

Automatic container model crane

Juni 17, 2016

Gruppe 633

Daniel Böhner Andersen

Nicolaj Vinkel Christensen

Ralf Victor Lømand Ravgård Christiansen

Simon Bjerre Krogh

Thomas Holm Pilgaard

Institut for elektroniske systemer

Aalborg Universitet

Danmark



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



Agenda

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

2

Improvements

Optimering

Konklusion



Optimering

Automatic container
model crane
Gruppe 633

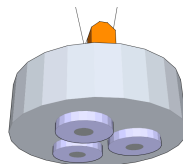
► Trolley

Improvements
Optimering
Konklusion

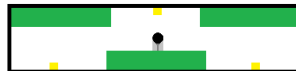
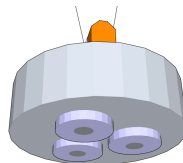
3

► Trolley

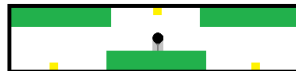
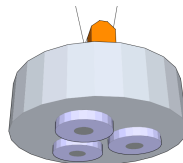
► Elektromagnet



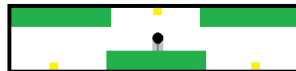
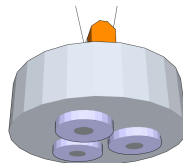
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor



- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af container vægt

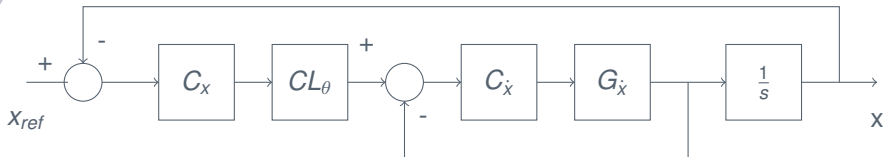


- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af container vægt
- ▶ Statisk friktion



► Statisk friktion

4





Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

► Analyse af kran

5



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

5



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer

5

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

5

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

5

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- ▶ Kaskade kobling



Demonstration

Simon

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Kontrol lab

Improvements

Optimering

Konklusion

6



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

7

Improvements

Optimering

Konklusion



Optimering

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Trolley

Improvements

Optimering

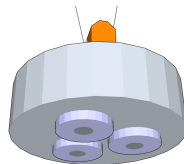
Konklusion

8

► Trolley

8

► Elektromagnet

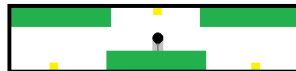
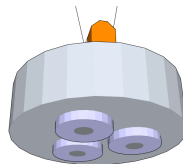


► Trolley

8

► Elektromagnet

► Vinkel sensor



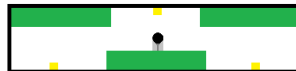
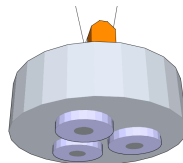
► Trolley

8

► Elektromagnet

► Vinkel sensor

► Approximation af
container vægt



► Trolley

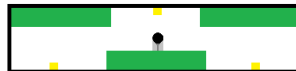
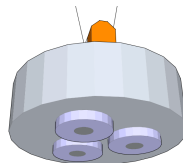
8

► Elektromagnet

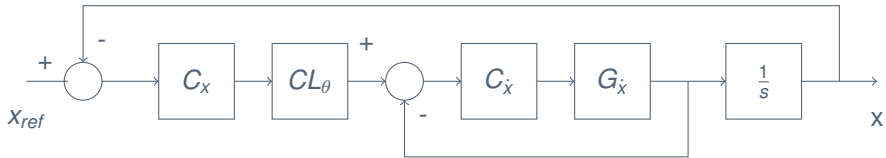
► Vinkel sensor

► Approximation af
container vægt

► Statisk friktion



► Statisk friktion





Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Analyse af kran



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- ▶ Kaskade kobling



Demonstration

Simon

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Kontrol lab

Improvements
Optimering
Konklusion



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Optimering

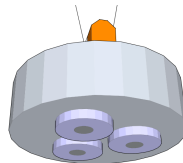
Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Trolley

