

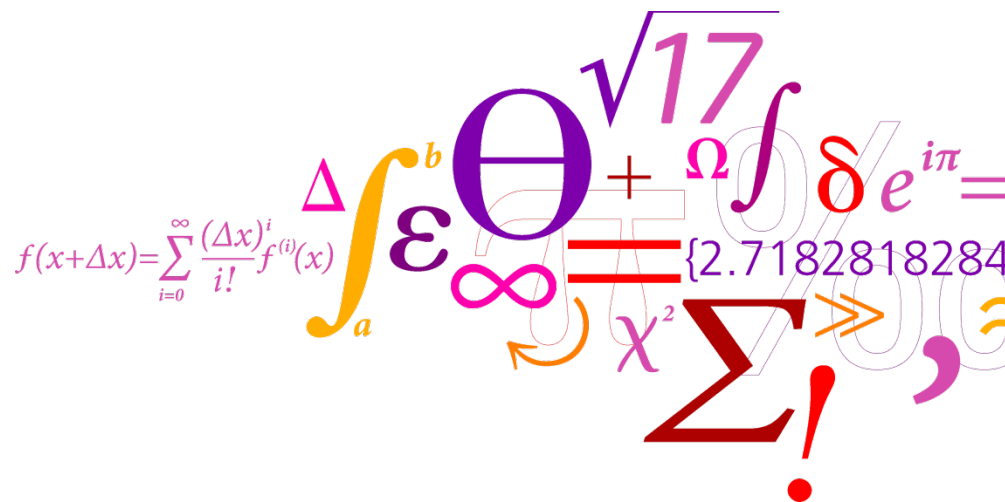
# Reguleringsteknik 1

J. Christian Andersen

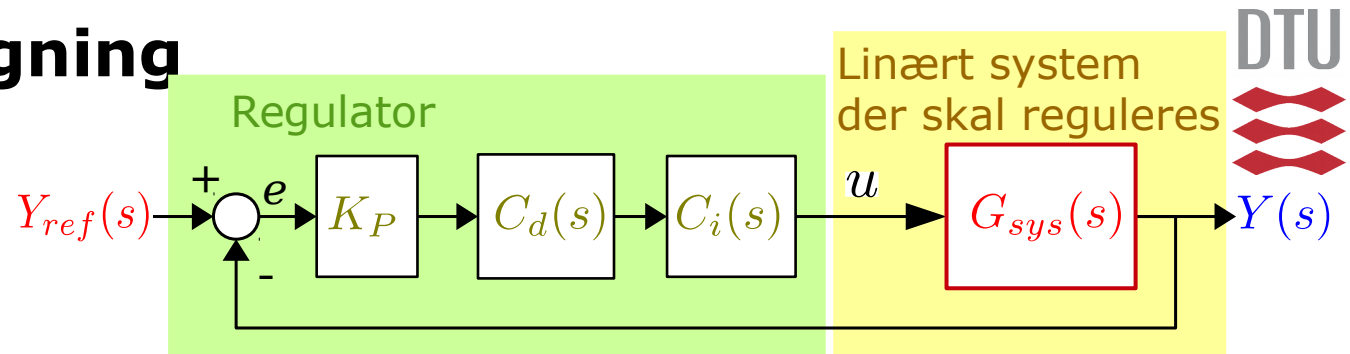
Kursusuge 8

## Plan

- PI-Lead design med fokus på lukket sløjfe
  - Metode, værktøj og resultat
  - Båndbredde og open loop bodeplot
- **Grupperegning**



# Grupperegning



Opgave:

