Robotarm vibrationer

8. januar 2026 18:07

STEP 1:

Lav 'motoren' til hele projektet --> MATLAB kode baseret på 2DOF vibrationer

STEP 2:

Test 'motoren' ved at afprøve forskellige scenarier

Scenarie 1

"Jeg rørte den lige"

- *Instrumentet er blevet lidt forskudt. Ingen rører det længere.*

$F(t) = 0$

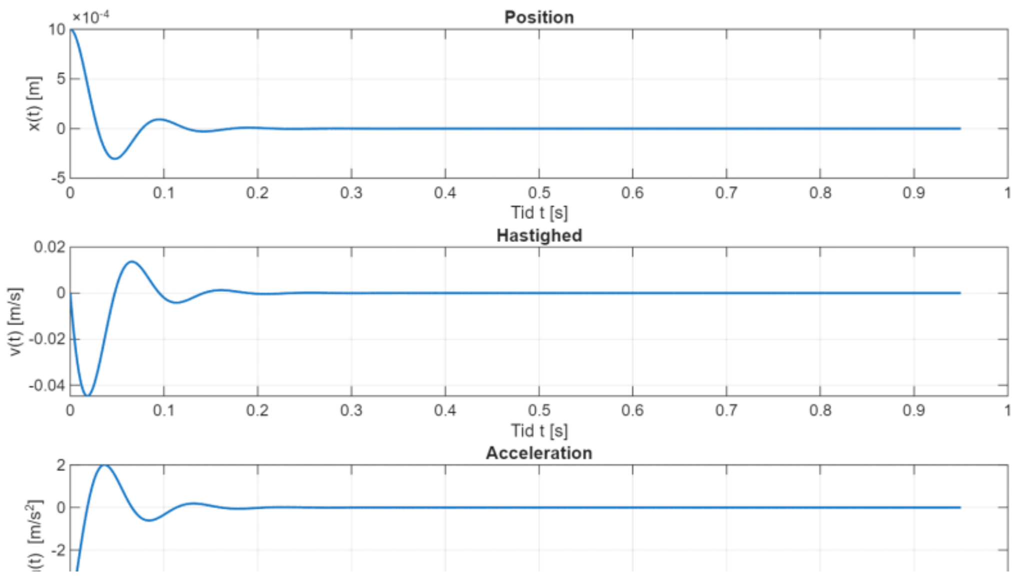
Forventet output:

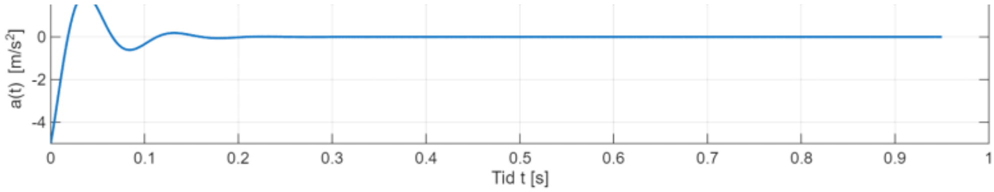
- Bevægelsen **aftager over tid**
- Eventuelle svingninger bliver **mindre og mindre**
- Systemet finder **ro omkring nul-positionen**

KRAVSPECIFIKATION

1. **Lav overshoot**
   (du vil ikke “forbi” målet)
2. **Hurtig settling**
   (du vil hurtigt i ro igen)
3. **Ingen vedvarende vibrationer**
   (støj/forstyrrelser skal ikke blive til svingninger)
4. **Begrænset peak acceleration**
   (store peaks = store kræfter = potentielt ubehag/skade)

Første kørsel af scenarie 1:





