

Industriell reglerteknik: Föreläsning 1

Martin Enqvist

Reglerteknik
Institutionen för systemteknik
Linköpings universitet

Diverse

Föreläsare och examinator: Martin Enqvist

Lektionsassistenter:

Jakob Åslund

Shamisa Shoja

Kursrum i Lisam

Kurshemsida: <http://www.control.isy.liu.se/student/tsrt07/>

Vem är jag?

Martin Enqvist:

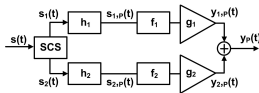
Utbildning: Y-linjen 1996-2000, doktorand i reglerteknik 2000-2005

Doktorsavhandling: "Linear Models of Nonlinear Systems"

Postdocår på ett universitet i Bryssel, Belgien, under 2006

Tillbaka på LiU sedan 2007

Nu: Universitetslektor i reglerteknik, forskar om systemidentifiering (bl.a. flyg, fordon, fartyg, industrirobotar, elektronik, ljud), samarbetar med Saab, ABB och Oticon



Mål

Målet med kursen är att förmedla kunskaper om de reglertekniska metoder som är vanligt förekommande i industrin.

Tre teman i kursen:

- Sekvensstyrning (= styrning med hjälp av binära mät- och styrsignaler)
- Design, implementering och drift av en regulator
- Multivariabel reglering (regulatorstrukturer och optimeringsbaserad reglering)

Dessutom: Kompletterande reglertekniska verktyg (tidsdiskret reglerteori och modellering av industriella system)

Vad är industriell reglerteknik?

Industriell reglerteknik

Var hittar man reglerteknik i industriella tillämpningar?

—Jo, i form av...

- **Inbyggda reglersystem** (ofta i konsumentprodukter som t.ex. tvättmaskiner, kylskåp, kaffemaskiner)
- **Applikationsspecifika reglersystem** (t.ex. autopiloter, säkerhetssystem i bilar, reglersystem för industrirobotar)
- **Öppna reglersystem** (generella regulatorer för bl.a. processindustrin (pappersmaskiner, värmekraftverk, oljeraffinaderier, stålverk, etc)).

Typisk industriell tillämpning

Pappersmaskin:

75 000 styrsignaler

15 000 reglerkretsar

9 personer/skiftlag

1 600-1 700 m/minut



PM12 på Stora Enso Kvarnsveden i Borlänge

Foto: Stora Enso

Industriell reglerteknik

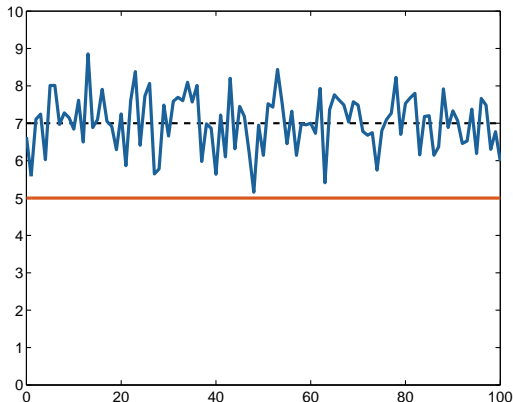
Varför använder man reglerteknik i industriella tillämpningar?

Flera olika skäl:

- **Produkten är inte möjlig utan reglerteknik** (t.ex. en läsare för optiska skivor)
- **Produkten är i sig en reglerteknisk lösning** (t.ex. ett antisladdsystem i en bil)
- **Ett reglersystem ökar säkerheten** (t.ex. tryckreglering i ett kraftverk)
- **En god reglering ger ekonomiska vinster** (t.ex. högre produktionstakt, snabbare uppstarter, lägre kassation, lägre energi- och råvarukostnader) (\leftrightarrow miljövinster)

Exempel: Ekonomi & reglerteknik

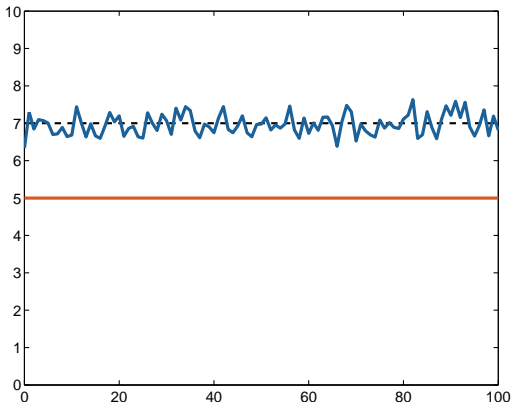
Betrakta tillverkning av rostfritt stål som ska ha en nickelhalt på (minst) 5%.



