

Løsning til eksamen i IA3112 Automatiseringsteknikk ved Høgskolen i Sørøst-Norge

Eksamensdato: 30.11 2016. Varighet 5 timer. Vekt i slutt karakteren: 100%.

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

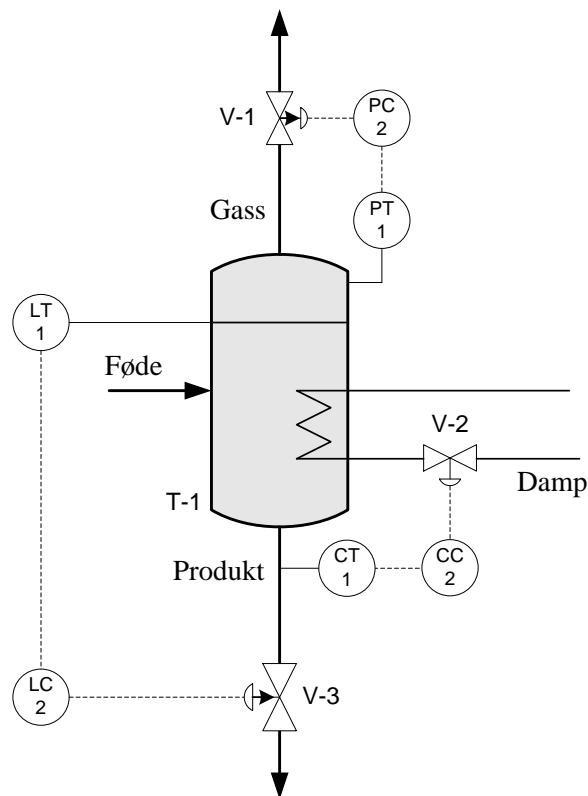
Løsning til oppgave 1 (5%)

$$GM = 9/3 = 3.$$

$$PM = (5/40) \cdot 360 \text{ grader} = 45 \text{ grader}.$$

Løsning til oppgave 2 (10%)

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



Figur 1

Løsning til oppgave 3 (5%)

Laplace-transformasjon av den gitte differensiallikningen (setter initialverdien for y og for \dot{y} lik null):

$$ms^2y(s) = F(s) - Dsy(s) - Ky(s)$$

som gir

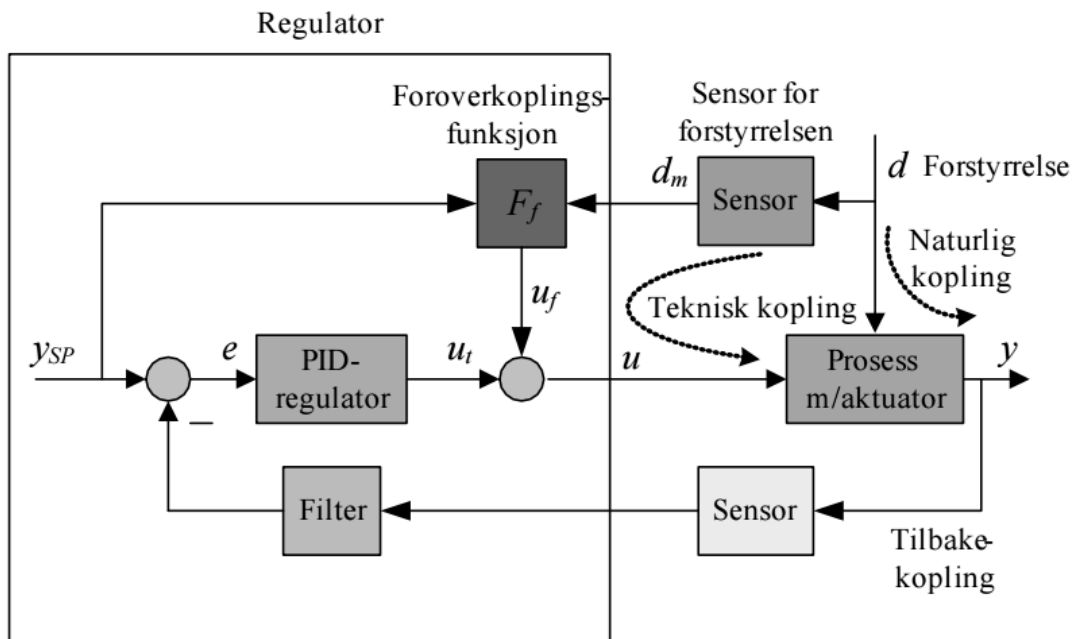
$$\frac{y(s)}{F(s)} = H(s) = \frac{1}{ms^2 + Ds + K}$$

som er transferfunksjonen fra F til y .

