LUND UNIVERSITY

Master's Theses in Automatic Control 1965-1970 (Examensarbeten 1965-70)

Olsson, Gustaf

1970

Document Version:
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication

Citation for published version (APA):
Olsson, G. (Ed.) (1970). *Master's Theses in Automatic Control 1965-1970 (Examensarbeten 1965-70)*. (Reports TFRT-4201). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

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

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

LUND UNIVERSITY

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

LUND UNIVERSITY

Master's Theses in Automatic Control 1965-1970 (Examensarbeten 1965-70)

Olsson, Gustaf

Published: 1970-01-01

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication

Citation for published version (APA):
Olsson, G. (1970). Master's Theses in Automatic Control 1965-1970 (Examensarbeten 1965-70). (Annual Reports of Master Thesis TFRT-4201). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

General rights
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

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

Download date: 24. Aug. 2018

MASTER THESIS IN AUTOMATIC CONTROL 1965-1970

(EXAMENSARBETEN 1965-70)

REPORT 7011 NOVEMBER 1970
LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY
DIVISION OF AUTOMATIC CONTROL

MASTER THESIS IN AUTOMATIC CONTROL 1965-1970.
(EXAMENSARBETEN 1965-70).

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. Introduction	1
2. List of Theses	3
3. Subject Index	12
4. Abstracts	14

APPENDIX A: Examensarbete i reglerteknik 1965/66
B: Examensarbete i reglerteknik 1966/67
C: Examensarbete i reglerteknik 1967/68
D: Examensarbete i reglerteknik 1968/69
E: Examensarbete i reglerteknik 1969/70
F: Praktiska anvisningar för examensarbetare i reglerteknik (jan. 1969)

1. INTRODUCTION.

Abstracts of all master theses, made at the Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology, are collected in this report. The theses, made from 1965 until July, 1, 1970, are ordered chronologically.

The report is mainly written for other research institutes in the field of automatic control, industries, individual researchers as well as future candidates for master theses. The purpose has been to try to give a survey of the activities in order to make it easier to find detailed information.

A subject index is presented in the beginning of the report.

The report presents surveys of 81 theses, made by 101 authors. The works are distributed during the years 1965 - 1970 in the following way:

Year	Theses	Authors
65/66	1	1
66/67	9	10
67/68	23	27
68/69	23	28
69/70	25	35

Every thesis should take about three months full time work, and the works have been carried out during or after the fourth year at LTH. The prerequisites are generally the course "Reglerteknik AK" and in most cases also the "Reglerteknik FK".

Students from the departments of technical physics, electrical and mechanical engineering have taken part of the works.

The majority of the theses are made within the frame work of the research program of the Division. Several interesting special cases of greater projects have been examined. Some of the works are made to complement the education by project examples, demonstration devices, mathematical models and testing of program

algorithms.

The cooperation with the industry is considered important. Sometimes experiments are carried out at the industry. Afterwards analysis and calculations are made at the Division. Some non-technical areas have also been treated, such as medicine.

Part of the material has been published in technical journals. The works by Sogndal (26) and Borisson (27) on adaptive systems have been published in Elteknik 1968. The thesis RE-50 on the human kidney system is presented by C. Henmark and T. Skoog in Ny Teknik in 1970.

At every abstract the name of the responsible advisor is shown. In several cases two or more advisors have been engaged with different kinds of work or ideas.

Every year a list of suitable subjects for master theses has been published in Swedish. These lists are included in the Appendices A - D. In Appendix E a general introduction in Swedish for the candidates is presented.

All reports have been written in Swedish, with abstracts in English.

The reports are available at the Division library, and may be bought at reproduction cost.

2. LIST OF THESES.

RE-1 Häggman, Börje: Dimensionering av ett samplat system med tidsfördröjning (Synthesis of a Sampled System with Time Delay), June, 1965.

RE-2 Svärd, Bo: Undersökning av dynamiska egenskaper hos en industriell process (Investigation of Dynamic Properties of an Industrial Process), March, 1966.

RE-3 Pettersson, Bengt: Optimal reglering av processer med tidsfördröjning (Optimal Control of a Process with Time Delay), June, 1966.

RE-4 Wittenmark, Björn: Adaptiv prediktion (Adaptive Prediction), August, 1966.

RE-5 Mårtensson, Krister: Numeriska algoritmer för lösning av minimaltidsproblemet (Numerical Algorithms for the Solution of the Minimal Time Problem), October, 1966.

RE-6 Ekstrand, Bertil, and Larsson, Lars-Erik: Studium av system för temperaturreglering (Analysis of a Temperature Control System), October, 1966.

RE-7 Gustavsson, Ivar: Numerisk lösning av optimala styrningsproblem med Bryson-Kelley metodik (Numerical Solution of Optimal Control Problems using Bryson-Kelley Techniques), November, 1966.

RE-8 Andersson, Erik: Processidentifiering med datamaskin (Numerical Process Identification using the Maximum Likelihood Method), December, 1966.

RE-9 Eriksson, Kurt-Erik: Numerisk bestämning av processdynamiken (Identification of Process Dynamics using the Least Squares Method), December, 1966.

RE-10 Herne, Bengt: Experimentella undersökningar av linjära och olinjära reglersystem (Experimental Studies of Linear and Nonlinear Servomechanisms), January, 1967.

RE-11 Horrdin, Sven: Rosenbrocks metod för förenkling av komplicerade system (Simplification of Complex Systems by Rosenbrocks Method), July, 1967.

RE-12 Jönsson, Rolf Lennart: Kulikowskis version av teorin för optimal styrning (Kulikowskis Version of the Theory of Optimal Control), July, 1967.

RE-13 Wallentinsson, Claes: Identifiering av linjär modell för en lättvatten kokarreaktor (Identification of a Linear Model of a Light Water Boiling Reactor), August, 1967.

RE-14 Wieslander, Johan: Identifiering av människans överföringsoperator (Identification of a Human Operator), September, 1967.

RE-15 Bååth, Kerstin: Identifiering av olinjära system (Identification of Nonlinear Systems), September, 1967.

RE-16 Eldhagen, Lars-Göran: Datamaskinprogram för analys av reglersystem. Transformationer av systemekvationerna (Computer Programs for Linear Analysis. Transformations of the System Equations), September, 1967.

RE-17 Persson, Roland: Optimal kvantisering av styrvariabler i ett reglersystem (Optimal Quantization of the Control Variable in a Time Discrete Control System), September, 1967.

RE-18 Olofsson, Ingemar: Produktionsplanering av glasbruk (Production Planning at a Glass-work), September, 1967.

RE-19 Mattsson, Bengt: Numerisk lösning av optimala styrproblem med Kenneth-McGills metod (Numerical Solution of Optimal Control Problems using Kenneth-McGill's Method), September, 1967.

RE-20 Syding, Rolf: Undersökning av Honeywells adaptiva reglersystem (Analog Simulation of the Honeywell Adaptive System), September, 1967.

RE-21 Skoog, Hans: Analys av Margolis-Leondes adaptiva reglersystem (Analysis of the Margolis-Leondes Adaptive System), October, 1967.

RE-22 Wintzell, Jan-Olof: Identifiering av processdynamik med korrelationsanalys då insignalen är en nollsekvens om maximal längd (PRBS) (Process Identification with PRBS Signals and Correlation Analysis), October, 1967.

RE-23 Anderberg, Yngve, and Hansson, Leif: Reglersystem för kallbandvalsverk (Control of a Strip Mill), November, 1967.

RE-24 Almgren, Per: Konstruktion av elektronikutrustning till enaxlig gyroplattform (Construction of the Electronic Equipment for a Single Axis Gyro Platform), December, 1967.

RE-25 Andoff, Tommy, and Bodin, Bengt: Jämförande analys av datamaskiner för processreglering (Evaluation of Process Control Computers), January, 1968.

RE-26 Sogndal, Roy: Analogisimulering av Honeywells och General Electrics adaptiva system (Analog Simulation of the Honeywell and General Electric Adaptive Systems), April, 1968.

RE-27 Borisson, Ulf: Jämförelse genom analogisimulering mellan manuell styrning och några adaptiva system vid variabel kretsförstärkning (A Comparison between Manual Control and Adaptive Controllers for Systems with Time Variable Gain), May, 1968.

RE-28 Ydremark, Anders: Studium av en styralgoritm samt programsystem för processdatamaskiner (A Study of a Control Algorithm and Some Program Systems for Process Computers), May, 1968.

RE-29 Ryberg, Dick: Projektering och uppbyggnad av liten analogimaskin (Design and Construction of a Small Analog Computer), June, 1968.

RE-30 Nilsson, Anders: Projektering av apparat för processidentifiering med hjälp av pseudoslumptal (Design of a Correlator for PRBS Signals), June, 1968.

RE-31 Johnsson, Gösta, and Rosell, Örjan: Identifiering av linjära system med hjälp av impulssvar (Identification of Linear Systems with Impulse Response Measurements), June, 1968.

RE-32 Langemar, Göran, and Lumsden, Kent: Konstruktion av digitalt styrsystem till elektrohydrauliskt servo enligt principen för numeriskt styrda maskiner (Design and Test of a Digital Control System for an Electro-Hydraulic Servo), June, 1968.

RE-33 Hagander, Per: Minimaltidsproblemet för ett olinjärt system undersökt med dynamisk programmering (Application of Dynamic Programming on the Minimal Time Problem for an Inverted Pendulum), June, 1968.

RE-34 Jonasson, Jan: Dynamiska egenskaper hos en medströms värmeväxlare (Dynamics of a Heat Exchanger), August, 1968.

RE-35 Kristensson, Bernt: Detektering av "outliers" (Detection of Outliers), August, 1968.

RE-36 Skarman, Bengt: Experimentell undersökning av processdynamiken hos en indunstare (Experimental Identification of the Dynamics of an Evaporation Plant), August, 1968.

RE-37 Eck, Anders: Experimentell undersökning av temperaturreglering i en värmestav (Experimental Study of a Thermal System), September, 1968.

RE-38 Pålsson, Torsten: Undersökning av optimala system (Examination of Linear Quadratic Control Systems), October, 1968.

RE-39 Steen, Leif: Programmering av PI-regulator samt olika ställorgan för processdatamaskin (Programming of a PI Controller for Process Computers), October, 1968.

RE-40 Werner, Kjell: Tröghetsdämpade servomotorer (Inertia Damped Servo Motors), November, 1968.

RE-41 Bergman, Jan: Undersökning av Minneapolis-Honeywells adaptiva regulator genom digital simulering (Digital Simulation of the Minneapolis-Honeywell Adaptive Controller), November, 1968.

RE-42 Jonson, Anders, och Ström, Lars-Magnus: Processidentifiering - Reglerat system samt system med flera in- och utsignaler (Identification of Multivariable and Closed Loop Systems), January, 1969.

RE-43 Lind, Pär: Optimering av effektfördelning mellan ångkraftverk med hjälp av dynamisk programmering (Optimization of Power Production Distribution using Dynamic Programming), January, 1969.

RE-44 Torlöf, Per: Undersökning av variationer i EEG-spektrum vid olika yttre stimuleringar (A Study of the Variations in EEG Spectrum at Different External Influences), January, 1969.

RE-45 Andersson, Stig: Analys och kompensering av system med mycket svag dämpning (Experimental Investigation of a Servo with Structural Resonance), January, 1969.

RE-46 Aulin, Börje: Dekomposition av system av hög ordning (Decomposition of Large Systems), January, 1969.

RE-47 Lindén, Per: Tidsvariabla system, Systemekvationerna och deras lösning (Time Variable Systems. Solutions of the System Equations), January, 1969.

RE-48 Lagerlöf, Bengt: En linjär matematisk modell för en dompanna med två överhettare (A Linear Model of a Boiler with Two Superheaters), January, 1969.

RE-49 Hugosson, Lennart: Experimentall utprovning av elektromekaniskt servosystem (Experimental Design of an Electro-Mechanical Servo System), January, 1969.

RE-50 Henmark, Christer, and Skoog, Tommy: Simulering av njurfunktionen och kroppens cirkulationssystems långtidsreglering (Simulation of the Human Kidney System and the Long Time Regulation of the Circulating System of the Human Body), January, 1969.

RE-51 Månsson, Lars: Analys av olinjär regulator för servosystem med mättning (Dual Mode Control of a Double Integrator with a Saturated Control Variable), January, 1969.

RE-52 Ljung, Christer, and Löwenhielm, Peter: Studium av olika metoder för analys av artefaktfria EEG-signaler (Comparison between Different Methods for Analysis of EEG's Free from Artefacts), May, 1969.

RE-53 Lundgren, Bertil: Bestämning av överföringsfunktioner med impulssvarsanalys (Determination of Transfer Functions by Impulse Response Analysis), April, 1969.

RE-54 Christensson, Nils: Reglering av hydrostatisk transmission i entreprenadmaskiner (Control of the Gear Change of a Hydrostatic Transmission in an Agricultural Tractor), June, 1969.

RE-55 Larsson, Christer, and Öbom, Christer: En matematisk modell av ett ångkraftverk (A Mathematical Model of a Boiler), June, 1969.

RE-56 Klevås, Jan, and Leffler, Nils: Optimering av effektfördelning med hänsyn till rullande reserv för ångkraftaggregat med hjälp av dynamisk programmering (Optimization of Power Distribution for Steam Boilers with Respect to Spinning Reserve by Dynamic Programming), June, 1969.

RE-57 Elfving, Thomas, and Hultberg, Thomas: Mätning och identifiering av dynamiken på torkpartiet i en pappersmaskin (Measurements and Identification of the Drying Section of a Paper Machine), July, 1969.

RE-58 Bengtsson, Gunnar: Förfiltrering av signaler med Kalmanfilter (Optimal Prefiltering of Process Signals), July, 1969.

RE-59 Rosengren, Bengt, and Nordh, Ingemar: Konstruktion av PRBS-generator (Construction of a PRBS Generator), July, 1969.

RE-60 Ekengren, Birger: Bestämning av radiatordynamiken i ett hyreshus (Determination of the Radiator Temperature Dynamics in a Building), July, 1969.

RE-61 Folkesson, Per-Åke, and Hjersing, Torsten: Mätning av temperatur och tryck med pulsfrekvensteknik (Temperature and Pressure Measurements with Pulse Frequency Techniques), July, 1969.

RE-62 Sjöberg, Mats: Uppbyggnad av servo för inverterad pendel (Construction of a Servo to Control an Inverted Pendulum), August, 1969.

RE-63 Källrot, Björn: Undersökning av direktmatningen i ett adaptivt modellreferenssystem (Examination of a Direct Signal Path in an Adaptive Model Reference System), September, 1969.

RE-64 Johansson, Christer, and Malmqvist, Lars-Gunnar: Processidentifiering med hjälp av impulssvar och stegsvar (Process Identification from Impulse and Step Responses), November, 1969.

RE-65 Klöver, Leif, and Olsson, Lars-Erik: Identifiering av Haldenreaktorns dynamik med maximum likelihood-metodik (Maximum Likelihood Indentification of the Halden Reactor), October, 1969.

RE-66 Trovik, Hans: Projektering av elektromekanisk presentationsarm (Outline of an Electromechanical Demonstration Arm), October, 1969.

RE-67 Fick, Göran: Flervariabla system (Multivariable Systems), October, 1969.

RE-68 Nilsson, Allan, and Svegne, Tor: Undersökning av Bakkes adaptiva regulator (Examination of the Bakke Adaptive Controller), January, 1970.

RE-69 Fors, Roland, and Mårtensson, Jan: Integrator för sampling av processignal (Construction of an Integrator for Sampling), January, 1970.

RE-70 Brunkstedt, Thomas, and Silvén, Ulf: Processdator. En studie av några svenska installationer (Some Industrial Process Computer Installations in Sweden), January, 1970.

RE-71 Gustafsson, Bengt: Tankreaktorn. Analys och syntes av några olika kemiska reaktionssystem (Analysis and Synthesis of Some Different Chemical Stirred Tank Reactors), January, 1970.

RE-72 Lundström, Lennart (together with Ulla Larsson, CTH): Temperatursensor med känselkropp av bimetall för styrning av en effektfluidistor (A Temperature Sensor with Sensing Element of Bimetal for the Control of a Fluid Amplifier for Heavy Current), March, 1970.

RE-73 Källström, Claes: Optimering av valsinställningarna i ett valsverk (On Optimal Roll Settings of a Rolling Mill), February, 1970.

RE-74 Pauli, Andreas: Adaptiv regulator baserad på lärande modell (An Adaptive Controller Based on a Learning Model), February, 1970.

RE-75 Johnfors, Ulf: Dimensionering av automatiskt landningssystem för flygplan (Synthesis of an Automatic Landing System for Aeroplanes), February, 1970.

RE-76 Brantmark, Håkan: Reglering av tidsvariabla system med Kalman-teori (Control of Time Variable Systems by Means of Kalman Theory), March, 1970.

RE-77 Larsson, Lars Olov: Algoritmer för lösning av system av ordinära differentialekvationer (Comparison of Some Algorithms to Solve Ordinary Differential Equations), April, 1970.

RE-78 Brännström, Jan, and Johansson, Allan: Identifiering av parametrar i tillståndsmodeller med rekursiv teknik, s.k. Extended Kalman Filter (Recursive Parameter Estimation in Multivariable Systems with Extended Kalman Filtering), April, 1970.

RE-79 Edwardsson, Anders, and Ekwall, Ulf: Identifiering av parametrar i tillståndsmodeller. En icke-rekursiv metod, som bygger på variationskalkyl (Non-recursive Parameter Estimation in Multivariable Systems), April, 1970.

RE-80 Glad, Torkel: Diagonal dekomponering. Analys och tillämpning på linjärkvadratiska problem (Analysis and Application of Diagonal Decomposition on Linear-Quadratic Problems), June, 1970.

RE-81 Holst, Jan: Identifiering av parametrar i tillståndsmodeller med hjälp av tidsdiskreta iterativa filter (Recursive Parameter Estimation in Multivariable Systems with Iterative Filtering), June, 1970.

3. SUBJECT INDEX.

Adaptive systems	20, 21, 26, 27, 41, 63, 68, 74, 76
Analysis and synthesis,	
linear systems	1, 6, 10, 16, 37, 45, 47, 60, 71
nonlinear systems	51, 54
Components, testing and construction	22, 24, 29, 30, 32, 37, 40, 49, 59, 61, 62, 66, 69, 72
Experimental analysis and synthesis,	
linear servos	10, 40, 45, 49
Identification experiments	2, 36, 57, 59
Identification methods	
correlators	22, 30
correlation methods	42, 44, 52
impulse and step response analysis	31, 53, 64
least squares method	9, 13, 14, 31, 53
maximum likelihood method	2, 4, 8, 36, 42, 52, 57, 65
nonlinear and multivariable systems	15, 42, 78, 79, 81
Kalman filtering	35, 58, 76
Large systems (decomposition)	11, 46
Medical problems	
EEG analysis	44, 52
kidney simulation	50
Model building	
aeroplanes	75
boilers	48, 55
radiator dynamics	60
chemical reactor	71
heat exchanger	34
rolling mill	73
tractor	54

Multivariable systems	67
Numerical methods	77
Optimization methods,	
linear quadratic systems	38, 75
nonlinear optimization	5, 7, 12, 19, 33, 43, 56, 73, 80
Process computers	25, 28, 39, 69, 70
Production planning,	
linear programming	18
dynamic programming	43, 56
Quantization	17
Stochastic Control	3, 4, 17, 23
Thermal rod system	6, 11, 37

RE-1 June, 1965 (F. Aasma)

Häggman, Börje

DIMENSIONERING AV ETT SAMPLAT SYSTEM MED TIDSFÖRDRÖJNING.