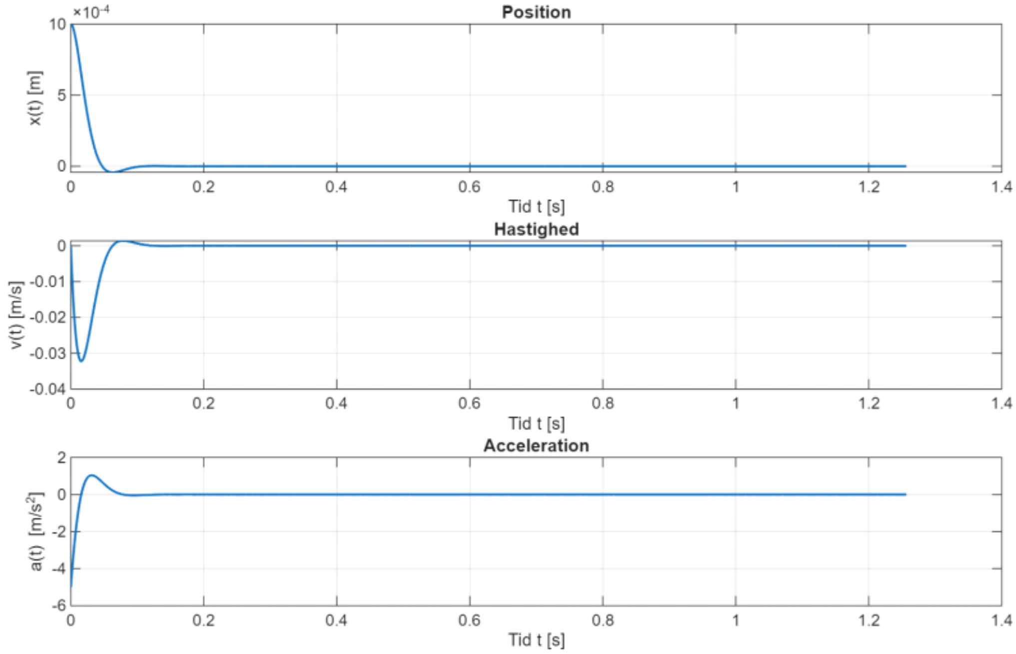
Refleksion:

Hvis dette var et rigtigt kirurgisk instrument —
føles denne respons for "nervøs" eller for "sløv"?

Grundet overshoot, ønskes endnu en kørsel med fokus på at gøre overshoot mindre samtidig med at bevare de andre parametre.

Hvordan gør vi det? Ved at dæmpe systemet yderligere

Anden kørsel af scenarie 1:
C = 40 Ns/m



Konklusion for scenarie 1:

"Ved at øge dæmpningskoefficienten c reduceres overshoot og efter-svingninger markant, hvilket giver en roligere respons. Til gengæld bliver responsen en smule langsommere. Dette viser den klassiske tradeoff mellem hurtig respons og vibrationsdæmpning i et 2.-ordens system."

☑ **Designvalg:** vælg højere dæmpning (c) for at minimere overshoot og oscillationer, selv hvis settling time øges lidt.

Scenarie 2

"Der er en svag rystelse"

- *Noget udefra bliver ved med at forstyrre systemet lidt.*

$F(t) \neq 0$

Og fordi det er en *rystelse*, giver en sinus rigtig god mening:

$F(t) = F_0 * \sin(2\pi f t)$

Forventet output:

- Systemet **kommer aldrig helt i ro**
- Der opstår en **steady-state vibration**
- Amplituden afhænger af:
  - forstyrrelsens frekvens
  - systemets egenfrekvens

Der er 3 "mulige personligheder", alt efter frekvensen **f**:

1) f langt fra egenfrekvens → "systemet ryster lidt, men okay"