Exempel: Ekonomi & reglerteknik...

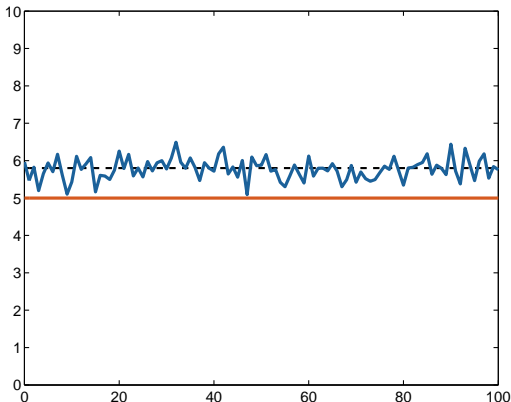
Bättre reglering
⇒ Minskad varians

Ger detta någon ekonomisk
vinst?



Exempel: Ekonomi & reglerteknik...

Den ekonomiska vinsten kommer först när man justerar börsvärdet.



Kursens upplägg

Organisation

12 st föreläsningar

10 st lektioner (ta med egen dator med Matlab)

3 st laborationer:

- Styrning av legofabrik (total labtid cirka 20h inkl. förberedelser och schemalagd tid)
- Inställning och implementering av PID-regulatorer med framkoppling (total labtid cirka 16h inkl. förberedelser och schemalagd tid)
- Modellbaserad prediktionsreglering av destillationskolonn (total labtid cirka 16h inkl. förberedelser och schemalagd tid)

Anmäl er så snart som möjligt!

Datortentamen (kurskompendiet och grundkursboken tillåtna hjälpmedel)

Föreläsningar

1●	Sekvensstyrning: Funktionsdiagram, Grafcet.
2	Grundläggande reglerteori i diskret tid.
3	Modellering. Design av regulatorer.
4	Framkoppling från referenssignal. PID-regulatorn.
5	PID-regulatorn. Implementering av regulatorer.
6	Regulatorer i drift. Olinjära regulatorer.
7	Regulatorstrukturer.
8	Regulatorstrukturer. MPC: Grundprincip, problemformulering.
9	MPC: Problemformulering, referensföljning, I-verkan.
10	MPC: Stabilitet.
11	Gästföreläsning
12	MPC: Tolkningar. Sammanfattning.

Lektioner

- 10 lektioner
- Lektionsuppgifter som ska täcka kursinnehållet
- Räkna med att lösa en del uppgifter innan eller efter varje lektion
- Lösningförslag finns till alla typer av uppgifter (men inte till alla uppgifter för att gynna den egna problemlösningsförmågan)
- Gör gärna Matlab- och Simulink-tutorials (se lektionssidan) för att komma igång lättare
- Tveka inte att ställa frågor, både på lektionerna och vid andra tidpunkter!

Laborationer

Konceptet **Självständiga laborationer**:

- Laborationerna utförs till stora delar på egen hand under en vecka.
- Obligatoriskt introduktionstillfälle.
- Resurstillfällen.
- Redovisning (i Laboteket eller med rapport).

Syftet är att detta ska leda till:

- Minskad tidspress.
- Ökad kreativitet.
- Djupare lärande.

Kursvärderingen i fjol

Resultat:

- Sammanfattningsbetyg: medel 4.43, median 4.50
- Svarsfrekvens: 24%
- Relevant för utbildningen: 4.79
- Arbetsinsats: Lagom enligt 79%

Åtgärder:

- Tydligare instruktioner om labkursen och de enskilda laborationerna
- Filmerna från distansupplägget 2022 finns fortfarande tillgängliga

Sekvensstyrning

Sekvensstyrning

- Många system har **diskreta** inslag (t.ex. binära givare och variabler).
- Man är ofta intresserad av att göra styringrepp som tar systemet från ett starttillstånd till ett annat tillstånd. Sådana ingrepp kallas **handlingar**.

Sekvensstyrning: Utförandet av en bestämd sekvens av handlingar.

Sekvensstyrning. . .

Varför sekvensstyrning med binära styr- och mätsignaler?

- **Naturligt** för många typer av systemkomponenter.
- Ger **enklare** och **billigare** givare och styrdon.
- De flesta styr- och reglerproblem i industrin är av denna typ.

