

# EKSAMENSFORSIDE

## Skriftlig eksamen med tilsyn

Emnekode: EK3114	Emnenavn: Automatisering og vannkraftregulering (feilaktig angitt som "Automatiseringsteknikk" på eksamen)	
Dato: Porsgrunn	Tid fra / til: 30. november 2016. Kl. 09:00 - 14:00	Ant. timer: 5
Ansv. faglærer: Finn Aakre Haugen		
Campus: Porsgrunn	Fakultet: Teknologiske fag	
Antall oppgaver: 13	Antall vedlegg: 1 (12 sider)	Ant. sider inkl. forside og vedlegg: 16
<p>Tillatte hjelpemidler:</p> <p>Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler. Kalkulator er ikke tillatt. Hvis du ikke kan regne ut sluttsvaret for hånd, er det godt nok som svar at du setter opp uttrykket som kan beregnes med kalkulator dersom du hadde hatt en.</p>		
<p>Opplysninger om vedlegg:</p> <p>Vedlagt oppgavesettet er informasjon som kan være aktuell ved løsning av enkelte av oppgavene.</p>		
<p>Merknader:</p> <p>Hvis du mener at det mangler forutsetninger for å løse en oppgave, skal du selv definere passende forutsetninger og angi dem i besvarelsen, slik at du allikevel kan løse oppgaven.</p> <p>Du kan ikke kalle på læreren for å få hjelp til å tolke eller forstå oppgaven.</p> <p>%-tallet ved hver oppgave angir oppgaven vekt ved sensur.</p>		

Kryss av for type eksamenspapir

Ruter

Linjer

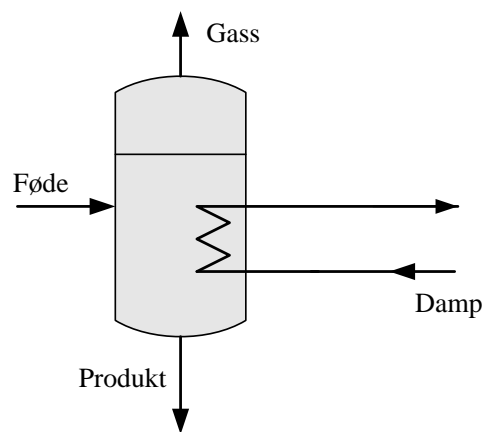
**Oppgave 1 (5%)**

Gitt et reguleringsystem med PI-regulator med  $K_p = 3$  og  $T_i = 20$  s. Reguleringsystemets stabilitetsmarginer skal bestemmes eksperimentelt. Et eksperiment viser at reguleringsystemet blir marginalt stabilt for  $K_p = 9$ . Hvor stor er forsterkningsmarginen, GM? I et annet eksperiment, med  $K_p = 3$  og  $T_i = 20$  s, er det lagt inn en økning av tidsforsinkelsen i reguleringsløyfa på 5 s, og reguleringsystemet har da stående svingninger med periode 40 s. Hva er fasemarginen, PM?

**Oppgave 2 (10%)**

Figur 1 viser en fordampner der ønsket produkt framkommer ved fordampning i tanken. Fordampneren skal reguleres med tre reguleringsløyfer:

- En nivåreguleringsløyfe: Sensoren måler væskenivået i tanken. Aktuatoren er en FC-ventil (Fail Closed) i produktrørledningen.
- En trykkreguleringsløyfe: Sensoren måler trykket i gassen i tanken. Aktuatoren er en FO-ventil (Fail Open) i gassrørledningen.
- En konsentrasjonsløyfe: Sensoren måler konsentrasjonen av en bestemt produktkomponent i væskefasen i tanken. Aktuatoren er en ventil som styrer dampstrømmen inn til fordampneren.



Figur 1

Tegn et teknisk flytskjema for reguleringsystemet for fordampneren. Bruk parallell nummerering. Signalene er elektriske. Ikke tegn inn piler på signalledningene. Settpunktene skal ikke tegnes inn som eksplisitte signaler. Angi bokstav- og tallkoder for fordampneren og ventilene. Konsentrasjon er ikke definert i tabellen vist i den aktuelle symboltabellen i vedlegget, men du kan selv definere en passende bokstavkode. Det er ikke krav om at symbolene skal angi plasseringen av instrumentene i anlegget (du kan altså bruke et enkelt sirkel-symbol for instrumentene). Det er ikke krav om at kodene skal vise hvorvidt måleverdier blir indikert på regulatoren.