Løsning til oppgave 4 (10%)

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.



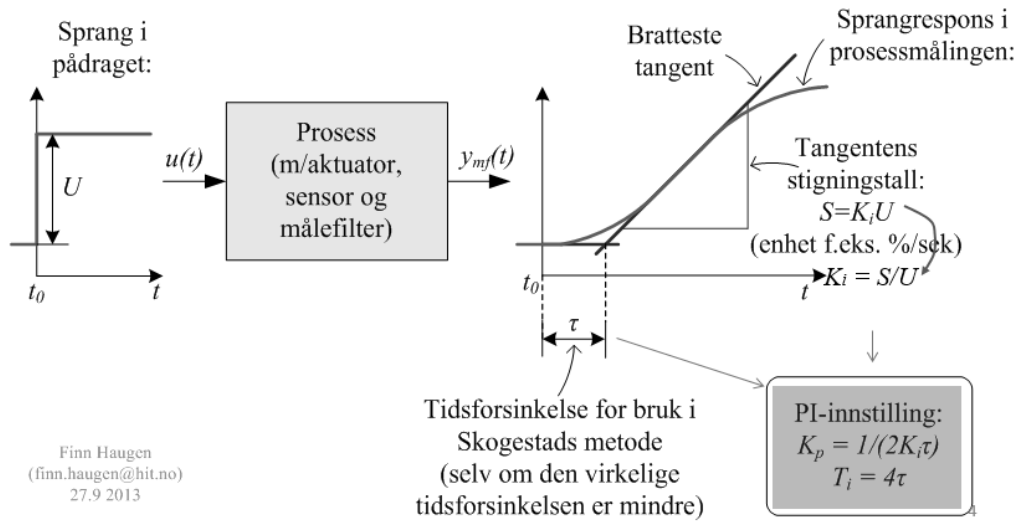
Figur 2

Løsning til oppgave 5 (10%)

Figur 3 beskriver (illustrerer) Skogestads metode.

Skogestads metode

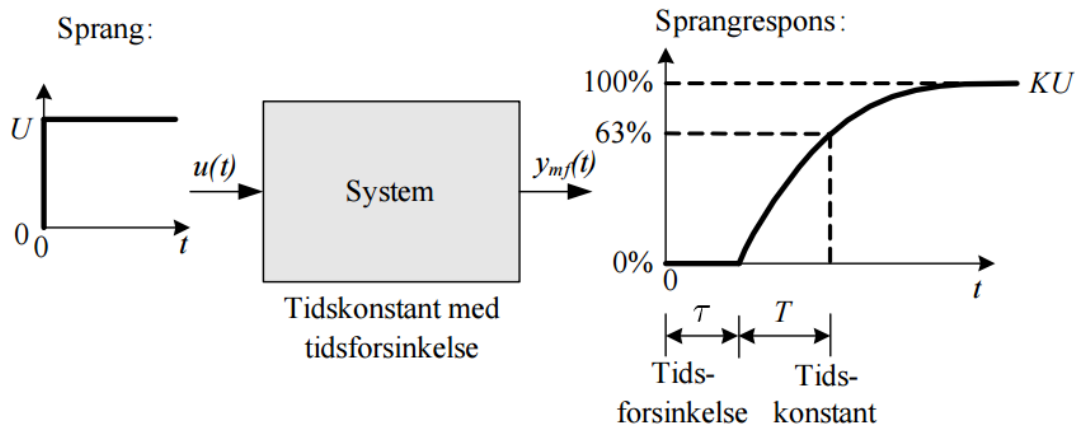
for innstilling av en PI-regulator basert på sprangrespons når prosessen betraktes som «integrator med tidsforsinkelse»-prosess:



Figur 3

Løsning til oppgave 6 (5%)

Figur 4 viser hvordan K, T og τ framkommer i sprangresponsen.



