

11.429.607
IV IFAC KONGRESS

IFAC



KURZFASSUNGEN

**Der Vorträge
der Technischen Sessionen**

WARSZAWA 16 – 21 JUNI 1969

Organisiert durch
Naczelna Organizacja Techniczna w Polsce

IV IFAC KONGRESS

KURZFASSUNGEN

Der Vorträge der Technischen Sessionen

WARSZAWA 16 - 21 JUNI 1969

Organisiert durch
Naczelna Organizacja Techniczna w Polsce

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Vortrag No.		Seite
4.1 GB	- M.S. Beck, P.R. Birch, N.E. Cough, A. Plaskowski - Ein prädiktives Kontrollschema für den "Dead - Time" Vorgang unter Verwendung einer Lernmethode der Prozessidentifizierung	29
4.2 DK	- G. Nielsen - Regelung der Systeme mit Verzugszeit.....	31
4.3 BG	- At.L. Guntchew - Approximierende Signum - Funktionen bei der Berechnung der Zeit - kwasi optimale Regler.....	32
4.4 USA	- D.P. Lindorff - Zweipunktregelsysteme mit Parameterabweichungen.....	33
4.5 GB	- M.J. McCann - Konstruktion von Regelsystemen mit beschränkter Messgerätauslastung für verteilte Vorgänge.....	34
5.1 SU	- S.A. Anisimov, N.S. Rajzman, F.A. Ovsepian O.F. Hans - Einige Fragen der Identifizierung komplizierter Strecken.....	35
5.2 F	- A. Rault, R. Pouliquen, J. Richalet - Empfindlichkeitserregende Eingänge und Identifizierung.....	36
5.3 F	- M. Menahem - Dynamische Analyse nach der Multiindexmethode von Industriellen Verfahren.....	37
5.4 SF	- B. Segerstahl - Eine Theorie der Parameter-Nachfolgung in Anwendung zu langsam veränderlichen nichtlinearen Systemen.....	38
5.5 PL	- H. Górecki, A. Turowicz - Die approximationsmethode der Identification.....	39

6.1	USA - L.E. Jones, K.S. Fu - Über die Wahl der Teilziele und die Anwendung der Apriori Information in Selbstlernenden Regelungssystemen....	40
6.2	SU - V.A. Yakubowitsch - Über eine Klasse von Adaptionssystem.....	42
6.3	CS - S. Petrás - Die Lernprozess mit Erfahrungs - anhäufung.....	43
6.4	USA - H.H. Yeh, J.T. Tou - Zur Ergodizität und dem dynamischen Verhalten von Markowschen Ketten mit endlich vielen Zustände.....	44
6.5	J - B. Kondo, S. Eiho - Statistische Mini-Max Entscheidungsmethoden und ihre Verwendung zur lernenden Regelung.....	45
7.1	SU - F.M. Kirillova, R. Gabasov, I.A. Poletajeva , S.V. Tzurakova - Steuerbarkeit und Synthese optimaler dynamischer Systeme.....	46
7.2	PL - Cz. Olech - Die Integrale der Mehrwertigen Funktionen und die Linearen Probleme der optimalen Steuerung.....	48
7.3	GB - J.C. Allwright - Synthese optimaler Systeme mit dem Einsatz der Dekompositionsmethode.....	49
7.4	PL - S. Raczyński - Über die Bestimmung der Emissionszonen und der optimalen Trajektorien der nichtlinearen steuernden Systeme.....	50
7.5	SU - A.I. Propoi - Über Vielschrittspiele.....	51
8.1	SU - M.A. Rosenblat, M.A. Bojartschenkow - Magnetische Elemente für Systeme der automatischen Regelung.....	52
8.2	SU - N.P. Wasiljewa - Kussere statische und dynamische Ein- und Ausgangscharakteristiken von logischen Folgeelementen.....	54
8.3	SU - N.M. Tischenko, A.P. Lisenko, W.B. Kudryawzew - Einrichtungen für primäre Informations-	

	verarbeitung der Steueranlagen unter Ausnutzung der Prinzipien der Qualtenmagnetome.....	56
8.4 J	- K. Shiba, T. Ichinose - Die Messung der Dichte mittels magnetischen Abstossung.....	57
11.1 D /GFR/	- P.M. Frank - Ein allgemeines Syntheseverfahren für lineare und nichtlineare Regelkreise	58
11.2 D /GFR/	- K.W. Plessman - Ein algebreisches Verfahren zur Kompensation von Folgesystemen.....	59
11.3 D /GFR/	- W. Latzel - Ein einfaches Verfahren zur Synthese von Abtastregelungen mit Hilfe der Logarithmischen Frequenzkennlinien.....	60
11.4 D /GFR/	- W. Becker - Suboptimale Regelung von Regelstrecken höherer Ordnung mit besonderer Berücksichtigung von Allpasseigenschaften.....	61
11.5 GB	- R.M. Davies, T.H. Lambert, M.J. Joby - Die Minderung von Dynamikfehlern durch unterbrochene Parameterschwankung.....	62
11.6 A	- A. Weinmann - Neuere Untersuchungen über Quantisierungseffekte in automatischen Regelungen.....	64
11.7 USA	- A.H. Eltimsahy, L.F. Kazda - Ein optimales Heizungssystem.....	65
12.1 SU	- L.A. Rastrigin, W.S. Trachtenberg - Mehrdimensionale lineare Extrapolation für Aufgaben der optimalen Projektierung und Regelung.....	66
12.2 USA	- R.E. Bailey, L.J. Habegger - Abschätzung der minimalen Varianz von Parametern und Zuständen in Kernenergieanlagen.....	68
12.3 USA	- G.A. Phillipson, S.K. Mitter - Zustandszeichnung einer Klasse linear verteilter Systeme.....	69
12.4 J	- A. Sano, M. Terao - Die Optimierung der Messungen bei der Optimalregelung der Chargenprozesse.....	70

12.5 J	- T. Sekiguchi - Die Wahrnehmbarkeit linearer dynamischer Messsysteme und einige Verwendungen.....	72
12.6 IND	- Shri K.K. Bandyopadhyay, S. Dasgupta - Über die Probleme zur Feststellung der Flutkanalparameter.....	73
13.1 USA	- D.H. Chyung, E.B. Lee - Regelungsprobleme des Verzögerten Ansprechens.....	74
13.2 PL	- A. Manitius - Optimale Steuerung von linearen Prozessen mit Verzögerungen des Zustandes bei quadratischen Qualitätsfunktionalen.....	75
13.3 SF	- A.J. Koivo, S.J. Kahne, H.N. Koivo - Grenzen der Verhaltenmessung und Minimax Regler in Systemen mit Verzögerungszeit.....	76
13.4 USA	- J.F. Banas, A.G. Vacroux - Die optimale diskrete Regelung der Systeme mit Zeitverzögerung.....	77
13.5 SU	- A.B. Kurshanskij, Ju.S. Ossipow - Über die optimale Steuerung mit Beschränkungen für die Phasenkoordinaten des Systems.....	78
13.6 BG	- I.P. Zwetanov - Das Auffinden der Anfangswerte der Hilfsveränderlichen bei der Zeitoptimale Steuerung von einer Klasse linearen Systeme.....	79
14.1 H	- A. Boros - Eigenschwingungen pneumatischer Leistungsverstärker und eine Lösung zwecks ihrer Behebung	80
14.2 GB	- J.J. Hunter - Das dynamische Verhalten hydraulischer Bestandteile.....	81
14.3 GB	- H.R. Martin, A. Licharowicz - Das Benehmen von Servos mit kleiner Amplitudentreue...	82
14.4 USA	- W.J. Thayer - Störungssichere Elektrohydraulische Stellantriebe.....	83

14.5	USA - B.L. Ho - Anforderungen an die Maschinen Über- setzungsverhältnisse in zeitminimalen positio- nierenden Servoantrieben.....	84
14.6	D /GDR/ - R. Müller - Experimentelles Verfahren zur Di- mensionierung von Stellgliedern /Stellventilen/ für verfahrenstechnische Prozesse.....	85
15.1	SU - A.A. Efendisade, B.A. Listengarten, S.M. Bagi - row, T.A. Sariowa, J.M. Kurdiukow - Über die Untersuchung der dynamischen Regime der gesteu- ten Thyristorenelektroantriebe.....	86
15.2	SU - M.Z. Chamudchanow, T.S. Kamalow, K. Muminow - System der automatischen Regelung des Stetig - keitregimes des absoluten Schlupfes eines ele- ktrischen Asynchronsantriebs mit Frequenzregel- ung des Thyristorumwandlers.....	88
15.3	SU - W.N. Jaworsky, E.S. Awatkoff, W.I. Makschanoff, E.M. Aldonin, W.K. Dorochin - Zur Theorie der Folgeantrieben mit der Thyristorfrequenzsteuer- ung der asynchronen Drehstromkräfigluermoto- ren.....	90
15.4	J - E. Ohno, M. Akamatsu - Geschwindigkeitsregelung von Induktionsmotoren mit Anwendung von selbst- regelnden Thyristor-Umwandlern.....	91
15.5	GB - F. Fallside, R.D. Jackson - Integrierte, digi- tale Steuerung eines Gleichstrom - Antriebs - machine.....	92
15.6	SU - D.V. Swechnik, L.H. Schidlowich, Yu.M. Kelim , A.A. Beloglasow - Entwicklung von Steuermetho- den für Inductions-Micromotoren.....	93
15.7	USA - S.S.L. Chang - Analyse der stabilisierten und unstabilisierten Zustände des Hubmotors.....	95
15.8	PL - J. Owczarek - Neuer Kleinstsynchrongenerator.....	96
15.9	GB - C.W. Green, R.J.A. Paul - Faktoren bei Analyse und Entwurf von Gleichstrom - Linearantriebs - motoren.....	97

18.1	GB	- D.H. Jacobson, D.Q. Mayne - Dynamische Differenzialprogrammierung.....	98
18.2	I	- S. de Jolic - Die Optimierung von dynamischen Systemen.....	99
18.3	J	- F. Nishida, S. Mizuno - Eine statistische Annäherung zu der Optimisierung einer Regelanlage mit einem vielfachen Gütekriterium.....	101
18.4	USA	- P. Sarachik, L. Horowitz - Eine Übersicht einiger neuesten interativen Methoden zur Berechnung optimaler Regelsignale.....	102
18.5	USA	- A.J. Korsak, R.E. Larsen - Konvergenzbeweise für dynamische Programmierungs- und sukzessive Annäherungstechnik.....	103
19.1	PL	- S. Węgrzyn, G. Denis, J. Delisle - Die Identifikation der Prozesse am Wege der Minimierung zwischen Signal Mengen.....	104
19.2	USA	- D.F. Wilkie, W.R. Perkins - Projektierung eines Modell-Folgenden Systems mit Anwendung der Begleit-Umwandlung.....	105
19.3	D /GFR/	- G. Schwarze - Modellermittlung nach Gütekriterien im Zeitbereich.....	106
19.4	I	- C. Bruni, A. Isidori, A. Ruberti - Ordnung und Faktorisierung einer Pulswiedergabematrix.....	107
20.1	I	- G. Arrienti, C. Sutti, G.P. Szegö - Über die numerische Konstruktion von Ljapunow-Funktionen.....	108
20.2	USA	- W.L. Garrard - Zeitbegrenzte Stabilität in der Synthese der Regelsysteme.....	109
20.3	GB	- A.T. Fuller - Stabilität von Relaisregelsystemen.....	110
20.4	I	- E. Sarti - Genäherte Bestimmung des Stabilitätsgebiets für nichtlineare Systeme.....	111
20.5	GB	- P.C. Parks, A.J. Pritchard - Über die Konstruk	

	tion und die Verwendung von Liapunovfunktio-	
	nalen.....	112
20.6 F	- O.Palusiński, A. Laurans , M.Gauvrit - Bemer-	
	kungen zur Methode von assoziierten, linearen	
	Systemen.....	113
21.1 SU	- Ja. Z. Zypkin, G.K. Kelmans, E.L. Epstein -	
	Lernende Regelungssysteme.....	114
21.2 USA	- M.H. Hammond, H.R. Weed - Bestimmung der opti-	
	malen Messfolge für ein gestörtes Zeichener-	
	kennungs-System mittels des diskreten Maximum-	
	prinzips.....	115
21.3 SU	- E.M. Brawerman, B.M. Litwakow - Die Kovergenz	
	von Lern- und Anpassungsalgorithmen	117
21.4 USA	- F. Fukunaga, T.F.Krile - Ein Algorithmus zur	
	Berechnung des Erkennungsfehlers bei der For-	
	mationserkennung.....	118
21.5 PL	- Z. Bubnicki - Die Klassifizierung mit Hilfe der	
	minimalen Intervall Methode und ihre Anwendung	
	in den Steuerungssystemen.....	119
21.6 H	- J. Barat, Gy. Muszély - Theoretische und experi-	
	mentelle Untersuchung eins Struktur-Anpassenden	
	Algorithmus zur Formationserkennung.....	120
22.1 B	- R. Molle, J. Huchant, P. Bermimolin, R. Laurent,	
	M. Callers - Optimierung der aus pneumatischen	
	Schaltelementen mit ablenkbarem Strahle bestehen-	
	den Baugruppen, für automatische Rechenmaschinen	
	und Steuerung.....	121
22.2 CS	- M. Balda - Zur Theorie von Proportional - Strah-	
	mungsverstärkern.....	122
22.3 USA	- F.K.B. Lehtinen, P.A. Orner - Entwicklung eines	
	Optimisators mit Strahlelementen.....	123
22.4 PL	- A. Proniewicz - Elektrothermisches Umwandeln ei-	
	nes elektrischen Signals in ein pneumatisches Si-	
	gnal bei Freistrahlelementen.....	124

22.5	PL - H.J. Leśkiewicz, J. Jacewicz, M. Olszewski - Pneumatische, logische Membranelemente.....	125
25.2	CDN - L.K. Nenonen, B. Pagurek - Kupferkonvertermodell konstruiert zur Bestwertbestimmung mittels Paarungsgefaellmethode.....	126
25.3	USA - H.E. Pike, S.J. Citron - Untersuchungen zur Optimierung eines Brammennachwärmofens.....	127
25.4	GB - G.P. Pollard, R.W.H. Sargent - Off - Line - Berechnung der Optimalen Regelungen für den Boden einer Distillationskolonne.....	128
25.5	F - C. Foulard - Anleitungssteuerung einer Pilot-Distillationsanlage.....	130
25.6	GB - C. Dennison - Eine der Gasturbinen - Dynamik angegangene nicht-linear digital Simulationsmethode.....	131
25.7	SU - G.S. Tschernoruzky, W.A. Zygankow - Automatisches Regelungssystem zur Optimierung des Bohrprozesses bei Sprenglöchern.....	132
26.1	CS - V. Peterka, K. Smuk - Schätzung der Parameter der Differenzengleichung eines trügen Systems auf Grund experimenteller Daten.....	134
26.2	USA - M. Aoki, R.M. Staley - Über die Eingangssignal-synthese bei Parameteridentifikation.....	136
26.3	J - M. Nishimura, K. Fuji, Y. Suzuki - Die Kennwertermittlung im "On-Line" Betrieb und ihre Anwendung auf ein selbsteinstellendes Regelungssystem.....	137
26.4	USA - K.G. Oza, E.I. Jury - Adaptive Algorithmen für die Kennwertermittlung.....	138
26.5	NL - A.J.W. van den Boom, J.H.A.M. Melis - Eine Vergleichung von einigen Schemas für Kennwertermittlung.....	139
26.6	USA - P.C. Young - Eine Methode zur Kennwertermittlung an einem stochastisch gestörten Prozess im Echt-Zeit Betrieb.....	140

26.7	USA - D.A. Wiemer, R.L. Perrine, Y.Y. Haimes - Modellierung und Identifikation von Aquifer - Systemen höher Ordnung.....	141
27.1	F - E. Daclin, N. Breaud, M. Denouette, J.P. Perrin - Anwendung der regulären Expressionen in der Synthese von Komplexen, sequentiellen Asynchronen Maschinen.....	142
27.2	D /GDR/ - H.J. Zander - Verfahren zur Zustandsreduktion von Automaten unter Berücksichtigung technischer Besonderheiten bei synchronen und asynchronen Betriebsarten.....	143
27.3	SU - E.A. Jakubaitis - Das asynchrone Modell des endlichen Automaten.....	144
27.4	PL - W. Traczyk - Volle Minimalisation der Zustände in Asynchronautomaten.....	145
27.5	SU - M.A. Gawrilow - Heuristische Methoden der Struktursynthese von Relaischaltungen.....	146
27.6	BG - D.B. Schischkow - Ein Weg zur Automatisierung der Synthese der Endautomaten.....	148
27.7	F - P. Tison - Homomorphismen und Sequentialmaschinen.....	149
27.8	PL - R.S. Michalski - Über die Erkennung der Total- oder Teilsymmetrie vollständig oder teilweise bestimmter logischer Funktionen...	150
28.1	USA - M.D. Mesarovic, D. Macko, Y. Takahara - Zwei Koordinationsprinzipien und deren Anwendung in grossen Regelungssystemen.....	151
28.2	PL - R. Kulikowski - Dezentralisierte Optimierung grosser dynamischer Systeme.....	152
28.3	SU - A.A. Perwoswansky - Das Prinzip der Dezentralisierung bei der Optimierung komplizierter Systeme.....	153
28.4	PL - A. Straszak - Von der Synthese einiger Mehr-Niveau Steuersysteme.....	154

28.5	SU	- A.I. Kuchtenko - Über die Theorie der Steuerung komplizierter Systeme.....	155
29.1	SU	- I.W. Prangischwili, W.W. Ignatuschenko - Über der Aufbau kontroll-diagnostischer Prüfverfahren für Strukturen gleichen Typs.....	156
29.2	SU	- A.F. Wolkow, W.A. Wedeschenkow, W.A. Petrow - Über der Aufbau von Prüfverfahren für viel - taktige Einrichtungen ohne Speicherelemente..	158
29.3	SU	- P.P. Parchomenko - Theorie der Fragenalgorithmen und Aufgaben der technischen Diagnostik	160
29.4	SU	- A.L. Garkawi, V.V. Gogolewsky, V.P. Grabowec-ky - Einfluss der periodischen Prüfung auf die Zuverlässigkeit regenerierbarer Einrichtungen	162
29.5	CH	- G.C. Shering - Ein Vergleich der Güte gewisser Extremum-Regelkreise mit vorgegebenen Störgrössen.....	164
29.6	GB	- T.A. Wesolowski Low - Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit elektromechanischer Geräte zur automatischen Steuerung von Turbogeneratoren.....	165
29.7	GB	- D.A. Lloyd, A.J. Dymock - Vergleich einiger Multiplex- Verfahren.....	166
32.1	SU	- M.D. Klimowizki, W.W.Naumenko , A.B.Tschelustkin - Ziffernsystem zur Verfolgung des Brammenflusses und Erfassung der kontinuirlichen Bandproduktion des Warmbreitbandwalzwerkes.....	167
32.2	S	- D.J. Fapiano, E. Uhlen - Automatisches Blechwalzen im Eisenwerk Oxelosund.....	170
32.3	J	- A. Nara, T. Isahaya - Computerregelung der Haspeltemperatur in heißen Bandwalzwerken - Regelsystem für verteilte Prozesse mit dynamischem Simulator.....	171
32.4	J	- T. Arimura, M. Kamata, M. Saito - Eine Analyse des dynamischen Verhaltens der Tandemkaltwalzwerke mit Hilfe einer Ziffernrechenmaschine und ihre Verwendung.....	173

32.5	PL	- J. Bromirski, J. Potrz - Schnittoptimierung bei unvollständiger Information.....	175
33.1	J	- N. Hayashi - Die Korrelations-Technik für die Mehrfachsysteme und die statistische Abschätzungen für die Gewichtsfunktionen.....	176
33.2	PL	- M. Koszelnik, J. Malkiewicz, S. Trybuła - Die Methode der Bestimmung von Übergangsfunktionen in den Starkstrom - Systemen.....	177
33.3	D /GDR/	- F.H. Lange, M. Zecha - Fehlertheorie der Stochastik	178
33.4	D /GDR/	- H. Buchta - Methode zur Abschätzung der zufälligen Fehler bei der Bestimmung von Korrelationsfunktionen tiefstfrequenter zufälliger Signale in Regelungssystemen.....	179
34.1	J	- H. Tokumaru, N. Adachi - Zur Regelbarkeit in nichtlinearen Regelungssystemen.....	180
34.2	D /GDR/	- H.L. Burmeister - Analyse von Relais - Abtastsystemen mit nichtlinearer Regelstrecke.....	181
34.3	CDN	- S.T. Nugent, R.J. Kavanagh - Subharmonische Schwingungen in gekoppelten Relaissystemen....	182
34.4	SU	- W.M. Kunze-witsch, Ju.N. Tschechowoi - Grundlagen einer Theorie der nichtlinearen Steuerungssysteme mit Impulsfrequenz- und Impulsbreitenmodulation.....	184
34.5	CDN	- W. Fieguth, D.P. Atherton - Analyse nichtlinearer Wechselstromregelungssysteme.....	185
35.1	SU	- A.Ya. Lerner, A.I. Teiman - Über die optimale Verteilung von Ressourcen.....	186
35.2	SU	- A.A. Woronow, W.N. Awidiysky, S.E. Lowetzky - Zur Theorie der Vorratssteuerung.....	187
35.3	SU	- O.G. Tchebotarew - Hilfsmittelverteilung bei multithematischen Ausarbeitungen auf Grund der Aggregation von Operationskomplexen.....	188



35.4	SU	- V. N. Burkow - Optimale Steuerung von Komplexen der Operationen.....	189
35.5	SU	- M.K. Babunashvili, S.S. Naumow , D.J. Golenko- Einige Fragen der Prüfung und die Entwurfs - prinzipien für eine optimale hierarchische Steuerungsstruktur von Systemen mit einer bestimmten Zielfunktion.....	191
36.1	SU	- A.P. Schorygin - Vergleichbare Eigenschaften, grundlegende Charakteristiken und Anwendungsbiete elektrochemischer Wandler.....	192
36.2	USA	- S.J. Lawrence, H.S. Spacil, D.L. Schroeder - Die Theorie des Festelektrolytsauerstoff - Messfühlers und Anwendungen.....	193
36.3	USA	- H.F. Storm - Spannungsgesteuerter Mos - Fet Widerstand.....	194
36.4	GB	- F.L.N. Nagy - Elektrostatische Festkörper - Steuerungselemente, die nach dem piezoelektrischen Prinzip Arbeiten.....	195
36.5	GB	- A. Russel - Genaue Hochgeschwindigkeit - Steuerung absoluter Position mittels eines mehrspurigen optischen Gitters.....	197
36.6	USA	- H.A. Trucco - Stagnationstemperaturmessfuehler mit servogesteuertem Strahlungsschutz....	198
39.1	SU	- E.L. Suchanow, W.S. Schwydki, B.I. Kitaew , J.G. Jaroschenko, J.N. Owtshinnikow, W.G. Lisienko - Rationeller Algorithmus der Regelung von Wärmezustand des Hochofens mit der Anwendung der dasenverarbeitenden und regelnden Maschinen.....	199
39.2	PL	- A. Gosiewski, A. Wierzbicki - Dynamische Optimalisation des Stahlproduktionprozesses im Lichtbogenofen.....	200

39.3	NL	- H. Kwakernaak, P. Tijssen, R.C.W. Strijbos - Optimaler Betrieb von Winderhitzern.....	201
39.4	GB	- A.J. Bailey, G.C. Hollinworth, J. Jeremiah , K. Binding - Die Anwendung von Rechneranlage- Steuerung beim 5-zone Wiedererhitzungs - Glü- hofen.....	202
39.5	GB	- J.W. Beeston - Zeitoptimale Regelung einer hängenden last-ein Entwurfstudium.....	204
39.6	PL	- R. Górecki - Zeitlich suboptimale Steuerung der Arbeit von Kränen mit besonderer Berück- sichtigung der praktischen Realisation.....	205
39.7	R	- G. Scripcaru, G. Păiuș, O. Stoicovici, M.Po- pescu - Komplexe Automatisierung der Hochofen- Sinteranlage-Rohstofflagerabteilung der inte- grierten Eisenhüttenwerke Galatz durch einen Prozessrechner.....	206
40.1	J	- S. Hayashi, Jun-ichi Baba, K. Ishida - Spannungs- und Blindleistungsregelung in Energiesyste- men nach dem On-Line-Prinzip.....	207
40.2	GB	- J.H. Osborn, M.F. Delahunty, P.R. Maddock , C. Ayers - Konstruktion, Werksprüfung und vor- läufige Baustellenprüfung des rechnergesteuerten Regelungs- und Messsystems in einem Wär- mekraftwerk.....	208
40.3	USA	- J.R. Kosorok - Ein Nutzungsprogramm für ein programmiertes Regelungs- und Gerätessystem ei- nes Kernreaktors.....	209
40.4	F	- J.C. Jacquin, C. Leroy, R. Leveque, G. Thomas, J.C. Bediou - Durchführung einer automatisch- en Anlagensteuerung unter Anwendung von Com- putern.....	210
40.5	GB	- F. Moran, J.N. Prewett - Versuchswise Einfüh- rung eines Systems zur automatischen Steuerung der Elektrizitätserzeugung in einem beschränk- ten Gebiet des C.E.G.B.-Systems.....	211

40.6 USA - J. Preminger, G.L. Park - Analyse der dynamischen Stabilität eines Hochspannungübertragungssystemes bei deterministischen Belastungsänderungen.....	213
40.7 CH - M. Cuenod, A. Durling, P. Valisalo - Adaptive Regelung von gekoppelten Netzen.....	214
41.2 F - C. Levefre, A. Rault - Stabilität von parametrischen Systemen.....	216
41.3 SU - E.P. Popow, E.I. Chlypalov - Eine Erweiterung der Methode der harmonischen Linearisierung...	217
41.4 PL - J. Kudrewicz - Behauptung von dem dasein periodischer Schwingungen basier auf der Methode deaskriptiver Funktionen.....	218
41.5 USA - R.G. Sea, A.G. Vacroux - Analyse des stationären Zustandes nichtlinearer Systeme und Beschreibungsfunktionen für mehrere Eingänge/M.I. D.F./.....	219
41.6 IND - P.K. Rajagopalan, Yash Pal Singh - Analyse Harmonischer und beinahe periodischer Schwingungen in erzwungenen selbstschwingenden Systemen	221
41.7 USA - A.U. Meyer - Berechnung von Stabilitätsgebieten in Raum der Anfangswerte mit Hilfe von Frequenzgangkriterien	223
42.1 USA - W. Findeisen, I. Lefkowitz - Entwurf und Anwendungen der Mehrschichtregelung.....	224
42.2 USA - R.K. Bhattacharyya, E.S. Bahary, A.N. Bakhru - Mehrstufige Optimalisierung eines Produktionsystems mittels einer diskreten Version des Maximalprinzips von Pontryagin.....	225
42.3 GB - H.H. Johnson - Auftreter und Folgen von Informationsverlust in einem Hierarchischen Digital-Rechensystem mit "On-Line" Prozesssteuerung....	226
42.4 SU - A.P. Kopelowitsch, A.A. Belostozki, B.A. Wlassiuk, G.I. Nikitin, W.M. Chrapkin - Systeme und Algo -	

	rithmen zur Steuerung bei einem komplizierten Komplex der metallurgischen Produktion.....	227
42.5	GB - G. Hayhurst - Eine Annäherung an automatische anpassungsfähige Reihenproduktionssysteme.....	229
42.6	GB - B.B. Hickling - Der Einsatz von Rechnern in der Betriebsführung von Eisenhüttenwerken.....	230
43.1	SU - B.N. Petrow, N.P. Kolpakowa, W.A. Wasiljew , A.J. Pawlenko - Einige Gragen der Struktur-synthese von Steuerungssystemen bei der räum-lichen Bewegung von Orbitalflugzeugen in der Erdatmosphäre.....	231
43.2	USA - T.B. Murtagh - Optimale interplanetare, am Halbwege stattfindene Geschwindigkeitskorrek-turpläne.....	233
43.3	SU - W.M. Ponomarew, W.I. Gorodezky - Optimale pa-rametrische Gesetze der Landungssteuerung ei-nes kosmischen Apparats.....	234
43.4	SU - A.G. Wlasow, J.S. Ukolow, E.J. Mitroschin - Stochastische Optimierung der Steuerung des Abstieges kosmischer Flugkörper in der Atmosphäre.....	235
43.5	SU - D.E. Ochozimski, A.P. Bucharkina. J.F. Glubew-Steuerungen der Bewegungen beim Eintritt in die Atmosphäre.....	237
43.6	SU - Ju.P. Plotnikow - Stochastische Aufgaben der Raketendynamik.....	239
43.7	SU - A.Ja. Andrienko- Statistische Synthese optima-ler Impulssysteme zur Steuerung kosmischer Ob-jekte mit Berücksichtigung von Strukturbeschränkungen des Systems.....	240
43.8	SU - A.A. Lebedew, M.N. Krassiltschikow, W.W. Ma-lyshev - Optimales Regelungssystem eines orbi-talen stationären künstlichen Erdsatelliten...	242

46.1	DK	- S. Bay Jørgensen, N. Kühmell - Simulation verteilter Systeme in der chemischen Industrie..	243
46.2	D /GFR/	- E.D. Gilles, B. Lübeck, M. Zeitz - Modelle und Simulation katalytischer Festbettreaktoren.....	244
46.3	J	- K. Izawa, H. Okamoto - Optimierende Regelung eines Hydrierungsprozesses.....	245
46.4	CS	- L. Sutek, B. Frankovic - Entwurf eines Steuerungsalgorithmus für den Fertigungsprozess von Harnstoff.....	246
46.5	CS	- Z. Burianec, J. Burianová, M. Hruska, A. Sichrovský - Theoretische Unterlagen des Steuerungsalgorithmus für den Synthese-Reaktor für Ammoniak - Proktion.....	247
46.6	SU	- R. Tawast, L. Mytus - Adaptives System Digitalrechner-Mensch für die Regelung von einer Chamieanlage.....	248
47.1	GB	- R.L. Carstairs, B.H. Bickers - Bestimmung der räumlichen Stabilität des axialen Neutronen - flussbildes bei gasgekühltem Wiedereintritts - fluss - Leistungsreaktoren mit automatischer Leistungsregelung.....	249
47.2	D /GFR/	- R. Isermann - Mathematische Modelle des regel - dynamischen Verhaltens dampfbeheizter Wärme - übertrager für dampf- und kondensatseitige Stellung.....	250
47.3	I	- E. Cosimo, S. Petrarca - Thermische Über - gangsfunktionen für einen Hohzyylinder mit Wärmeerzeugung.....	251
47.4	F	- G. Davoust - Bestimmung der Dynamik der Wärme - austauscher ausgehend von ihren strukturellen Eigenschaften.....	252
47.5	A	- H.D. Eigner - Zur Dynamik der Wärmetübertra - gung mittels Gasen durch Rohrleitungen und Ka - mäle.....	253

47.6	J	- M. Masubuchi - Dynamisches Verhalten von Kreuzstromwärmetauschern.....	254
48.1	SU	- S.W. Emelianow, N.E. Kostyliewa, W.I. Utkin - Systeme mit veränderlicher Struktur bei Problemen der Identifizierung und Regelung mehrvariabler Regelstrecken.....	255
48.2	YU	- M. Vukobratowic, R.S. Rutman - Struktureigen - schaften dynamischer Systeme	256
48.3	RA	- A. Phagouapé - Neue Entwicklungen in der T.C.F.- Methode für multivariable Regelungssysteme.....	257
48.4	SU	- V.V. Welichenko - Zum Problem der Synthese in - varianter Systeme.....	258
48.5	USA	- F.E. Thau - Optimale Steuerung einer Klasse von Prozessen mit verteilten Parametern.....	259
49.1	SU	- N.A. Babakow, D.P. Kim - Über Bedingungen für die Steuerbarkeit bei einem Verfolgungsproblem <small>G.M.Ulanow</small>	260
49.2	SU	- W.N. Soschnikow /- Dynamik der Bewegung der Kosmonauten zum Raumschiff mit Hilfe einer Trasse und Prinzip der Steuerung des Raumschiffes auf Grund der Theorie der Systeme mit veränderlicher Struktur.....	261
49.3	USA	- P. Tcheng, J.W. Moore - Messung der Kräfte und Momente von einer Schubvektor-Kontrollierten Rakete an einem fünfteiligen Versuchsstand....	263
49.4	USA	- M. Witter, C.N. Shen - Zeit-Optimale Steuerung eines nuklearen Raketenmotors mit verteilten Parametern unter Berücksichtigung von Wärme - spannungen.....	264
49.5	USA	- J.A. Ralph, H.J. Bellamy - Synthese von Datensystemen für Raumfahrzeuge.....	265
49.6	D /GFR/	- J. Lückel - Suboptimale Regelung von Systemen 2. Ordnung Zeitabhängigen Koeffizienten.....	267

50.1	J	- I. Morishita - Dynamisches Verhalten eines linearen Schwellwert-Elements mit Selbststeinschließendem Gewicht.....	268
50.2	CDN	- J.S. Riordon - Ein anpassungsfähiger Automations schalter für diskrete Zeitverfahren nach Markov	269
50.3	GB	- A.L. Jones, D.P. McLeod - Ein Digitalregler für Verarbeitungsanlagen mit Anpassungsverhalten...	270
50.4	D /GFR/	- W. Speth - Leicht realisierbares Verfahren zur schnellen Adaption von Reglern in der Antriebstechnik.....	272
50.5	SU	- D. Ya. Swet - Über selbstregulierende Messsysteme der wirklichen Temperatur im optischen Wellen bereich.....	273
50.6	PL	- Z. Barski - Adaptiv - Regelungssystem für Temperatur- oder Feuchtigkeit in der Klimatechnik...	274
53.1	SU	- W.I. Iwanenko, D.W. Karatschenez - Statistische Synthese der automatischen Optimierungssysteme für Stoffaustauschanlagen.....	275
53.2	USA	- H.L. Wade, C.H. Jones, T.B. Rooney, L.B. Evans - Steuerung eines periodischen Distillationspro zesses.....	278
53.3	NL	- A. Maarleveld, J.E. Rijnsdorp - Grenzwertsteuerung bei Destillationskolonnen.....	279
53.4	I	- F. De Lorenzo, G. Guardabassi - A. Locatelli , V. Nicolò, S. Rinaldi - Optimale Relaisteuerung der Zweiglied - Distillationskolonne.....	280
53.5	F	- G. Bornard, G. Duchatel, J.L. Melennec, B. Sempe - Prädiktive Zahlensteuerung und Reaktionssteuerung einer industriellen Distillationsanlage.....	281
53.6	SU	- E.G. Dudnikow, G.P. Maikow, P.S. Iwanow - Das mathematische Modell und die Optimierung der Polykondensationsprozesse von Phenolformaldehydharzen.	282
53.7	USA	- L.A. Gould, L.B. Evans, H. Kurihara - Optimale Regelung eines Wirbelschichtkrackungverfahrens	284

- 54.1 PL - M. Duda, M. Plucińska-Klawe, J. Rakowski, S. Wagowski - Analyse und Entwicklung der Regelsysteme eines 200 MW Blockkraftwerkes mit Hilfe einer Analogen und digitalen Simulieranlage..... 285
- 54.2 F - H. Alper, J.F. Le Corbe, R. Mezecev, Y. Thomas - Die optimale Kesselleiterung..... 286
- 54.3 J - K. Itoh, M. Fujii, H. Ohno, K. Sagara - Vergleich der Dynamik von Natur- und Zwangsumlaufdampferzeugern..... 287
- 54.4 D /GFR/ - H. Unbehauen, P. Necker - Beitrag zur optimalen Temperaturregelung des Mehrgrößen - Regelsystems "Bensonkessel" bei schnellen Laständerungen..... 289
- 54.5 PL - K. Taramina - Algorithmus für optimale Steuerung mittels Überschussluft in Dampfkesselfeuerungen mit festbrennstoffen Beheizt..... 290
- 54.6 CS - B. Hanuš - Untersuchungen der direkten Digital - Regelung für einen Durchflusskessel 291
- 54.7 USA - T. Giras, R. Uram - Digitale Regelung in Energieanlagen..... 292
- 55.1 F - F. Westfried - Beitrag zur Analyse von nichtlinearen Eigenschaften des allgemeinen Bewegungsgesetzes $Q = Cv$.. 293
- 55.2 GB - J.A. Hiller - Regelung der grünen Welle um Wartezeit auf ein Mindestmass zu verringern..... 294
- 55.3 SU - L.D. Atabegow, H.B. Kordonski, W.K. Linis, J.M. Paromonow, O.R. Frolow - Über Algorithmen für die Ausstellung eines Einsatzplanes für Passagier - flugzeuge und ihre operative Korrektur..... 296
- 55.4 GB - D.F. Haines - Anwendung eines Optimierungsverfahrens auf das Transitionsproblem bei Hubschraubern..... 298
- 55.5 D /GFR/ - D. Bux, H. Schweizer, H. Seelmann - Digitale Regelung für ein Flugzeug mit variablen Flugeigen - schaften..... 299
- 55.6 J - Y. Ohtsu, T. Fujino, M. Itoh, H. Ohno, K. Uchino - Versuche mit einem Prüftragflächenboot mit ge -

	mischem Tragflächensystem und Autopilot.....	300
55.7	USA - H.N. Yagoda - Die dynamische Regelung des Automobilverkehrs an einer Eintrittsauffahrt zur Autobahn.....	302
56.1	F - P. Faurre - Lineare Differentialspiele mit völlig optimalen Strategien und dem Trennungsprinzip.....	304
56.2	USA - T.J. Tarn - Stochastische optimale Steuerung mit teilweise bekannten Störungen.....	305
56.3	J - Y. Sunahara - Eine Näherungsmethode für die Schätzung des Zustandes und die Steuerung von nicht-linearen dynamischen Systemen bei stochastisch gestörten Beobachtungen.....	306
56.4	SU - A.A. Klementiew, E.P. Maslow, A.M. Petrowski, A.I. Jaschin - Regelungen mit stochastischen Prozessen bei geregelter Länge des Kontrollintervalls.....	308
56.5	CDN - I.G. Cumming - Synthese von Kontinuierlichen stochastischen Regelungssystemen.....	309
56.6	USA - R.D. Behn, Y.C. Ho - Merkmale stochastischer Verfolgungs-Ausweich-Spiele.....	310
56.7	USA - H.S. Witsenhausen - Ungleichungen für das Leistungsmass von unteroptimalen unsicheren Systemen.....	311
57.1	SU - W.A. Bessekersky, W.G. Gordeew, J.G. Ostromuchow - Theorie der gyrokopischen Zweirotororbitalbahn..	312
57.2	SU - E.W. Gauschus - Untersuchung komplizierter Eigenschwingungen kosmischer Apparate.....	313
57.3	SU - W.I. Popow, W.J. Rutkowski - Untersuchung der Dynamik des Systems zur Vorgreifenden Dämpfung bei einem Gravitationsstabilen Sputnik unter Berücksichtigung von Begrenzungen der Geber und Biegeschwingungen des Stabilisators.....	314
57.4	D /GFR/ - H. Roderer, H. Seelmann, H. Woitschella - Eine 2-achs-Lageregelung der Rotierenden Nutlastspitze einer Drallstabilisierten Trägerrakete.....	315

57.5	SU	- J.P. Guskow, S.W. Bunjakin - Über eine Steuerung zur Drehung der Kreisbahnebene eines Sputniks, die den Durchgang des Sputniks durch einen gegebenen Punkt gewährleistet.....	316
57.6	USA	- E.G. Smith - Über den Entwurf eines Steuermoment-Lageregelungssystems für die Raumfahrt unter Verwendung von Kreiseln.....	317
57.7	USA	- W.L. Garrard, L.G. Clark - Über die Synthese von suboptimalen Trägheitslageregelungssystemen.....	318
57.8	SU	- J.A. Fedossow, A.M. Batkow, W.F. Lewitin, W.A. Skripkin - Allgemeine Fragen zur Theorie der Nachführung.....	319
60.1	MEX	- P. Alper, P. Armitage - Anwendbarkeit der Steuerungstheorie bei der Personalverteilung in Ausbildungswesen.....	321
60.2	USA	- J.F. Reintjes - Die Verwendung von Rechenautomaten mit Vielfachzugriff für die Verwaltung und Überwachung von Fachliteratur.....	322
60.3	J	- T. Takamatsu, Y. Sawaragi, M. Naito, Y. Akagi, I. Hashimoto, Y. Ikeda, K. Kawata, T. Mizoguchi - Kontrolle der Luftverunreinigung durch Rechner	323
60.4	CDN	- A.R.M. Noton - Dynamisch optimierte Wirtschaftsplanung für einen Staat.....	325
60.5	USA	- R.R. Duersch - Entwurf von Informationssystemen für kommerzielle Anwendungen.....	326
61.1	CDN	- E.J. Davison - Ein Nichtminimal-Phaseindex und seine Anwendung auf sich gegenseitig beeinflussende mehrvariable Regelungssysteme.....	327
61.2	F	- D. Marchand, M. Manahem - Erforschung eines multidimensionalen Dämpfungskriteriums - allgemeinerung des Kriteriums von Naslin.....	328
61.3	GB	- A.G.J. McFarlane, N. Munro - Die Anwendung von generalisierten Mohr-Kreisen bei der Gestal -	

	tung multivariable Regler.....	329
61.4	H - J. Gyürki - Eine Transformationsmethode für die Analyse und Synthese von mehrvariablen Regelungssystemen mittels digitaler Rechenautomaten..	330
61.5	GB - H.A. Barker, A. Hepburn - Eine Methode der direkten Digitalregelung wobei Gewichtsfunktionen verwendet werden.....	332
62.1	SU - W.A. Bodner, K.B. Alexew, R.A. Sakirow - Zur Synthese optimaler Regelungssysteme bei vorgegebener Zuverlässigkeit.....	333
62.3	N - O.A. Solheim, F. Pöhlner - Optimale Regelung einer Klasse diskreter Systeme.....	334
62.4	A - J. Meik - Optimale Steuerung von nichtlinearen diskreten Systemen.....	335
62.5	PL - K. Kurman - Kettenmodelle als inertiallose optimale Regler für Mehrdimensionale Regelstrecken.....	336
63.1	SU - B.N. Petrow, V.V. Petrow, G.M. Ulanow, W.M. Ageew, A.W. Zaporozez, A.S. Uskow, I.I. Kocubiewskij - Anfänge einer Informationstheorie der Steuerung.....	337
63.2	CH - J.E. Hanschin - Monte Carlo Methoden für die Voraussage und Filtering nichtlinearer stochastischer Prozesse.....	339
63.3	E - G.A. Ferraté, L. Puigjaner, J. Agulló - Einführung zum Mehrkanal stochastischen Rechnungsverfahren und zur Regelung.....	340
63.4	SU - W.W. Solodownikow, W.L. Lenski - Korrektheit, Regularisierung und Prinzip einer minimalen Kompliziertheit in der statistischen Dynamik von Regelungssystemen.....	341
63.5	USA - W.G. Keckler, R.E. Larson - Berechnung der optimalen Steuerung für einen Roboter in einer teilweise unbekannten Umwelt.....	342

63.6	PL	- J.L. Kulikowski - Statistische Probleme des Informationsflusses in grossen Systemen.....	344
64.1	SU	- W.M. Gluschkow, W.P. Derkatsch, G.T. Markow - Über ein System zur automatischen Steuerung von Fertigungsprozessen für Mikroschaltkreise.....	345
64.2	J	- Y. Oshima, B.S. Chang - Ein Mikromuster - Positionierungssystem.....	347
64.3	CH	- H. Bühler - Untersuchung eines Stromrichter - Regelkreises als Abtastsystem.....	349
64.4	SU	- E.K. Krug, E.A. Legowitsch - Schnelle Steuerungssysteme mit Frequenzgebern	350
64.5	USA	- G.T. Schmidt - Optimale Kalibrierung von Trägheitskomponenten.....	351
66.2	USA	- H. Chao, W. Wickstrom - Die Entwicklung der Farbregelung einer Papiermaschine.....	352
66.3	USA	- J.K. Lee, H. Chao, I.B. Sanbourn, J.G. Bollinger, H.L. Harrison - Der Entwurf eines Steuerungssystems für eine Papiermaschinenbütte....	353
66.4	GB	- R.M. Withers, R.J. Bass, M.F. Branch - Ein mathematisches Modell für Betrieb und Steuerung einer Rüberzuckerfabrik.....	354
66.5	PL	- W. Findeisen, J. Pułaczewski, A. Manitius - Mehrlagige Optimalisation und dynamische Koordination des Massedurchflusses in der Rohstoffabteilung einer Zuckerfabrik.....	355
66.6	J	- T. Otomo, T. Nakagawa - Durchführung der Rechnersteuerung eines Drehofens mittels Kennwertermittlung.....	357
66.7	SF	- T. Talonen, A. Niemi - Modellierung eines Pyrit-verhüttungsprozesses.....	359
67.1	SU	- M.W. Mejerow, P.T. Januszewski - Synthese von vermaschten Regelungssystemen.....	360
67.2	GP	- D. Mitra - Reduktion der Komplexität eines linearen, zeitvarianten dynamischen Systems....	361

67.3	USA - J.A. Planchard, V.J. Law - Die Anwendung der Theorie der entkoppelten Regelung auf ein steiges mehrvariables System.....	363
67.4	CH - W. Kraemer - Vorschläge zur Konzipierung einfacher Entkopplungsschaltungen und Entkopplungselemente für lineare Zweigrossenregelungen und Einstellregeln für die Anwendung.....	365
67.5	I - E. Biondi, L. Divieti, C. Reveda, R. Schmid - Über die optimale Ausführung von Mehrvariablen diskreten linearen Systemen.....	366
68.1	J - Y. Sawaragi, K. Inoue, T. Ohki - Empfindlichkeitssynthese optimaler Regelungen unter Veränderungen der Systemordnung.....	367
68.2	Pl - A. Wierzbicki - Einheitliche Auffassung der Empfindlichkeitsanalyse optimaler Steuerungssysteme.....	368
68.3	SU - A.A. Krassowski - Neue Methoden zur analytischen Konstruktion von Steuerungssystemen.....	369
68.4	R - K. Bela - Lineare und nichtlineare Lösungen des Letov-Kalman-schen Probleme der Optimal-Synthese mit Anwendungen bei linearen Anlagen	371
68.5	USA - P. Sannuti, P. Kokotović - Eine "singulare-Störungsmethode" zum nahezu optimalen Entwurf nichtlinearer Regelungssysteme höherer Ordnung.....	372
68.6	D /GDR/ - G. Schmidt, F. Fischer-Uhrig - Zeitoptimale Schaltgesetze für Systeme 2. Ordnung mit periodischer Rückstellkraft.....	373
68.7	USA - G. Cook - Eine Approximationstechnik für besondere Steuerprobleme.....	374
69.1	USA - G. Stein, G.N. Saridis - Eine Methode zur Adaptivsteuerung.....	375
69.2	NL - H. Feikema, H.B. Verbruggen - Entwurf Modell - adaptiver Regelungssysteme unter Verwendung	

der Methode von Ljapunow und der Methode der inversen Beschreibungsfunktion.....	376
69.3 USA - V.S. Levadi - Nichtlineare Filterung und Er- weiterungen der Methode der kleisten Quadrate und Anwendungen der Theorie der Quasilinearari- sierung.....	377
69.4 D - F. Schneider - Einstellung der Adaptivsteue- /GFR/ rung von Prozessen mittels Digitalrechner....	378
69.5 F - H.G. Jacob, C. Mira - Extremwert-Regelsystem mit Extrapolation.....	379
69.6 GB - O.L.R. Jacobs, S.M. Langdon - Ein optimales Extremal - Regelungssystem.....	380
69.7 SU - A.G. Iwachnenko, N.W. Chruschtchewa, W.I. Ne- schodowski - Selbstorganisierende Extremal - systeme.....	381
70.1 D - G. Vossius, J. Werner - Die funktionelle Kon- trolle der Augenfolgebewegung und ihre digi- tale Simulation.....	382
70.2 SU - M.A. Aisermann, E.A. Andrejewa - Einfachster Suchmechanismus zur Steuerung der Muskeltät- tigkeit.....	383
70.3 NL - A. van Lunteren, H.G. Stassen - Das "On-Line" Parameterabschätzungsverfahren der Übertra- gungsfunktionen eines menschliches Fahrrad - fahrers.....	384
70.4 USA - D.H. Weir, D. T. McRuer - Die Dynamik des Re- gelungssystems "Fahrer/Fahrzeug" für die Len- kung des Fahrzeuges.....	385
70.5 USA - R.E. Magdaleno, D.T. McRuer - Über ein als geschlossener Wirkungskreis gedeutetes Neu- romuskularsystem, bei dem Kräfte als Stör - grössen wirken, und über Angaben bezüglich Tremor.....	387
70.6 GB - C.D. Barr, E.R. Carson, L. Finkelstein, E.A. Jones - Ein Studium der Dynamik der Stoff - wechsels der Plasmaprotein.....	389

70.7 USA - B.L. Zuber, - Die Dynamik des Augenbewegungs-
systems: Elektromyographik und Einschwingver-
halten bei einer Katze.....

390

EIN PRÄDIKTIVES KONTROLLSCHEMA FÜR DEN
"DEAD-TIME" VORGANG UNTER VERWENDUNG EINER LERN-
METHODE DER PROZESSIDENTIFIZIERUNG

M.S. Beck, P.R. Birch, N.E. Cough, A. Plaskowski

Der Artikel schildert die Anwendung eines feedback/prädiktiven Kontrollschemas auf einen Prozeß im experimentellen Maßstab mit Dead-Time unter Verwendung eines Kontrollcomputers. Dieser Prozeß repräsentiert eine ganze Reihe von Prozessen, bei denen Dead-Time präzise Kontrolle erschwert, wenn die übliche Feed-Back-Kontrolle angewendet wird. Hier wird nun ein Leistungskriterium verwendet, das die wirtschaftlichen und Sicherheitserfordnisse des Prozesses berücksichtigt. Ein "Bergsteiger" verfahren gewährleistet optimale Leistung eines Modells, das den Teil des Prozesses ohne die zeitliche Verzögerung darstellt; das optimale Kontrollsignal wird hierauf für die Dauer der zeitlichen Verzögerung gespeichert, ehe es auf den Prozeß angewandt wird. Verschiedene Optimalverfahren sind bereits versuchsweise angewandt worden, und es wird aufgezeigt, daß ein bestimmtes wiederkehrendes Verfahren mit einer kurzen Komputerzeit, die von der Ordnung des Systems im Wesentlichen unabhängig ist, verlässlich konvergiert.

Das prädiktive Kontrollsysten überwindet die Probleme der Stabilität bei Verwendung der Feedback-Kontrolle dadurch, daß es einer Feedback-Bandschlinge überlassen wird, lediglich den Verlauf des Prozesses zu korrigieren. Annehmbare Feedback-Kontrolleinstellungen werden von einem Komputerprogramm bestimmt, das die Kontrollierbarkeit des Prozesses periodisch berechnet.

Ein besonderer Vorteil besteht darin, daß das Model durch die Impulsreaktionen des Prozesses vollkommen spezifiziert werden kann. Ein pseudo-random Binarsequenz-Testsignal bestimmt das Modell der Impulsreaktionen; dies kann durch direkte Querkorrelation oder eine neue Lernmethode berechnet werden.

In der Lernmethode wird jede beliebige "a priori" Information über das dynamische Verhalten des Prozesses als Modell des

Anfangsprozeßes verwendet. Dieses Anfangsprozeßmodell wird durch ein Lernverfahren zeitlich übereinbestimmt (up-dated), so daß ein "up-dated" Prozeßmodell dem Prozeß tatsächlich entspricht.

Komputererfordernisse für das eigentliche feedback/prädiktive Kontrollschema mit Korrelationsidentifizierung sind an nähernd 3.7000 Wörter Kernspeicherung, 12-25 m./sek. Berechnungszeit per Einzelprobe, plus 2 sek. Berechnung, wenn Identifizierung gewünscht wird.

REGELUNG DER SYSTEME MIT VERZUGSZEIT

Gunnar Nielsen lic. techn.

SERVOLABORATORIET, DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Die Regelung der Systeme mit Verzugszeit ist sehr wichtig. Verschiedene Methoden welche diese Regelung ermöglichen, wurden veröffentlicht, aber nur wenige beschäftigen sich mit der praktischen Verwendung dieser Methoden.

Diese Arbeit gibt die Ergebnisse eines Studiumd in welchem diese Methoden verglichen wurden, an. Der Vergleich ist quantitativ bei Verwendung des I.A.E. Gütekriteriums. Die erhaltene Regelung ist für Einstellwert- und Last-schrittänderungen untersucht. Ergebnisse sind als Funktion der relativen Verzugszeit d.h. des Verhältnisse der Verzugszeit zur Summe der Verzugszeit und der Zeitkonstante angegeben. Zwischen den untersuchten Methoden befinden sich die I.P.I. und P.I.D. - Regelungen, die Abtastregelung, Smith's linearer Extrapolator und einige Vorwärts-wirkungsschemen.

APPROXIMIERENDE SIGNUM - FUNKZIONEN
BEI DER BERECHNUNG DER ZEITKWASIOPTIMALE REGLER

L. At. Guntschew

HOCHSCHULE FÜR MASCHINENBAU UND ELEKTROTECHNIK

Hier wird die Frage für die Approximierung der Regel-Funktionen betrachtet. Diese Funktionen werden als Ergebnis der Rechnung der Aufgabe der Synthese der zeitoptimalen Regelung bekommen. Hier wird die Möglichkeit für die Synthese der quasioptimale Regeleinwirkung für die lineare Regelstrecken bei der Hilfe der äquivalenten Signum-Funktionen gezeigt. Hier werden die äquivalenten approximierende Funktionen vorgeschlagen und werden die äquivalenten realisierende Funktionen aus der Gruppe der bequemste für die technische Realisierung bestimmt.

Mit der Methode der äquivalenten Signum - Funktionen wird die Möglichkeit für die Realisierung der quasioptimale Regler durch die Ausnutzung nur der lineare Elementen und Releis gezeigt. Durch dieser Methode ist möglich der Struktur und die Parameter der quasioptimale Regler zu bestimmen.

Die experimentale Ergebnisse beweisen die Effektivität der Methode der äquivalenten Signum - Funktionen.

ZWEIPUNKTREGELSYSTEME MIT PARAMETERABWEICHUNGEN

D. P. Lindorff
University of Connecticut
Storrs, Connecticut, U.S.A.

Ein Zweipunktregler wird benutzt, um das Verhalten einer Regelstrecke dem Verhalten eines Modells nachzuführen. Der Einflus von Parameterunsicherheiten wird dabei in Betracht gezogen. Wendet man eine Liapunov-Funktion an, die Semidefinit ist, dann wird es möglich, Regelstrecken zu betrachten, die Mehrfachantworten besitzen, oder, noch allgemeiner, Zustandsvariable besitzen, die nicht notwendigerweise Phasenvariable sind. Es wird gezeigt, daß die Abweichung zwischen Modell und wirklichem System begrenzt ist, wenn die Grenzen der Parameterabweichungen bekannt sind. Die Methode wird auf ein spezifisches Regelproblem angewendet, bei dem die Regelstrecke instabil ist.

KONSTRUKTION VON REGELSYSTEMEN MIT BESCHRÄNKTER
MESSGERÄTAUSRÜSTUNG FÜR VERTEILTE VORGÄNGE

Von M.J.McGann
Imperial Chemical Industries Ltd.,
Wilmslow, Cheshire, England

Da die Theorie der Optimalregelung von verteilten Vorgängen zu äußerst schwierigen rechnerischen Problemen führt, ist ein anderer Zugang erforderlich. Die vorliegende Abhandlung beschreibt ein Verfahren, das Konstruktionen sowohl für lineare wie für Relais- (Alles-oder Nichts-) Regelung von linear verteilten Vorgängen geben kann, die verteilten Störgrößen ausgesetzt sind.

Die erwähnten Konstruktionskonzepte sollen Regelsysteme ermöglichen, bei denen die Meßgerätausrüstung im Vorgang auf das Äußerste beschränkt ist. Das Verfahren verlangt - ohne Rücksicht auf das Anwendungsgebiet - daß eine Nachbildung des verteilten Vorganges zur Verfügung steht, die das interne Verhalten und nicht nur eine Gesamtdarstellung (Eingabe-Ausgabe) zeigt. Das Verfahren ist ein Such- und Einstellungsvorgang, der programmiert werden kann, aber einfach genug ist, um leichter noch vom Benutzer selbst durchgeführt zu werden.

EMPFINDLICHKEITSERREGENDE EINGÄNGE UND IDENTIFIZIERUNG

A. Rault, R. Pouliquen, J. Richalet

Die Identifizierung von Systemen nach der Methode des Modells führt zur Minimalisierung einer Funktionellen von Parametern der Struktur, die den Abstand zwischen dem zu identifizierenden System und dem gesuchten Modell repräsentieren. Dieser Abstand kann ein Struktur- oder Zustandsabstand sein. In ersten Fall ersehen wir, dass das Identifizierungsverfahren auf die Ermittlung von Veränderlichkeitsgesetzen im parametrischen Raum zurückgeführt werden kann. Im zweiten Fall, die Identifizierung scheint ein einfaches Problem der parametrischen Optimierung zu sein. Es wird jedoch gezeigt, dass die Präzision der Identifizierung mit der Gestalt der Isofehler-Ortskurve, d.h. mit der Empfindlichkeit von Parametern, verbunden bleibt.

Wir führen also die Beziehungen zwischen der Identifizierung und den Empfindlichkeitskoeffizienten ein. Daraufhin werden wir den Empfindlichkeitsindex ermitteln, der eine Idee über die Verteilung von Information gibt und erlaubt die sog. sphärische Eingänge, die sich auf alle Parameter egal verteilen, zu bestimmen oder die empfindlichkeitserregende Eingänge, die diese Information auf ein gegebenes Parameter konzentrieren.

Die derartige Berachtung der Identifizierung bildet einen Fortschritt in dem Sinne, dass es möglich wird die Qualität einer Identifizierung in Zahlen auszudrücken und ein Versuchsprotokoll aufzustellen.

DYNAMISCHE ANALYSE NACH DER MULTIINDEXMETHODE VON INDU-
STRIELLEN VERFAHREN

M. MENAHEM, Société Contrôle Bailey, 32, bd. Henri IV, Paris

Dank der Vorteile was die Einfachheit und Ausführungs-
geschwindigkeit betrifft, ist die Indexmethode, als Iden-
tifizierungsverfahren, in der industriellen Praxis breit
eingesetzt. Diese Methode kann jedoch einer bedeutenden
Versuchszeit bedarf, was sich aus der Notwendigkeit der
Wiederholung von Prüfungen - um die Wirkung von Perturba-
tionen zu mildern - ergibt. Die vorliegende Mitteilung
schlägt eine Verallgemeinerung dieser als Multiindex
genannten Methode vor, da sie als Identifizierungssignal
nicht einen einzigen Sprung aber eine Folge von entsprechen-
den Sprüngen heranzieht.