**Oppgave 3 (5%)**

Gitt følgende matematiske model av et masse-fjær-demper-system (modellen er Newtons 2. lov):

$$m\ddot{y} = F - D\dot{y} - Ky$$

der  $m$  er legemets masse,  $D$  er dempekonstant og  $K$  er fjærkonstant.  $F$  er påtrykket kraft.  $y$  er legemets posisjon. Finn transferfunksjonen fra  $F$  til  $y$ .

**Oppgave 4 (10%)**

Tegn et blokkdiagram av et generelt reguleringsystem som består av både tilbakekopling og foroverkopling. Forklar systemets virkemåte.

**Oppgave 5 (10%)**

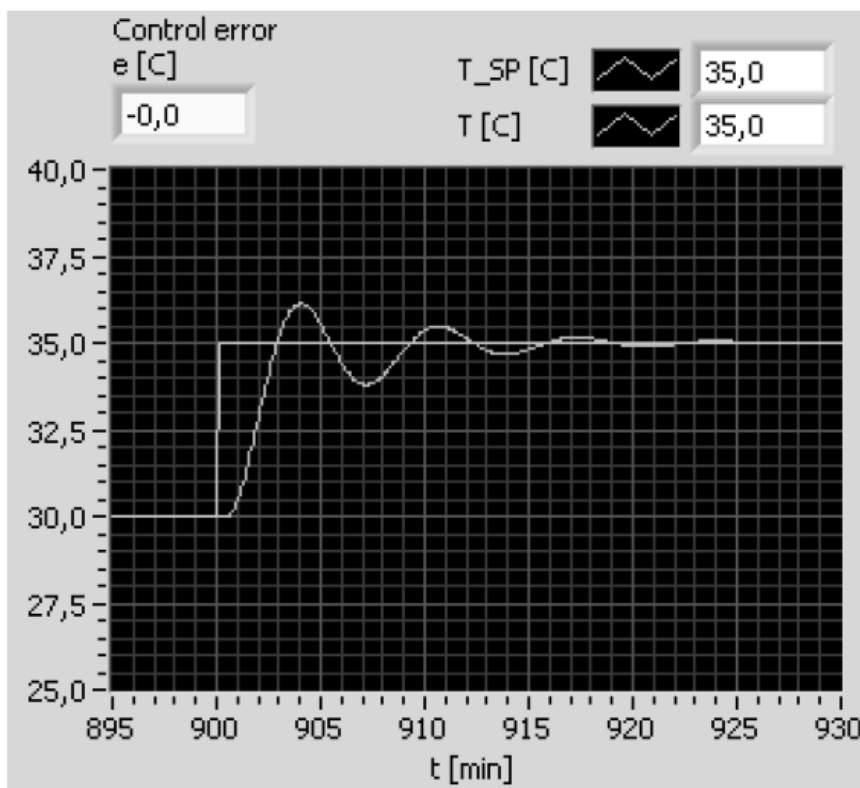
Beskriv, gjerne vha. en figur, Skogestad's metode for innstilling av en PI-regulator der en betrakter prosessen som et tilnærmet «integrator med tidsforsinkelse»-system.

**Oppgave 6 (5%)**

Gitt en prosess som du antar har "tidskonstant med tidsforsinkelse"-dynamikk. Skisser prinsipielt (ingen beregninger forventes) prosessens sprangrespons, og angi på sprangresponsen hvordan forsterkningen  $K$ , tidskonstanten  $T$  og tidsforsinkelsen  $\tau$  framkommer (i responsen).

**Oppgave 7 (5%)**

Figur 2 viser responsen i et reguleringssystem der regulatoren er en PI-regulator med følgende innstilling:  $K_p = 1,0$  og  $T_i = 3,33$  min. Responsen viser at reguleringssystemets stabilitet er dårlig. Finn en forbedret PI-innstilling.



Figur 2

**Oppgave 8 (5%)**

Illustrer begrepene øvre prosessverdi, nedre prosessverdi, måleområde, måleomfang (eng.: span) og målenullpunkt (eng.: zero) i et diagram (xy-plott) der målesignalet, som er et 4-20 mA signal, angis langs x-aksen. Skriv opp den generelle formelen for beregning av prosessverdien  $P$  som funksjon av målesignalet  $M$  (du trenger ikke anta spesifikke tallverdier i formelen).