Figur 4

Løsning til oppgave 7 (5%)

Vi kan bruke repetert Ziegler-Nichols' metode: Fra responsen vist i figuren oppgaveteksten leser vi av at periodetiden i de dempede svingningene er $P_u = 7$ min med regulatorforsterkning $K_{p0} = 1$. Vi bruker K_{p0} og P_u i Ziegler-Nichols' formler for PI-regulator:

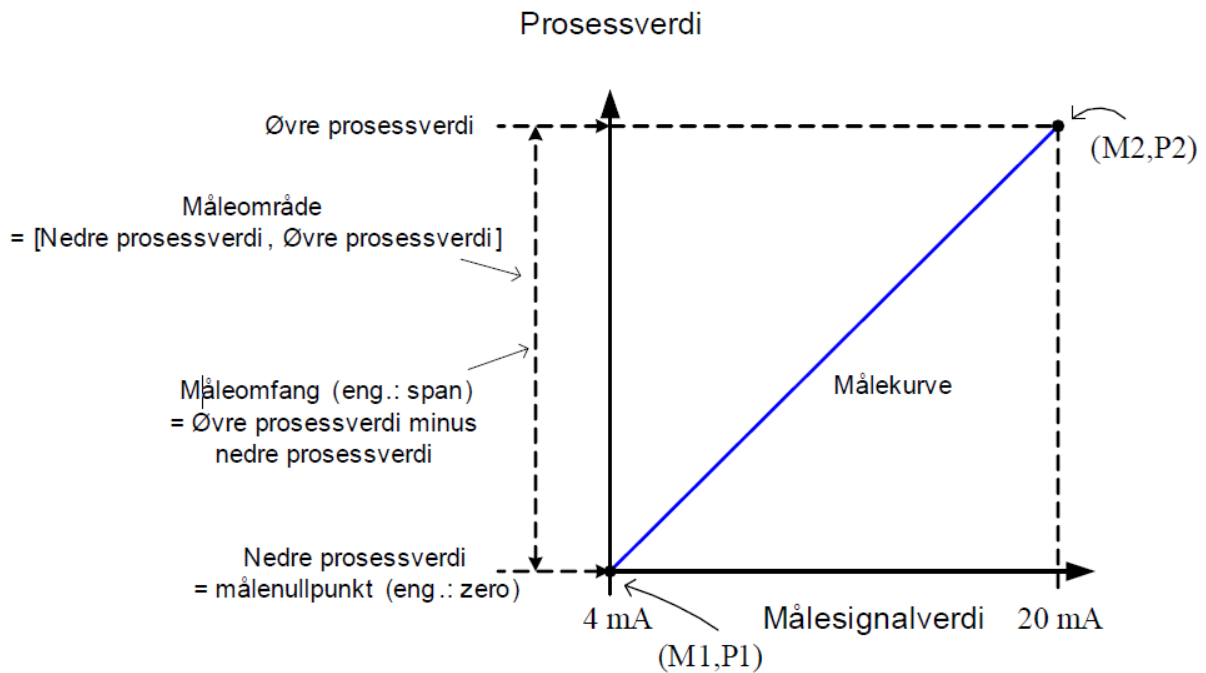
$$K_p = 0,45 * K_{p0} = 0,45 * 1 = 0,45$$

$$T_i = P_u / 1,2 = 7 / 1,2 \text{ min} = 5,8 \text{ min}$$

(Kommentar: Opplysningen $T_i = 3,33$ min i oppgaven benyttes ikke.)

Løsning til oppgave 8 (5%)

Se figur 5.



Figur 5

P som funksjon av M:

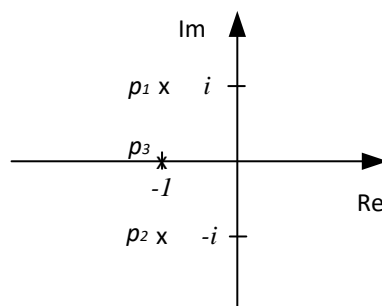
$$P = \frac{P_2 - P_1}{M_2 - M_1} (M - M_1) + P_1$$

Løsning til oppgave 9 (5%)

Polene er røttene i transferfunksjonens karakteristiske polynom, som er transferfunksjonens nevnerpolynom. Polene er

$$p_1 = -1 + i, p_2 = -1 - i, p_3 = -1$$

Figur 6 viser polene i det komplekse plan.