- små udsving
- relativt kontrolleret

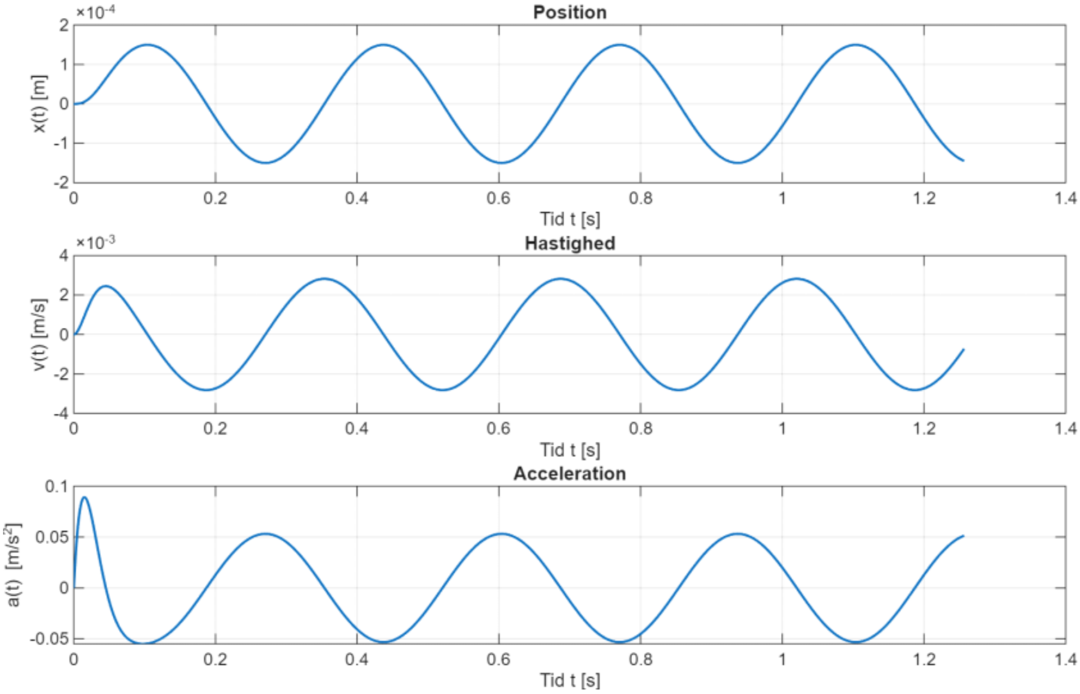
2) f tæt på egenfrekvens → "resonans-ish"

- større udsving (vibrationerne "bygges op")
- steady-state amplitude bliver tydelig

3) f meget højere end egenfrekvens → "systemet kan ikke følge med"

- meget små position-udsving
- men acceleration kan stadig blive interessant

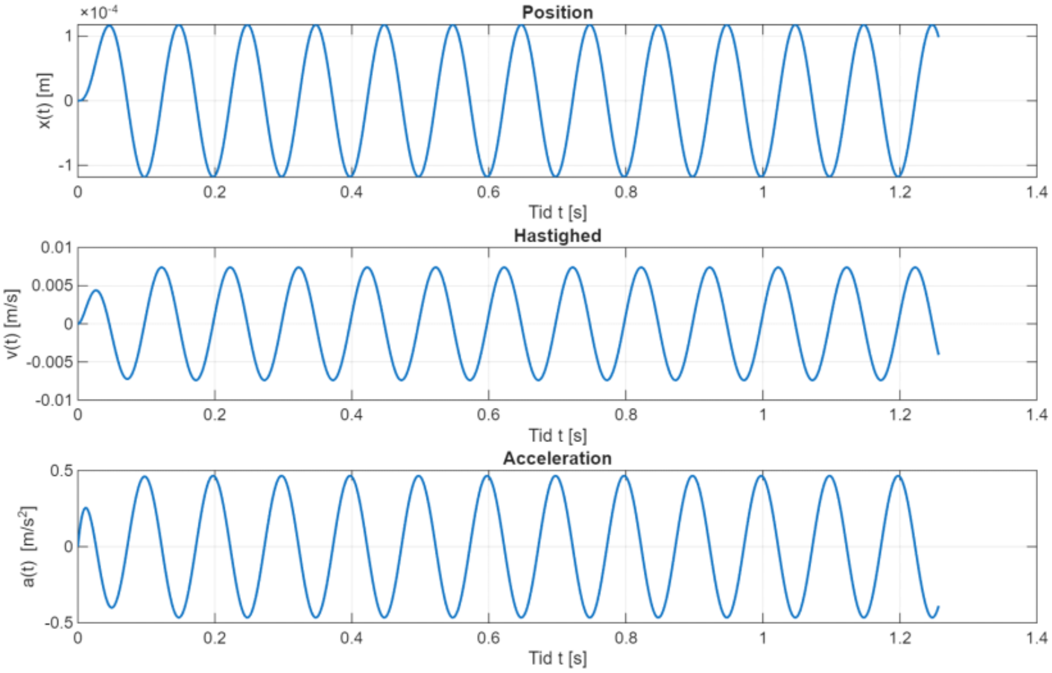
Første kørsel af scenarie 1: f langt fra egenfrekvens



