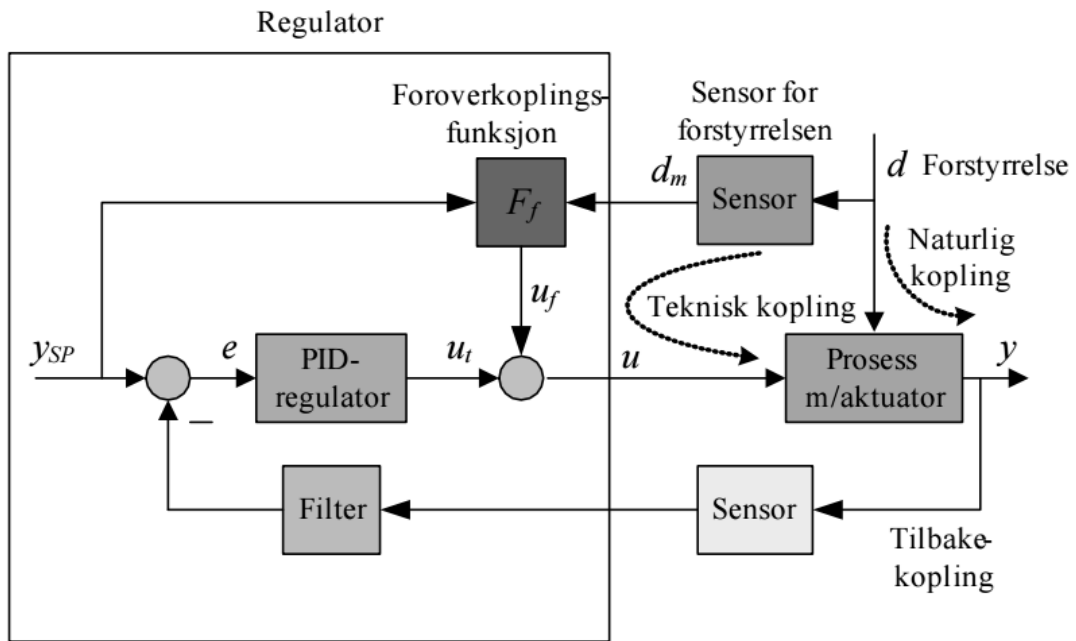
som, etter forkorting av ρ og divisjon med A , gir

$$\underline{dh/dt = (q_i - q_u)/A}$$

Løsning til oppgave 5 (10%)

- a) (7%) Se figur 2. Foroverkoplingen utgjør en (teknisk) kopling fra en måling av forstyrrelsen som motvirker den naturlige koplingen fra forstyrrelsen til prosessutgangen slik at nettovirkningen som forstyrrelsen har på prosessutgangen, blir null (ideelt sett). Foroverkoplingen implementerer også en direkte kopling fra settpunktet til pådraget, hvilket gir presis settpunktsfølging. Pga. uunngåelig modellunøyaktighet (eller modellfeil) kan foroverkoplingen i praksis ikke beregne det perfekte pådraget, hvilket medfører at det oppstår et reguleringsavvik. Tilbakekoplingen vil justere pådraget på basis av dette avviket og dermed kunne

redusere avviket, og gi null avvik under statiske forhold.



Figur 2

- b) (3%) Eksempler på prosessforstyrrelser: Utetemperatur (eks. på prosess: bioreaktor). Innløpstemperatur (f.eks. bioreaktor). Luftstrømning (f.eks. varmluftrør). Vind (skip). Vannstrøm (skip). M.fl.