En syntes av reglersystemet för en kemisk tankreaktor har utförts. I reaktorn äger en parallell reaktion rum. Det antages att inkommande reaktionsmediet har konstant flöde och temperatur medan dess koncentration varierar. Utgående koncentration av ena ämnet skall vara konstant. Denna mätes regelbundet med kemisk analys. Problemet blir därför tidsdiskret och innehåller en transportfördröjning. En samplad regulator har syntetiserats som reglerar kylflödet till reaktorn så att specifikationerna uppfylles.

SYNTHESIS OF A SAMPLED SYSTEM WITH TIME DELAY.

Synthesis of a control system for a stirred tank reactor has been performed. A parallel reaction takes place in the reactor. It is assumed that the input flow and temperature are constant but the concentration is disturbed. The purpose of the control is to get constant output concentration. This one is measured at discrete times by chemical analysis. Therefore, the system is time discrete and contains a transport delay. A sampled controller has been synthesized, which controls the cooling flow to the reactor tank in order to satisfy the specifications.

RE-2 March, 1966 (K.J. Åström)
Svärd, Bo

UNDERSÖKNING AV DYNAMISKA EGENSKAPER HOS EN INDUSTRIELL PROCESS.

Arbetet omfattar en teoretisk och en praktisk del av identifiering av en industriell process.

Ett Algol-program för SMIL har skrivits, vilket använder maximum likelihood-metoden för att uppskatta parametrarna i en linjär samplad modell av en process. Likelihood-funktionen minimeras med gradientmetodik (jämför Andersson, RE-8). Programmet har testats på simulerade system.

Den andra delen av arbetet omfattar genomförande av mätningar samt behandling av mätdata från torkpartiet på pappersmaskin 4 vid Gruvöns Bruk. Detta arbete har utförts tillsammans med Billeruds AB och IBM Nordiska Laboratorier. Avsikten var att erhålla modeller för samband mellan ångcylindrarnas tryck och papperets ytvikt och fukthalt. Resultaten indikerade att en digital reglering skulle kunna ge bättre styrning än den befintliga analoga. Mätningarna har visat, att transportfördröjningen var större och processen långsammare, än vad man tidigare antagit.

INVESTIGATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF AN INDUSTRIAL PROCESS.

Identification of an industrial process has been performed. The work consists of two parts, a theoretical one and a practical one. An Algol program for the computer SMIL has been written. The program identifies the process dynamics for linear sampled systems with the maximum likelihood method. The likelihood function is minimized with gradient techniques (compare Andersson, RE-8). The program has been tested on simulated data.

The second part of the work consists of practical identification measurements on the drying section of the paper machine No. 4 at Gruvöns Bruk. The work has been performed together with Billeruds AB and IBM Nordic Laboratories. The purpose has been to get a model of the drying section with steam pressure as input and basis weight and moisture content as outputs. The results have shown that digital control would be better than the present analog control. The measurements have also indicated larger transport delay and time constants than was assumed before.

RE-3 June, 1966 (K.J. Åström)
Pettersson, Bengt

OPTIMAL REGLERING AV PROCESSER MED TIDSFÖRDRÖJNING.

I föreliggande arbete har studerats transportfördröjningars inverkan på dynamiska systems prestanda. För ett enkelt exempel har studerats dels hur systemets prestanda, mätt i utsignalens varians, påverkas av denna transportfördröjning, dels hur bra en PID-regulator kan styra systemet, jämfört med en samplad minimalvariansstrategi.

Den process, som studerats, består av en integrator med transportfördröjning, driven av vitt brus. Utsignalens varians i öppna systemet bestäms av transportfördröjningens storlek samt det inkommande brusets varians. Minimalvarians i det kontinuerliga fallet är härledd för P-, PI- och PD-regulatorer. Det visar sig, att en samplad minimalvariansregulator ger bättre resultat än P- eller PI-regulatorer om samplingsintervallet är mindre än halva transportfördröjningen och bättre än en PD-regulator, om samplingstiden är mindre än 1/12 av transportfördröjningen.

OPTIMAL CONTROL OF A PROCESS WITH TIME DELAY.

In this work the influence of transport delays on the performance of dynamic systems has been studied. A simple system has been examined, and the output variance of the closed loop system as function of transport delay and different control strategies has been calculated. Continuous PID control has then been compared to sampled minimal variance strategies.

The process consists of an integrator with time delay, driven by white noise. The output variance is a function of the transport delay and the white noise characteristics. The minimal variance for different continuous P, PI, and PD controllers are

derived. A minimal variance strategy for the corresponding sampled system is better than continuous P or PI control for a sampling time, less than half the transport delay. For sampling times less than 1/12 of the time delay it is also better than the PD controller.

RE-4 August, 1966 (K.J. Åström)
Wittenmark, Björn

ADAPTIV PREDIKTION.

I detta arbete har en linjär tidsdiskret autoregressiv process studerats. Tre problem i anslutning till den har bearbetats, nämligen för det första konstruktion av en flerstegsprediktor, då alla parametrar är kända, för det andra uppskattning av parametrarna, då ett antal mätvärden är kända, och för det tredje samtidig uppskattning av parametrarna och prediktion ett steg framåt.

Det första problemet har en allmän lösning. För lösning av det andra problemet har en maximum likelihood-metod använts, som ger både uppskattning av parametrarna och deras noggrannhet. Formlerna för estimeringen kan göras rekursiva, så att en ny uppskattning erhålles genom att den gamla korrigeras med det senast inkomna mätvärdet.

Metodiken kan ej klara av processer för vilka utsignalens medelvärde är skilt från noll. Likaså är det svårt att bemästra annat än autoregressiva processer.

ADAPTIVE PREDICTION

A linear time discrete autoregressive process has been studied. Three problems have been analysed. First a multi step predictor has been derived, when all parameters are known. Secondly the parameters are estimated, when a number of measurement values are known. Finally a simultaneous parameter estimation and prediction has been carried out.

The first problem has a general solution. For the second problem a maximum likelihood function is derived and both parameter estimation and accuracy can be achieved.

The estimation formulas can be made recursive. A new estimation is calculated from the old one and corrected with a new measurement value.

The method is not successful for processes with a biased output signal. It is also difficult to estimate parameters in other processes than autoregressive ones.

RE-5 October, 1966 (K.J. Åström)

Mårtensson, Krister

NUMERISKA ALGORITMER FÖR LÖSNING AV MINIMALTIDSPROBLEMET.

Två algoritmer för numerisk lösning av problemet att på minimal tid styra ett system från ett givet initialtillstånd till ett givet sluttillstånd har undersökts. Dessa problem har i regel en lösning av bang-bang-typ, och det är svårt att finna algoritmer, som löser problemet för generella system.

Två enkla system har studerats, dubbelintegratorn och oscillatorn. I båda fallen visar sig en metod, baserad på egenskaper hos konvexa mängder, vara överlägsen en metod, baserad på störningsekvationer.

NUMERICAL ALGORITHMS FOR THE SOLUTION OF THE MINIMAL TIME PROBLEM.

The problem to control a system in minimal time from a given initial state to a given final state has been treated. Two numerical algorithms have been examined. The problem has principally a solution of bang-bang character, and it may be difficult to find algorithms for general systems.

Two test systems have been tried, the double integrator and the oscillator. In both cases it has been shown, that a special method, based on the properties of convex sets, is superior methods, based on perturbation calculations.

RE-6 October, 1966 (K.J. Åström)

Ekstrand, Bertil
Larsson, Lars-Erik

STUDIUM AV SYSTEM FÖR TEMPERATURREGLERING.

En endimensionell värmeprocess, i detta fall en kopparstav, har studerats. Syftet med studierna har varit bl.a. att studera en process, som beskrives av en partiell differentialekvation. Systemet kan dessutom realiseras i laboratorieskala. Komponentfrågor har studerats något, framför allt mätning av temperatur.

Stavens dynamik har undersökts analytiskt, dels approximerad som halvoändlig stav och dels som ändlig. Överföringsfunktionen från t.ex. stavens ändpunkt till en punkt på staven innehåller trascendenta funktioner i Laplace-operatorn.

Genom att återkoppla temperaturen från stavens mittpunkt till dess ändpunkt erhålles ett system, som kan studeras med redan känd linjär teori. Stabilitet och stegsvar liksom störningskänslighet har studerats.

Inverkan av differensapproximationer har även undersökts och överföringsfunktion och utsignal har jämförts med exakta uttryck.

Slutligen har systemet simulerats på analogimaskin, där staven approximerats med tio punkter.

ANALYSIS OF A TEMPERATURE CONTROL SYSTEM.

A one dimensional thermal rod system has been examined. The purpose of the work has been to study a system, described by a partial differential equation. The system can be realized as a laboratory process. Therefore, some component problems, such as temperature measurements, have been studied.

The rod dynamics has been analyzed, both as a finite rod and approximated as a semi-infinite rod. The transfer function from rod boundary to a point on the rod contains trascendental functions in the Laplace operator.

The temperature from the rod midpoint has been fed back to the boundary and stability, system response, and disturbance sensitivity have been studied by common linear methods. The accuracy of difference approximations has also been examined and compared with the exact expressions of stability and transfer functions.

Finally the rod system has been simulated on an analog computer, approximated by ten points.

RE-7 November, 1966 (K.J. Åström)

Gustavsson, Ivar

NUMERISK LÖSNING AV OPTIMALA STYRNINGSPROBLEM MED BRYSON-KELLEY-METODIK.

En numerisk metod, föreslagen av Bryson-Kelley, för lösning av optimala styrproblem genom iteration på styrsignalen har studerats både för fix och fri sluttid.

Program i Algol har skrivits för problemet med fix sluttid. De har testats på dubbelintegratorn och oscillatorn. Konvergenssvårigheter uppträdde, men med lämpligt val på vissa konvergensparametrar erhölls acceptabla approximationer av de optimala lösningarna.

Problemet med fri sluttid har undersökts bara i specialfallet minimaltid för dubbelintegratorn. En acceptabel uppskattning av minimaltiden erhölls, men även för detta problem uppträdde konvergenssvårigheter.

NUMERICAL SOLUTION OF OPTIMAL CONTROL PROBLEMS USING BRYSON-KELLEY TECHNIQUES.

A numerical method, suggested by Bryson-Kelley, for the solution of optimal control problems has been tested. The method uses iteration of the control function and in this work it has been applied on problems with both fix and free end time.

Programs in Algol have been written for the fix end time problem. They have been tested on the double integrator and on the oscillator. Convergence difficulties arose, but acceptable approximations were achieved with suitable choice of the convergence parameters.

The free end time problem has only been applied to minimum time problem for the double integrator. An acceptable estimation of the minimal time was calculated, but also in that problem convergence problems arose.

RE-8 December, 1966 (K.J. Åström)
Andersson, Erik

PROCESSIDENTIFIERING MED DATAMASKIN.

Processidentifiering med hjälp av maximum likelihood-metoden har studerats. Ett Algol-program har skrivits, vilket utnyttjar Newton-Raphson-metodik för minimering av likelihood-funktionen.

Modellen är tidsdiskret, tidsvariant och linjär, och endast en ingång och en utgång finns.

Parametrarnas säkerhet vid identifieringen uppskattas även. Ett antal testexempel har genererats av K.E. Eriksson (RE-9), och dessa har identifierats med ML-metodiken. Metodiken har även behandlats av Svärd (RE-2).

NUMERICAL PROCESS IDENTIFICATION USING THE MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD.

Process identification with computer has been studied. The maximum likelihood technique has been used, and an Algol program has been written. The likelihood function is minimized with Newton-Raphson technique.

The model is assumed to be discrete, time invariant and linear with single input and output.

The accuracy of the estimation of the parameters is also calculated. A number of simulated test systems, generated by K.E. Eriksson (RE-9),have been identified with the ML method. The method has also been treated by Svärd (RE-2).

RE-9 December, 1966 (K.J. Åström)

Eriksson, Kurt-Erik

NUMERISK BESTÄMNING AV PROCESSDYNAMIK.

Minsta kvadratmetoden för identifiering av linjära samplade system med en insignal och en utsignal har studerats.

Speciellt har frågan om modellens ordningstal studerats. En numerisk algoritm har skrivits, vilken rekursivt ökar modellens ordningtal för att anpassa den till genererade data.

Statistiskt F-test användes för att testa ordningstalets giltighet. Parametrarnas noggrannhet kan även uppskattas. Ett Algolprogram för SMIL har skrivits, och identifiering av ett antal simulerade system har utförts. Slutligen har data från ett medicinskt problem identifierats.

IDENTIFICATION OF PROCESS DYNAMICS USING THE LEAST SQUARES METHOD.

The least squares method has been used for identification of linear and time discrete single input-single output systems.

The problem to determine the model order has been emphasized. An algorithm has been programmed, which increases the model order recursively in order to adapt the model to the data.

Statistical F test is used to test the order. The parameter accuracy can also be estimated. An Algol program for the computer SMIL has been written and a number of simulated systems have been identified. Finally, data from a medical problem have been identified.

RE-10 January, 1967 (K.J. Åström)
Herne, Bengt

EXPERIMENTELLA UNDERSÖKNINGAR AV LINJÄRA OCH OLINJÄRA REGLER-SYSTEM.

Ett linjärt servo av märke Feedback, bestående av en fältstyrd likströmsmotor, vilken kan simuleras som en ankarstyrd motor, har uppmätts.

Öppna systemets överföringsfunktion har bestämts med frekvens- och stegsvarsanalys. Det slutna systemet har sedan syntetiserats med såväl enkla återkopplingar som med kompenseringar. Både fas-avancerande och fasretarderande nät har provats liksom tachometer- och accelerationsåterkopplingar.

Olinjära länkar såsom glapp och mättningar har sedan introducerats, och systemet har undersökts med fasplansanalys, beskrivande funktion och jämförande mätningar på servot.

EXPERIMENTAL STUDIES OF LINEAR AND NONLINEAR SERVO MECHANISMS.

A linear servo system of type Feedback, consisting of a field controlled DC motor, which can be simulated as an armature controlled motor, has been examined experimentally.

The transfer function of the motor has been measured both by frequency analysis and by step response analysis. The closed loop system has then been synthesized.Simple feedback has been tried and compensations with both lead and lag networks as well as tacho and acceleration feedbacks have been carried out.

Nonlinear links, back-lash, and saturation have then been introduced in the servo. The measurements have been compared with phase plane analysis as well as describing function results.

RE-11 July, 1967 (K.J. Åström)

Horrdin, Sven

ROSENBROCKS METOD FÖR FÖRENKLING AV KOMPLICERADE SYSTEM.

Rosenbrocks metod för förenkling av stora system har undersökts.

Metoden går ut på att förenkla det givna systemets viktfunktion. Serieutvecklingen av denna avkortas efter k exponentialtermer, och endast de långsammaste moderna finns kvar i approximationen.

Metoden har provats på ett värmestavsystem (se vidare RE-6 och RE-37). Ett Algol-program har skrivits, som jämför stegsvar och frekvenskurvor för olika approximationsgrader av systemet.

SIMPLIFICATION OF COMPLEX SYSTEMS BY ROSENBROCK'S METHOD.

Rosenbrock's method for approximation of high order systems has been examined.

The method uses a simplification of the weighting function of the system. The exponential series expansion of the function is truncated after k terms, and only the low frequency modes are left.

The method has been tested on a thermal rod system (see also theses RE-6 and RE-37). An Algol program is written, and step responses as well as frequency characteristics of different system approximations are compared.

RE-12 July, 1967 (K.J. Åström)

Jönsson, Rolf Lennart

KULIKOWSKIS VERSION AV TEORIN FÖR OPTIMAL STYRNING.

I arbetet redogöres för Kulikowskis version av teorin för optimal styrning av system. Redogörelsen begränsas till linjära, tidsvarianta system.

Optimalproblemet består i att överföra ett system från givet begynnelsetillstånd till givet sluttillstånd på minimal tid. Styrsignalen har vissa inskränkningar. Kulikowski utnyttjar funktionalanalys för sin lösning av problemet. I vissa fall kan man hitta analytiska lösningar. Förutsättningarna är t.ex. viss form på inskränkningarna på insignalen, låga ordningstal eller ändring av endast en tillståndsvariabel, mellan begynnelse- och sluttillstånden.

KULIKOWSKI'S VERSION OF THE THEORY OF OPTIMAL CONTROL.

In the work a summary of the Kulikowski version of optimal control theory is made. Only linear, time invariant systems are considered.

The problem is to transfer a system from a given initial state to another given final state in minimal time. The input signal may have certain constraints. Functional analysis is used to solve the problem. In some cases it is possible to find analytical solutions. The necessary conditions are e.g. certain shapes of the input constraints, low order systems, or change of only one state variable along the trajectory from the initial to the final state.

RE-13 August, 1967 (K.J. Åström)

Wallentinsson, Claes

IDENTIFIERING AV LINJÄR MODELL FÖR EN LÄTTVATTEN KOKARREAKTOR.

Identifiering av simulerade data för en lättvatten kokarreaktor har utförts med minsta kvadratmetoden.

Modellen har en struktur, som är tidsdiskret, linjär och tidsvariant. I modellen kan användas flera insignaler.

Ett Algol-program för minsta kvadratidentifiering, skrivet av K.E. Eriksson (RE-9), har skrivits om för GE-625 och använts vid identifieringen.

ASEA har ställt simulerade data till förfogande. Insignalernas reaktivitet, ångventilinställning och cirkulationspumpvarvtal har varierats dels var och en för sig, dels alla tre samtidigt. Som utsignaler har registrerats nukleär effekt och primärtryck. För varje simulering har 350 - 400 datapar genererats.

Som resultat erhålles första, andra eller tredje ordningens system för de olika looparna.

IDENTIFICATION OF A LINEAR MODEL OF A LIGHT WATER BOILING REACTOR.

The least squares method has been used to identify a model of a boiling water reactor, simulated on a computer.

The model is assumed discrete, linear and time invariant. Several inputs can be applied simultaneously.

A least squares identification program, written by K.E. Eriksson (RE-9), has been modified for GE-625 and used for the identification.

Simulations of the reactor have been performed by ASEA and the data are used for identification. Reactivity, the steam valve, and the circulation pump have been used as inputs, partly separately, partly simultaneously. Nuclear power and primary pressure are written out as outputs. About 350 - 400 input-output pairs are generated.

The identifications have resulted in both first, second and third order systems for the different loops.

RE-14 September, 1967 (K.J. Åström)

Wieslander, Johan

IDENTIFIERING AV MÄNNISKANS ÖVERFÖRINGSOPERATOR.