Refleksion:

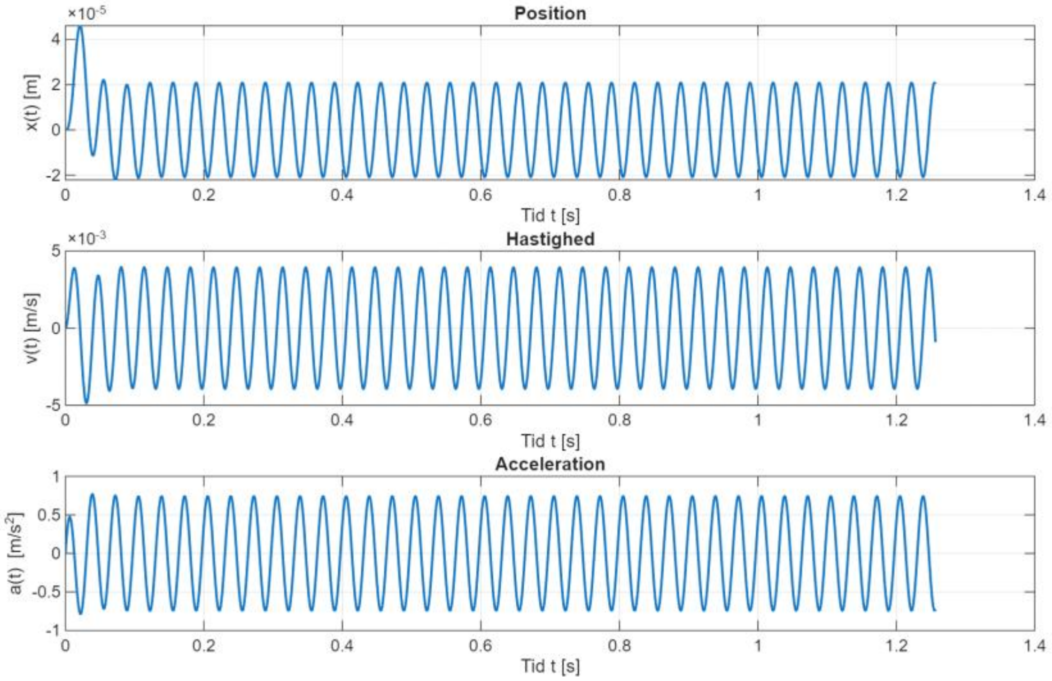
Det er ikke forstyrrelsen alene, der er farlig, det er forstyrrelsens frekvens i forhold til systemets egenfrekvens.

Anden kørsel af scenarie 1: f tæt på egenfrekvens



Refleksion:
"Systemet forbliver stabilt under kontinuerlig sinusformet forstyrrelse og udviser en begrænset steady-state vibration."