Løsning til oppgave 6 (6%)

Generelt: Aktivt D-ledd gir relativt støyfylt pådrag. Målefilter demper målestøy og reduserer derfor pådragsstøy. Vi kan da konkludere:

- Tidsintervall 1: PID-regulator uten målefilter
- Tidsintervall 2: PID-regulator med målefilter
- Tidsintervall 3: PI-regulator med målefilter

Løsning til oppgave 7 (5%)

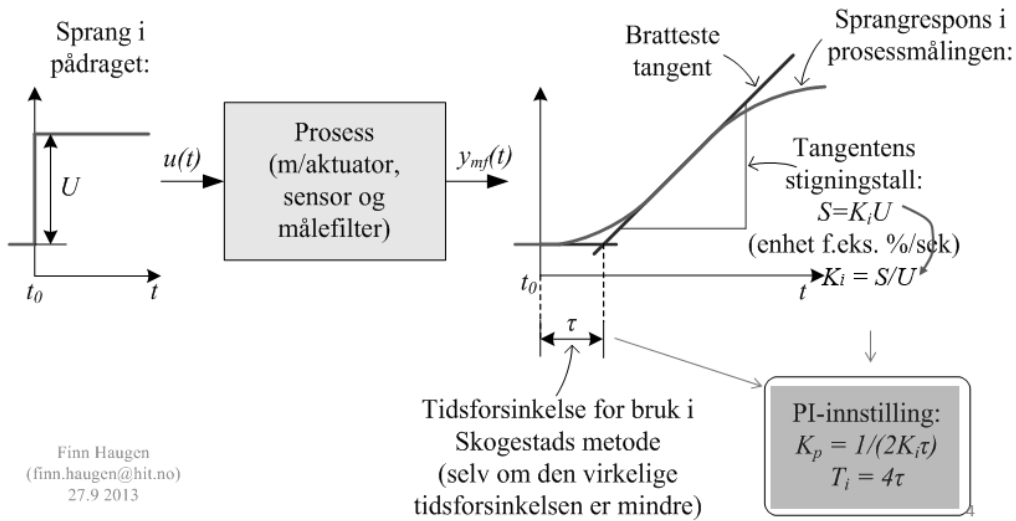
Anta først at trykket er lik trykksettpunktet (målingen er lik settpunktet). Anta så at trykket i tanken av en eller annen grunn øker (målingen blir større enn settpunktet). For å få trykket ned igjen til settpunktet, må ventilen åpnes mer, hvilket oppnås med en reduksjon av pådragssignalet. Altså: Økning av målingen krever reduksjon av pådraget, hvilket tilsier at regulatoren skal ha reversvirkning.

Løsning til oppgave 8 (6%)

Figur 3 beskriver (og illustrerer) Skogestads metode.

Skogestads metode

for innstilling av en PI-regulator basert på sprangrespons når prosessen betraktes som «integrator med tidsforsinkelse»-prosess:



Figur 3

Løsning til oppgave 9 (8%)

- a) (3%) Antar som eksempel nivåreguleringssystemet for flistanken (somer et gjennomgående eksempel i emnet):
- Eksempler på økt prosessforsterkning: Økt skrukapasitet. Redusert overflateareal av flis i tanken.
 - Eksempel på økt tidsforsinkelse i prosessen: Økt transporttid på transportbåndet.

- b) (5%) Det er hensiktsmessig å anta PI-regulatoren opprinnelig er innstilt vha. Skogestads metode for «integrator med tidsforsinkelse»-dynamikk:

$$K_{p0} = 1/(2 \cdot K_{i0} \cdot \tau_{00}) \text{ og } T_{i0} = 4 \cdot \tau_{00}$$