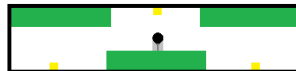
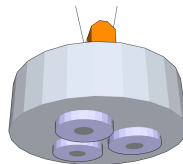
Improvements
Optimering
Konklusion

► Trolley

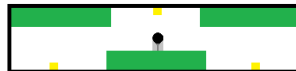
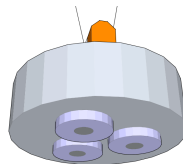
► Elektromagnet



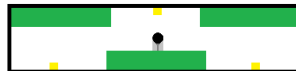
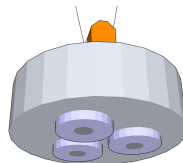
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor



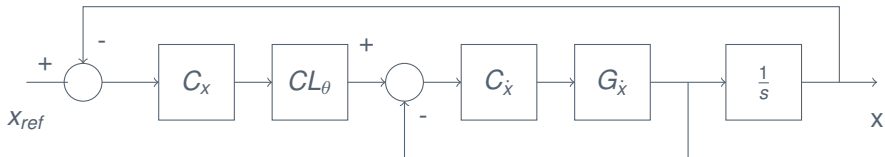
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af container vægt



- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af
container vægt
- ▶ Statisk friktion



► Statisk friktion





Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Analyse af kran



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- ▶ Kaskade kobling



Demonstration

Simon

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Kontrol lab

Improvements
Optimering
Konklusion



Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion

Force estimation model

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

- Model approach
- Nonlinearities
 - Hammerstein Wiener Models



Figure : Hammerstein-Wiener model.



Force estimation model

Hammerstein Wiener Models

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Linear model

- Effort
- Force

Include picture with effort force fit here!!



Force estimation model

Hammerstein Wiener Models

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Linear model

- Effort
- Force

Include picture with effort force fit here!!



Force estimation model

Hammerstein Wiener Models

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Nonlinearities

- Deadzone nonlinearities
- Input/Output -saturation

include two pictures here worksheet 4.6, 4.6 or 4.7



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Optimering

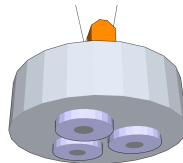
Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Trolley

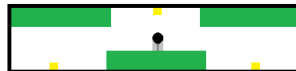
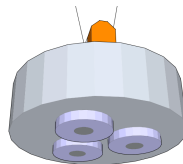
Improvements
Optimering
Konklusion

► Trolley

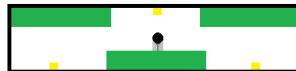
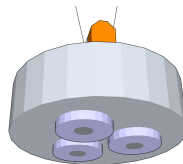
► Elektromagnet



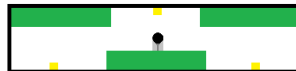
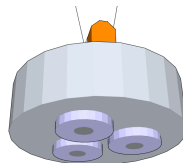
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor



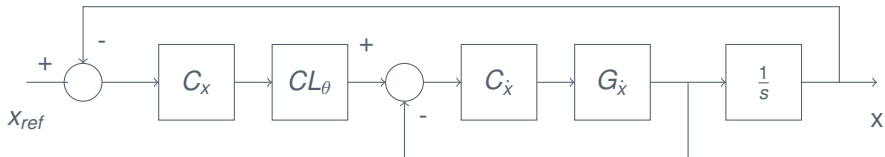
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af container vægt



- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af
container vægt
- ▶ Statisk friktion



► Statisk friktion





Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Analyse af kran



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- ▶ Kaskade kobling



Demonstration

Simon

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Kontrol lab

Improvements
Optimering
Konklusion

- Modeling for additional outputs allows correction of the model using an estimator