Tredje kørsel af scenarie 2: f meget højere end egenfrekvens



Konklusion for scenarie 2

Lav frekvens

- Systemet følger forstyrrelsen
- Moderate position-udsving

Tæt på egenfrekvens

- Maksimal respons
- Resonans-lignende steady-state vibration

Høj frekvens

- Meget lille position-respons
- Men potentielt høj acceleration

Scenarie 3

"Ups"
- *Der sker noget pludseligt. Et lille bump. Et øjebliks kontakt.*

Forventet output:
- Et **pludseligt udsving**
- Eventuel overshoot
- Derefter en tilbagevenden mod ro

STEP 3:

Tilføj PID til motor og afprøv forskellige scenarier

HVAD ER PID?
- Proportional Integral Derivative

P = *"Jeg er langt væk → jeg reagerer kraftigt."*
I = *"Du har været lidt forkert længe → jeg retter op."*
D = *"Du bevæger dig hurtigt → jeg bremser."*

Kontrolkraften:

$$F_{ctrl} = -K_p x - K_d \dot{x} - K_i \int x \, dt$$

Forestil dig, at instrumentet har et mål:
x = 0 (den ønskede position)

PID sidder og kigger på fejlen:

$$e(t) = x_{\mathrm{ref}} - x(t)$$

og spørger konstant:
- *Hvor langt er jeg fra målet?*
- *Hvor hurtigt bevæger jeg mig væk?*
- *Har jeg været skæv i lang tid?*

Og så sender den en **kraft F(t)** for at rette op.

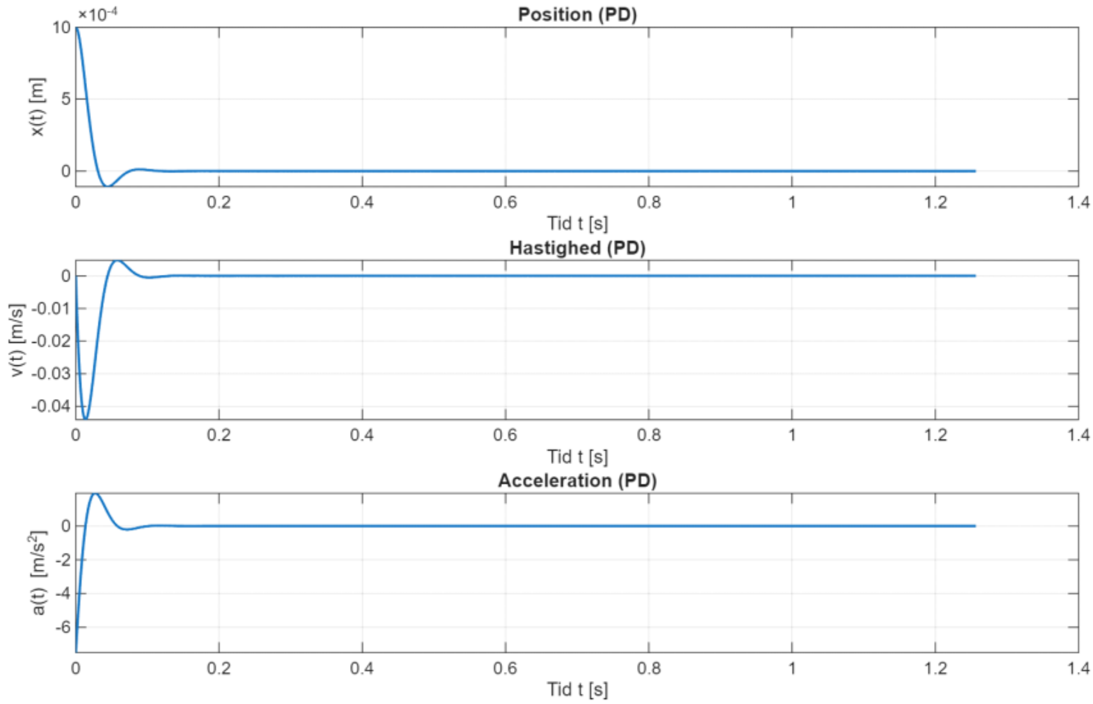
PD ligning:

$$m\ddot{x} + (c + K_d)\dot{x} + (k + K_p)x = F_{dist}$$

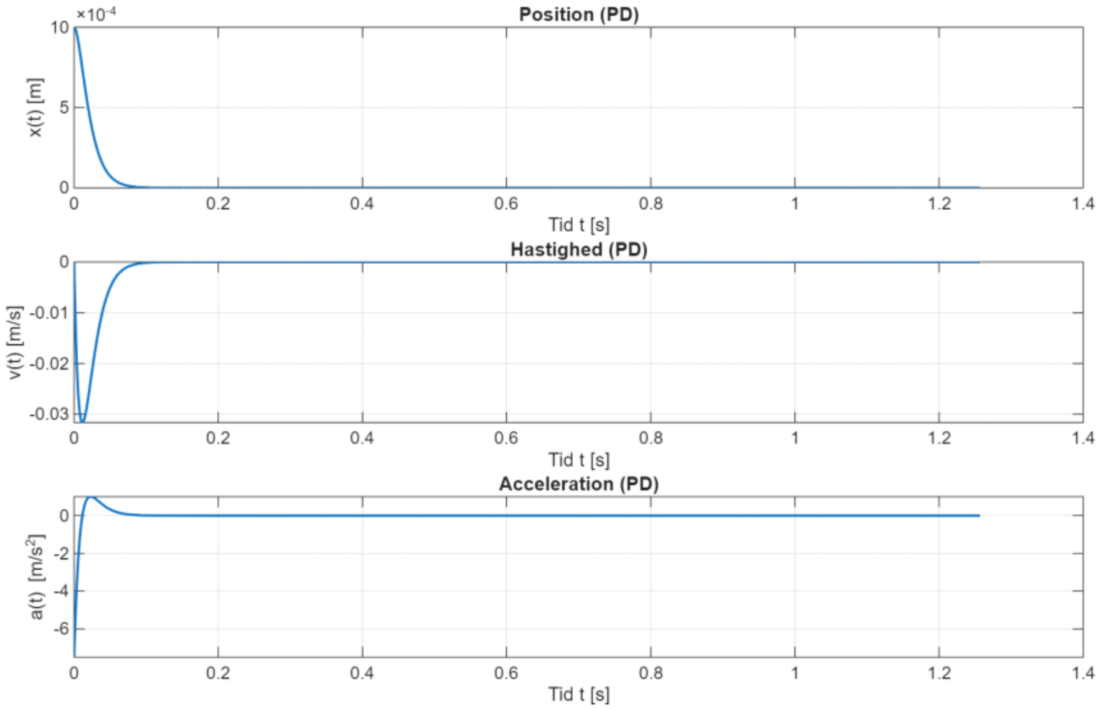
PID ligning:

Scenarie 1: F(t)=0 (ingen ekstern kraft)

Første kørsel: Kun med P



Anden kørsel: Med PD



Refleksion:

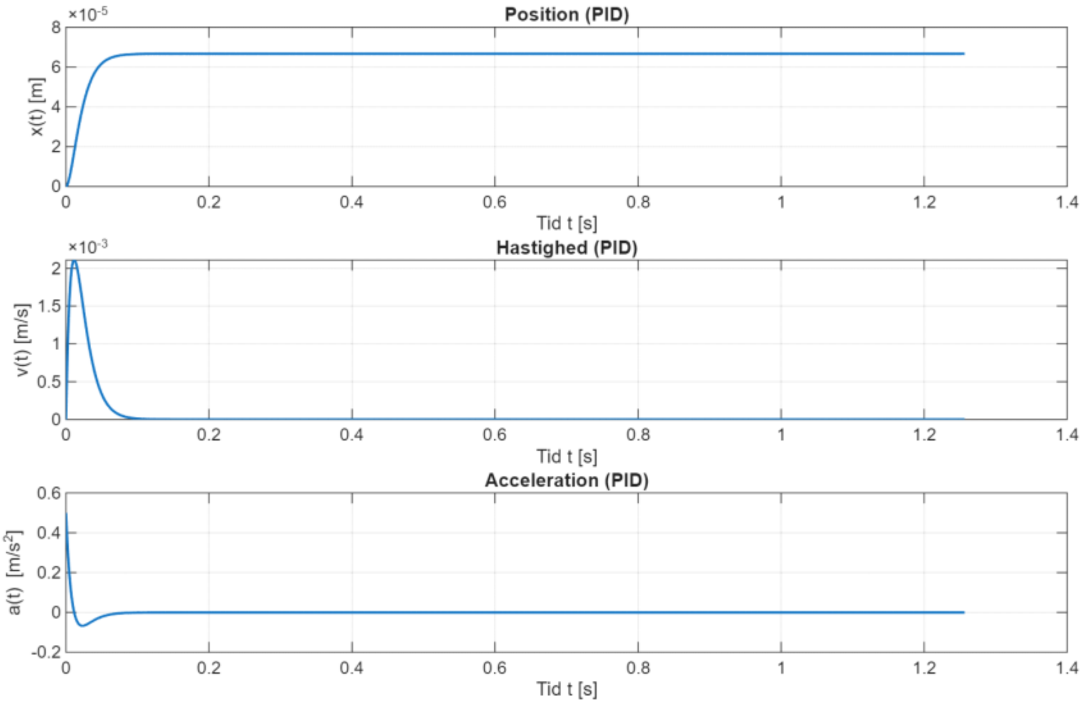
Hvad ændrede sig ved tilføjelse af D?