En økning av forsterkningen i prosessen med en faktor på 3 innebærer at

$$K_{i1} = 3 \cdot K_{i0}$$

En økning av tidsforsinkelsen i prosessen med en faktor på 2 innbærer at

$$\tau_{11} = 2 \cdot \tau_{00}$$

Den nye PI-innstillingen blir da

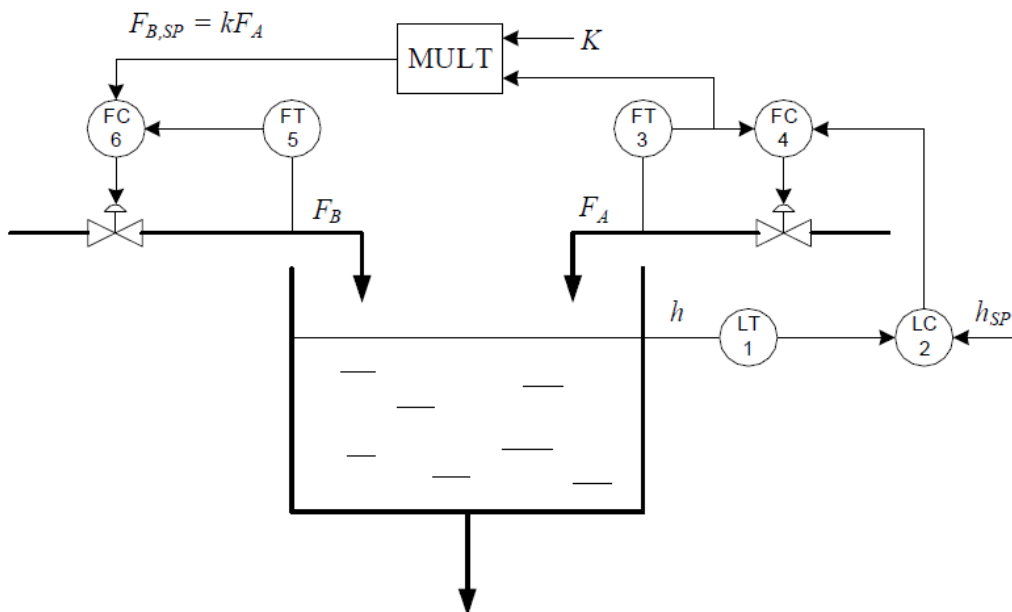
$$K_{p1} = 1/(2 \cdot K_{i1} \cdot \tau_{11}) = 1/[2 \cdot (3 \cdot K_{i0}) \cdot (2 \cdot \tau_{00})] = (1/6) \cdot 1/(2 \cdot K_{i0} \cdot \tau_{00}) = \underline{(1/6) \cdot K_{p0}}$$

og

$$T_{i1} = 4 \cdot \tau_{11} = 4 \cdot (2 \cdot \tau_{00}) = 2 \cdot (4 \cdot \tau_{00}) = \underline{2 \cdot T_{i0}}$$

Løsning til oppgave 10 (7%)

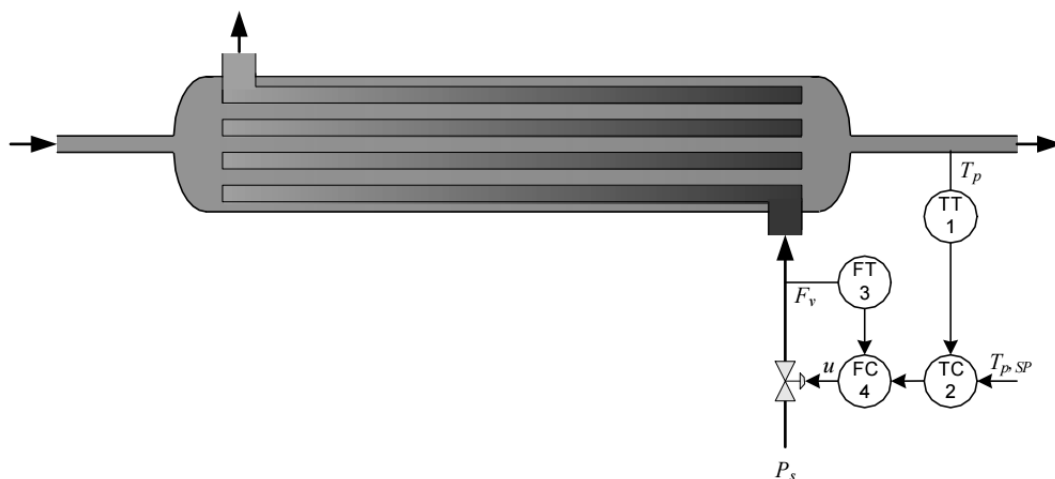
Se figur 4.