**Oppgave 9 (5%)**

Bestem polene for følgende transferfunksjon, og skisser dem (marker dem med kryss) i det komplekse plan. Hvilken stabilitetsegenskap (asymptotisk stabil, marginal stabil eller ustabil) har transferfunksjonen (vurdert ut fra polene du har funnet):

$$H(s) = \frac{s - 5}{(s^2 + 2s + 2)(s + 1)} = \frac{s - 5}{(s - (-1 + i))(s - (-1 - i))(s + 1)}$$

**Oppgave 10 (5%)**

Finn frekvensresponsen, dvs. forsterkningsfunksjonen og faseforskyvningsfunksjonen, for et system gitt ved transferfunksjonen

$$H(s) = \frac{1}{\frac{s}{\omega_b} + 1}$$

Hva er systemets forsterkning  $K$ , tidskonstant  $T$  og båndbredde  $f_b$  i Hz?

**Oppgave 11 (5%)**

Anta at du har programmert en PI-regulator fra scratch og skal teste den, dvs. sjekke om den oppfører seg som forventet. En måte å teste den på, er å sørge for at reguleringsavviket endres som et sprang og se om responsen i pådraget er iht. regulatorens matematiske funksjon. Beregn regulatorpådragets sprangrespons, dvs. finn  $u(t)$  som funksjon av avvikets spranghøyde  $E$ , regulatorparametrene  $K_p$  og  $T_i$  og det manuelle pådraget  $u_{\text{man}}$ . Skisser  $u(t)$ .

**Oppgave 12 (10%)**

**a (5%)** Gi en beskrivelse av de ulike størrelsene i følgende formel for effekt i et vannkraftverk, og angi hvilke enheter de ulike størrelsene har:

$$P = \rho \eta_{\text{tot}} g H Q$$

**b (5%)** Beregn effekten i et vannkraftverk med fallhøyde 200 m og vannføring inntil 36.000 m<sup>3</sup>/h. La tallverdien av  $\eta_{\text{tot}} g = 8,0$ .

**Oppgave 13 (20%)**

**a (5%)** En generator med merkeytelse  $P_{\text{ng}} = 250$  MW og turtall  $n = 500$  o/min (vinkelhastighet:  $\omega_n = 2\pi n/60 \approx 50$  s<sup>-1</sup>) har massetregghetsmoment  $J = 10^6$  kgm<sup>2</sup>. Den er ikke tilkoblet nettet, men går i separatudrift. Hvor stor er den kinetiske energien i aggregatet når det går med merketurtall?

**b (5%)** Aggregatet går med merketurtall i tomgang (ubelastet) og det kobles inn en konstant belastning på 45 MW. Aggregatet har ikke regulator. Finn kinetisk energi og vinkelhastigheten  $\omega$ , etter 10 s.

**c (5%)** Aggregatet har nå regulator med statikk (droop)  $R = 0,1$  pu og går med merketurtall / merkefrekvens,  $f_n$ , og belastning 100 MW. Se bort fra lastens selvregulering. Aggregatet får et lastavslag på 25 MW. Beregn frekvensendringen.

**d (5%)** Aggregatet kobles opp mot et stivt nett som går med frekvens 49,9 Hz. Aggregatet har statikk 0,1 pu og har i denne driftsituasjonen effekt 125 MW. Frekvensen i systemet heves ved sekundærregulering i det stive nettet til 50 Hz. Beregn regulerstyrke og effektendringen for aggregatet 'vårt'.

*På de etterfølgende sider er vedlegg til oppgavene med informasjon som kan være nyttig ved løsning av enkelte av oppgavene.*

## Nyttige formler for Vannkraftregulering.

- ▶ Hastighet:  $v$
- ▶ Kraft;  $F = m a$
- ▶ Moment;  $M = F r$
- ▶ Arbeid \*);  $W = F s$
- ▶ Effekt;  $P = W/t = F v = M \omega$   
- kW =  $10^3$  W & MW =  $10^6$  W.
  