Figur 6

Transferfunksjonen er asymptotisk stabil fordi alle polene har (strengt) negativ realdel.

Løsning til oppgave 10 (5%)

Frekvensresponsen er

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{1}{\frac{j\omega}{\omega_b} + 1} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_b}\right)^2 + 1} e^{j \arctan \frac{\omega}{\omega_b}}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_b}\right)^2 + 1}} e^{j(-\arctan \frac{\omega}{\omega_b})} \end{aligned}$$

Forsterkningsfunksjonen er

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_b}\right)^2 + 1}}$$

Faseforskyvningsfunksjonen er

$$\arg H(j\omega) = -\arctan \frac{\omega}{\omega_b}$$

Forsterkningen er

$$K = 1$$

Tidskonstanten er

$$T = 1/\omega_b$$

Båndbredden i Hz er

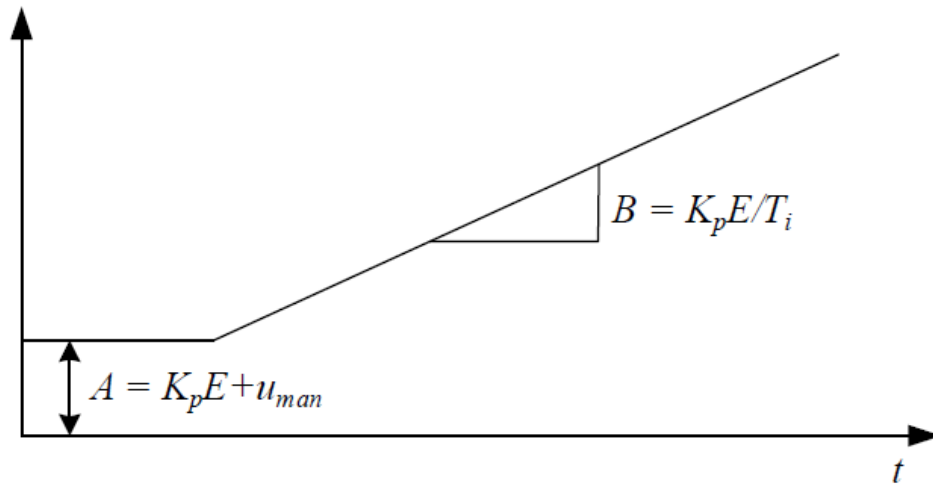
$$f_b = \omega_b/2\pi$$

Løsning til oppgave 11 (5%)

E antas konstant fra $t = 0$, dvs. et sprang fra $t = 0$. Responsen i pådraget (regulatorutgangen) blir da:

$$u(t) = K_p * E + (K_p/T_i) * \int_0^t e \, d\tau = K_p * E + (K_p/T_i) * \int_0^t E \, d\tau = K_p * E + (K_p/T_i) * t = A + B * t$$

$u(t)$ er skissert i figur 7.



Figur 7

Løsning til oppgave 12 (5%)

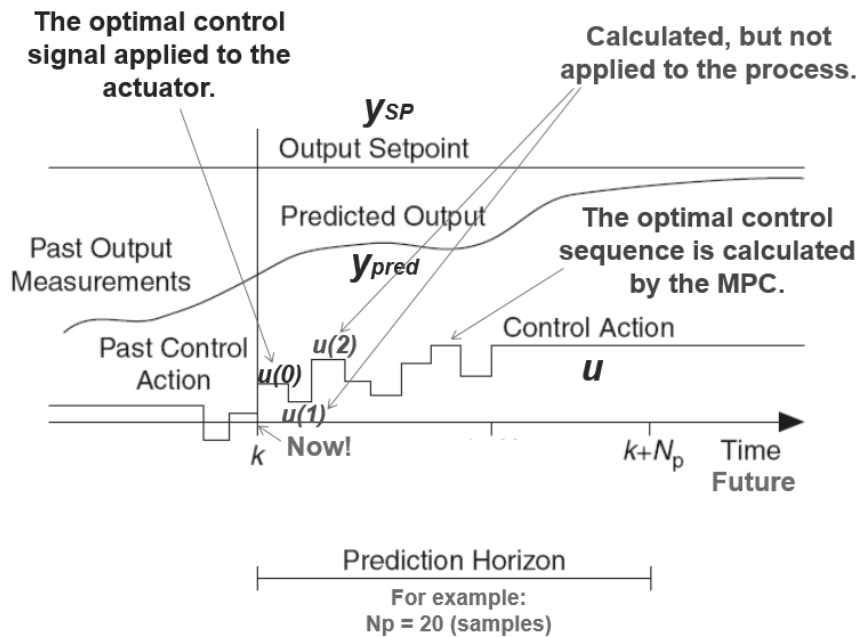
MPC er en modellbasert regulator som ved hvert tidsskritt etter hvert som tiden går, altså kontinuerlig, predikerer optimal pådragssekvens ut fra følgende informasjon:

- Et optimaliseringskriterium som typisk inneholder består av en sum av framtidige (predikerte) kvadratiske reguleringsavvik og kvadratiske endringer i pådraget.
- Prosessmodell
- Nåværende prosessstilstand som fås fra målinger og/eller tilstandsestimater fra en estimator som oftest er i form av et Kalman-filter.
- Nåværende, og helst framtidige, settpunktverdier og forstyrrelsesverdier.
- Begrensninger i pådragssignalet (maks og min) og i prosessvariabelen.

Fra den optimale pådragssekvensen plukkes det første elementet ut og anvendes som pådrag på prosessen.

Noen versjon er av MPC forutsetter lineære prosessmodeller, mens andre er basert på ulineære prosessmodeller. Modellene kan være multivariable og inneholde tidsforsinkelser.

Ovenstående beskrivelse er godt nok svar på oppgaven, men det er selvsagt ok med en illustrasjon f.eks. som i figur 8.



Figur 8

Løsning til oppgave 13 (5%)

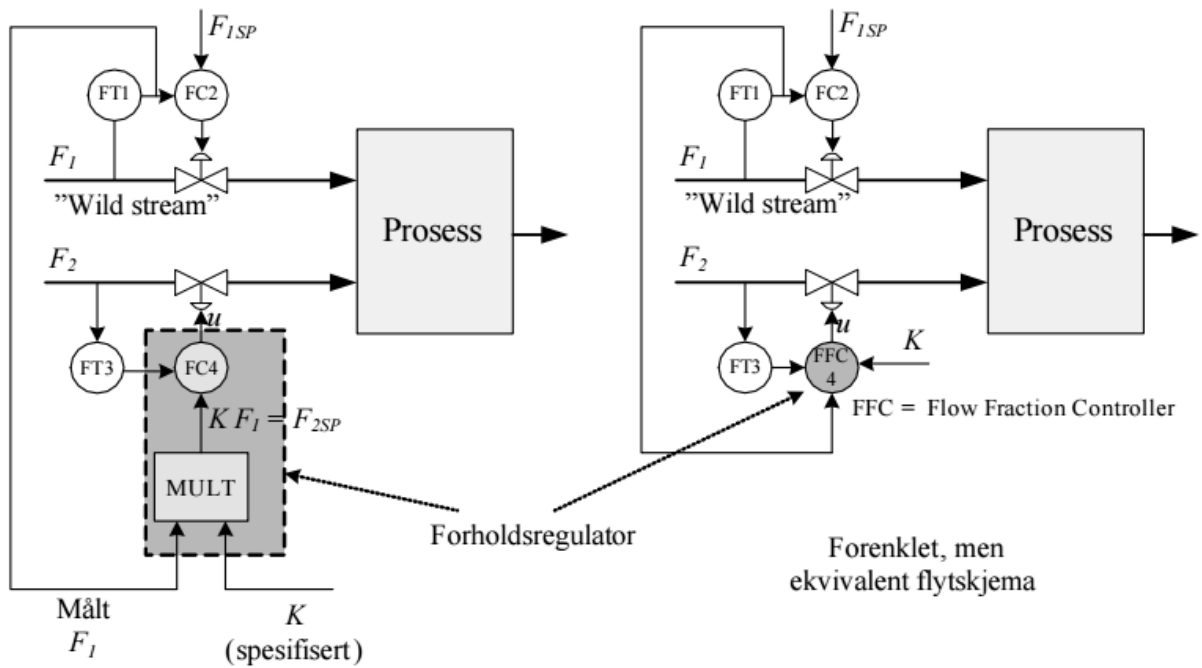
Figur 9 viser et teknisk flytskjema av en temperaturregulert varmeveksler der en kald prosesstrøm varmes opp vha. varmtvann. Reguleringsstrukturen er kaskaderegulering der primærsløyfen er en temperaturreguleringssløyfe for temperaturen av prosesstrømmen ut av varmeveksleren. Sekundærsløyfen er en strømningsreguleringssløyfe 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 9