Historik

200-talet f.Kr: Hydrauliska styrsystem

1700-talet: Mekaniska styrsystem (hålkort, programverk)

1920-talet: Elektromagnetiska reläer. Pneumatik och ventiler

1960-talet: Grindlogik och vippor

1970-talet: PLC-system (lågnivåprogrammering)

1980-talet: Högnivåspråk

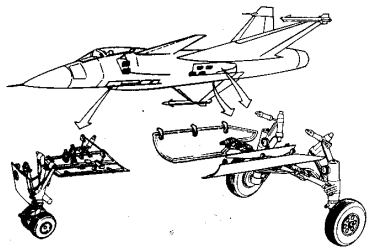
Komplexitet

JAS 39 Gripens landningssystem:

32 binära givare

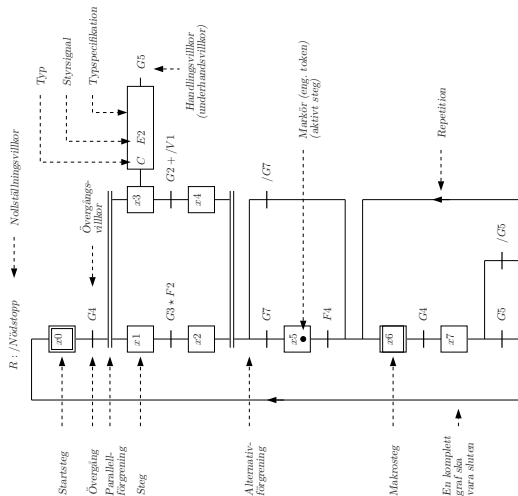
⇒ 2^{32} olika kombinationer,
dvs. $4.3 \cdot 10^9$ fall som behöver
undersökas.

(Ytterligare 5 flervärda givare ger
ännu högre komplexitet!)



Komplexiteten och kraven på korrekthet, säkerhet och läsbarhet gör att någon typ av modellerings- och programmeringsspråk behövs. **Här: Funktionsdiagram (Grafcet)**

Funktionsdiagram (Grafcet)



Handlingstyper

Handlingstyp	Beteckning	Beskrivning
Standard-handling		
Villkorlig handling		
Enställning Lagrad handling Nollställning		
Tidsbegränsad handling		
Tidsförlöjd handling		
Puls-handling		

Realisering av styrlagar

- **PLC-system**
- **Reläer**
- Grindlogik
- Pneumatik
- Mekaniska programverk

PLC-system

- PLC = Programmable Logic Controller
- Mycket vanliga idag pga flexibilitet, tillförlitlighet, ekonomi
- PLC-kod påminner om assemblerkod
- PLC-koden kan ofta automatgenereras från ett funktionsdiagram

Ett kodexempel: $E_1 = (/G_1 + G_5) * X_3$

LD G1

NOT

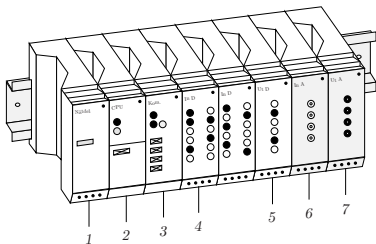
OR G5

AND X3

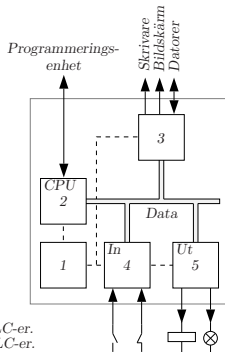
ST E1

PLC-system. . .

Typiskt utseende:

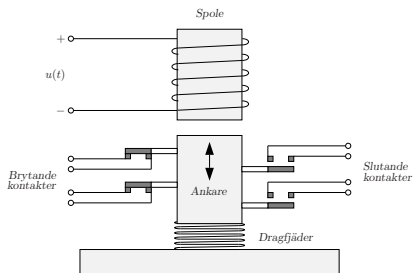


1. Nätled.
2. Centralenhet.
3. Kommunikationsmodul.
4. Digital ingångsmodul.
5. Digital utgångsmodul.
6. Analog ingångsmodul. Moderna PLC-er.
7. Analog utgångsmodul. Moderna PLC-er.