Figur 4

Løsning til oppgave 11 (8%)

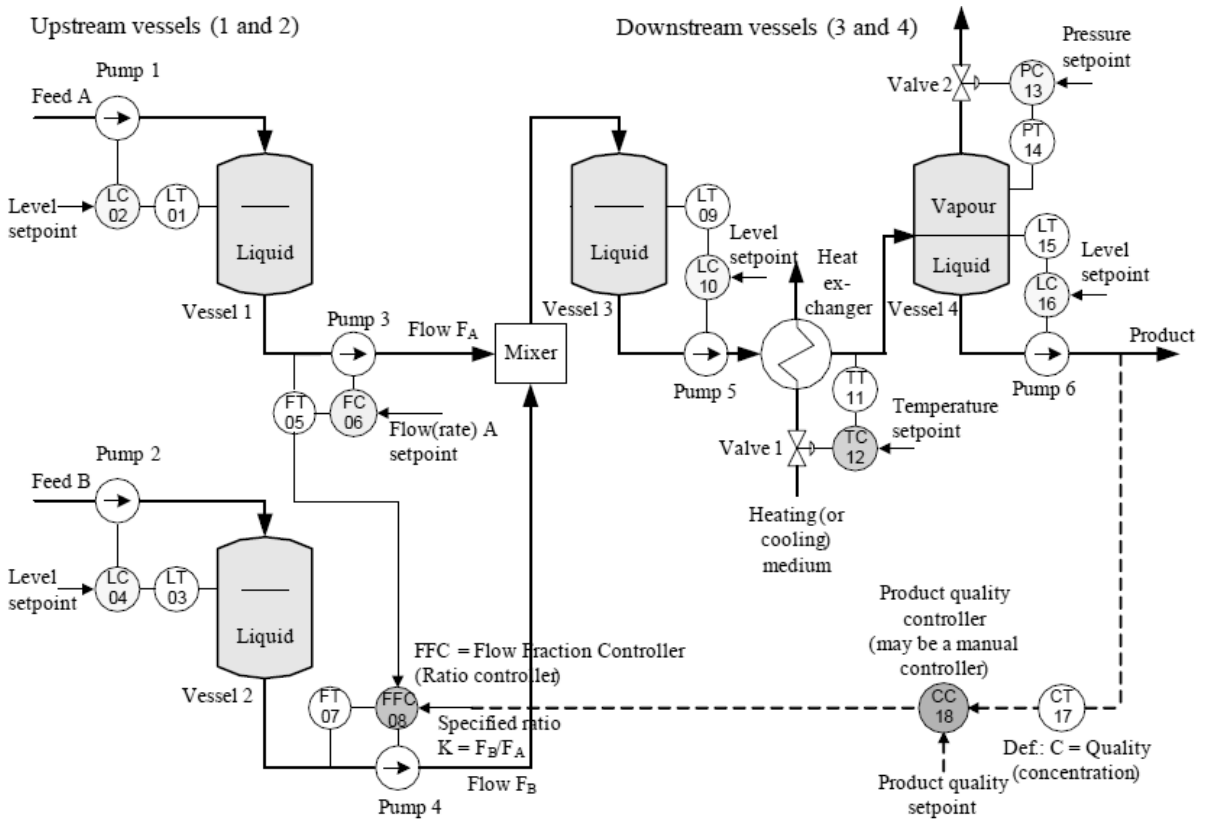
Figur 5 viser et teknisk flytskjema av en temperaturregulert varmeveksler der en kald prosesstrøm varmes opp vha. varmtvann. Reguleringsstrukturen er kaskaderegulering der primærsøyfen er en temperaturreguleringssøyfe for temperaturen av prosesstrømmen ut av varmeveksleren. Sekundærsøyfen er en strømningsreguleringssøyfe for for varmtvannsstrømmen som kompenserer for variasjoner i trykket som driver varmtvannsstrømmen, slik at denne strømmen varierer lite, hvilket bidrar til at temperaturen ut av varmeveksleren varierer lite (fra sitt settpunkt).



Figur 5

Løsning til oppgave 12 (15%)

Figur 6 viser en mulig løsning (samme som figur 5.12 i læreboka).



Figur 6