Die Multiindexmethode liefert breitere Rahmen die auch
die klassische Indexmethode umfassen. Sie erlaubt eine
bessere Auswertung der verwendeten Zeit, d.h. eine höhere
Präzision von Ergebnissen bei konstater Prüfungszeit
durch die höhere Aktionsfrequenz am Systemeingang
hauptsächlich begründet/.

Der Verfasser analysiert hauptsächlich den sich aus
dieser Methode ergebenden Auwertungscharakter ohne in die
statistische Behandlung von erzielten Ergebnissen einzu-
gehen. Er untersucht die Wahl von einzelnen Sequenzen die die
Auswertung bedeutend erleichtern und die bei der Identifi-
zierung von Systemen mit einem oder mehreren Eingangs-
werten einsetzbar sind.

EINE THEORIE DER PARAMETER-NACHFOLGUNG IN ANWEN-
DUNG ZU LANGSAM VERÄNDERLICHEN NICHTLINEAREN SYSTEMEN

Boris Segerstahl

LABORATORIUM DER AUTOMATISCHEN REGELUNG
TECHNISCHE UNIVERSITÄT, HELSINKI, FINLAND

Ein stochastisches System ist durch einen Satz von Dicht-
heitsfunktionen bestimmt. Für dieses System wird ein Bayes-
sches Problem gestellt und die Lösung wird als rekursiver Al-
gorithmus gegeben. Im Allgemeinfall bedarf dieser Algorith-
mus ziemlich komplizierte Rechnungsarbeit.

Als ein Sonderfall wird ein genau wahrnehmbares lineares
Gauss-Markov System betrachtet und in diesem Falle genügt zur
Berechnung des Algorithmus die Matrixrechnung. Für die Lösung
ist es wesentlich, dass das System genau wahrnehmbar ist, denn
es ist wahrscheinlich der einzige Fall wo man den Einfluss
der Zufallgrößen vermeiden kann.

Dieses Verfahren ist zu nichtlinearen Systemen anwendbar
in welchen die Schwankungen der Signalamplitude genügend lang-
sam sind, um die Linearization in kurzen Zeitspannen zuzulas-
sen, was die Möglichkeit bietet, die Effekte der Nichtlinearität
als durch Änderungen in Parametergrößen des linearisierten
Systems hervorgerufen, zu betrachten.

Als Beispiel werden die simulierten Charakteristiken eines
Sättigungssystems und eines Systems mit exponentieller Nichtli-
nearität untersucht.

Die Erfolge sind zufriedenstellend.

DIE APPROXIMATIONS METHODE DER IDENTIFICATION

H. Górecki, A. Turowicz

Das Approximationsverfahren in dem L -Raum zwecks einer Identifikation eines Regelungsprozesses wird untersucht. Die Sätze von Steinhaus, Markoff und Sobolev werden benutzt.

In dem Falle einer Funktion $f(x)$ einer Veränderlichen unter Voraussetzung, dass in der Klasse der Polynome vom Grade höchstens n , ein Polynom $P_n(x)$ existiert, und zwar mit den Eigenschaften 1° : $\int_a^b |f(x) - P_n(x)| dx = \min$ und 2° : Die Differenz $f(x) - P_n(x)$ hat genau $n+1$ Zeichenwechsel in $[a, b]$, müssen die Zeichenwechsel in den Nullstellen des Tschebyscheffs-Polynomes $T_{n+1}(x) = \cos[(n+1)\arccos x]$ stattfinden. Somit braucht man die Funktion $f(x)$ nur in diesen Punkten zu bestimmen. In dem Falle einer convexen Funktion von n Veränderlichen werden die Bedingungen für eine optimale lineare Approximation in dem L -Raume gegeben.

ÜBER DIE WAHL DER TEILZIELE UND DIE ANWENDUNG DER
APRIORI INFORMATION IN SELBSTLERNENDEN REGELUNGSSYSTEMEN

L.E. Jones III
Diplomingenieur-Bildungs-
system GENESIS
UNIVERSITY OF FLORIDA
PORT CANAVERAL, FLORIDA

K.S. Fu
SCHULE FÜR ELEKTRISCHEN
MASCHINENBAU
PURDUE UNIVERSITY
LAFAYETTE, INDIANA

Zahlreiche Methoden für den Entwurf von Regelungssystemen welche in unbekannten oder teilweise bekannten Umgebung die Arbeitsweise selbst lernen, wurden schon vorgeschlagen. Die meisten lernenden Schemen sind von den Methoden, welche eine kontinuierliche Einstellung der Parameter ausnützen und aus der frühesten Entwicklungszeit der Modelbezugssysteme stammen, grundsätzlich verschieden. Hauptbeiträge in diesem Gabiete waren Reglermodelle und Algorithmen. Bei der Untersuchung dieser Modelle, wird das System insoweit abstrahiert, dass ziemlich oft die Verbindung mit praktischen Überlegungen verloren geht. Diese Arbeit soll einige Resultate in der Theorie der selbstlernenden Regelung darstellen, aber auch einige praktische Probleme, welche mit der Anwendung der selbstlernenden Regler zur Lösung eines Problems verbunden sind, aufs Neue betrachten.

Diese Arbeit definiert das Teilziel als ein dem Hauptziel dh. der Minimierung des Gütekriteriums untergeordnetes Ziel. Jeder Entschluss muss im nächsten Regelungskreislauf nach seiner Einführung ausgewertet werden. Das Teilzielproblem besteht darin, ein Teilziel so zu wählen, dass es den Lernprozess in die Optimalrichtung lenkt, die durch das angegebene Gütekriterium bestimmt ist. Es wird eine analytische Lösung dargestellt, welche heuristisch verallgemeinert wird. Diese verallgemeinerte Methode nutzt die Aprioriinformation, welche die Anlage betrifft aus.

Zwei andere Probleme werden zusätzlich besprochen. Ein fixes Gitternetz wird zur Einteilung des Zustandraumes in Rege-

lungssituationen verwendet und eine Methode der Extrapolation dieses Gitternetzes wird vorgeschlagen und ausgewertet. Der Regler wird mit Hilfe der Aprioriinformationen iniziert.

Eine Simulation in vollem Massstabe bestätigt, dass die vorgeschlagenen Methoden der Teilzielwählung, der Gitternetz-Extrapolation und der Inizierung des Reglers, Verbesserungen im Vergleich mit den bisher verwendeten Methoden darstellen.

Über eine Klasse vom Adaptionssystem

Jakubowitsch W.A.

Leningrader Staatliche Universität

Leningrad

U. d. S.S.R.

In dem Vortrag wird eine genaue, formel - mäßige Aufstellung der einfachsten Variante der Aufgabe des Aufbaus eines Adoptions - systems nach einer gegebenen Klasse von Bedingungen angeführt, wobei sich das Adaptionssystem beliebigen Bedingungen dieser Klasse anpaßt. Es werden die Lösung dieser Aufgabe und die Resultate der Modellierung des Prozesses der Selbstanpassung auf einem Computer angeführt.

DER LERNPROZESS MIT ERFAHRUNGSANHÄUFUNG

Štefan Petráš

Bei der Lösung von Aufgaben der Optimalsteuerung mit unvollständigen Informationen über das gesteuerte Objekt begegnet man der grundlegenden Frage, wie der entsprechende Steuerungsalgorithmus bestimmt werden soll, besonders wenn Störungen auf das System einwirken und dieses mehrdimensional ist. Deterministische Methoden sind für diese Zwecke nicht mehr angemessen, es werden daher stochastische Methoden angewendet.

Im Referat werden neue Lernalgorithmen angeführt. Diese sind diskret stochastisch. Sie stellen in ihrem Wesen einen komplizierten Markovschen Prozess k -ter Ordnung dar. Die Realisierung des zufälligen Einheitsvektors ist bestimmt durch die bedingte Wahrscheinlichkeit des Speicherparameters. Der eigentliche Entschluss wird aufgrund der Bayesschen Entscheidung gefasst, beziehungsweise aufgrund des Prinzips der maximalen a posteriori Wahrscheinlichkeit.

Im Referat wird der Beweis erbracht, dass unter gewissen Voraussetzungen ein solcher Prozess ein martingaler bzw. halbmartingaler Prozess ist. Die Konvergenz solcher Prozesse ist angeführt.

An einem konkreten Beispiel ist der Suchvorgang für das Extrem der Funktion, die das gesteuerte Objekt beschreibt, erläutert. Die beschriebenen Algorithmen sind angemessen für die Steuerung stetiger Fertigungsprozesse stationärer Zustände anhand von automatischen Rechenmaschinen.

ZUR ERGODIZITÄT UND DEM DYNAMISCHEN VERHALTEN VON
MARKOWSCHEN KETTEN MIT ENDLICH VIELEN ZUSTÄNDEN

H.-H. Yeh

J.-T. Tou

Die Theorie des Lernens macht ausgiebig von Markowschen Ketten als mathematischen Modellen Gebrauch. Es ist auch festgestellt worden, daß stochastische endliche Automaten, die in Ingenieursystemen mit künstlicher Intelligenz eine wichtige Rolle spielen, durch eine homogene Markowsche Kette mit endlich vielen Zuständen dargestellt werden können.

Dieser Bericht untersucht die ergodischen Eigenschaften von Markowschen Ketten mit endlich vielen Zuständen mit Hilfe des Begriffs der Vektoren- und Matrizenormen, des Konzepts induzierter Operatoren und des Prinzips der Kontraktionsabbildung im endlichen, lineardimensionalen Raum.

Es wurde festgestellt, daß im Fall, wenn die kleinste Norm der induzierten Transitionsmatrix in einen invarianten Unterraum s_0 mit der Normalen $(1,1,\dots)$, kleiner als Eins ist, die Kette ergodisch ist und als kontrahierende Abbildung in den Unterraum s_0 wirkt. Umgekehrt: ist eine homogene Markowsche Kette mit endlich vielen Zuständen ergodisch, so ist sie eine kontrahierende Abbildung in s_0 . Die Norm der induzierten Übergangswahrscheinlichkeit dient als pessimistische Schätzung der Konvergenzgeschwindigkeit.

Ein allgemeines Prüfverfahren für die Bestimmung der Ergodizität und der Konvergenzgeschwindigkeit einer homogenen Markowschen Kette mit endlich vielen Zuständen wird aufgestellt. Eine notwendige und hinreichende Bedingung für Ergodizität wird aus diesem Verfahren abgeleitet, sowie auch andere Ergodizitätskriterien für Sonderfälle. Es wird festgestellt, daß Ergodizität durch die Form der Transitionsmatrix bestimmt wird und von den numerischen Werten der Matrizelemente unabhängig ist.

STATISTISCHE MINI-MAX ENTSCHEIDUNGSMETHODEN UND IHRE
VERWENDUNG ZUR LERNENDEN REGELUNG

Bunji KONDO und Shigeru EIHO

FACULTY OF ENGINEERING, KYOTO UNIVERSITY, KYOTO, JAPAN

Diese Arbeit behandelt die statistische Entscheidungsmethoden, welche als lernender Mechanismus in den optimierenden Regelungssystemen verwendet werden. Die Mini-max Entscheidungsfunktion wird verwendet, wenn wir das System wenig kennen. Die nächstbest-mini-max Entscheidungsfunktion ist im Allgemeinen als eine Funktion der Erfahrungsdaten mit Hilfe der Spieltheorie und des linearen Programmierens gegeben. Diese Strategie ist brauchbar, wenn der Datenvorrat klein ist.

Ausserdem behandelt diese Arbeit auch lernende Mechanismen, welche die Entscheidungsstrategie von der mini-max Lösung zur Bayes'schen Lösung ändern wenn der Datenvorrat genügend wächst.

STEUERBARKEIT UND SYNTHESE OPTIMALER DYNAMISCHER SYSTEME

F.M. Kirillova, R. Gabasov (Minsk)

I.A. Poletsjeva (Moskau), S.V. Tzurakova (Swerdlowsk)

UdSSR

In der Arbeit werden zwei Varianten der Steuerbarkeit von Systemen mit komplizierter Nachwirkung untersucht, welche von der Zeit, dem Zustand des Systems und der angelegten Steuerwirkung abhängen.

Relativ steuerbar heißen Systeme, in denen eine Abweichung bis zu einem vorgegebenen Zeitpunkt abgearbeitet wird. Wenn nach Abarbeitung der Abweichung die Steuerung abgeschaltet wird, kann das System nicht der geforderten Arbeitsweise folgen. Deshalb entsteht das Problem der vollständigen Steuerbarkeit von Systemen.

Notwendige und hinreichende Bedingungen für relative und vollständige Steuerbarkeit von linearen und nichtlinearen Systemen mit Nachwirkung werden angegeben. Diese Bedingungen werden durch die Koeffizienten der Differentialgleichungen (Übertragungsfunktionen) des Systems ausgedrückt.

Im weiteren werden kritische Fälle der Steuerbarkeit nichtlinearer Systeme untersucht, wenn auf Grund der linearen Näherungsgleichungen die Steuerbarkeit des Systems nicht beurteilt werden kann.

In der Arbeit werden einige Optimierungsprobleme für Systeme mit Nachwirkung formuliert, und es wurden Bedingungen gefunden, denen die optimalen Steuerungen (im Sinne eines gewählten Kriteriums) genügen.

Wie gezeigt wird, sind diese Bedingungen in vielen Fällen auch hinreichend für ein Optimum. Im Sonderfall gewöhnlicher dynamischer Systeme gehen die erhaltenen Optimumsbedingungen in das bekannte Maximumprinzip von L.S. Pontrjagin über.

Eine neue Form der Optimumbedingungen wird vorgelegt, die sich unter Beibehaltung der Eleganz des Formalismus von L.S. Pontrjagin durch größere Allgemeinheit auszeichnen. Diese Form wird auf Systeme angewendet, die durch verschiedene Gleichungsarten beschrieben werden (Integro-differential-, Integral- und partielle Differential-Gleichungen), und durch ihre Einfachheit ist sie für Ingenieure geeignet, die sich mit der Optimierung komplizierter Anlagen beschäftigen. Für ein Optimierungsproblem mit vektorieller Zielfunktion werden notwendige Optimumbedingungen abgeleitet.

Eine Anzahl von Kriterien wird angeführt, bei denen das Optimierungsproblem eine Lösung hat, d.h. es läßt sich eine Steuerung finden, die innerhalb einer vorgegebenen Klasse besser als alle anderen Steuerungen ist. Nach Ausarbeitung eines Untersuchungsverfahren für besondere optimale Steuerungen wird seine Anwendung auf die Theorie der Bremsvorgänge gezeigt. Für die numerische Lösung des Optimierungsproblems wird eine Reihe von Algorithmen vorgelegt.

In der Arbeit wird eine Übersicht über den gegenwärtigen Stand des Problems und die bestehenden Syntheseverfahren gegeben. Ferner werden das Herangehen der Funktionalanalysis an das Syntheseproblem beschrieben und neue Ergebnisse mitgeteilt, die von den Autoren in Befolgunig dieser Richtung erzielt wurden.

Weiterhin wird gezeigt, daß das benutzte Verfahren auf das Optimierungsproblem für dynamische Systeme in Spielsituationen übertragen werden kann. Ergebnisse über die Existenz optimaler Steuerungen und notwendige Optimumbedingungen für diese Probleme werden formuliert.

Zum Schluß wird die Frage der Erweiterung der Theorie der optimalen Prozesse in stetigen Systemen auf diskrete Systeme behandelt. Auf spezifische Besonderheiten der entwickelten Theorie wird eingegangen. Über notwendige und hinreichende Optimumbedingungen für diskrete Systeme werden einige Ergebnisse mitgeteilt.

DIE INTEGRALE DER MEHRWERTIGEN FUNKTIONEN UND DIE LINEAREN
PROBLEME DER OPTIMALEN STEUERUNG.

Czesław Olech
Des Mathematische Institut PAN, Kraków.

$P(t)$ sei (für $t \in [0,1] = J$) eine abgeschlossene Menge in einem endlichdimensionalem linearem Raum. Mit $\int P(t)dt$ wird bezeichnet die Menge $\{ \int u(t)dt \}$, wo $u(t)$ eine integrierbare in dem Intervalle J Funktion ist mit der Eigenschaft, dass $u(t) \in P(t)$ fast überall in J . Dieses Integral wird angewandt in manchen linearen Problemen der optimalen Steuerung. Bisher wurde nur der Fall, wo $\int P(t)dt$ eine beschränkte Menge ist, untersucht. In dieser Arbeit, wird zum ersten Mal, der Fall des unbeschränktes Integrales untersucht.

SYNTHESE OPTIMALER SYSTEME MIT DEM EINSATZ DER DEKOMPOSITIONSMETHODE

J. C. Allwright

Optimale Regelfunktionen, die zu linearen Mannigfaltigkeiten des Regelraumes gehören, werden aus den Komponenten der Basisfunktionen zusammengesetzt, die diesen Raum aufspannen. Es wird eine untere Grenze für die minimale Kostenfunktion entwickelt, die auch dann berechnet werden kann, wenn nur nicht-optimale Regelgrößen vorhanden sind. Damit wird eine einfache Bedingung für die zu einer linearen Mannigfaltigkeit gehörende, optimale Regelgröße gefunden. Diese ist eine beliebig genaue Annäherung an die optimale Regelgröße, die - für eine bestimmte Anfangsbedingung - zum Regelraum gehört. Die optimale Regelung, die zu einer linearen Mannigfaltigkeit gehört, kann auch durch ein Regelgesetz als Funktion der Anfangsbedingungen bestimmt werden. Es wird ein einfaches Verfahren hergeleitet, so dass dieses Regelgesetz eine beliebig genaue Annäherung an das Regelgesetz ist, welches die optimale, zum Regelraum gehörende Regelgröße festlegt.

Über die Bestimmung der Emissionszonen und der
=====

optimalen Trajektorien der nichtlinearen steu-
=====

ernden Systeme
=====

mgr inż. Stanisław Raczyński
Katedra Automatyki i Elektroniki Przem.
Akademia Górnictwo-Hutnicza w Krakowie

In der Arbeit ist die neue Methode der Bestimmung der Emissionszonen und der optimalen Trajektorien der nichtlinearen steuernden Systeme dargestellt, die auf Grund der Orientorfelder gestützt ist. Mit dieser Methode kann man die der ersten Ordnung partielle Differentialgleichungen bestimmen, die die Fläche, welche für dem System der Emissionszonenrand ist, beschreiben. Die optimalen Systemstrajektorien kann man mit der Gleichungslösung, unter Benützung der Cauchy-Charakteristik bestimmen. Auf diese Weise ist dieser Problem den zum gewöhnlichen Hamiltons Differentialgleichungen zurückgeführt. Die erhaltenen Gleichungen sind analogisch zu diesen, die mit der Variationsmethode zu erhalten sind, aber die Auslegung anderartig ist. Obige folgt daraus, dass die oben dargestellte, keine Variationsmethode ist. Der erwägente Problem ist ganz dicht mit der "bang-bang"-Steuerung zusammengebunden und konnte folglich die grosse praktische Bedeutung haben.

ÜBER VIELSCHRITTSPIELE

A.I. Propoi (Moskau)

Betrachtet werden diskrete Spiele mit einer festgelegten Anzahl von Schritten. Am Beispiel gleichartiger Spiele werden verschiedene Aufgabenstellungen sowohl in diskreten als auch in stetigen (differentialen) Spielen erörtert.

Für den Fall, daß ein Spiel einen Sattelpunkt besitzt, lassen sich die notwendigen Optimierungsbedingungen gewinnen. Es werden hinreichende Bedingungen dafür angegeben, daß ein diskretes Spiel einen Sattelpunkt besitzt. Häufig auftretende Fälle werden betrachtet. Für den Fall, daß das Spiel keinen Sattelpunkt besitzt, erhält man die notwendigen Optimierungsbedingungen für die Festlegung höherer oder niedrigerer Bewertungen der Spiele, d.h. für die Minimax- und die Maximin-Strategie.

Es werden Rechenmethoden in Vielschrittspielen erörtert und die Möglichkeit der Erweiterung der erhaltenen Ergebnisse auf differentielle Spiele betrachtet.

Magnetische Elemente für Systeme der automatischen Regelung

Rosenblat, M.A.; Bojartschenkow, M.A.
Moskau

Für die Konstruktion von adaptiven Systemen der automatischen Regelung werden häufig Elemente gefordert, die folgende Funktion erfüllen

$$Z = xF(y, t), \quad (1)$$

wobei x die stetige Ausgangsvariable ist und y das Steuersignal, das die Veränderung des Übertragungskoeffizienten des Elements entsprechend der Adaptivfunktion $F(y, t)$ hervorruft. Man kann die Adaptivfunktionen in vier charakteristische Arten eintheilen

$$F(y, t)_{t > t_0} = F[y(t_0)] = K \cdot y(t_0) \quad (2)$$

$$F(y, t) = K \cdot \int_0^t y \, dt; \quad (3)$$

$$F(y, t)_{t > t_0} = F \left[\sum_{j=1}^n \Delta y(t_0) \right]; \quad (4)$$

$$F(y, t)_{t > t_0} = K \operatorname{sign} y(t_0) \quad (5)$$

Im ersten Fall läuft die Adaptivfunktion auf eine Speicherung des steuernden Signals y in einem gewissen Zeitpunkt t_0 hinaus. Im zweiten Fall (3) ist die Adaptivfunktion gleich dem Integral des Steuersignals y , das mitunter die Differenz zwischen den vorgegebenen und den tatsächlichen Werten eines gewissen geregelten Parameters des Regelungssystems darstellt. Im dritten Fall (4) stellt die Adaptivfunktion eine gewisse monotone aber nicht unbedingt eindeutige Funktion der Summe der Zuwächse des

des steuernden (anpassenden) Signals dar, das in den willkürlichen Zeitpunkten t_1, t_2, t_3, \dots auf den entsprechenden Eingang des adaptiven Elementes gelangt. Die Anpassungsfunktion (4) wird gewöhnlich in Systemen benutzt, die mit der Methode der aufeinanderfolgenden Suche oder des Lernens angepaßt werden. Die Adaptivfunktion (5) nimmt nur drei diskrete Werte ($-K, 0, +K$) an, von denen häufig nur zwei Werte, z.B. 0 und K oder $-K$ und $+K$ benutzt werden.

Gemeinsam ist allen 4 Arten von Adaptivfunktionen, daß sie ein Gedächtnis besitzen. Dabei sind zur Erfüllung der Funktionen (2 - 4) analoge Speicherelemente und für die Funktion (5) diskrete (doppelte oder dreifache) Speicherelemente erforderlich. Aus diesem Grunde gerade erweist es sich als zweckmäßig, die Eigenschaften von Ferromagneten und Kernen mit rechteckiger Hystereseschleife für die Konstruktion von adaptiven Elementen zu verwenden.

Ein beliebiges adaptives Element kann auf dem Wege der Hintereinanderschaltung eines Speicherelementes, das die Adaptivfunktion $F(y, t)$ erfüllt und einer standardisierten analogen Multiplikationseinrichtung konstruiert werden. Jedoch sind diejenigen adaptiven Elemente von besonderem Interesse, bei denen die Funktionen der Anpassung und der Multiplikation in einer Einrichtung vereinigt werden.

Im Vortrag werden die Grundprinzipien der Realisierung der oben gezeigten Adaptivfunktionen auf Magnetkernen mit rechteckiger Hystereseschleife und die Methoden der Konstruktion magnetischer adaptiver Elemente mit organischer Verbindung der Funktionen der Anpassung und der Multiplikation betrachtet.

ÄUSSERE STATISCHE UND DYNAMISCHE EIN- UND AUSGANGS-CHARAKTERISTIKEN VON LOGISCHEN FOLGEELEMENTEN

N.P. Wasiljewa
(Moskau)

Beliebige Folgeschaltungen können als geschlossene Kreise aufgefaßt werden, die aus anderen geschlossenen Kreisen bestehen, insbesondere Triggern, deren äußere Charakteristiken die Arbeitsfähigkeit sowohl der äußeren geschlossenen Kreise als auch der Folgeschaltung im Ganzen bestimmen.

Unter der äußeren Charakteristik versteht man die Ein-Ausgangscharakteristik der geschlossenen Elementenkette bezüglich äußerer Signale an den Ein- und Ausgängen im Unterschied zu den inneren Ein-Ausgangscharakteristiken der geschlossenen Kette ihrer Elemente.

Auf Grundlage der Analyse, durchgeführt an Hand einiger Trigger, die typisch sind für die in der industriellen Automatisierung verbreitetsten logischen Elemente und Folgeschaltungen, wird gezeigt:

1. Die Art der äußeren statischen und dynamischen Charakteristiken der Trigger und anderer Folgeschaltungen hängt wesentlich von den Methoden der Signalsummierung im Gegenkopplungszweig ab.
2. Bei Diodensummierung der Eingangssignale in Triggern und anderen Folgeschaltungen vergrößern die gegengekoppelten Signale nicht den Verstärkungskoeffizienten der äußeren dynamischen Charakteristiken der Schaltung im Vergleich zum Verstärkungskoeffizienten der inneren Charakteristiken dieser Schaltungen.
In äußeren statischen Charakteristiken von Triggern und anderen Folgeschaltungen kann ein relaisartiger Sprung erscheinen.
Die Stör- und Funktionssicherheit von Folgeschaltungen wird am schlechtesten aus den inneren Charakteristiken bestimmt, d. h. durch die Charakteristiken der einzelnen Folgeelemente und ihrer Kettenschaltung.

3. Bei arithmetischer Summierung der Eingangssignale in Triggern und anderen Folgeschaltungen erhöhen die gegengekoppelten Signale schnell den Verstärkungskoeffizienten ihrer äußeren dynamischen Charakteristiken, so daß er negative Werte annehmen kann. Dabei verringert sich die Störsicherheit der Schaltungen auf Null oder Eins.

Die statischen Charakteristiken solcher Trigger haben einen relaisartigen Sprung bei Signalen viel kleinerer Abszisse des labilen Gleichgewichtspunktes als die ursprünglichen inneren Charakteristiken der Trigger.

4. Die äußeren dynamischen Charakteristiken synchroner, dynamischer Trigger, insbesondere Zähltrigger, fallen zusammen mit den inneren dynamischen Charakteristiken jener Trigger, die Funktionen aller Eingänge des mit dem Eingang der Gegenkopplung verbundenen Triggers sind.

ZEITSÄTZE ZUM BERICHT

"EINRICHTUNGEN FÜR PRIMÄRE INFORMATIONSVERARBEITUNG DER STEUERANLAGEN UNTER AUSNUTZUNG DER PRINZIPIEN DER QUALITENMAGNETOME"

Prof. Tischenko N.M., Prof. Lisenko A.P., Doz. Kudryawzew W.P.
MAI, UdSSR

Die Erhöhung der Anforderungen an die Informationsqualität über technologische Vorgänge in den Strecken, die mit Rechenmaschinen zu überwachen und zu steuern sind, erfordert die Ausarbeitung von neuen Prinzipien für die Umwandlung der elektrischen Kennwerte und Winkelverschiebungen, die sich durch erhöhte Präzision, Realisierungseinfachheit, gute dynamische Eigenschaften und eine gute Verkeitung mit den Rechenmaschinen auszeichnen.

Im Bericht wird gezeigt, daß eine natürliche Richtung für die Vervollkommnung von Präzisionsfrequenzumformern des Typs "Analog-kod" und "Winkel-kod" zu diesem Zweck die Entwicklung von weit bekannten und praktisch in der Magnetometrie anzuwenden, den Frequenzprinzipien der Kernspektroskopie ist. In ihren Anfängen sind die ersten Geräte Quantentyps entwickelt worden /z.B. Maser des radiotechnischen Bereichs/.

In der Kernspektroskopie hat man mit den Atomkonstanten zu tun, z.B. in der Form des hyromagnetischen Verhältnisse eines Kerns oder eines Atoms. Zur Zeit werden in der magnetometrischen Technik bei der Erforschung des magnetischen Feldes der Erde vollkommen stabile magnetische Quantenmesser /"magnetisch Maser"/ eingesetzt, deren wichtige Besonderheit eine praktische Unabhängigkeit der Frequenz an ihrem Ausgang von den Parametern der Umgebung darstellt.

Derartige Geber haben praktisch ideale Linearität, hohe Empfindlichkeit und sind für den Aufbau von Präzisionsumwandlung der verbreiten Anwendung sehr effektiv auszunutzen. Besondere Möglichkeiten bestehen bei der Verwendung der technischen Kryogenelemente in den Quantenumwandlern und nichtstationärer Erscheinungen der magnetischen Kernresonanz, zum Überwachungszwecke von kleinen Änderungen der magnetischen Feldstärke, die als Zwischenparameter des Umwandlungsvorgangs auftritt.

DIE MESSUNG DER DICHE MITTELS MAGNETISCHEN ABSTOSSUNG

Kamekichi SHIBA und Tadashi ICHINOSE

FACULTY OF ENGINEERING, TOKYO UNIVERSI-
TY, 2100 NAKANODAI, KUJIRAI, KAWAGOE-SHI
SAITAMA PREFECTURE, JAPAN

Ein Schwimmkörper mit einem Dauermagnet befindet sich in der Flüssigkeit, während ein anderes Magnet /Dauer- oder Elektromagnet/ von Aussen den Schwimmkörper durch magnetische Abstossung im Schweben erhält. Das äussere Magnet ist an einem Arm einer Waage befestigt. Es ist theoretisch bewiesen, dass der scheinbare Massenzufluss des ausseren Magnets der scheinbaren Masse des Schwimmkörpers in der Flüssigkeit gleich ist. Diese Erscheinung bildet das Messprinzip dieser Methode und wurde Erfahrungsweise geprüft. Bei dieser Methode ist es nicht nötig die Lage des Schwimmkörpers in der Flüssigkeit und die Kraft des äusseren Magnets zu kennen, denn die Messung wird durch Magnetkraftschwankungen nicht beeinflusst, solange das Magnet genug Kraft aufweist um den Schwimmkörper innerhalb der Flüssigkeit im Schweben zu erhalten.