En mänsklig operatörs handlande i ett reglersystem har dynamiskt beskrivits, d.v.s. människans överföringsfunktion har identifierats.

Arbetet inleds med en litteraturstudie över olika modeller av mänsklig styrning. I anslutning till denna studie har några analogimaskinförsök utförts.

På SAAB i Linköping har sedan genererats ett antal pilotdata i simulator, vilka ligger till grund för det fortsatta arbetet.

En linjär, tidsdiskret, tidsinvariant modell har antagits, och modellen har identifierats med minsta kvadratmetoden utifrån de genererade in-utsignalparen. Program för identifieringen har skrivits i Algol. Modellerna har sedan transformerats till kontinuerlig form.

De första resultaten uppvisade starkt instabila system, något som kan förklaras med en stor parametervariation. Detta kunde visas genom uppdelning av inspelningarna i flera delar.

Resultaten visar på behovet av reelltidsidentifieringsmetoder för tidsvariabla system.

IDENTIFICATION OF A HUMAN OPERATOR.

In this work the dynamical behaviour of a human being in a control system is described. The transfer function has been identified.

The first part of the work consists of a literature study and a description of different models of the human operator. In connection with this, some analog simulations have been performed.

At SAAB, Linköping, a number of pilot data have been generated in a flight simulator, and the data are identified.

A linear, discrete, time invariant model is assumed, which has been identified with the least squares method. Programs for the method are written in Algol. The models have then been transformed to continuous form.

Strongly unstable systems appeared to begin with. This could be explained by large parameter variations in the system. It was shown, by dividing the data series in several parts, that these parameter variations occured.

The results have shown, that it is a strong need for real time identification methods for time varying systems.

RE-15 September, 1967 (K.J. Åström)
Bååth, Kerstin

IDENTIFIERING AV OLINJÄRA SYSTEM.

En metod för identifiering av parametrar i olinjära system med känd struktur har undersökts. Det antages, att samtliga tillstånd är direkt mätbara, och att mätvärden avläses i diskreta tidpunkter. Med minsta kvadratmetoden anpassas sedan mätvärden och modellens utsignal. Förlustfunktionen minimeras med Newton-Raphson-metodik.

Algol-program har skrivits och testats på artificiellt genererade data. De delar av programmet, som definierar systemets struktur, måste skrivas om för varje system.

IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEMS.

Parameter identification of nonlinear systems with known structure has been performed. It has been assumed that all states are directly measurable, and measurements are made in discrete points. The measurements and the output from the model are then adapted to each other with the least squares method. The loss function is minimized by Newton-Raphson techniques.

The method has been programmed in Algol and has also been tested with artificial data. Some parts of the program are specific for every system, as the structure has to be defined.

RE-16 September, 1967 (K.J. Åström)
Eldhagen, Lars-Göran

DATAMASKINPROGRAM FÖR ANALYS AV REGLERSYSTEM.
TRANSFORMATIONER AV SYSTEMEKVATIONERNA.

Numeriska algoritmer för transformation av linjära tidsinvarianta system till observerbar resp. styrbar form har skrivits. Programmen ger information om observerbarhet och styrbarhet, samtidigt som koefficienterna i överföringsfunktionen erhålles.

Ett alternativt sätt för beräkning av överföringsfunktionen visas även.

Programmen är skrivna i Algol för SMIL.

COMPUTER PROGRAMS FOR LINEAR ANALYSIS.
TRANSFORMATIONS OF THE SYSTEM EQUATIONS.

Numerical algorithms for the transformation of linear time invariant systems to canonical forms have been written. The programs automatically test observability and controllability, and the coefficients of the transfer function are given directly out of the canonical forms.

An alternative algorithm for transfer function calculation has been written.

All procedures are written in Algol for the SMIL computer.

RE-17 September, 1967 (K.J. Åström)
Persson, Roland

OPTIMAL KVANTISERING AV STYRVARIABLER I ETT REGLERSYSTEM.

Problemet att optimalt kvantifiera insignalen i ett linjärt tidsdiskret system, som styres av en minimalvariansstrategi, har analyserats. Kvantifieringen göres endast i två nivåer, varvid realiseringen av signalen kan bli mycket enkel.

För ett första ordningens system har de optimala nivåerna samt utsignalens varians härletts. Det visade sig, att en sats av R.E. Larson ger samma nivåer. Larsons sats har sedan tillämpats på ett allmänt system, och optimala kvantiseringsnivåer har erhållits. Även utsignalens varians i det allmänna fallet har härletts.

För ett andra ordningens testexempel visade det sig, att variansen endast ökade ca. 1% på grund av kvantiseringen.

Problemet att även kvantifiera utsignalen visar sig betydligt svårare och har endast kort berörts i ett slutkapitel.

OPTIMAL QUANTIZATION OF THE CONTROL VARIABLE IN A TIME DISCRETE CONTROL SYSTEM.

Quantization of the input signal in a linear time discrete control system has been analyzed. The process is controlled by a minimal variance strategy, and the quantization has been made only in two levels, so the realization of the signal will be very simple.

Optimal quantization and corresponding output variance levels have been derived first for a first order system. It is shown, that the result agrees with a theorem of R.E. Larson. This theorem has then been applied to a general structure, and optimal

levels have been found. An expression of the output variance of the general system has also been derived. In a test example, the output variance increased only 1% as a result of the quantization.

The problem to quantize the output also is mentioned in the last chapter. It is shown that this problem is much more difficult to solve.

RE-18 September, 1967 (PLM, K.J. Åström)

Olofsson, Ingemar

PRODUKTIONSPLANERING PÅ GLASBRUK.

På PLM-koncernen har planerats en övergång från manuell till maskinell produktionsplanering för de tre stora glasbruken. Problemen innefattar frågor av typen "Hur många artiklar av en viss sort skall tillverkas åt gången?", "När skall tillverkningen ske?", "På vilket bruk?", "På vilken maskin?". Frågeställningarna har behandlats för Hammars glasbruk. Problemet har formulerats som ett linjärprogrammeringsproblem, och ett standard LP program har utnyttjats.

I modellen för Hammar har ingått sex maskiner och planeringsperioderna har varit relativt korta, ett tiondels år. Särskilda förenklingar för Hammar har föreslagits och en jämförelse med manuell planering har gjorts. Endast lagerhållningskostnaderna har kunnat jämföras och dessa blir för den aktuella perioden 39% mindre för maskinell planering.

Generella tillämpbarheten diskuteras slutligen.

PRODUCTION PLANNING AT A GLASS-WORK.

A change-over from manual to computer production planning has been discussed at the PLM concern. The concern has three large glass-works and the planning problem includes questions like "How many articles of different types shall be made?", "When to make them?", "Where to make them?", "Which machine shall be used?". The problem has been treated for the Hammar glass-work. The production planning has been formulated as a linear programming problem (LP) and a standard LP program has been used for the numerical computations.

The model of the Hammar glass-work includes six machines and the planning periods are relatively short, a tenth of a year. Some simplifications, valid for Hammar, are discussed and a comparison between manual and computer planning has been carried out. It is only possible to compare the storage charges. The costs with computer planning was shown to be 39% smaller than the costs with manual planning for a certain period.

Finally the applicability of the method for other glass-works has been discussed.

RE-19 September, 1967 (K.J. Åström)

Mattsson, Bengt

NUMERISK LÖSNING AV OPTIMALA STYRPROBLEM MED KENNETH-MCGILLS METOD.

Kenneth-McGills metod för lösning av tvåpunkts randvärdesproblem har undersökts. Metoden har testats för två typer av optimeringsproblem, nämligen att på konstant tid resp. minimal tid föra ett system från ett begynnelsetillstånd till ett sluttillstånd.

Två principiellt olika problem, sådana med kontinuerliga resp. diskontinuerliga derivator,har utprovats. Det har visat sig på testexemplen, att den numeriska metoden fungerar dåligt på system med diskontinuerliga derivator.

NUMERICAL SOLUTION OF OPTIMAL CONTROL PROBLEMS USING KENNETH-MCGILL'S METHOD.

Kenneth-McGill's method for the numerical solution of two point boundary value problems has been examined. The method is tested for two types of optimization problems, viz. the problems to take a system from an initial state to a final state in an optimal way on constant time or minimal time respectively.

Two different types of test systems have been examined, systems with continuous and discontinuous derivatives. It appeared, that the numerical method was not generally applicable for the systems with discontinuous derivatives.

RE-20 September, 1967 (K.J. Åström)
Syding, Rolf

UNDERSÖKNING AV HONEYWELLS ADAPTIVA REGLERSYSTEM.

Som en del i undersökningen av adaptiva system har genom analogisimulering undersökts ett par olika adaptiva principer. Enkel reläkompensering i ett system med starkt varierande förstärkning har först provats. Därefter har en modellreferensmetod, som föreslagits av Minneapolis-Honeywell, provats på ett testsystem. Metoden har visat sig något långsam för vissa tillämpningar, men dock fullt realistisk att använda. (Se även examensarbeten RE-21, RE-26, RE-27, RE-63.)

ANALOG SIMULATION OF THE HONEYWELL ADAPTIVE SYSTEM.

As part of works on adaptive systems a couple of adaptive principles have been examined in this work. First relay compensation of a test system with strongly varying gain has been tested. Then a model reference method, suggested by Minneapolis-Honeywell, has been tried on the same test system. The method worked satisfactorily, but probably it may be somewhat slow in some applications. (See also theses RE-21, RE-26, RE-27, RE-63.)

RE-21 October, 1967 (K.J. Åström)

Skoog, Hans

ANALYS AV MARGOLIS-LEONDES ADAPTIVA REGLERSYSTEM.

Arbetet ingår som en del i en större undersökning av befintliga adaptiva reglermetoder. Några olika system har provats på enkla testexempel.

Rapporten inledes med en kort presentation av sex olika adaptiva principer, hög framförstärkning, Sperrys system, Minneapolis-Honeywells regulator, MIT-metoden, Margolis-Leondes system samt "Lyapunov redesign".

De två sista metoderna har sedan testats genom analogimaskinsimulering på ett givet system, där förstärkningen varierar så kraftigt, att systemet vid enkel återkoppling skulle vara starkt instabilt.

Utprovning av lämpliga parametrar i den lärande modellen har skett och en jämförande förenklad stabilitetsanalys redovisas för Margolis-Leondes system.

Det visas i sista avsnittet hur man med hjälp av Lyapunov-teori kan bygga upp adaptiva system, som i de flesta fall är stabila.

ANALYSIS OF THE MARGOLIS-LEONDES ADAPTIVE SYSTEM.

This work is a part of an examination of some adaptive systems, which have been used in autopilots. Some of the systems have been tested on simple test examples.

The report begins with a brief presentation of six adaptive principles, high gain, Sperry's system, the Minneapolis-Honeywell controller, the MIT method, the Margolis-Leondes system, and, finally, the Lyapunov redesign.

The two last methods have then been tested by analog simulation.

A simple test example was used, where the gain varied very much, resulting in both stable and unstable behaviour for simple feed back.

Suitable parameters for a learning model have been tried and a simplified stability analysis of the Margolis-Leondes system is presented.

In the last part a method using Lyapunov theory in order to get a stable system is presented and simulated.

RE-22 October, 1967 (K.J. Åström)
Wintzell, Jan-Olof

IDENTIFIERING AV PROCESSDYNAMIK MED KORRELATIONSANALYS DÅ INSIGNALEN ÄR EN NOLLSEKVENS OM MAXIMAL LÄNGD (PRBS).

Korrelationsanalys med hjälp av pseudoslumptal har studerats. Med hjälp av en digitalbygglåda har skiftregister byggts upp, vilka kan generera nollsekvenser av maximal längd.

Utsignalen kvantiseras och samplas, varvid korskorrelationen mellan ut- och insignal kan beräknas med enkla hjälpmedel.

Metoden har provats på enkla system av första och andra ordningen. Det visade sig att kvantiseringen liksom samplingstiden är kritiska för resultaten.

PROCESS IDENTIFICATION WITH PRBS SIGNALS AND CORRELATION ANALYSIS.

In this work correlation analysis with pseudo random binary sequences has been studied. Shift registers have been built up with flip-flops from a Digital Logic laboratory in order to generate pseudo random binary sequences.

The output is quantized and sampled, so the cross correlation between input and output can be simply calculated.

The method has been tested on simple systems of first and second order. It appeared, that both quantization and sampling are crucial for the success of the result.

RE-23 November, 1967 (ASEA: Åke Rullgård,
Anderberg, Yngve LTH: K.J. Åström)
Hansson, Leif

REGLERSYSTEM FÖR KALLBANDVALSVERK.

Reglerproblem för kallbandvalsverk har studerats.

Processmodellen utgöres av rent algebraiska samband mellan ingående och utgående tjocklek på bandet, samt olika dragspänningar och tryck. Själva processdynamiken ligger helt i motorerna, två haspelmotorer och en storskruvsmotor. Ingående tjocklek mätes och anses helt känd, medan hårdhet och friktion ej kan mätas och betraktas i detta sammanhang som störningar, som kan beskrivas som stokastiska processer med rationella spektra.

Preliminära beräkningar med regulatorer med konstanta parametrar visade att haspelmotorerna ej skulle användas. En minimal-varians strategi har sedan beräknats, som minimerar spridningen i uttjockleken. Regulatorn justerar storskruvsmotorn, baserat på mätningar av intjockleken och rekonstruktion av uttjockleken.

Regulatorn har programmerats för CON/PAC i PAL-kod med flytande räkning. Beräkningen var dock klart längre än tillgänglig räknetid, trots att flytande räkning ej förlänger räknetiden. Både process och regulator har slutligen simulerats på GE 625, och jämförelser mellan teoretiska spridningar och simuleringar presenteras.

CONTROL OF A STRIP MILL.

Control of strip mills has been studied.

The process model consists only of algebraic conditions between input and output thicknesses. Only the motors, two reel motors and one top screw motor, have any dynamics. The input thickness is measured and is considered known, while hardness and friction

cannot be measured and are described as stochastic processes with rational spectra.

Preliminary calculations with constant parameter controllers showed that the reel motors should not be used. In order to minimize the output thickness, a minimal variance strategy has been calculated. The controller adjusts the top screw, based on measurements of the input thickness and reconstruction of the output thickness.

The controller has been programmed for CON/PAC in PAL code and floating point, which does not take longer time than fix point. However, the calculations takes too much time, compared with real time. Finally, the control system has been simulated on GE 625 and comparisons are made between theoretical and simulated values.

RE-24 December, 1967 (K.J. Åström)

Almgren, Per

KONSTRUKTION AV ELEKTRONIKUTRUSTNING TILL ENAXLIG GYROPLATTFORM.

En heltransistoriserad elektronikenhet har konstruerats för ett enaxligt gyroskop. Gyrosnurra och plattformsmotor drivs med 400 Hz trefasström, som erhålles från elektronikenheten.

Elektronikenheten är uppbyggd på ett chassi och utgöres av oscillator (400 Hz), fyrkantvåggenerator, modulator- och demodulatorenhet, bandpassfilter (70 Hz), operationsförstärkare med variabla återkopplingsnät, tvåfas effektförstärkare för drift av plattformsmotor samt trefas effektförstärkare för drift av gyrosnurran. De viktigare kontrollpunkterna i elektroniken är åtkomliga på frontpanelen.På denna finns också trimpotentiometer för operationsförstärkarna och modulator-demodulatorenheten samt principschema för systemet såväl som kopplingsplint för de variabla återkopplingssystemen.

Matningsspänningarna är +15, 0 och -15 volt, strömåtgången ca. 1,3 ampere.

CONSTRUCTION OF THE ELECTRONIC EQUIPMENT FOR A SINGLE AXIS GYRO PLATFORM.

A transistorized electronic unit has been constructed and built up for a single axis gyro platform. The gyro and the platform motor are driven by 400 Hz three-phase AC from the electronic device.

The device is built up on a chassis and consists of an oscillator (400 Hz), a square wave generator, a modulator and demodulator unit, a band pass filter (70 Hz), operational amplifiers with variable feedback networks, a two-phase power amplifier for the platform motor, and, finally, a three-phase power amplifier for the gyro.

The checkpoints for the electronic parts are available on the front side. Also trim potentiometers and a principle scheme for the system can be found there.

The reference voltages are ±15 and 0 volts, and the system consumes about 1.3 ampère.

RE-25 January, 1968 (K.J. Åström)

Andoff, Tomy
Bodin, Bengt

JÄMFÖRANDE ANALYS AV DATAMASKINER FÖR PROCESSREGLERING.

Rapporten diskuterar de allmänna krav, som skall kunna ställas på en processdator och jämför sedan prestanda för några processdatorer, utgående från studier i manualer.

Första delen av arbetet söker ge en allmän bild av användningsområden och marknadsbild för datorerna. Att entydiga definitioner och specifikationer är mycket svåra beror inte minst på den vilda flora av termer, som frodas.

Tyngdpunkten i rapporten består i specifika jämförelser mellan några olika maskiner, brytsignalsystem, minnesskyddssystem och programbibliotek. Ett antal prestandaegenskaper är tabellerade för några maskiner.

EVALUATION OF PROCESS CONTROL COMPUTERS.

In the work some general sepcifications for process computers are discussed. Then some computers are compared from figures and information in manuals.

In the first part of the work a general discussion of the use of computers and the present market is made. It is stated, that the hazardous therminology makes it almost impossible to compare figures and performance of different computers.

The main part of the report contains specific comparisons of some computers. Interrupt systems, memory protect systems, and software packages are specificly discussed. A great number of performance characteristics are finally listed.

RE-26 April, 1968 (K.J. Åström)
Sogndal, Roy

ANALOGISIMULERING AV HONEYWELLS OCH GENERAL ELECTRICS ADAPTIVA SYSTEM.

Två adaptiva system, ursprungligen konstruerade för autopiloter, Minneapolis-Honeywells (MH) och General Electrics (GE) system, har jämförts genom simuleringar på analogimaskin. Regulatorerna har sedan jämförts med de resultat, som kan erhållas genom manuell styrning (se Borisson, RE-27).

Som testsystem har använts ett enkelt, linjärt system av tredje ordningen med tidsvariabel förstärkning. Brus från omgivningen har påverkat systemet.

Den adaptiva regulatorn utgör en "förstärkningsändrare", som hela tiden skall motverka förändringar i systemets förstärkning. MH-systemet har ett relä som verkställande organ och har visat sig vara både enkelt och snabbt. Den enkla variant av GE-metoden, som provats, innehöll en multiplikator eller potentiometer som förstärkningsändrare och visade sig alldeles för långsam.

Den manuella styrningen visade sig i några fall minst lika bra som MH-regulatorn.

ANALOG SIMULATION OF THE HONEYWELL AND GENERAL ELECTRIC ADAPTIVE SYSTEMS.

Two adaptive systems, basicly constructed for autopilots, viz. the Minneapolis-Honeywell (MH) and the General Electric (GE) methods, have been compared and simulated on an analog computer. The controllers have then been compared with the results of manual control (see Borisson, RE-27).

A linear, simple, third order system, corrupted by noise, and with time varying gain, has been used as a test system.

The adaptive controller works as a gain changer, so all changes in the process gain are all the time compensated by the adaptive controller. The MH system contains a relay as the executive device, and the system was shown to be fast and simple. The version of the GE controller, which was tested, contained a multiplicator and a potentiometer as gain changer. This system appeared to be too slow.

The manual control was shown to be quite as good as the MH controller in some cases.

RE-27 May, 1968 (K.J. Åström)

Borisson, Ulf

JÄMFÖRELSE GENOM ANALOGISIMULERING MELLAN MANUELL STYRNING OCH NÅGRA ADAPTIVA SYSTEM VID VARIABEL KRETSFÖRSTÄRKNING.

Ett system, innehållande variabel kretsförstärkning, har använts som testexempel för adaptiva system. Manuell styrning och ett antal olika adaptiva regulatorer har prövats, och resultaten har sedan jämförts.

Vid den manuella styrningen presenterades felsignalen från det simulerade systemet på ett oscilloskop. Med en styrspak skulle sedan felet styras till noll då förstärkningen varierade. Det visade sig vara ganska lätt för en operatör att anpassa sig till systemet, även om svårigheterna ökade då frekvensen ökade.

Youngs metod för parameterbestämning utprovades sedan på ett enkelt tredje ordningens system. Metoden fungerade ganska ojämnt, och endast i system med långsamt varierande parametrar kunde den användas.

Den direkta metoden visade sig fungera ganska bra i testfallen. Den varierande förstärkningsparametern beräknas genom enkel division. Därvid finns en begränsning: att insignalen ej får vara liten.

Med "self-organizing control" erhölls ej heller tillfredsställande resultat, då denna metod är bäst lämpad för högfrekventa störningar.

Ingen av de tre utprovade adaptiva regulatorerna gav lika bra resultat som den manuella styrningen. Däremot visade sig Minneapolis-Honeywells regulator, undersökt av Sogndal (RE-26), vara helt i klass med den manuella styrningen.

A COMPARISON BETWEEN MANUAL CONTROL AND ADAPTIVE CONTROLLERS FOR SYSTEMS WITH TIME VARIABLE GAIN.

Adaptive controllers have been tested with a system, containing a time variable gain. Manual control and some adaptive controllers have been tested and compared.

For manual control, the error signal was displayed from the simulated system on an oscilloscope. The operator then could adjust the system manually to zero error, while the gain varied. The operator could rather simply adapt himself to the system, although difficulties arose, when frequency increased.

Then the Young method for parameter estimation has been tested on a simple third order system. The method worked rather unsatisfactorily, and could only be used with slowly varying parameters.

The direct method appeared satisfactory in the tests. The input, however, must not be small, as the gain is estimated by direct division.

Self organizing control has been shown to be rather a bad tool for this type of adaptive control. It is better suited for high frequency disturbances.

None of the tested controllers was as good as the manual control. However, the Minneapolis-Honeywell controller, examined by Sogndal (RE-26), appeared to be comparable with the manual control.

RE-28 May, 1968 (G.Olsson)

Ydremark, Anders

STUDIUM AV EN STYRALGORITM SAMT PROGRAMSYSTEM FÖR PROCESSDATA-MASKINER.

Rapporten består av två av varandra oberoende delar. I den första avdelningen har ett antal programsystem studerats. Någon jämförelse mellan de olika systemen är nästan omöjlig att göra, dels beroende på helt olika förutsättningar för programsystemen, dels beroende på en alltför stor terminologiförbistring. Väsentligen redogöres i korthet för IBM 1800 TSX-systemet, samt Real Time Language och Process Algol.

Den andra avdelningen utgör en jämförelse mellan maskinkodningar av en PI-regulator i enkel och dubbel precision samt i flytande räkning. Tre maskiner av olika ordlängd har jämförts med avseende på minneskrav, instruktionsuppsättning och uppskattad tidsåtgång för algoritmen, nämligen PDP 8, IBM 1800 och GEPAC 4020.

A STUDY OF A CONTROL ALGORITHM AND SOME PROGRAM SYSTEMS FOR PROCESS COMPUTERS.

The report is divided into two independent parts. In the first section some different software systems have been studied. It is quite impossible to compare the systems, as the pre-conditions and the therminology are quite different. The IBM 1800 TSX system, the Real Time Language and, finally, Process Algol have been described.

In the second section a comparison has been performed between machine codes of a PI controller on three different computers with different word lengths: PDP 8, IBM 1800 and GEPAC 4020.The controller has been programmed in single and double precision and in floating point. A comparison has been made with respect to memory requirement, instructions and estimated time consumption for the algorithm.

RE-29 June, 1968 (K.J. Åström and
Ryberg, Dick G. Olsson)

PROJEKTERING OCH UPPBYGGNAD AV LITEN ANALOGIMASKIN.

En analogimaskin, dimensionerad för ungefär tio operationsförstärkare, har projekterats och byggts. Varje förstärkare kan användas antingen som summator eller integrator. Karakteristiskt för maskinen är små dimensioner (avpassad för 19 tums rack) samt enklast möjliga uppkopplingar. Motstånd och kondensatorer med en procents noggrannhet har använts. Inga reläer finns inbyggda för styrning av maskinen.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SMALL ANALOG COMPUTER.

A small analog computer for about ten amplifiers has been designed and constructed. Every operational amplifier can alternatively be used as a summator or an integrator. The size is rather small (made for 19 inches rack) and the coupling should be simple. The resistors and capacitors have one per cent accuracy. The computer is not supplied with any control relays.

RE-30 June, 1968 G. Olsson)
Nilsson, Anders

PROJEKTERING AV APPARAT FÖR PROCESSIDENTIFIERING MED HJÄLP AV PSEUDOSLUMPTAL.

En apparat har projekterats, vilken skall kunna användas för identifiering genom korrelationsanalys. Med hjälp av ett åtta bitars skiftregister genereras en binär pseudoslumptalssekvens med längden 255 som insignal till systemet. Fördröjda versioner av sekvensen genereras av ett identiskt register, som går fasförskjutet i förhållande till det första. Korskorrelationen beräknas med en analog fyr-kvadrat-multiplikator, följd av en medelvärdesbildande integrator. En samplings- och hållkrets läser av det beräknade värdet efter varje genomförd sekvens, och resultatet presenteras på en xy-skrivare.

Med hjälp av en styrenhet kan registren automatiskt nollställas, avläsas efter varje sekvens och skiftas för nästa punkt på viktfunktionen.

DESIGN OF A CORRELATOR FOR PRBS SIGNALS.

A correlator for system identification has been designed. A pseudo random binary sequence is generated by an eight bit shift register, and an input of length 255 is achieved. The sequence can be delayed in an identical register. The cross correlation is calculated by an analog square multiplicator, followed by a mean value calculating integrator. This value is registered by a sample and hold circuit after every sequence, and the result can be registered on an xy plotter.

A control unit is also designed, so the registers can automatically be reset, read off after every sequence and shifted for the next point of the weighting function.

RE-31 June, 1968 (K.J. Åström and
Johnsson, Gösta I. Gustavsson)
Rosell, Örjan

IDENTIFIERING AV LINJÄRA SYSTEM MED HJÄLP AV IMPULSSVAR.

Möjligheten att med hjälp endast av impulssvaret identifiera ett okänt system har undersökts.

Det kontinuerliga systemets utsignal har samplats och motsvarande modell av ordning n kan då beskrivas av 2n koefficienter. Utsignalen från denna modell har anpassats enligt minsta kvadratmetoden till den uppmätta signalen. Problemet uppstår att minimera en förlustfunktion av flera variabler. I detta arbete har två algoritmer, Newton-Raphson (NR) och Fletcher-Powells (FP) metoder jämförts.

För ett enkelt andra ordningens simulerat system visade sig NR vara snabbast. Med startvärden långt från minimipunkten blev räknetiderna ungefär desamma. Däremot var FP-metoden klart överlägsen vid högre ordningstal, eftersom den ej behöver beräkna andra derivatmatrisen.

Som testexempel användes vidare ett impulssvar, som förekommer vid signaldetektering av signalanpassade filter. Med ett femte ordningens system blev anpassningen tillfredsställande.

IDENTIFICATION OF LINEAR SYSTEMS WITH IMPULSE RESPONSE MEASUREMENTS.

Identification of systems by only impulse responses has been performed.

The output from the continuous system was sampled. Corresponding model of order n can be described by 2n coefficients. The output from this sampled model has been adjusted to the measured output by the least squares method. The problem is to minimize a loss

function of several variables. Two methods, the Newton-Raphson (NR) and the Fletcher-Powell (FP) methods,have been compared numerically.

The NR method was faster for a simple simulated second order system. With bad start values of the coefficients, the computing times were equivalent. For system orders higher than 3-4 the FP was superior, as no second derivative matrix has to be calculated.

An impulse response, which appears in signal detection with signal adaptive filters, has been used as a test example. A satisfactory agreement was found for a fifth order system.

RE-32 June, 1968 (G. Olsson and
Langemar, Göran K.J. Åström)
Lumsden, Kent

KONSTRUKTION AV DIGITALT STYRSYSTEM TILL ELEKTROHYDRAULISKT SERVO ENLIGT PRINCIPEN FÖR NUMERISKT STYRDA MASKINER.

På institutionens hydraulservo har anbringats en kodskiva med tillhörande elektronik för digital mätning av positionen. Syftet har varit att utprova metodiken för digital mätning snarare än att åstadkomma en precisionsmätning på själva servot.

Cyklisk kod, s.k. graykod, har använts. Signalerna från kodskivan avkännes via släpkontakter och avkodare till en jämförare. Börvärdet ges i form av ett pulståg, som likaså avkodas. Styrsignalen till servot erhålles i analog form via omvandlare.

Jämföraren har utformats så att en signal erhålles för varje digital bit. Detta medför att styrsignalens utseende lätt kan anpassas till uppställda krav på hydraulservots beteende.

DESIGN AND TEST OF A DIGITAL CONTROL SYSTEM FOR AN ELECTRO-HYDRAULIC SERVO.

A code plate, supplied with an electronic device, has been applied to a hydraulic servo. The purpose has been to measure the position of the servo by digital methods just in order to try the principles of the measurements.

Graycode has been used for the coding. The signals from the slab are sensed by sliding contacts and a decoder to a comparator. The reference value is given as a pulse train, which must be decoded. The control signal to the servo is analog and has to be converted from digital form.

The comparator is constructed in such way that every bit causes a signal. Therefore, the control signal can be changed very easily depending on the certain specifications for the servo.

RE-33 June, 1968 (K.J. Åström)

Hagander, Per

MINIMALTIDSPROBLEMET FÖR ETT OLINJÄRT SYSTEM UNDERSÖKT MED DYNAMISK PROGRAMMERING.

Det s.k. minimaltidsproblemet har undersökts på ett olinjärt system med dynamisk programmering. Som testsystem har använts en matematisk pendel, som skall resas från godtyckligt begynnelsetillstånd till sitt instabila jämviktsläge. Som styrsignal användes pivotpunktens horisontella acceleration. Styrsignalen är begränsad till sitt belopp.

En mängd numeriska svårigheter uppträder. Det är med den valda metoden inte praktiskt genomförbart att beräkna annat än ett optimalt styrprogram, vilket medför att systemet är störningskänsligt.

De numeriska metoderna diskuteras ingående, och datamaskinprogram presenteras.

APPLICATION OF DYNAMIC PROGRAMMING ON THE MINIMAL TIME PROBLEM FOR AN INVERTED PENDULUM.

The minimal time problem has been examined for a nonlinear system by dynamic programming. A mathematical pendulum has been used as a test system. The pendulum shall be raised from an arbitrary initial state to its unstable equilibrium state. The pivot point of the pendulum can be moved horizontally, and its acceleration is the control signal. The input is constrained.

A lot of numerical problems arise. With the chosen method it is practically possible to compute only an open loop strategy, so the system is sensitive for disturbances.

The numerical methods are discussed in detail, and computer programs are presented.

RE-34 August, 1968 (K. Eklund)

Jonasson, Jan

DYNAMISKA EGENSKAPER HOS EN MEDSTRÖMS VÄRMEVÄXLARE.

Målsättningen med detta arbete har varit att

- o studera litteratur om värmeväxlares dynamik,
- o för en speciell typ av värmeväxlare undersöka olika sätt att approximera processdynamiken,
- o undersöka hur noggrann modell som behövs för att dimensionera en regulator.

Dynamiken kan beskrivas med paraboliska differentialekvationer. För att kunna dimensionera reglersystem måste oftast dessa ekvationer approximeras till ordinära differentialekvationer. Såväl differensapproximationer som approximationer av den transcendenta överföringsfunktionen diskuteras.

Med hjälp av analog och digital simulering har så reglersystem dimensionerats.

DYNAMICS OF A HEAT EXCHANGER.

The purpose of the work has been

- o to study the literature on heat exchanger dynamics,
- o to examine different approximations of the dynamics for a special heat exchanger,
- o to examine how the closed loop system is affected by the model accuracy.

The dynamics is described by parabolic partial differential equa-

tions. In order to synthesize a controller, it is most often necessary to approximate the dynamics by ordinary differential equations. Both difference approximations and approximations of the transcendental transfer function are tried.

Control systems have been dimensioned by analog and digital simulations.

RE-35 August, 1968 (K.J. Åström)
Kristensson, Bernt

DETEKTERING AV "OUTLIERS".

Syftet med arbetet har varit att konstruera ett filter, som i ett idealiserat fall detekterar s.k. "outliers", d.v.s. helt felaktiga mätvärden, som kan ha sin orsak i instrumentfel. Sådana mätvärden får ej ligga till grund för styrningen.

Den grundläggande idén har varit att konstruera filtret så, att det beräknar matematisk förväntan och varians av nästa mätvärde. Detta sker med ett Kalman-filter. Ett kriterium på vad som skall kallas "outliers" utformas som ett statistiskt test.

Det konstruerade filtret har testats på datamaskin på ett artificiellt uppbyggt system.

DETECTION OF OUTLIERS.

The purpose of the work has been to find a filter, which can detect outliers in an ideal case. An outlier is a completely wrong measurement, depending on errors in the measurement equipment. The outliers should not be used in any control law.

The basic idea has been to construct a filter, which can calculate expected value and variance of the next measurement. This has been achieved with a Kalman filter. A criterium for the detection of outliers must then be specified as a statistical test.

The filter has been tested on a digital computer for an artificial system.

RE-36 August, 1968 (Jan Larsson, Perstorp,
Skarman, Bengt G. Olsson, I. Gustavsson)

EXPERIMENTELL UNDERSÖKNING AV PROCESSDYNAMIKEN HOS EN INDUNSTARE.

Dynamiken och störningsspektrum hos en indunstare har identifierats. Mätningar har gjorts under normal drift på en indunstare vid Perstorp AB, Perstorp. På grund av att tidskonstanterna i processen är av storleksordningen åtskilliga minuter, har genereringen av insignalen kunnat ske helt manuellt. Mätdata togs ut på de befintliga instrumenten för driftskontroll.

Systemet har identifierats med hjäp av maximum likelihood-metoden, och som resultat har erhållits modeller av andra ordningen för de båda loopar, som uppmätts. Båda systemen hade icke-minimumfaskaraktär.

EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF THE DYNAMICS OF AN EVAPORATION PLANT.

The dynamics and the noise characteristics of an evaporator have been measured and identified. The measurements have been performed during normal conditions on an evaporator at Perstorp AB. Because of the very long time constants of the process, the input signal could be generated manually. The data has been registered with instruments, which are parts of the normal equipment.

The system has been identified with the maximum likelihood method. Models of second order have been achieved for both loops, which were measured. Both of them had non-minimum phase characteristics.

RE-37 September, 1968 (G. Olsson)

Eck, Anders

EXPERIMENTELL UNDERSÖKNING AV TEMPERATURREGLERING I EN VÄRMESTAV.

Syftet med arbetet har varit att experimentellt verifiera den matematiska modellen för värmeutbredning i en rak, isolerad kopparstav (se RE-6). Återkopplingar från stavens mittpunkt har likaså undersökts.

Värmestaven var försedd med temperaturservon i vardera änden, och dessa drevs av analogimaskin och spänningsförstärkare. De var dessutom lokalt återkopplade med PI-regulatorer för att öka snabbheten. Termistorer användes som temperaturgivare.

Ett lämpligt värde på stavens referenstemperatur befanns vara 24°C, och insignalens amplitud tilläts vara högst 5°C.

Stegsvarsanalys på öppna systemet har i stort verifierat den matematiska modellen. Begynnelse- och sluttemperaturerna avvek dock något från teoretiska värdena. Troligaste orsaken visade sig vara kalibreringen av termistorerna.

Återkoppling med PI-regulatorer från mittpunkten stämde i stort sett med modellen. Systemet blev dock instabilt för lägre värden på återkopplingsförstärkningen än vad modellen blev. Orsaken till detta visade sig till stor del bero på dynamiken i temperaturservona.

EXPERIMENTAL STUDY OF A THERMAL SYSTEM.

The purpose of the work has been to verify experimentally a mathematical model of the thermal diffussion in a straight, isolated copper rod (see RE-6). Feedback from the middle point has also been examined.

The rod was supplied with temperature servos at both ends, controlled by an analog computer and voltage amplifier. They were also locally fed back by PI controllers in order to speed up the system. Thermistors were used as temperature measurement devices.

It was found that 24°C was a suitable reference value of the temperature, while 5°C was a suitable maximum input amplitude.

The open loop system was principally verified by step response analysis. The initial and final values of the temperature, however, were somewhat erroneous, probably depending on the thermistors.

The closed loop system with a PI controller from the middle point has also been examined. The stability limits differed a little from the theoretical values. It has been shown that the temperature servos caused this discrepancy.

RE-38 October, 1968 (K. Mårtensson)

Pålsson, Torsten

UNDERSÖKNING AV OPTIMALA SYSTEM.

Det linjärkvadratiska optimeringsproblemet har studerats. Syftet med arbetet har speciellt varit att undersöka hur egenvärdena i det stationära slutna systemet varierar då elementen i förlustfunktionens viktsmatriser ändras.

För beräkning av de optimala styrlagarna har använts ett programpaket för linjär-kvadratisk optimering, skrivet av K. Mårtensson. Egenvärdena har likaså beräknats med biblioteksprogram.

Först undersöktes några mindre system vars styrlagar kan beräknas för hand. Därefter analyserades några sjätte ordningens system. Observerbarhetens inverkan har studerats med utgångspunkt från en artikel av Kalman. Ett modellföljningssystem för ett flygplan har också studerats. Slutligen anges en metod att beräkna egenvärdena till det optimala systemet utgående från karakteristiska ekvationen till Euler-matrisen.

EXAMINATION OF LINEAR QUADRATIC OPTIMAL CONTROL SYSTEMS.

Linear quadratic optimum control systems have been examined. The purpose of the work has been to examine the variation of the eigenvalues of the stationary closed system, when elements of the loss function matrices are changed.

A program package, written by K. Mårtensson, has been used for the control law calculations. Also the eigenvalues are calculated with library subroutines.