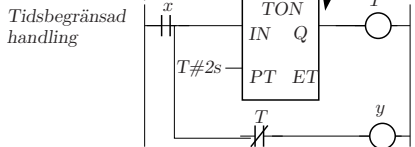
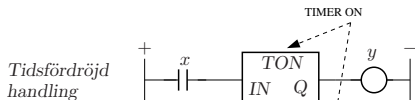
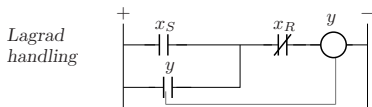
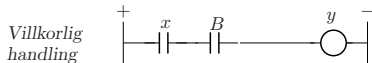
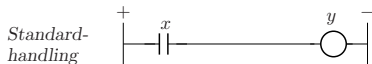
Reläer

Reläets funktion och hur dess komponenter ritas:



Relä med kontakter	Symbol (IEC)	Symbol (Amerikansk)	Beskrivning
			Styrdon (relä)
			Slutande kontakt
			Brytande kontakt
Tryckknappar			Slutande & återfjädrande kontakt
			Brytande & återfjädrandekontakt

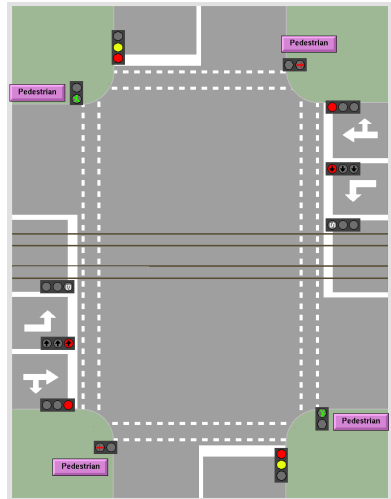
Typkodning med reläer



Exempel: Trafikljus

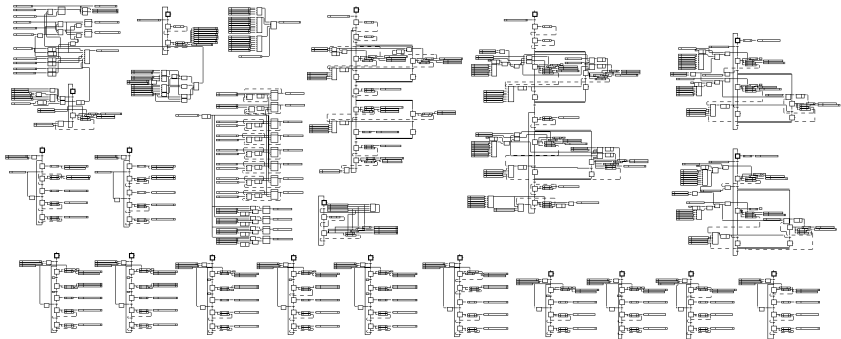
Betrakta regleringen av trafikljusen i en korsning.

(Projektarbete av LiU-studenten Christian Schreck.)

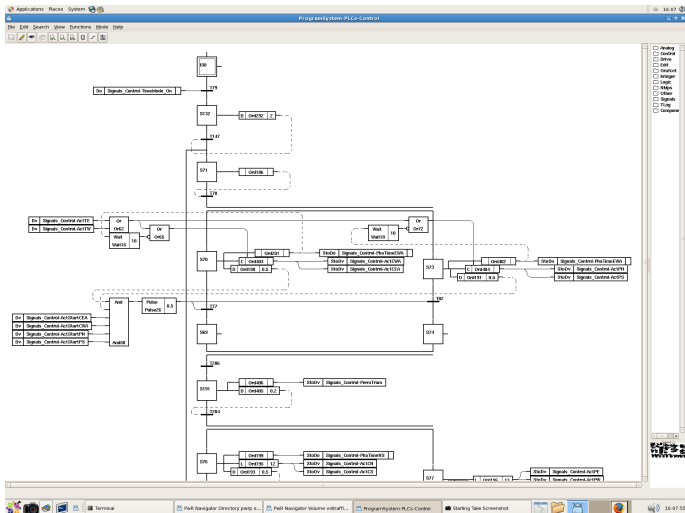


Exempel: Trafikljus...

Sekvensstyrprogram implementerat m.h.a. Proview (open source-procestyrsystem från SSAB Oxelösund)



Exempel: Trafikljus...



Sammanfattning

- Sekvensstyrning
- Funktionsdiagram: Steg, övergångar, övergångsvillkor, handlingar, parallell- och alternativförgreningar
- Handlingstyper: Standard, villkorlig, (lagrad), tidsbegränsad, tidsfördröjd, (puls)
- PLC-system
- Reläscheman: Logiska uttryck med hjälp av kontakter och spolar

www.liu.se