Diese Methode eignet sich sehr gut zur Messung der Dichte in automatischen Regelungssystemen.

EIN ALLGEMEINES SYNTHESEVERFAHREN FÜR LINEARE UND
NICHTLINEARE REGELKREISE

P.M.Frank, Universität Karlsruhe
Bundesrepublik Deutschland

Ein Verfahren zum praktischen Entwurf von Reglern für lineare und nichtlineare Regelstrecken wird beschrieben, das auf dem folgenden Prinzip aufbaut:

- 1.) Parallelkompensation der Regelstrecke durch Nachbildung der Strecke (zwecks Stabilisierung des Regelkreises und Störantwortbefreiung) und
- 2.) Serienkompensation der Regelstrecke (zwecks optimaler Steuerung).

Durch die Strukturierung des Reglers wird das Entwurfsproblem auf ein reines Steuerungsproblem zurückgeführt, welches ohne Berücksichtigung der Stabilität des Regelkreises durch optimale Approximation der inversen Struktur der Strecke gelöst werden kann. Es wird gezeigt, daß das Verfahren selbst bei komplizierten Regelstrecken eine Aussage über die jeweiligen Grenzen einer Regelung zuläßt und schlüssig auf die zugehörige Reglerstruktur führt.

Die Anwendung des Verfahrens auf lineare Regelstrecken mit konzentrierten und verteilten Parametern sowie auf nichtlineare Regelstrecken wird untersucht. Als Beispiel wird der Entwurf einer nahezu schnelligkeitsoptimalen stetigen Regelung einer Einspeicherstrecke mit Stellgrößenbegrenzung beschrieben.

EIN ALGEBRAISCHES VERFAHREN ZUR KOMPENSATION VON FOLGESYSTEMEN

Klaus W. Pleßmann

Technische Hochschule Aachen

Ausgehend von der Darstellung eines Folgesystems als Normpolynom- und Normfunktionform wird ein Verfahren abgeleitet, welches Folgesysteme auf diese Form transformiert. Die hierfür notwendigen Kompensationselemente ergeben sich unter Berücksichtigung von Realisierungsbedingungen unmittelbar aus dem zu betrachtenden System. Es zeigt sich, daß für die Anwendung von der Ortskurve der Strecke ausgegangen werden kann. Hierbei ergeben sich die Parameter des Kompensationselementes mittels eines graphischen Verfahrens. Ferner ergibt sich, daß das zu ermittelnde Element durch eine Näherung ersetzt werden kann, die bei einfacher Anwendbarkeit gute Ergebnisse liefert. An Hand eines Beispiels wird das abgeleitete Verfahren vorgeführt.

EIN EINFACHES VERFAHREN ZUR SYNTHESE VON ABTASTREGELUNGEN
MIT HILFE DER LOGARITHMISCHEN FREQUENZKENNLINIEN

Wolfgang Latzel

Dornier-Werke

Friedrichshafen

Deutschland

Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, durch das die zur Dimensionierung stetiger Regelsysteme bekannten Vorteile der Frequenzkennliniendarstellung direkt auf die Synthese von Abtastregelungen übertragen werden können. Die betrachteten Abtastsysteme setzen sich zusammen aus einer durch eine Differentialgleichung beschriebenen Regelstrecke, einem Halteglied nullter Ordnung und einem Regler, der beschrieben wird durch eine Differenzengleichung bzw. eine Übertragungsfunktion

$$G(z) = \frac{d_0 + d_1 z^{-1} + \dots + d_n z^{-n}}{1 - c_1 z^{-1} - \dots - c_n z^{-n}}$$

von der Ordnung $n = 1, 2, 3$.

Zur direkten Anwendung des Frequenzkennlinienverfahrens wird eine für Halteglied und Regler im Bereich $\omega = 0 \dots \infty$ gültige Beschreibung durch eine Übertragungsfunktion $G(p) = G_1(p) \cdot G_2(p)$ angegeben. Darin beschreibt $G_1(p)$ einen idealen, stetigen Regler mit PD-, PID-, PD₂- oder PID₂-Zeitverhalten, während in $G_2(p)$ die mit dem Abtasten verbundenen Eigenschaften enthalten sind. Für Regler mit I-Anteil gilt $\sum c_i = 1$.

Die Koeffizienten des Abtastreglers sollen so dimensioniert werden, daß sich als Führungs-Übergangsfunktion des Regelkreises eine genäherete "dead beat response" ergibt. Die dazu gehörige Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises $F_0(p)$ wird abgeleitet und der Dimensionierung des Abtastreglers zugrunde gelegt. Für Regelstrecken der Ordnung $N \geq 2$ (mit $n \leq N$) zeigt das Verfahren gute Ergebnisse.

SUBOPTIMALE REGELUNG VON REGELSTRECKEN HÖHERER ORDNUNG MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON ALLPASSEIGENSCHAFTEN

W. Becker

Institut für Regelungstechnik
Aachen / Deutschland

~~Rückführung (Anhänger)~~

In allen technischen Anlagen sind die physikalischen Größen gewissen Beschränkungen unterworfen. Insbesondere die Stellgeschwindigkeitsbegrenzung ist für die Regelungstechnik in vielen Fällen nicht zu vernachlässigen. Dann liefert bei den hier diskutierten Regelstrecken die zeiotoptimale Regelung einen Vorgang, der aus n Schaltintervallen besteht und die kleinste lineare Regelfläche besitzt, wenn man keine Überschwingungen zuläßt. Die Abhängigkeit dieser Regelfläche von den Systemparametern wird angegeben. Es wird gezeigt, daß ein Vorgang, der nur aus 2 Schaltintervallen, bzw. nur einem einzigen, besteht, dem optimalen Vorgang in vielen Fällen sehr nahe kommt. Die Abweichung läßt sich stets einfach bestimmen. Die Realisierung dieses suboptimalen Vorganges mit 2 Schaltintervallen führt auf eine Reglerkonstruktion, die eng mit dem linearen PID-Regler verwandt ist. Durch eine universelle Nichtlinearität wird die Rückführung des Reglers an die begrenzte Stellgeschwindigkeit angepaßt. Die Einstellwerte des Reglers ergeben sich in einfacher Weise aus den Kennwerten der Regelstrecke. Das System ist gegen Parameteränderungen nicht empfindlich und arbeitet auch bei beliebigen Störungen zufriedenstellend. Bei einem Schaltintervall erhält man den bekannten Zweipunktschalter mit verzögerten Rückführung, der zusammen mit dem integralen Stellglied dem linearen PI-Regler sehr verwandt ist. Diese Regler sind nicht aufwendiger als die linearen PI- und PID-Regler, können diese aber überall dort ersetzen, wo der Regelvorgang durch Stellgeschwindigkeitsbegrenzungen beeinträchtigt wird. Da die technischen Möglichkeiten von diesen Geräten weitgehend ausgenutzt werden, können sie andererseits dazu führen, in wesentlich stärkerem Maße solche Beschränkungen bewußt in Kauf zu nehmen, wodurch sich wirtschaftlich günstigere Anlagen ergeben.

Die Minderung von Dynamikfehlern durch
unterbrochene Parameterschwankung

R.M. Davies, T.H. Lambert, M.J. Joby
Abteilung des Maschinenbaus
University College London

Der Zweck der meisten Hilfsmechanismen ist das wedergeben von einem Kontrollsignal mit Kraftsteigerung. Normalweise macht man es mit einem fehlerberängten Gerät, und dies hindert vollkommene Gleichheit zwischen Aufnahme und Regelgross unter dynamischen Umständen.

Flügge-Lotz und Wunch haben eine Methode vergeschlagen, um Dynamikfehler durch unterbrochene Parameterschwankung zu reduzieren. Ursprünglich wurde dies für Systeme der zweiten Reihenfolge, und später bis zur dritten ausgedehnt. Das hier dargestellte System findet für Systeme der kleineren Reihenfolge ähnliche Resultate wie die von Flügge-Lotz und Wunch; der neue Vorgang aber erlaubt leicht Ausdehnung bis zu Systemen höheren Reihenfolgen.

Das Referat stellt auch die experimentale Verwendung Schaltungs-kontrolle zwischen Parametern für einen elektrischsignalisierten träge-passiv beladenen electrohydraulischen Hilfsmechanismus dar, und es wird bewiesen, dass die vorhergesagte von analoger Nachahmung gesteigerte Reaktion erreicht wird. Die Wirkungen von Schalterverzug werden diskutiert, und man zeigt dass um die Reaktion hochrängiger Systeme zu verbessern, die sich bewegenden Komponenten des Kontrollers schwer beschränkt werden. Auf diese weise erweist es sich dass mechanische Schütze unzulänglich sind, und es werden Halbleiterschalterstromkreise entwickelt. Mit dieser Modifikation ist es möglich, die Reaktion des ganzen systems zu verbessern, undem man die Schalterlogik in den Rückkopplungsweg eingeführt. Diese Logik wird auch in die Schleife um das electrohydraulische Ventil eingeführt, aber die mit dem kleineren Beharrungvermögen seiner sich bewegenden Teile verbundenen höheren Resonanzfrequenzen deuten an, dass eine Verbesserung nur dann erwartet werden kann, wenn der Kontroller neuentwerfen wird, um den höheren des schnellschaltens Bedarfen zu entsprechen.

Das Referat gibt eine volle Diskussion dieser Beschränkungen; es weist auch nach, wie die Philosophie der Kontrolle durch aussetzende Parameterschwankung an praktische nichtlineare Systeme angewendet werden kann. Sowohl analoge wie auch experimentale Resultate für das Reagieren werden mit eingeschlossen.

NEUERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER QUANTISIERUNGS-EFFEKTE IN AUTOMATISCHEM
REGELUNGEN

Alexander Weinmann

Die vorliegende Arbeit befaßt sich vornehmlich mit der Quantisierung von Signalen, deren Amplitude in der Größenordnung von einigen wenigen Quantisierungsstufen liegt. Die Auswirkungen solcher zwei- und mehrstufiger Quantisierungselemente auf geschlossene Regelungen werden gezeigt.

Vorangestellt werden spektrale Untersuchungen mehrstufiger Systeme mit deterministischer Zuordnung; sie zeigen ausgeprägte Resonanzerscheinungen bei nur geringen Amplitudenvariationen.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt mit Schwingungsbedingungen geschlossener Regelungssysteme, in denen mehrstufige Übertragungselemente mit deterministischer Quantisierung oder mit verwandten Signalveränderungen liegen.

Die Überlegungen werden schließlich auf statistische Zwei- und Mehrstufenprozesse ausgedehnt, die eine spezielle, von der Aufgabenstellung digitaler Regler herrührende Wahrscheinlichkeitsverteilung für den Quantisierungsfehler besitzen. Zwei praktische Verfahren werden erwähnt und zum Teil auch durch ausführliche Meßergebnisse belegt, die die bedeutende Erniedrigung bzw. Kompensation der Quantisierungseinflüsse im Stationärzustand zeigen. Der gerätetechnische Aufwand für die beschriebenen Verfahren ist sehr klein.

EIN OPTIMALES HEIZUNGSSYSTEM

Adel H. Eltimsahy

UNIVERSITY OF TOLEDO
TOLEDO, OHIO
U.S.A.

Louis F. Kazda

UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN
U.S.A.

In dieser Abhandlung wird ein mathematisches Modell eines Gasbeheizten, Umlauflufthausherzungssystems welches früher entwickelt wurde /1/, dazu benutzt um eine Methode für die Optimalregelung eines solchen Systems in Bezug auf ein vorgeschriebenes Gütekriterium auszuarbeiten. Das Optimierungsproblem besteht darin, die Abweichung der Zimmertemperatur von einem vorgeschriebenen Werte zu Null zu bringen, während man gleichzeitig den Wert einer Leistungs- oder Kostenfunktion J minimalisiert. Die Entwicklung dieser Optimalregelungsformel geht in vier wesentlichen Schritten vor: a/ Die Umwandlung des mathematischen Modells in eine Gestalt welche der Optimierungstechnik besser angepasst ist, b/ Bestimmung eines Optimierungskriterium welches den Hauptzweck d.h. die Minimalisierung der Abweichungen der Zimmertemperatur von dem vorgeschriebenen Werte enthält, c/ Wählen einer solchen Optimierungstechnik, die dem Optimierungsproblem am besten entspricht, und d/ Entwicklung eines Optimalregelungssystem in welchem die vorher entwickelte Optimierungstechnik angewendet wird. Endlich wird dieses optimale System analysiert und mit dem konventionellem Heizsystem verglichen, indem ein Zahlenbeispiel verarbeitet wird.

Mehrdimensionale lineare Extrapolation für Aufgaben der optimalen Projektierung und Regelung

Rastrigin, L.A.; Trachtenberg, W.S.
Riga

Die Veränderung der Situation im Prozeß der Projektierung von Systemen oder die Drift von Parametern der Regelstrecke führen zu der Notwendigkeit einer wiederholten Durchführung der Rechnung zur Bestimmung der optimalen Parameter des Systems oder der Regelung.

Ein solches Verfahren zur Berücksichtigung der Veränderung der Situation ist unrationell und führt zu einer Verringerung der Effektivität und der Einsatzmöglichkeit der Regelung. Es wird ein Algorithmus ausgearbeitet, bei dem die Information, die sich als Ergebnis der bereits durchgeführten Berechnungen angehäuft hat, für die Abschätzung der Parameter in der folgenden neuen Situation benutzt wird. Diese Abschätzung wird auf der Grundlage einer sehr begrenzten Lehrfolge ohne Durchführung des Verfahrens der Mehrparameteroptimierung durchgeführt.

Für einfache lineare und nichtlineare Funktionen wurde die theoretische Erforschung der Fehler bei der Wiederherstellung dieser Funktionen nach der Methode der mehrdimensionalen linearen Extrapolation vorgenommen. Die Erforschung der Fehler bei der Wiederherstellung komplizierter linearer Funktionen wird durch die Anwendung einer elektronischen Rechenmaschine für das Beispiel der Abschätzung der Koeffizienten des Polynoms durchgeführt, das auf die beste Weise die vorgegebene Funktion approximiert. Die Werte der Funktion sind in einigen Punkten des Beobachtungintervallus bekannt, deren Anzahl kleiner ist als der Grad des Approximationspolynoms.

Die Methode der mehrdimensionalen Extrapolation wurde bei der Kennwertermittlung der Strecke für eine Einstellung der Parameter des selbsteinstellenden Modells ohne Suche angewendet. Zur Bestimmung des Zustandes des Systems wurde die Autokorrelationsfunktion des Ausganges der Strecke oder die Kreuzkorrelationsfunktion des Einganges und des Ausganges der Strecke ausgewählt. Experimente zur Bestimmung der Parameter des Modells durch die Methode der mehrdimensionalen Extrapolation, die auf einer elektronischen Rechenanlage für theoretische und ausgewählte Korrelationsfunktionen ausgeführt wurden, zeigten gute Ergebnisse im Sinne der Annäherung des vorausgesagten Modells an das theoretisch optimale.