Some small systems were first examined. They could also be handled without computer. Then some sixth order systems were treated. The observability influence on the problem has been

studied, based on an article by Kalman. A model following system for an aeroplane has been studied. Finally, a method to calculate the eigenvalues of the optimal system is shown. The method uses the characteristic equation of the Euler matrix.

RE-39 October, 1968 (G. Olsson)

Steen, Leif

PROGRAMMERING AV PI-REGULATOR SAMT OLIKA STÄLLORGAN FÖR PROCESS-DATAMASKIN.

Arbetet omfattar två sinsemellan helt skilda avdelningar. Båda har dock med programmering av processdatorer att göra.

Den första avdelningen behandlar huvudsakligen kommunikationen mellan centralenhet och process. Olika metoder för analog-digital omvandling och vice versa presenteras och jämföres. Tre principiellt olika sätt för generering av styrsignaler till ställorgan jämföres sedan, nämligen analog styrning med DA-omvandlare, digital styrning av stegmotor resp. synkronmotor. Ur programmeringssynpunkt är den första att föredra. Vidare diskuteras olika processorienterade programspråk, såsom PROSPRO.

Den andra avdelningen är en jämförelse mellan maskinkoder på tre maskiner, HP 2115, SEL 810A samt IBM 1800. En PI-regulator har programmerats upp för enkel och dubbel precision samt flytande räkning, samt med och utan skalning. Ur både minnessynpunkt och tidssynpunkt visade sig IBM vara bäst i detta fall.

PROGRAMMING OF A PI CONTROLLER FOR PROCESS COMPUTERS.

The work consists of two different parts. Both of them have something to do with process computer programming.

The first part treats the computer-process communication. Different analog-digital conversion methods are compared. Three different ways to generate control signals are then examined, viz. analog control with D/A conversion, digital control of a step motor and a synchronous motor. From programming point of view, the first method is the best one. Finally, some process oriented languages have been discussed, e.g. PROSPRO.

RE-40 November, 1968 (R. Wiklund, AGA)
Werner, Kjell

TRÖGHETSDÄMPADE SERVOMOTORER.

Dynamiken hos olika typer av tröghetsdämpade AC servomotorer har undersökts.

Motorernas överföringsfunktion, som är av tredje ordningen, har uppmätts med frekvensanalys med hjälp av Solartron-utrustning. Faskurvan i Bode-diagrammet blir noggrann, medan amplitudkurvan ej är lika distinkt.

Fem olika motorer av tre fabrikat har undersökts med avseende på öppna systemets och slutna systemets uppförande.

Simuleringar visade i vissa fall mindre god överensstämmelse kvantitativt mellan teoretiska modeller och verkligt uppförande.

INERTIA DAMPED SERVO MOTORS.

Different types of inertia damped AC servo motors have been examined and the dynamics has been measured.

The transfer functions have been examined with a Solartron equipment by frequency analysis. The phase curve in the Bode plot is very distinct all the time, while the amplitude is somewhat more difficult to determine exactly.

Five motors of three different types have been analysed both in open loop and in closed loop.

Simulations have shown, that the behaviour of the models in some cases differ too much quantitatively from the real behaviour.

RE-38 October, 1968 (K. Mårtensson)

Pålsson, Torsten

UNDERSÖKNING AV OPTIMALA SYSTEM.

Det linjärkvadratiska optimeringsproblemet har studerats. Syftet med arbetet har speciellt varit att undersöka hur egenvärdena i det stationära slutna systemet varierar då elementen i förlustfunktionens viktsmatriser ändras.

För beräkning av de optimala styrlagarna har använts ett programpaket för linjär-kvadratisk optimering, skrivet av K. Mårtensson. Egenvärdena har likaså beräknats med biblioteksprogram.

Först undersöktes några mindre system vars styrlagar kan beräknas för hand. Därefter analyserades några sjätte ordningens system. Observerbarhetens inverkan har studerats med utgångspunkt från en artikel av Kalman. Ett modellföljningssystem för ett flygplan har också studerats. Slutligen anges en metod att beräkna egenvärdena till det optimala systemet utgående från karakteristiska ekvationen till Euler-matrisen.

EXAMINATION OF LINEAR QUADRATIC OPTIMAL CONTROL SYSTEMS.

Linear quadratic optimum control systems have been examined. The purpose of the work has been to examine the variation of the eigenvalues of the stationary closed system, when elements of the loss function matrices are changed.

A program package, written by K. Mårtensson, has been used for the control law calculations. Also the eigenvalues are calculated with library subroutines.

Some small systems were first examined. They could also be handled without computer. Then some sixth order systems were treated. The observability influence on the problem has been

studied, based on an article by Kalman. A model following system for an aeroplane has been studied. Finally, a method to calculate the eigenvalues of the optimal system is shown. The method uses the characteristic equation of the Euler matrix.

RE-39 October, 1968 (G. Olsson)

Steen, Leif

PROGRAMMERING AV PI-REGULATOR SAMT OLIKA STÄLLORGAN FÖR PROCESS-DATAMASKIN.

Arbetet omfattar två sinsemellan helt skilda avdelningar. Båda har dock med programmering av processdatorer att göra.

Den första avdelningen behandlar huvudsakligen kommunikationen mellan centralenhet och process. Olika metoder för analog-digital omvandling och vice versa presenteras och jämföres. Tre principiellt olika sätt för generering av styrsignaler till ställorgan jämföres sedan, nämligen analog styrning med DA-omvandlare, digital styrning av stegmotor resp. synkronmotor. Ur programmeringssynpunkt är den första att föredra. Vidare diskuteras olika processorienterade programspråk, såsom PROSPRO.

Den andra avdelningen är en jämförelse mellan maskinkoder på tre maskiner, HP 2115, SEL 810A samt IBM 1800. En PI-regulator har programmerats upp för enkel och dubbel precision samt flytande räkning, samt med och utan skalning. Ur både minnessynpunkt och tidssynpunkt visade sig IBM vara bäst i detta fall.

PROGRAMMING OF A PI CONTROLLER FOR PROCESS COMPUTERS.

The work consists of two different parts. Both of them have something to do with process computer programming.

The first part treats the computer-process communication. Different analog-digital conversion methods are compared. Three different ways to generate control signals are then examined, viz. analog control with D/A conversion, digital control of a step motor and a synchronous motor. From programming point of view, the first method is the best one. Finally, some process oriented languages have been discussed, e.g. PROSPRO.

The second part consists of a comparison between three computer instruction codes, HP 2115, SEL 810A, and IBM 1800. A PI controller has been programmed in simple and double precision and also in floating mode with and without scaling. Both the memory requirement and the time effectiveness were best in the IBM 1800 code.

RE-40 November, 1968 (R. Wiklund, AGA)
Werner, Kjell

TRÖGHETSDÄMPADE SERVOMOTORER.

Dynamiken hos olika typer av tröghetsdämpade AC servomotorer har undersökts.

Motorernas överföringsfunktion, som är av tredje ordningen, har uppmätts med frekvensanalys med hjälp av Solartron-utrustning. Faskurvan i Bode-diagrammet blir noggrann, medan amplitudkurvan ej är lika distinkt.

Fem olika motorer av tre fabrikat har undersökts med avseende på öppna systemets och slutna systemets uppförande.

Simuleringar visade i vissa fall mindre god överensstämmelse kvantitativt mellan teoretiska modeller och verkligt uppförande.

INERTIA DAMPED SERVO MOTORS.

Different types of inertia damped AC servo motors have been examined and the dynamics has been measured.

The transfer functions have been examined with a Solartron equipment by frequency analysis. The phase curve in the Bode plot is very distinct all the time, while the amplitude is somewhat more difficult to determine exactly.

Five motors of three different types have been analysed both in open loop and in closed loop.

Simulations have shown, that the behaviour of the models in some cases differ too much quantitatively from the real behaviour.

RE-41 November, 1968 (B. Wittenmark)

Bergman, Jan

UNDERSÖKNING AV MINNEAPOLIS-HONEYWELLS ADAPTIVA REGULATOR GENOM DIGITAL SIMULERING.

En digital variant av Minneapolis-Honeywells adaptiva regulator har undersökts med simulering på datamaskin. Den digitala styrlagen beskrives. Dess allmänna egenskaper har undersökts och jämförts med den kontinuerliga förebilden. Speciellt har undersökts inverkan av samplingsintervallets storlek. Den digitala styrlagen visade sig vara obetydligt sämre än den kontinuerliga. Styrlagen har testats på en modell av torkpartiet i pappersmaskinen PM 4, Gruvön, och jämfördes därvid med en enkel P-regulator. Den adaptiva styrlagen visade sig vara mindre lämplig i detta sammanhang.

DIGITAL SIMULATION OF THE MINNEAPOLIS-HONEYWELL ADAPTIVE CONTROLLER.

A digital modification of the Minneapolis-Honeywell adaptive controller has been analysed by digital computer simulation. The digital control law has been described. The general features have been analysed and compared with the continuous variant. The influence of the sampling time has been carefully observed. The digital control law was shown to be only slightly worse than the continuous one. It has been tested on a model of the drying section of the paper machine PM 4, Gruvön, and it has been compared with a simple P controller. It appeared that the adaptive control law was not very suitable for this type of system.

RE-42 January, 1969 (I. Gustavsson and K.J. Åström

Jonsson, Anders

Ström, Lars-Magnus

PROCESSIDENTIFIERING - REGLERAT SYSTEM SAMT SYSTEM MED FLERA IN- OCH UTSIGNALER.

I början av detta arbete har jämförts de två identifieringsmetoderna korskorrelations- och maximum likelihood-metoden. Ett kontinuerligt system har givet sin viksfunktion och har samplats med tre olika samplingsintervall och identifierats. Det visade sig att den senare metoden var överlägsen, då modellernas impulssvar jämfördes.

Därefter har behandlats identifiering av återkopplade system. Syftet var att undersöka tillämpbarheten av maximum likelihood-metoden då endast naturliga störningar uppträder. Identifieringen visade sig mycket vansklig, eftersom entydiga minima är ytterst svåra att få. Två testsystem identifierades, av vardera första och andra ordningen.

Slutligen har undersökts identifiering av flervariabla system. Identifiering har utförts på ett system med två insignaler och två utsignaler. En kalkyl har gjorts om osäkerheten i de identifierade koefficienterna. Som avslutningsexempel har analyserats data från torkpartiet på en pappersmaskin med två in- och två utsignaler.

IDENTIFICATION OF MULTIVARIABLE AND CLOSED LOOP SYSTEMS.

In the first part of the work the cross correlation and the maximum likelihood methods have been compared. Continuous systems with given weighting functions have been sampled with three different sampling rates and identified. The maximum likelihood method was shown to be superior, when the impulse responses of the models were compared.

Then identification of closed loop systems has been performed. The purpose has been to examine the applicability of the maximum likelihood method, when only natural noise is present. The identification was shown to be hazardous, because it was very difficult to get unique minima. Two test systems have been examined.

Finally, identification of multivariable systems has been tried. As test system was used a system with two inputs and two outputs. A calculation of the uncertainty of the estimated coefficients has been made. Finally, an identification has been performed with data from the drying section of a paper machine, a system with two inputs and two outputs.

RE-43 January, 1969 (G. Olsson)

Lind, Pär

OPTIMERING AV EFFEKTFÖRDELNING MELLAN ÅNGKRAFTVERK MED HJÄLP AV DYNAMISK PROGRAMMERING.

En kraftleverantör skall kunna i varje ögonblick tillgodose efterfrågan på elektrisk effekt. I detta arbete har behandlats problemet att på optimalt sätt fördela effektproduktionen mellan ett antal ångkraftverk, då efterfrågan är känd.

Problemet har behandlats rent deterministiskt med endimensionell dynamisk programmering. För givna kostnadsfunktioner för vart och ett av de fem tillgängliga aggregaten har en optimal fördelning av den direkta effekten beräknats. För att i någon mån ta hänsyn till s.k. rullande reserv har detta behov fördelats på kvarvarande resurser.

OPTIMIZATION OF POWER PRODUCTION DISTRIBUTION USING DYNAMIC PROGRAMMING.

A power producer shall be able to supply sufficient electric power in every moment. The problem to optimally distribute the production between a number of boilers has been treated in this work. The demand is supposed to be known.

The problem has been treated in a deterministic way with one dimensional dynamic programming. Every boiler has a well defined cost function, and an optimal distribution of the direct power has been calculated. Afterwards the spinning reserve has been distributed in a suboptimal way. Only the rest of the power capacity of the boilers has been used for the distribution of the spinning reserve.

RE-44 January, 1969

Torlöf, Per

(Docent D. Ingvar, Hospital of Lund, and K.J. Åström)

UNDERSÖKNING AV VARIATIONER I EEG-SPEKTRUM VID OLIKA YTTRE STIMULERINGAR.

EEG-signaler från patienter, utsatta för olika yttre stimuli, har analyserats. Analysen har skett med spektralanalys off-line. Själva analysen har fått ske på Karolinska Institutets och FOAs datacentraler, eftersom A/D-omvandlare ej fanns på andra håll.

Den uppskattade autokovariansfunktionen och frekvensspektrum ger väsentlig information om hur olika stimuli påverkar EEG-utseendet. Ett stort antal kurvblad följer rapporten.

A STUDY OF THE VARIATIONS IN EEG SPECTRUM AT DIFFERENT EXTERNAL INFLUENCES.

EEG signals have been analysed from patients, affected by different types of stimulations. The analysis has been performed off-line at the data centers in Stockholm at the Karolinska Institutet and the Research Institute of National Defense (FOA). A/D converters were not available in other places.

The estimated autocovariance function and the frequency spectrum of the EEG give essential information of the influence of different stimulations. A large number of curves are included in the report.

RE-45 January, 1969 (G. Olsson)

Andersson, Stig

ANALYS OCH KOMPENSERING AV SYSTEM MED MYCKET SVAG DÄMPNING.

Ett positionsservo med mycket svag dämpning har analyserats och kompenserats. Den svaga dämpningen har erhållits med en trögheitsmassa och fjädertransmission.

Motorns överföringsfunktion har tidigare uppmätts (se bl.a. RE-10), så mätning gjordes nu endast på den mekaniska svängningskretsen. Friktion i systemet orsakade besvärligheter i mätningarna och vissa fel i modellen.

En analys av hela servosystemet gav en sjunde ordningens modell som resultat. Endast en svag förbättring i jämförelse med den tidigare fjärde ordningens modell erhölls, varför kompenseringarna beräknades med utgångspunkt från den enklare modellen.

I syntesen provades utsläckning, fasavancerande nät och tachometeråterkoppling med goda resultat.

Återkoppling från alla tillstånd där vissa måste rekonstrueras med modell provades likaså. Friktionen gav även här vissa problem. Resultaten var dock även här goda, men själva implementeringen var svårare än de föregående metoderna.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A SERVO WITH STRUCTURAL RESONANCE.

A servo with a very low damping has been analysed and compensated. The low damping effect was a result of an inertia disk driven by a spring transmission.

As the motor transfer function has been measured before (see RE-10), measurements were performed only on the mechanical resonance. Friction caused some problems and model errors.

The whole servo was then analysed and a seventh order model re-

sulted. The model was, however, only slightly better than the previous fourth order one. The compensations were therefore calculated from the simple model.

The system was compensated through cancelling, high-pass filter, and tacho feedback with good results.

Feedback from all states, some of them reconstructed, has also been tested. The friction also here caused some problems. The results were satisfactory, but the implementation was more difficult than the previous compensation.

RE-46 January, 1969 (G. Olsson)

Aulin, Börje

DEKOMPOSITION AV SYSTEM AV HÖG ORDNING.

En algoritm har utvecklats för dekomponering av ett linjärt dynamiskt system i delsystem, vilka definierar ett flernivåsystem. Teorin för dekomponeringen grundar sig på grafteori. Grafen konstrueras från koefficientmatrisen och tar endast hänsyn till om elementen är skilda från noll eller ej.

Två olika sätt att genomföra dekomponeringen demonstreras. Den ena metoden skall användas vid handräkning; den andra användes i ett datamaskinprogram.

Därefter studeras några numeriska exempel.

En kort diskussion om lokal optimering av subsystem i flernivåsystem utföres. Två system simuleras, ett med "normal" koppling mellan subsystemen, det andra med stark koppling.

En anmärkning angående stabilitet för flernivåsystem avslutar rapporten.

DECOMPOSITION OF LARGE SYSTEMS.

An algorithm has been developed for decomposition of a linear dynamic system into subsystems, building up a multilevel control system. The theory for the decomposition is based upon graph theory. The graph is constructed from the coefficient matrix. The method uses only the information if every element is zero or not.

Two different ways of performing the decomposition are demonstrated. The first method should be used when calculating manually; the other method is used in a computer program.

Then some numerical examples are studied.

A short discussion of local optimization of the subsystems in multilevel systems is made. Two systems are simulated, one with "normal" interaction between the subsystems, the other one with "strong" interaction.

A notation about stability for multilevel systems finishes the report.

RE-47 January, 1969 (K.J. Åström)

Lindén, Per

TIDSVARIABLA SYSTEM.
SYSTEMEKVATIONERNA OCH DERAS LÖSNING.

Egenskaperna hos tidsvariabla system samt systemekvationernas lösning har studerats.

Ett tidsvariabelt linjärt system kan liksom tidsinvarianta system beskrivas på två sätt: med sin differentialekvation av grad n eller med ett system av n linjära differentialekvationer, matrisrepresentationen.

Utsignalen från ett system av ordning n med godtyckligt högerled kan beräknas med hjälp av superpositionsprincipen och den s.k. fundamentallösningen. Den senare utgör lösningen till systemet med endast en diracpuls som högerled.

Övergångsmatrisen är den intressanta storheten i system, givna på matrisform. Då den är känd ges tillstånden av integraler, och utsignalen blir bestämd. Kravet att övergångsmatrisen skall vara icke-singulär innebär implicit kännedom om n linjärt oberoende lösningar till fria systemet.

För ordningstal större än ett kan inte en allmän lösning uttryckas enkelt i ekvationens koefficienter, utan stabilitet, observerbarhet, styrbarhet och parameterkänslighet blir svåröverskådliga.

TIME VARIABLE SYSTEMS.
SOLUTIONS OF THE SYSTEM EQUATIONS.

Time variable systems and the solution of the system equations have been studied.

A time variable linear system can be described in two ways, as in the time invariant case: either with a differential equation

of order n or with n linear differential equations, the matrix representation.

The output from a system of order n with arbitrary right hand side can be calculated from the fundamental solution and the superposition principle. The former is the solution of the system with only a Dirac pulse as the right hand side.

In order to find the solution of systems, described by matrix representation, the transition matrix is the most interesting quantity. The states can then be calculated from integrals and the output is determined. A non-singular matrix gives implicitly a knowledge about the n independent solutions of the free system.

If the order is larger than one, the general solution cannot be expressed simply in the equation coefficients, but stability, observability, controllability and parameter sensitivity are rather difficult to calculate.

RE-48 January, 1969 (Karl Eklund)

Lagerlöf, Bengt

EN LINJÄR MATEMATISK MODELL FÖR EN DOMPANNA MED TVÅ ÖVERHETTARE.

En matematisk modell för en dompanna med två överhettare, ångkylare och utloppsventil har härletts.

Som utgångspunkt för modellen har använts en dom-modell av femte ordningen, härledd av Eklund. Denna modell har utvidgats med överhettarna till sjunde ordningen.

Ett Fortran-program har skrivits och detta genererar de fyra systemmatriserna A, B, C och D, vilka beskriver systemet på linjär standardform.

A LINEAR MODEL OF A BOILER WITH TWO SUPERHEATERS.

In this work a mathematical model of a drum boiler, supplied with two superheaters, steam cooler and output valve, has been derived.

The model is an extension of a fifth order model of a drum-downcomer-riser loop, derived by Eklund. The model order for the complete system is seven.

A Fortran program has been written, which generates the standard matrices A, B, C, and D for the linear system standard form.

RE-49 January, 1969 (K.J. Åström)

Hugosson, Lennart

EXPERIMENTELL UTPROVNING AV ELEKTROMEKANISKT SERVOSYSTEM.

Syftet med arbetet har varit att utveckla ett billigt experimentellt DC-servo, ämnat för undervisning i kurserna i linjära system i reglerteknik. Lämpliga kompenseringsnät har bestämts för systemet.

Som servomotor fungerar en DC mikromotor med permanentmagnet och järnfri lindning. Motorn drivs av en effektförstärkare, och axeln är kopplad till en kapacitiv vinkelmätare och en tachometergenerator. Dessa två enheter kan kopplas till ingångarna på en operationsförstärkare. Kompenseringsnäten i framkretsen är utbytbara för att möjliggöra flexibel realisering av olika synteskrav.

Servots stigtid vid enkel återkoppling är mycket snabb, 0,086 sek, och kan minskas till hälften med linjära metoder, medan överslängen fortfarande är mindre än 25%. Det stationära felet vid steg kan minskas ca. 5 gånger genom kompensering.

Servot anses fungera tillfredsställande som undervisningsmateriel i all synnerhet om man tar i beaktande, att komponenterna genomgående är mycket billiga.

EXPERIMENTAL DESIGN OF AN ELECTRO MECHANICAL SERVO SYSTEM.

The purpose of this work has been to develop a cheap experimental DC servo mechanism for laboratory exercises in the topic linear control theory. Suitable compensation networks have been developed.

The main element of the system is a DC micro motor using core permanent magnet and armature without iron. The motor is driven by a power amplifier and the motor output is coupled to a capacitive

angle measuring unit and a tacho. These units can be connected to the inputs of an operational amplifier. The compensating networks are interchangeable in order to get flexible synthesis tools.

The rise time of the servo at simple feedback is very short, 0.086 sec., and it can be decreased to half the value with linear methods, while the overshoot all the time is below 25 per cent. The stationary error for steps can be decreased five times by compensating.

The servo is considered to work satisfactorily, especially as the servo has been built up with rather cheap components.

RE-50 January, 1969 (G. Lindgren, TCSF, SAAB)

Henmark, Christer
Skoog, Tommy

SIMULERING AV NJURFUNKTIONEN OCH KROPPENS CIRKULATIONSSYSTEMS LÅNGTIDSREGLERING.

Den primära avsikten med arbetet har varit att undersöka relevansen i att kvantitativt simulera vissa fysiologiska förlopp.

Två system har undersökts på analogimaskin. Det första är korttidsregleringen av njurfunktionen, och det andra är långtidsregleringen av kroppens cirkulationssystem.

För njurfunktionen har använts en publicerad modell, som först bara skulle reproduceras. Som väntat åskådliggjorde modellen kvalitativt bra men kvantitativt mindre bra den egenskap hos njuren, som innebär, att produktionen av primärurin är relativt konstant, trots relativt stora variationer i blodtrycket.

Två olika approximationsgrader, ett femte och ett tolfte ordningens system,användes.

För kroppens cirkulationssystem har använts en starkt förenklad modell, som simulerades på analogimaskin. I systemet ingår en mängd parametrar, som har med hjärt- och njurfunktionen att göra, om vilka man vet kvantitativt mycket litet. De gjorda simuleringarna visar dock i allmänhet en ganska bra överensstämmelse med vad man vet idag om dessa förlopp.

SIMULATION OF THE HUMAN KIDNEY SYSTEM AND THE LONG TIME REGULATION OF THE CIRCULATING SYSTEM OF THE HUMAN BODY.

The purpose of the work has been to try quantitative simulation methods for certain physiological processes.

Two physiological systems have been examined on an analog computer. The first system is the control of the kidney function and

the other system is the long time regulation of the human body circulation system.

A published model has been tried for the kidney simulation. At first attempts were made just to reproduce previous results. The simulations have shown qualitatively but not quantitatively well the kidney control system for urine flow. The urine flow is relatively constant for different blood pressures.

Two different approximations have been used, one fifth order system and one twelfth order system.

A very simplified model of the circulation system has been used for the analog computer simulation. A great amount of parameters, connected with kidney and heart, are very badly known. The simulations, however, showed quite good agreements to processes which are known today.

RE-51 January, 1969 (K.J. Åström)

Månsson, Lars

ANALYS AV OLINJÄR REGULATOR FÖR SERVOSYSTEM MED MÄTTNING.

I detta arbete har undersökts sådana system, som matematiskt kan beskrivas som enkel- eller dubbelintegratorer med begränsning i insignalen. Dessutom beskrivs försök att med regulatorer, som är styckvis linjära och tillståndsberoende, reglera sådana system. Hänsyn har tagits till de olika lösningarnas stabilitet, stegsvarens utseende och systemets förmåga att eliminera stegstörningar med amplituder, mindre än mättningsnivån. Dessutom har systemets förmåga att följa ramp med olika lutningar noterats.

Kraven har lett till regulatorer av multimode type, som för stora signalnivåer kan få systemen att bete sig, som om de vore försedda med optimal relästyrning. För små signalnivåer fungerar regulatorn ungefär som en PI-regulator. Omställningarna realiseras med enkla slutningar och brytningar i regulatorn.

DUAL MODE CONTROL OF A DOUBLE INTEGRATOR WITH SATURATED CONTROL VARIABLE.

In this paper an examination of dynamic systems, which mathematically are single or double integrators with saturation in the control variable, are described. An attempt to control these systems with regulators, which are discontinuously linear, has also been carried out.

The controllers are constructed to make the solutions of the system stable for different kinds of inputs and also to give good step responses and eliminate step disturbances with amplitudes below the saturation level and to make the system follow ramps.

The demands lead to multi-mode regulators, which make the systems behave like optimal relay-controlled systems for high signal levels and common PI-controlled systems for small signal levels. The change-overs are made with simple switchings.

RE-52 May, 1969
Ljung, Christer
Löwenhielm, Peter

(K.J. Åström and
Doc. D. Ingvar, Hospital of Lund)

STUDIUM AV OLIKA METODER FÖR ANALYS AV ARTEFAKTFRIA EEG-SIGNALER.

Detta arbete syftar till att jämföra olika metoder för analys av artefaktfria EEG. Speciellt har analysmetoderna studerats med tanke på de korta analystider, som står till förfogande då en försöksperson utsättes för psykologiska test.

Resultaten av analyserna erhålles i form av frekvensspektrum.

Försök har utförts på en försöksperson vid ett tillfälle. Ur detta EEG har två 10-sekunders avsnitt för tre kanaler analyserats med följande metoder: manuell analys, fouriertransformering av autokorrelationsfunktion, tidsserieidentifiering, metoder enligt dr. W.D. Obrist.

Arbetet mynnar ut i en rekommendation av metoden med fouriertransformering av autokorrelationsfunktion.

COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODS FOR ANALYSIS OF EEG'S FREE FROM ARTEFACTS.

This work aims at a comparison between various methods for analysis of EEG:s free from artefacts. The methods for analysis have primarily been studied with respect to the short epochs offered when the patient is subjected to phsychological tests.

The used methods yield spectra in the frequency domain.

One patient has on one occasion been subjected to EEG measurement. Two epochs of 10 seconds each for three EEG channels have been analysed with the following methods: manual analysis, Fourier transformation of autocorrelation function, identification of time series, methods according to Dr. W.D. Obrist.

The results are summarized in a recommendation of the method with Fourier transformation of the autocorrelation function.

RE-53 April, 1969 (I. Gustavsson)

Lundgren, Bertil

BESTÄMNING AV ÖVERFÖRINGSFUNKTIONER MED IMPULSSVARSANALYS.

Olika numeriska metoder för identifiering av system, vars impulssvar är givna, har undersökts. Koefficienterna i överföringsfunktionen har bestämts med en minsta kvadratmetod, som går ut på att anpassa de uppmätta värdena av impulssvaret i ett antal diskreta tidpunkter till de värden, som erhålles från den erhållna modellen. Skillnaderna kvadreras och summeras. Förlustfunktionen får minimum för den bästa modellen (jämför RE-31).

Två algoritmer för minimering av funktioner av flera variabler har undersökts, Newton-Raphsons metod (NR) och Fletcher-Powells (FP). Båda metoderna beräknar funktionens gradient.

Två impulssvar har undersökts. De identifierades som utsignaler från femte ordningens system.

Vid jämförelse mellan metoderna har NR visat sig vara snabbast, trots att den beräknar andra-derivatmatrisen i varje iteration. Om FP skall konvergera måste den linjära minimeringen göras noggrann. I NR är den linjära minimeringen inte alls lika avgörande.

DETERMINATION OF TRANSFER FUNCTIONS BY IMPULSE RESPONSE ANALYSIS.

Numerical methods for impulse response analysis have been compared. The coefficients of the transfer function have been determined by a least squares method. The measurements of the output in discrete points are compared to the model response. The differences are squared and added. The loss function has a minimum for the best model (compare RE-31).

Two algorithms, the Newton-Raphson (NR) and the Fletcher-Powell (FP) methods, have been compared. Both methods use the gradient

of the function.

Two impulse responses have been compared. They have been identified as fifth order system responses.

The NR method has been the fastest method, although the second order derivative matrix is calculated in every iteration. In order to get the FP method converge, the linear minimization must be accurate. This is not crucial in the NR method.

RE-54 June, 1969 (G. Olsson)

Christensson, Nils

REGLERING AV HYDROSTATISK TRANSMISSION I ENTREPRENADMASKINER.

Möjligheten att automatiskt reglera utväxlingen av en hydrostatisk transmission i en entreprenadmaskin har undersökts. Därvid skall dieselmotorns effekt utnyttjas maximalt för alla belastningar.

En utförlig analys av systemet och en så noggrann bestämning av dess konstanter, som är möjlig, har utförts. Syntes och simulering av systemet har gjorts på analogimaskin.

Vid simuleringar framkom att systemet är svagt dämpat (för hög växel odämpat) även för mycket låga förstärkningar på återkopplingen. Införande av en dödzon eliminerade emellertid svängningarna helt vid en högre förstärkning än den, som ger en acceptabel dämpning utan dödzon.

Ett stabilt system kan erhållas med en integrerande regulator med dödzon då denna styres av såväl en kontinuerlig som en diskontinuerlig (relästyrd) signal. Styrning med kontinuerlig signal ger kvalitativt ett något bättre system, vilket ytterligare kan förbättras med en proportionell och integrerande regulator.

CONTROL OF THE GEAR CHANGE OF A HYDROSTATIC TRANSMISSION IN AN AGRICULTURAL TRACTOR.

Automatic gear change control of a hydrostatic transmission in an agricultural tractor has been examined. Maximum power of the diesel engine shall be used for all kinds of loads.

The system has been set up on an analog computer. A detailed analysis of the system and determination of its constants has been made. Synthesis and simulation of the system have been carried out on the analog computer.

Simulations have shown that the system is almost undamped (for high gear undamped) even for very small gains of the feedback. However, a deadzone eliminated the oscillations at a higher gain than the gain that gave acceptable damping without deadzone.

A stabilized system can be obtained by an integrating controller with deadzone, controlled by a continuous signal as well as a discontinuous (relay) signal. A continuous signal gives a little better system, which may be improved further by a proportional and an integrating controller.

RE-55 June, 1969 (K. Eklund)

Larsson, Christer
Öhbom, Christer

MATEMATISK MODELL AV ETT ÅNGKRAFTVERK.

I arbetet har härletts en linjär modell för ett ångkraftverk. Modellen skulle vara av så låg ordning som möjligt men ändå återspegla alla väsentliga egenskaper.

I kraftverket har ingått dom och förångningssystem (tidigare härledda av Eklund), överhettare, ångkylare, ventil, mellanöverhettare samt HT- och LT-turbiner.

För var och en av komponenterna har en subrutin skrivits i Fortran, vilken genererar respektive ekvationssystem. För det totala systemet erhålles sedan en linjär modell, skriven på standardformen S(A, B, C, D) genom att koppla ihop de olika komponenterna.

Hela systemet kan göras alternativt av ordningen 15 eller 9. I det senare fallet har överhettarna förenklats till första ordningen. Antalet utsignaler är 14 resp. 8 för de olika modellerna.

Data för testexempel har hämtats från panna P16 vid Öresundsverket i Malmö.

A MATHEMATICAL MODEL OF A BOILER.

A linear model of a boiler has been derived. The purpose has been to try a model of lowest possible order with significant characteristics.

The plant consists of drum (previously derived by Eklund), superheater, steam cooler, valve, intermediate superheater and high and low pressure turbines.

Subroutines in Fortran have been written for every component of the system. In these routines the system equations are generated. The whole plant description is achieved on linear standard form S(A, B, C, D) by combining the different subroutines. The plant can be described alternatively by order 15 or 9, with 14 or 8 outputs. In the simpler model, every superheater has been represented by first order equations.

Numerical data for test examples have been taken from the boiler P16 at the Öresundsverket in Malmö.

RE-56 June, 1969 (K.J. Åström and G. Olsson)

Klevås, Jan
Leffler, Nils

OPTIMERING AV EFFEKTFÖRDELNING MED HÄNSYN TILL RULLANDE RESERV FÖR ÅNGKRAFTAGGREGAT MED HJÄLP AV DYNAMISK PROGRAMMERING.

Problemet att optimalt fördela en efterfrågad elkraftproduktion på ett antal ångkraftverk, då hänsyn tages till rullande reserv, har behandlats i detta arbete.

Tvådimensionell dynamisk programmering har använts för lösning av problemet. För varje aggregat har med hjälp av Sydsvenska Kraft AB definierats en kostnadsfunktion, som innehåller både fasta och rörliga kostnader. För en bestämd efterfrågan och rullande reserv har sedan en optimal kombination av effektgenerering beräknats. Den rullande reserven garanteras utrymme på aggregaten, men hänsyn tages ej till var den placeras, då sannolikheten för att den skall utnyttjas har betraktats som liten. Hela problemet har lösts med deterministiska metoder.

Tidsintervallet är valt till en timme, och information om driftsfallet i föregående tidssteg utnyttjas.

För två driftssituationer presenteras tabeller över kostnader och effektfördelningar för ett antal olika kombinationer av effektfördelning och rullande reserv.

Ett program har skrivits, vilket kan leda fram till on-line beräkning av produktionsfördelningen.

OPTIMIZATION OF POWER DISTRIBUTION FOR STEAM BOILERS WITH RESPECT TO SPINNING RESERVE BY DYNAMIC PROGRAMMING.

In this work the problem to share the production of electrical energy between a number of steam power plants has been treated. The spinning reserve has been taken into account.

Two-dimensional dynamic programming has been used to solve the problem. A cost function has been defined with support from Sydsvenska Kraft AB. It contains all fixed and variable costs for all plants. The optimal cost has been calculated for different combinations of power demand and spinning reserve. There will always be available power for the spinning reserve within the plants, but no attention has been paid to where to place it because of the probability of using it has been assumed to be small. The problem is solved by deterministic methods.

One hour is used as the basic time interval. Information about previous time state is used.

Tables are calculated for two different cases, where a number of power demand and spinning reserve combinations have been used.

A program has been written, which may lead to on-line calculation of the production planning.

RE-57 July, 1969 (I. Gustavsson and
Elfving, Thomas G. Olsson)
Hultberg, Thomas

MÄTNING OCH IDENTIFIERING AV DYNAMIKEN PÅ TORKPARTIET I EN PAPPERSMASKIN.

Mätningar och identifieringar av dynamiken på pappersmaskin PM 4 vid Gruvöns Bruk har utförts. Syftet var att om möjligt förbättra systemmodellen.

Mätningar gjordes i februari 1969, varvid sex serier om vardera 2.000 samples med 0,001 tim. samplingsintervall erhölls. Bland dessa fanns även en flervariabel mätning. Utsignalerna, ytvikt och fukthalt liksom insignalerna, ångtryck och massaflöde registrerades på kort. För att underlätta senare identifiering konverterades korten till magnetband.

Identifieringarna med en insignal och en utsignal resulterade i acceptabla modeller för massaflöde men sämre modeller för ångtryck som insignal. För den senare var signal-brus-förhållandet alldeles för litet. Med två insignaler blev inverkan av ångtrycket ännu otydligare, varför dessa identifieringar ej slutfördes.

MEASUREMENTS AND IDENTIFICATION OF THE DRYING SECTION OF A PAPER MACHINE.

This report presents measuring and identifications of the dynamics of the paper machine PM 4, Gruvöns Bruk, Grums. The intension was to improve, if possible, the presently used system model.

The measurements were accomplished in February, 1969, and included six series of about 2000 samples each using a sampling interval of 0.001 h. The outputs, basis weight and moisture were

recorded on data cards together with the inputs, mass flow and steam pressure. The collected information was transferred to tape in order to enable easy handling of the data.

The identifications with the four possible combinations of one input - one output performed resulted in good models with the input mass flow. With steam pressure input, however, the models turned out to be of less significance, much owing to the small disturbances allowed.

Identifications of two inputs - one output models were not completed since the disturbances of the steam pressure became further more insignificant.

RE-58 July, 1969 (K.J. Åström)

Bengtsson, Gunnar

FÖRFILTRERING AV SIGNALER MED KALMAN-FILTER.

Problemet att finna lämpliga filter som förfilter vid digital Kalman-filtrering har behandlats. Med utgångspunkt från en stokastisk tillståndsmodell analyseras två olika filter, medelvärdes- och lågpassfilter.

För medelvärdesfiltret har undersökts optimalt integrationsområde h och i lågpassfiltret optimal tidskonstant α. Resultaten provas på två speciella system: ett första ordningens system, som kan karakteriseras konstant + brus, samt ett andra ordningens system med komplexa egenvärden samt yttre brus och mätbrus.

Vid långa samplingsintervall erhålles det bästa resultatet för medelvärdesfiltret genom att välja $h < T$. I de undersökta fallen har lågpassfiltret visat sig vara bäst. Genom ett optimalt val av h kommer dock i de fall som studeras informationsförlusten i medelvärdesfiltret endast att bli obetydligt större än i lågpassfiltret med optimalt val av tidskonstanten.

OPTIMAL PREFILTERING OF PROCESS SIGNALS.

The problem of finding a suitable filter as prefilter for digital Kalman filtering has been treated. The process is described by a stochastic state model. Two different filters are analyzed, a low-pass filter and a mean value filter.

