



# LUND UNIVERSITY

## Kursplanerevisioner i reglerteknik

Åström, Karl Johan; Olsson, Gustaf; Wittenmark, Björn; Holst, Jan

1978

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Åström, K. J., Olsson, G., Wittenmark, B., & Holst, J. (1978). *Kursplanerevisioner i reglerteknik*. (Technical Reports TFRT-7135). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*  
4

### 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

KURSPLANEREVISIONER I REGLERTEKNIK

K. J. ÅSTRÖM

G. OLSSON

B. WITTENMARK

J. HOLST

Institutionen för Reglerteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Februari 1978



Dokumentutgivare  
Lund Institute of Technology  
Handläggare Department of Automatic Control  
Karl Johan Åström  
Författare  
Karl Johan Åström  
Gustaf Olsson  
Björn Wittenmark  
Jan Holst

Dokumentnamn  
REPORT LUTFD2(TFRT-7135)/-121/(1978)  
Utgivningsdatum  
Febr 1978  
Ärendebeteckning  
06T6

10T4

Dokumenttitel och undertitel

18T0  
Kursplanerevisioner i reglerteknik (Revision of the basic courses in Automatic Control)

Referat (sammandrag)

28T0  
Undersökning har genomförts med syftet att revidera kursplanerna i reglerteknik vid LTH. Undersökningen har genomförts i form av enkäter och diskussioner med användare av reglerteknik, institutionsdagar, samtal i samband med konferenser och resor, besök av gästande forskare samt direktkontakt med näraliggande institutioner. Arbetet har resulterat i reviderade kursplaner i reglerteknik.

Referat skrivet av

42T0  
Olsson

Förslag till ytterligare nyckelord

16T0  
Undervisning i reglerteknik

Klassifikationssystem och -klass(er)

50T0

Indextermer (ange källa)

52T0

Omfång

16T0  
121

Övriga bibliografiska uppgifter

56T2

Språk

58T0  
Swedish

Sekretessuppgifter

60T0

ISSN

60T4

ISBN

60T6

Dokumentet kan erhållas från

Department of Automatic Control  
Lund Institute of Technology  
P O Box 725, S-220 07 LUND 7, Sweden

Mottagarens uppgifter

62T4

Pris

66T0

DOKUMENTDATABLAD enligt SIS 62 10 12

SIS-DB 1

## KURSPLANEREVISIONER I REGLERTEKNIK

Sammanfattning av arbetet

Huvudparten av arbetet har utförts av prof K J Åström, UL Gustaf Olsson, UL Björn Wittenmark samt vik UL Jan Holst. Hela institutionens personal har dock engagerats i vissa faser av arbetet.

Undersökningen har utförts i form av

- o enkäter och diskussioner med avnämare av reglerteknik
- o institutionsdagar
- o samtal i samband med konferenser och resor
- o besök av gästade forskare
- o direktkontakter med närliggande institutioner

Arbetet har resulterat i reviderade kursplaner för kurserna i reglerteknik. Utan tvekan har svårigheterna varit störst att en lämplig avvägning av stoff för de obligatoriska kurserna, eftersom de berör så många. Därför har tonvikten lagts på den allmänna kursen, vilken är obligatorisk för F,E och M. Mindre revideringar föreslås för fortsättningskurserna för F, E och M.

Arbetet med kursplan för reglerteknik MK för kemister pågår fortfarande därför att det finns flera alternativ till timantal. Ny kursplan till kursen datorer i regler-system har också utarbetats. Till viss del har denna redan provats under våren 1977.

### Kontakter inom LTH

Vid två tillfällen, i början och i slutet av undersökningen, har institutionsdagar kring undervisningen genomförts. Vid dessa samlingar har alla de från institutionen deltagit, vilka kan tänkas bidra med synpunkter på undervisningen och dess innehåll. Vidare har studievägledare, teknologer samt vissa lärare i angränsande ämnen, t.ex.

matematik, teletransmissionsteori samt kemisk apparat-teknik deltagit.

Den första institutionsdagen hölls i januari 1977., se bil. 1. Målet för diskussionerna var dels att formulera mål för undervisningen, dels att kritiskt granska nuvarande undervisning. Som ett resultat av dagen formulerades också ett antal frågor för den enkät som planerades för avnämare av reglerteknik.

Den andra institutionsdagen arrangerades i oktober 1977, bil. 2, efter det att resultaten av enkäten hade bearbetats, och ett förslag till ny kursplan för regler-teknik AK utarbetats. Dessa arbeten låg som underlag för diskussionerna, vilka avsåg att leda fram till en definitiv kursplan för reglerteknik AK. Speciell uppmärksamhet ägnades åt kemistundervisningen.

Utbildningen i reglerteknik för kemister har erbjudit speciella problem beroende på det lilla timantal som står till förfogande. För att uppnå en målsättning för denna kurs, vilken står i rimlig relation till internationell praxis har diskussioner inletts med avdelningarna för kemisk teknologi och kemisk apparatteknik. Resultaten av dessa diskussioner är ännu inte klara. Därför kan inte mer än skissartade kursplaner definieras för kemisterna. Ett sådant ges i bil. 2.

#### Kontaktmöte med andra reglertekniska institutioner

Efter institutionsdagen i oktober 1977 arrangerades ett möte med kollegor från andra reglertekniska institutioner i Sverige samt närliggande institutioner vid LTH, bil. 4. Det slutliga förslaget till kursplan för regler-teknik AK har kommit fram efter detta möte, bil. 8. Vidare har undersökts hur undervisningen för kemister är upp-lagd vid andra högskolor, bil. 3.

### Kontakter med avnämare och forskare utanför LTH

De kontakter som tagits med avnämare vid svenska industrier och forskningsinstitutioner har sammanfattats i bil.5. Efter det att sammanställningen gjordes klar har ytterligare resultat av samtal och enkäter kommit in, se bil. 6.

Vid de konferensbesök som vissa institutionsmedlemmar kunnat göra under året har också som uppgift ingått att söka få fram upplysningar som kan ligga till grund för en kursplanerevision. En viktig konferens härvidlag var IFAC (International Federation of Automatic Control) Symposium on Automatic Control Education, Barcelona, mars 1977. Leif Andersson och Johan Wieslander från Reglerteknik deltog med bidrag.

Institutionen har haft besök av utländska besökare, där speciellt Professor M. Mansour, ETH, Zürich, Schweiz och Professor I. Horowitz från Weizmanninstitutet i Tel Aviv, Israel, skall nämnas. De har aktivt givit goda tips för undervisningen.

Karl Johan Åström gästade Australien under augusti och kunde vid tillfället få information om reglerteknisk undervisning där. Gustaf Olsson vistades som gästprofessor i USA under sommaren 1977 och besökte också en del industrier och institutioner. Björn Wittenmark gästforskar f.n. i Connecticut, USA och har via brev givit tips om undervisning i reglerteknik vid några amerikanska institutioner.

### Kursen Datorer i reglersystem

Kursen "Datorer i reglersystem" har behandlats separat. För att så tidigt som möjligt prova vissa ideer inleddes diskussioner med andra berörda institutioner på LTH redan under nov. 1976. Resultatet har redovisats i bil. 7.

Reaktionen på de förändringar som infördes under våren 1977 i kursen var överlag gynnsamma, varför kursen kommer att genomföras på liknande sätt också våren 1978.

### Kursplaner

Tyngdpunkten i kursplanearbetet har legat på att utarbeta nya kursplaner för kursen reglerteknik AK. Flera alternativ har under året utarbetats allt eftersom ny information kommit in via enkäter, kontakter eller institutionsdagar. Det slutliga förslaget presenteras i bil. 8.

Diskussioner angående kursplan för kemisterna, reglerteknik MK, pågår fortfarande. Framför allt beror kursplanen där på vilken samordning som kan ske med kemisk apparatteknik och kemisk teknologi.

Den nya kursplanen i datorer i reglersystem återfinnes i bil. 7.

### Arbeten som återstår

Fortfarande återstår att pröva flera detaljer angående innehållet i fortsättningskurserna. Dels ska kursavsnitten testas gentemot avnämningens intressen, dels skall provas på vilket sätt de olika fortsättningskurserna bättre kan komplettera varandra.

Arbetet med reglerteknik MK för kemister utreds fortfarande och är beroende av den kursplanerevision man kan åstadkomma i kemitekniska ämnen.

### Kommentarer kring arbetsmetodiken

Med användande av jargong från teknikvärdering kan följande metoder användas i undersökningar av detta slag

- a) Expertsynpunkter
- b) Delfimetoder
- c) Trendextrapolation



- d) Normativ analys
- e) Systemanalys
- f) Tvärinfluensanalys (cross impact analysis)
- g) Scenario

I detta sammanhang har a) c) d) och f) använts. Vi fann ätt speciellt diskussionerna med industrifolk var till mycket stor nytta för arbetet.

## BILAGOR

1. Studiedag i Dalby kring kurser i reglerteknik.
2. Studiedag i Villa Haga kring kurser i reglerteknik.
3. Kurser i reglerteknik för kemister vid några andra tekniska högskolor
4. Diskussion med företrädare för samtliga reglertekniska institutuiner i Sverige samt närliggande ämnen vid LTH.
5. Intervju- och enkätundersökning.
6. Intervjuer och enkäter, del 2.
7. Kurser i datorteknik vid LTH.
8. Nya kursplaner för reglerteknik AK
9. Projektorienterad undervisning i reglerteknik vid ETH, Zürich.

## Bilaga 1

ANTECKNINGAR FRÅN STUDIEDAG I DALBY 14 JAN. 1977.

Syftet med dagen var framför allt att diskutera kursinnehåll och målsättning för allmänna kursen i regler- teknik. Den läses obligatoriskt av F, E, och M. Margi- nellt diskuterades också reglerteknisk utbildning för kemister.

I diskussionerna deltog institutionens lärare, forskare, doktorander och assistenter. Vidare deltog examensar- betare och studievägledare, se bil. C.

Frågeställningar

Följande frågor skulle diskuteras under dagen

Vad tror vi att en teknolog kan efter att ha gått igenom våra kurser?  
Hur skall tonvikten ligga när det gäller teoretisk resp praktisk kunskap?  
Vilka arbetsuppgifter tror vi att en F, E, M resp K ingenjör får åt det  
reglertekniska hållet?  
Vilka kunskaper sätter avnämarna värde på?

## Resultat:

Ställ upp ett antal frågor som vi kan ställa till industrirepresentanter för att få vägledning till att formulera kursernas uppläggning i framtiden.

## SAMMANFATTANDE SYNPUNKTER PÅ AK

Den allmänna kursen i reglerteknik ger en god grund i reglerteorin som är väl anpassad till dagens litteratur. En sammanställning av de viktiga kursmomenten ges i nedan

## SAMMANSTÄLLNING AV TIMANTAL PÅ OLIKA KURSMOMENT PÅ AK HÖSTTERMINEN 1976

	F+E				M			
	F	Ö	L	Σ	F	Ö	L	Σ
INLEDNING	2	-	-	2	2	-	-	2
DYNAMISKA SYSTEM	6	6	3.5	15.5	8	14	3.5	25.5
STABILITET	4	2	-	6	4	4	-	8
ATERKOPPLING	4	2	3.5	9.5	4	2	3.5	9.5
SYNTES	8	4	7	19	6	8	7	21
TILLÄMPNINGS- EXEMPEL	2	-	-	2	2	-	-	2
REPETITION	2	-	-	2	2	-	-	2
	28	14	14	56	28	28	14	70

Efter höstens erfarenheter kan det klart beläggas att 56 timmar är helt otillräckligt för F + E. Då en förfrågan till UNF och UNE också besvarats i positiv anda utgår vi också från ett kursomfång av 70 timmar.

Den allvarligaste invändningen man kan rikta mot AK är att kursen ger alltför lite känsla för reglerteknikens anknytning till verkligheten. Detta är speciellt allvarligt för de elever som endast läser AK. Här följer en lista på moment, vars införande skulle kunna ge en bättre praktisk anknytning. Det är helt klart att dessa moment ej kan införas utan att några andra avsnitt elimineras.

En annan invändning är att problem som anknyter till datorreglering ej behandlas.

Det har framförts att man skall införa samplade system i AK. Det förefaller ej realistiskt att införa samplade system i AK om man ej gör en ny kurs i linjära system som ges före AK. Mängden nya begrepp är stor nog redan i nuvarande AK.

I det fortsatta arbetet bör det därför eftersträvas att öka den praktiska anknytningen. Syntesavsnittet skulle då kunna reduceras och ges en annan inriktning. Det är säkert mycket bättre att en teknolog som bara läst en kurs i reglerteknik känner till enkla regulatorer. Detta har också den fördelen att vissa moment som upplevs som svåra i dynamiska system t.ex. observerbara och styrbara kanoniska former kan flyttas till FK. En annan möjlighet är att om en kurs i linjära system införs så skulle kursmomentet i linjära system kunna minska något.

### 1. MODELLBYGGE (8 tim)

Modellbygge behandlas som en del av en föreläsning. Några tal räknas också. Det kan vara motiverat att utvidga till 1F + 1Ö + 1 lab. Inlämningsuppgifter är också ett alternativ.

### 2. SIMULERING (4 tim)

Simulering behandlas nu på 1.5F. Vidare ingår analogmaskinsimulering i laborationerna. Det kan vara motiverat att införa digital simulering med SIMNON, att utnyttja simulering mer allmänt i övningar och föreläsningar, eventuellt ha inlämningsuppgifter.

### 3. ENKLA REGULATORER (8 tim)

Enkla regulatorer förekommer ofta i praktiken. Det kan vara motiverat att ägna större utrymme åt dessa i den inledande kursen. En tänkbar avvägning är

On-off reglering

PID-regulatorn

### 4. FÖRVERKLIGANDE AV REGLERSYSTEM (8 tim)

F n ges ett större tillämpningsexempel. Detta skulle kunna kompletteras med en föreläsning om förverkligande av reglersystem, en räkneövning och en genomgång av komponentsalongen, d v s totalt

Sammanfattande synpunkter på reglerteknik MK för kemister

Kemisterna har mycket lite kunskap om processdynamik, när kursen i reglerteknik kommer. Därför hänger kursen delvis i luften. Det är angeläget att knyta en kurs i processdynamik i kursen i reglerteknik. Detta ger kunskap i modellbyggnad för typiskt kemiinriktade processer. Modellbyggnadsdelen bör inta en dominerande del i undervisningen i reglerteknik. Viktigt att ge en känsla för dynamik.

Frekvensanalysen kan antagligen tas bort. I stället kan både analog och digital simulering införas i kursen. Det är viktigt att få verklighetsanknytning i kursen genom laborationer. Det betonades den stora bristen det innebär att inte kunna laborera. Kursen skall syfta till enkla reglerprinciper och syntes med PID-regulatorer.

Sammanfattande synpunkter på reglerteknik FK

Börja inte med delen olinjära system. Avsnittet fasplansanalys kan skäras ned kraftigt. Man kanske kunde införa Nyqvistteoremet i samband med stabilitet eller med beskrivande funktion.

Om man i AK undervisar om PID-regulatorer samt polplacering skulle man kunna undervisa om linjärkvadratisk syntes i FK. Betonades att interaktiva programsystemen Simnon och Synpac är viktiga ingredienser i FK. I stokastiska processer kan man begränsa sig till enbart tidsdiskret brus.

PU-enheten

**DELTAGARLISTA**

Institutionsdag på reglerteknik den 14 januari 1977.

Leif Andersson  
André Barbé  
Rolf Braun  
Britt-Marie Carlsson  
Eva Dagnegård  
Bo Egardt  
Hilding Elmqvist  
Tommy Essebo  
Michael Grimsberg  
Ivar Gustavsson  
Per Hagander  
Jan Holst  
Rolf Johansson  
Lars Jensen  
Claes Källström  
Matz Lenells  
Carl Fredrik Mannerfelt  
Sven-Erik Mattsson  
Per Molander  
Gustaf Olsson  
Lars Pernebo  
Eva Schildt  
Tomas Schöntal  
Jan Sternby  
Johan Wieslander  
Björn Wittenmark  
Karl Johan Aström

Med vänliga hälsningar *Eva Schildt* /Eva Schildt/



## UNDERVISNING I REGLERTEKNIK

Studiedag i Villa Haga 11 oktober 1977

Som en uppföljning av tidigare institutionsdag, enkäter, intervjuer och andra kontakter angående undervisningen i reglerteknik arrangerades en ny institutionsdag den 11 oktober. Förutom institutionens egen personal deltog också studievägledare samt företrädare för närliggande ämnen vid LTH.

Som underlag för dagens diskussioner fanns dels den enkätsammanställning som gjorts (bil. 5), dels förslag till kursplanerevision i en tidigare version. Huvuduppgiften för diskussionen var att söka fastställa kursplanen för de obligatoriska kurserna reglerteknik AK och MK.

Fyra olika arbetsgrupper diskuterade under dagen. Tre av dem koncentrerade sig kring reglerteknik AK (med olika deluppgifter), medan en grupp enbart diskuterade undervisning för kemister, reglerteknik MK.

Deltagarlistan framgår av bilaga A.

Diskussionen om reglerteknik AK.

Kursinnehåll: Den föreslagna ökningen av modellbyggesdelen är bra. Den bidrager till en ökad koppling mellan olika ämnen. Avsnittet om modellbyggnad bör även innehålla modellreduktion samt behandla modellens giltighetsområde. Rotort och frekvenskurvor bör vara med, men bör presenteras med tanke på att de i framtiden kommer att intas av dator och ej med papper och penna. Styrbarhet och observerbarhet bör vara med men inte ges för stor vikt.

Kursuppläggning: Det är önskvärt med grupparbeten, men det kräver handledning och blir därför dyrt. Svårt att genomföra i AK p.g.a. det stora elevantalet. Övningsuppgifter (och tentamensuppgifter) med överflödigt information bör förekomma. Man bör dock se till att uppgifter som belyser grundläggande teori ej kommer bort.

Övrigt: Skilda kurser för M resp. F,E är önskvärt. Viktigt med återkoppling från studieråden. Detta bör ske under kursens gång, kanske varannan vecka.

Diskussion om reglerteknik MK för kemister.

Gruppen konstaterade att den nuvarande kursen för kemister lämnade mycket övrigt att önska.

Önskemål fanns att knyta ihop processdesign med reglerdesign. Möjligheten att under den begränsade tid som fanns kunna lära kemister att själva lösa svårare reglerproblem ansågs vara för hög ambitionsnivå. Kunskapsnivån borde hellre rikta in sig på att kunna samma språk som en reglertekniker. Dynamikbegreppet ansågs vara viktigt och borde få större plats i kursen. Förslag lades också att modellbyggandet skulle ökas. Gruppen ställde sig tveksam till frekvensanalysen.

Gruppen kom fram till följande:

Kurslitteratur:

- a) Boken som användes kunde gärna vara omfattande så att teknologen kunde använda densamma som uppslagsbok i sin fortsatta verksamhet. I detta sammanhang kunde man samköra litteratur i Reglerteknik och Kemisk apparatteknik, nämligen Luyben "Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers". Önskvärt vore att tillsammans med denna bok ha en "specialiserad" på reglerteknik. Viktigt är dock att teknologen får noggranna anvisningar om vad som skall ingå i kursen. Detta för att ej avskräcka teknologen.

- b) En ny exempelsamling bör utarbetas där huvudvikten läggs vid kemitekniska problem. Exempelsamlingen skall bestå av ett rikt urval med noggrant genomräknade exempel. Detta för att ge teknologen en vägvisning vid lösandet av likartade problem i framtiden.
- c) Ett separat häfte med en sammanfattning av den matematik som teknologen kan tänkas behöva. Huvudvikten bör läggas vid komplexa tal, matrisberäkning, diff-ekv, Laplace etc.

#### Kursens placering:

Kursens nuvarande placering ansågs olämplig då teknologen ej hunnit inhämta nödvändiga kunskaper: reaktor- och kolonnteknik. För att få ett naturligt samband bör kursen flyttas från lp 1 till lp 2. Detta med den reservationen att nödvändiga förskjutningar kan göras i timbelastningen mellan lp 1 och lp 2 så att teknologen ej drabbas av en omänsklig arbetsbelastning i lp 2.

#### Kursens omfång:

Här fanns två huvudvägar som diskuterades.

- 1) Genom att ta 7 timmar från vardera Kemisk teknologi FKIC och Kemisk apparatteknik FKI få ett block som skulle kallas process-dynamik. Till detta kom sedan de nuvarande 35 tim. Fördelen med detta extra block var att få en naturligare övergång till reglerteknik och öka teknologens intresse genom att få beröringspunkter med kemitekniska ämnen.
- 2) Genom att i de obligatoriska FKII-kurserna i Kemisk teknologi eller Kemisk apparatteknik lägga in obligatoriska reglertekniska problem i samarbete med industrin. Folk från institutionen för Reglerteknik skulle då vara som konsulter för dessa grupper av teknologer. Arbetsbelastningen för lösandet av dessa problem uppskattades till

ca 60 tim. Kritiska röster menade att med den relativa lilla kunskap i reglerteknik som kemisterna har skulle det vara svårt att finna lämpliga problem.

Avslutningsvis önskade gruppen ett större samband mellan reglerteknik och matematik. Den stora tidsskillnaden mellan matematikkurserna och reglerteknik ansågs olycklig.

Önskvärt vore också att kemisterna finge göra någon eller några laborationer i reglerteknik.

#### Sammanfattande synpunkter på kursplaner i reglerteknik

- Kursplaneförslaget i stort sett bra för F,E och M.
- Inledning och modellbygge viktiga avsnitt, men kräver omtanke och arbete vid utformningen.
- Kemisterna behöver liknande kurs, men skraddarsydd.
- Inledningen blir olika för olika sektioner (F,E,M,K), men skall leda fram till en gemensam abstraktionsnivå.
- Syntesavsnittet kan minskas.
- Diskreta regulatorer bör ev. tas med, då t.o.m. diskreta PID-regulatorn.
- Lite om strukturer skall med, men ej specifikt om observerare el. dyl.
- Ingen drill på avsnitt som observerbarhet, styrbarhet, Nykvist-kurvor o. -krit.
  
- Bra ta hänsyn till att teknologer är olika. En del vill ha översikter och få reda på när olika metoder och strukturer duger. Andra vill istället ha all teori och ekvationer genomgångna i detalj. Därför bra med två olika föreläsningssgrupper av olika typ, helst ej linjebundet.  
 Detta är omöjligt att genomföra praktiskt, tyvärr (Karl-Johan, Sven Spanne).

- Modellbygge måste införas försiktigt, eftersom det är oklart och svårt att veta hur den kursdelen skall se ut.
- Kursen för K är för ambitiös för sitt timantal. Kan den inskränkas till att ta upp analys i enbart tidsplanet? Går nog bra, ty kemister pratar sällan i frekvenstermer.

Slutligen diskuterades för- och nackdelar med undervisning i projektform. Det har prövats på K-sektionen. Projekten bör vara industrianknutna och hålla på c:a 1-2 veckor (heltid). Detta är mycket bra, men också dyrt (c:a 2000:./elev). Emellertid är det mindre bra att ha hela undervisningen i projektform, vilket görs i Aalborg. Man lär sig då bara projektets problem, medan baskunskaperna åsidosätts (Mogens Levin).

1977-10-06

Studievägledarna F,E,M,K  
Prof Göran Einarsson, TTT  
Univ lektor Gharib Aly, Kemisk  
Apparatteknik  
Univ lektor Ake Danielsson, Kem  
teknologi  
Univ lektor Sven-Ake Nilsson,  
Ind org  
Univ lektor Sven Spanne, matte  
Eva Falk-Nilsson, Pu-enheten

### Utbildningen i reglerteknik

Vi diskuterar den reglertekniska utbildningen vid en institutionsdag tisdagen den 11 oktober på Villa Haga, Bjärred. Samling kl 12.30 för lunch. Avslutning omkring kl 17. E.m kaffe serveras.

Kursplanearbetet, som ägt rum sedan i vintras har nu resulterat i preliminära utkast till kursplaner. Den viktigaste delen torde vara obligatoriska kurserna för F, E, M och K. Som information sändes ut en sammanställning av enkäten och samtal som förts under våren och sommaren.

Vägbeskrivning: Åk stora vägen mot Bjärred. Framme i Bjärred, tag kustvägen söderut mot Lomma och åk ca 1/2 km. Villa Haga ligger sedan ut mot stranden, väl synlig i en stor parkliknande trädgård.

Välkommen

  
Gustaf Olsson

DELTAGARLISTA VILLA HAGA

Matz Lenells  
Rolf Andersson  
Gharib Aly  
Jan Sternby  
Bo Westerberg  
Hilding Elmqvist  
Claes Källström  
Ragna Ehrensträhle  
Hans-Olof von Essen  
Per Hagander  
Sven Spanne  
Leif Andersson  
U. Fagerstedt  
Mogens Levin  
Sven-Erik Mattsson  
Ann-Britt Nilsson  
Gustaf Olsson  
Carl Fredrik Mannerfelt  
Tomas Schönthal  
Karin Sellberg  
Sven Erik Wahl  
Tommy Essebo  
Ivar Gustavsson  
Göran Eriksson  
Lars Pernebo  
Johan Wieslander  
Karl Johan Åström  
Eva Dagnegård  
Britt-Marie Carlsson  
Eva Schildt

## UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Kurser i reglerteknik för kemister vid några andra tekniska högskolor.

Jan Holst

Civilingenjörer i kemi utbildas vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm, vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg och vid Lunds Tekniska Högskola, men däremot ej vid Högskolan i Luleå eller vid Linköpings Universitet. Kursplanerna för de kurser i Reglerteknik vid CTH och KTH som är jämförbara med kursen Reglerteknik MK vid LTH kommer här att diskuteras. De är hämtade från studiehandböckerna för respektive högskola. Dessutom ges studieplanerna för de kurser i Reglerteknik för kemister som ges i Trondheim vid Norges Tekniska Högskola.

