



# LUND UNIVERSITY

## Reglermöte -85

Wittenmark, Björn

1985

### *Document Version:*

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

### *Citation for published version (APA):*

Wittenmark, B. (Ed.) (1985). *Reglermöte -85*. (Technical Reports TFRT-7283). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

### *Total number of authors:*

1

### **General rights**

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

REGLERMÖTE -85

BJÖRN WITTENMARK

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
JUNI 1985

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| <b>LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY</b><br>DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL<br>Box 118<br>S 221 00 Lund            Sweden  | Document name<br>Report                                  |                   |
|   | Date of issue<br>June 1985                               |                   |
|   | Document number<br>CODEN:LUTFD2/(TFRT-7283)/1-030/(1985) |                   |
| Author(s)<br>Björn Wittenmark   | Supervisor   |                   |
|   | Sponsoring organization                                  |                   |
| Title and subtitle<br>Reglermöte -85.   |  |                   |
| Abstract<br><br>The workshop Reglermöte 85 was arranged during May 29-30 1985 at the Department of Automatic Control at Lund Institute of Technology. About 100 persons participated evenly divided between industry and universities. 18 papers were presented. Abstracts of the papers are given in the report. |  |                   |
| Key words   |  |                   |
| Classification system and/or index terms (if any)   |  |                   |
| Supplementary bibliographical information   |  |                   |
| ISSN and key title  |  | ISBN              |
| Language<br>Swedish   | Number of pages<br>30                                    | Recipient's notes |
| Security classification   |  |                   |

DOKUMENTDATABLAD RT 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 Lubbis lund.

# REGLERMÖTE 85 - PROGRAM

PLATS: Hörsal M:A i Sektionen för Maskintekniks byggnad, Ole Römers väg 1,  
Lund. Registrering i foajén i samma byggnad.

ONSDAG 29 MAJ

9.45 Registrering

10.15 Öppning av Reglermöte 85

Välkomna. Björn Wittenmark, LTH

Öppningsanförande av Karl Johan Åström, LTH

Idéon - Lunds Silicon Valley? Jan Tuszynski, Asea Generation

11.00 Session 1:

När behövs mer än PID-reglering? Lars-Göran Elfgren, Telemetric  
Instrument AB

Integrerad styrning, reglering och presentation - Ett industriellt  
praktikfall. Krister Svensson, SATT Control

Moderna processstyrsystem - Är de bra nog? Rolf Syding, First Control  
Systems AB

12.15 Lunchpaus

13.30 Session 2:

NYANS. Östen Svensson, FOA 2

Simulering av en TLP-installation. Claes Källström, SSPA

Projekt i undervisningen i Industriell Elektronik vid LuTH. Staffan  
Johansson, LuTH

Laboratorieprocess för undervisning i reglerteknik. Ann-Britt Östberg,  
LTH

15.15 Kaffe

15.30 Postersession och demonstration av laboratorier 1.

16.15 Session 3:

Modellering av flödesprocesser. Mats Molander, CTH

Från en reglerteknisk praktik - Vad högskolan inte lärde ut. Jan Sternby,  
Gambro

19.30 Gemensam middag i Pelarsalen i universitetets huvudbyggnad.

8.15 Session 4:

Proportional-pneumatik. Michael Norén, Stig Wahlström AB

Parameterskattningsmetodik och digital signalbehandling i framtida reläskydd. Sten Bergman, Asea Relays

Reglerproblem i biologisk vattenrening. Gustaf Olsson, LTH

10.00 Kaffe

10.20 Postersession och demonstration av laboratorier 2.

11.00 Session 5:

Vad händer mellan samplingsögonblicken? Bengt Lennartsson, CTH

Avvägning mellan bruskänslighet och robusthet för LQG-regulatorer. Kjell Nordström, LiTH

Olinjära regulatorer baserade på serieutveckling. Torkel Glad, LiTH

12.15 Lunchpaus

13.30 Session 6:

Autotuning - Idéer och utvecklingsmöjligheter. Karl Johan Åström, LTH

NAF-Autotuner i praktiken. Lars Bååth, NAF

Adaptiv kokillnivåreglering. Bo Egardt, Asea AB

14.45 Avslutande diskussion

15.00 Kaffe

REGLERMÖTE -85  
29-30 maj 1985 i Lund

Deltagarförteckning

|                     |  |
|---------------------|--|
| AHLQVIST, Sture     | AB DDC-Konsult<br>Västerhaninge                    |
| ANDERSSON, Leif     | Reglerteknik, LTH<br>Lund                          |
| ANDREASSON, S       | Unifos Kemi AB<br>Stenungsund                      |
| AXELSSON, Jan Peter | Reglerteknik, LTH<br>Lund                          |
| BENGTSSON, Bengt    | Reglerteknik, LiTH<br>Linköping                    |
| BERGMAN, Sten       | ASEA Relays<br>Västerås                            |
| BJERKE, Ola         | ASEA<br>Västerås                                   |
| BLANKE, Mogens      | Servolaboratoriet, DTH<br>Lyngby, Danmark          |
| BOSTRÖM, Björn      | Uppsala Universitet, Tekniska Högskolan<br>Uppsala |
| BRAUN, Rolf         | Reglerteknik, LTH<br>Lund                          |
| BREITHOLTZ, Claes   | Sjölander Automation<br>Västerås                   |
| BÄÄTH, Lars         | NAF Control<br>Solna                               |
| CANUDAS, Carlos     | Reglerteknik, LTH<br>Lund                          |
| CARLSSON, Bengt     | Reglerteknik, Teknikum<br>Uppsala                  |
| DAHLEN, Jan         | Benima AB<br>Västra Frölunda                       |
| EDSTRÖM, Tomas      | Joel Österberg Ing Byrå AB<br>Malmö                |
| EGARDT, Bo          | ASEA AB<br>Västerås                                |
| EK, Gunnar          | FOA<br>Stockholm                                   |

|                     |   |
|---------------------|---|
| EKSTAM, Lennart     | Reglerteknik, Teknikum<br>Uppsala         |
| ELFGREN, Lars Göran | Telemetric<br>Arlöv                       |
| ELMQVIST, Hilding   | SATT Control AB<br>Malmö                  |
| ENGDahl, Gunnar     | Rockwool AB<br>Skövde                     |
| ENGQVIST, Ulf       | Rikspappersskolan<br>Markaryd             |
| FERDINANDSSON, Sven | Sydskraft AB<br>Malmö                     |
| FRANZEN, Stig       | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg             |
| GANEA, Ion          | Forsmarksverket<br>Östhammar              |
| GLAD, Torkel        | Systemteknik, LiTH<br>Linköping           |
| GRAEBE, Stefan      | Reglerteknik, KTH<br>Stockholm            |
| GRANATH, Sten       | ISY - Reglerteknik, LiTH<br>Linköping     |
| GRENNBERG, Anders   | Systemteknik och Matematik, LuTH<br>Luleå |
| GUNNARSSON, Svante  | ISY - Reglerteknik, LiTH<br>Linköping     |
| GUSTAFSSON, Hans    | Systemteknik och Matematik, LuTH<br>Luleå |
| GUSTAFSSON, Lennart | Systemteknik och Matematik, LuTH<br>Luleå |
| GUSTAFSSON, Thomas  | Systemteknik och Matematik, LuTH<br>Luleå |
| GUSTAVSSON, Ivar    | ASEA Generation<br>Lund                   |
| HAGANDER, Per       | Reglerteknik, LTH<br>Lund                 |
| HAGBERG, Ulf        | Alfa Laval Automation<br>Lund             |
| HAGLUND, Lennart    | Stora Teknik<br>Grums                     |
| HANSSON, Paul       | TA Industri Automation<br>Malmö           |

|                    |   |
|--------------------|---|
| HEDBERG, Anders    | STU<br>Stockholm                                  |
| HELLUND, Henning   | Berol Kemi AB<br>Stenungsund                      |
| HERMANSSON, Bo     | Benima AB<br>Västra Förlunda                      |
| HOLMBERG, Ulf      | Reglerteknik, LTH<br>Lund                         |
| HOLST, Jan         | IMSOR, DTH<br>Lyngby, Danmark                     |
| HÄGGLUND, Tore     | Reglerteknik, LTH<br>Lund                         |
| JANSSON, Rolf      | MoDo Cell AB<br>Örnsköldsvik                      |
| JENSEN, Lars       | Byggnadskonstruktionslära, LTH<br>Lund            |
| JOHANSSON, Leif    | Kamewa AB<br>Kristinehamn                         |
| JOHANSSON, Rolf    | Reglerteknik, LTH<br>Lund                         |
| JOHANSSON, Staffan | Industriell elektronik, LuTH<br>Luleå             |
| KONGSTAD, Poul     | SATT Control AB<br>Malmö                          |
| KÄLLQVIST, Tord    | Götaverken Energy Systems AB<br>Göteborg          |
| KÄLLSTRÖM, Claes   | SSPA Maritime Consulting AB<br>Göteborg           |
| LAGERBERG, Tomas   | ASEA Industry & Electronics<br>Västerås           |
| LARSSON, Jan Eric  | Reglerteknik, LTH<br>Lund                         |
| LENELLS, Mats      | Inst f Naturvetenskap, Högskolan i Växjö<br>Växjö |
| LENNARTSSON, Bengt | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg                     |
| LILJA, Mats        | Reglerteknik, LTH<br>Lund                         |
| LINDEBERG, Claes   | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg                     |



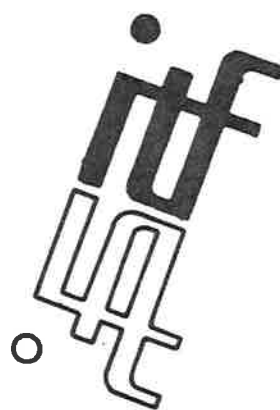
|                     |  |
|---------------------|--|
| LJUNGMAN, Anders    | Kockums AB<br>Malmö  |
| LUNDH, Michael      | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| LUNDBERG, Krister   | PAAB Automation AB<br>Säffle   |
| LUNDQVIST, Lennart  | Stig Wahlström AB<br>Farsta  |
| MALMBERG, Göran     | Sveriges Skogsindustriförbund<br>Markaryd                                    |
| MATTSSON, Sven Erik | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| MOLANDER, Mats      | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg  |
| MÄRTENSSON, Bengt   | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| MÄRTENSSON, Krister | Ahlsell Control AB<br>Malmö  |
| NIELSEN, Lars       | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| NILSSON, Bengt      | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| NILSSON, Ingvar     | ZEAB<br>Höör   |
| NILSSON, Lennart    | ASEA<br>Lund   |
| NILSSON, Tommy      | ALFAX AB<br>Malmö  |
| NORDSTRÖM, Kjell    | Reglerteknik, LiTH<br>Linköping  |
| NOREN, Michael      | Stig Wahlström AB<br>Farsta  |
| NYBRANT, Thomas     | Sveriges Lantbruksuniversitet<br>Uppsala                                     |
| OLSSON, Gustaf      | Reglerteknik, LTH<br>Lund  |
| ORRHULT, Lars       | Inst f Sjöfart och Driftteknik<br>Högskolan Sundsvall-Härnösand<br>Härnösand |
| OTTEBLAD, Arne      | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| PERNEBO, Lars         | Alfa-Laval<br>Lund                        |
| PERSSON, Leif         | Sydskraft AB<br>Malmö                     |
| PERSSON, Per          | Reglerteknik, LTH<br>Lund                 |
| PERSSON, Stig         | Rockwool AB<br>Hällekis                   |
| PETTERSSON, Johnny    | Sydskraft AB<br>Malmö                     |
| QVARNSTRÖM, Birger    | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg             |
| ROBERTSSON, Göran     | Reglerteknik, KTH<br>Stockholm            |
| RUNDQWIST, Lars       | Reglerteknik, LTH<br>Lund                 |
| RÖNNBÄCK, Stefan      | Systemteknik och Matematik, LuTH<br>Luleå |
| SANDGREN, Jonas       | Studsvik Energiteknik AB<br>Nyköping      |
| SCHEJA, Christer      | TA Industri Automation<br>Malmö           |
| STEIMER, Ingemar      | Kockums AB<br>Malmö                       |
| STERNBY, Jan          | Gambro AB<br>Lund                         |
| STREGNELL, Hans       | Bofors Aeortronics<br>Lidingö             |
| STÅHL, Sune           | Götaverken Energy Systems AB<br>Göteborg  |
| SVENSSON, Krister     | SATT Control AB<br>Malmö                  |
| SVENSSON, Östen       | FOA<br>Stockholm                          |
| SYDING, Rolf          | First Control Systems AB<br>Västerås      |
| TILJANDER, Svengunnar | Ta Industri Automation<br>Malmö           |
| THOMAS, Bertil        | Reglerteknik, CTH<br>Göteborg             |

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| TUSZYNSKI, Jan          | ASEA Generation<br>Västerås   |
| VIBERG, Mats            | ISY, LiTH<br>Linköping        |
| WAHLBOM, Magnus         | Kockums AB<br>Malmö           |
| WALLDEN, Lars           | Wetab<br>Märsta               |
| WALLENBORG, Anders      | Reglerteknik, LTH<br>Lund     |
| WEIBULL, Anders         | Sydkraft AB<br>Malmö          |
| WIESLANDER, Johan       | Hylte Bruks AB<br>Hyltebruk   |
| WIRKANDER, Sven-Lennart | FOA<br>Stockholm              |
| WITTENMARK, Björn       | Reglerteknik, LTH<br>Lund     |
| WITTHED, Jan            | Berol Kemi AB<br>Stenungsund  |
| YTTERMAN, Swen          | Rejlers AB<br>Västra Frölunda |
| ÄRZEN, Karl-Erik        | Reglerteknik, LTH<br>Lund     |
| ÄSTRÖM, Karl Johan      | Reglerteknik, LTH<br>Lund     |
| ÖSTBERG, Ann-Britt      | Reglerteknik, LTH<br>Lund     |

# REGLERMÖTE -85

Lund 29-30 MAJ 1985



TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND

# **REGLERMÖTE 85**

## **SAMMANFATTNINGAR**

De följande sidorna är sammanfattningar av de presentationer, som ges under Reglermöte 85, 29-30 maj 1985.

Ordningen är densamma som för presentationerna, se programmet.



"När det behövs mer än PID-reglering" Lars-Göran Elfgrén

#### SAMMANFATTNING

TCS 6366 är en programmerbar PID-regulator, vars flexibilitet tillåter anpassning till ett stort antal reglersituationer.

Faciliteter: PID-reglering, framkoppling, dödtidskompensering, faskompensering, totalisering, kaskadreglering, kvotreglering m m

Mjukvarustruktur: Ett realtidsoperativsystem hanterar kommunikation, in/ut-hantering, diagnostiska rutiner och användarprogram. Två "tasks" kan exekveras med valfria tidsintervall och ett program kan köras i bakgrunden. Program lagras i EEPROM. Regulatorn innehåller kommandon i blockstruktur samt en FORTH-interpretator. Ett program innehåller sammanlänkning av olika block samt fri programmering i FORTH.

Standardbibliotek: För att underlätta finns i EPROM ett antal program för vanliga applikationer. Dessa är en-loopsregulator med och utan framkoppling, två-loopsregulatorer, kaskadpar, kvotpar, linearisering i tabell, väljare, uppdelat reglerområde, "Heat/Cool" och variabel förstärkning. Dessa standardprogram kallas upp och exekveras med ett enkelt kommando. De kan också modifieras och kompletteras om man så önskar.

Filter: Instrumentet innehåller två filter med överföringsfunktion

$$G(s) = k \cdot \frac{1 + ST_1}{1 + ST_2}$$

Detta kan användas på olika sätt, t ex faskompensering och framkoppling. Genom att kombinera de båda filtren med ett fördröjningsblock kan en andra ordningens modell med tidsfördröjning erhållas. Detta kan användas för en OTTO-SMITH-regulator.

Matematik, logik: Interpretatorn innehåller alla matematiska funktioner samt logiska funktioner. Man kan kombinera analog reglering med sekvensiering och förregleringar.

Programmering: För val av standardprogram krävs bara en enkel handterminal. För programmering i FORTH kan valfri videoterminal användas. Ett enkelt protokoll ger också möjlighet till dumpning av hela program, vilket medger användande av en persondator eller "portföljdator" som programmerings hjälpmedel.

## BESKRIVNING AV ETT INDUSTRIELLT PRAKTIKFALL FÖR PC-UTRUSTNING

Allmänt

Exemplet omfattar styrning, reglering, övervakning och presentation för en Torveldad Hetvattenpanna med fluidiserad bädd.

Anläggningen omfattar bränslehantering, askhantering, rökgasrening, sandinmatning, bädd- och vändschaktsutmatning, ljudsotning samt övrig kringutrustning. Vidare omfattar det reglerloopar för reglering av torvpanna och utgående värmemängd till FV-nätet, drift rapporter, energiberäkningar samt övervakningsutskriftar och larmbehandling.

Systemlösning

Det integrerade systemet består av 1 st PC-system typ SattCon31 och två bildskärmar typ SattScope800 för operatörskommunikation med anläggningen, vilket möjliggörs med ett manöverbord. Vidare ingår en styck printer för utskriftar av larmtexter och driftprotokoll.

Reglerfunktioner

- \* Reglering av bränsleflöde sker med hjälp av bäddtemp, domtryck via kurvbildare och Add-enhet kombinerat med O<sub>2</sub>-halt och förbränningsluftflöde via kvotstation.
- \* Reglering av totalt luftflöde sker med hjälp av domtrycket.
- \* Regleringen av primär- och sekundärluftflödet sker med hjälp av bäddtemp och domtrycket via kurvbildare och kvotstation.
- \* Regleringen av cyklon-nivån sker med hjälp av bäddtemp via kurvbildare.
- \* O<sub>2</sub>-halt och domtryck regleras indirekt av bränsleflöde och förbrukat luftflöde.
- \* Bäddtemp regleras indirekt av primär- och sekundärluftflöde och bränsleflödet.
- \* Reglering av gas och vatten temp primär EKO sker med 2 kaskadkopplade regulatorer.
- \* Reglering av gas och vatten temp FV-EKO sker med 2 kaskadkopplade regulatorer.

- \* Lastreglering av pannan sker med hjälp av:

Fall 1: Bäddreglering temp på returledn. till FK-VVX med inlagd begränsning för låg returtemp till panna.

Fall 2: Lastreglering. Flöde och tempdifferans över FV.VVX med inlagd begränsning för låg returtemp panna.

Systemering SATT

Styrning och reglering av anläggningen möjliggörs genom användning av fasta reglermoduler i PC-n (med variabla parametrar) kombinerat med beräkningsprogram (medelst aritmetiska instruktioner i PC-n), sekvenser och förreglingar (medelst boolska instruktioner i PC-n).

I det integrerade systemet finns också:

- \* Texthantering för övervakningsutskriftar och driftprotokoll som kan aktiveras av boolska instruktioner i PC-n.
- \* Programmerbara timers och gränsvärden som används som villkor i förreglingar och sekvenser.
- \* Programmerade mätområden på interna (i PC-n) och externa (till PC-n) analoga signaler till PC-n.
- \* Programmerbara historikkurvor på interna och externa signaler som visas på bildskärmen.

## Moderna processtyrssystem- är de bra nog?

Rolf Syding, FIRST CONTROL SYSTEMS AB

Idag finns ett rikt utbud av styrssystem på marknaden. Flertalet av de som lanserats under senare år har det gemensamt att de alla utnyttjar distribuerad datakraft sammanlänkad genom någon form av nätverk.

Operatörsplatser arrangerade kring ett antal färgskärmar oftast placerade i kontrollrum är ett annat genomgående drag.

Ser man emellertid till styr-regler och övervakningsfunktioner har väldigt lite hänt. Möjligen kan man säga att snabbhet och kapacitet ökat kraftigt medan endast ett fåtal tillverkare har mer betydande nyheter att presentera. Detta förefaller vara i strid med den tekniska utvecklingen med artificiell intelligens, adaptiva regulatorer och kraftfulla simuleringsverktyg som exempel på nya landvinningar.

Inte heller förefaller det vara så att den allt hårdare slutningen av tillverkningsprocesserna ur miljö och energisynpunkt samt inriktningen mot snabbare processflöde och mindre buffertvolym har motsvarats av förbättrade möjligheter för operatören att utföra sin uppgift.

Även kraven på att enkelt kunna ändra styrsystemens funktion stegras därigenom. Styrsystemen måste i sig själv vara så intelligenta att ändringar kan införas utan behov av komplicerade hjälpmedel. Samtidigt måste införandet av ett nytt styrsystem understöddas av rationella verktyg typ CAD för att minimera konfigureringstiden och förbättra dokumentationen.

Succesiv höjning av automationsnivån i en process leder till stegvis utbyggnad av styrsystemet, ofta utspridd över en lång tidrymd. Inget system på marknaden idag kan sägas uppfylla de grundläggande kraven på byggbarhet från mycket litet till "mill-wide".

Ser vi ännu längre bör vi ifrågasätta behovet av särskilda kontrollrum-även processinformationen blir distribuerad och tillgänglig där den behövs. Kanske sköts den "normala" driften av expertsystem medan den mänskliga insatsen används för processanalys och felavhjälpning.

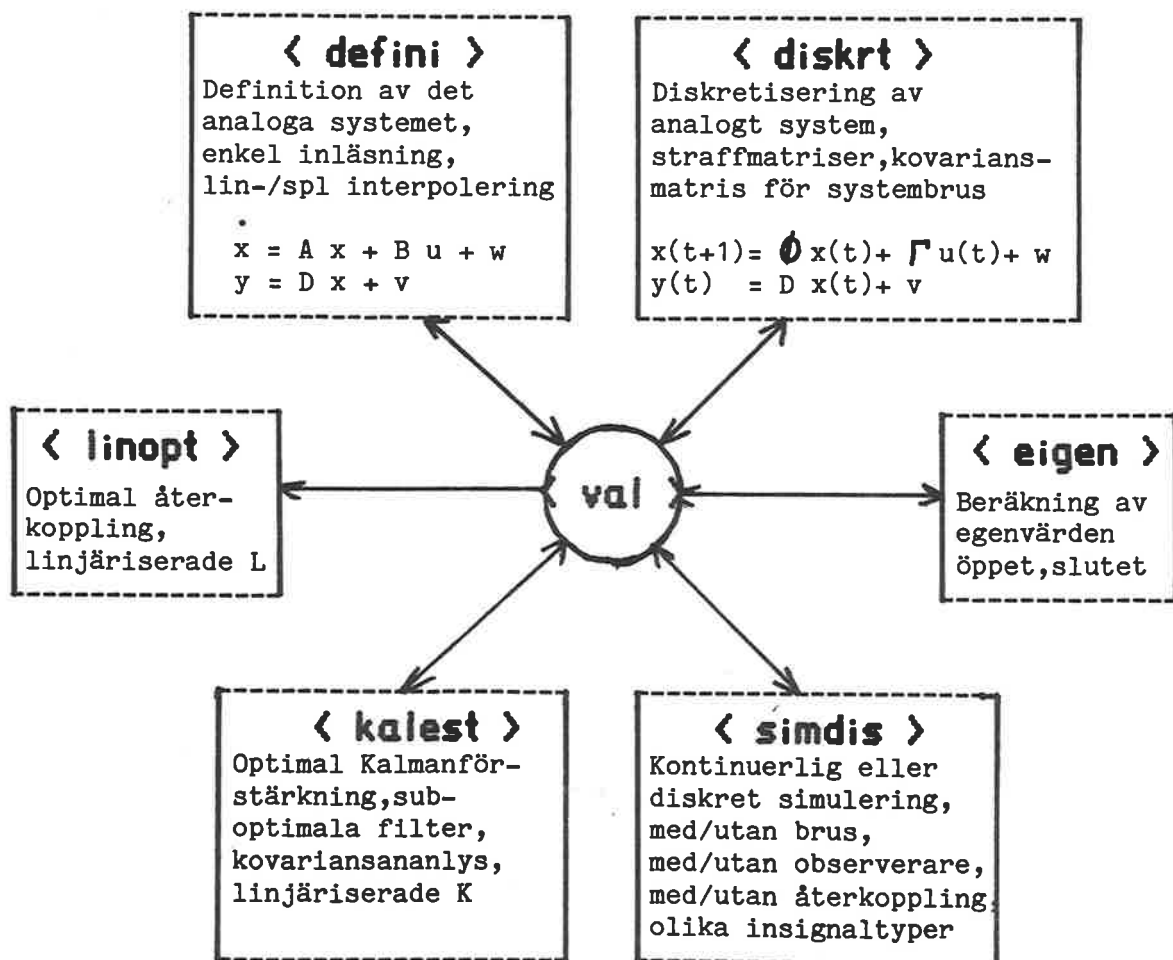


## "NYANS"

"NYANS" är ett interaktivt programpaket för analys, dimensionering och simulering av linjära, stokastiska **tidsvariabla** system. Linjär-kvadratisk återkoppling (LQG) samt estimering med Kalmanfilter ingår. Programpaketet är utvecklat vid institutionen för Reglerteknik och styrda vapen på Försvarets Forskningsanstalt i Stockholm.

Programspråket som används är SIMULA men för vissa tidskritiska moment, tex diskretisering av system och straffmatriser, anropas FORTRAN-rutiner. Datastrukturen är uppbyggd på länkade listor där varje samplingstidpunkt representeras av en medlem i listan innehållande matriselement.

Programstrukturen bygger på att användaren med hjälp av olika menyer ska kunna göra en dimensionering. De huvudkommandon som finns är: **defini, diskrt, eigen, kalest, linopt, simdis**. Subkommandon som plotta matriselement, spara på fil, läsa från fil, skriva matriser finns i alla huvudmodulerna.



För att förstå fördelarna med denna typ av dimensioneringsteknik belyses det med ett exempel på en tidsvariabel process, en förenklad robotmodell.

## SIMULERING AV EN TLP-INSTALLATION

Claes Källström, SSPA Maritime Consulting AB, Göteborg

Världens första produktions-TLP ("Tension Leg Platform") installerades framgångsrikt sommaren 1984 i Nordsjön (the Hutton Field) för oljebolaget Conoco's räkning. Heerema ansvarade för att hålla plattformen på plats medan Conoco installerade de vertikala förankringslinorna. Ett system bestående av två "semi-submersibles" och fem bogserbåtar användes för positioneringen. Före den verkliga installationen utförde SSPA på uppdrag av Heerema och Brown & Root, London, ett omfattande modellförsöks- och simuleringsprogram för att undersöka de olika faserna i installations-proceduren och för att upptäcka och eliminera tänkbara svårigheter.

För att erhålla noggranna matematiska modeller till datorsimuleringarna applicerades systemidentifiering mha datorprogrammet IDPAC direkt på data från modellförsöken. Den kompletta, olinjära matematiska modellen kalibrerades mot mer än 20 olika modellförsök och den erhållna simuleringsnoggrannheten var i de allra flesta fall bättre än 10 % med avseende på rörelser och linkrafter.

Den kompletta matematiska modellen implementerades i simuleringsprogrammet SIMNON och både uppsnabbade och realtidssimuleringar utfördes. Data som erhöles från de uppsnabbade simuleringarna utgjorde basen för statistiska prediktioner av maximala rörelser och linkrafter under de tidsperioder som var relevanta för de olika faserna av installationen. Därvid varierades t ex yttre störningar från vind, vågor och ström samt styvheten i förankringssystemet.

Realtidssimuleringarna användes dels för att utveckla lämpliga strategier för att manövrera plattformen och för att hålla den på plats både i bra och dåligt väder, dels för att i förväg träna de olika operatörerna, som var ansvariga för TLP-installationen. Kombinationen av modellförsök och datorsimuleringar visade sig vara utomordentligt effektiv för TLP-projektet och det var också en allmän överensstämmelse bland installations-personalen att tränings-simuleringarna i SSPA's realtidssimulator var av stort värde.

Simuleringsstudierna för TLP-installationen finns presenterade i artikeln:

KÄLLSTRÖM, C. G., GUY, S., CHIVVIS, J., RAMZAN, F. A.; "Computer simulations of the installation of the Conoco Hutton Tension Leg Platform", RINA Intern Symp on "Offshore Transportation and Installation", London, March 1985.

PROJEKTVERKSAMHET I UNDERVISNINGEN I INDUSTRIELL ELEKTRONIK VID  
HÖGSKOLAN I LULEÅ - Staffan Johansson

De första civilingenjörerna från avslutningen "Industriell Elektronik" utexaminerades 1978. Denna avslutning har sedan dess växt i omfattning och utgör idag en fristående utbildningslinje "datateknik" med ett årsintag på 60 elever. Ett utmärkande drag för denna utbildning är kombinationen av reglerteknik, datorteknik och elektronik. Denna kombination ger slagkraft åt temat "datorer i tekniska system". Ett grundläggande mål är att utbilda civilingenjörer med ett i en vidare bemärkelse av systemorienterat synsätt.

Från starten bestämdes att en del av det sista och avslutande året skulle användas till projektrelaterad undervisning. Denna skall förutom ren faktainläring

- träna elevens förmåga att självständigt ta initiativ till att formulera och lösa problem
- träna eleven att bedöma och värdera ansatta modeller vad gäller såväl "hur bra modellen beskriver verkligheten" som modellens komplexitet.
- ge eleven träning i att på ett rationellt sätt skaffa sig den kunskap som behövs för att lösa ett visst problem.

Under tredje läsåret bestämmer institutionen tillsammans med elever (30 st) projektuppgift. Av uppgiften krävs att

- den skall baseras på en aktuell och industriellt förankrad problemställning
- dess tema skall vara "datorer i tekniska system" med inslag av reglerteknik och elektronik
- den skall formuleras runt en "verklig" process vilken placeras vid skolan eller i dess omedelbara närhet.

Vid projektstarten bryts problemet ned i mindre deluppgifter, vilka löses av elever i grupper om 4-5 personer. Dessa dellösningar integreras i slutfasen till en totallösning. Arbetet dokumenteras i form av en skriftlig teknisk rapport samt vid ett seminarium. I samband med detta ordnar eleverna en "pressvisning" där teknisk fackpress och industrifolk inbjuds. Till elevernas förfogande ställs resurser i form av datorkraft (VAX 11/750), elektroniklab, en mindre budget (ca 40 000 skr) samt personal från institutionen (handledare tot. 1 manår/30 elever). Eleverna svarar för planering och uppföljning. Elevens totalarbetsinsats under läsåret varierar mellan 30 och 40 %.

Denna verksamhet har skapat ett intresse och ett engagemang hos eleverna som troligen inte kan uppnås med vanlig undervisning. Det är påtagligt hur förmågan att ta tag i problem på egen hand och komma fram till lösningar växer under arbetets gång. Projektmålet samt ett pressat tidschema verkar hämmande på inläring av ny teori, varför framtagna lösningar ofta baseras på redan kända metoder. Det är svårt att bedöma enskilda elevs prestationer i projektet, vilket leder till icke differentierad betygsättning. Totalomdömet är att de utbildade civilingenjörerna är väl rustade att möta de krav som modern industri ställer.

# Labratorieprocess för undervisning i Reglerteknik

Ann-Britt Östberg

Institutionen för Reglerteknik  
Lunds Tekniska Högskola

Utveckling av nya laborationer i reglerteknik startade för några år sedan. Målet var att bättre försöka illustrera kopplingen mellan teori och praktik. Laborationerna skulle på totalt 16 timmar ge de väsentliga moment som ingår i grundkurserna i reglerteknik och integreras i de kurserna som läses av de flesta elever på Tekniska Högskolan.

Processen som valdes består av två tankar som kan nivåregleras. Tidskonstanterna har valts så att experiment med en tank går mycket snabbt, men två kaskadkopplade tankar tar tid, så att det ska löna sig att räkna. Olinjäriteter uppträder framförallt då pumpen mättar eller då vattnet svämmar över. Regulatorn har implementerats på en persondator, Apple II som även används för meny och grafik.

Laborationerna har delats in i nedanstående experiment som hänger intimt ihop. Resultat från tidigare laborationer behövs i de följande. Vissa labmoment förberedes också på övningarna.

Lab 1 - Avsikten med denna laboration är att eleverna ska få empirisk erfarenhet av enkla regulatorer. Man undersöker hur det slutna systemet reagerar på ändringar i börvärdet, laststörningar och mätbrus.

Lab 2 - Avsikten med denna laboration är att visa hur man kan erhålla dynamiska modeller för ett system och belysa hur noggranna dessa modeller kan vara. Vidare ska labben illustrera hur regulatorinställningar kan beräknas utgående från modellen.

Lab 3 - I denna lab visas att de beräkningar som utfördes i lab 2 med fördel kan byggas in i regulatorn. Med detta arrangemang är det lätt att undersöka parameterkänslighet. Man undersöker också digital realisering av regulatorn, integratorupprivning, val av samplingsintervall m.m.

Lab 4 - I denna laboration illustreras andra reglerformer såsom tillståndsåterkoppling, väljare, Kalmanfiltrering och utsignalåterkoppling genom kombination av tillståndsåterkoppling och Kalmanfiltrering.

## Referenser:

Åström, K.J och A.B. Östberg (1984). Reglerteknik AK. Laborationer.  
Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Åström, K.J och A.B. Östberg (1984). Reglerteknik AK. Laborationer,  
Assistenthandledning. Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska  
Högskola.

Åström, K.J. och A.B. Östberg (1985). A teaching laboratory for process  
control. Proc. American Control Conference, Boston.

## MODELLERING AV FLÖDESPROCESSER

Mats Molander  
Institutionen för reglerteknik  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

Vid institutionen för reglerteknik, Chalmers, har vi under en följd av år studerat modeller av s.k. flödesprocesser. Med det menar vi processer som inbegriper parallella växelverkande flöden av energi eller material. Några typiska industriella exempel är:

destillationskolonner, värmväxlare, tubreaktorer, tunnelugnar.

Under senaste året har vi utvecklat program för simulering och modellering av sådana processer. De modellerade systemen kan vara hela anläggningar bestående av ihopkopplade delprocesser vilka inte behöver vara av samma typ. Resultatet blir modeller på tillståndsform. Programmen är skrivna för en mycket generell formulering av processerna med den begränsningen att rumsberoende endast får förekomma i en dimension. En matematisk beskrivning av en flödesprocess innehåller i allmänhet system av kopplade partiella differentialekvationer. Rumsberoendet gör att modellen i princip har oändlig dimension. För att få en modell som är användbar i reglersammanhang måste därför någon form av rumsdiskretisering göras. Den metod vi använder (ortogonal kollokation) innebär att rumsberoende variabler approximeras med polynom. Man kräver sedan att dessa polynom satisfierar de ursprungliga ekvationerna i ett begränsat antal (kollokations-)punkter. På detta sätt kan polynomen bestämmas i varje tidsögonblick och man får en modell av ändlig dimension. Modellens tillstånd blir variabelvärdena i kollokationspunkterna. Man kan som utsignaler välja variabelvärden i godtyckliga punkter. Dessa utsignaler blir då via polynomen funktioner av värdena i kollokationspunkterna.

Från en reglerteknisk praktik - Vad högskolan inte lärde ut.

Jan Sternby  
Gambro AB

#### Sammanfattning:

I industriella tillämpningar av reglerteknik tillkommer en hel del praktiska problem, som för det mesta inte berörs i högskoleundervisningen. Detta gäller även de dialysmaskiner som tillverkas och säljs av Gambro.

I en dialysmaskin produceras en dialysvätska, som ledes förbi ena sidan av ett membran med blod på andra sidan. Över membranet sker en transport av överskottsvätska i blodet, samt av i blodet lösta slaggprodukter. Det är då viktigt att hålla rätt temperatur, sammansättning och tryck hos dialysvätskan. Speciellt erbjuder tryckstyrningen sina speciella svårigheter, med två pumpar som båda påverkar trycket, och som båda måste styras. Detta leder till en flervariabel styrslag. Nyare behandlingsprinciper ställer här större krav på vätskebalansen. En konventionell reglerteknisk förbättring skulle här kunna innebära framkoppling och kanske kortare samplingstid. Allra störst förbättring får man emellertid genom att helt förändra systemet.

I en annan typ av behandling filtrerar man ut stora mängder av blodplasman och ersätter den med infusionslösning, kanske 30 l per behandling. Temperaturregleringen av infusionslösningen är då mycket viktig. Eftersom den nödvändiga effekten är beroende av vätskeflödet, blir någon form av framkoppling från vätskeflödet till värmeeffekten helt nödvändig. Med framkoppling kan hyfsat resultat erhållas. Ännu bättre blir det dock även här om hela systemet förändras, så att temperaturen direkt får styra vätskeflödet. Reglersystemens struktur har alltså ofta en mycket större betydelse än själva regleralgoritmerna.

Modellbygge är ett lite försummat kapitel, som kan vara mycket nyttigt i praktiken. Svårigheten är här att på en högskola hitta relevanta problem, som inte redan är lösta, men som ändå kan genomföras på rimlig tid. Ofta involveras dessutom en hel del olika ämnen, vilket ställer stora krav på både elever och lärare.

Teoretiskt sett är simulering mycket lätt. Man ställer upp sina ekvationer och löser dem på den dator. I praktiken uppstår dock en del problem som man inte riktigt kan uppfatta under högskolestudier. För det första är det ofta inte så lätt att få tag i relevanta modeller. Hur vet man sedan att resultatet är riktigt? Om man utgår från fysikaliska samband råkar man lätt ut för s.k. styva differentialekvationer, dvs. sådana som är svåra att lösa numeriskt=tar lång tid. Att förstå hur man lämpligen lägger upp simuleringar är därför något man måste öva sig på.

## STIG WAHLSTRÖM AB

Box 64 S-123 22 Farsta

Tel: (08) 94 03 00

### FÖREDRAG PROPORTIONAL-PNEUMATIK

Michael Norén

STIG WAHLSTRÖM AB har i drygt 30 år marknadsfört komponenter och system för automatisering inom svensk industri. En stor del av vårt produktprogram består av pneumatikkomponenter, som tillverkas av Herion i Västtyskland.

Användarna av pneumatikkomponenter ställer allt högre krav på bl a kvalitet, reproducerbarhet, mångsidighet och energiförbrukning på sina maskiner och system.

Styrning sker idag i allt högre grad med elektroniska styrsystem. Kunskapen om elektronikens möjligheter framkallar därför önsksningar om att kunna utnyttja denna till fullo, genom t ex reglering av processen i maskiner.

Detta är nu också möjligt med de nya s k proportional-ventiler - med tillhörande elektronik - vi erbjuder för pneumatik.

Två typer av ventiler tillverkas.

Proportional-tryckventil för tryckreglering och proportional-flödesventil för flödesreglering.

Ventilerna har proportional-magneter som ställdon. Magneterna ger en kraft respektive vägförflyttning proportionellt mot tillförd magnetström. Detta betyder steglös inställning av tryck eller flöde. Proportional-ventilerna tillverkas i olika storlekar och täcker därmed hela behovet av olika flödesområden. För att bl a kunna styra ventilerna med standard signaler (0-10 V, 4-20 mA osv) används en analogförstärkare.

Förstärkaren kan kompletteras med moduler för fasta förinställda börvärden, rampfunktion och PI-regulator.

En separat PID-regulator tillverkas också med ställbar amplitudförstärkare, integratorförstärkare och derivatorförstärkare.

Ställbar är också I-tid och D-tid.

I dagsläget används dessa ventiler i:

- Robotapplikationer
- Banspänningsregleringar
- Limustrustningar
- Provustrustningar
- Fordonsbromsar

Intressanta nya tillämpningsområden är:

Hastighetsstyrning och positionering med pneumatikcylinder.

8

Farsta 850418

MN/MDA

SIGNALBEHANDLING OCH PARAMETERSKATTNINGSMETODIK  
I RELÄSKYDD FÖR ELEKTRISKA KRAFTNÄT

S Bergman

ASEA RELAYS  
S 721 83 Västerås

Reläskydd

Ett elektriskt kraftnät, där effekt produceras på ett håll, transformeras till högre spänning och överförs långa sträckor till konsumenten, är i grunden ett instabilt system. Produktionen måste hela tiden balanseras mot den rådande belastningen. I annat fall kommer frekvensen att ändras och spänningen att variera. I de flesta maskade kraftnät förekommer dock störningar av något slag. Det vore idag oönskvärdt att tex efter varje störning bygga upp kraftnätet igen. För att undvika detta, samt att skydda viktiga komponenter införde man tidigt reläskydd, vars främsta uppgift är att snabbt upptäcka och koppla bort felande systemdelar. Detta innebär att ett elektriskt kraftnät innehåller en stor andel skyddsutrustning, som tex varit passiv i 10 till 20 år, plötsligt måste fungera för att lösa ut en brytare. Detta skall vidare ske på en tid normalt mindre än 10 till 20 ms och i en störd omgivning.

Lokala skyddsfunktioner kompletteras ofta med en reläskyddsfilosofi (som kan variera från land till land). En sådan filosofi kan primärt vara att tex övervaka en viss ledningssträcka och med utökat tidsdiskriminering verka som redundant skydd för fel som inträffar utanför skyddsområdet.

Fel detektering i kraftnät

För reläskydd är det alltså viktigt att snabbt kunna upptäcka och klassificera feltillståndet. För övervakning av en lång kraftledning är det också intressant att avgöra var felet befinner sig. För en elektrisk maskin kan orsaksdiagnos vara ett önskvärdt komplement till en fel detektering. Traditionen inom reläskyddsområdet har sedan länge inneburit att kunskap om skyddsobjekten och dess normala och onormala beteende inkorporerats i skydden. Signalbehandlingen innebär exempelvis att grundtonskomponenten och ett antal övertoner filtreras fram och övervakas. Med hjälp av modellreferenser kan detekteringsvillkoren göras på logisk nivå. Vissa skydd utnyttjar snabba vågfenomen för att studera reflexer när vågor studsar mot felställen. En del skydd utnyttjar kommunikation för att informera närliggande skydd om felriktning mm. Genom de speciella mätorgan som används finns dock en stor risk att signaler lätt kan distorderas. Exempel är när mättransformatorer mätas magnetiskt, eller när spänningar till spänningstransformatorer snabbt ändras. Många analoga reläskydd är idag utformade för att dels mäta mycket snabbt, vissa inom 1 till 2 ms, andra blockerar funktionen (stabiliserar) när vissa övertoner kan detekteras.

Parameterskattning

Generellt kan man säga att parameterestimering i allmänhet har ett stort tillämpningsområde inom reläskyddstekniken. En vanlig form av parameterskattning i elektriska kraftnät är att estimerar impedansparametrarna i modellen:

$$u(t) = R i(t) + L di(t)/dt$$

Ett vanligt förekommande sätt är tex att mäta spänning och ström vid två olika tidpunkter och sedan bestämma R och L. Ett specialfall av detta är att mäta vid strömmens och strömderivatans nollgenomgångar. Fouriertransformering av ovanstående ekvation löser exempelvis ut parametrarna mha:

$$\begin{bmatrix} R \\ X \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} i_R^* & -i_R^* \\ -i_i & i_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_R \\ v_i \end{bmatrix} \quad \Delta = i_R i_i^* - i_i i_R^*$$

där \* representerar Fouriertransformen av de deriverade signalerna. Med denna teknik kan man eliminera inverkan från vissa frekvenser genom lämpligt val av transform, tidsfönster mm.

Andra föreslagna metoder baseras på mer komplexa signalmodeller. En sådan är:

$$y(t) = \sum_{i=1}^N A_i \sin(\omega_i t + \phi_i) + I_0 e^{-(t-t_0)/\tau} + v(t)$$

I fallet med två komponenter, en grundton och någon högfrekvenskomponent, samt Taylorutveckling av exponentialtermen kan ovanstående modell uttryckas som den parameterlinjära representationen:

$$y(t) = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5 + a_6 x_6 + a_7 x_7$$

där koefficienterna  $a_1 - a_7$  är av typen  $\sin(\omega t)$ ,  $\cos(\omega t)$ ,  $t$ ,  $t^2$  etc. och tillstånden av typen  $A_1 \cos(\phi_1)$ ,  $A_1 \sin(\phi_1)$ ,  $-I_0/\tau$  etc.

Om fler än 7 samples används för att estimerar parametrarna kan en minsta kvadratmetod tillämpas, där pseudoinversen av A-matrisen kommer till användning. Genom att tex multiplicera varje sampel med elementen i pseudoinversen för både ström och spänningssignalerna kan resistans och reaktans parametrarna estimeras mha:

$$R = \frac{V_1 \cos\phi_{v1} I_1 \cos\phi_{i1} + V_1 \sin\phi_{v1} I_1 \sin\phi_{i1}}{(I_1 \cos\phi_{i1})^2 + (I_1 \sin\phi_{i1})^2}$$

$$X = \frac{V_1 \sin\phi_{v1} I_1 \cos\phi_{i1} - V_1 \cos\phi_{v1} I_1 \sin\phi_{i1}}{(I_1 \cos\phi_{i1})^2 + (I_1 \sin\phi_{i1})^2}$$

Digital Signalbehandling

Utvecklingen av hårdvara för signalbehandling och speciellt snabba signalprocessorer har nu möjliggjort effektivare realisering av parameterskattare för reläskydd. Med detekteringstider omkring 20 ms och cykeltider hos DSP processorer runt 200 ns, kan 100 000 operationer utföras, vilket torde räcka väl för många tillämpningar och vara tillräckligt för avancerade algoritmer.

Föredraget behandlar en översikt av algoritmer för reläskyddstillämpningar och diskuterar något om den numeriska teknik som behövs. Vidare behandlas aspekter som signaldynamik, A/D omvandling, bitupplösning och snabbhetskrav.

Ett nyligen avslutat examensarbete, som från ett högnivåspråk genererar kod för att estimerar parametrarna i en generell ARMAX-struktur, realiserat i en Texas TMS32010 processor, behandlas också.



# **Reglerproblem i biologisk vattenrening**

**Gustaf Olsson**

**Institutionen för reglerteknik, LTH  
Box 118, 221 00 Lund**

## **SAMMANFATTNING**

Biologiska reningsverk har ett i hög grad dynamiskt beteende. Trots detta är de flesta konstruktions- och driftsätt baserade på stationära eller kvasistationära betraktelser. Det finns dock idag ett kraftigt ökande intresse för reglering och instrumentering i reningsverk. Detta beror dels på snabbt ökande driftkostnader, dels på striktare miljökrav för utgående vattens kvalitet.

De störningar som uppträder kommer framför allt från förändringar i inkommande vattens flöde, sammansättning eller koncentration.

Dynamiken i ett reningsverk omfattar tidsskalor från minuter till månader. Regleringen måste naturligtvis anpassas till detta, både vad beträffar algoritmerna och sättet att implementera själva styrgreppen.

Erfarenheter från modellbyggnad och identifiering av dynamiken i reningsverk kommer att visas, både för luftningsbassänger och klarningsbassänger ingående i aktivslamprocessen. Viktiga problem är estimering av respiration (ungefär biologisk aktivitet) samt tidsvariabla egenskaper för sedimentering och klarning. Självinställande reglering av syre kommer att visas.

# VAD HÄNDER MELLAN SAMPLINGSÖGONBLICKEN

Bengt Lennartson  
 Institutionen för reglerteknik  
 Chalmers Tekniska Högskola  
 41296 GÖTEBORG

Kontinuerliga processer regleras idag ofta med hjälp av samplade regulatorer. Vid dimensionering av sådana regulatorer utnyttjas vanligen en tidsdiskret modell av processen. Vad som händer mellan samplingsögonblicken tas då ingen hänsyn till. Med hjälp av simulering kan man i efterhand upptäcka intressanta fenomen.

Ta t.ex. en andra ordningens process med två tidskonstanter  $T_1=1$  och  $T_2=0.6$ . Den vanligt förekommande Minimum Varians (MV) regulatorn ger med ett samplingsintervall  $h=0.3$  en insvängning efter en initialstörning enligt fig. 1, där vi lägger märke till att utsignalen i samplingsögonblicken  $y(kh)=0$ .

Antag nu i stället att processen utsätts för stokastiska störningar. I fig. 2 ser vi då hur utsignalens varians  $Ey^2(t)$  varierar över samplingsintervallet. Den maximala variansen är 1.9 gånger större än variansen i samplingspunkterna.

MV regulatorn ger med en diskret betraktelse en okorrelerad utsignal. Detta visas i fig. 3 där vi också ser att utsignalen i allra högsta grad är korrelerad mellan samplingspunkterna.

Låt oss nu jämföra MV regulatorn med en deadbeat (DB) regulator där samtliga poler för det slutna systemet placeras i origo. I fig. 4 visas utsignalens varians som funktion av styrsignalens varians då man varierar samplingsintervallet. Vi ser att DB regulatorn utnyttjar sin styrenergi betydligt effektivare än MV regulatorn speciellt om man betraktar den integrerade variansen över samplingsintervallet.

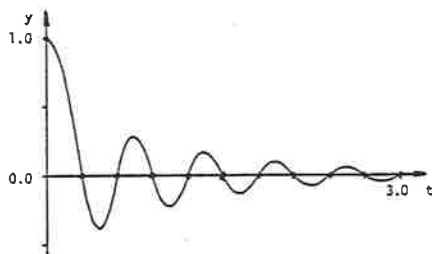


Fig 1 Insvängning efter en initialavvikelse mha minimum varians regulator

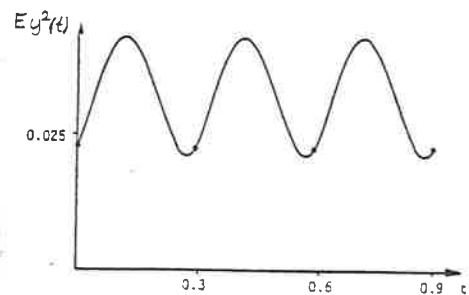


Fig 2 Variansen mellan samplingspunkterna för det slutna systemet.

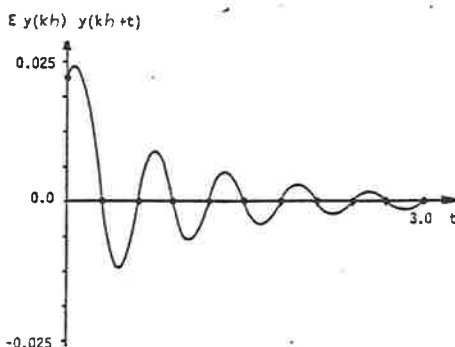


Fig 3 Korrelationsfunktion för utsignalen.

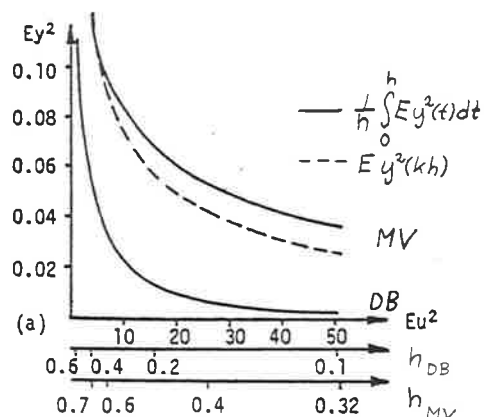


Fig 4 Utsignalens varians som funktion av styrsignalens varians för MV & DB reg.

ON THE TRADE-OFF BETWEEN NOISE SENSITIVITY AND ROBUSTNESS  
FOR LQG-REGULATORS

Kjell Nordström  
Linköpings Tekniska Högskola

Betrakta följande modell av ett SISO system

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) + ve_1(t) \quad (1)$$

$$y(t) = cx(t) + e_2(t) \quad (2)$$

där  $\{e_1(t)\}$  och  $\{e_2(t)\}$  är oberoende Gaussiska brus. Det är väl känt att den regulatör som minimerar kriteriet

$$J = E[(hx(t))^2 + \rho u(t)^2] \quad (3)$$

ges av

$$U(t) = -L\hat{x} + \rho_0 r(t) \quad (4)$$

där  $\rho_0 r(t)$  är referenssignal och  $\hat{v}(t)$  fås från Kalmanfiltret

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x} + bu(t) + K(y(t) - c\hat{x}(t)) \quad (5)$$

Vektorerna  $L$  och  $K$  fås genom att lösa två Riccati-ekvationer. Det är också väl känt att lösningen ovan, baserad på så kallad LQG-teknik (Linear Quadratic Gaussian) saknar garanterad tolerans mot modellfel. I själva verket är det så att man kan få nästan godtyckligt små amplitud- och fasmarginaler. För att erhålla en mer robust lösning kan man gå till väga på flera olika sätt. Om systemet (1) är stabilt kan man modifiera observatören (5) genom att införa ytterligare en observatör

$$\dot{z}(t) = Az(t) + bu(t) \quad (6)$$

$$\eta(t) = cz(t) \quad (7)$$

och sedan ersätta observatörefelet i (5) med felet

$$\gamma \cdot y(t) + (1-\gamma)\eta(t) - c\hat{x}(t) \quad (8)$$

där  $\gamma$  är en konstant  $0 < \gamma < 1$ . Vi ser att  $\gamma=1$  svarar mot den optimala icke robusta lösningen medan  $\gamma=0$  svarar mot öppen styrning. Öppen styrning kan vi betrakta som den mest robusta lösningen för stabila system. Konstanten  $\gamma$  är alltså en designparameter. Det är dock inget som hindrar oss från att låta  $\gamma$  vara ett tidsinvariant stabilt filter. Intuitivt är det klart att vi skall välja  $|\gamma(i\omega)|$  liten vid höga frekvenser där vi vill erhålla robusthet.