Løsning til oppgave 14 (5%)

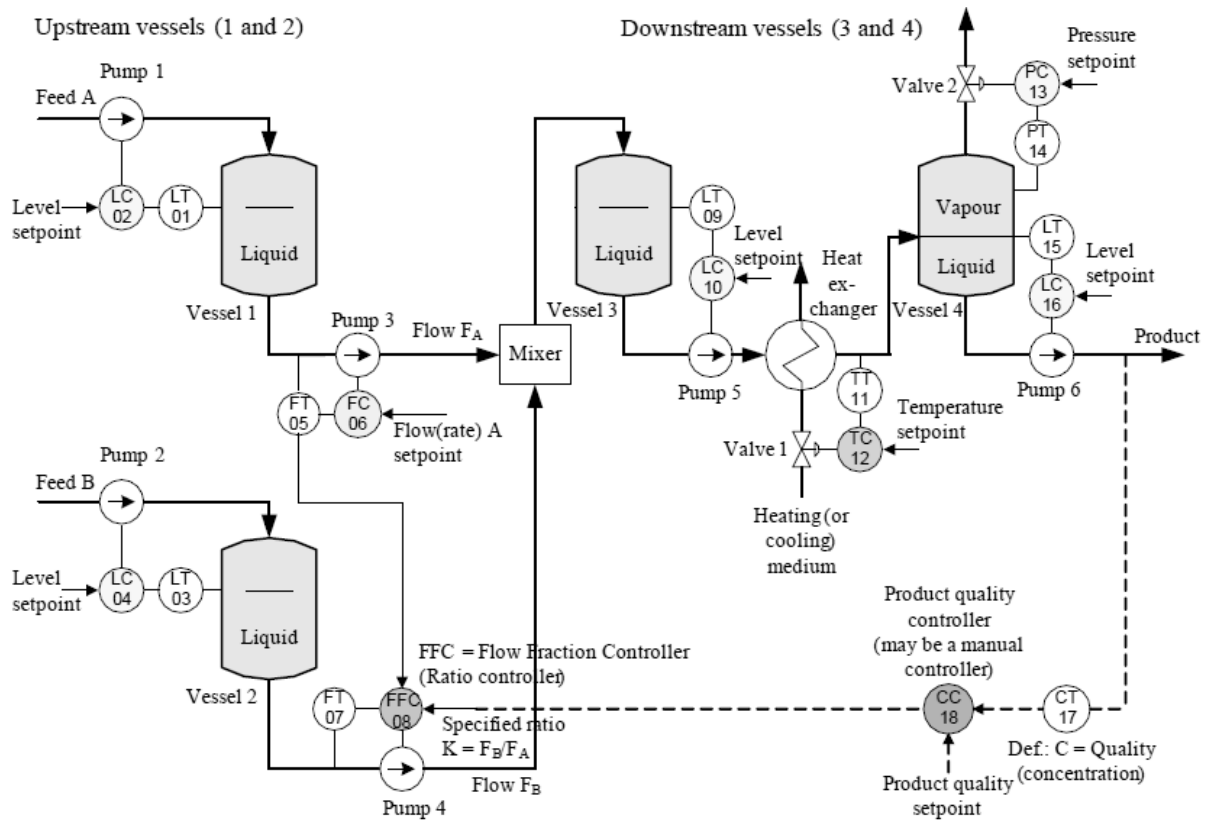
Figur 10 viser et teknisk flytskjema for et forholdsreguleringssystem i to versjoner (begge versjonene aksepteres som korrekt svar). Reguleringsystemet får strømmen F2 til å følgesettpunktet $F2_{sp} = K \cdot F1$ der F1 er målingen av strømmen F1 og K er et spesifisert forholdstall.



Figur 10

Løsning til oppgave 15 (15%)

Figur 11 viser en mulig løsning.



Figur 11