- ▶ Ohms lov;  $U = R \cdot I$
- ▶ Vekselspenning \*);  $u(t) = \sqrt{2} U \sin \omega t$
- ▶ Vekselsstrøm;  $i(t) = \sqrt{2} I \sin \omega t$
- ▶ Effekt;  $P = U I$   
- Trefase aktiv effekt:  $P = \sqrt{3} U I \cos \phi$   
- Trefase reaktiv effekt:  $Q = \sqrt{3} U I \sin \phi$
- ▶ Arbeid / Energi;  $W = P t$
- ▶ Vinkelhastighet:  $\omega = 2 \pi n/60$
- ▶ 'Roterende kinetisk energi'  $E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$
- ▶ Ytelse for elektrisk maskin:  $S_n = \sqrt{3} U_n I_n$
- ▶ Spenningsfall i 3-faset overføring:  $\Delta U = \sqrt{3} I (R \cos \phi + X \sin \phi)$
- ▶ Effekttap i 3 faset overføring;  $\Delta P = 3 R I^2$

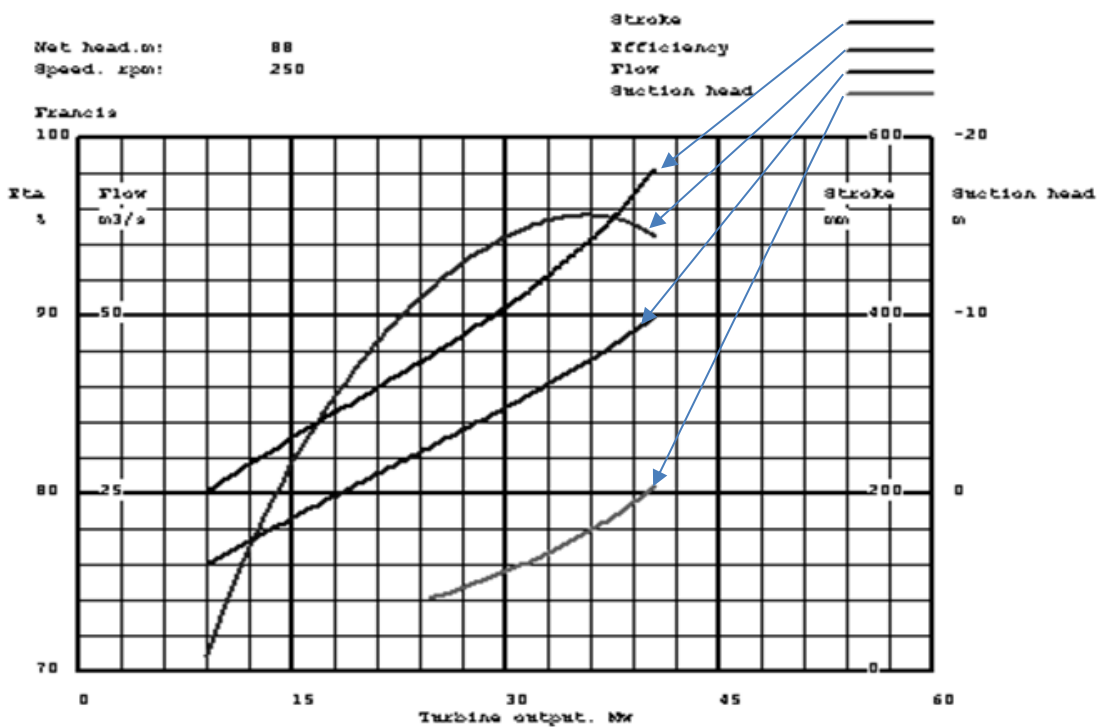
--> Effekt \*):  $P = \rho \eta_{\text{tot}} g Q H \text{ [W]}$

-->  $\Delta H = k_q Q^2 = k_v v^2$

-->  $\eta_{\text{vann}} = (H - \Delta H) / H = H_e / H$

- Tap i fylte 'rør'. Mannings formel. (Reyn
- Rørfriksjon  $\Delta H = (v/M)^2 L / R^{4/3}$ 
  - Råsprengt tunnel:  $(30 < M < 40)$
  - Rør:  $(80 < M < 120)$
  - $R = A_{\text{(real)}} / O_{\text{(mkrets)}} - \text{'hydraulisk radius'}$
  - $\Delta H = k_v v^2$  &  $k_v = L / (M^2 R^{4/3})$
  - $\Delta H = k_q Q^2$  &  $k_q = L / (A^2 M^2 R^{4/3})$

-> Virkningsgrad:  $\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{vann}} \eta_{\text{tur}} \eta_{\text{gen}} \eta_{\text{trf}}$



