

Norges landbrukshøgskole, IMT-instituttet

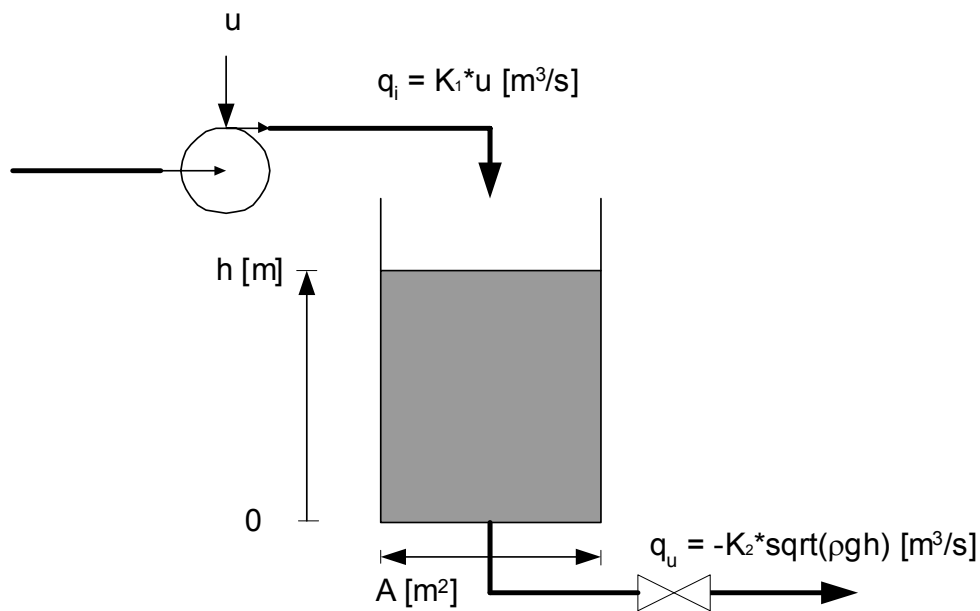
Løsning til deleksamen (40%) i kurs TEL230

Reguleringsteknikk holdt 17.10 2003 kl. 0815 – 0945 (1,5 timer)

17.10.03. Finn Haugen

Tallene ved hver oppgave angir oppgavens relative vekt i prosent ved sensur.

1. (20) Figur 1 viser prosessen.



Figur 1:

Massebalanse gir

$$\frac{d}{dt}(\rho Ah) = q_i - q_u$$

eller

$$\rho A \frac{dh}{dt} = K_1 u - K_2 \sqrt{\rho g h}$$

2. (15) Setter  $s = j\omega$ :

$$H(j\omega) = \frac{K}{Tj\omega + 1} e^{-\tau j\omega}$$

som skrevet på polarform er

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{K}{\sqrt{(T\omega)^2 + 1} e^{j \arctan(T\omega)}} e^{-\tau j\omega} \\ &= \frac{K}{\sqrt{(T\omega)^2 + 1}} e^{j[-\tau\omega - \arctan(T\omega)]} \end{aligned}$$

Amplitudedefunksjonen er derfor

$$|H(j\omega)| = \frac{K}{\sqrt{(T\omega)^2 + 1}} \quad (1)$$

og fasefunksjonen er

$$\arg H(j\omega) = -\tau\omega - \arctan(T\omega)$$

3. (a) (10) Fra Bodediagrammet ser vi at ved frekvensen  $\omega = 1$  rad/s er amplitudeforsterkningen  $A$  lik  $-3$  dB = 0,71 og faseforskyvningen  $\phi$  lik  $-45^\circ = -\pi/4$  rad. Den stasjonære  $y$  blir da

$$y(t) = 0,71U \sin(t - \pi/4) \quad (2)$$

- (b) (5) Båndbredden er frekvensen der amplitudeforsterkningen er  $-3$  dB, altså 1 rad/s.