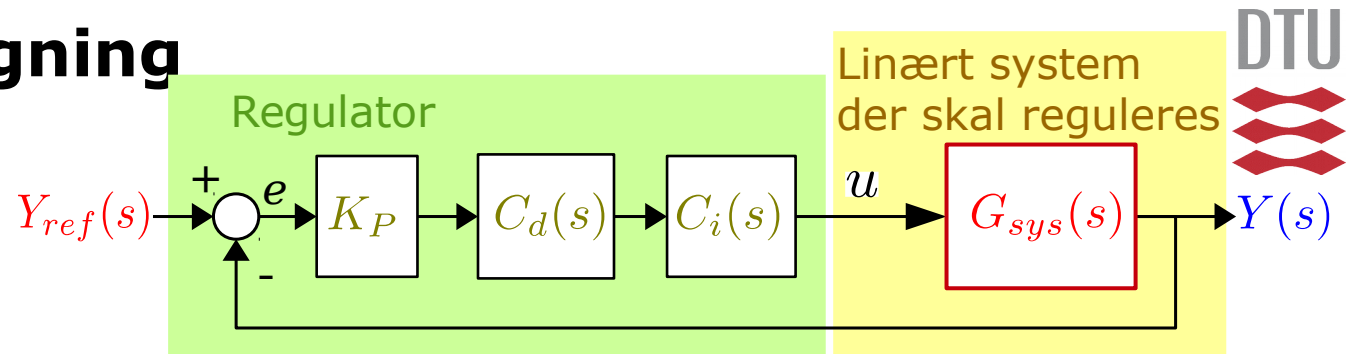
Et mekanisk system har efter linearisering følgende overføringsfunktion

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$

Input er i hovedsagen step på Yref  
Y bliver maksimalt 1.2 og u er begrænset til +/- 4

- 1) Vurder bodeplot for
  - a) poler/nulpunkter i højre halvplan
  - b) Behov: statisk fejl under 2%, indsvingning < 10 sekunder, <25% oversvingVurder bodeplot: kan I-led gavne?, kan Lead-led gavne?
- 2) Beslut en regulator (  $Ni$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma_M$  )
- 3) Find krydsfrekvens  $\omega_c$
- 4) Find  $K_P$  og åben sløjfe overføringsfunktion
- 5) Hvad bliver lukket sløjfe båndbredde?
- 6) Opfylder steprespons krav?
- 7) Bliver u signalet for kraftigt, når y er maksimalt (ved step fra 0 på Yref)

# Grupperegning



Opgave:

Et mekanisk system har efter linearisering følgende overføringsfunktion

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$

Input er i hovedsagen step på Yref  
Y bliver maksimalt 1.2 og u er begrænset til +/- 4

1) Vurder bodeplot for

a) poler/nulpunkter i højre halvplan

Alle poler i venstre halvplan,

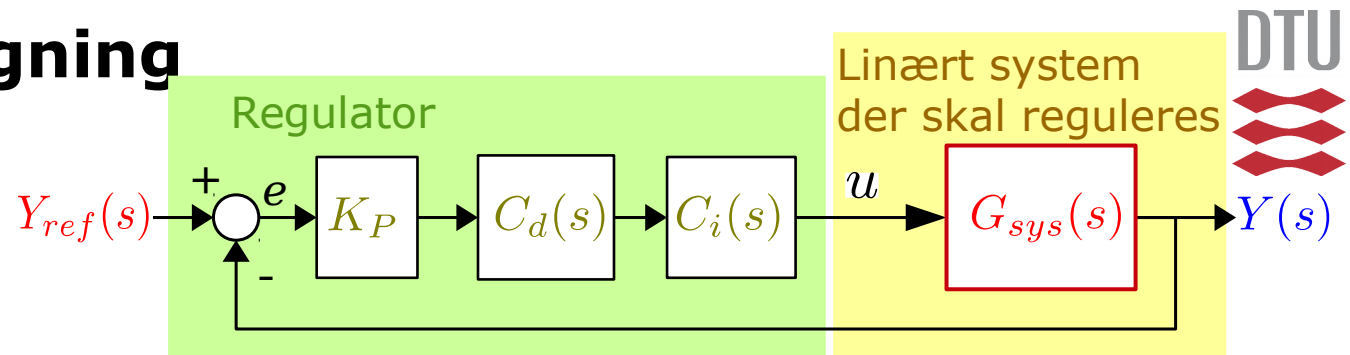
alle fortegn er positive og ingen manglende led i polynomier

Burde være regulerbart.

b) Behov: statisk fejl under 1%, indsvingning < 10 sekunder, <20% oversving

Vurder bodeplot: kan I-led gavne?, kan Lead-led gavne?

# Grupperegning



Opgave:

Et mekanisk system har efter linearisering følgende overføringsfunktion

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$

1) Vurder bodeplot for

b) Behov: statisk fejl under 1%, indsvingning < 10 sekunder, <20% oversving  
Vurder bodeplot: kan I-led gavne?, kan Lead-led gavne?

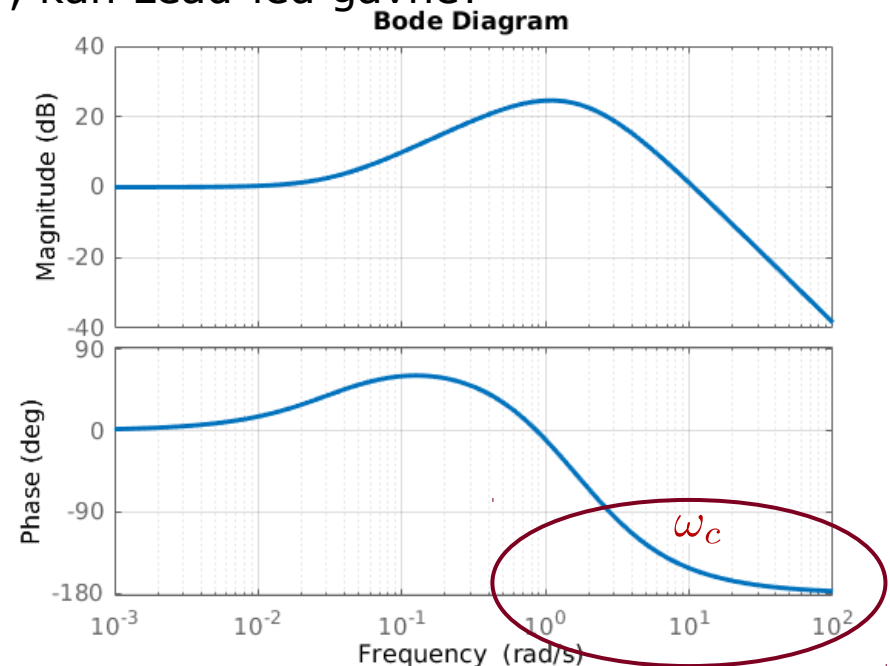
Fasedrejning mod -180 er rolig

→ gavn af Lead led

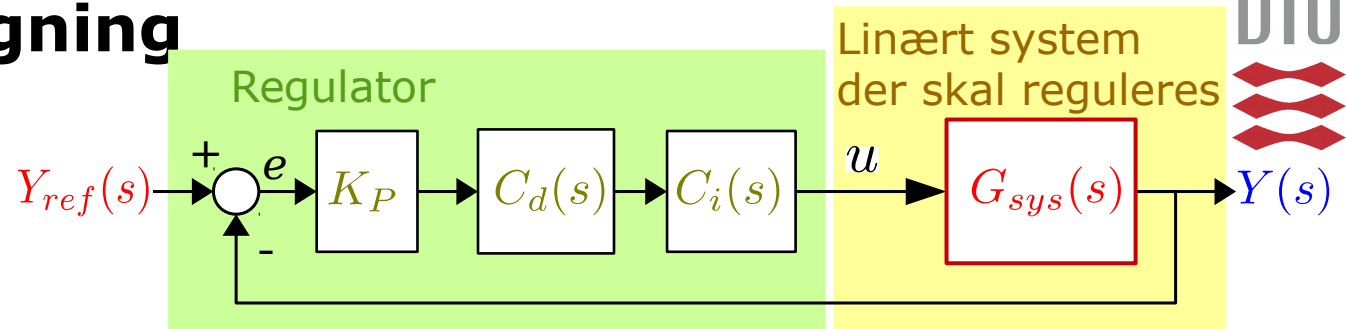
Gain ved lave frekvenser lav

→ behov for I-led

Krydsfrekvens skal helst være over pukkel, bør være muligt, da fasedrejning aldrig når under -180 grader.



# Grupperegning



Opgave:

Et mekanisk system har efter linearisering følgende overføringsfunktion

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$

1)  
2) Beslut en regulator

For at rette stigning i amplitude  
Holdes I-led tæt på krydsfrekvens

$$N_i = 3, \alpha = 0.2, \gamma_M = 60$$

Det betyder at  $\omega_c$  skal findes hvor  
fasedrejning er

$$\angle G_{sys}(\omega_c) = -180 + 60 - -18.4 - 41.8$$

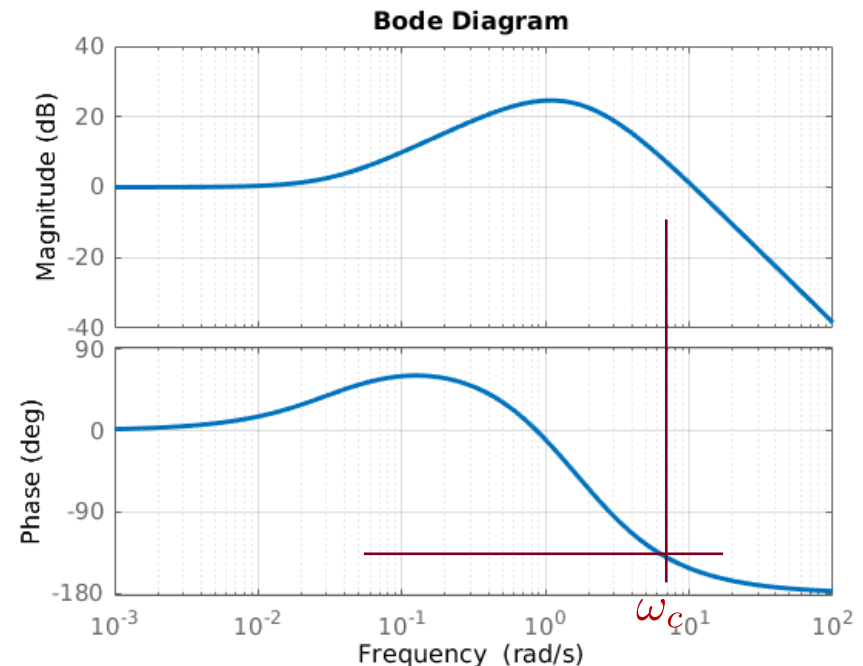
$$\angle G_{sys}(\omega_c) = -143^\circ$$

$$\Rightarrow \omega_c = 7.6 \text{ rad/sek}$$

Som giver

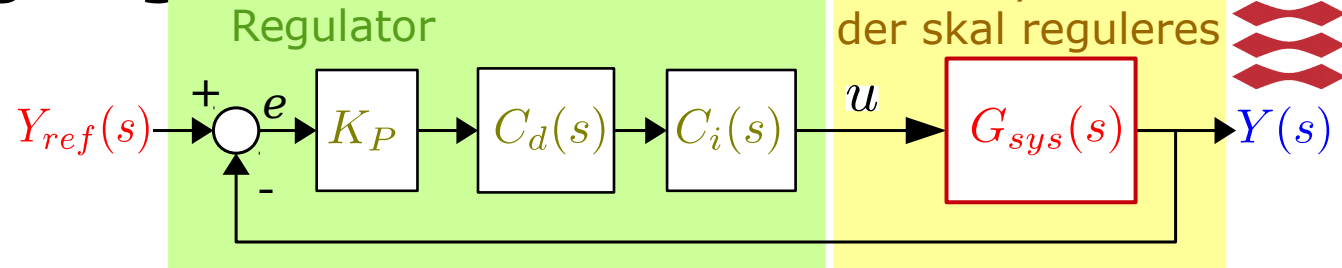
$$\tau_i = \frac{N_i}{\omega_c} = 0.39, \tau_d = \frac{1}{\omega_c \sqrt{\alpha}} = 0.29$$

5



# Grupperegning

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$



Opgave:

- 2) Beslut en regulator
- 3) Find krydsfrekvens
- 4) Find  $K_P$  og åben sløjfe overføringsfunktion

$$C_i = \frac{0.39s + 1}{0.39s}, \quad C_d = \frac{0.29s + 1}{0.056s + 1}$$

$$\Rightarrow K_P = -13 \text{ dB} = 0.22$$

$$G_{\dot{a}} = \frac{0.22(0.39s + 1)(0.29s + 1)(120s + 4)}{0.39s(0.056s + 1)(s^3 + 5s^2 + 8s + 4)}$$