The optimal integration area h in the mean value filter and optimal time constant α in the low-pass filter are examined. The results are applied to special dynamical systems: a first order system, described by a constant + noise, and a second order system with complex poles, corrupted by noise.

At long sampling intervals, a considerable improvement with the mean value filter is achieved by chosing $h < T$ in comparison with the case $h = T$. In the cases studied the low-pass filter has proved to be the best. However, only a slight decrease of information is obtained with a mean value filter with a suitable integration time.

RE-59 July, 1969 (B. Leden)

Rosengren, Bengt
Nordh, Ingemar

KONSTRUKTION AV PRBS-GENERATOR.

Denna rapport beskriver praktisk generering av PRBS-signaler samt konstruktion av en PRBS-generator, som kan användas för mätningar på vitt skilda system.

I princip består apparaten av ett skiftregister, där ett valfritt antal tillstånd kan återkopplas via ett logiknät, bestående av modulo 2 (exklusive or)-grindar. Klockpulstiden kan varieras från 1 sek. till 1 tim. För att göra apparaten så anpassningsbar som möjligt, består utgångsarrangemanget av parvis komplementära reed-reläer, som tål en max. ström på 3 A. För mätning på system med flera insignaler genererar apparaten fyra av varandra oberoende PRBS-signaler.

I rapporten redogörs för en praktisk mätning, nämligen bestämning av överföringsfunktionen för värmeledningssystemet i ett större hyreshus.

CONSTRUCTION OF A PRBS GENERATOR.

This report describes how to generate a PRBS signal and the construction of a PRBS generator, which can be used for measurements on various systems.

The device consists of a shift register, where an optional number of states may be fed back through a logical network, built of exclusive-or-gates. The clock pulse duration can be varied from 1 sec. to 1 hour. To make the device as flexible as possible, the output is made of pairs of complementary reed relays, which can carry a current of 3 Amps. To enable measurements on systems with several inputs, the device generates four independent PRBS signals. A practical measurement has been carried out in order to find the transfer function of the heating system in a big building.

RE-60 July, 1969 (K.J. Åström)

Ekengren, Birger

BESTÄMNING AV RADIATORDYNAMIKEN I ETT HYRESHUS.

Dynamiken för ett radiatoruppvärmt hus har analyserats. Speciellt anges en överföringsfunktion mellan framledningstemperatur och radiatortemperatur, vilken härletts ur rörsystemets konstruktionsdata.

Ett Fortran-program har skrivits, som beräknar radiatortemperaturer. Såväl stationära temperaturer som dynamik för ett givet driftsfall kan beräknas. Programmet förutsätter, att systemet består av identiska radiatorer, som är ekvidistanta.

En jämförelse med försöksresultat har visat, att den angivna överföringsfunktionen kan ge mycket god överensstämmelse med den uppmätta temperaturdynamiken. Erhållna resultat vid variation av programmets parametrar har jämförts.

Ingående radiatoreffektens temperaturberoende samt dess fördelning på konvektion resp. strålning har även studerats.

Utan vidare studier kan inget definitivt sägas om hur många indelningspunkter som behövs för att approximera en radiator, men 3 - 4 verkar rimligt.

Utredningen avslutas med en grov modell för värmebalansen i ett radiatoruppvärmt rum. Denna visar sig vara alltför idealiserad för att kunna användas för simulering.

DETERMINATION OF THE RADIATOR TEMPERATURE DYNAMICS IN A BUILDING.

Temperature dynamics for a building, heated by hot water radiators, has been studied. Emphasis has been put on deducting an equation for calculating radiator temperatures and temperature dynamics out of given datas on the construction of the heating system.

Different models for approximation of radiators are compared, and the heating effect as a nonlinear function of the temperature has been extensively studied. The ratio between heating by radiation and convection is also given.

A Fortran program has been written, which can be used for simulation of radiator temperatures in a system with equidistant, identical radiators if sufficient data of the heating system are known. A comparison with experimental results proves, that rather accurate calculations can be made.

The computed temperatures for different parameters are plotted and compared. Without further studies nothing definite can be said about the minimum number of meshpoints for a radiator approximation, but 3 - 4 seems to be appropriate for this kind of system.

Finally, the problem of calculating room temperatures from radiator temperatures is tackled, but no simple model seems to give accurate enough results.

RE-61 July, 1969 (K.J. Åström and
Folkesson, Per-Åke G. Olsson)
Hjersing, Torsten

MÄTNING AV TEMPERATUR OCH TRYCK MED PULSFREKVENSTEKNIK.

Några olika möjligheter att använda signaler i digital representation för olika givare har provats. Arbetet har som resultat givit ett projekteringsunderlag för interface, som kan mottaga signaler för digitala givare, samt ett system för direkt digitalisering av tryck- och temperatursignaler.

För temperaturmätning mellan 25° och 35° har diskuterats temperaturberoende oscillatorer, vilka kan erhållas antingen med återkopplade variabla resistanser eller med temperaturberoende resistanser av typen NTC eller PTC.

En noggrannhet på 0,3° erhålles, och förslag till förbättringar ges.

För digital tryckmätning har utnyttjats en elmätgivare för differenstryck (NAF 35560). Mätgivaren har byggts om, så att en pulsad ström erhålles som utsignal. Dess frekvens är direkt proportionell mot trycket.

TEMPERATURE AND PRESSURE MEASUREMENTS WITH PULSE FREQUENCY TECHNIQUES.

Some alternatives to digitalize the signals from different measurement devices have been examined. As a result a prototype for a digital interface has been constructed as well as systems for digital representation of signals in temperature and pressure systems.

For temperature measurements between 25° and 35°C temperature dependent oscillators have been examined. They can be obtained with

feedback of variable resistances or with temperature dependent resistances of the type NTC or PTC.

The accuracy of the measurements is 0.3°C, and suggestions for better solutions are presented.

For the digital pressure measurements an electric device for differential pressure (NAF 35560) has been used. The device has been changed in order to get a pulse formed current output with a frequency, proportional to the pressure.

RE-62 August, 1969 (G. Olsson and
Sjöberg, Mats O. Fjelner)

UPPBYGGNAD AV SERVO FÖR INVERTERAD PENDEL.

Syftet med detta examensarbete var att till billigt pris uppbygga en stabiliserad inverterad pendel för demonstrationsändamål. En pendel med en längd av ca. 1 m har byggts upp på en vagn, driven av en permanentmagnetmotor. Vagnen är byggd med hjälp av FAC konstruktionsset. Elektroniken utom spänningsaggregatet är monterad på vagnen. Vinkelgivaren utgöres av en pick-off.

Prov visar, att vagnen klarar ca. 2,5^{o} vinkelavvikelse. Vagnen är relativt känslig för vinkelgivarens nollställning.

CONSTRUCTION OF A SERVO TO CONTROL AN INVERTED PENDULUM.

The aim of this work was to build a low-cost stabilized, inverted pendulum for demonstration purposes. A pendulum with a length of about 1 m has been built up on a wagon, which is driven by a permanent magnet motor. The wagon is built of a FAC construction equipment. The electronics, except the power supply, has been mounted upon the wagon. The angle detector is a pick-off.

The wagon is relatively sensitive for the zero adjustment of the angle detector. It compensates an angle deviation of about 2.5^{o}.

RE-63 September, 1969 (J. Andersson, SAAB)
Källrot, Björn

UNDERSÖKNING AV DIREKTMATNINGEN I ETT ADAPTIVT MODELLREFERENS-SYSTEM.

För en viss robot, som kan beskrivas av andra ordningens dynamik, varierar två parametrar starkt under en flygning. För att klara styrningen har man byggt en adaptiv regulator, baserad på Minneapolis-Honeywells adaptiva regulator. I detta arbete har undersökts en metod med en s.k. direktmatning från insignal direkt till systemet förbi modellen (jämför RE-20, RE-26). Ett grundproblem är att bestämma en lämplig överföringsfunktion för direktmatningen.

System med och utan direktmatning har jämförts genom analogimaskinsimulering. Vid enstaka frekvenser var det fördelaktigare med direktmatning, medan det vid flertalet frekvenser visade sig, att metoderna med och utan direktmatning var tämligen likvärdiga.

EXAMINATION OF A DIRECT SIGNAL PATH IN AN ADAPTIVE MODEL REFERENCE SYSTEM.

In a certain missile, described by second order dynamics, two parameters will vary strongly during a flight. In order to overcome this problem, a Minneapolis-Honeywell adaptive controller has been used. In this work a special modification of this controller has been examined. The input signal has been taken partly directly to the process, partly to a model (compare RE-20, RE-26). A basic problem is to find a suitable transfer function for the direct path.

By analog simulation systems with and without a direct path have been compared. At some frequencies the direct path method was better, but at most frequencies only small differences between the two methods appeared.

RE-64 November, 1969 (G. Olsson)
Johansson, Christer
Malmqvist, Lars-Gunnar

PROCESSIDENTIFIERING MED HJÄLP AV IMPULSSVAR OCH STEGSVAR.

En enkel metod för att identifiera system med hjälp av impuls- eller stegsvar har undersökts. Svaret är känt i punkter med konstant samplingsintervall. Från insignal-utsignalrelationen för samplade system bestämmes överföringsoperatorn. Det utnyttjas endast lika många mätpunkter som antalet okända parametrar i modellen. Det kontinuerliga systemet kan sedan beräknas från det samplade.

Problem har uppstått att finna ett kriterium, som talar om vilket system av de framräknade, som är det bästa. Kriteriet, som här har använts, pekar ut det bästa systemet i den meningen att impuls- eller stegsvarets värde i punkter mellan identifieringspunkterna satisfierar insignal-utsignalrelationen för samplade system så bra som möjligt i medelkvadratmening.

Resultatet visar, att system av större ordning är svåra att identifiera på grund av illa konditionerade ekvationssystem i beräkningarna och för dålig noggrannhet i indata.

PROCESS IDENTIFICATION FROM IMPULSE AND STEP RESPONSES.

A simple method to identify a system by means of pulse or step response has been studied. The responses are given in points with a constant sampling interval. From the input output relation for sampled systems, the sampled transfer function is calculated. The number of measurement points used is equal to the number of unknown parameters. Then the continuous system can be computed from the sampled system.

Problems have occured to find a criterium, that tells which sys-

tem is the best one. The criterium used here indicates the best system in a certain sense. This is obtained when the value of the pulse or the step response in points between the identification points satisfies the input output relation for sampled systems as good as possible in mean square sense.

The results show that systems of higher order are difficult to identify, owing to badly conditioned systems of equations of the computations and too bad accuracy of the data.

RE-65 October, 1969 (G. Olsson)
Klöver, Leif
Olsson, Lars-Erik

IDENTIFIERING AV HALDEN-REAKTORNS DYNAMIK MED MAXIMUM LIKELIHOOD-METODEN.

Från OECD:s forskningsreaktor i Halden har ett antal mätserier erhållits. I detta arbete har dynamiken mellan styrstavar och nukleär effekt respektive primärtryck i reaktorn identifierats. Modellerna har antagits linjära, tidsinvarianta och samplade. Samplingsintervallet har varit 2 sekunder. Maximum likelihood-identifieringarna har sedan jämförts med tidigare resultat.

MAXIMUM LIKELIHOOD IDENTIFICATION OF THE HALDEN REACTOR.

A number of measurement series have been achieved from the OECD Halden research reactor. In this work the dynamics from control rods to nuclear power and primary pressure have been determined. It has been assumed linear, time invariant and sampled models with 2 seconds sampling interval. The identification results have then been compared to previous results.

RE-66 October, 1969 (J. Åkerlind, FOA)
Trovik, Hans

PROJEKTERING AV ELEKTROMEKANISK PRESENTATIONSARM.

Vid FOA 2 utvecklas en fullständig armprotes med aktiv skulderled, armbåge, vridbar underarm samt flexion av handled, fingrar och tumme. Därvid utreds med hjälp av hybrid simulering vilka egenskaper, dessa protesfunktioner bör ha för att bli så lätt manövrerbara som möjligt.

Resultatet skall ges en enkel visuellt tolkbar form, och en elektromekanisk presentationsarm skulle väl tillfredsställa dessa krav. Denna rapport är resultatet av det projekteringsarbete, som genomförts inför en kommande tillverkning av en sådan.

Arbetet omfattar ett direkt konstruktionsförslag inkluderande val av komponenter som drivande enheter och lagringar samt en hybridsimulering av drivsystemet för armbågens flexion och dimensionering av servosystemets kretsparametrar.

OUTLINE OF AN ELECTROMECHANICAL DEMONSTRATION ARM.

At the research institute of the Swedish National Defense a complete artificial arm with active shoulder joint, elbow, and rotatable forearm together with flexible hand joint, fingers, and thumb is being developed. Hybrid simulation has been used to investigate the desirable properties of these artificial functions.

The result should be given in a form easy to interpret visually; an electromechanic demonstration arm would well satisfy this demand. This report is the result of design work carried out prior to a projected construction of such an arm.

The work consists of a construction plan, including choice of components such as drive units and bearings as well as a hybrid simulation of the drive system for the elbow motion including determination of the servo circuit parameters.

RE-67 October, 1969 (K. Eklund)
Fick, Göran

FLERVARIABLA SYSTEM.

I föreliggande arbete har analyserats system med flera insignaler genom att insignalvektorn delats upp i två storheter, vektorns "belopp", som är en skalär storhet, samt en enhetsvektor, som anger styrvektorns riktning (d.v.s. proportionerna mellan styrsignalerna) i det linjära rummet av styrvektorer.

Med denna grundidé kan en formalism utvecklas, som gör det möjligt att behandla det flervariabla systemet som ett system med en insignal för att belysa sådana frågor som styrbarhet, observerbarhet och överföringsfunktioner. Dessa ger god insyn vad gäller poler och nollställen till flervariabla system. Som insignal har hela tiden betraktats styrvektorns "belopp".

Slutna systemets poler kan bestämmas med endast styrvektorns "belopp". Med dess riktning kan sedan andra egenskaper fastläggas. Två fall har behandlats, styrning med konstant eller variabel styrvektorriktning. Härvid diskuteras minimum-fas-karaktärer och styrning med minimal styrenergi. Simulering av ett exempel redovisas.

MULTIVARIABLE SYSTEMS.

In this report multi-input systems have been treated by considering the input vector, consisting of two elements, its magnitude, which is a scalar, and a unit vector, representing the direction of the control vector (i.e. the ratio between the control signals) in the linear space formed by the control vectors.

From this basic idea a formalism has been developed, which makes it possible to treat multivariable systems as single systems. Questions like controllability, observability and transfer func-

tions are simply illustrated. They will provide a profound insight to the poles and zeroes of multi-input systems. The magnitude of the control vector is considered being the one and only input.

The poles of the closed loop system can be determined only from the input vector magnitude. Other desirable properties can later be created by the input vector direction. Two cases are considered, a constant or a variable direction of the input vector. Minimum fase characters and minimum energy control are discussed. Simulation of an example is presented.

RE-68 January, 1970 (B. Wittenmark)
Nilsson, Allan
Svegne, Tor

UNDERSÖKNING AV BAKKES ADAPTIVA REGULATOR.

En adaptiv regulator har undersökts, som grundar sig på en metod, som angivits av R.M. Bakke. Regulatorn skall hålla förstärkningen konstant vid varierande systemdynamik.

En adaptiv felsignal erhålles genom jämförelse av effekten i utvalda frekvensband av systemets utsignal. Vid närvaro av en störning, approximativt vitt brus, finns vissa frekvenser, där spektraltätheten är beroende av och vissa som är oberoende av förstärkningen. De förstnämnda frekvenserna kan då utnyttjas för processidentifiering, och de sistnämnda för signalidentifiering. Den adaptiva felsignalen, som erhållits ur jämförelsen av signaleffekten i dessa frekvensband, kombinerad med en konventionell regulator, utnyttjas till att reglera processens förstärkning.

Simuleringar har visat, att regulatorn är för långsam för den aktuella processen. De frekvenser, som utnyttjas vid identifiering, är för långsamma, och därför tar uppskattningen av effekten för lång tid. Denna tidsfördröjning orsakar, att systemets förstärkning kommer att svänga kring det bästa värdet.

EXAMINATION OF THE BAKKE ADAPTIVE CONTROLLER.

An adaptive controller has been tested, which is based on a method, suggested by R.M. Bakke. The purpose of the controller is to hold the gain constant at one in some sense optimal value when the system dynamics fluctuate.

An adaptive error signal can be derived from a comparison of the power in selected frequency bands of the system output. At

the presence of a disturbance, approximately white noise, gain dependent as well as gain independent frequencies of the spectral density can be found. The former frequencies can be used for process identification and the latter to signal identification. The adaptive error signal, which is derived from the comparison of the signal power in these frequency bands, combined with a conventional controller, is used to control the gain of the process.

Simulations have shown, that the controller is too slow for the actual process. The frequencies, used for the identification, are too low, and therefore the estimation of the power takes too much time. This time delay causes oscillations of the process gain around the best value.

RE-69 January, 1970 (J. Wieslander)
Fors, Roland
Mårtenson, Jan

INTEGRATOR FÖR SAMPLING AV PROCESSIGNAL.

En anpassningsenhet, vilken skall placeras mellan en process och en processdatamaskin, har konstruerats. Den skall integrera processignalen under en tid, som är en multipel av nätfrekvensens periodtid. Detta innebär, att störningar av nätfrekvens helt kommer att elimineras. Vidare skall processignalen transformeras till intervallet 0 - ±10V. Samplingsintervallet är 0,1, 1 eller 10 sekunder.

Anpassningsenheten har byggts i två delar, en del med integrator och förstärkare och en del med styrenhet.

Prov med anpassningsenheten har visat, att störningar av nätfrekvens helt eliminerats, samt att felet i det integrerade värdet är mindre än upplösningen hos processdatamaskinens A/D-omvandlare.

CONSTRUCTION OF AN INTEGRATOR FOR SAMPLING.

An interface has been constructed, which is to be placed between a process and a process computer. The interface shall integrate the process signal during a period, which is a multiple of the line frequency period. This means, that disturbance from line frequency will be completely eliminated. The process signal is also to be transformed to the 0 - ±10V interval. The sampling period is 0.1, 1 or 10 seconds.

The interface has been built in two parts, one part including an integrator and amplifiers, and the other part the controlling system.

The tests of the interface have shown that disturbances from line frequency were completely eliminated, and that the error in the integrated value was less than the accuracy of the process computer A/D converter.

RE-70 January, 1970 (G. Olsson)
Brunkstedt, Thomas
Silvén, Ulf

PROCESSDATOR. EN STUDIE AV NÅGRA SVENSKA INSTALLATIONER.

Detta examensarbete bygger på kontakter med sex svenska industrier från pappers- och cementsektorn under sommaren och hösten 1969.

Avsikten har varit att mer i detalj studera företagens processdatorinstallationer. Av speciellt intresse har varit frågor rörande processdynamik, systemets komplexitet, programsystem och syfte med styrningen.

Av de aktuella sex företagen har tre besökts. Kontakterna med de övriga hölls per brev och telefon.

Företagens filosofier, beträffande installation av processdator, skiljer sig åt.