# Formelliste (identisk med formellisten i Reguleringssteknikk, 2. utgave)

$$e = y_{SP} - y \quad (\text{C.1})$$

$$\text{IAE} = \int_{t_{\text{start}}}^{t_{\text{slutt}}} |e(t)| dt \approx T_s \sum_{t_1=t_{\text{start}}}^{t_N=t_{\text{slutt}}} |e(t_k)| \quad (\text{C.2})$$

$$F_{2SP} = KF_1 \quad (\text{C.3})$$

$$y_d = \frac{b_{n-1}2^{n-1} + \dots + b_12^1 + b_02^0}{2^n - 1} (y_{a_{\text{maks}}} - y_{a_{\text{min}}}) + y_{a_{\text{min}}} \quad (\text{C.4})$$

$$R = \frac{y_{a_{\text{maks}}} - y_{a_{\text{min}}}}{2^n - 1} \quad (\text{C.5})$$

$$P = \frac{P_2 - P_1}{M_2 - M_1} (M - M_1) + P_1 \quad (\text{C.6})$$

$$T_f \dot{y}_{mf}(t) = y_m(t) - y_{mf}(t) \quad (\text{C.7})$$

$$y_{mf}(t_k) = (1 - a)y_{mf}(t_{k-1}) + ay_m(t_k) \quad (\text{C.8})$$

$$a = \frac{T_s}{T_f + T_s} \quad (\text{C.9})$$

$$\tau_{\text{rampe}} = T_f \quad (\text{C.10})$$

$$T_f \approx \frac{T_s}{2} \frac{1}{(\sigma_{y_{mf}}/\sigma_{y_m})^2} \quad (\text{C.11})$$

$$T_f \leq \frac{T_p}{10} \quad (\text{C.12})$$

$$T_f \leq \frac{\tau_p}{10} \quad (\text{C.13})$$

$$y_{mf}(t_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=k-(N-1)}^{j=k} y_m(t_j) \quad (\text{C.14})$$

$$T_f \approx \frac{T_v}{2} \quad (\text{C.15})$$

$$u_{se} = \frac{u_{se2} - u_{se1}}{u_{fe2} - u_{fe1}} (u_{fe} - u_{fe1}) + u_{se1} \quad (\text{C.16})$$

$$\tau_{\text{DA-omsetter}} \approx \frac{T_s}{2} \quad (\text{C.17})$$

$$D = \frac{T_{\text{on}}}{T_p} \cdot 100\% = \frac{u_{\text{mean}}}{U_{\text{on}}} \cdot 100\% \quad (\text{C.18})$$

$$Q = K_v(z) \sqrt{\frac{p_v}{G}} \text{ eller } K_v \sqrt{\frac{p_v}{G}} \quad (\text{C.19})$$

$$K_v(z) = K_{v_{\text{max}}} z \quad (\text{C.20})$$



$$K_v(z) = K_{v_{\max}} R^{1-z} \quad (\text{C.21})$$

$$P_{\text{midlere}} = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} \quad (\text{C.22})$$

$$R_s = \frac{R}{L} \text{ [}\Omega/\text{m]} \quad (\text{C.23})$$

$$R \text{ [}\Omega] = \frac{u}{i} \quad (\text{C.24})$$

$$R = \frac{S}{2^n - 1} \quad (\text{C.25})$$

$$v_0(T_m) = v + v_0(T_r) \quad (\text{C.26})$$

$$T = \frac{\frac{R}{R_0} - 1}{a} \quad (\text{C.27})$$

$$L = \frac{vT_r}{2} \quad (\text{C.28})$$

$$p = \rho g(h + h_0) \quad (\text{C.29})$$

$$F = k\sqrt{\Delta p} \quad (\text{C.30})$$

$$v = k(t_{\text{mot}} - t_{\text{med}}) \quad (\text{C.31})$$

$$Q = Av \quad (\text{C.32})$$

$$F_v = \frac{F_m}{\rho} \quad (\text{C.33})$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = kF \quad (\text{C.34})$$

$$v(t_k) = \frac{ds(t_k)}{dt} \approx \frac{s(t_k) - s(t_{k-1})}{T_s} \quad (\text{C.35})$$

$$v(t_k) \approx \frac{s(t_{k+1}) - s(t_{k-1})}{2T_s} \quad (\text{C.36})$$

$$u_t = K_t v \quad (\text{C.37})$$

$$\frac{dm(t)}{dt} = \sum w_{\text{inn}}(t) - \sum w_{\text{ut}}(t) + \sum w_{\text{generert}}(t) \quad (\text{C.38})$$