- fik jeg mindre overshoot?
- blev den "for stiv"/for aggressiv?
- eller er den bare lækker rolig?

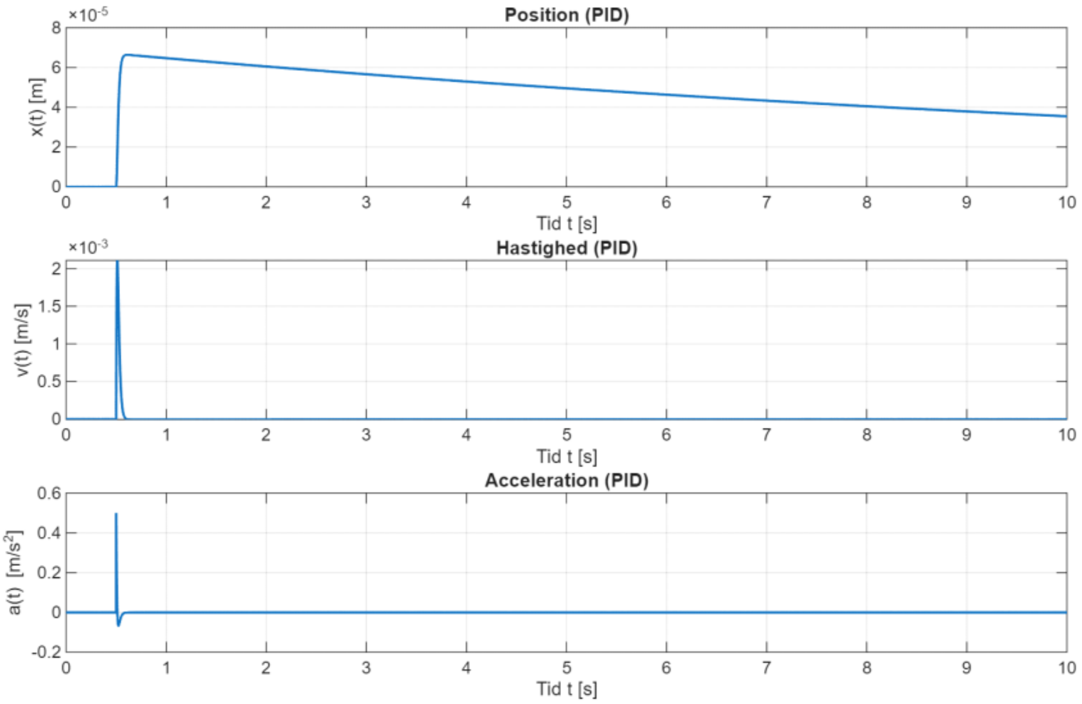
Jeg fik klart mindre overshoot den er ikke for stiv men er ret rolig.

Derivative action is essential for vibration suppression.

Første kørsel: PID, I = 0



Anden kørsel: PID, I = 200



STEP 4:

SIMULINK!