4. (5) Polene er  $p_1 = 2$  og  $p_2 = -3$ . Siden én av polene, her  $p_1$ , ligger i høyre halvplan (har positiv realdel), er systemet ustabil.
5. (15) Fra differensiallikningen får vi

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{T} [-x(t) + Ku(t - \tau)] \quad (3)$$

som integrert gir følgende uttrykk for utgangsvariabelen  $x(t)$ :

$$x(t) = x_0 + \int_0^t \frac{1}{T} [-x(\theta) + Ku(\theta - \tau)] d\theta \quad (4)$$

(her er  $\theta$  innført som integrasjonsvariabel). Figur 2 viser blokkdiagrammet som tegnet fra  $x(t)$ :

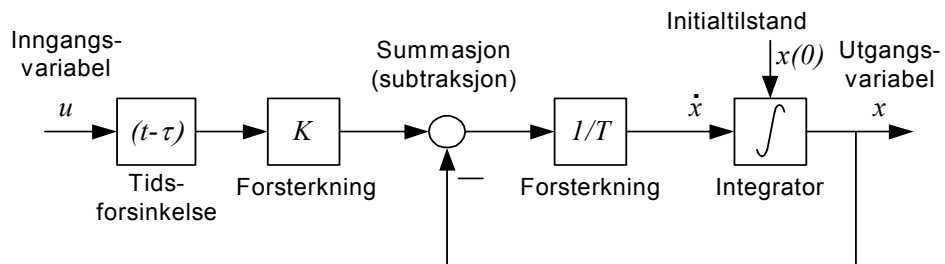
6. (15) Laplacetransformasjon av differensiallikningen:

$$T[sx(s) - x_0] = -x(s) + Ku(s)e^{-\tau s} \quad (5)$$

som gir

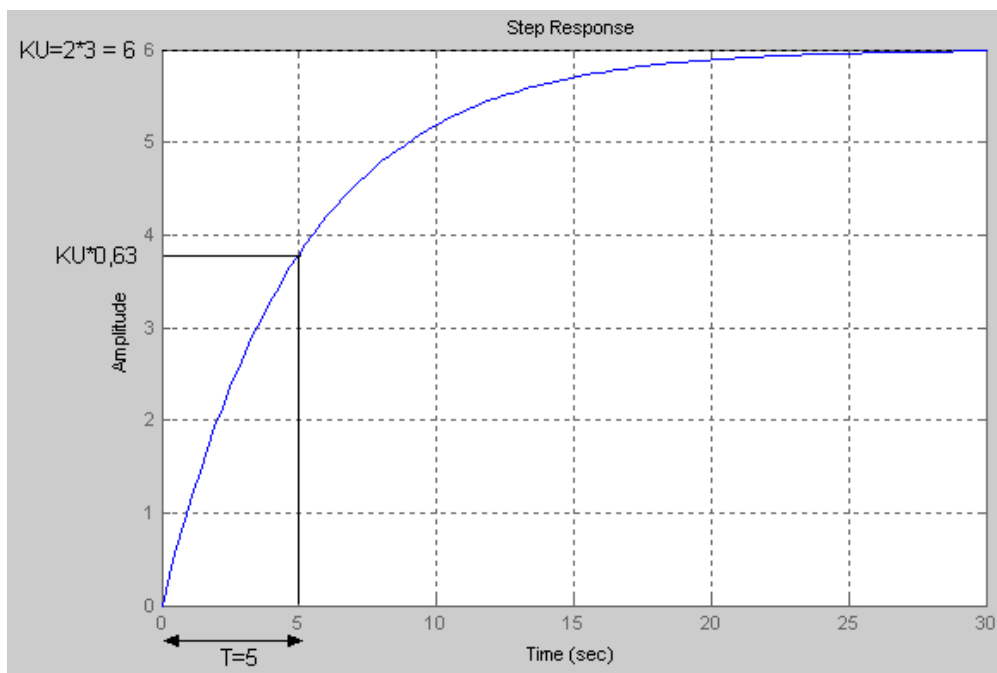
$$x(s) = \frac{T}{Ts + 1} x_0 + \underbrace{\frac{K}{Ts + 1}}_{H(s)} e^{-\tau s} u(s) \quad (6)$$

der  $H(s)$  er transferfunksjonen fra  $u$  til  $x$ .



Figur 2:

7. (a) (4) **lsim** simulerer en LTI-modell med brukerdefinert inngangssignal.
- (b) (4) **tf** definerer en LTI-modell i form av en transferfunksjon.
8. (7) Sprangresponsen er vist i figur 3.



Figur 3: