

## Øvelse 4 - DC-motoren som positionsservo

Jonas Lind  
Marcus Andersen  
Tais Hjortshøj

April 3, 2017

# Chapter 1

## 1.1 Øvelsesobjekt

Øvelsesobjektet består af en færdigmonteret motorstand. Motor, tachometer, gear, ekstra inertibelastning og nu også potentiometeret til måling af vinkel-drejning, er monteret samlet og udgør reguleringsobjektet. Tillige bruges oscilloscope, funktionsgenerator, Power Amplifier og en Control box, hvor regulatorparametre kan realiseres.

## 1.2 Formål

- at opbygge et positions reguleringsystem (positionsservo)
- ud fra givne dynamiske og statiske systemkrav, at dimensionere en Lead-regulator
- at afprøve virkningen af en P-, PI- og Lead regulator, realiseret analogt i laboratoriet
- simulering i Matlab

## 1.3 Systemoversigt

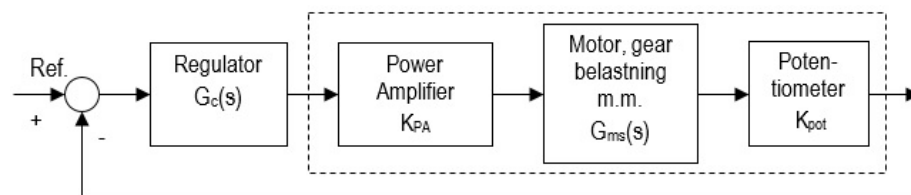


Figure 1.1: Systemoversigt

Processen er nu forstærker og motoropstilling med potentiometer, indrammet i systemoversigten ovenfor. I vil i øvelse 2 have målt forskellige modelparametre, men nu tager vi et fælles udgangspunkt og antager at:

$$\begin{array}{llllll} R_a & 18 \text{ ohm} & K_t = K_b & 0,044 \text{ Nm/A, V/s} & J & 3,4 * 10^{-6} \\ D & 6 * 10^{-6} \text{ Nms} & K_{ms} & 720 \text{ (Vs)} - 1 & \tau_{ms} & 30 \text{ ms} \end{array}$$

Medbring et USB memory stick, til at gemme scope-billeder på.

## 1.4 Forberedelse

Åbensløjfe overføringsfunktionen for det samlede system er:

$$G_c(s) \cdot K_{PA} \cdot G_{ms}(s) \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{N} \cdot K_{pot}$$

$$G_{ms}(s) = 720 / (s+33); \quad K_{pot} = 0,478 \text{ [V/rad]}; \quad N = 24; \quad K_{PA} = 1$$

a) Idet  $G_c(s)$  er en konstant, KC, ønskes ved simulering fundet den største værdi, for hvilken lukketsløjfe systemet har et oversving  $< 5\%$ . Brug Matlab. Iagttag settlingtime, oversving og stationære fejl. Plot for KC-værdien amplitude- og fasekarakteristik, og find den tilhørende fasemargin, m og fase-marginsfrekvens, m. Brug Matlab-ordren margin.

b) Systemet er et type 1, og vil have en stationær fejl fra 0 for rampeinput. Idet referencen er en trekantkurve, der går  $\pm 200$  mV med frekvensen 0,5 Hz, ønskes den stationære fejl,  $e()$ , beregnet med værdierne fra a)

Den stationære fejl kan forbedres ved øget DC-forstærkning, og vi vil forsøge med PI-regulatoren:  $G_c(s) = \frac{(s+10)}{s}$ , der repræsenterer det største TI, der kan indstilles på Control box.

c) Simuler step og ramperesponset med og uden PI-regulatoren indkoblet og forklar forløbet ud fra Bodeplottet i a) og det for systemet med PI-regulatoren.

Efterfølgende anvendes PI-regulatoren ikke.

d) Idet KC forøges til ca. 90 gg findes tilhørende m og m. Indtegn situationen i et Bodeplot og kontroller med et stepresponse. Brug Matlab. Iagttag settling time og oversving.

e) Dimensioner en Lead-regulator så systemet har et oversving  $< 5\%$  som i a), men med samme fase-marginsfrekvens som i d). Indtegn situationen i et Bodeplot og kontroller med et stepresponse. Brug Matlab. Iagttag settling time og oversving.

a) Iagttag settlingtime, oversving og stationære fejl.  $K_c$  sættes til 39, da den ved højere værdier giver mere end 5% overshoot. 39 giver følgende graf og et overshoot på 4,69%, en settling time på 0,253s uden stationær fejl.

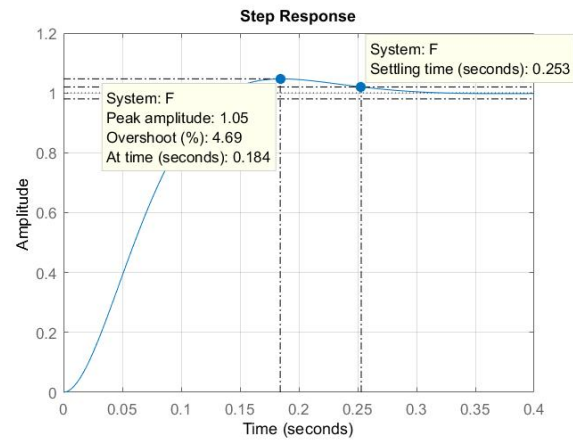


Figure 1.2: Step Response

Amplitude- og fasekarakteristik for  $K_c$  værdien. Fasemargin på 65 grader og fasemarginsfrekvensen på 15,1 rad/s.

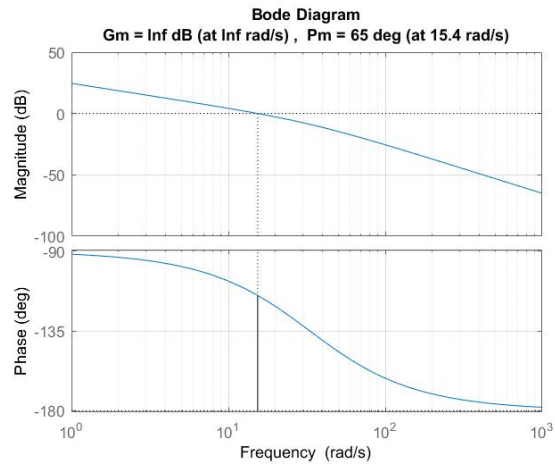


Figure 1.3: Bode Diagram

b) Den stationære fejl findes ved først at udregne hastighedskonstanten med denne formel.

Fejlen er så:

$$E = \frac{\text{Hældning}}{K_v}$$

c)

d)  $K_c$  forøges til ca. 90 gg. Iagttag settling time og oversving. Det giver følgende graf og et overshoot på 19,7%, en settling time på 0,231s uden stationær fejl.

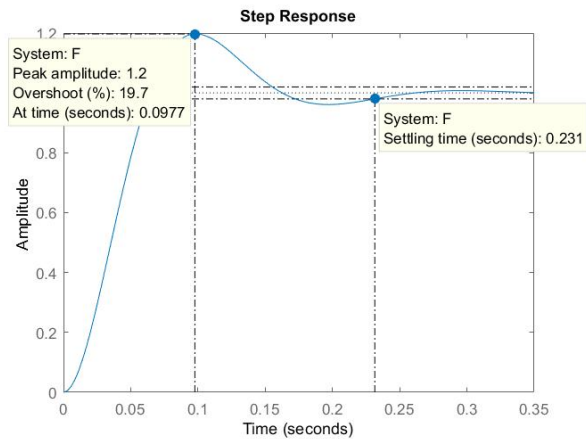


Figure 1.4: Bode Diagram

Amplitude- og fasekarakteristik for  $K_c$  værdien. Fasemargin på 48,4 grader og fasemarginsfrekvens på 29,1 rad/s.

Den Lead-regulator, der kan realiseres på Controller box'en er:

Se eksempel på Matlabkode i Appendix.

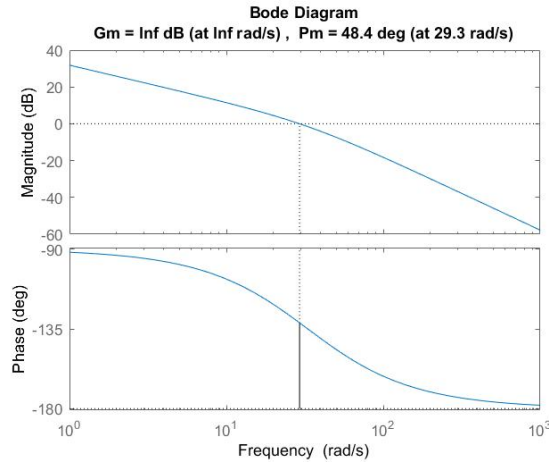


Figure 1.5: Bode Diagram

$$G_{PD}(s) = K_p \left(1 + \frac{\tau_D s}{\tau_L s + 1}\right) = K_p \frac{s + \frac{1}{\tau_D + \tau_L}}{s + \frac{1}{\tau_L}} \cdot \frac{\tau_D + \tau_L}{\tau_L} \quad \text{svarende til} \quad G_c(s) = \frac{1}{\beta} \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\beta T}} K_c$$

## 1.5 Øvelsen

Se systemoversigten ovenfor.

Direkte på motorakslen tilsluttes et 10-turns-potentiometer til vinkelmåling, skub potentiometeret frem til indgreb med udgangsakslen. Over potentiometeret lægges  $\pm 15V$  der hentes fra Control box via mini XLR-stik. Potentiometerets udtag er ført til BNC-stikket. Udtaget giver altså  $-15V$  for potentiometeret drejet helt til den ene side, og  $+15V$  for akslen drejet 10 omgange til den modsatte side.

### Vigtigt!

Teorien gælder kun så længe ingen af enhederne overstyres. Kontroller derfor udgangen på effekttrinnet ved alle målinger, udgangssignalet må ikke overstige  $\pm 20V$  Benyt evt. 4-kanals scope, som vi dog kun har 10 af. Ved overstyring af Control box vil rød LED lyse,  $\pm 10V$ .

1. Sæt på Control box  $K_p=1$  og vippekontakten til x1. Power Amplifier  $K_{PA}=1$ . Referencen,  $V_{in} = 0V$  (kan gøres ved blot at slukke funktionsgeneratoren). Akslen skal nu dreje potentiometeret til sit midtpunkt. Prøv manuelt at dreje akslen, så vil du se, at positionen kan være både lidt over og under referencen. Grunden er at motoren først starter ved en

spænding på 0,3-5V (friktion i lejer o.l. tør- og klæbe friktion ), det kan modelleres som en konstant forstyrrelse i blokdiagrammet. Slå Gain over på  $\times 10$  og se at afvigelsen nu er meget mindre. Begrund forløbet.

2. Brug funktionsgeneratoren indstillet til firkanter,  $\pm 200\text{mV}$  og 0,5 Hz, som reference. Juster forstærkningen KPA til et oversving  $< 5\%$ , ca. og sammenlign med forberedelsens Kc Iagttag positionens oversving og stationære fejl. (juster scopets offset så den stationære fejl er symmetrisk).
3. Indstil funktionsgeneratoren til en trekantkurve, der går  $\pm 200\text{ mV}$  med frekvensen 0,5 Hz og iagttag den stationære fejl. Sammenlign med forberedelsen.
4. Indsæt nu PI-regulatoren fra forberedelsen og iagttag den stationære fejl. Sammenlign med forberedelsen.
5. Brug igen firkanter,  $\pm 200\text{mV}$  og 0,5 Hz som reference. Iagttag oversvinget. Formindsk  $T_i$  og iagttag variationen af %OS. Forklar hvorfor. Formindsk i stedet forstærkningen og iagttag variationen af %OS. Forklar hvorfor.

Efterfølgende anvendes PI-regulatoren ikke.

6. Indstil forstærkningen KPA til 90, Brug firkanter,  $\pm 100\text{mV}$  og 0,5 Hz som reference og registrer oversvinget.
7. Indstil forstærkningen KPA til 90, Brug firkanter,  $\pm 100\text{mV}$  og 0,5 Hz som reference og registrer oversvinget.
8. Realiser den Lead-regulator du har dimensioneret under forberedelsen. Lav målinger og sammenlign med resultatet fra simuleringen. Juster evt. Kc, TD og TL til et bedre resultat. Kontroller effekttrinnet for evt. mætning.

## 1.6 Bilag

### 1.6.1 Matlabkode

```
%% Forberedelse a)
clc
clear

s = tf('s');

N = 24;
Kc = 39;
Kpa = 1;
Gms = 720/(s+33);
Kpot = 0.478;

G = Kc*Kpa*Gms*(1/s)*(1/N)*Kpot;

% Ved simulering findes den største værdi,
% for hvilken lukketsløjfe systemet har et oversving < 5%.
% Iagttag settlingtime, oversving og stationære fejl.
figure(1)
F = feedback(G,1)
step(F)

% Plot for KC-værdien amplitude- og fasekarakteristik,
% og find den tilhørende fasemargin og fasemarginsfrekvens.
figure(2)
margin(G)
```