Chalmers Tekniska Högskola

Vid utbildningslinjen för Kemi vid CTH finns två studieinriktningar, en allmän studieinriktning och en studieinriktning med teknisk fysisk begynnelseutbildning. De studerande som väljer den senare utbildningsinriktningen följer de två första årskurserna undervisningen vid utbildningslinjen för Teknisk Fysik. För dessa studerande överensstämmer kurserna i Reglerteknik dem de kurser som läses av tekniska fysiker. Dessa kurser motsvara närmast Reglerteknik AK och FK vid LTH och de kommer därför inte att behandlas här. Man kan emellertid notera att det vid CTH utbildas civilingenjörer i kemi med förhållandevis god matematisk och reglerteknisk bakgrund.

Den kurs i Reglerteknik som läses av studerande med allmän studieinriktning kallas Reglerteknik K och omfattar totalt 42 timmar fördelat på 14 timmar föreläsning, 21 timmar övning och 7 timmar laboration.



I kursen behandlas grundläggande metoder för analys av linjära reglersystem, illustrerat med enkla reglerfall hämtade från processindustrin. Dynamiska system modelleras med differentialekvationer men f.ö. arbetar man i frekvensplanet. Man behandlar överföringsfunktion, frekvensanalys, blockschema och återkoppling. I analysavsnittet ingår också felanalys och stabilitet inklusive rotort. Syntesen omfattar en genomgång av specifikationer och man lär sig PID reglering och kompensering. Vanliga reglerkomponenter beskrives översiktligt. Laborationen omfattar inställning av en PID regulator.

Vid institutionen för Kemisk Apparatteknik har man en laboration på processdynamik.

#### Kungliga Tekniska Högskolan

Vid KTH ges två kurser i Reglerteknik för kemister. Den ena är frivillig och ges vid institutionen för Reglerteknik. Den andra är obligatorisk och ges vid institutionen för Kemisk Apparatteknik.

Kursen vid institutionen för Reglerteknik är tämligen omfattande och läses också av elektriker. Den omfattar 58 timmar, fördelat på 14 timmar föreläsning, 35 timmar räkneövning och 9 timmar laboration.

I kursen behandlas grundläggande begrepp och problemställningar. Man studerar modellbygge och arbetar därefter i såväl tids- som frekvensplan. I kursen behandlas olika representationer av dynamiska system inklusive tillståndsbeskrivningar. Andra element i analysavsnittet är frekvensanalys, stabilitetsanalys, rotortmetoder, återkopplade system. I syntesavsnittet behandlas enklare regulatorer.

Kursen vid institutionen för Kemisk Apparatteknik omfattar 21 timmar föreläsning. Denna kurs är alltså obligatorisk.

Föreläsningarna ägnas åt problemställningar, linjära system, stabilitet, PID regulatorer, något åt komponenter, tillämpningar och ett större exempel, t.ex. destillationskolonn eller kemisk reaktor.

### Norges Tekniska Högskola

Vid NTH läser alla kemister en obligatorisk kurs i Reglerteknik. De som specialiserar sig åt processteknikhålllet läser därutöver två kurser.

Den obligatoriska kursen för alla kemister är omfattande och sträcker sig över ett helt läsår. Under hösten har man tre timmar föreläsningar och två timmar övningar per vecka och under våren en timma övning och två timmar laborationer per vecka. Totalt gör man 20 timmars laborationsarbete. I kursen arbetar man väsentligen med transformmetoder och behandlar t.ex. frekvensanalys, stabilitet, reglerprinciper och syntes med hjälp av Bodediagram. Dessutom ingår i kursen ett avsnitt om dimensionering av ventiler.

För de processinriktade teknologerna har man en helt annorlunda inriktning på undervisningen. Tonvikten är här lagd på dynamiska system och simulering. Det finns två kurser, Processdynamik och Processsimulering. Båda kurserna läses under vårterminen och omfattar vardera två timmar föreläsning och två timmar övning per vecka. I den förra kursen är modellbygge, balansekvationer och tillståndsbeskrivningar väsentliga element. I den senare behandlar man väsentligen modellbygge, simulering och diskuterar även optimering.

### Sammanfattning

Vid de tre tekniska högskolorna liksom även vid LTH är kursen i Reglerteknik för kemister oftast en förminskad version av den kurs i Reglerteknik som läses av fysiker, elektriker och/eller mekaniker. Kemin kommer in först i samband med tillämpningar av teorin. Vid NTH har man där-

utöver gått ett steg längre och gjort radikalt annorlunda kurser speciellt för de processinriktade kemisterna. Dessa kurser baseras på tillståndsbeskrivningar av system, som är naturligt för kemisterna, och innehåller modellbygge och simulering som två mycket väsentliga element.

#### Källor

Studiehandbok 1976/77 för Chalmers Tekniska Högskola,  
Göteborg.

Studiehandbok. Grundläggande Utbildning 1975-76 för Kung-  
liga Tekniska Högskolan, Stockholm.

Studieplan 1974-75 för Norges Tekniska Högskola, Trondheim.

## KURSPLANEREVISIONEN

DISKUSSION MED FÖRETRÄDARE FÖR SAMTLIGA REGLERTEKNISKA  
INSTITUTIONER I LANDET SAMT NÄRLIGGANDE ÄMNEN VID LTH

K.J. ÅSTRÖM

G. OLSSON

1. INLEDNING
2. DISKUSSIONSSAMMANFATTNING
  - 2.1 Modellbygge
  - 2.2 Diskreta system
  - 2.3 Frekvensanalys
  - 2.4 Kursgenomförande
  - 2.5 FK
  - 2.6 Kemister
3. SLUTSATSER

## 1. INLEDNING

I augusti 1976 träffades representanter från olika regler-  
tekniska institutioner i Sverige vid CTH, Göteborg för att  
diskutera gemensamma undervisningsproblem. Som en logisk  
fortsättning av detta möte arrangerades ett liknande möte,  
nu vid LTH. Syftet var att redogöra och diskutera erfaren-  
heterna av det kursplanearbete som under 1977 bedrivits  
vid institutionen för regler teknik LTH. Andra närliggande  
institutioner vid LTH liksom representanter för regler tek-  
niska institutioner kunde därvid ge nyttiga synpunkter  
på förslagen. En sammanfattning av diskussionerna ges  
i denna rapport. I bilaga finnes en förteckning över  
deltagarna i mötet.

## 2. DISKUSSIONSSAMMANFATTNING

De viktigaste punkterna i diskussionen är här redovisade  
i separata avsnitt. Framför allt betonades den obligatoriska  
undervisningen i regler teknik, eftersom den berör så många  
kategorier av teknologer.

Den enkät som utförts bland avnämare (ref. 1) angående den  
reglertekniska utbildningen diskuterades. Många allmänna

synpunkter på civilingenjörernas utbildning har därvid kommit fram. I diskussionen betonades att det är viktigt att dra gränser mellan vad en högskola skall lära ut och vad industrin med fördel lär ut. I högskolan skall man framförallt lära sig grundläggande fakta. Det är dock viktigt att den färske civilingenjören inte känner sig dum inför problemen han möter i industrin. Riktigt utformade laborationer kan vara ett sätt att ge en känsla för verkligheten. Det är viktigt att försöka förankra teorin i verkliga problem. Verklighetsförankringen får dock ej drivas så långt att den inkräktar på högskolans huvuduppgift att lära ut grundläggande fakta. Det är också viktigt att teknologerna lär sig att kommunicera, både i tal och i skrift. Skolan skall lära ut den teori och metodik som är den senaste utvecklingen, eftersom ny teknik oftast förmedlas via nya ingenjörer.

### 2.1 Modellbygge

Modellbygge är en viktig länk för att förankra teorin i verkligheten. Det torde också ge eleverna en bättre motivation att lära sig reglerteorin. Det är viktigt att undervisningen i modellbygge inte är för ytlig. Man skall lära ut allmänna principer (t.ex. balansekvationer) och dessa skall demonstreras på många konkreta exempel. Man måste kunna göra klart för eleverna, att många olika typer av processer kan beskrivas med liknande typer av dynamiska samband. Det är bra att referera modellerna till rätt abstraktionsnivå (ordinära differentialekvationer överföringsfunktioner). Man har t.ex. kritiserat E-ingenjörer vid ASEA att antingen vara "LC" eller "RC" ingenjörer, dvs att de som referensramar till sina resonemang använder alltför begränsade matematiska modeller. Det är viktigt att förstå vad som är specialfall och vad som är generella metoder. Modellbygget blir då en viktig länk till andra ämnesområden.

Modellbygge är svårt och tidsödande att lära ut. Det är viktigt att laborativa moment ingår i denna undervisning. Man bör arbeta med verkliga fysikaliska processer.

Vid KTH använder man sig i fortsättningskurser av 6 standard-exempel i undervisningen (inloppslåda, travers, blandningssystem, transportband, uppvärmningssystem, kommunikationsnätverk). Erfarenheter från CTH indikerade att F-teknologer upplevde modellbygge vara väsentligt men besvärligt. Tentamen i modellbygge är ett problem. Möjligen kan inlämningsuppgifter vara en lösning. Vid KTH har s.k. blockschematal provats. Teknologerna anser dem vara svåra och pedagogerna kritiserar dem. Man bör noggrant tänka igenom "benämnda" problem. Det förslag som skisserats i nya kursplanen för LTH där tentamen på kursmomentet skall bestå i att göra en modell för en process och på laboration jämföra modell och verklighet förefaller således vara en god utgångspunkt.

## 2.2 Tidsdiskreta system

Man bör nämna tidsdiskreta system i en allmän kurs, eftersom datorn är en så viktig systemkomponent i allt fler regler-system. Steget till diskreta från kontinuerliga PID-regulatorer är ganska kort. Däremot är det ej realistiskt att mer systematiskt lära ut teorin för samplade system i den inledande kursen.

## 2.3 Kursgenomförande

### Ordning mellan avsnitten

Lennart Ljung föreslog att kursen skulle genomföras med annan ordning än den traditionella. Uppläggningsen skulle i princip föras enligt följande:

1. Inledning. Praktiska reglerproblem.  
Intuitiv tolkning av reglerproblem med PID-regulatorer.
2. Linjära differentialekvationer, dock ej tillståndsbegreppet. In-utsignalsamband, stabilitet
3. Allmänna strukturen för vanlig återkoppling
4. Frekvensanalys  
Bode, Nyqvist, syntes med frekvensanalytiska metoder.
5. Besvärliga problem. Förkortning av poler och nollställena.  
Begreppet tillstånd (lämnas ev. till FK)
6. Tillståndsåterkoppling. (lämnas ev. till FK)  
Styrbarhet, observerbarhet, observatorer etc.

Genom att föra in begreppet tillstånd på slutet kan man tidigarelägga en del av syntesen. Detta ger dels en bättre motivering för att lära sig analysen, dels en mer logisk framställning enligt Ljung. F.n. är "analysberget" alldeles för stort. Man kommer knappt ned från det.

BS: Mängden analys skall inte minskas, men "analysberget" upplevs ofta för stort genom att praktiska anknytningar saknas.

BQ: Svårt att vänta med generella begrepp till slutet av kursen. Risken stor att metoderna ej hinner mogna.

BQ: Styrbarhet, observerbarhet och rotort viktiga som begrepp, men behöver ej drillas. Uppläggningsmotsvarar det som var vanligt i slutet på 40-talet.

KJÅ: Syntesen kanske ej är det viktigaste i AK. Många viktiga begrepp kommer sent och medhinner kanske ej.

Slutsatsen var att det var intressant att ta del av erfarenheterna av kursuppläggningsmetoden i Linköping då den provats.

#### Datorer i undervisningen

Datorer utnyttjas i stor utsträckning på flera institutioner. Högskolorna i Luleå, Uppsala och Linköping är utrustade med datorsystem med många terminaler, som användes i undervisningen. Man kan alltså konstatera att de äldre högskolorna (KTH, CTH, LTH) släpar efter avsevärt vad gäller terminalkapacitet. Erfarenheter från användning av datorer i undervisningen finnes nu från Luleå, Teknikum Uppsala, Teletransmissionsteori, LTH samt i doktorandundervisningen i reglerteknik LTH.

Utrustningen vid de olika institutionerna är:

Luleå: Nord 10 dator, 6 alfanumeriska terminaler

Uppsala: HP 2000 dator, Basicspråk, 2 grafiska samt 10 skrivande terminaler

Linköping: Den nya universitetsdatorn (tillsammans med FOA 3) är dimensionerad för 150-250 terminaler. Därav skall finnas tillgängligt ca 20 terminaler för systemteknik. Idag finnes 10 grafiska terminaler TTT, LTH: HP 2000 med Basic. Finnes 4 grafiska skärmar.

CTH: Speciell utrustning med 8 bildskärmar kopplade till hybriddator.

LTH: PDP 15 och UNIVAC med två grafiska terminaler. Goda interaktiva system SIMNON, IDPAC, MODPAC etc. finns. De används i forskning och doktorandundervisning. Men kan pga terminalbrist ej användas i vanlig teknologundervisning.

Med datorer kan mer realistiska problem behandlas i undervisningen. Man kan också inrikta undervisningen mer mot grundläggande ideer och komma ifrån att drilla teknologer i mindre viktiga detaljer. Vidare kan approximativa lösningar testas mot mer exakta beräkningar. Det betonades att programmen skall vara flexibla för att undvika någon form av programmerad undervisning. Viktigt med interaktion mellan elev och dator. Detta har med stor framgång provats i doktorandundervisningen i reglerteknik LTH. Program finnes. Endast ekonomiska begränsningar hindrar att datorer kan direkt införas i grundundervisningen.

Datorer också en viktig del i modellbyggnadsavsnittet. Simulering skall kunna genomföras lätt. Inlämningsuppgifter lämpligt (se nedan).

Datorn skall inte användas för enbart demonstrationer, speciellt om demonstrationsprogrammen inte är flexibla. Dessutom är det olämpligt att använda datorn för att lagra frågor till teknologerna. Datorn blir då bara ett blädderblock.



### Tentamensformer

Speciellt svårt att tentera folk på modellbyggnad. Här kan inlämningsuppgifter vara lämpliga. Viktigt att utvärdera vilken effekt tentamen har på förberedelserna för arbetet. Teorin är svår att tentera vettigt. Vid LTH är erfarenheterna från flervalssfrågor ganska negativa. Orsaken är dels, att det är svårt att göra helt vattentäta problemformuleringar, dels att teknologen inte kan motivera sitt svar. Vid CTH är erfarenheterna bättre med flervalssfrågor. Man har en problembank på ca 200 problem. Man genomför datorrättning. Denna ger goda möjligheter till statistik. På så sätt kan olämpliga problem sorteras ut från framtida tentamina. Varje flervalssfråga kräver någon form av beräkning. Svartalternativen är ofta ett antal numeriska värden. Tentamina består av 18 frågor à 1 poäng samt 15 poängkonventionella problem.

KTH har en typ av problem som innehåller både teori- och problemlösning. Tentamensproblemet är indelat i ca 10 uppgifter om 1 poäng vardera. En del är teorifrågor, en del konventionella problem. Genom att teorifrågorna åsätts bara 1 poäng ger detta mindre utrymme för svammel.

### 2.5 Fortsättningskurser

Fortsättningskurserna är i princip valfria eller frivilliga. I Linköping har man i år 6 tim undervisning om identifiering samt adaptiva system. Avsnittet om Lyapunovstabilitet har tagits bort. Både optimering och identifiering bör finnas med i en FK. Man bör tunna ned avsnitten i olinjära system, framför allt fasplansanalys och Lyapunov.

BQ: Det skulle vara önskvärt om det fanns möjlighet att bedriva FK som en stor projektstudie, för vars genomförande krävs ett antal metoder.

LL: Varför kan man inte undervisa om tidskontinuerligt brus? Borde vara ganska viktigt.

KJÅ: Med den planerade omläggningen av AK är det riktigt att den nya FK kommer att innehålla ett rejält syntesavsnitt.

## 2.6 Reglerteknik för kemister

För kemisterna upplevs frekvensanalysen som ett koncept utan naturlig fysikalisk mening, då det ej finns någon tradition av frekvensanalys inom kemiundervisningen. Mot detta talar att en stor del av litteraturen i processorienterad reglerteknik använder frekvensanalys som verktyg. BQ: Det är antagligen svårt att utelämnas frekvensanalysen för kemister. Försök att istället konkretisera så mycket som möjligt.

TB: Kemister upplever begreppet tillstånd som naturligt. Uteslut därför gärna frekvensanalysen.

Man kommer ganska långt med att skriva överföringsfunktioner stenografiskt med  $p$ -operatoren i stället för Laplacetransformen.

Bland enkätsvaren finner man liksom i diskussionen att frekvensanalysen är omdiskuterad.

Vid både LTH och CTH upplevs problem med kemistundervisningen, främst beroende på att så lite tid är anslagen till dessa kurser. På grund av att kemisterna har otillräcklig träning i matematiska verktyg upplever man svårigheter i reglertekniken. Att man uppfattar kursen i reglerteknik teoretisk är ofta ekvivalent att man inte fattat teorin som förutsättes som förkunskap. Viktigt att för kemisterna betona begreppet tillstånd. Det finns en naturlig anknytning till modellbyggnad i processdynamik, vilken de lärt sig i kemisk reaktionslära eller kemisk apparatteknik. Processdynamik upplevs som ett viktigt område, medan man kan ta lättare på avsnittet syntes av reglersystem.

## 3. SLUTSATSER

De viktigaste punkterna i diskussionen var följande:

- o modellbygge är en viktig del i kursen som dock kan bli svår att genomföra. Det ger möjlighet att knyta

samma teori och verklighet. Tenteras lämpligen med någon form av inlämningsuppgift.

- o diskreta system bör nämnas i kursen i samband med enkla regulatorer. Man hinner dock ej med någon teori för samplade system.
- o frekvensanalys viktig för F, E, och M. Dess betydelse för K är omdiskuterad. Laplacekalkylen kan ev. ersättas för K med p-operatorer.
- o Intressant att ta del av erfarenheterna från Linköping med annan ordning på undervisningsmomenten
- o Viktigt att undersöka närmare varför flervalfrågor på teorin fungerar så bra på CTH och så dåligt på LTH.
- o datorer är en mycket viktig komponent i undervisningen. Mer realistiska övningsuppgifter kan lösas. Hittills har dock de äldre högskolorna ekonomiska svårigheter att införa datorer i undervisningen.

Referenser

1. B. Wittenmark: Utbildning i reglerteknik. Intervju- och enkätundersökning. Intern rapport, Inst. för reglerteknik, LTH, 1977.
2. K.J. Åström: Kursplanerevisionen - nya kursplaner för AK. Intern rapport, Inst. för reglerteknik, LTH, 1977.

DELTAGARE DISKUSSIONER REGLERTEKNIK 20 oktober 1977

Luleå, reglerteknik

UL Bengt Schmidtbauer

Uppsala, reglerteknik

UL Torsten Söderström

KTH, reglerteknik

Prof Torsten Bohlin

UL Vidar Wallin

LiH, reglerteknik

Prof Lennart Ljung

UL Torkel Glad

CTH, reglerteknik

Prof Birger Qvarnström

Ass Stig Franzén

Ass Claes Lindeborg

LTH, teletransmissionsteori

Prof Göran Einarsson

UL Göran Salomonsson

LTH, reglerteknik

Prof Karl Johan Åström

UL Gustaf Olsson

UL Jan Holst

Fo-ing Leif Andersson

UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Intervju- och enkätundersökning

Björn Wittenmark

1. Bakgrund
2. Enkäten och svar
3. Intervjuer
4. Sammanfattande synpunkter

Appendix A: Enkäten

Appendix B: Svar på vissa enkätfrågor

1. BAKGRUND

Vid Institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola görs för närvarande en större översyn av samtliga kursplaner i reglerteknik. Denna översyn görs delvis med hjälp av PU-pengar. För att få ett underlag till revideringen av kursplanerna har vi gjort intervjuer med yrkesverksamma ingenjörer vid åtta företag. Personer från institutionen har därigenom haft möjlighet att utbyta synpunkter med ca 25 ingenjörer på olika nivåer i företagen. Vidare har vi skickat ut enkäter och fått in svar från 29 personer. Flera av dessa är desamma som de intervjuade personerna. Enkäten har också följts upp genom telefonkontakt med de flesta av de personer som har skickat in svar. Urvalet vid utskickandet av enkäten har varit långt ifrån slumpmässigt. I stället har vi strävat efter att ge enkäten till personer som vi redan tidigare har haft kontakt med och vilkas verksamhet vi känner till. På detta sätt har det varit möjligt att med ett mindre antal enkäter få en god spridning när det gäller olika typer av industrier och befattningshavare. Intervju och enkätundersökningen skall inte ses som en uttömmande undersökning utan som ett bra och enkelt sätt för institutionen att få en uppfattning av vilka reglertekniska problem och frågeställningar som är aktuella inom olika typer av företag. Från institutionens sida vill vi rikta

ett varmt tack till de personer och företag som välvilligt har ställt upp och besvarat våra frågor.

## 2. ENKÄTEN OCH SVAR

Enkäten skickades ut till ett antal personer i olika ställning inom industrin och undervisningsväsendet. Vi fick in 29 svar vilket är i stort sätt från samtliga som fick enkäten. Hela enkäten finns i Appendix A. Nedan följer en sammanställning av de svar som vi har fått in. En del frågor har krävt ett längre svar. Dessa svar finns i redigerad form i Appendix B.

### Vilka arbetsuppgifter har du?

Konstruktör	4	
Produktionstekniker	4	
Administratör	3	
Konsult	3	
Försäljare	1	
Annat	11	Exempel: Reglerspecialist, Teknisk utveckling, Gruppledare, Systemman, Processingenjör, Professor, Produktplanering.

### Vilken är din utbildning i reglerteknik? När?

De flesta var utexaminerade från någon teknisk högskola. Många hade dessutom en högre examen (licentiat- eller doktorsexamen). De med äldre utbildning har i regel endast läst kortare kurser i reglerteknik.

Tidpunkten för utbildningen fördelades enligt följande:

1950 - 59	5 st
60 - 69	5 "
70 - 76	15 "

Detta visar att de flesta har fått sin utbildning i regler- teknik relativt sent.

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

Mycket stor	5
Stor	7
Måttlig	5
Liten	4
Ingen alls	0

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

Svaren finns i Appendix B. En tonvikt ligger på total-optimering av processer, produktionsstyrning och användningen av datorer i reglersystem, framför allt mikrodatorer.

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor?

< 5	6 st
5 - 10	9 "
11 - 20	1 "
> 20	5 "

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i reglerteknik?

Nej	2 st
Vet ej	3 "
Ja	20 "

Det finns inom företagen ett stort behov av kurser i reglerteknik. Förslag på kurser är bl.a.

Översikt av metoder med tillämpningsexempel

Identifiering

Datorer i reglersystem

Processreglering

Samband mellan teori och praktik

Hur använder man "modern" reglerteknik

Modellbygge och simulering



Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

Se Appendix B. De flesta svaren tar upp problem som:

\* Samband mellan teori och verklighet ←

Ekonomiska aspekter

Konsten att skriva rapporter

Praktisk erfarenhet

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan?

Så gott som samtliga menar att teori och allmänna metoder skall man lära sig på högskolan. I industrin lär man sig lätt praktiska saker som komponenter, kommersiella system, normer och standard. ←

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete?

Ja 13 st

Tveksamt 3 "

Nej 4 "

Det är många som menar att det är viktigt att teknologerna redan på högskolan lär sig arbeta i grupp och att driva ett projekt som skall vara färdigt vid en bestämd tidpunkt. Många frågar sig bara om det finns tid under högskoletiden att göra det.

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik?

Teknisk fysik 25 st

Elektroteknik 26 "

Maskinteknik 26 "

Väg och vatten 5 "

Arkitektur 3 "

Kemi 21 "

En klar majoritet tycker att F, E, M och K skall ha undervisning i reglerteknik. De som har prickat för V och A har ofta motiverat detta med klimatstyrning, ventilation etc.

Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder?

Detta har varit en svår fråga att besvara. De flesta svaren har haft innebörden att man måste lära sig både kvalitativa och kvantitativa metoder. De kvalitativa metoderna är viktiga för förståelsen. De kvantitativa metoderna måste också finnas för att man skall få fram ett svar.

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc?

Svaren indikerar att man tycker det är viktigt för viss praktisk erfarenhet. Detta för att man ej skall vara helt handfallen när man kommer ut. Det kan nog räcka med laborationerna för att förmedla detta praktiska handhavande.

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt).

	1	2	3	4	Medelvikt
Modellbygge	11	10	4	2	1.89
Analys	17	7	3	0	1.48
Simulering	3	13	8	2	2.35
Syntes	8	14	4	1	1.93
Förverkligande	5	6	11	5	2.59

De viktigaste avsnitten är analys, modellbygge och syntes medan simulering och förverkligande bedöms som lite mindre viktiga. Det minst viktiga området är komponenter. ←

Detaljfrågor

Nedan ges ett antal områden och detaljer. Markera vad Du tycker ev. bör ingå i en grundkurs i reglerteknik och vad som bör ingå i en fortsättningskurs. Det fjärde svarsalternativet "Annat ämne" skall Du markera om Du anser att delområdet skall ingå i grund- eller fortsättningskurs i civilingenjörsutbildningen men ej i ämnet reglerteknik.

Grundkurs

Fortsättningskurs

System, modeller

Processkunskap (typ känna till pappersmaskin, NS-maskin, reaktor etc.)

Modellbygge

Identifieringsmetoder

Systemanalys

Testning

Pålitlighet, tillförlitlighet

Försöksplanering

Simulering

Analog simulering

Digital simulering ←

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Processkunskap (typ känna till pappersmaskin, NS-maskin, reaktor etc.)	8	6	3	6			8	4		4	
Modellbygge	20	4	1		1		8	3			
Identifieringsmetoder	3	10	3		2		19	2	1		
Systemanalys	18	1	1				11				
Testning	5	4	6	1	1		10	2	2		2
Pålitlighet, tillförlitlighet	3	5	4	3	1		10	5	1	4	1
Försöksplanering	5	5	6	1	2		9	2	4	2	2
Simulering											
Analog simulering	11	10	2	1			5	6	2		
Digital simulering ←	18	5	2	1			13	1			

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
<u>Analys och dimensionering</u>											
Betydelsen av återkoppling	28								5		
PID-regulatorer	27					1			4		
Stabilitet	27					1			3		
Framkoppling	20				2	5	1		3		
Kaskadreglering	18	2	1		3	3	1		4		
Laplacetransform	25	1				1			4		
Nyquistdiagram	19	5	1			1			4		
Bodediagram	26								5		
Nicholsdiagram	8	8	5		1	3	2		3		
Frekvensanalys	21	2				5			3		
Felkoefficienter	14	2	4	1	3	5	1		3		
Styvhetskoefficienter	12	2	5		4	6	1		2		
Känslighet för param. variationer	17	1	1			8	1		3		
Rotortmetoden	10	8	4			6	2		1		
Fasavancerande kompensering	16	4	2		2	1	2		3		1
Fasretarderande kompens.	15	4	2		2	2	2		3		1
Tillståndsbeskrivning	23				1	7	2				1
Styrbarhet	16	2			1	10	1		1		1
Observerbarhet	16	2			1	10	1		1		1
Polplacering	11	4	1			12	2				1
Observerare, rekonstruktion	7	2	2		1	16					1
<u>Kommersiell teknik</u>											
Komponenter	15	5	1	1		3	4		2	1	
Reglering av vanliga storheter som nivå, tryck, flöde, temperatur.	18	4	1			5	1		4		
Bärfrekvenssystem	2	5	6	5		4	4		3		3

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Grundkurs					Fortsättningskurs				
	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Automatik	3	6	4	6	1	4	4	4	1	
NS-maskiner	3	4	6	4	1	4	1	8	1	
Inköp	2	1	15	2		2	1	11		
Underhåll	3	1	13	4		1	2	9		
Standard, ritningsregler	1	4	12	3		1	3	6	2	
<u>Samplade system</u>										
Allmänt om samplade system	22	2				10		1		
Z-tranform	12	3	3			10	1	3		
Stabilitet	12	2	2			8		1		
Styrbarhet	5	3	3			14	2			
Observerbarhet	3	3	3			17	2			
Deadbeatregulatorer	2	4	5			17	2			
Polplacering	3	3	4			16	2			
Datorer som regulatorer	20		3			12	1			
Hårdvara för datorer	3	2	4	4		13	4	1	2	
Mjukvara för datorer	3	2	4	4		16	1	1	2	
DDC-styrning	6	1	5			15	3			1
<u>Olinjära system</u>										
Begränsningen hos linjära system	16					10	1	1		
Fasplananalys	1	1	5			17	3			
Lyapunovteori	1		5			17	5	1		
Cirkelkriteriet		1	4			17	4	1		
Beskrivande funktion	4		5			19	5			

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
<u>Stokastiska system</u>											
Tidskontinuerligt brus	4		5				18	4			
Tidsdiskret brus	4	2	4				20	2			
Prediktion	3	3	4				20	2			
Minimalvariansstyrning	1	2	5				18	4			1
Kalmanfilter	1	2	4				20	3			
Mätvärdesanalys	5		4	1			16	3			1
<u>Optimering</u>											
Statisk optimering	1	2	4	1			20	3		1	
Dynamisk optimering			3	1			20	3		1	
Linjärvadratisk optimering	1		5				20	3			
<u>Diverse</u>											
Adaptiva system			5				19	5			
Flervariabla system	1		4				15	8	1		
Stora system	4		4				14	7	2		

En analys av dessa svar visar att en allmän kurs i regler-  
teknik bör innehålla följande huvudmoment:

Modellbygge

Analys och syntes

PID-regulatorer

Stabilitet

Frekvensanalys t.o.m. användning av Bodediagram

Tillståndsbeskrivning

Styrbarhet och observerbarhet

Simulering

Reglering av vanliga storheter som tryck, nivå, flöde, temp.

Allmänt om samplade system

Datorer som regulatorer

I förhållande till den nuvarande allmänna kursen vid LTH  
är de största förändringarna att modellbygge, reglering  
av vanliga storheter och orientering om samplade system  
tillkommer. Delar som kan utgå är framför allt syntes  
med hjälp av frekvensanalytiska metoder.

Fortsättningskursen bör innehålla de moment, som finns  
just nu men med en komplettering av optimering, fler-  
variabla system och stora system.

### 3. INTERVJUER

En rad besök på olika industrier har gjorts under våren  
1977. Åtta företag besöktes och vi hade utförliga diskussioner  
med personer i olika befattningar. Industribesöken har  
gett mer nyanserade synpunkter än vad som var möjligt  
genom enkäten. Nedan ges kortfattade referat från de olika  
besöken.

SYDKRAFT MALMÖ 1977-03-18

## Sydkraft:

Sten Bergman

Rolf Overup

Per Erik Molander

Sture Lindahl

Bengt Egard

Ola Gröndalen

## Reglerteknik:

Karl Johan Åström

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Matz Lenells

- o Viktigt att lära sig teorier som kan vara svåra att plocka upp när man har kommit ut.
- o Kurserna måste ha praktisk anknytning
- o Man bör lära ut kvantitativa såväl som kvalitativa metoder och ge teknologerna en känsla för approximationer.
- o Lär ut hur man systematiskt skall lösa ett problem
- o Automatisering lär man sig lätt när man kommer ut
- o Generell kurs med teori bör följas av en anpassningskurs till verkligheten
- o Viktigt att ny civ.ing känner till det senaste beträffande metoder och komponenter. För komponenter är det framför allt datorer.
- o Reglertekniken måste in i designskedet. Processen är en integrerad del av reglersystemet

Viktiga delområden:ModellbyggeSpecifikationer. Hur skall man ställa kraven t.ex. vid uppköpDynamiska mätningar. Känsla för givar och ställdonsdynamikFörstå varför reglerproblem uppstår och hur man därför kan undvika demEndast enkla regulatorer typ PID och tvåläges behövs i en grundkursSimuleringFrekvensanalysSäkerhetsanalys



Utvidgad dimensionsanalys. Hur gör man en kritisk granskning av sina resultat. Kombination av dator och papper-penna metoder.

Mätvärdesanalys. Ifrågasätta mätningarna.

SOCKERBOLAGET, SVEDALA, 1977-03-31

Sockerbolaget:

K G Andersson

Reglerteknik:

Karl Johan Åström

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Maskintekniska byrån i Svedala står för allmän konstruktion och utveckling för samtliga sockerbruk inom SSA. Avdelningen har 5 civilingenjörer (3M, 1F, 1E, 27-35 år)

Vi gick igenom sockerprocessen och fick en bild av den typ av reglering och problem, som man har. Det är mest automatik och konventionella reglerloopar. Ett stort problem är process-optimering och varierande betingelser (plats för adaptiva regulatorer).

Många problem angriper man genom att sätta in mikrodatorer. Man ser dem som en mycket viktig komponent i framtiden. Man gör själva hårdvaru- och mjukvaruutvecklingen. Man använder Intel 8080 och typiska systemstorlekar är 3-16k byte minne. Man programmerar i Fortran, Basic och assembler. Har en HP21MX som utvecklingsdator.

Intressanta delprocesser att titta lite närmare på är:

Diffusionsprocessen (optimering och adapteringsproblem)

Industare (Optimering, värmetekniska problem)

Torkning av betmassa eller grönfoder (Mätproblem och styrning)

Synpunkter på utbildning:

- o Kemister kan för lite matematik och reglerteknik
- o Alla ingenjörer skall veta mer om datorer. Mikrodatorerna kommer med stormsteg.
- o I en grundkurs räcker det att lära ut enklare reglerprinciper typ PID.
- o Automatik är inga problem att lära sig efteråt, men bör finnas i kurser på högskolorna.
- o Modellbygge är mycket intressant.

VOLVO, GÖTEBORG, 1977-04-05

Volvo

Reglerteknik

Erik Elgeskog

Karl Johan Åström

BAKGRUND

Erik Elgeskog är chef för avdelningen "Tillämpad fysik och simulering" inom enheten Teknisk utveckling vid Volvo. Elgeskog var tidigare chef för avdelningen för styrsystem för robotar vid SAAB.

Utvecklingen vid VOLVO är starkt decentraliserad till de olika produkterna. Den centrala enheten för teknisk utveckling fungerar som ett konsultföretag. Ca 70-80 % bekostas av uppdrag från de olika produktenheterna, främst PV (personvagnar) och BM (Bolinder Munktell). Det finns också centrala pengar för resursutveckling.

Elgeskogs avdelning arbetar med dynamisk analys, simulering och tillämpad fysik. Avdelningen har 12 universitets- och högskoleutbildade (civ. ing, lic och dr). Man använder teoretiska metoder för att lösa praktiska problem. Gruppen arbetar sällan direkt med reglersystem. Däremot bearbetas många problem där reglerteknikens metoder är användbara, t ex modellbygge, simulering och analys av dynamiska förlopp. Några sådana arbetsuppgifter är:

fordonsmekanik, fordonsstabilitet  
kollisionsförlopp  
låsningfria bromsar

#### ALLMÄNNA SYNPUNKTER PÅ CIV ING UTBILDNING

På högskolan lär man ut att exakt lösa väl tillrättalagda problem. I verkligheten ställs man inför att skaffa sig ett grepp om "luddiga problem". Verkligheten är sällan linjär och gaussisk. Väldigt många har dålig känsla för dynamik och dynamiska beteenden, exempelvis transienter i svängande system. Det är viktigt att lära ut allmänna övergripande ideer på högskolan, liksom begrepp och tankar som är svåra att lära sig efteråt (ex sannolikhetsteori och dynamik).

En civ ing från XTH är under alla omständigheter ej användbar förrän han arbetat ca ett år. Han skall kunna metoder och arbetssätt. Han skall veta var och hur man finner mer kunskap. Detaljkunskap om komponenter o dyl kan han lätt skaffa sig på arbetsplatsen.

#### ALLMÄNNA SYNPUNKTER PÅ REGLERTEKNIK

Det är viktigt att väl behärska följande grundläggande ideer:

- dynamiskt beteende i alla former
- specialfallet stabilitet och instabilitet
- återkopplingsprincipen
- olinjära fenomen

Det är kanske ej så viktigt med komponenter och realisering. Komponenterna är ändå så olika i olika tillämpningsområden.

Varje elev bör ha gjort en simulering, analog eller digital. Det är angeläget att få en anknytning mellan teori och verklighet.

Det är viktigt att ge eleven en intuitiv känsla för vad som kan åstadkommas med reglering.

Angeläget att ha känsla för olinjäriteter. Observera att det finns fall då det ej går att linjärisera.

Viktigt att ha känsla för dynamik.

ANGPANNEFÖRENINGEN, MALMÖ, 1977-04-28

ÅF	Reglerteknik
Leif Ekström	Karl Johan Åström
Göran Andersson	Gustaf Olsson
Lennart Svensson	Björn Wittenmark

Vi hade en givande diskussion där man från ÅF's sida redovisade vilken typ av reglerteknisk kunskap som är speciellt viktig för deras del. Göran Andersson har ett stort antal exempel från verkliga livet som visar på olika reglertekniska problem. Det är framför allt problem som hänger samman med koppling i systemet.

Framförda synpunkter:

- o Människan är en viktig del i styrsystemet. Det finns ett stort behov av "informationsegonomi". Detta är dock något som kanske ej kan behandlas av reglerteknik.
- o Den grundläggande kursen bör vara så inriktad att "processfolk" kan kommunicera med reglerspecialister och dels skall de kunna förstå när och varför reglerproblem uppstår. En stor brist i utbildningen på högskolorna är att man för det mesta bara tittar på statistiska problem. Tiden är mycket viktig att få med. I designen av en process ingår ofta ett implicit fastläggande av reglerproblem. T ex kan dimensionerna på en bufferttank ge upphov till stora kostnader för reglerutrustning. Reglerteknikern måste komma in på ett tidigt stadium.

- o Modellbygge är en mycket viktig del. Utan den biten kan man inte komma vidare. Man bör lära ut att uppskatta snabbhet hos system och att förstå var lagringskapaciteterna finns. Det bör räcka med att kunna energi- mass- och kraftbalans. Man påpekade att olinjäriteter ej ställer till med för stora problem i modellbygget. Det är mycket allvarligare med strukturefel. ←
- o Ett problem vid dimensionering och upphandling är dialogen mellan processfolk och reglerteknikerna. På ÅF har man infört ett standardiserat beslutssystem vilket bygger på ifyllandet av beslutstabeller. Detta liknade mycket förfarandet med systemmatriser i programmering.
- o En viktig del i ett styrsystem är automatiken. Regulatorerna för stationär drift kan ofta inte användas vid start och stopp. Man tar därför till automatik för att lösa detta problem. Detta för i sin tur med sig att systemets hopkoppling kommer att variera med driftsfallet vilket kan ställa till med nya problem.
- o I en grundläggande kurs kan det räcka med att lära ut enkla regulatorer (on-off, min-max, PID, kaskad....). Kursen skall innehålla enkla regulatorer men dimensioneringen skall bygga på flervariabelt systemtänkande. Man skall påpeka att många små delsystem efter varandra med lokala regulatorer (julgranspyntningsmetoden) lätt kan leda till reglerproblem då störningar kan fortplantas och förstärkas i systemet. }
- o Det vore fördelaktigt om tidsdiskreta system till viss del kan behandlas i en grundläggande kurs. T ex bör man ta upp rekursiva ekvationer, diskreta PID-regulatorer i olika varianter, stabilitet. ||
- o Frekvensanalytiska metoder ansåg man kunna dras ner betydligt. Det finns ej linjära system i verkligheten och man kan inom processindustrin sällan göra frekvensanalys.

- o Vi bör i kurserna informera om standard, men behöver inte lägga ner alltför mycket tid på det.
- o De viktigaste delarna i en grundkurs ansåg man bör vara:

Processmodeller  
 Känsla för dynamik  
 Linjära system  
 Simulering  
 Enkla regulatorer  
 Samplade system

LM ERICSSON, STOCKHOLM, 1977-05-10

LME	Reglerteknik
Jöns Ehrenborg	Gustaf Olsson
Alexander Marlevik	Björn Wittenmark
Ake Knutsson	

LME är ingen större användare av reglerteknik ( i varje fall inte i Stockholm). Marlevik sysslar med nätsynkronisering och samarbetar med Torsten Bolin. Ake Knutsson håller på med trafikreglering. Det främsta intrycket efter diskussionen var att en grundkurs i reglerteknik bör ge förmågan att analysera och ställa upp problem av reglerteknisk natur. Det är viktigt att man lär sig vilka begränsningar en metod har.

Tidsdiskreta system ansågs ej speciellt svårt och bör därför kunna beröras i en inledande kurs. Det är viktigt att man belyser såväl analog som tidsdiskret reglering och inte bara koncentrerar sig på endera.

PHILIPS, JÄRFÄLLA, 1977-05-10

Philips	Reglerteknik
Göran Lind	Karl Johan Åström
Bengt Bergkvist	Gustaf Olsson
Stig Rune Johansson	Björn Wittenmark
Stefan Karlsson	

Den del av Philips vi besökte, PEAB, utgör ca 1/3 av Svenska Philips. PEAB gör professionell elektronik, framför allt terminalsystem och försvarselektronik. De personer vi sammanträffade med kom från försvarssektorn. Lind är chef för radarsektionen, Bergkvist är chef för systemutveckling och Johansson är chef för tillverkning och konstruktion av servon.

PEAB är inte ett komponenttillverkande företag utan ett systemföretag. Bland de komponenter man tillverkar är hydraulmotorer med goda prestanda och magnetroner för hoppfrekvensradar.

I diskussionen framfördes att skolan skall ge begrepp och förståelse. Detaljkunskaper när det gäller komponenter är inte nödvändiga. Det räcker med exemplifiering på laborationer.

Viktiga begrepp i reglertekniken:

- o Varför skall man använda återkoppling och vilka fördelar ger det?
- o Stabilitet. Hur inverkar t ex regulatorparametrar och olinjäriteter.
- o Hur skall man få bukt med oavsiktliga olinjäriteter som glapp, friktion etc (Det är mycket ovanligt att man avsiktligt inför olinjäriteter.
- o Det är viktigt att inpränta att teorin är praktiskt användbar. Detta görs lämpligen genom laborationerna. Laborationerna bör också ge viss komponentkänedom.

På Philips använder man ofta frekvensanalytiska metoder för att dimensionera de inre looparna i en reglerkrets men tillståndsanalytiska metoder för de yttre looparna, vilka ofta realiserar med hjälp av en dator.

Digital styrning bör komma in i en allmän kurs. Man bör sträcka sig så långt att man diskuterar diskretisering av kontinuerliga system och samplingsteoremetets betydelse för reglering. Det är viktigt att man vet begränsningarna med teorin och vet när man är ute på hal is.

Saker som kändes mindre viktiga är rotort, frekvensanalytisk kompensering, styvhet, automatik och komponenter.

ASEA, VÄSTERÅS, 1977-05-11

Reglerteknik

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Dagen ägnades åt diskussion med personer på ASEA med olika bakgrund och arbetsuppgifter.

Torsten Cegrell

Kurserna bör ej splittras genom att innehålla för många delmoment. AK är nu för ambitiös.

Kommersiell teknik, upphandling och komponenter kan bäst läras ute i industrin. Högskolan skall ägna sig åt teorier och att ge en känsla för olika begrepp.

Frekvensanalysen bör finnas kvar i kursen, t o m analys i Bodediagram, men ej mer avancerad kompensering.

Tidsdiskreta system kan nämnas som begrepp men inte få något större utrymme. De flesta system man kommer i kontakt med diskuteras utifrån kontinuerlig tid.

Laborationerna innehåller nu för många moment. I den första laborationen döljs mycket av dynamikbiten av kopplandet på analogmaskinen. Det skulle vara bättre att arbeta på någon fysikalisk laborationsprocess.



Från högskolan får teknologerna en alltför positiv och entusiasmerad bild av reglerteknik medan man i verkligheten inte stöter på så renodlade reglerproblem.

Fredrik Sörensen J-sektorn

Eva Bouchain, KDT, tidigare på J-sektorn

Henry Holmberg J-sektorn

En stor brist hos nyutexaminerade civilingenjörer är att de har för dålig känsla för praktiska problem och hur de kan relateras till teorierna.

Man bör lära ut inställning av PID-regulatorer och ge en känsla för vilka problem olinjäriteter och störningar ställer till med. Tidsdiskreta system bör man orientera om i AK. Man bör gå så långt som till diskret PID-regulator och att det kan bli problem om samplingsintervallet blir för långt.

Frekvensanalys skall finnas med, dock ej Nyqvist och Nichols. Vidare kan rotort utgå.

Simulering bör man ha med i kursen, men det är inte nödvändigt att använda det i laborationerna. Det räcker att man vet att verktygen finns.

Gunnar Bengtsson

Man skall lära ut ordentligt med teori i reglerteknikkurserna. Samplade och kontinuerliga system bör kunna behandlas parallellt. Regulatorstrukturer är viktiga och det avsnittet bör utvidgas. Ett annat viktigt avsnitt är modellbygge. Man bör försöka utgå från verkliga processer och anknyta de teoretiska resultaten till praktiken. Detta kan kanske klaras upp med övningsuppgifter. I samband med modellbygge bör man beröra olinjäriteter och vilka problem de kan medföra. Cirkelkriteriet bör införas i samband med Nyqvistteoremet.

Den nuvarande frekvensanalysen bör finnas kvar.

Digital simulering behöver ej behandlas på AK, det är även tveksamt om kontinuerlig simulering skall vara med.

Lennart Johnsson

En brist hos nya civilingenjörer är att de inte har någon kritisk inställning till metodernas användningsområden och att de inte kan skriva rapporter.

Anläggningsingenjörer bör kunna simulera för att på så sätt dimensionera sina reglersystem.

Man bör ta upp mer än reglering i normalfallet. Vad händer om något går sönder. Det finns här ett samband mellan reglering och automatik.

Komponenter behöver bara exemplifieras på laborationer. Hur man handskas med signaler och hur man gör experiment för att få en känsla för dynamiken är viktigt.

Bernt Ling

Angelägna problem är bl a:

Olinjära system

Stabilitet hos stora system

Numerisk analys i samband med reglerteknik

Mönsterigenkänning

Grafiska och topologiska metoder

Programmeringshygien

Testning av programvara

Processreglering kopplat med management

Man-maskin problem

Givarproblem

BP RAFFINADERIET GÖTEBORG 1977-05-13

BP Raff:

Reglerteknik:

Björn Thyréus

Björn Wittenmark

Gösta Schönell

Största delen av besöket ägnades åt diskussion med Björn Thyréus om utbildning i reglerteknik för kemister.

En kurs i reglerteknik för kemister bör komma efter kurserna

i kemisk apparatteknik. Detta för att teknologerna skall ha en viss processkurskap och veta lite om de stationära förloppen i olika processer som destillationskolonner och reaktorer. Kursen bör inledas med ett ordentligt avsnitt om modellbygge.

I samband med detta kan man införa tillståndsvariabler som begrepp men det är kanske inte nödvändigt med matrisformalism. Differentialekvationerna ger då en viss inblick men det är svårt att få en överblick över problemet. Detta leder då till att man kan införa Laplacetransformation som ett enkelt hjälpmedel för att förenkla hanterandet av in-utsamband.

Man kan sedan lägga in ett avsnitt om enkel processidentifiering, impuls- och stegsvar. Kan här få in transportfördröjning som en approximation av högre ordningens system. )

Efter detta kan man börja med förståelse för dynamiska system, återkoppling, stabilitet, stationära fel. I analysdelen bör man ta med Nyquist och Bodediagram, vidare bör man ta upp lite om olinjäriteter, mättning i ställdon etc.

Syntesen kan sedan begränsas till regulatorstrukturer, framkoppling, kaskadreglering etc. Det räcker att kunna sätta in PID-regulatorer i looparna och att kunna ställa in dem.

En viktig del är specifikationerna. För det mesta är man i kemiindustrin inte intresserad av servoproblemet utan av regulatorproblemet. ||

När nyttan av reglering har behandlats bör man på nytt gå tillbaka till processerna och diskutera hur regleringen skall göras. Ett viktigt problem är att man vid den statistiska dimensioneringen av en process ofta fastlägger värden på temperaturer, tryck, flöden etc. Hur skall man klara av detta med reglering? Det leder till att man måste utrusta processen med reglertekniska frihetsgrader. Frihetsgraderna bör införas så att regleringen blir lätt, se gärna till att det blir särkopplade system.

Det är ej speciellt viktigt att i detalj gå igenom praktiska förverkligandet med specifika komponenter. Det kan räcka med att man på en laboration visar på några riktiga komponenter. Det är bra om man i detta sammanhang kan ta bort mystiken med datorer. Detta kan göras med en enkel diskussion av en

samplad PID-regulator och ett exempel som visar att det går bra att direkt överföra den analoga regulatorn till diskret form bara man har tillräckligt kort samplingsintervall.

Men man bör också visa att det kan bli besvär om samplingsintervallet blir för långt.

En mycket viktig del i kursen är det laborativa inslaget.

En laboration bör omfatta inställningen av PID-regulator.

Automatik är en viktig del i styrsystemet men behöver ej ingå i kursen.

#### 4. SAMMANFATTANDE SYNPUNKTER

Enkäten och intervjuerna har gett många värdefulla synpunkter på utbildningen i reglerteknik. Synpunkterna har också varit ganska samstämmiga.

Några allmänna slutsatser är:

- o Kurserna i reglerteknik skall vara teoretiska, men med ordentliga inslag av laborationer
- o Reglerkomponenter kan man lika bra eller bättre lära sig ute i industrin
- o Modellbygge och sambandet mellan modell och verklighet är viktiga moment.
- o Syntesavsnittet i en allmän kurs behöver bara omfatta enkla typer av regulatorer.
- o Frekvensanalys bör fortfarande vara kvar som ett analysverktyg. Det är mer diskutabelt om kompensering med fasretarderande och fasavancerande nät skall ingå. Vidare anser de flesta att Nicholsdiagram kan utgå ur kursen.
- o Datorer är ett viktigt verktyg. En inledande kurs i reglerteknik bör därför innehålla ett orienterande avsnitt om samplade system. Det bör räcka att man härleder rekursiva ekvationer och diskuterar betydelsen av samplingsintervallets längd.

UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Vid institutionen för reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola håller vi för närvarande på med en större kursrevidering. För att få en återkoppling från avnämarna har vi sammanställt några frågor. Vi hoppas att svaren skall ge oss vägledning när det gäller disposition och innehåll i våra kurser. Vi är därför tacksamma om Du kan hjälpa oss genom att besvara följande frågor.\*

INLEDANDE FRÅGOR

Namn \_\_\_\_\_

Vilken arbetsuppgift har Du?

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Konstruktör         | <input type="checkbox"/> Konsult     |
| <input type="checkbox"/> Produktionstekniker | <input type="checkbox"/> Försäljare  |
| <input type="checkbox"/> Administratör       | <input type="checkbox"/> Annat _____ |
| <input type="checkbox"/> Inköpare            |                                      |

Vilken är Din utbildning i reglerteknik? När?

\_\_\_\_\_

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

- |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mycket stor              | Stor                     | Måttlig                  | Liten                    | Inte alls                |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ALLMÄNNA FRÅGOR

Reglerteknik på Ditt företag

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\* Skicka enkäten till Björn Wittenmark, Inst f Reglerteknik, LTH, Pock, 220 07 Lund

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknytning står Ni inför just nu?

---



---

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

---



---

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor? \_\_\_\_\_

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i regler-  
teknik?

Nej            Vet ej            Ja    Vilken typ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Utbildning i allmänhet

Vilka är de största bristerna hos en färsk civil-  
ingenjör?

---



---

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan? (T.ex. Teori, praktiska komponenter kommersiella system, allmänna metoder)

---

---

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete?

---

#### Utbildning i reglerteknik

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Teknisk fysik | <input type="checkbox"/> Våg och vatten |
| <input type="checkbox"/> Elektroteknik | <input type="checkbox"/> Arkitektur     |
| <input type="checkbox"/> Maskinteknik  | <input type="checkbox"/> Kemi           |

Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder? Bakgrund: Datorerna gör det lättare att få kvantitativa resultat. Mycket mer realistiska problem kan formuleras. Samtidigt gör de precisa kvantitativa metoderna mindre insyn. Hur skall vi avväga detta? Exempel rotort och frekvensanalys:

---

---

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc.?

---

---

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt)

	1	2	3	4
Modellbygge				
Analys				
Simulering				
Syntes				
Förverkligande				











APPENDIX B: SVAR PÅ VISSA ENKÄTFRÅGOR

I detta appendix ges svar på några av de frågor som fordrade utförligare svar. Svaren är inte in extenso utan är förkortade, andemeningen är förhoppningsvis fortfarande kvar.

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

Processidentifiering  
 Analys av samfunktionen i processerna  
 Problem vid onormala driftförhållande  
 Reglering av produktionsprocesser  
 Reglering av motorfunktioner och bromsförlopp  
 Modellbygge, systemering och simulering  
 Reglering av massafabriker och pappersbruk  
 Processtyrning, modellbygge och simulering  
 Intrimning av standardregulatorer  
 Regulatorer för speciella processer t ex kraftsystem  
 Processtyrning och simulering  
 Trimning av regulatorer  
 Analys av mätvärden  
 Analys av behov av reglerkretsar inklusive datorbaserade  
 Reglering av anläggningar för indunstning, torkning etc  
 Angpannereglering  
 Sekvensstyrning  
 Reglering av extraktion, indunstning torkning  
 Störningsanalys, identifiering, simulering optimering, praktiska försök  
 Datorstyrning och konventionell reglering i stor mängd  
 Elektronisk drivutrustning för pappersmaskiner och valsverk  
 Reglering av massakoncentration, temperatur, tryck, nivå och flöde  
 Nivå-, tryck-, temperatur- och flödesreglering  
 F.n. behandlas bara enstaka problem som reglerproblem  
 Antennstyrning, luftvärnsprediktion, varvtalsreglering  
 Styrning av hydraulservon, beräkning på följeproblem, prediktion  
 Styrning av apparater och hela system, framför allt mekaniska system  
 Konstruktion, drifttagning, trimning och upphandling  
 Styrsystem och siktesfunktioner i flygplan  
 Konstruktion, tillverkning och marknadsföring av givare och regulatorer  
 Temperaturreglering och andra relativt långsamma reglerfall.

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknytning står Ni inför just nu?

Reaktordynamisk processidentifiering  
Motorreglering för låg bränsleförbrukning och låga emissioner  
Modellbygge och systemering dock ej för dynamiska system  
Banspänningsreglering i kartongmaskin, stark koppling mellan dragen  
Hårdvarumässig uppbyggnad av informationssystem  
Processtyrning av stålverks ugn  
Optimering i kraftsystem  
Processtyrning av valsverk och smidespress  
Styrning av sinterverk  
Bedömning av lämpligheten i införande av bättre konventionell reglering och/eller datorbaserad reglering  
Reglering av betfor- och vallfortorkar  
Införande av mikrodatorbaserade reglersystem  
Reglering av blekeri, kvarnar, pappersmaskin, tvätterier, sileri och ångdistribution  
Införande av mikrodatorbaserade system  
Mikrodatorsystem för tjockleksreglering av plåt  
Reglering av processer med långa dödtider  
Optimerande reglering av destillationskolonner  
Trafikreglering i telenät (överbelastningskontroll och adaptiv routing)  
Nätsynkronisering i telenät  
Analys och syntes av samplade system  
Röntgenutrustning, mekanisk styrning och reglering i samband med vindkraft  
Kraftverkskonstruktion  
Fellekning i processer  
Problem med sampling-dödtid i digitala system där en operatör är med i reglerkretsen  
Flerloopsregulator  
Praktiska problem

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

Optimering  
 Regulatorer för att öka tillgänglighet och säkerhet  
 Integrerade reglersystem i fordon med hjälp av mikrodataor  
 Mer komplexa strukturer på reglersystemen  
 Överordnad fabriksstyrning  
 Användning av datorkraft precis som analog reglering används idag  
 Produktionsstyrning  
 Informationsflöde i stora system  
 Förbättrad koppling mellan modellutveckling, simulering och  
 processtyrning  
 Masugnsstyrning  
 Optimering av hel produktionsapparat  
 Optimal styrning utifrån processmodell  
 Tvärsprofilstyrning på pappersmaskin  
 Optimal styrning med hjälp av modell av processen  
 Användning av självinställande regulatorer  
 Bättre tillgång till simuleringsverktyg  
 Samma typ av problem som nu men flervariabla och med större  
 krav på flexibilitet  
 Förbättrad reglering av destillationskolonner  
 Nät av realtidsdatorer  
 Problemen ställs av nya komponenter som mikrodataor  
 Analys och syntes av samplade system  
 Introduktion av mikrodataorbaserade system. Elektronik ersätter  
 mekanik  
 Samplade system. Stabilitet i stora olinjära system. Simulering  
 och identifiering  
 Ökad digitalisering. Samarbete mellan många datorer. Synkroni-  
 sering av sampling  
 System av mikrodataorer för reglering och dataöverföring  
 När/om mikrodataorn införs blir systemen mer kompliserade med  
 ett stort antal givare och ställdon anslutna till en enda central

Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

- Dynamiskt tänkande
- Förmågan att formulera problem
- Kritiskt analys
- \*Kan bara lösa välformulerade problem med exakta metoder
- Aktuell tillämpningsnivå i industrin
- Grupparbete
- ✗ Koppling mellan teori och verklighet
- Okunskap beträffande om vad som idag kan åstadkommas utan risk för oförutsedda problem och med tillgänglig utrustning och teori
- Brist på förståelse för kostnads- och tidsaspekter
- Hur överföra teorin till verkligheten
- Att man ej kan överföra de teoretiska kunskaperna på praktiska problem
- Viss kännedom om praktiska komponenter
- Kännedom om komponenter
- Erfarenhet av praktiska tillämpningar
- Metodisk förmåga att angripa större problemkomplex
- Verklighetsförankring
- Processkunskap
- Instrumentering
- Operatörens roll
- Projektarbete
- Förmågan att använda sin kunskap på praktiska problem
- Inställning av PID-regulatorer
- Relatera kunskaperna till verkligheten
- Praktiska anknytningen till verkligheten är ofta mindre tillfredsställande
- Bristande förståelse för praktiska tillämpningar
- Att han så snart glömt vad han har lärt sig
- ✗ Brister i förståelse av relationerna mellan modell och verklighet
- \*Förmågan att se relationen mellan modell och verklighet
- Skrivkunskap. Att göra tekniska rapporter
- Allt för stor fascination av avancerade verktyg
- Problem att med sunt förnuft genomskåda hela problemkomplex och svårighet att inte ta till större våld än nöden kräver
- För lite processkännedom
- Språkkunskaper, ekonomi, juridik, arbetsmarknad



I Bilaga 6 ingår strödda enkäter vilka sammanställts  
efter sammanställningen i Bilaga 5.

**POLHEMSSKOLAN**

Gymnasieskola  
Kaserngatan 67

Naturvetenskaplig linje  
Tekniska och yrkestekniska linjer

Postadress  
Box 6067 800 06 GÄVLE  
Tel. 026-12 23 98

Datum  
1977-09-22

Institution för Reglerteknik  
Prof. Karl Johan Åström  
Box 725  
220 07 Lund 7

Kursplaner Reglerteknik

Vi har med stort intresse behandlat din enkät i Reglerteknik inom utbildningskommittén. Vid behandlingen har vi funnit det lämpliga i att ge ett sammanfattande svar från kommittén.

Sidan 1 i enkäten har då lämnats obesvarad. Likaså har vi ej givit något svar på sista frågan sidan 3. Vi har funnit, att det är lämpligare, att den som undervisar själv avväger. En viktig sak som vi ej tagit ställning till och som ej framgår av enkäten gäller värderingen av olika avsnitt. På sidan 7 har vi fogat till PLC, som vi anser bör ingå i fortsättningskursen.

Vi avvaktar med intresse huru undervisning i ämnet Reglertekniken kommer att påverkas med hänsyn till inkomna svar. Slutligen beklagar vi dröjsmålet i vår behandling av ärendet.

Utbildningskommitten ITF



Bengt Westman

Bil Enkät

UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Vid institutionen för reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola håller vi för närvarande på med en större kursrevidering. För att få en återkoppling från avnämarna har vi sammanställt några frågor. Vi hoppas att svaren skall ge oss vägledning när det gäller disposition och innehåll i våra kurser. Vi är därför tacksamma om Du kan hjälpa oss genom att besvara följande frågor.\*

INLEDANDE FRÅGOR

Namn \_\_\_\_\_

Vilken arbetsuppgift har Du?

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Konstruktör         | <input type="checkbox"/> Konsult     |
| <input type="checkbox"/> Produktionstekniker | <input type="checkbox"/> Försäljare  |
| <input type="checkbox"/> Administratör       | <input type="checkbox"/> Annat _____ |
| <input type="checkbox"/> Inköpare            |                                      |

Vilken är Din utbildning i reglerteknik? När?

\_\_\_\_\_

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

- |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mycket stor              | Stor                     | Måttlig                  | Liten                    | Inte alls                |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ALLMÄNNA FRÅGOR

Reglerteknik på Ditt företag

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\* Skicka enkäten till Björn Wittenmark, Inst f Reglerteknik, LTH, Fack, 220 07 Lund

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknypning står Ni inför just nu?

---



---

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

*Ulläsidan, ökad digitalisering, signalöverföring, mikrodata, hierarkiska system, tillförlitlighet, ekonomi, miljösidan*

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor? \_\_\_\_\_

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i reglerteknik?

Nej

Vet ej

Ja

Vilken typ?  *Kortare kurser*

*typ retekurser med lab. och prakt. tillämpn.*

Utbildning i allmänhet

Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

*Dålig insikt i lösningar av praktiska problem, dåligt samarbete med tekniker från andra fack, brister i ekonomi och miljö*

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan? (T.ex. Teori, praktiska komponenter kommersiella system, allmänna metoder)

*Industri*

*Praktiska komp. komm. system*

*Högskolan Teori och allmänna metoder*

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete?

*Det är sannoligen "insekert" att införa ekonomiska och miljömäss. aspekter även tekn. projektarbete oaktat att det sker med teknologer från andra fackord.*

Utbildning i reglerteknik

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik:

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk fysik | <input checked="" type="checkbox"/> Väg och vatten |
| <input checked="" type="checkbox"/> Elektroteknik | <input type="checkbox"/> Arkitektur                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Maskinteknik  | <input checked="" type="checkbox"/> Kemi           |

Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder? Bakgrund: Datorerna gör det lättare att få kvantitativa resultat. Mycket mer realistiska problem kan formuleras. Samtidigt ger de precisa kvantitativa metoderna mindre insyn. Hur skall vi avväga detta? Exempel rotort och frekvensanalys:

---



---

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc.?

*Det är viktigt att ha praktisk erfarenhet av reglersystem med praktiska tillämpningar*

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt)

	1	2	3	4
Modellbygge	X			
Analys		X		
Simulering			X	
Syntes			X	
Förverkligande	X			

DETALJFRÅGOR

Nedan ges ett antal områden och detaljer. Markera vad Du tycker av. bör ingå i en grundkurs i regler- teknik och vad som bör ingå i en fortsättningskurs. Det fjärde svarsalternativet "Annat ämne" skall Du markera om Du anser att delområdet skall ingå i grund- eller fortsättningskurs i civilingenjörs- utbildningen men ej i ämnet reglerteknik.

Grundkurs                      Fortsättningskurs

System, modeller

Processkunskap ( typ kän-  
na till pappersmaskin,  
NS-maskin, reaktor etc.)

Modellbygge

Identifieringsmetoder

Systemanalys

Testning

Pålitlighet, tillförlit-  
lighet

Försöksplanering

Simulering

Analog simulering

Digital simulering

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Processkunskap ( typ kän- na till pappersmaskin, NS-maskin, reaktor etc.)		X					X				
Modellbygge	X						X				
Identifieringsmetoder							X				
Systemanalys	X						X				
Testning	X						X				
Pålitlighet, tillförlit- lighet							X				
Försöksplanering							X				
<u>Simulering</u>											
Analog simulering	X										
Digital simulering	X						X				





## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Automatik		<del>X</del>								
NS-maskiner		<del>X</del>				X				
Inköp										
Underhåll				X	X					
Standard, ritningsregler PLC				X	X	X				
<u>Samplade system</u>										
Allmänt om samplade system	X					X				
Z-tranform						X				
Stabilitet						X				
Styrbarhet						X				
Observerbarhet						X				
Deadbeatregulatorer						X				
Polplacering						X				
Datorer som regulatorer						<del>X</del>				
Hårdvara för datorer									X	X
Mjukvara för datorer						X				
DDC-styrning										
<u>Olinjära system</u>										
Begränsningen hos linjära system	X					X				
Fasplananalys						X				
Lyapunovteori						<del>X</del>	X			
Cirkelkriteriet						<del>X</del>	X			
Beskrivande funktion	X					X				

Grundkurs

Fortsättningskurs

Stokastiska system

Tidskontinuerligt brus

Tidsdiskret brus

Prediktion

Minimalvariansstyrning

Kalmanfilter

Mätvärdesanalys

Optimering

Statisk optimering

Dynamisk optimering

Linjärvadratisk optimering

Diverse

Adaptiva system

Flervariabla system

Stora system

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Tidskontinuerligt brus					
Tidsdiskret brus					X X
Prediktion					X X
Minimalvariansstyrning					X X
Kalmanfilter					X
Mätvärdesanalys					X
Statisk optimering	X				X
Dynamisk optimering	X				X
Linjärvadratisk optimering					X
Adaptiva system	X				X
Flervariabla system					X X
Stora system					X



# PHILIPS

Lunds Tekniska Högskola  
Attn: Björn Wittenmark  
Box 725  
220 07 LUND 7

Tjänsteställe, handläggare

Ort, datum

Mät/BB/ch

1977-09-08

## Betr. enkät för civilingenjörsutbildningen

Jag vill bara meddela att det exemplar av enkäten som tillställts mig har sänts vidare till vår fabrik i Järfälla, där det mesta som gäller regler- teknik äger rum. Göran Lind och S R Johansson har sammanställt enkäten, som jag hoppas har kommit Dig tillhanda.

Med vänlig hälsning

SVENSKA AB PHILIPS  
Avd. Mätinstrument & Strömförsörjning



Bengt Björnekärr

BESÖK PÅ MEASUREX INC., CUPERTINO, CALIFORNIA 22 JUNI 1977

Deltagare:

Dr David Stepner, Measurex

Dr Nils Leffler, Measurex

Univ lektor Gustaf Olsson, LTH

### Diskussion angående undervisning i reglerteknik

Den viktigaste diskussionen rörde sig kring den kurs som samtliga civilingenjörer skall läsa i reglerteknik, d v s reglerteknik AK. Även undervisningen av kemiingenjörer berördes.

Alla var överens om att det stora problemet i början är att förklara begreppet dynamik samt att motivera studenterna varför reglering överhuvud taget är väsentlig.

Det föreslogs att kursen kunde delas in i två delar. Den första skall innehålla en minimal del av analys eller kvantitativa beräkningar. Den skall förklara begrepp, söka överföra verkligheten till en reglerteknisk begreppsapparat, visa sambandet mellan blockschematänkande och verkliga processer. En viktig ingrediens i denna del är laborativ verksamhet. Enkla processer skall prövas, utan att man behärskar analysteknik. PID-regulatorn kan förklaras intuitivt och den skall provas på ett antal olika verkliga processer, både termiska, mekaniska, kemiska osv.

Man kunde gärna avsluta den första delen av kursen med en deltentamen, som endast skall förhöra på grundbegreppen i reglertekniken. Även i den första delen borde man belysa datorernas roll i reglertekniken. Samplade regulatorer är så allmänt förekommande, att varje student borde ha bekantat sig med dem. Inställningen av tidsdiskreta regulatorer borde därför ingå i en allmän kurs.

I den andra delen av kursen kan sedan analytiska verktyg läras ut. Modellbyggnad är en viktig del för att knyta samman verkligheten med analysen. Olika processer (termiska, mekaniska etc) skall belysas.

Frekvensanalysen användes inte direkt som analys eller syntesverktyg vid Measurex. Däremot ansåg man det väsentligt att frekvensanalysen läres ut. Anledningen är, att den fungerar som ett mycket viktigt kommunikationsspråk. Många specifikationer uttrycker i frekvenstermer.

Man borde säkert kunna utesluta en del syntesmetoder i en allmän kurs. Endast specialisterna måste kunna syntesen. Däremot är det viktigt att skapa en förståelse för vilka problem som skall lösas och vilka allmänna vägar för syntes som är möjliga. Vilka problem är lätta resp vilka problem är svåra?

Som tidigare nämnts är datorerna en så viktig komponent idag i regler-system att tidsdiskret reglering borde var och en komma i kontakt med. Man skall åtminstone hinna nämna skillnaden mellan kontinuerlig PID-reglering och diskret sådan.

Både Stepner och Leffler ansåg att digital simulering ej hör hemma i en allmän kurs, åtminstone inte för att förstå begreppet dynamik. Det är mycket väsentligare att laborera på verkliga processer eller ev på analogmaskin. Även analogmaskiner skall man dock använda med en viss försiktighet.

Amerikanska kemiingenjörer kan i allmänhet betydligt mer processdynamik än motsvarande svenska. Processreglering för kemiingenjörer är av vitalt intresse, eftersom just kemiingenjörerna får kontakt med själva reglerproblemen. Vi måste också sträva mot en bättre samordning av processdesign och processreglering. Detta gör att designingenjören (vilken ofta är en kemist) måste kunna mycket mer processdynamik och reglerteknik för att kunna göra en ur operativ synpunkt bättre design.

## Synpynkter på konferensen "Trends in Automatic Control Education"

Jan Holst

Utvecklingstendenser och problem i samband med undervisning i Reglerteknik diskuterades vid symposiet "Trends in Automatic Control Education" i Barcelona 1977/03/30 - 1977/04/01. Diskussionsmaterialen presenterades vid sju olika technical sessions och två workshops. Man behandlade utbildning på såväl grundnivå som doktorandnivå.

De två tyngsta avsnitten av konferensen behandlade användningen av datorer i undervisningen och utvecklingen av laboratoriehjälpmedel. Man diskuterade också läroplaner och undervisningen i modern reglerteori. Därutöver diskuterades de speciella problem som hänger samman med utbildningen i Reglerteori i utvecklingsländer. Papperet av Jamshidi och Vikilzadeh ger en god sammanfattning av problemen. De föreslår ett kraftigt utökat samarbete mellan institutioner och industri för att snabbt höja den teknologiska kompetensen.

Vid två sessioner avhandlade man läroplaner för olika utbildningsprogram med reglerteknisk anknytning. I artikeln av Natrass et al presenteras utbildningen på civilingenjörsnivå för elektriker vid universitetet i Natal. De två kurser som presenteras omfattar mindre material än AK och FK. Stokastiska system behandlas t.ex. ej och tillståndsbeskrivningar införes först i den andra kursen. Man ger också kurser som påminner om Datorer i reglersystem.

Övriga papper vid dessa sessioner behandlade utbildning på doktorandnivå. Neuman och Paul från Carnegie Institute of Technology presenterar ett interdisciplinärt utbildningsprogram i Reglerteknik. Vid North Carolina State University ser man systemteori som en del av operationsanalysen. I papperet av Gruver diskuteras följderna av detta.

Vid sessionerna där man diskuterar Modern Reglerteori och Stokastisk Reglerteori behandlar Miro och Nicolau kompensering. De presenterar ett nytt diagram att använda vid lead, lag, lead-lag, PD och PI kompensering. Vidare diskuterar Koch i en intressant artikel uppläggningsen av undervisningen i Reglerteori om man skulle starta från sannolikhetsteorin.

De två sessionerna Process Computer Control och Laboratory Projects and Equipment behandlar laborationsdelen av undervisningen. Här finns Leif Anderssons papper om DISCO och Johan Wieslanders artikel om DDC labben i Datorer i Reglersystem. Artikeln av Schaufelberger innehåller tre exempel på laboratorieexperiment i adaptiv reglering med modellreferensteknik eller med identifiering och optimering. Man använder såväl analog som digital realisering av den adaptiva mekanismen.

Vid Stanford har Tashker och DeBra i kursen "Analysis and Design of Analog Control Systems" introducerat ett projekt "Control Systems Design" där studenterna måste jobba från grunden med konstruktion av såväl process som reglersystem. Man använder trä, masonite, klister, gummirör osv. och har t.ex. konstruerat en accelerometer med en noggrannhet på några procent för en kostnad under \$20. Om inte annat så måste detta stimulera studenternas kreativitet. I artikeln av Asko Kippo et al presenteras bl.a. en omfattande uppsättning inställningsregler för PID regulatorer.

Den mest omfattande delen av konferensen är de två sessioner som behandlar Interaktiva Undervisningssystem. De programpaket som presenteras i den första sessionen har i stor utsträckning samma inriktning som vid Reglerteknik, LTH dvs man gör IDPAC, SYN PAC, SIMNON och MODPAC i olika blandningsförhållanden, med varierande datorkonfiguration och varierande typ av interaktivitet. Man sysslar mycket med programpaket som mera har att göra med examensarbeten,

forskarutbildning och forskning och mindre med problem som rör utbildningen för alla studenter på grundnivå. Jag uppfattar det som att vi ligger väl framme jämfört med de paket som presenteras i denna session.

I den andra av dessa båda sessioner behandlas paket, oftast av fråge-svar typ, som mera inriktar sig på grundkurserna för ett stort antal studenter. Shankar et al behandlar ett APL baserat paket som användes i grundundervisningen. Man har inkluderat t.ex. Bode, Nyqvist, invers Nyqvist, simuleringar och multivariabel teori men även olinjära element som t.ex. metoden med beskrivande funktion. Man arbetar mot en grafisk skärm. I De La Puente Alfaro et al har man ett programpaket i Basic som behandlar elementär reglerteknik. Man utnyttjar detta i samband med vidareutbildning av ingenjörer som läste reglerteknik för ett tag sedan. Man låter datorn ställa frågor och leda studenten till rätt svar. Paketet är implementerat på en bordskalkylator med alfanumerisk skärm.

Schmidtbauer i Luleå har ett Basic-baserat program för AK problem. Man kan t.ex. rita Bodediagram och göra enklare kompensering. Materialet är självinstruerande. Studenterna får två uppgifter att lösa och lämnar in en redogörelse till läraren som via sin terminal kontrollerar resultatet mot sina egna noteringar för just den studentens problem. Man har alfanumerisk output. McCorkell vid Ulster College på Nordirland presenterar ett tämligen omfattande paket för interaktiv undervisning av studenter på grundnivå. I paketet ingår t.ex. Invers Nyqvist, Observerarberäkningar och lösning av stationär Riccatiekvation. Man använder enbart en teletype för att åskådliggöra resultaten. Också i Reading finns ett programpaket för datorstödd undervisning. Det presenteras i artikeln av Atkinson och Allen.



Sammanfattningsvis kan man säga att konferensen visar att det finns ett stort och växande intresse för att använda datorer i undervisningen även på grundnivå. De tillgängliga rapporterna från studenternas reaktioner t.ex. i Schmidtbauers rapport, visar att också studenterna överlag är positivt inställda till denna form av undervisning.

UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Vid institutionen för reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola håller vi för närvarande på med en större kursrevidering. För att få en återkoppling från avnämarna har vi sammanställt några frågor. Vi hoppas att svaren skall ge oss vägledning när det gäller disposition och innehåll i våra kurser. Vi är därför tacksamma om Du kan hjälpa oss genom att besvara följande frågor.\*

INLEDANDE FRÅGOR

Namn TOMMY OLOFSSON, HONEYWELL AB, Skårhögmen  
08/880000

Vilken arbetsuppgift har Du?

- (Konstruktör) <sup>Systemingenjör (digitala styrsystem)</sup>  Konsult  
 Produktionstekniker  Försäljare  
 Administratör  Annat \_\_\_\_\_  
 Inköpare

Vilken är Din utbildning i reglerteknik? När?

LTH, F, 1971 AK + FK + expobb (Aranda!)

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

Mycket stor	Stor	Måttlig	Liten	Inte alls
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ALLMÄNNA FRÅGOR

Reglerteknik på Ditt företag

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

Projektering, installation och idrifttagning  
av styrsystem inom processindustrin

\* Skicka enkäten till <sup>K. J. Åshom</sup> Björn Littenmark, Inst f Reglerteknik,  
LTH, Pock, 220 07 Lund

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknypning står Ni inför just nu?

Introduktion av TDC (digitalt styrsystem med distribuerad datakraft) på den svenska marknaden

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år? Kanske börjar då intresset kring styrsystem fokuseras kring regleringen och hur denna kan förbättras. Idag sker utvecklingen på operatörstidplan med grafiska bildskärms-terminaler mm, samt på signalöverföringstidplan.

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor? Industridivisionen: ca 40 (service-, försäljnings-, anläggnings- och systemingenjörer)

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i reglerteknik?

Nej            Vet ej            Ja Vilken typ? \_\_\_\_\_

Sekvensstyrningen och dett problem belyftes väl inte alls i AK'n eller FE'n.

Olika dokumentationstekniker för t.ex. sekvensstyr-system.

Utbildning i allmänhet

Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

Idealiserad och förenklad bild av livswaren där endast tekniska problem identifieras och löses, medan i själva verket många andra problem är av betydelse i ett företag eller projektarbete, t.ex. organisatoriska.