State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

- Modeling for additional outputs allows correction of the model using an estimator
- A multiple output model that adequately captures the dynamics of the system could be used in a Kalman filter to create a state estimate

State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

- Modeling for additional outputs allows correction of the model using an estimator
- A multiple output model that adequately captures the dynamics of the system could be used in a Kalman filter to create a state estimate
- The state estimates can be used in a state feedback loop to change system dynamics

State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Modeling for additional outputs allows correction of the model using an estimator
- A multiple output model that adequately captures the dynamics of the system could be used in a Kalman filter to create a state estimate
- The state estimates can be used in a state feedback loop to change system dynamics
- This means that reference following capabilities can be added to the system, despite the nonlinear characteristics of the dynamics



State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

- The hypothesis was tested in simulation



State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

- ▶ The hypothesis was tested in simulation
- ▶ Simulation results show that full reference following is possible despite the input nonlinearities in the system

State estimation

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ The hypothesis was tested in simulation
- ▶ Simulation results show that full reference following is possible despite the input nonlinearities in the system
- ▶ While the transient behaviour of the reference value is replicated, offsets and parasitic gains need to be compensated



Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Discussion

Automatic container
model crane

Gruppe 633



Improvements

Optimering

Konklusion



Discussion

Automatic container
model crane

Gruppe 633



*



*

Improvements

Optimering

Konklusion



Discussion

Automatic container
model crane

Gruppe 633



*



*

Improvements



*

Optimering

Konklusion



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Don't call this conclusion??

Automatic container
model crane

Gruppe 633



Improvements

Optimering

Konklusion



Don't call this conclusion??

Automatic container
model crane

Gruppe 633



*



*

Improvements

Optimering

Konklusion



Don't call this conclusion??

Automatic container
model crane

Gruppe 633



*



*

Improvements



*

Optimering

Konklusion



Simon Bjerre Krogh

Automatic container
model crane

Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

Improvements

Optimering

Konklusion



Optimering

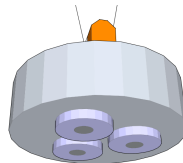
Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Trolley

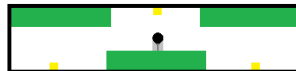
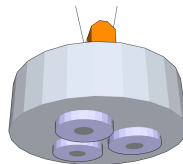
Improvements
Optimering
Konklusion

► Trolley

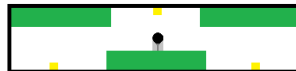
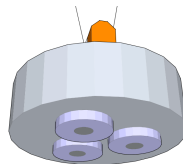
► Elektromagnet



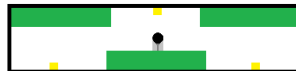
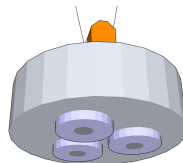
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor



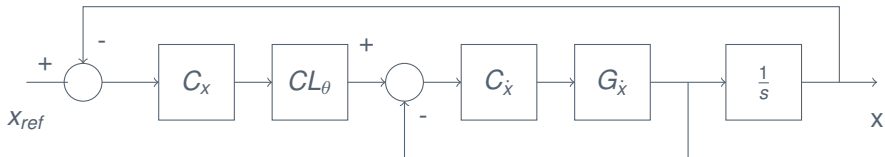
- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af container vægt



- ▶ Trolley
- ▶ Elektromagnet
- ▶ Vinkel sensor
- ▶ Approximation af
container vægt
- ▶ Statisk friktion



► Statisk friktion





Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements
Optimering
Konklusion

► Analyse af kran



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Automatic container
model crane
Gruppe 633

Improvements

Optimering

Konklusion

- ▶ Analyse af kran
- ▶ Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer
- ▶ Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ▶ Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- ▶ Kaskade kobling



Demonstration

Simon

Automatic container
model crane
Gruppe 633

► Kontrol lab

Improvements
Optimering
Konklusion