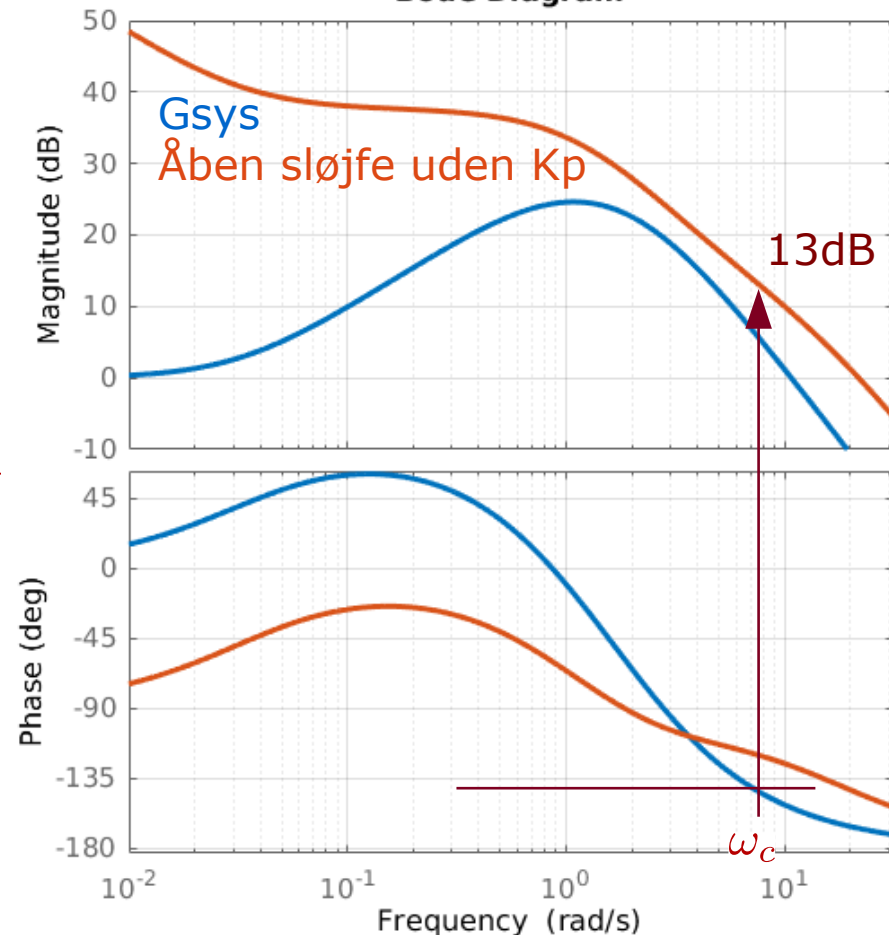
$$G_{cl} = \frac{G_{\dot{a}}}{1 + G_{\dot{a}}}$$

- 5) Hvad bliver lukket sløjfe båndbredde?

MATLAB: bandwidth(Gcl)

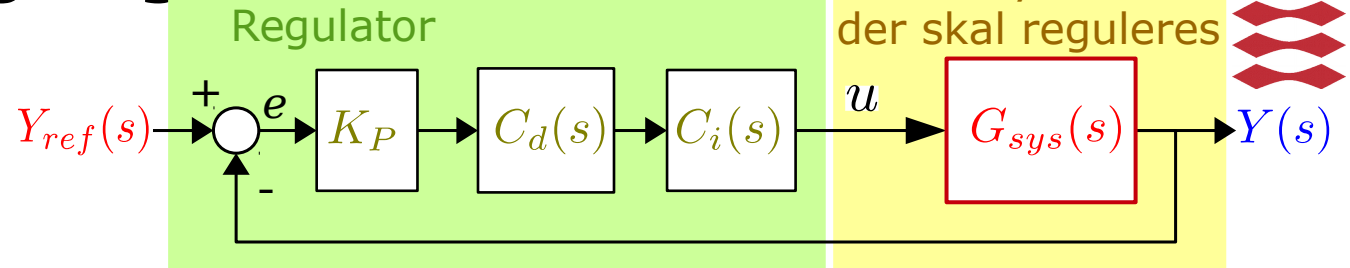
$$BW = 12 \text{ rad/sek}$$

Bode Diagram



# Grupperegning

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$



Opgave:

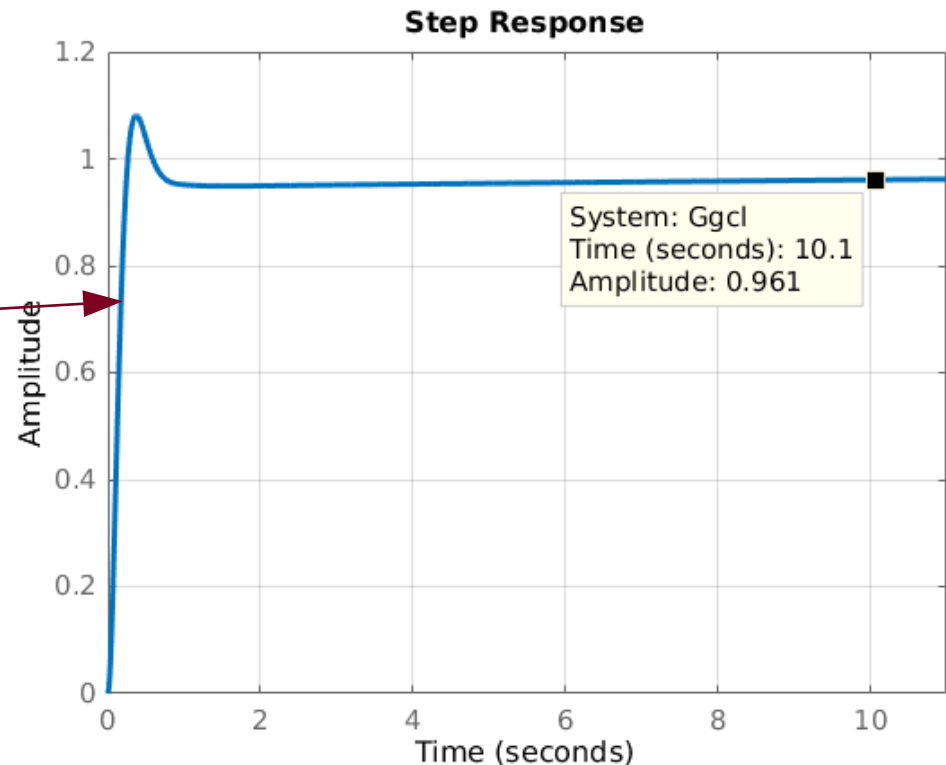
- 2) Beslut en regulator
- 3) Find krydsfrekvens
- 4) Find  $K_P$  og åben sløjfe overføringsfunktion
- 6) Opfylder steprespons krav?

Lukket sløjfe steprespons

Oversving OK, men  
Indsvingning > 10 sekunder!

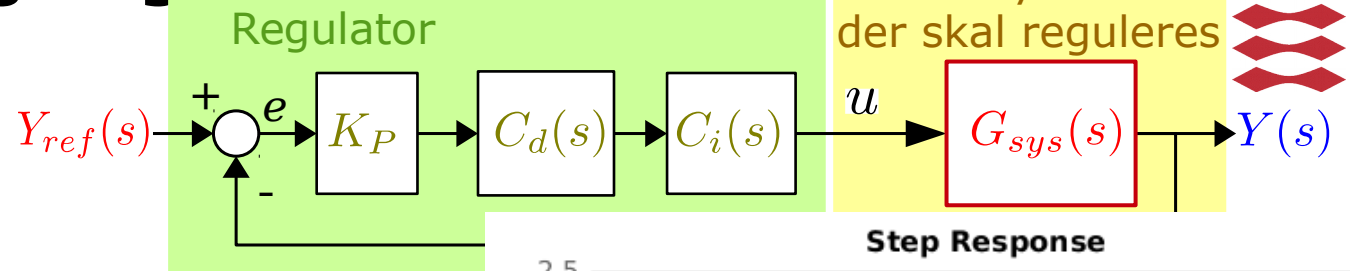
Øv

Prøver med  $\gamma_M = 50^\circ$



# Grupperegning

$$G_{sys}(s) = \frac{120s + 4}{s^3 + 5s^2 + 8s + 4}$$



Opgave:

6) Opfylder steprespons krav?

$$\gamma_M = 50^\circ (N_i = 3, \alpha = 0.2)$$

$$\Rightarrow \omega_c = 10.6, \tau_i = 0.284, \tau_d = 0.211, K_P = 0.41$$

Nyt steprespons - (orange)

Indsvingningstid (til <2% fejl)

nu ca. 1.63 sekunder (OK)

7) Bliver u signalet for kraftigt, når y er maksimalt (ved step fra 0 på Yref)

$$Gu = \frac{u}{Y_{ref}} = \frac{K_P C_i C_d}{1 + G_a}$$

U plottet for samme step, maksimum er u=2.06, selv hvis Y øges til 1.2 (20%) vil u kun øges samme 20% til ca. 2.4 (OK)