Priset vi betalar genom att modifiera LQG-regulatorn är att värdet på förlustfunktionen (3) kommer att öka. Det visar sig dock att vi kan uttrycka denna ökning som funktion av filtret  $\gamma(s)$  och därmed enkelt avläsa hur stokastiska egenskaper försämras då vi förbättrar robustheten.



INSTITUTIONEN FÖR SYSTEMTEKNIK  
DEPT OF EE

## OLINJÄRA REGULATORER BASERADE PÅ SERIEUTVECKLINGEN

Torkel Glad  
Linköpings Tekniska Högskola

En systematisk metod att göra regulatorer kan man få genom att välja den reglerstrategi som är bäst enligt något matematiskt kriterium. För linjära system har man ofta använt den kvadratiske avvikelserna från önskade signalnivåer som kriterium, s k linjärkvadratisk teori. Ofta beskrivs emellertid reglersystemets syfte bättre av andra kriterier än kvadratiske. Ofta finns också olinjäriteter som det är väsentligt att ta hänsyn till. Det är i princip möjligt att beräkna den optimala regulatorn även för allmänna olinjära system och för i stort sett godtyckliga kriterier. Man kan numeriskt räkna ut koefficienterna i en serieutveckling som beskriver styrlagen. För att få en någorlunda enkelt implementerbar regulator vill man normalt ta med få termer i denna serieutveckling. Det visar sig att detta svarar mot att man använder en styrning som är optimal med avseende på ett modifierat kriterium. Man kan därav få en ledning när det gäller att få en styrlag som både är lätt att implementera och nära optimal enligt det ursprungliga kriteriet.

# AUTOMATINSTÄLLNING - IDEER OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

**Karl Johan Åström LTH**

Trots allt som skrivits om komplicerade regulatorer så är PID-regiering fortfarande den vanligaste reglerformen. I detta föredrag behandlas metoder för automatisk inställning av PID regulatorer. Utgångspunkten är Ziegler-Nichols metod för manuell inställning av regulatorer. Denna metod kräver kunskap om endast en punkt på det öppna systemets Nyquistkurva, nämligen skärningspunkten med negativa reella axeln. En metod för att automatiskt bestämma denna punkt beskrivs. Den bygger på idén att processen förses med reläåterkoppling. Det slutna systemet får då en periodisk lösning. Nyquistkurvans skärning med den negativa reella axeln kan approximativt bestämmas ur svängningens period och amplitud. Regulator-parametrar kan sedan lätt beräknas.

Föredraget ger en översikt av idéerna. Fundamentala begränsningar i konstruktionsmetoder som endast utnyttjar en punkt på Nyquistkurvan diskuteras. Det visas att förbättringar kan åstadkommas om fler punkter på kurvan är kända. Olika sätt att bestämma dessa punkter liksom modifierade automatinställare diskuteras. Intressanta teoretiska problem i samband med automatinställning behandlas också liksom möjligheten att utnyttja automatinställare som en komponent i "intelligenta regulatorer" avslutar föredraget.

## REFERENSER

- Hägglund, T (1981). A PID tuner based on phase margin specifications. Report TFRT-7224. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Hägglund, T and K.J. Åström (1984). A new method for design of PID regulators. Report TFRT-7273. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Wittenmark, B. P. Hagander and I Gustavsson (1980). STUPID - Implementation of a self-tuning PID-controller. Report TFRT-7201. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Åström, K.J. (1981). More STUPID. Report TFRT-7214. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Åström, K.J. (1982). Ziegler-Nichols Auto-tuners. Report TFRT-3167. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Åström, K.J. (1983). Implementation of an Auto-tuner using Expert System Ideas. Report TFRT-7256. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- Åström, K.J. and J.J. Anton (1984). Expert Control. IFAC World Congress Budapest
- Åström, K.J. and T. Hägglund (1984a). Automatic tuning of simple regulators. Proc. IFAC 9th World Congress, Budapest, Hungary.
- Åström, K.J. and T. Hägglund (1984b). Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins. *Automatica* &20&, 645-651.
- Åström, K.J. and T. Hägglund (1984c). A frequency domain approach to analysis and design of simple feedback loops. Proc. 23rd IEEE Conf. Decision and Control, Las Vegas, Nevada, pp. 299-304.
- Åström, K.J. and T. Hägglund (1984d). Automatic tuning of simple regulators. In I.D. Landau et al. (Eds.). *Adaptive Systems in Control and Signal Processing 1983*. Proc. IFAC Workshop, San Francisco, USA. Pergamon Press, 1984.
- Åström, K.J. and T. Hägglund (1985). Dominant pole design. Report TFRT-7282, Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.

# **NAF AUTOTUNER i praktiken**

Lars Bååth  
NAF Controls AB

Majoriteten av de regulatorer som används ute i industrin är av PID-typ. Under alla år som dessa har använts har ett enkelt hjälpmedel för inställning av PID-parametrar saknats.

Inställning av P-, I- och D-parametrar kan vara nog så besvärligt och tidskrävande. Detta får till följd att många regulatorer är felaktigt inställda, vilket ger dålig reglering, sämre utbyte och därmed en sämre processekonomi.

NAF Controls har i samarbete med Institutionen för Reglerteknik, LTH, tagit fram ett nytt hjälpmedel kallat NAF AUTOTUNER som automatiserar inställningsförfarandet av PID-regulatorer.

NAF AUTOTUNER används med fördel vid:

- Idrifttagning av processer.
- Driftfallsomläggningar, ändrade processförhållanden etc.
- Intrimning av regulatorer.

Erfarenheter från praktikfall har varit goda och redovisas i kommande föredrag.

# ASEA INDUSTRY AND ELECTRONICS

## Adaptiv kokillnivåreglering Tekn.dr Bo Egardt, ASEA AB

Vid stränggjutning av stål är kvaliteten hos de färdiggjutna stålämnena (slabsen) bl.a. beroende av kokillnivåns variationer. Ju mindre smältans nivå i kokillen varierar under gjutningen, desto mindre blir slagginneslutningar och ytdefekter hos den färdiga produkten.

Uppgiften för regleringen är att hålla nivån i kokillen så konstant som möjligt. Under gjutningen kan processdynamiken förändras pga igensättning och andra fenomen, vilket är förklaringen till att kokillnivåreglering traditionellt anses besvärligt.

ASEA har erfarenhet av adaptiv reglering av denna process sedan 2 år tillbaka. Under hösten 1984 installerades 2 st NOVATUNE - utrustningar på två strängar för blooms och slabs vid Avesta AB i Degerfors. Viktiga komponenter i styrsystemet är - förutom NOVATUNE - ett sofistikerat mätsystem från japanska Nippon Kokan samt en ställdonsutrustning vars hydrauliska och mekaniska delar är av vital betydelse för systemets totala prestanda.

För installationen i Degerfors formulerades ett krav på nivåhållningen av  $\pm 3$  mm under 90 % av gjuttiden. Detta betraktades som ett mycket högt krav i förhållande till normala prestanda för denna typ av utrustningar. Resultaten överträffade alla förväntningar. Under hela gjutningen hålls nivån med mycket god marginal inom de gränser som satts upp. Detta är ett uppseendeväckande resultat och har såvitt känt inte uppnåtts någon annans i världen.