$$m = \rho V \quad (\text{C.39})$$

$$\frac{dE}{dt} = \sum Q_{\text{inn}} - \sum Q_{\text{ut}} + \sum Q_{\text{generert}} \quad (\text{C.40})$$

$$E = cmT = c\rho VT = CT \quad (\text{C.41})$$

$$m\dot{v} = m\ddot{x} = ma = \sum F \quad (\text{C.42})$$

$$J\dot{\omega} = J\ddot{\theta} = \sum T \quad (\text{C.43})$$

$$T = Fl \quad (\text{C.44})$$

$$b = \theta r \quad (\text{C.45})$$

$$u = Ri \quad (\text{C.46})$$

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (\text{C.47})$$

$$P_{\text{midlere}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} = R I_{\text{eff}}^2 = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} \quad (\text{C.48})$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \quad (\text{C.49})$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \quad (\text{C.50})$$

$$u = u_t + u_f \quad (\text{C.51})$$

$$K = \frac{y_2 - y_1}{u_2 - u_1} = \frac{\Delta y}{\Delta u} \quad (\text{C.52})$$

$$T\dot{y} = Ku - y \quad (\text{C.53})$$

$$T\dot{y} = K_1 u_1 + K_2 u_2 - y \quad (\text{C.54})$$

$$\dot{y} = K_i u \quad (\text{C.55})$$

$$y(t) = K_i \int_0^t u(\tau) d\tau \quad (\text{C.56})$$

$$y(t) = u(t - \tau) \quad (\text{C.57})$$

$$u(t) = u_{\text{man}} + K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$e = y_{SP} - y_{mf} \quad (\text{C.58})$$

Tabell C.1:

	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P-regulator	$0,5K_{pu}$	$\infty$	0
PI-regulator	$0,45K_{pu}$	$\frac{P_u}{1,2}$	0
PID-regulator	$0,6K_{pu}$	$\frac{P_u}{2}$	$\frac{P_u}{8} = \frac{T_i}{4}$

$$PB = \frac{100}{K_p} \quad (C.59)$$

$$u(t_k) = u_{\text{man}} + u_p(t_k) + u_i(t_k) + u_d(t_k) \quad (C.60)$$

$$u_p(t_k) = K_p e(t_k) \quad (C.61)$$

$$u_i(t_k) = \frac{K_p T_s}{T_i} [e(t_0) + e(t_1) + \dots + e(t_{k-1}) + e(t_k)] \quad (C.62)$$

$$= u_i(t_{k-1}) + \frac{K_p T_s}{T_i} e(t_k) \quad (C.63)$$

$$u_d(t_k) = K_p T_d \frac{e(t_k) - e(t_{k-1})}{T_s} \quad (C.64)$$

$$\text{“Opp-Ned”} \implies \text{Revers} \equiv K_p > 0 \quad (C.65)$$

$$\text{“Opp-Opp”} \implies \text{Direkte} \equiv K_p < 0 \quad (C.66)$$

$$u = \left\{ \begin{array}{l} u_{\text{maks}} \text{ når } e \geq d_e \\ u_{\text{min}} \text{ når } e < -d_e \end{array} \right\} \quad (C.67)$$

$$K_p = 0,32K_{pu}, \quad T_i = P_u \quad (C.68)$$

$$K_p = 0,45K_{p0}, \quad T_i = \frac{P_{u0}}{1,2} \quad (C.69)$$

$$K_{p_u} = \frac{\text{Ut-amplitude}}{\text{Inn-amplitude}} = \frac{\frac{4A}{\pi}}{E} = \frac{4A}{\pi E} \approx 1,27 \frac{A}{E} \quad (\text{C.70})$$

$$A = \frac{u_{\text{maks}} - u_{\text{min}}}{2} \quad (\text{C.71})$$

$$K_p = 0,8K_{GG}, \quad T_i = 1,5T_{ou} \quad (\text{C.72})$$

$$K_p = \frac{1}{K_i(T_C + \tau)}, \quad T_i = 2(T_C + \tau) \quad (\text{C.73})$$

$$T_C = \tau, \quad K_p = \frac{1}{2K_i\tau}, \quad T_i = 4\tau \quad (\text{C.74})$$

$$K_p = \frac{1}{K_i T_c}, \quad T_i = 2T_c \quad (\text{C.75})$$

$$T_d = T_{\text{aktuator}} \quad (\text{C.76})$$

$$\ddot{y} = K_{ii}u$$

$$K_p = K_{pp} = \frac{2}{K_{ii} T_C^2} \quad (\text{C.77})$$

$$T_i = T_{ip} = 4T_C \quad (\text{C.78})$$

$$T_d = T_{dp} = T_C \quad (\text{C.79})$$

Fra boka **Reguleringsteknikk** (nedenstående symboler og formler kommer i tillegg til formellista fra Reguleringsteknikk som allerede er oppgitt på emnets hjemmeside og som oppgis til eksamen):

Bokstav-kode	1. bokstav	Etterfølgende modifikator til 1. bokstav	Etterfølgende bokstav
A	Analysis		Alarm
B	Burner, Combustion		
C	User's choice		Control
D	User's choice	Differential	
E	Voltage		Sensor, Primary element
F	Flow rate	Ratio	
G	User's choice		Glass, Gauge
H	Hand		High
I	Current (electrical)		Indicate
J	Power		
L	Level		Low
P	Pressure		
Q	Quantity	Integrate, Totalize	
R	Radiation		Record
S	Speed, Frequency		Switch
T	Temperature		Transmit
V	Vibration		Valve
W	Weight, Force		
Y			Computation
Z	Position	Safety Instrumented System (Interlock)	

Bokstavkode	Utstyr
C	Column (norsk: kolonne, f.eks. destillasjonskol.)
D	Drum (kar, fat, dunk)
F	Furnace (ovn)
H	Heat exchanger (varmeveksler)
K	Compressor
M	Motor
P	Pump
R	Reactor
T	Tank
V	Valve, vessel (ventil, beholder)



Generelt (udefinert) signal:

———— eller ————

Elektrisk signal:

— — — — eller ————

Digitalt signal:

—○—○—○—

Pneumatisk signal:

—//—//—//

$$GM = \Delta K_u$$

$$PM = \frac{\Delta \tau_u}{P_u} \cdot 360^\circ$$

$$1,7 \leq GM \leq 4,0$$

$$30^\circ \leq PM \leq 45^\circ$$

Fra boka [Basic Dynamics and Control](#):

$$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^\infty e^{-st} f(t) dt$$

$$F(s) = k \iff f(t) = k\delta(t) \quad (\text{impulse of strength or area } k)$$

$$\frac{k}{s} \iff k \quad (\text{step of amplitude } k)$$

$$\frac{k}{s^2} \iff kt \quad (\text{ramp of slope } k)$$

$$\frac{k}{Ts + 1} \iff \frac{ke^{-t/T}}{T}$$

$$k_1 F_1(s) + k_2 F_2(s) \iff k_1 f_1(t) + k_2 f_2(t)$$

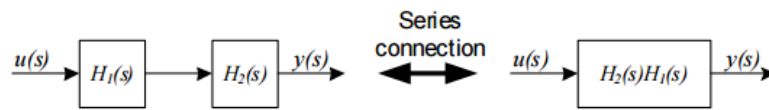
$$F(s)e^{-\tau s} \iff f(t - \tau)$$

First order time derivative with zero initial condition:

$$sF(s) \iff \dot{f}(t) \quad (4.20)$$

$$\frac{1}{s}F(s) \iff \int_0^t f(\tau) d\tau$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} sF(s) \iff \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$$



(Andre regler for blokkdiagrammanipulering enn den ovenstående vil ikke bli aktuelle på eksamen.)

Fra utdraget av boka [Dynamiske systemer](#):

$$h(t) = \sum_i \lim_{s \rightarrow p_i} \left\{ (s - p_i) \underbrace{H(s)}_{h(s)} e^{st} \right\}$$

$$u(t) = U \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} y_s(t) &= Y \sin(\omega t + \phi) \\ &= \underbrace{UA}_Y \sin(\omega t + \phi) \end{aligned}$$

$$x \text{ [dB]} = 20 \log_{10} x$$

$$A(\omega) = |H(j\omega)|$$

$$\phi(\omega) = \arg H(j\omega)$$

$$H(s) = \frac{1}{\frac{s}{\omega_b} + 1}$$

Oppdatert 30.10 2016 av [Finn Aakre Haugen](#), emneansvarlig. Epost: [Finn.Haugen@hit.no](mailto:Finn.Haugen@hit.no).