Varje installation redovisas separat.

En korrekt jämförelse mellan installationerna är dock svår att göra på grund av olika komplexiteter och syften med styrningen.

SOME INDUSTRIAL PROCESS COMPUTER INSTALLATIONS IN SWEDEN.

The purpose of this work has been to gain some detailed information about process computer installations. The thesis is based on contacts with six process industries, cement and paper plants, in Sweden during 1969.

Problems concerning system complexity, process dynamics, software, and control strategies have been emphasized. Attempts have been made to get information of the goal of the installation of the industries' points of view.

The presentation is a collection of the answers of about 200 questions, given to the process engineers at the installation.

A fair comparison of the different installations is impossible to do, because of the very different complexities and control purposes.

RE-71 January, 1970 (G. Olsson)

Gustavsson, Bengt

TANKREAKTORN. ANALYS OCH SYNTES AV NÅGRA OLIKA KEMISKA REAKTIONSSYSTEM.

Avsikten med detta arbete har varit att genomarbeta ett antal exempel med kemiska reaktorer, vilka skall kunna användas i undervisningen, speciellt för kemister.

Tre olika typer av reaktioner i tankreaktorer har undersökts, nämligen enkla, konsekutiva och parallella reaktioner. Samtliga reaktioner är irreversibla, exotermiska och av första ordningen. Reaktorerna förutsättes vara autotermiska, non-adiabatiska med kontinuerligt flöde och fullständig omblandning av reaktormediet.

Subrutiner har skrivits, som genererar aktuella icke-linjära differentialekvationer, beräknar stationära punkter, linjäriserar kring önskvärd stationär punkt och slutligen beräknar systemmatriserna på standardform.

De aktuella systemen har sedan analyserats och regulatorer har syntetiserats med de program för automatisk analys och syntes, som finns tillgängliga i institutionens programbibliotek.

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF SOME DIFFERENT CHEMICAL STIRRED TANK REACTORS.

The purpose of the work has been to examine some stirred tank reactors in order to get realistic examples for the education, especially for chemical engineers.

Three different types of reactions have been examined, viz. single, consecutive and parallel reactions. All of them are irreversible, exothermic and of the first order. The reactors are

supposed to be autothermic, nonadiabatic stirred tank reactors with continuous flow.

Subroutines have been written, which generate the actual non-linear differential equations, compute stationary points, make linearizations around them and, finally, calculate the standard system matrices.

The systems have then been analysed and controllers have been synthesized. Programs from the program library have been used for this part of the work.

RE-72 March, 1970 (Flygtekniska Försöks-
Lundström, Lennart anstalten
(together with Ulla Larsson, CTH)

TEMPERATURSENSOR MED KÄNSELKROPP AV BIMETALL FÖR STYRNING AV EN EFFEKTFLUIDISTOR.

Temperaturreglering av strömmande vätskor skall åstadkommas genom blandning av varm och kall vätska. Därvid består regleruppgiften i att styra blandningsventilen, som i detta fall är en fluidistor för stora flöden.

En temperatursensor har konstruerats, vars känselelement består av bimetall. Utsignalen från sensorn är ett flöde, som direkt ledes in i styrkanalerna på blandningsfluidistorn. Själva flödet bär alltså informationen för styrningen i detta flödessystem.

En tillämpning diskuteras. Den utgöres av temperaturreglering i ett medelstort hus med strömningen 5 liter/sekund. Det visar sig, att servot tillfredsställande kan eliminera temperaturstörningar på ingången. Känselkroppens snabbhet är också hög jämfört med transporthastigheten av det stora flödet.

A TEMPERATURE SENSOR WITH SENSING ELEMENT OF BIMETAL FOR THE CONTROL OF A FLUID AMPLIFIER FOR HEAVY CURRENT.

A temperature servo for running water is obtained by mixing cold and hot water. A fluid amplifier, designed for heavy current, is used as diverting control valve.

A temperature sensor with a bimetal spiral as sensitive element has been constructed. The output of the sensor is directly fed into the control channels of the fluid amplifier, thus obtaining a fluid control system where the working fluid itself is carrier of information.

An application example (central heating of a medium size house using $5 \cdot 10^{-3}$ m^3 water per second) is discussed. It is shown that the servo system eliminates disturbances of the temperature of the input water flow with good precision, and that the speed of the sensor is high compared with the transport speed in the tubing.

RE-73 February, 1970 (K. Mårtensson)

Källström, Claes

OPTIMERING AV VALSINSTÄLLNINGARNA I ETT VALSVERK.

Ett reverserande valsverk visar sig kunna beskrivas mycket lämpligt med tidsdiskreta ekvationer. Problemet att optimera valsinställningarna är således en tidsdiskret flerstegs beslutsprocess, som på ett fördelaktigt sätt kan behandlas med dynamisk programmering.

Syftet är att med hänsyn till dels matallurgiska begränsningar och dels valsverkets prestanda valsa ner plåten till en given tjocklek till minsta kostnad. Denna kostnad är i allmänhet lika med erforderligt antal stick.

Modellen kan beskrivas med två tillståndsvariabler, plåttjocklek och plåttemperatur, och två insignaler, valsmoment och valsavstånd.

En algoritm har skrivits, som använder dynamisk programmering för att lösa optimeringsproblemet. I programmet genereras tabeller över de optimala valsinställningarna, och över det minimala antalet stick för godtyckliga initialtillstånd. Jämförelser göres sedan mellan öppen och sluten styrning för ett antal fall med olika tänkbara störningar.

ON OPTIMAL ROLL SETTINGS OF A ROLLING MILL.

A reversing rolling mill is very suitably described by time discrete equations. The problem of optimal roll settings is therefore discrete, multistage process, which by preference is treated with dynamic programming.

The purpose is to roll the metal to a prescribed thickness within all metallurgical as well as rolling mill constraints. The cost is in general the same as the number of passes.

The model is described by two state variables, the metal thickness and temperature, and two input signals, the rolling momentum and roll distance.

An algorithm has been written, which uses dynamic programming to solve the optimization problem. The program generates tables of the optimal roll settings and the minimal number of passes for arbitrary initial states. Comparisons are then made between open and closed loops for a number of different cases with different types of disturbances.

RE-74 February, 1970 (B. Wittenmark)

Pauli, Andreas

ADAPTIV REGULATOR BASERAD PÅ LÄRANDE MODELL.

Adaptiva system med s.k. lärande modeller har undersökts. Den metod, som här speciellt studerats, går ut på att uppdatera den lärande modellen med gradientmetodik.

Det aktuella systemet är tidsdiskret, och de uppskattade parametrarna användes för att bestämma en styrlag, så att det slutna systemet beter sig på önskvärt sätt.

Metoden fungerar endast acceptabelt på system med långsamt varierande parametrar. En robot har simulerats, vars dynamik är av andra ordningen. Det visade sig inte vara möjligt att identifiera parametrarna tillräckligt fort under hela simuleringen utan endast under delar av den.

AN ADAPTIVE CONTROLLER BASED ON A LEARNING MODEL.

Adaptive systems with learning models have been examined. A certain method has been studied, and it uses gradient technique to update the learning model.

The actual system is time discrete. It is shown, that the method is acceptable in systems with slowly varying parameters.

A missile, described by second order dynamics, has been simulated. It was difficult to track the parameters sufficiently fast during the whole simulation, so only during parts of the simulation the adaptive controller worked satisfactorily.

RE-75 February, 1970 (K.J. Åström and
Johnfors, Ulf K. Mårtensson)

DIMENSIONERING AV AUTOMATISKT LANDNINGSSYSTEM FÖR FLYGPLAN.

Avsikten med arbetet har varit att undersöka möjligheten att med hjälp av linjärkvadratisk optimeringsteori dimensionera ett automatiskt landningssystem för flygplan. Som testexempel har använts flygplan SAAB 105.

En matematisk modell har härletts, som beskriver planets rörelser i ett vertikalplan. Modellordningen blir då sex, medan antalet insignaler är två.

En stor svårighet har varit att finna rimliga kostnadsfunktioner som tar hänsyn till alla de begränsningar och motstridiga krav, som finns i verkligheten.

Resultaten visar, att det går att få fram rimliga system inom den approximationsgrad, som här antagits. För framtida studier rekommenderas förfinade studier kring matematiska modellen samt de störnings- och mätproblem, som föreligger.

SYNTHESIS FOR AN AUTOMATIC LANDING SYSTEM FOR AEROPLANES.

The purpose of the thesis has been to apply linear quadratic optimization techniques on the synthesis of an automatic landing system for an aeroplane. The SAAB 105 plane has been used as a test example.

A mathematical model has been derived, which describes the system in a vertical plane. The model order is six with two inputs.

It is very difficult to find a reasonable performance index because of many constraints and conflicting demands on the controller have to be satisfied.

The results show, however, that it is possible to find reasonable systems with acceptable approximations. It is recommended to derive more refined models of the systems in the future and also to study the measurement and disturbance problems, which appear.

RE-76 March, 1970 (B. Wittenmark)

Brantmark, Håkan

REGLERING AV TIDSVARIABLA SYSTEM MED KALMAN-TEORI.

I detta arbete har studerats hur enkla tidsvariabla system skulle kunna styras med hjälp av en kombination av Kalman-teori och minimalvariansstrategi.

För enkla tidsinvarianta samplade system med störningar har Åström härlett en allmän minimalvariansstyrlag. En sådan styrlag är inte längre optimal i det fall, att parametrarna varierar eller driver med tiden.

Med hjälp av Kalman-teori uppskattas parametrarna ur de uppmätta in- och utsignalerna. Genom att ta hänsyn till osäkerheterna i uppskattningarna har en modifierad minimalvariansstyrlag härletts.

De olika regulatorernas egenskaper har jämförts genom simulering av några enkla system med tidsfördröjning. Det har då visat sig, att för system, som är svåra att styra i den bemärkelsen, att b-parametrarna är små, kommer den modifierade styrlagen att ge ett avsevärt bättre resultat än då de exakta värdena i den vanliga minimalvariansstyrlagen ersätts med estimerade värden.

CONTROL OF TIME VARIABLE SYSTEMS BY MEANS OF KALMAN THEORY.

The problem to control simple time variable systems has been treated in this work. The method consists of a combination of Kalman theory and minimal variance strategy.

Åström has derived a general control law, the minimal variance control law, for time invariant discrete systems with time delay. This control law is not optimal for systems, containing time variable parameters.

The parameters are here estimated by a Kalman filter from the

available input and output signals. A modified minimal variance strategy is derived, based on knowledge of the uncertainty of the parameters.

The different kinds of controllers have been compared for some simulated simple systems with time delay. It has been shown, that a superior control law is obtained, if the exact values of the time discrete minimal variance control law are replaced by the estimated parameter values. This is especially valid for systems, which are difficult to control, in the sense, that the b parameters are small.

RE-77 April, 1970 (P. Hagander)

Larsson, Lars Olov

ALGORITMER FÖR LÖSNING AV SYSTEM AV ORDINÄRA DIFFERENTIAL-EKVATIONER.

En del elementära begrepp för numeriska algoritmer som t.ex. partiellt stabilitetsområde har undersökts.

Ett Fortran-program, MEXP7T, som beräknar övergångsmatrisen $\phi(T) = e^{AT}$ genom ett skalningsförfarande och använder sju termer i serieutvecklingen av exponentialmatrisen, har testats tillsammans med Runge-Kuttas och Adams-Moultons metoder och visat sig vara både noggrann och snabb. MEXP7T är även lämplig att använda för styva linjära differentialekvationer.

Val av strategier vid förändring av steglängden diskuteras för Runge-Kutta-metoder och Adams-Moultons metod, utgående från det uppskattade värdet av lokala trunkeringsfelet.

COMPARISON OF SOME ALGORITHMS TO SOLVE ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS.

Some elementary concepts for numerical algorithms including the area of partial stability have been examined.

A Fortran program, MEXP7T, which computes the transition matrix $\phi(T) = e^{AT}$ by means of scaling, and which uses seven terms in the series expansion of the exponential matrix, has been tested together with the Runge-Kutta and the Adams-Moulton methods. It has been found to be accurate and fast, and is also suitable to use for stiff linear differential equations.

The choice of strategies to alter the step size is discussed for Runge-Kutta methods and for the Adams-Moulton method. The choice is based on the estimated value of the local truncation error.

RE-78 April, 1970 (G. Olsson)

Brännström, Jan
Johansson, Allan

IDENTIFIERING AV PARAMETRAR I TILLSTÅNDSMODELLER MED REKURSIV TEKNIK, S.K. EXTENDED KALMAN FILTER.

I system, där den allmänna strukturen hos differentialekvationer och störningar är kända, kan okända parametrars numeriska värden uppskattas. I detta arbete har på några testsystem utprovats rekursiv teknik, extended Kalman filtering, och problem, som hänger samman med denna.

Metoden går ut på att utöka tillståndsvektorn med de okända parametrarna. Därvid erhålles ett olinjärt filtreringsproblem. Man lineariserar ekvationerna och utnyttjar sedan Kalman-filter för linjära system. Härvid uppstår problem, som hänger samman med lineariseringen. Konvergens är ibland besvärlig. Vidare måste artificiella värden gissas på parametrarnas statistik, vilket kan ge problem. I detta arbete har huvudsakligen två problem belysts, känsligheten för val av statistik samt konvergensmöjligheterna för parametrarna.

RECURSIVE PARAMETER ESTIMATION IN MULTIVARIABLE SYSTEMS WITH EXTENDED KALMAN FILTERING.

Recursive techniques may sometimes be advantageous to identify unknown parameters in multivariable systems with known structure. In this work problems connected with extended Kalman filtering have been examined for some test systems.

The basic idea of the method is to extend the state vector with the unknown parameters. Then a nonlinear filtering problem is obtained. The equations are linearized and Kalman technique is used. As a result of the linearization, certain problems occur, such as

convergence. Further, artificial values of the parameter statistics must be guessed. In this work mainly two problems are treated, viz. the sensitivity for different choices of parameter statistics and the convergence problem.

RE-79 April, 1970 (K. Eklund)

Edwardsson, Anders
Ekwall, Ulf

IDENTIFIERING AV PARAMETRAR I TILLSTÅNDSMODELLER. EN ICKE-REKURSIV METOD, SOM BYGGER PÅ VARIATIONSKALKYL.

Många fysikaliska system är kända till sin struktur, men några parametrar har okända kvantitativa värden. I detta arbete har en metod, som bygger på variationskalkyl, provats på en allmän flervariabel olinjär struktur av ett dynamiskt system.

Genom att utnyttja all á priori information om differentialekvationer och störningar har en förlustfunktion minimerats, som i princip är medelkvadratvärdet av skillnaden mellan den verkliga utsignalen och den antagna modellens utsignal.

Ett antal testexempel, bestående av linjära system, har provats. Från simulerade in-utsignalpar av systemet har parametrarna identifierats. Parametrarna kan uppskattas ganska noggrant, även om utsignalen är störd av brus. Ett begränsat antal parametrar kan identifieras. I fallet olinjära system ökar beräkningstiden mycket snabbt, då komplexiteten går upp.

NON-RECURSIVE PARAMETER ESTIMATION OF MULTIVARIABLE SYSTEMS.

In many physical systems the structure is known, but not the quantitative values of some parameters. A method, based on calculus of variations, has been tested in this work. It can be used for general multivariable and nonlinear dynamical systems.

By using all á priori information about the differential equations and the noise, a loss function has been minimized. Principally it is the mean value of the quadratic difference between the real and the estimated output signal.

A number of test examples, consisting of linear systems, have been run through. The parameters are identified from simulated input-output pairs. They can be estimated rather accurately, although the output signal may be corrupted by noise. A limited number of parameters can be identified. In this case of nonlinear models the computing time required for execution of the program soon becomes quite large which has limited the test runs.

RE-80 June, 1970 (K. Mårtensson)
Glad, Torkel

DIAGONAL DEKOMPONERING. ANALYS OCH TILLÄMPNING PÅ LINJÄR-KVADRATISKA PROBLEM.

En metod för optimering av linjära system, den s.k. diagonala dekomponeringsmetoden, har undersökts. I examensarbetet har undersökningen begränsats till fallet kvadratiska kostnadsfunktioner, trots att den är utvecklad för allmänna sådana. Vinsten med tekniken ligger framför allt i minskat räkne- och minnesbehov vid digitala beräkningar.

Grundidén är, att systemmatrisen delas upp i en diagonal plus en icke-diagonal del. Från den suboptimala bana, som erhålles då den icke-diagonala delen försummas i beräkningarna, skulle man kunna iterera sig fram till den verkliga optimala banan.

I examensarbetet har ett program skrivits med vars hjälp metodens konvergensegenskaper undersökts. Metoden konvergerade men mot fel optimal bana. En teoretisk analys visar på en principiell felaktighet i metoden. Även för kontinuerliga system blir resultatet väsentligen detsamma.

ANALYSIS AND APPLICATION OF DIAGONAL DECOMPOSITION ON LINEAR-QUADRATIC PROBLEMS.

The diagonal decomposition method, which has been used in optimization problems, has been examined. In this work the performance criteria are always quadratic, but the method is developed for more general cost functions. The great advantage of the method is much smaller need for computer time and memory.

The basic idea of the technique is to split up the system matrix into two parts, one diagonal matrix and one nondiagonal one. The intention is to iterate from the suboptimal trajectory, which is

the result of the diagonal system, towards the real optimal trajectory.

A program has been written, and the convergence of the method has been examined. The iterations did converge, but towards a wrong trajectory. It is shown theoretically, that the method has one principal error. The results are essentially the same for continuous systems.

RE-81 June, 1970 (G. Olsson)

Holst, Jan

IDENTIFIERING AV PARAMETRAR I TILLSTÅNDSMODELLER MED HJÄLP AV TIDSDISKRETA ITERATIVA FILTER.

Arbetet utgör en fortsättning av tidigare undersökningar (RE-78) av parameteridentifiering i flervariabla system. Här har rekursiv estimering av parametrar i olinjära system provats med en metod, som bygger på en iterativ teknik, baserad på utvidgad Kalman-filtrering.

Eftersom filtret är linearisera uppstår konvergenssvårigheter ibland. De numeriska tester, som gjorts, visar, att man med iterationerna åstadkommer ett jämförelsevis stort konvergensområde och snabb konvergens av parametrarna mot sitt rätta värde.

I vissa fall uppstår konvergenssvårigheter, som yttrar sig i att den estimerade parametern stannar upp för en tid på ett konstant värde. Några teoretiska utläggningar av dessa platåbildningar presenteras.

RECURSIVE PARAMETER ESTIMATION IN MULTIVARIABLE SYSTEMS WITH ITERATIVE FILTERING.

This work is a continuation of previous work (RE-78) on recursive parameter estimation in multivariable systems. This method is based on extended Kalman filtering and the filter is iterated in every time step.

Because of linearizations convergence difficulties may occur. Numerical tests have shown, that the iterations cause a relatively large convergence domain and fast convergence of the unknown parameters.

In some cases convergence diifficulties have occured, and the estimated parameter has remained constant for a while and them converged again. Some theoretical analysis has been made of this problem.