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan? (T.ex. Teori, praktiska komponenter kommersiella system, allmänna metoder)

*Det känns tryggt att ha en bred teoretisk underbyggnad att gå tillbaka till efterhand som olika begrepp kommer i ens väg. Teorin har man förmodligen svårare att tillgodogöra sig sedan man lämnat högskolan. Se dock sid 4 p 1.*

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete? *Nästan allt arbete jag deltar i bedrivs i projektform så varför inte!*

#### Utbildning i reglerteknik

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik:

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk fysik | ? <input type="checkbox"/> Väg och vatten |
| <input checked="" type="checkbox"/> Elektroteknik | ? <input type="checkbox"/> Arkitektur     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Maskinteknik  | <input checked="" type="checkbox"/> Kemi  |

Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder? Bakgrund: Datorerna gör det lättare att få kvantitativa resultat. Mycket mer realistiska problem kan formuleras. Samtidigt ger de precisa kvantitativa metoderna mindre insyn. Hur skall vi avväga detta? Exempel rotort och frekvensanalys:

*Menar du: Skall man behärska och förstå teorin bakom metoden eller räcker det att kunna identifiera användningssituationer samt att kunna förstå resultaten? Nästan möjligt att avgöra generellt. Men risken är det en fara för att förståelsen för metoden och dess begränsningar försämrats när beräkningar etc datoriseras och kontakten med metoden kanske inskränker sig till att tolka en data lista.*

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc.?

Mycket stort. J synnerhet för självkänslan.  
 Även om praktisk erfarenhet erhålles så främjande om i yrkesverksamhet måste absolut de teoretiska kunskaperna befastas under tiden med praktiska övningar.

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt)

	1	2	3	4
Modellbygge				X
Analys	X			
Simulering		X		
Syntes		X		
Förverkligande			X	

} 2

DETALJFRÅGOR

Nedan ges ett antal områden och detaljer. Markera vad Du tycker ev. bör ingå i en grundkurs i regler- teknik och vad som bör ingå i en fortsättningskurs. Det fjärde svarsalternativet "Annat ämne" skall Du markera om Du anser att delområdet skall ingå i grund- eller fortsättningskurs i civilingenjörs- utbildningen men ej i ämnet reglerteknik.

Grundkurs                      Fortsättningskurs

System, modeller

Processkunskap\* ( typ kän-  
na till pappersmaskin,  
NS-maskin, reaktor etc.)

Modellbygge

Identifieringsmetoder

Systemanalys

Testning

Pålitlighet, tillförlit-  
lighet\*

Försöksplanering

Simulering

Analog simulering

Digital simulering

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Processkunskap*				X							
Modellbygge	X										
Identifieringsmetoder	X										
Systemanalys	X										
Testning					X						
Pålitlighet, tillförlit- lighet*				X							
Försöksplanering					X						
Simulering											
Analog simulering	X										
Digital simulering	X						X				

\* Borde ingå i ett ämne Processteknik som borde behandla de för svensk industri viktigaste processteknikerna: petrokemisk, pappers- o cellulosa, järn o stål. (Såvitt jag vet är detta bara tillgängligt på K och då bara den kemiska processindustrin.)  
för

Grundkurs

Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
<u>Analys och dimensionering</u>										
Betydelsen av återkoppling	X									
PID-regulatorer	X									
Stabilitet	X									
Framkoppling	X									
Kaskadreglering	X									
Laplacetransform		X		X						
Nyquistdiagram	X									
Bodediagram	X									
Nicholsdiagram		X								
Frekvensanalys	X									
Felkoefficienter		X								
Styvhetskoefficienter		X								
Känslighet för param. variationer	X									
Rotortmetoden	X									
Fasavancerande kompensering	X									
Fasretarderande kompens.	X									
Tillståndsbeskrivning	X									
Styrbarhet	X									
Observerbarhet	X									
Polplacering	X									
Observerare, rekonstruktion					X					
<u>Kommersiell teknik</u>										
Komponenter	X									
Reglering av vanliga stor- heter som nivå, tryck, flöde, temperatur.	X									
Bärfrekvenssystem				X						

Grundkurs

Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Automatik				X						
NS-maskiner				X						
Inköp				X						
Underhåll			X	X						
Standard, ritningsregler*	X		X							
<u>Samplade system</u>										
Allmänt om samplade system	X					X				
Z-tranform						X				
Stabilitet						X				
Styrbarhet						X				
Observerbarhet						X				
Deadbeatregulatorer						X				
Polplacering						X				
Datorer som regulatorer	X					X				
Hårdvara för datorer				X						
Mjukvara för datorer				X						
DDC-styrning	X					X				
<u>Olinjära system</u>										
Begränsningen hos linjära system	X					X				
Fasplananalys						X				
Lyapunovteori						X				
Cirkelkriteriet						X				
Beskrivande funktion						X				

\* Varför inte i Ritteknik?





HÄNVISAR TILL RAPPORT 7116

"Kurser i Datorteknik vid LTH",

K.J. Åström

G. Olsson

## KURSPLANEREVISIONEN - NYA KURSPLANER FÖR REGLERTEKNIK AK

K J Åström

### 1. INLEDNING

Den nya kursplan som presenteras här har baserats på erfarenheter från nuvarande AK, resultaten av en intervju- och enkätundersökning samt informella diskussioner med kolleger inom och utom Sverige. Vid utformandet av de nya kursplanerna har jag utgått från ett totalutrymme för kursen på 70 h. I denna rapport presenteras ett nytt kursprogram. Några av de avvägningar som ligger bakom kursplanen har också angivits.

### 2. NUVARANDE UTFORMNING AV AK OCH TÄNKBARA FÖRÄNDRINGAR

Kursens nuvarande utformning framgår av kursprogrammen som ges i bilaga A (för F och E) samt i Bilaga B (för M). Den nuvarande kursen ger en god grund i linjär reglerteori som är väl anpassad till dagens litteratur. Ett särdrag är att analys i tids- och frekvensplanet behandlas parallellt. Kursen är dock ganska ambitiöst upplagd och den upplevs som svår av många teknologer. Speciellt är den en stötesten för många mekanister som är mindre vana vid analytiska resonemang. Den allvarligaste invändningen man kan rikta mot kursen är att den ger alltför lite känsla för teorins anknytning till verkligheten. En stor fördel med kursen är dock att teknologer som behärskar kursen verkligen kan viktiga begrepp och metoder, vilket har rönt gott erkännande från många arbetsgivare.

#### Kompromisser, avvägningar

För att ha en utgångspunkt för diskussionen ges nedan en grov timuppdelning av den nuvarande och den nya planerade kursens huvudmoment.

Tabell 1

	Nuvarande AK	Nya förslaget
Inledning	8 h	10 h
Modellbygge	2	10
Analys och simulering	35	30
Syntes	23	18
Förverkligande	<u>2</u>	<u>2</u>
	70 h	70 h

Om man jämför nuvarande AK med den avvägning mellan olika kursmoment, som presenteras i enkäten, finner man överensstämmelse så tillvida att analysen ges den största vikten, däremot ägnas alltför litet utrymme åt modellbygge. Detta hade prioriterats som nr 2 av avnämarna och före syntesen. Det framgår också av enkätsvaren att syntesavsnittet kan minskas. Detta får dock göras med viss eftertanke, för det kan annars lätt bli så att återkoppling får en alltför undanskymd roll. Mer detaljerade kommentarer till olika avsnitt ges nedan.

#### Verklighetsanknytning

Det är klart önskvärt att teknologerna ges en bättre uppfattning om hur teorin anknyter till verkligheten. I nuvarande kurs utförs t ex de två första laborationerna enbart med hjälp av simulering på analogi-maskin. Först i de två sista laborationerna träffar teknologerna på ett servo. En avsevärd förbättring skulle kunna uppnås om man i stället gjorde de första laborationerna med verkliga processer och verkliga regulatorer. Ett utkast till en sådan laboration ges i det nya kursprogrammet. En förändring av den inledande föreläsningen kan också hjälpa till. Införande av inlämningsuppgifter som löses med hjälp av interaktiva program kan också öka realismen. Teknologerna kan då få se mer realistiska problem utan att för den skull behöva lägga ned alltför mycket tid på rutinräkningar.

#### Modellbygge

Modellbygge bör ges ett ökat utrymme. Professor Qvarnström vid Chalmers har dock haft erfarenheten att det inte är lätt att undervisa om

modellbygge och att teknologreaktionen delvis varit negativ (Va! Skall vi tenta mekanik och värmelära nu igen?). Kursavsnittet om modellbygge kräver således eftertanke. Det bör om möjligt ha provats innan ändringarna göres. Den höga angelägenhetsgraderingen från avnämarna innebär att stora ansträngningar bör göras. Olika undervisningsformer, kombinationer av föreläsning, räkneövningar och laborationer bör övervägas. Ett utkast till en laboration ges i den nya kursplanen. Modellbyggnadsavsnittet erbjuder också goda möjligheter att öka verklighetsanknytningen och ta upp frågor som begränsningar hos linjära modeller.

### Analys och simulering

Enkäten antyder att många civilingenjörer kommer att syssla med dynamiska system även om de ej kommer att dimensionera reglersystem. Se t ex kommentarer från Sydskraft och AF. Enkäten visar också klart att analysavsnittet är viktigt liksom att det vore bra att demonstrera begränsningen hos förenklade linjära modeller. Med de interaktiva programspråken, t ex SIMNON, kan detta göras på ett enkelt sätt, som även borde vara attraktivt för teknologen. Möjligheten att införa interaktiv simulering i kursen är helt och hållet en ekonomisk fråga. Allvarliga försök bör göras att få det med i den nya kursen. En viss krympning av vissa analysavsnitt, t ex observerbarhet och styrbarhet, bör kunna göras. Eftersom syntesavsnittet läggs om, är det önskvärt att analysavsnittet utformas så att ännu mer tonvikt läggs på analys av återkopplade system och analys av system med enkla regulatorer.

### Syntes

Enkäten visar att syntesavsnittet kan minskas. De flesta av de civilingenjörer som endast läser AK kommer knappast själva att dimensionera reglersystem. Många avnämare av denna kurs kommer dock att vara konstruktörer och användare av anläggningar, processer och apparater som regleras. Det är därför viktigt att klargöra sambandet mellan processens och regulatorns egenskaper. Det bör göras klart att lösningen till ett besvärligt reglerproblem ej nödvändigtvis består av en krånglig regulator utan även i en förändring av processen. Det är t ex kanske möjligt att eliminera störningar i stället för att reglera ut dem. En förståelse för hur processens dynamiska egenskaper påverkar

möjligheterna att styra den är också viktig (exempel: minimumfas, tidsfördröjning, begränsad reglerauktoritet etc). I syntesavsnittet bör också tonvikt läggas på utformande av specifikationer och kunskap om olika regulatorstrukturer. De viktiga begreppen om polplacering och rekonstruktion av tillståndsvariabler bör också genomgå. En drill i dessa tekniker är dock ej nödvändig. Det är kanske ej heller nödvändigt att gå igenom kompensering med hjälp av frekvenskurvor. Det är viktigt att ha en känsla för begränsningarna hos enkla regulatorer liksom för vad som går att göra ifall en enkel regulator inte är tillräcklig.

#### Förverkligande

Enkäten visar klart att vi ej skall lägga stor tonvikt på att lära ut hur man förverkligar reglersystem. Det vore bra att göra om laborationerna så att de i större utsträckning exemplifierar verkliga reglersystem. Bild- och demonstrationsmaterial i samband med laborationerna vore också bra. Den nuvarande undervisningens omfattning torde vara tillfyllest. Däremot bör kursavsnittet göras om så att man ger större utrymme åt förverkligande med dator.

#### Datorer i reglersystem

Det har i många sammanhang betonats att datorer kommer att få en allt viktigare roll som reglerkomponent. Detta framgår också klart av enkäten. Vi har undersökt många olika varianter att ge ökat utrymme för dessa i AK. Man bör åtminstone diskutera digitala PID-regulatorer. Det är dock svårt att inom nuvarande ramar gå längre än så.

### 3. DEN NYA KURSPLANEN

Nedan ges en presentation av den nya kursplanen. Utkast till två nya laborationer ges också efter beskrivning av kursmomenten. Ordningföljden vid materialets presentation behöver ej nödvändigtvis vara den som ges nedan.

### 1. Inledande och utblickande material, 10 h

I detta avsnitt ges en översikt av reglerteknik och reglerteori. Några typiska reglerproblem skall också presenteras i form av en laboration. Se Appendix A. Vidare skall matematikkunskap repeteras. Ett bra inledande exempel där viktiga frågor kan belysas enkelt är viktigt.

### 2. Modellbygge, 10 h

De grundläggande metoderna för att konstruera en matematisk modell för ett reglerobjekt skall genomgås. Modellbygge med hjälp av fysikaliska grundekvationer liksom transient och frekvensanalys skall genomgås. Frågor som modellnoggrannhet och giltighetsområde skall diskuteras.

### 3. Analys och simulering, 30 h

I detta avsnitt behandlas metoder för att undersöka hur öppna och slutna system fungerar med hjälp av analys och simulering. Analys av linjära modeller i tids- och frekvensplanet skall genomgås. Vidare behandlas stabilitetsteori, liksom kvalitativ analys av återkopplade system. Avsikten är framför allt att ge en förståelse för viktiga begrepp såsom observerbarhet, styrbarhet, stabilitet, frekvenskurvor etc, som är väsentliga för förståelsen av hur reglersystem fungerar. Teknologerna skall även förvärva viss färdighet i analysmetoder.

### 4. Syntes, 18 h

I detta avsnitt behandlas specifikationer av reglersystem. Vidare diskuteras reglerstrategier och reglerprinciper, framkoppling, återkoppling etc. Sammanhanget mellan processdynamik och reglering betonas. Svårigheter vid reglering undvikes i första hand genom att försöka eliminera dem och i andra hand genom reglering. Förenkling av reglerproblem genom god placering av givare och klokt valda ställdon diskuteras. Dimensioneringsregler för PID-regulatorn genomgås. Situationer då enkla regulatorer ej är tillfyllest diskuteras. Vidare orienteras om vad man kan göra då en enkel regulator ej klarar problemen. De viktiga principerna med polplacering och rekonstruktion genomgås.

## 5. Förverkligande, 2 h

Uppbyggnaden av reglersystem genomgås kortfattat med tonvikt på digitala reglersystem.

## 6. Kursens uppläggning

Kursens uppläggning och genomförande bör ägnas stort intresse. Fördelningen på föreläsningar, övningar, laborationer, enskilda inlämningsuppgifter och självstudier bör tänkas igenom. Möjligheten att på övningar och föreläsningar använda demonstrationer och simuleringshjälpmedel bör beaktas. Vid KTH har man enligt lektor Vallin haft goda erfarenheter med bildbandstyrda projektyrer för laborationsinstruktion. Det borde också vara naturligt att ha analogi-maskin och simuleringsterminal på flera övningar.

En kritisk fråga är om det kommer att finnas tillgång till ett terminalrum med bildskärmsterminaler vid LTH. Om så blir fallet kan vi till teknologundervisningen överflytta de mycket kraftfulla hjälpmedel i form av interaktiva program för datorstödd analys och syntes som vi utvecklat i vår forskning. Detta skulle möjliggöra nästan revolutionära förbättringar. Lektor Schmidtbauer i Luleå har t ex rapporterat mycket goda erfarenheter genom att utnyttja enkla alfa-numeriska terminaler och BASIC i samband med inlärningsuppgifter. Se t ex Schmidtbauer (1977).

Laborationerna bör göras mindre bundna än de är för närvarande. Tidsomfånget på laborationerna bör också diskuteras. Det är t ex ej självklart att alla laborationer skall vara lika långa. Det vore intressant att undersöka vilka möjligheter det finns att utföra kunskapskontroller underhand, t ex i form av individuella inlämningsuppgifter och i form av förberedelser för laborationerna. Man skulle t ex kunna ha ett häfte med uppgifter som succesivt löses i samband med föreläsningar, övningar, laborationer och enskilt arbete. För godkänt kunde det då vara tillräckligt med ett kort kunskapstest medan endast de som vill ha högre betyg skulle behöva genomföra en problemlösningstentamen.



## LABORATION 1 - GRUNDLÄGGANDE EMPIRIK

MÅL: Laborationen skall ge

- exempel på hur regler- och styrsystem kan se ut
- grundläggande empirisk kunskap om hur dynamiska system kan uppföra sig
- grundläggande empirisk kunskap om hur det slutna systemets egenskaper påverkas av regulatorinställningen.

MOTTO: Så här kan ett regelsystem se ut och så här kan det uppföra sig. I kursens analytiska delar får Du sedan lära dig varför.

### DYNAMISKT BETEENDE

Bekanta Dig med processen. Kör processen manuellt. Registrera styrsignalen och processvariablerna och skaffa Dig en känsla för vad som händer, Tidskonstanter, tidsfördröjningar, förstärkning. Är processen linjär? etc.

### ENKLA REGLERUPPGIFTER

Illustrera den grundläggande idén att reglering grundas på mätning av en regleravvikelse och återkoppling. Ge exempel på on-off reglering och kontinuerlig reglering. Studera styrvariabler och mätsignaler under reglerförloppet. Illustrera konstanthållning, stabilisering och följdning. Visa att olinjära fenomen, glapp, mättning, dödzon m m kan erhållas. Visa hur automatik och regelsystem kan samverka.

### EGENSKAPER HOS ENKLA REGLERKRETSAR

Uppstart. Handmanuell omkoppling. Visa att man ej alltid bara kan koppla på systemet. Statiska fel vid referensvärdesändringar och yttre störningar.

Instabilitet. Minskning av statistiska fel genom förstärkningsökning och genom integration. (Ev ökning av snabbhet genom derivering.) Inverkan av tidsfördröjningar, förstärkning och integrationstid.

#### UPPLÄGGNING

Olika processer kan användas, t ex:

- plask och pys
- varmluftservot
- servomotorerna
- potentiometerskrivare
- pumpservo
- enkelt ställdon
- varvtalsreglering med centrifugalregulator
- temperaturreglering typ Gambro
- automatisk vägning
- ugn
- inverterad pendel
- flödessystem
- vattenvärmning

OBS: processerna kräver omtanke. Det vore trevligt om processerna kunde tas som typiska representanter för olika industriella reglersystem. Det borde då finnas bildmaterial o dyl för att ge en god verklighetsanknytning.

Det kunde vara en fördel om olika grupper laborerar på olika system. Dels får man fler exempel och dels kunde laborationen avslutas med en diskussion efter vilken det borde stå klart att samma fenomen uppträder i många olika tekniska reglersystem.

#### PROBLEM

Är det realistiskt att tänka sig att ha olika processer för olika elevgrupper?

## LABORATION 2 - MODELLBYGGE

MÅL: Laborationen skall illustrera modellbygge för typiska processer både baserat på fysikaliska grundekvationer och med hjälp av frekvens- och transientanalys.

### UNDERVISNINGSMOMENT

#### 1. Impulssvar, stegsvar

Mät impuls och/eller stegsvar. Ange förslag på en motsvarande överföringsfunktion. Inom vilket område kan en linjär modell vara rimlig?

#### 2. Frekvensanalys

Använd först en enkel metod. Registrera in- och utsignaler, mät på kurvorna. Använd signalgenerator med variabel fas. Använd en frekvensanalysator baserad på LSI-11. Jämför med 1. Inom vilka områden är modellen linjär?

#### 3. Fysikaliskt modellbygge

Gör en fysikalisk modell för någon lab process. Jämför sedan modellen med verkligheten för olika insignaler.

## KURSPLANEREVISIONEN

BESÖK PÅ HONEYWELL 1977-11-24

Deltagare: Honeywell    Gunnar Östlund  
                                  Tommy Olovsson  
                          LTH                    Karl Johan Åström

## 1. INLEDNING

Honeywell har i Sverige ett försäljningsbolag. Inom detta finns en industriavdelning som säljer datorbaserade regler-system till industrin. Vidare finns en avdelning för VVS-automation liksom en avdelning som säljer enkla regulatorer för OEM marknaden. Östlund är på industriavdelningen. De produkter man främst säljer är

TDC 2000	μ-datorbaserat processreglersystem.
TDC 4500	24 bits minidator arvtogare till GEDAC 4020
TDC 7100	process interface utrustning
EPTAK	Avancerad PLC

Honeywell säljer system till kunder och tar systemansvar. Det finns inom industriavdelningen en systemgrupp som kan ta sig an knepigare problem. Man använder ofta konsulter typ SIKOB, COMATOR som underleverantörer för programmering.

## 2. ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Det vore önskvärt om ingenjörer är utbildade i systematisk problemlösning. Det förekommer ofta att man ställs inför problem av typen att något ej fungerar men man vet ej riktigt varför. Många ingenjörer är handfallna inför sådana situationer. Utbildning i systematisk och logisk problemlösning skulle kanske förbättra situationen.

### 3. DIGITALA SYSTEM

Beträffande reglertekniska problem har Honeywell en intressant situation i och med lancerandet av TDC 2000. Ett distribuerat system som bygger på nya idéer. Systemet bygger på en  $\mu$ -dator men det ser för användaren ut som ett analogt system. T o m samplingsintervallet är fixerat 1/3 s! För att använda ett sådant system skall man behärska PID-regulatorn med knorrar, framkoppling, kaskadkoppling, etc.

Östlund sa att i framtiden blir digitalsystem det första en ingenjör kommer att stöta på. De digitala system kommer dock ofta att vara utformade så att de för användaren ser ut som analoga system. Olovsson påpekade att man med de nya systemen faktiskt behöver mindre kunskaper i programmering och digitala system än med tidigare system.

### 4. PROBLEMDEFINITION

Honeywell mottar i typiska fall reglerproblem i olika former

1. Honeywell ombeds att lösa ett reglerproblem. Detta omfattar såväl att bestämma regulatorstruktur som att föreslå utrustning.
2. Kunden ger ett flödesschema med regulatorstruktur ofta i form av ett instrumenteringsschema. Honeywell ombeds ge en offert på lämplig utrustning.
3. Kunder presenterar en lista på komponenter som kunden önskar. Listan har ofta gjorts av någon konsult.

Fall 2 är vanligast. Det leder ofta till att det ursprungligen förslaget modifieras något baserat på erfarenheter och egenskaper hos befintliga komponenter.

## 5. KOMMENTARER

De alläna önskemålen beträffande problemlösningförmåga skulle eventuellt kunna tillgodoses genom att införa några projekt av 1 - 2 veckors längd i civilingenjörsutbildningen. På doktorsutbildningsnivå tycker jag att den obligatoriska labverksamheten är ett led i rätt riktning.

Konsekvenserna av system typ TDC 2000 är intressanta ty de medför att de digitala systemen för användaren ser ut som analoga system. Beroendet av programmering minskar.

Intressant att notera hur processscheman används som kommunikations- och definitionshjälpmedel.

Bilaga 9

PROJEKTORIENTERAD UNDERVISNING I REGLERTEKNIK

VID E T H, ZÜRICH.

**ETH**

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH

Fachgruppe für Automatik

Prof. Dr. W. Schaufelberger

Physikstrasse 3  
Telefon 01 326211

January 20, 1978

Postadresse:  
Fachgruppe für Automatik  
ETH-Zentrum  
CH-8092 Zürich

To: Heads of Control Laboratories  
in North-Western Europe

From: W. Schaufelberger, ETH-Zürich

Dear Sir,

it was decided at a meeting of the Committee on Education of IFAC in Barcelona, March 1977, that a report on group and project oriented teaching in automatic control at ETH Zürich should be prepared.

Part I of the report has been prepared in August 1977 and part II of the report will be written in March 1978.

The Heads of Control Laboratories in north-western Europe were invited to the Barcelona meeting. Prof. Larsen, Vicechairman of EDCOM, decided that the report should therefore also be distributed to the "Heads". Please find your copy of part I enclosed. Part II will follow in due time.

Sincerely yours

*W. Schaufelberger*

Prof. Dr. W. Schaufelberger

**I F A C**  
**INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMATIC CONTROL**  
**COMMITTEE ON EDUCATION**

August 1977

EDCOM CASE REPORT 77-01

GROUP TEACHING IN AUTOMATIC CONTROL AT ETH, ZÜRICH

Part 1: Control of a D-C-Servosystem by use of an observer  
by W.Schaufelberger,  
Fachgruppe für Automatik, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

Content:

1. Introduction	p. 2
2. Description of project	p. 2
3. Organizational aspects	p. 3
4. Work of the group	p. 4
5. Assessement of success	p. 12



## 1. INTRODUCTION

It was decided at the EDCOM meeting of March 29, 1977 in Barcelona that a report about group and project oriented teaching in automatic control at ETH Zurich should be prepared. The problem that was envisaged was to find the control concept for an industrial disc spray dryer used in a color fabrication process at SANDOZ AG, Basle. This problem will be taken up during the upcoming winter term and the report will be available in April 1978. In the meantime a pilot project was carried out with a group of 12 graduate students with a "diploma degree". 9 of these came from the University while the other three came from Industry with several years of professional experience. The goal was to design a controller for a slightly damped mechanical system. The results of this work might be of interest to some members of EDCOM and are therefore presented in this part I of the report.

## 2. DESCRIPTION OF PROJECT

- The following plant is to be reasonably well controlled. (It is left to the group to decide what "reasonably" means and to find an adequate mathematical formulation.)

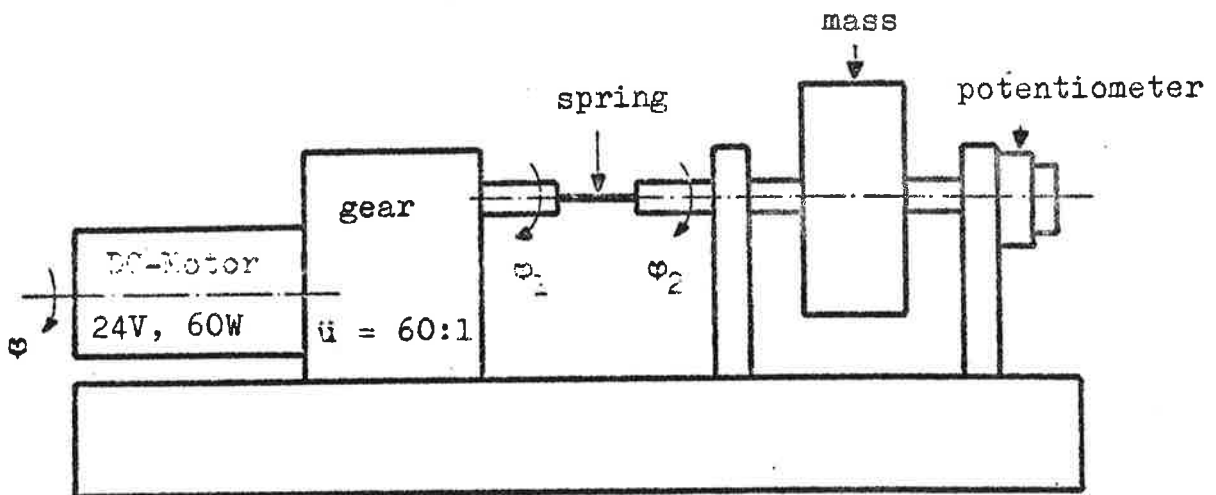


fig.1: plant to be controlled

- The plant is physically available for experiments (for data see the experiments).
- Time allotted: 3 sessions of 4 hours each.
- Group: 2 teachers (Schaufelberger/Habermacher)  
12 graduate students (9 from university, 3 from industry)

It was decided at a preliminary meeting that the problem would be solved by designing an observer with state variable feedback and that no other solution would be pursued.

The following time table was set up:

- session 1: - modelbuilding  
- identification
- session 2: - design of observer
- session 3: - design of state variable feedback controller

Computer programs were available (in the form of subroutines) for all tasks from the subprogram collection AUTLIB.

### 3. ORGANIZATIONAL ASPECTS

- Problems of general interest were discussed in round table discussions
- special problems were singled out to be solved in small groups (2 to 3 students)
- minutes of all sessions were prepared and handed out to all participants in the following session
- work of the teachers was organized as follows: one was in charge of the group work while the other did all the necessary computer programming, so that the students were able to focus on the control aspects
- there was practically no lecturing. Solutions to theoretical problems (i.e. pole placement) were handed out on work sheets.

#### 4. WORK OF THE GROUP

##### Session 1: Model building and identification

##### round table:

- What effects should be considered in the model?
- Model structure
- Experiments, measurements, input signals
- Identification method, verification of model

##### small groups:

- Model building
- Planning of experiments
- Number of parameters?

After taking some preliminary measurements (frequency response), it was decided that the following model would be used (fig.2 and fig.3).

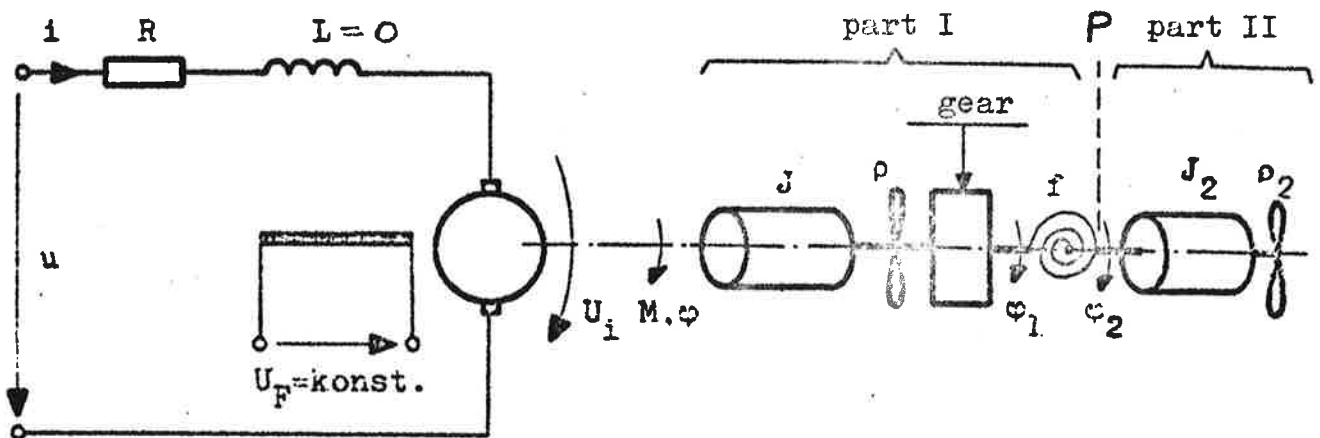


fig.2: electromechanical system representation

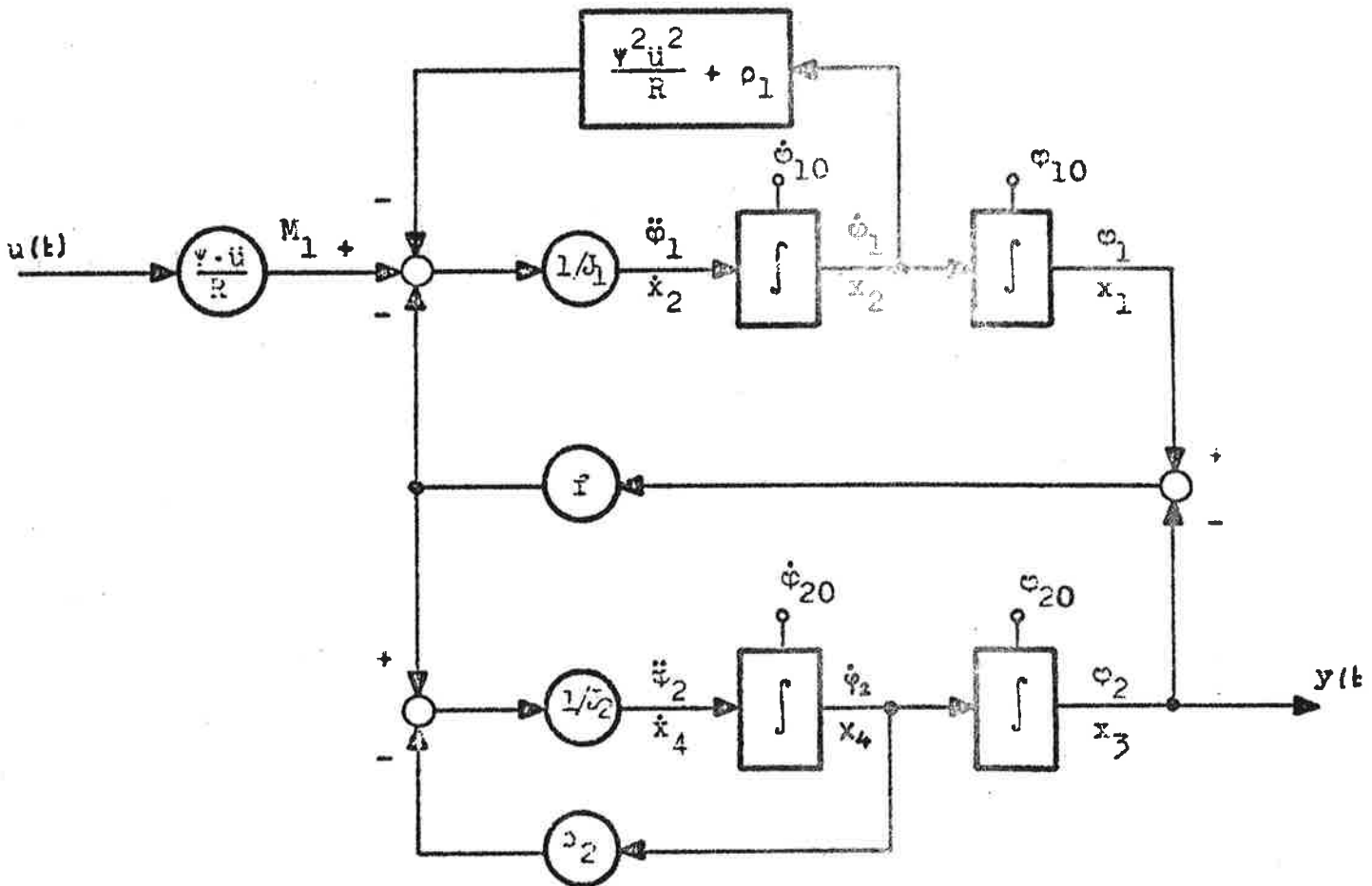


fig.3: detailed blockdiagram of system  
measurable are  $u$  and  $\varphi_2 = y$

From this model the following transfer function is obtained:

$$G(s) = \frac{b_0}{s(s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0)}$$

Only 4 parameters can be obtained from the identification process. 4 of the 8 parameters of the system were therefore directly measured, namely

$$\ddot{u} = 60, R = 1.81\Omega, \psi = 0.06 \text{ Vs}, f = 0.4 \text{ mN/rad.}$$

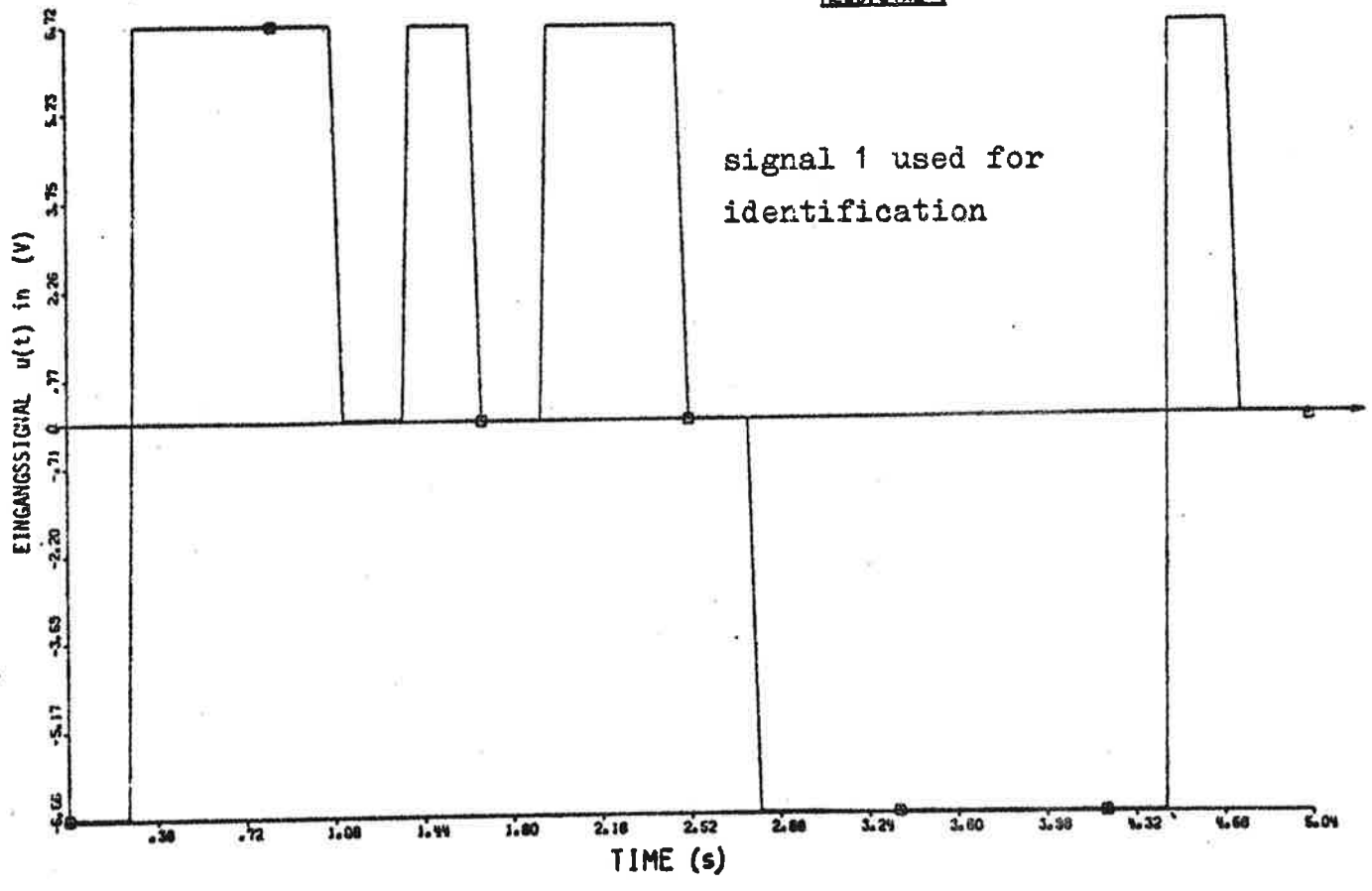
4 were obtained from the identification as

$$J_1 = 0.287 \text{ m}^2\text{kg}, \rho_1 = 4.6 \text{ m}^2\text{kg/s}, J_2 = 0.017 \text{ m}^2\text{kg},$$

$$\rho_2 = 0.004 \text{ m}^2\text{kg/s. Results are depicted in fig.4 and fig.5.}$$

Messreihe 1

signal 1 used for identification



Messreihe 2 (zur Verifikation)

signal 2 used for verification

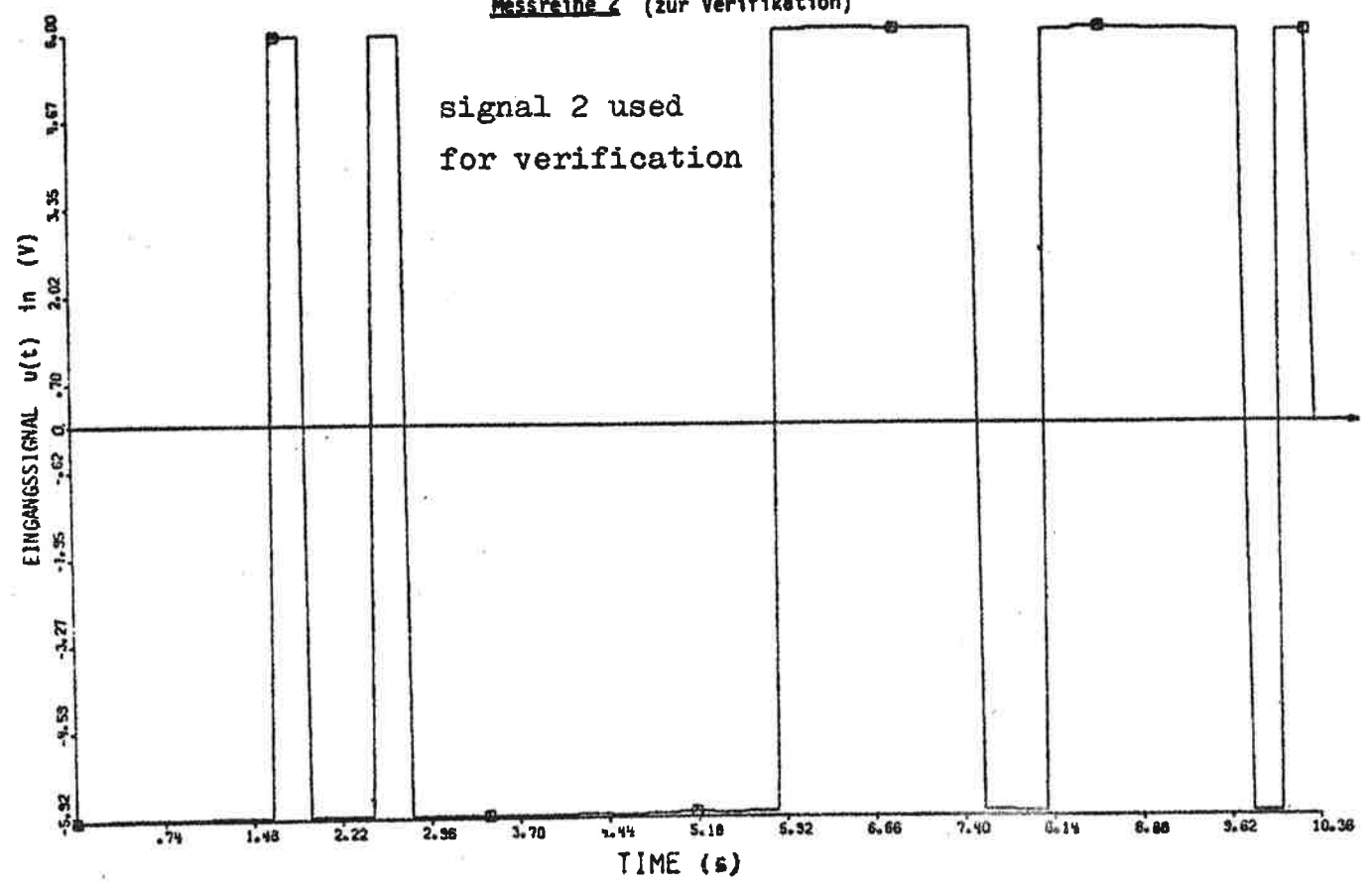
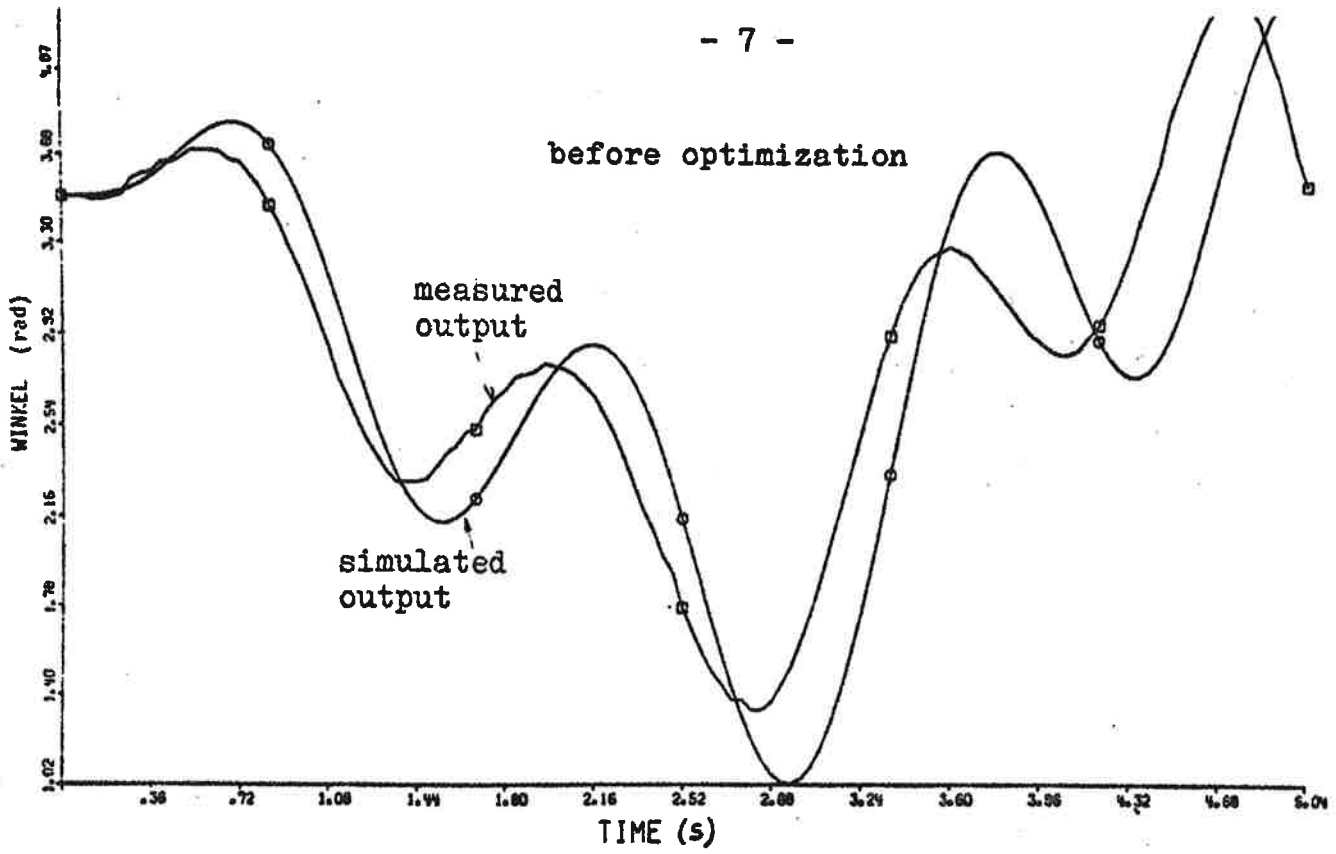


fig.4: input signals used for identification

- 7 -



■ GEMESSENER PROZESSAUSGANG  
○ SIMULIERTER MODELLAUSGANG  
} Messreihe 1

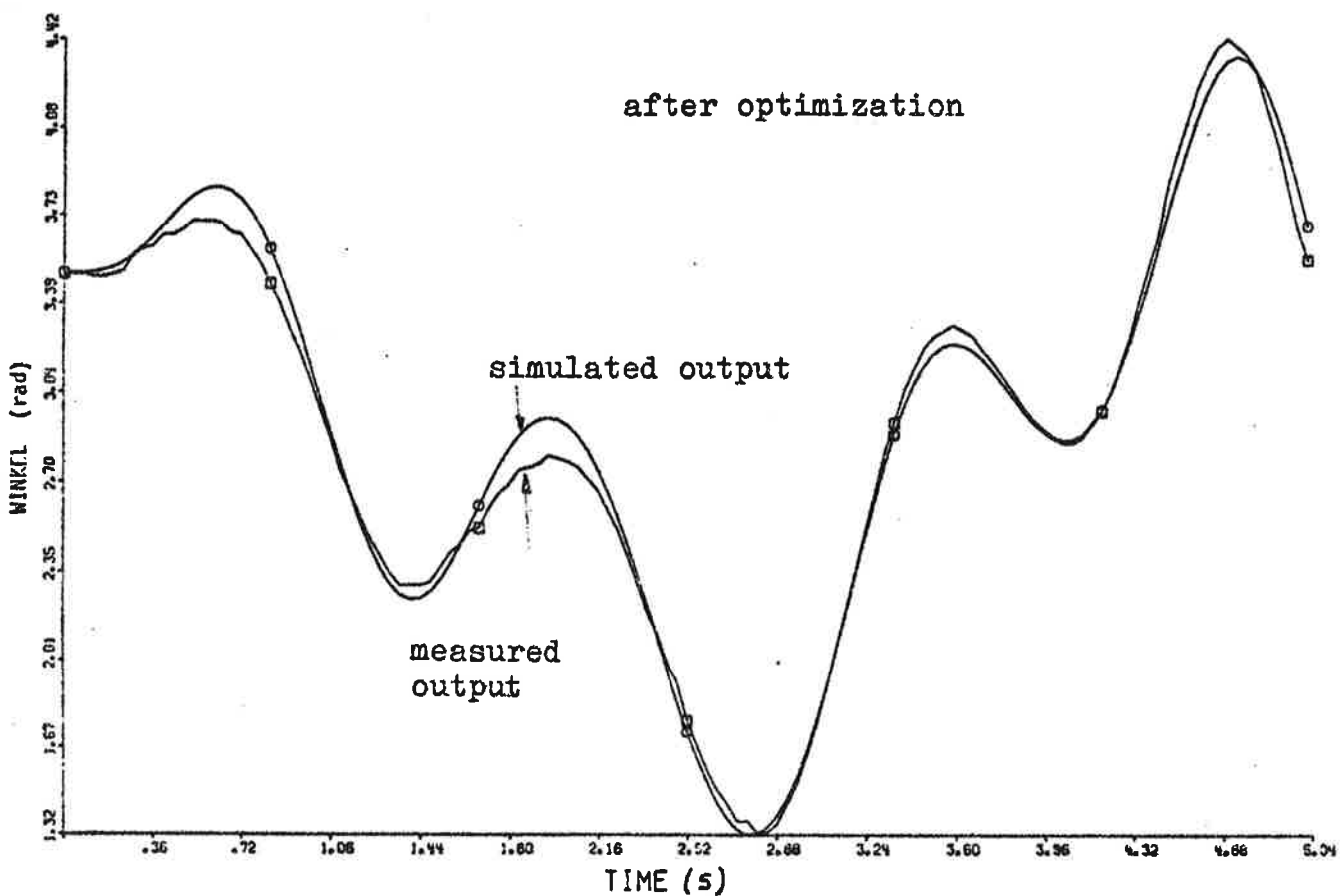


fig.5a: results of identification using input signal 1

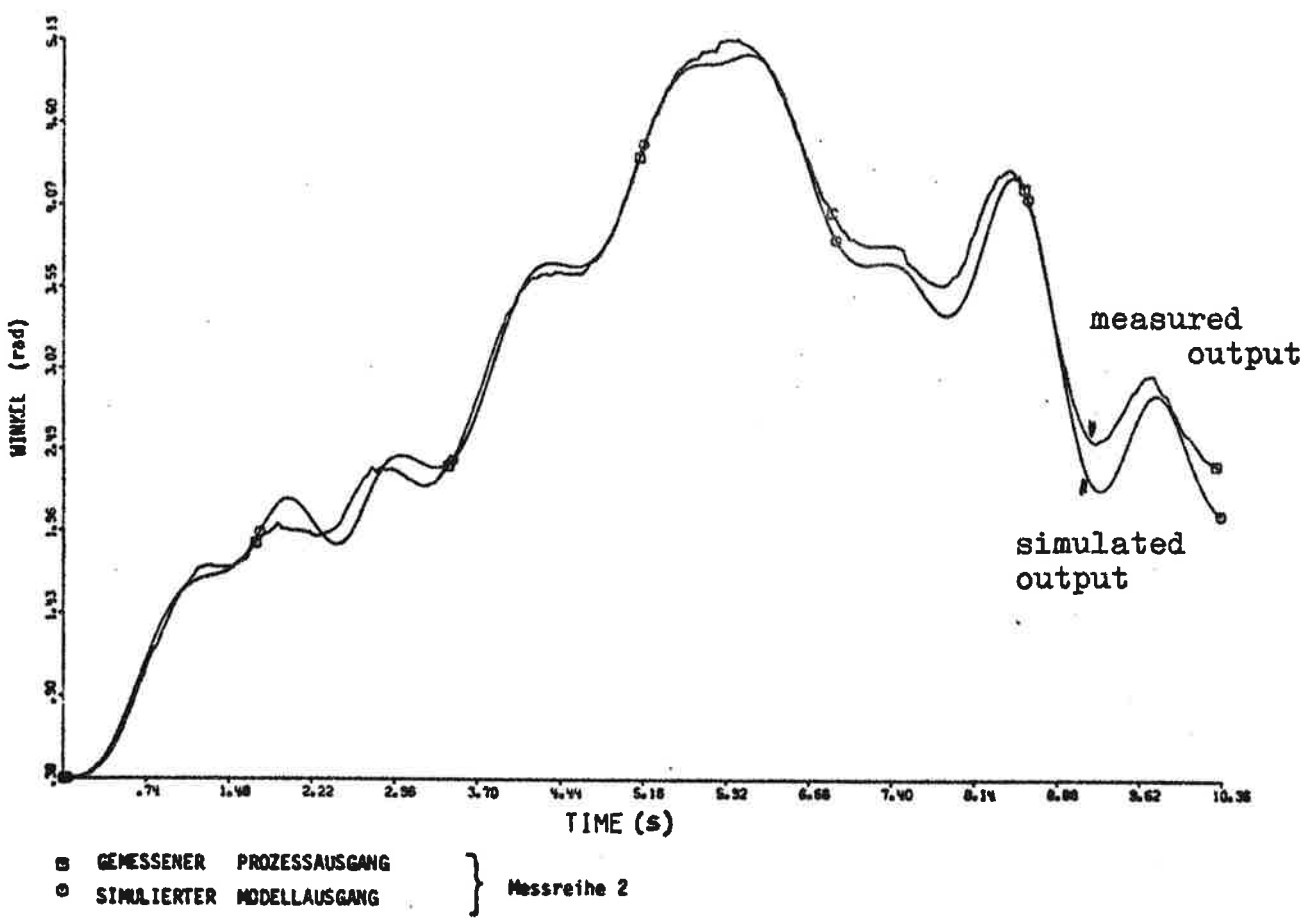


fig. 5b: verification of model using input signal 2

(These results were already available from earlier work done with the same system)

Session 2: Design of observer

round table:

- design objectives (pole placement)
- full order or reduced order
- implementation: analog vs. digital
- modern control vs. classical control
- accuracy

small groups:

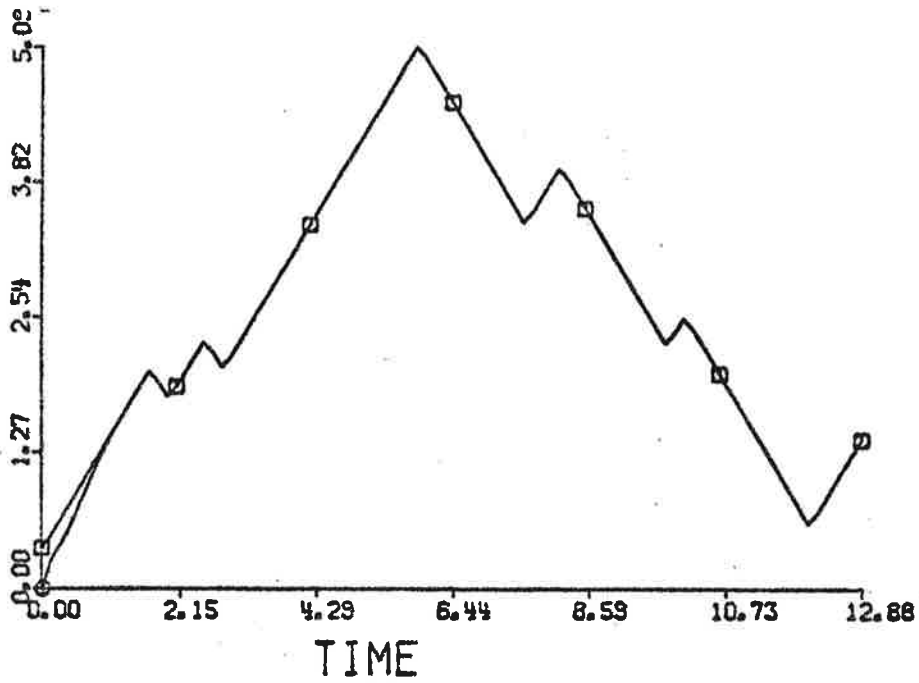
- design of an observer for a second order system.

A full order observer for the state variables  $\varphi_1, \dot{\varphi}_1, \varphi_2, \dot{\varphi}_2$  was designed by trial and error using a pole placement program.  $u$  and  $y = \varphi_2$  from fig.3 were used as input signals. The resulting system was scaled to work on a EAI Mini AC analog computer.

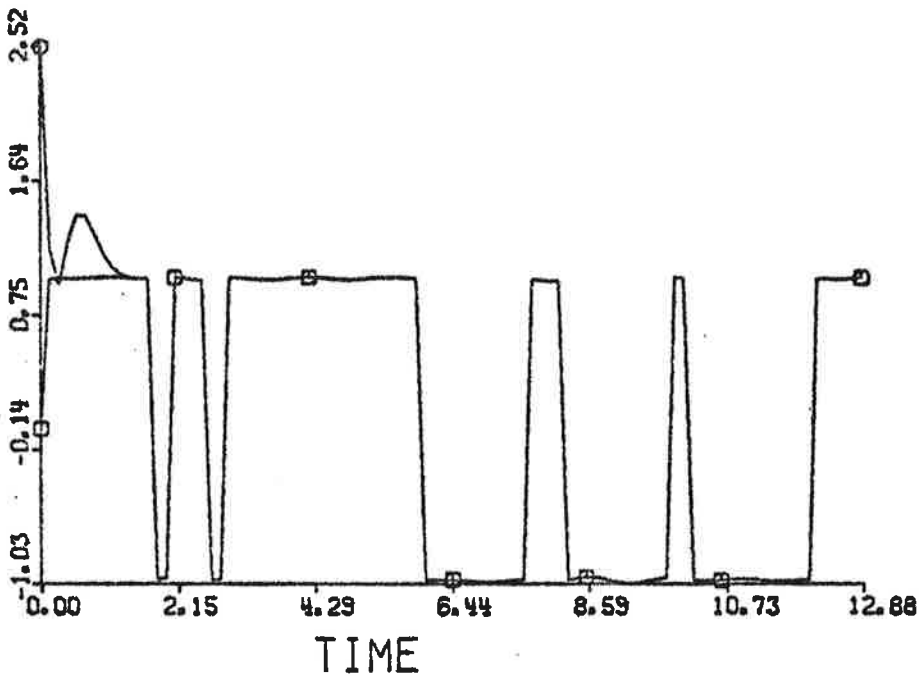
Fig.6 shows the behavior of the observer for the internal state variable  $x_1 = \varphi_1$  from a simulation study.

The observer was then implemented on the analog computer.





- X1SYSTEM
- X1OBSERVER



- X1SYDERIV
- X1OBSERVER

fig.6: simulation of observer behavior for the internal state variable  $x_1 = \phi_1$  and its derivative

Session 3: Design of state variable feedback controller (s.v.f.c)

round table:

- modern vs. classical control theory
- pole placement vs. riccati-feedback
- how does one put a s.v.f.c. to work without danger for the system (spring tension)

Using the analog computer for the implementation of the observer and the state variable feedback controller (based on the estimates  $\hat{\phi}_1, \hat{\phi}_1, \hat{\phi}_2, \hat{\phi}_2$ ) the following results were obtained when controlling the electromechanical system:

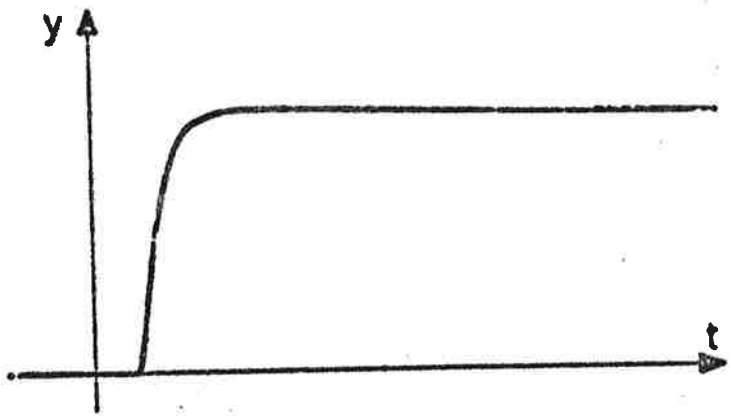


fig. 7: state variable feedback control using observer, step response

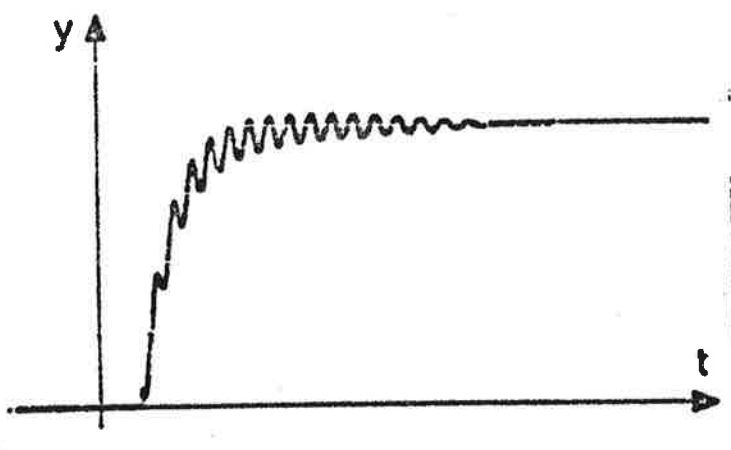


fig. 8: classical control using a proportional controller, step response

Remark:

Independently of the group work, two students solved the same problem in discrete time as a term project. Observer and controller are implemented on an INTEL 8080 microprocessor with a sampling rate of 150 m sec. This system does also work very well.

5. ASSESSMENT OF SUCCESS

The round table discussions and the work in small groups were of good quality. Especially the attendants from industry, of which two are experts in the field of D-C- servo control, gave many interesting comments. The students were interested and active.

The students got an impression of how the theory might be used in a practical example and of the difficulties involved. We believe that the educational goal that was reached justifies the time spent on the example.

An interesting point for the teachers resulted from the fact that we did not know how good or bad the results would be. We were quite relieved when the system turned out to work well (after solving some grounding and shielding problems...).

EKONOMISK REDOVISNING PU-ARBETET

Tilldelade medel kronor 10 000

Utgifter

Dalby gästis	993:-	måltider	1977-03-18
Karl Johan Åström	28:60	resa	1977-04-15
Gustaf Olsson	49:84	resa	1977-04-15
Gustaf Olsson	851:-	resa	1977-05-26
Björn Wittenmark	138:-	resa	1977-05-26
"	195:-	resa	1977-05-26
"	170:-	resa	1977-05-26
"	427:-	resa	1977-05-26
Karl Johan Åström	168:-	resa	1977-05-25
Villa Haga	1 764:-	måltider	1977-10-27
Lundia	493:65	"	1977-10-27
Torsten Söderström	135:20	resa	"
Teknikum (T.S.)	648:-	resa	"
B. Schmidtbauer	1 204:-	resa	"
T. Bohlin	880:-	resa	"
B. Qvarnström	186:-	resa	"
L. Ljung	264:-	resa	"
Grand Hotel (L.J.)	152:-	hotel L.Ljung	"
	<u>kronor 8 747:29</u>		

(Ej utnyttjade medel kronor 1 252:71)

## UTBILDNING I REGLERTEKNIK

### Intervju- och enkätundersökning

Björn Wittenmark

1. Bakgrund
  2. Enkäten och svar
  3. Intervjuer
  4. Sammanfattande synpunkter
- Appendix A: Enkäten
- Appendix B: Svar på vissa enkätfrågor

#### 1. BAKGRUND

Vid Institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola görs för närvarande en större översyn av samtliga kursplaner i reglerteknik. Denna översyn görs delvis med hjälp av PU-pengar. För att få ett underlag till revideringen av kursplanerna har vi gjort intervjuer med yrkesverksamma ingenjörer vid åtta företag. Personer från institutionen har därigenom haft möjlighet att utbyta synpunkter med ca 25 ingenjörer på olika nivåer i företagen. Vidare har vi skickat ut enkäter och fått in svar från 29 personer. Flera av dessa är desamma som de intervjuade personerna. Enkäten har också följts upp genom telefonkontakt med de flesta av de personer som har skickat in svar. Urvalet vid utskickandet av enkäten har varit långt ifrån slumpmässigt. I stället har vi strävat efter att ge enkäten till personer som vi redan tidigare har haft kontakt med och vilkas verksamhet vi känner till. På detta sätt har det varit möjligt att med ett mindre antal enkäter få en god spridning när det gäller olika typer av industrier och befattningshavare. Intervju och enkätundersökningen skall inte ses som en uttömmande undersökning utan som ett bra och enkelt sätt för institutionen att få en uppfattning av vilka reglertekniska problem och frågeställningar som är aktuella inom olika typer av företag. Från institutionens sida vill vi rikta

ett varmt tack till de personer och företag som välvilligt har ställt upp och besvarat våra frågor.

## 2. ENKÄTEN OCH SVAR

Enkäten skickades ut till ett antal personer i olika ställning inom industrin och undervisningsväsendet. Vi fick in 29 svar vilket är i stort sätt från samtliga som fick enkäten. Hela enkäten finns i Appendix A. Nedan följer en sammanställning av de svar som vi har fått in. En del frågor har krävt ett längre svar. Dessa svar finns i redigerad form i Appendix B.

### Vilka arbetsuppgifter har du?

Konstruktör	4	
Produktionstekniker	4	
Administratör	3	
Konsult	3	
Försäljare	1	
Annat	11	Exempel: Reglerspecialist, Teknisk utveckling, Gruppledare, Systemman, Processingenjör, Professor, Produktplanering.

### Vilken är din utbildning i reglerteknik? När?

De flesta var utexaminerade från någon teknisk högskola. Många hade dessutom en högre examen (licentiat- eller doktorsexamen). De med äldre utbildning har i regel endast läst kortare kurser i reglerteknik.

Tidpunkten för utbildningen fördelades enligt följande:

1950 - 59	5 st
60 - 69	5 "
70 - 76	15 "

Detta visar att de flesta har fått sin utbildning i reglerteknik relativt sent.

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

Mycket stor	5
Stor	7
Måttlig	5
Liten	4
Ingen alls	0

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

Svaren finns i Appendix B. En tonvikt ligger på total-optimering av processer, produktionsstyrning och användningen av datorer i reglersystem, framför allt mikrodatorer.

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor?

< 5	6 st
5 - 10	9 "
11 - 20	1 "
> 20	5 "

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i reglerteknik?

Nej	2 st
Vet ej	3 "
Ja	20 "

Det finns inom företagen ett stort behov av kurser i reglerteknik. Förslag på kurser är bl.a.

Översikt av metoder med tillämpningsexempel  
 Identifiering  
 Datorer i reglersystem  
 Processreglering  
 Samband mellan teori och praktik  
 Hur använder man "modern" reglerteknik  
 Modellbygge och simulering

Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

Se Appendix B. De flesta svaren tar upp problem som:

- Samband mellan teori och verklighet
- Ekonomiska aspekter
- Konsten att skriva rapporter
- Praktisk erfarenhet

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan?

Så gott som samtliga menar att teori och allmänna metoder skall man lära sig på högskolan. I industrin lär man sig lätt praktiska saker som komponenter, kommersiella system, normer och standard.

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete?

Ja	13 st
Tveksamt	3 "
Nej	4 "

Det är många som menar att det är viktigt att teknologerna redan på högskolan lär sig arbeta i grupp och att driva ett projekt som skall vara färdigt vid en bestämd tidpunkt. Många frågar sig bara om det finns tid under högskoletiden att göra det.

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik?

☉ Teknisk fysik	25 st
Elektroteknik	26 "
Maskinteknik	26 "
Väg och vatten	5 "
Arkitektur	3 "
Kemi	21 "

En klar majoritet tycker att F, E, M och K skall ha undervisning i reglerteknik. De som har prickat för V och A har ofta motiverat detta med klimatstyrning, ventilation etc.



Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder?

Detta har varit en svår fråga att besvara. De flesta svaren har haft innebörden att man måste lära sig både kvalitativa och kvantitativa metoder. De kvalitativa metoderna är viktiga för förståelsen. De kvantitativa metoderna måste också finnas för att man skall få fram ett svar.

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc?

Svaren indikerar att man tycker det är viktigt för viss praktisk erfarenhet. Detta för att man ej skall vara helt handfallen när man kommer ut. Det kan nog räcka med laborationerna för att förmedla detta praktiska handhavande.

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt).

	1	2	3	4	Medelvikt
Modellbygge	11	10	4	2	1.89
Analys	17	7	3	0	1.48
Simulering	3	13	8	2	2.35
Syntes	8	14	4	1	1.93
Förverkligande	5	6	11	5	2.59

De viktigaste avsnitten är analys, modellbygge och syntes medan simulering och förverkligande bedöms som lite mindre viktiga. Det minst viktiga området är komponenter.

Detaljfrågor

Nedan ges ett antal områden och detaljer. Markera vad Du tycker ev. bör ingå i en grundkurs i reglerteknik och vad som bör ingå i en fortsättningskurs. Det fjärde svarsalternativet "Annat ämne" skall Du markera om Du anser att delområdet skall ingå i grund- eller fortsättningskurs i civilingenjörsutbildningen men ej i ämnet reglerteknik.

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

System, modeller

Processkunskap (typ kända till pappersmaskin, NS-maskin, reaktor etc.)

Modellbygge

Identifieringsmetoder

Systemanalys

Testning

Pålitlighet, tillförlitlighet

Försöksplanering

Simulering

Analog simulering

Digital simulering

	Grundkurs					Fortsättningskurs				
	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Processkunskap (typ kända till pappersmaskin, NS-maskin, reaktor etc.)	8	6	3	6		8	4		4	
Modellbygge	20	4	1		1	8	3			
Identifieringsmetoder	3	10	3		2	19	2	1		
Systemanalys	18	1	1			11				
Testning	5	4	6	1	1	10	2	2		2
Pålitlighet, tillförlitlighet	3	5	4	3	1	10	5	1	4	1
Försöksplanering	5	5	6	1	2	9	2	4	2	2
<u>Simulering</u>										
Analog simulering	11	10	2	1		5	6	2		
Digital simulering	18	5	2	1		13	1			

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
<u>Analys och dimensionering</u>											
Betydelsen av återkoppling	28								5		
PID-regulatorer	27					1			4		
Stabilitet	27					1			3		
Framkoppling	20				2	5	1		3		
Kaskadreglering	18	2	1		3	3	1		4		
Laplacetransform	25	1				1			4		
Nyquistdiagram	19	5	1			1			4		
Bodediagram	26								5		
Nicholsdiagram	8	8	5		1	3	2		3		
Frekvensanalys	21	2				5			3		
Felkoefficienter	14	2	4	1	3	5	1		3		
Styvhetskoefficienter	12	2	5		4	6	1		2		
Känslighet för param. variationer	17	1	1			8	1		3		
Rotortmetoden	10	8	4			6	2		1		
Fasavancerande kompensering	16	4	2		2	1	2		3		1
Fasretarderande kompens.	15	4	2		2	2	2		3		1
Tillståndsbeskrivning	23				1	7	2				1
Styrbarhet	16	2			1	10	1		1		1
Observerbarhet	16	2			1	10	1		1		1
Polplacering	11	4	1			12	2				1
Observerare, rekonstruktion	7	2	2		1	16					1
<u>Kommersiell teknik</u>											
Komponenter	15	5	1	1		3	4		2	1	
Reglering av vanliga stor- heter som nivå, tryck, flöde, temperatur.	18	4	1			5	1		4		
Bärfrekvenssystem	2	5	6	5		4	4		3		3

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
Automatik	3	6	4	6	1		4	4	4	1	
NS-maskiner	3	4	6	4	1		4	1	8	1	
Inköp	2	1	15	2			2	1	11		
Underhåll	3	1	13	4			1	2	9		
Standard, ritningsregler	1	4	12	3			1	3	6	2	
<u>Samplade system</u>											
Allmänt om samplade system	22	2					10		1		
Z-tranform	12	3	3				10	1	3		
Stabilitet	12	2	2				8		1		
Styrbarhet	5	3	3				14	2			
Observerbarhet	3	3	3				17	2			
Deadbeatregulatorer	2	4	5				17	2			
Polplacering	3	3	4				16	2			
Datorer som regulatorer	20		3				12	1			
Hårdvara för datorer	3	2	4	4			13	4	1	2	
Mjukvara för datorer	3	2	4	4			16	1	1	2	
DDC-styrning	6	1	5				15	3			1
<u>Olinjära system</u>											
Begränsningen hos linjära system	16						10	1	1		
Fasplananalys	1	1	5				17	3			
Lyapunovteori	1		5				17	5	1		
Cirkelkriteriet		1	4				17	4	1		
Beskrivande funktion	4		5				19	5			

## Grundkurs

## Fortsättningskurs

	Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej		Ja	Tveksamt	Nej	Annat ämne	Vet ej
<u>Stokastiska system</u>											
Tidskontinuerligt brus	4		5				18	4			
Tidsdiskret brus	4	2	4				20	2			
Prediktion	3	3	4				20	2			
Minimalvariansstyrning	1	2	5				18	4			1
Kalmanfilter	1	2	4				20	3			
Mätvärdesanalys	5		4	1			16	3			1
<u>Optimering</u>											
Statisk optimering	1	2	4	1			20	3		1	
Dynamisk optimering			3	1			20	3		1	
Linjärvadratisk optimering	1		5				20	3			
<u>Diverse</u>											
Adaptiva system			5				19	5			
Flervariabla system	1		4				15	8	1		
Stora system	4		4				14	7	2		

En analys av dessa svar visar att en allmän kurs i regler-  
teknik bör innehålla följande huvudmoment:

Modellbygge

Analys och syntes

PID-regulatorer

Stabilitet

Frekvensanalys t.o.m. användning av Bodediagram

Tillståndsbeskrivning

Styrbarhet och observerbarhet

Simulering

Reglering av vanliga storheter som tryck, nivå, flöde, temp.

Allmänt om samplade system

Datorer som regulatorer

I förhållande till den nuvarande allmänna kursen vid LTH är de största förändringarna att modellbygge, reglering av vanliga storheter och orientering om samplade system tillkommer. Delar som kan utgå är framför allt syntes med hjälp av frekvensanalytiska metoder.

Fortsättningskursen bör innehålla de moment, som finns just nu men med en komplettering av optimering, fler-variabla system och stora system.

### 3. INTERVJUER

En rad besök på olika industrier har gjorts under våren 1977. Åtta företag besöktes och vi hade utförliga diskussioner med personer i olika befattningar. Industribesöken har gett mer nyanserade synpunkter än vad som var möjligt genom enkäten. Nedan ges kortfattade referat från de olika besöken.

SYDKRAFT MALMÖ 1977-03-18

## Sydkraft:

Sten Bergman

Rolf Overup

Per Erik Molander

Sture Lindahl

Bengt Egard

Ola Gröndalen

## Reglerteknik:

Karl Johan Åström

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Matz Lenells

- o Viktigt att lära sig teorier som kan vara svåra att plocka upp när man har kommit ut.
- o Kurserna måste ha praktisk anknytning
- o Man bör lära ut kvantitativa såväl som kvalitativa metoder och ge teknologerna en känsla för approximationer.
- o Lär ut hur man systematiskt skall lösa ett problem
- o Automatisering lär man sig lätt när man kommer ut
- o Generell kurs med teori bör följas av en anpassningskurs till verkligheten
- o Viktigt att ny civ.ing känner till det senaste beträffande metoder och komponenter. För komponenter är det framför allt datorer.
- o Reglertekniken måste in i designskedet. Processen är en integrerad del av reglersystemet

Viktiga delområden:ModellbyggeSpecifikationer. Hur skall man ställa kraven t.ex. vid uppköpDynamiska mätningar. Känsla för givar och ställdonsdynamikFörstå varför reglerproblem uppstår och hur man därför kan undvika demEndast enkla regulatorer typ PID och tvåläges behövs i en grundkursSimuleringFrekvensanalysSäkerhetsanalys

Utvidgad dimensionsanalys. Hur gör man en kritisk granskning av sina resultat. Kombination av dator och papper-penna metoder.

Mätvärdesanalys. Ifrågasätta mätningarna.

SOCKERBOLAGET, SVEDALA, 1977-03-31

Sockerbolaget:

K G Andersson

Reglerteknik:

Karl Johan Åström

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Maskintekniska byrån i Svedala står för allmän konstruktion och utveckling för samtliga sockerbruk inom SSA. Avdelningen har 5 civilingenjörer (3M, 1F, 1E, 27-35 år)

Vi gick igenom sockerprocessen och fick en bild av den typ av reglering och problem, som man har. Det är mest automatik och konventionella reglerloopar. Ett stort problem är process-optimering och varierande betingelser (plats för adaptiva regulatorer).

Många problem angriper man genom att sätta in mikrodatorer. Man ser dem som en mycket viktig komponent i framtiden. Man gör själva hårdvaru- och mjukvaruutvecklingen. Man använder Intel 8080 och typiska systemstorlekar är 3-16k byte minne. Man programmerar i Fortran, Basic och assembler. Har en HP21MX som utvecklingsdator.

Intressanta delprocesser att titta lite närmare på är:

Diffusionsprocessen (optimering och adapteringsproblem)

Industare (Optimering, värmetekniska problem)

Torkning av betmassa eller grönfoder (Mätproblem och styrning)



Synpunkter på utbildning:

- o Kemister kan för lite matematik och reglerteknik
- o Alla ingenjörer skall veta mer om datorer. Mikrodatorerna kommer med stormsteg.
- o I en grundkurs räcker det att lära ut enklare reglerprinciper typ PID.
- o Automatik är inga problem att lära sig efteråt, men bör finnas i kurser på högskolorna.
- o Modellbygge är mycket intressant.

VOLVO, GÖTEBORG, 1977-04-05

Volvo

Reglerteknik

Erik Elgeskog

Karl Johan Åström

BAKGRUND

Erik Elgeskog är chef för avdelningen "Tillämpad fysik och simulering" inom enheten Teknisk utveckling vid Volvo. Elgeskog var tidigare chef för avdelningen för styrsystem för robotar vid SAAB.

Utvecklingen vid VOLVO är starkt decentraliserad till de olika produkterna. Den centrala enheten för teknisk utveckling fungerar som ett konsultföretag. Ca 70-80 % bekostas av uppdrag från de olika produktenheterna, främst PV (personvagnar) och BM (Bolinder Munktell). Det finns också centrala pengar för resursutveckling.

Elgeskogs avdelning arbetar med dynamisk analys, simulering och tillämpad fysik. Avdelningen har 12 universitets- och högskoleutbildade (civ. ing, lic och dr). Man använder teoretiska metoder för att lösa praktiska problem. Gruppen arbetar sällan direkt med reglersystem. Däremot bearbetas många problem där reglerteknikens metoder är användbara, t ex modellbygge, simulering och analys av dynamiska förlopp. Några sådana arbetsuppgifter är:

fordonsmekanik, fordonsstabilitet  
 kollisionförlopp  
 låsningsfria bromsar

#### ALLMÄNNA SYNPUNKTER PÅ CIV ING UTBILDNING

På högskolan lär man ut att exakt lösa väl tillrättalagda problem. I verkligheten ställs man inför att skaffa sig ett grepp om "luddiga problem". Verkligheten är sällan linjär och gaussisk. Väldigt många har dålig känsla för dynamik och dynamiska beteenden, exempelvis transienter i svängande system. Det är viktigt att lära ut allmänna övergripande ideer på högskolan, liksom begrepp och tankar som är svåra att lära sig efteråt (ex sannolikhetsteori och dynamik).

En civ ing från XTH är under alla omständigheter ej användbar förrän han arbetat ca ett år. Han skall kunna metoder och arbetssätt. Han skall veta var och hur man finner mer kunskap. Detaljkunskap om komponenter o dyl kan han lätt skaffa sig på arbetsplatsen.

#### ALLMÄNNA SYNPUNKTER PÅ REGLERTEKNIK

Det är viktigt att väl behärska följande grundläggande ideer:

- dynamiskt beteende i alla former
- specialfallet stabilitet och instabilitet
- återkopplingsprincipen
- olinjära fenomen

Det är kanske ej så viktigt med komponenter och realisering. Komponenterna är ändå så olika i olika tillämpningsområden.

Varje elev bör ha gjort en simulering, analog eller digital. Det är angeläget att få en anknytning mellan teori och verklighet.

Det är viktigt att ge eleven en intuitiv känsla för vad som kan åstadkommas med reglering.

Angeläget att ha känsla för olinjäriteter. Observera att det finns fall då det ej går att linjärisera.

Viktigt att ha känsla för dynamik.

ÅNGPANNEFÖRENINGEN, MALMÖ, 1977-04-28

ÅF	Reglerteknik
Leif Ekström	Karl Johan Åström
Göran Andersson	Gustaf Olsson
Lennart Svensson	Björn Wittenmark

Vi hade en givande diskussion där man från ÅF's sida redovisade vilken typ av reglerteknisk kunskap som är speciellt viktig för deras del. Göran Andersson har ett stort antal exempel från verkliga livet som visar på olika reglertekniska problem. Det är framför allt problem som hänger samman med koppling i systemet.

Framförda synpunkter:

- o Människan är en viktig del i styrsystemet. Det finns ett stort behov av "informationsegonomi". Detta är dock något som kanske ej kan behandlas av reglerteknik.
- o Den grundläggande kursen bör vara så inriktad att "processfolk" kan kommunicera med reglerspecialister och dels skall de kunna förstå när och varför reglerproblem uppstår. En stor brist i utbildningen på högskolorna är att man för det mesta bara tittar på statiska problem. Tiden är mycket viktig att få med. I designen av en process ingår ofta ett implicit fastläggande av reglerproblem. Detta kan dimensionerna på en bufferttank ge upphov till stora kostnader för reglerutrustning. Reglerteknikern måste komma in på ett tidigt stadium.

- o Modellbygge är en mycket viktig del. Utan den biten kan man inte komma vidare. Man bör lära ut att uppskatta snabbhet hos system och att förstå var lagringskapaciteterna finns. Det bör räcka med att kunna energi- mass- och kraftbalans. Man påpekade att olinjäriteter ej ställer till med för stora problem i modellbygget. Det är mycket allvarligare med strukturefel.
- o Ett problem vid dimensionering och upphandling är dialogen mellan processfolk och reglerteknikerna. På ÅF har man infört ett standardiserat beslutssystem vilket bygger på ifyllandet av beslutstabeller. Detta liknade mycket förfarandet med systemmatriser i programmering.
- o En viktig del i ett styrsystem är automatiken. Regulatorerna för stationär drift kan ofta inte användas vid start och stopp. Man tar därför till automatik för att lösa detta problem. Detta för i sin tur med sig att systemets hopkoppling kommer att variera med driftsfallet vilket kan ställa till med nya problem.
- o I en grundläggande kurs kan det räcka med att lära ut enkla regulatorer (on-off, min-max, PID, kaskad....). Kursen skall innehålla enkla regulatorer men dimensioneringen skall bygga på flervariabelt systemtänkande. Man skall påpeka att många små delsystem efter varandra med lokala regulatorer (julgranspyntningsmetoden) lätt kan leda till reglerproblem då störningar kan fortplantas och förstärkas i systemet.
- o Det vore fördelaktigt om tidsdiskreta system till viss del kan behandlas i en grundläggande kurs. T ex bör man ta upp rekursiva ekvationer, diskreta PID-regulatorer i olika varianter, stabilitet.
- o Frekvensanalytiska metoder ansåg man kunna dras ner betydligt. Det finns ej linjära system i verkligheten och man kan inom processindustrin sällan göra frekvensanalys.

- o Vi bör i kurserna informera om standard, men behöver inte lägga ner alltför mycket tid på det.
- o De viktigaste delarna i en grundkurs ansåg man bör vara:

Processmodeller  
 Känsla för dynamik  
 Linjära system  
 Simulering  
 Enkla regulatorer  
 Samplade system

LM ERICSSON, STOCKHOLM, 1977-05-10

LME	Reglerteknik
Jöns Ehrenborg	Gustaf Olsson
Alexander Marlevik	Björn Wittenmark
Åke Knutsson	

LME är ingen större användare av reglerteknik ( i varje fall inte i Stockholm). Marlevik sysslar med nätsynkronisering och samarbetar med Torsten Bolin. Åke Knutsson håller på med trafikreglering. Det främsta intrycket efter diskussionen var att en grundkurs i reglerteknik bör ge förmågan att analysera och ställa upp problem av regler- teknisk natur. Det är viktigt att man lär sig vilka be- gränsningar en metod har.

Tidsdiskreta system ansågs ej speciellt svårt och bör därför kunna beröras i en inledande kurs. Det är viktigt att man belyser såväl analog som tidsdiskret reglering och inte bara koncentrerar sig på endera.

PHILIPS, JÄRFÄLLA, 1977-05-10

Philips	Reglerteknik
Göran Lind	Karl Johan Åström
Bengt Bergkvist	Gustaf Olsson
Stig Rune Johansson	Björn Wittenmark
Stefan Karlsson	

Den del av Philips vi besökte, PEAB, utgör ca 1/3 av Svenska Philips. PEAB gör professionell elektronik, framför allt terminalsystem och försvarselektronik. De personer vi sammanträffade med kom från försvarssektorn. Lind är chef för radarsektionen, Bergkvist är chef för systemutveckling och Johansson är chef för tillverkning och konstruktion av servon.

PEAB är inte ett komponenttillverkande företag utan ett systemföretag. Bland de komponenter man tillverkar är hydraulmotorer med goda prestanda och magnetroner för hoppfrekvensradar.

I diskussionen framfördes att skolan skall ge begrepp och förståelse. Detaljkunskaper när det gäller komponenter är inte nödvändiga. Det räcker med exemplifiering på laborationer.

Viktiga begrepp i reglertekniken:

- o Varför skall man använda återkoppling och vilka fördelar ger det?
- o Stabilitet. Hur inverkar t ex regulatorparametrar och olinjäriteter.
- o Hur skall man få bukt med oavsiktliga olinjäriteter som glapp, friktion etc (Det är mycket ovanligt att man avsiktligt inför olinjäriteter.
- o Det är viktigt att inpränta att teorin är praktiskt användbar. Detta görs lämpligen genom laborationerna. Laborationerna bör också ge viss komponentkännedom.

På Philips använder man ofta frekvensanalytiska metoder för att dimensionera de inre looparna i en reglerkrets men tillståndsanalytiska metoder för de yttre looparna, vilka ofta realiserar med hjälp av en dator.

Digital styrning bör komma in i en allmän kurs. Man bör sträcka sig så långt att man diskuterar diskretisering av kontinuerliga system och samplingsteoremetets betydelse för reglering. Det är viktigt att man vet begränsningarna med teorin och vet när man är ute på hal is.

Saker som kändes mindre viktiga är rotort, frekvensanalytisk kompensering, styvhet, automatik och komponenter.

ASEA, VÄSTERÅS, 1977-05-11

Reglerteknik

Gustaf Olsson

Björn Wittenmark

Dagen ägnades åt diskussion med personer på ASEA med olika bakgrund och arbetsuppgifter.

Torsten Cegrell

Kurserna bör ej splittras genom att innehålla för många delmoment. AK är nu för ambitiös.

Kommersiell teknik, upphandling och komponenter kan bäst läras ute i industrin. Högskolan skall ägna sig åt teorier och att ge en känsla för olika begrepp.

Frekvensanalysen bör finnas kvar i kursen, t o m analys i Bodediagram, men ej mer avancerad kompensering.

Tidsdiskreta system kan nämnas som begrepp men inte få något större utrymme. De flesta system man kommer i kontakt med diskuteras utifrån kontinuerlig tid.

Laborationerna innehåller nu för många moment. I den första laborationen döljs mycket av dynamikbiten av kopplandet på analogmaskinen. Det skulle vara bättre att arbeta på någon fysikalisk laborationsprocess.

Från högskolan får teknologerna en alltför positiv och entusiasmerad bild av reglerteknik medan man i verkligheten inte stöter på så renodlade reglerproblem.

Fredrik Sörensen J-sektorn

Eva Bouchain, KDT, tidigare på J-sektorn

Henry Holmberg J-sektorn

En stor brist hos nyutexaminerade civilingenjörer är att de har för dålig känsla för praktiska problem och hur de kan relateras till teorierna.

Man bör lära ut inställning av PID-regulatorer och ge en känsla för vilka problem olinjäriteter och störningar ställer till med. Tidsdiskreta system bör man orientera om i AK. Man bör gå så långt som till diskret PID-regulator och att det kan bli problem om samplingsintervallet blir för långt.

Frekvensanalys skall finnas med, dock ej Nyqvist och Nichols. Vidare kan rotort utgå.

Simulering bör man ha med i kursen, men det är inte nödvändigt att använda det i laborationerna. Det räcker att man vet att verktygen finns.

Gunnar Bengtsson

Man skall lära ut ordentligt med teori i reglerteknikkurserna. Samplade och kontinuerliga system bör kunna behandlas parallellt. Regulatorstrukturer är viktiga och det avsnittet bör utvidgas. Ett annat viktigt avsnitt är modellbygge. Man bör försöka utgå från verkliga processer och anknyta de teoretiska resultaten till praktiken. Detta kan kanske klaras upp med övningsuppgifter. I samband med modellbygge bör man beröra olinjäriteter och vilka problem de kan medföra. Cirkelkriteriet bör införas i samband med Nyqvistteoremet.

Den nuvarande frekvensanalysen bör finnas kvar.

Digital simulering behöver ej behandlas på AK, det är även tveksamt om kontinuerlig simulering skall vara med.



Lennart Johnsson

En brist hos nya civilingenjörer är att de inte har någon kritisk inställning till metodernas användningsområden och att de inte kan skriva rapporter.

Anläggningsingenjörer bör kunna simulera för att på så sätt dimensionera sina reglersystem.

Man bör ta upp mer än reglering i normalfallet. Vad händer om något går sönder. Det finns här ett samband mellan reglering och automatik.

Komponenter behöver bara exemplifieras på laborationer.

Hur man handskas med signaler och hur man gör experiment för att få en känsla för dynamiken är viktigt.

Bernt Ling

Angelägna problem är bl a:

Olinjära system

Stabilitet hos stora system

Numerisk analys i samband med reglerteknik

Mönsterigenkänning

Grafiska och topologiska metoder

Programmeringshygien

Testning av programvara

Processreglering kopplat med management

Man-maskin problem

Givarproblem

BP RAFFINADERIET GÖTEBORG 1977-05-13

BP Raff:

Reglerteknik:

Björn Thyréus

Björn Wittenmark

Gösta Schönell

Största delen av besöket ägnades åt diskussion med Björn Thyréus om utbildning i reglerteknik för kemister.

En kurs i reglerteknik för kemister bör komma efter kurserna

i kemisk apparatteknik. Detta för att teknologerna skall ha en viss processkunskap och veta lite om de stationära förloppen i olika processer som destillationskolonner och reaktorer. Kursen bör inledas med ett ordentligt avsnitt om modellbygge. I samband med detta kan man införa tillståndsvariabler som begrepp men det är kanske inte nödvändigt med matrisformalism. Differentialekvationerna ger då en viss inblick men det är svårt att få en överblick över problemet. Detta leder då till att man kan införa Laplacetransformation som ett enkelt hjälpmedel för att förenkla hanterandet av in-utsamband.

Man kan sedan lägga in ett avsnitt om enkel processidentifiering, impuls- och stegsvar. Kan här få in transportfördröjning som en approximation av högre ordningens system.

Efter detta kan man börja med förståelse för dynamiska system, återkoppling, stabilitet, stationära fel. I analysdelen bör man ta med Nyquist och Bodediagram, vidare bör man ta upp lite om olinjäriteter, mättning i ställdon etc.

Syntesen kan sedan begränsas till regulatorstrukturer, framkoppling, kaskadreglering etc. Det räcker att kunna sätta in PID-regulatorer i looparna och att kunna ställa in dem.

En viktig del är specifikationerna. För det mesta är man i kemiindustrin inte intresserad av servoproblemet utan av regulatorproblemet.

När nyttan av reglering har behandlats bör man på nytt gå tillbaka till processerna och diskutera hur regleringen skall göras. Ett viktigt problem är att man vid den statistiska dimensioneringen av en process ofta fastlägger värden på temperaturer, tryck, flöden etc. Hur skall man klara av detta med reglering? Det leder till att man måste utrusta processen med reglertekniska frihetsgrader. Frihetsgraderna bör införas så att regleringen blir lätt, se gärna till att det blir särkopplade system.

Det är ej speciellt viktigt att i detalj gå igenom praktiska förverkligandet med specifika komponenter. Det kan räcka med att man på en laboration visar på några riktiga komponenter. Det är bra om man i detta sammanhang kan ta bort mystiken med datorer. Detta kan göras med en enkel diskussion av en

samplad PID-regulator och ett exempel som visar att det går bra att direkt överföra den analoga regulatorn till diskret form bara man har tillräckligt kort samplingsintervall.

Men man bör också visa att det kan bli besvär om samplingsintervallet blir för långt.

En mycket viktig del i kursen är det laborativa inslaget.

En laboration bör omfatta inställningen av PID-regulator.

Automatik är en viktig del i styrsystemet men behöver ej ingå i kursen.

#### 4. SAMMANFATTANDE SYNPUNKTER

Enkäten och intervjuerna har gett många värdefulla synpunkter på utbildningen i reglerteknik. Synpunkterna har också varit ganska samstämmiga.

Några allmänna slutsatser är:

- o Kurserna i reglerteknik skall vara teoretiska, men med ordentliga inslag av laborationer
- o Reglerkomponenter kan man lika bra eller bättre lära sig ute i industrin
- o Modellbygge och sambandet mellan modell och verklighet är viktiga moment.
- o Syntesavsnittet i en allmän kurs behöver bara omfatta enkla typer av regulatorer.
- o Frekvensanalys bör fortfarande vara kvar som ett analysverktyg. Det är mer diskutabelt om kompensering med fasretarderande och fasavancerande nät skall ingå. Vidare anser de flesta att Nicholsdiagram kan utgå ur kursen.
- o Datorer är ett viktigt verktyg. En inledande kurs i reglerteknik bör därför innehålla ett orienterande avsnitt om samplade system. Det bör räcka att man härleder rekursiva ekvationer och diskuterar betydelsen av samplingsintervallets längd.

UTBILDNING I REGLERTEKNIK

Vid institutionen för reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola håller vi för närvarande på med en större kursrevidering. För att få en återkoppling från avnämarna har vi sammanställt några frågor. Vi hoppas att svaren skall ge oss vägledning när det gäller disposition och innehåll i våra kurser. Vi är därför tacksamma om Du kan hjälpa oss genom att besvara följande frågor.\*

INLEDANDE FRÅGOR

Namn \_\_\_\_\_

Vilken arbetsuppgift har Du?

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Konstruktör         | <input type="checkbox"/> Konsult     |
| <input type="checkbox"/> Produktionstekniker | <input type="checkbox"/> Försäljare  |
| <input type="checkbox"/> Administratör       | <input type="checkbox"/> Annat _____ |
| <input type="checkbox"/> Inköpare            |                                      |

Vilken är Din utbildning i reglerteknik? När?

\_\_\_\_\_

Har man inom Ditt företag stor användning av reglerteknik?

- |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mycket stor              | Stor                     | Måttlig                  | Liten                    | Inte alls                |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ALLMÄNNA FRÅGOR

Reglerteknik på Ditt företag

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\* Skicka enkäten till Björn Wittenmark, Inst f Reglerteknik, LTH, Fack, 220 07 Lund

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknytning står Ni inför just nu?

---

---

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

---

---

Hur många anställda sysslar med reglertekniska frågor? \_\_\_\_\_

Har Ni behov av vidareutbildningskurser i regler-  
teknik?

Nej            Vet ej            Ja    Vilken typ? \_\_\_\_\_

---

Utbildning i allmänhet

Vilka är de största bristerna hos en färsk civil-  
ingenjör?

---

---

Vilken typ av kunskap är lätt att lära sig ute i industrin och vilken typ bör man lära sig på högskolan? (T.ex. Teori, praktiska komponenter kommersiella system, allmänna metoder)

---

---

Skall vi på högskolan öva teknologerna i projektarbete?

---

#### Utbildning i reglerteknik

På vilka sektioner bör de flesta teknologerna läsa någon kurs i reglerteknik:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Teknisk fysik | <input type="checkbox"/> Väg och vatten |
| <input type="checkbox"/> Elektroteknik | <input type="checkbox"/> Arkitektur     |
| <input type="checkbox"/> Maskinteknik  | <input type="checkbox"/> Kemi           |

Hur skall man avväga kvalitativa och kvantitativa metoder? Bakgrund: Datorerna gör det lättare att få kvantitativa resultat. Mycket mer realistiska problem kan formuleras. Samtidigt ger de precisa kvantitativa metoderna mindre insyn. Hur skall vi avväga detta? Exempel rotort och frekvensanalys:

---

---

Av vilket värde är det att en civilingenjör har haft praktisk erfarenhet av reglersystem, uppkoppling, felsökning, regulatorinställning etc.?

---

---

Hur skall man avväga följande kursmoment i en grundkurs i reglerteknik? (Markera på den fyrgradiga skalan där 1 betyder stor vikt och 4 liten vikt)

	1	2	3	4
Modellbygge				
Analys				
Simulering				
Syntes				
Förverkligande				











APPENDIX B: SVAR PÅ VISSA ENKÄTFRÅGOR

I detta appendix ges svar på några av de frågor som fordrade utförligare svar. Svaren är inte in extenso utan är förkortade, andemeningen är förhoppningsvis fortfarande kvar.

Ge några exempel på reglertekniska uppgifter som är typiska för Ditt företag

Processidentifiering  
 Analys av samfunktionen i processerna  
 Problem vid onormala driftförhållande  
 Reglering av produktionsprocesser  
 Reglering av motorfunktioner och bromsförlopp  
 Modellbygge, systemering och simulering  
 Reglering av massafabriker och pappersbruk  
 Processtyrning, modellbygge och simulering  
 Intrimning av standardregulatorer  
 Regulatorer för speciella processer t ex kraftsystem  
 Processtyrning och simulering  
 Trimning av regulatorer  
 Analys av mätvärden  
 Analys av behov av reglerkretsar inklusive datorbaserade  
 Reglering av anläggningar för indunstning, torkning etc  
 Ångpannereglering  
 Sekvensstyrning  
 Reglering av extraktion, indunstning torkning  
 Störningsanalys, identifiering, simulering optimering, praktiska försök  
 Datorstyrning och konventionell reglering i stor mängd  
 Elektronisk drivutrustning för pappersmaskiner och valsverk  
 Reglering av massakoncentration, temperatur, tryck, nivå och flöde  
 Nivå-, tryck-, temperatur- och flödesreglering  
 F.n. behandlas bara enstaka problem som reglerproblem  
 Antennstyrning, luftvärnsprediktion, varvtalsreglering  
 Styrning av hydraulservon, beräkning på följeproblem, prediktion  
 Styrning av apparater och hela system, framför allt mekaniska system  
 Konstruktion, drifttagning, trimning och upphandling  
 Styrsystem och siktesfunktioner i flygplan  
 Konstruktion, tillverkning och marknadsföring av givare och regulatorer  
 Temperaturreglering och andra relativt långsamma reglerfall.

Vilken typ av problem med reglerteknisk anknytning står Ni inför just nu?

Reaktordynamisk processidentifiering  
Motorreglering för låg bränsleförbrukning och låga emissioner  
Modellbygge och systemering dock ej för dynamiska system  
Banspänningsreglering i kartongmaskin, stark koppling mellan dragen  
Hårdvarumässig uppbyggnad av informationssystem  
Processtyrning av stålverks ugn  
Optimering i kraftsystem  
Processtyrning av valsverk och smidespress  
Styrning av sinterverk  
Bedömning av lämpligheten i införande av bättre konventionell reglering och/eller datorbaserad reglering  
Reglering av betfor- och vallfortorkar  
Införande av mikrodatorbaserade reglersystem  
Reglering av blekeri, kvarnar, pappersmaskin, tvätterier, sileri och ångdistribution  
Införande av mikrodatorbaserade system  
Mikrodatorsystem för tjockleksreglering av plåt  
Reglering av processer med långa dödtider  
Optimerande reglering av destillationskolonner  
Trafikreglering i telenät (överbelastningskontroll och adaptiv routing)  
Nätsynkronisering i telenät  
Analys och syntes av samplade system  
Röntgenutrustning, mekanisk styrning och reglering i samband med vindkraft  
Kraftverkskonstruktion  
Fellekning i processer  
Problem med sampling-dödtid i digitala system där en operatör är med i reglerkretsen  
Flerloopsregulator  
Praktiska problem

Vilka reglertekniska problem tror Du kommer att vara aktuella om ca 5 år?

Optimering

Regulatorer för att öka tillgänglighet och säkerhet

Integrerade reglersystem i fordon med hjälp av mikrodatare

Mer komplexa strukturer på reglersystemen

Överordnad fabriksstyrning

Användning av datorkraft precis som analog reglering används idag

Produktionsstyrning

Informationsflöde i stora system

Förbättrad koppling mellan modellutveckling, simulering och

processstyrning

Masugnsstyrning

Optimering av hel produktionsapparat

Optimal styrning utifrån processmodell

Tvårsprofilstyrning på pappersmaskin

Optimal styrning med hjälp av modell av processen

Användning av självinställande regulatorer

Bättre tillgång till simuleringsverktyg

Samma typ av problem som nu men flervariabla och med större krav på flexibilitet

Förbättrad reglering av destillationskolonner

Nät av realtidsdatare

Problemen ställs av nya komponenter som mikrodatare

Analys och syntes av samplade system

Introduktion av mikrodatarebaserade system. Elektronik ersätter mekanik

Samplade system. Stabilitet i stora olinjära system. Simulering och identifiering

Ökad digitalisering. Samarbete mellan många datare. Synkronisering av sampling

System av mikrodatare för reglering och dataöverföring

När/om mikrodataren införs blir systemen mer kompliserade med

ett stort antal givare och ställdon anslutna till en enda central

Vilka är de största bristerna hos en färsk civilingenjör?

Dynamiskt tänkande  
 Förmågan att formulera problem  
 Kritiskt analys  
 Kan bara lösa välformulerade problem med exakta metoder  
 Aktuell tillämpningsnivå i industrin  
 Grupparbete  
 Koppling mellan teori och verklighet  
 Okunskap beträffande om vad som idag kan åstadkommas utan risk för oförutsedda problem och med tillgänglig utrustning och teori  
 Brist på förståelse för kostnads- och tidsaspekter  
 Hur överföra teorin till verkligheten  
 Att man ej kan överföra de teoretiska kunskaperna på praktiska problem  
 Viss kännedom om praktiska komponenter  
 Kännedom om komponenter  
 Erfarenhet av praktiska tillämpningar  
 Metodisk förmåga att angripa större problemkomplex  
 Verklighetsförankring  
 Processkunskap  
 Instrumentering  
 Operatörens roll  
 Projektarbete  
 Förmågan att använda sin kunskap på praktiska problem  
 Inställning av PID-regulatorer  
 Relatera kunskaperna till verkligheten  
 Praktiska anknytningen till verkligheten är ofta mindre tillfredsställande  
 Bristande förståelse för praktiska tillämpningar  
 Att han så snart glömt vad han har lärt sig  
 Brister i förståelse av relationerna mellan modell och verklighet  
 Förmågan att se relationen mellan modell och verklighet  
 Skrivkunskap. Att göra tekniska rapporter  
 Allt för stor fascination av avancerade verktyg  
 Problem att med sunt förnuft genomskåda hela problemkomplex och svårighet att inte ta till större våld än nöden kräver  
 För lite processkännedom  
 Språkkunskaper, ekonomi, juridik, arbetsmarknad