"ABSCHÄTZUNG DER MINIMALEN VARIANZ VON PARAMETERN UND ZUSTÄNDEN IN
KERNENERGIEANLAGEN"

by L. J. Habegger, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, U.S.A.
R. E. Bailey, Purdue University, Lafayette, Indiana, U.S.A.

Die experimentelle Identifizierung von dynamischen Kennzahlen von Kernenergieanlagen mit Hilfe der üblichen Methoden wie z.B. die Messung der $1/e$ -Periode oder Messungen der Überführung mittels Kontrollstab-Schwingungen oder durch die Eingabe von Zufallsgeräuschen ist durch die folgenden Schwierigkeiten begrenzt:

- (1) Eine Informationsmöglichkeit besteht nur für eine geringe Zahl von vereinzelten Parametern.
- (2) Unmöglichkeit einer Überwindung der grundlegenden Nichtlinearität der Kernenergieanlagen.
- (3) Die lange Zeit die für die Experimente benötigt wird macht eine Kontrolle der häufig vorkommenden Änderungen der dynamischen Kennzahlen praktisch unmöglich.
- (4) Die Anlage erfordert eine hochspezialisierte Apparatur für die Erzeugung einer bestimmten Eingabe in das System.

Diese Abhandlung beschreibt eine Methode für eine Sequenz-Abschätzung der minimalen Varianz welche die obenerwähnten Schwierigkeiten umgeht. Bei diesem Verfahren werden die dynamischen Parameter des Systems abgeschätzt mit Hilfe von Messungen der Ausgabe des Systems auf der Grundlage von bekannten willkürlichen Eingaben.

Die Methode wurde praktisch erprobt an drei Kernenergie-Systemen, dem EBR (Experimental Boiling Water Reactor), EBR-II (Experimental Breeder Reactor-II) und an dem Forschungsreaktor PUR-I (Purdue University-I). Die Ergebnisse werden diskutiert. Bei der experimentellen Anwendung auf den EBR beruhten die Parameterabschätzungen auf gleichzeitigen Messungen der Leistung und des Druckes während der transientes Kontrollstabsenkung. Diese Abschätzungen wurden in sechs verschiedenen Leistungsintervallen wiederholt um die Parameter als Funktionen der Leistung zu bestimmen. Das Verfahren war erfolgreich und ergab Parameterabschätzungen die einem physikalischen Sinn besaßen und eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen Transienten und denen aus dem Modell gefolgerten zeigten. Zusätzliche Untersuchungen am EBR-II und PUR-I die einen kleineren Spielraum einnahmen, zeigten die Anwendbarkeit der Methode für die Lösung von zahlreichen Identifizierungsproblemen.

ZUSTANDSBEZEICHNUNG EINER KLASSE LINEAR VERTEILTER
SYSTEME

G.A. Phillipson und S.K. Mitter

SYSTEM RESEARCH CENTER
CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY
CLEVELAND, OHIO 44106

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Problem der Zustandsbezeichnung einer Klasse linear verteilten Parametersysteme. Da das System durch eine Teildifferentialgleichung beschrieben ist, ist für die Lösung die Kenntnis der Anfangsbedingungen und der Umgebungseingriffglieder, inclusiv der Randbedingungen nötig.

Gegeben sind: 1/ ungenaue Messungen der Anfangsbedingungen und Umgebungsabhängigkeiten, 2/ ungenaue und möglicherweise unvollständige Messungen des Systemzustandes; man bestimme mit Hilfe dieser Daten die wahren Anfangs- und Grenzbedingungen welche mit einer bestimmten Teildifferentialgleichung, die in einem gewissen Sinne optimal im Bezug zu den Ausgangsdaten ist, verbunden sind.

Die Grundlage zur Wahl der Estimation der Grenz- und Anfangsbedingungen, welche mit einer bestimmten Teildifferentialgleichung verbunden sind, das heisst des Optimalkriterium ist das Kriterium der "kleinsten Quadrate". Theoretische Resultate und ein Rechenschema mit Zahlenwerten sind dargestellt.

DIE OPTIMIERUNG DER MESSUNGEN BEI DER OPTIMALREGELUNG
DER CHARGENPROZESSE

Akira SANO und Mitsuru TERAO

UNIVERSITY OF TOKYO, JAPAN

Um die nötige Anzahl der Messungen und ihre Genauigkeit, bei der direkten Digitalregelung der Chargenprozess zu verringern, sucht man nach der optimalen Messzeitpunkt-Einstellung. Diese Arbeit zeigt, dass die optimale Einstellung nicht nur durch die Prozesskonstante, die Gestaltung der Kostenfunktion und ihre Parameter, sondern auch durch die Messgenauigkeit und das Störsignal stark beeinflusst werden. Die Kostenfunktion /Regelgüte/ welche aus Quadraten der Regelabweichungen und Endzustand-Abweichungen oder bleibender Regelabweichungen bestehen, sind mittels der Theorie der Linearestimation und der Methode der stochastischen Optimierung ausgewertet worden.

Die Besprechung betrifft einerseits der Einschwingzustand-Optimierung d.h. des Endstandregelungsproblems und weiterseits der Beharrungszustandoptimierung.

Im ersten Falle, wenn nur eine Messung vorgenommen wird und der Prozess durch statistisches Rauschen gestört wird, nähert sich der optimale Messzeitpunkt bei einem stabilen Prozess mit kleiner Zeitkonstanten asymptotisch der Endzeit an, während bei einem stark instabilen Prozess er sich der Mitte des Regelungintervalls annähert. Für einen stabilen Prozess liegt der optimale Messzeitpunkt nahe der Endzeit, wenn die Anfangs-Unbestimmtheit vernachlässigbar ist, und wird beschleunigt, wenn die Anfangsunbestimmtheit vorhanden ist.

Mehr als eine Messung ist nötig, um die Optimierung des Beharrungszustandes zu erzielen, und die optimale Zeitpunkte der Messungen, welche äusseren Störungen unterzogen sind, haben fast gleichmässige Intervalle. Diese Arbeit bietet ein Kompromiss zwischen der Anzahl und der Genauigkeit der Mes-

sungen für eine gegebene Leistung dar, welches die allgemeinen Messkosten für den stabilen und instabilen Prozess vermindert.

Diese Betrachtungen haben einen allgemeineren Charakter und umfassen nicht nur die stabilen, sondern auch die instabilen Prozesse wie z.B. Fermentationsprozesse oder Kernreaktor-Vorgänge und können auch zur Messungsoptimierung der Prozesse mit vielen Veränderlichen verwendet werden.

DIE Wahrnehmbarkeit LINEARER DYNAMISCHER MESSSYSTEME
UND EINIGE VERWENDUNGEN

Takashi Sekiguchi

YOKOHAMA NATIONAL UNIVERSITY
YOKOHAMA, JAPAN

Wenn wir nicht annehmen können, dass die Ansprechgeschwindigkeit eines Messgerätes oder eines Messumformers genügend gross ist, um im Vergleich mit den Änderungen des Messwertes /Eingangswert für das Messgerät oder den Ferngeber/ vernachlässigbar zu sein, müssen wir dieses Messsystem als ein dynamisches Messsystem betrachten.

In einem solchen Falle sind die Verhältnisse zwischen dem Eingangs- und Ausgangssignal durch Differential- oder Differenzengleichungen beschrieben.

Die Wahrnehmbarkeit eines solchen Systems ist eine Erweiterung der Kalman's -Zustand Wahrnehmbarkeit und ist der Wahrnehmbarkeit des Eingangswertes gleichwertig.

In diesem Beitrag, sind die genügenden und notwendigen Bedingungen, als Lehrsätze und Folgesätze für Systeme mit diskreter, kontinuierlicher und gemischter Werteingabe enthalten.

Ausserdem sind Anwendungen zu konkreten Problemen wie z.B. Messung des dynamischen oder nichtbeständigen Motordrehmoments mit Hilfe eines Dehnungsmessgerätes /mit Versuchsanordnung/ besprochen.

ÜBER DIE PROBLEME ZUR FESTSTELLUNG DER FLUTKANALSPARAMETER

Shvi K.K. Bandyopadhyay, S. Dasgupta

Die Feststellung der Flutkanalparameter ist für die Simulation des Kanals, sowie für die Bestimmung der zum Regeln der Flutkanaleigenschaften notwendigen Arbeit, von Ausserst Wichtigkeit, und meistens sehr nutzbar für die Lösung der zusammenhangenden Probleme. Solche Feststellungen werden normalsweise durch Schematisierung des Flutkanals gemacht, und die Flutrechnung verlangt häufig lange wiederholende Algorismus.

Während die Kenntnis von gewisser Kanalparametern zur Bestimmung der Wiedergabe entsprechend einem Eingangswert des Kanals notwendig ist, verändern sich aber die Parameter langsam mit der Zeit. Eine schnelle Berechnung dieser Grösse von den gemessenen Daten ist deswegen notwendig.

In die vorliegende Arbeit werden einige neue Methoden erläutert, welche die Kanalparameteren von den gemessenen Daten leicht bestimmen lassen. Das Algorismus verlangt keine Wiederholung.

Eine Methode zur Berechnung der Reibungskoeffizient-für irgend einen Teil des Flutkanals ist gegeben und mit den anderen Methoden verglichen worden. Solche Flutkanäle abschärfen sich exponentiel und ihre Vorgänge sind sehr ähnlich mit der exponentiell abschärfenden Übertragungsleitung für Niederfrequenz.

Zur Bestimmung gewisser Parameteren Hilfe des Vierpole-Netzwerkes und des Phasendiagrams genommen worden.

Alle diese Methoden waren zur Bestimmung der schicklichen Parameter des Flusses Hooghly in Indien angewandt worden und die Ergebnisse mit der anderen Methoden verglichen worden.

REGELUNGSPROBLEME DES VERZÖGERTEN ANSPRECHENS

D.H. Chyung, UNIVERSITY OF IOWA
E.B. Lee, UNIVERSITY OF MINNESOTA

In dieser Arbeit weisen wir auf Änderungen hin, welche in die Theorie der optimalen Regelung eingeführt werden müssen, wenn das Regelstreckenmodell Abhängigkeit von dem vorhergehenden Verlauf der Zustandvariable und der Regelgröße aufweist. Genauer sprechend, betrachten wir Systeme, welche durch lineare, differentielle Funktionalgleichungen modelliert sind. Das System kann auch zusätzliche Seitenbeschränkungen oder Mehrfachkost-Funktionale besitzen. Das Problem der Existenz eines Optimalreglers wird betrachtet und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für einen Optimalregler wurden abgeleitet.

OPTIMALE STEUERUNG VON LINEAREN PROZESSEN MIT
VERZOGERUNGEN DES ZUSTANDES BEI QUADRATISCHEN
QUALITATSFUNKTIONALEN.

Andrzej MANITIUS /Polen/

In der Arbeit wird die Theorie einer optimalen Steuerung von Prozessen beschrieben, die durch lineare Differential - gleichungen mit verzögertem Argument dargestellt sind und deren Qualität mit Hilfe quadratischer Funktionale angegeben ist. Die wesentliche Schwierigkeit dieses Problems beruht auf der unendlichen Dimension des Zustandvektors des Prozesses. Auf Grund des Pontriagin'schen Maximum Prinzips, wurde das Problem mit den Fredholm-Integralgleichungen zweiter Art erfasst. Das Bestehen und die Eindeutigkeit der Lösungen der untersuchten Integralgleichungen sowie das Bestehen und die Eindeutigkeit der optimalen Steuerung wurden mit Hilfe der Fredholmstheorie bewiesen. Eine allgemeine Form der Steuerung für verschiedene Varianten des Problems /Steuerung in offenen und geschlossenem Kreis, mit Prädiktion u.s.w./, seine Linearität im Verhältnis zum Prozesszustand und eine Reihe von speziellen Eigenschaften wurden dissuktiert. Weiter, wurde das Bestehen eines gewissen Matrixkerns bewiesen, der die Gesamtlosung des Problems darstellt; einige Integral-, Differential- und Matrixgleichungen des Riccati-Typs wurden für diesen Kern entwickelt.

Eine Reihe wesentlicher Analogien zur bekannten Lösung des durch R.E. Kalman angegebenen Problems einer optimalen Steuerung von linearen Prozessen ohne Verzögerung wurde gezeigt. Es wurde bewiesen, dass die dargestellten Ergebnisse im Falle ohne Verzögerung genau die Kalmans Resultate wiedergeben.

Die angeführten Ergebnisse können einen Ausgangspunkt für Berechnungsalgorithmen einer Optimalisierung darstellen, was z.B. für chemische und Zuckerindustrieprozesse von Bedeutung ist.

GRENZEN DER VERHALTENMESUNG UND MINIMAX REGLER
IN SYSTEMEN MIT VERZÖGERUNGSZEIT *

A.J. Koivo^{xx}
PURDUE UNIVERSITY
LAFAYETTE, INDIANA

S.J. Kahne H.N. Koivo^{xx}
UNIVERSITY OF MINNESOTA
MINNEAPOLIS, MINNESOTA

Wenn ein System beschränkten Störungen unterworfen ist, weicht der Wert des Gütekriterium vom Nominalwert ab. Die obere und untere Grenze des Gütekriteriums für Systeme mit Verzögerung können durch Verwendung der Theorie der optimalen Regelung bestimmt werden. Solche Grenzen bilden ein gutes Mass des Einflusses der möglichen Störungen, welche auf das System wirken können. Da ein optimaler Regelkreis für Systeme mit Verzögerung nur selten bestimmt werden kann, bietet ein Näherungs-Optimalregler welcher mit Veränderlichen des laufenden und/oder des verzögerten Zustandes operiert, eine praktische Lösung.

Solche Regler können mit Hilfe des Mini-max-Kriterium entworfen werden. Es ist eine Methode des Entwurfes dargestellt, welche mit Beispielen erläutert ist.

*Diese Arbeit wurde teilweise durch National Science Foundation Grant Nr. GK-1960 und NASA Grant NGR-005 - 063 Projekt 34, unterstützt.

^{xx}Ehemals Koivuniemi

DIE OPTIMALE DISKRETE REGELUNG DER SYSTEME MIT ZEIT- VERZÖGERUNG

J.F. Banas, A.G. Vacroux

Die optimale stückweise - linear - konstante Regelung der Systeme mit Zeitverzögerung, in welchen zeitvariable Verzugszeiten des Zustandes und der Regelung auftreten, werden untersucht. Am Anfang wird nur eine Verzugszeit im Zustande in Betracht genommen; eine Hamiltonische Funktion und ein System, welches die Zeitabhängigkeit der Vorzugszeit enthält, werden bestimmt; man nimmt an, dass die Vorzugszeit im Zustande $0(t)$ für $\epsilon(t) \gg 0$ ist und dass $0 \leq \epsilon(t) < 1$ für $t_{\text{Anf.}} \leq t \leq t_{\text{Ende}}$ ist.

Örtliche Vorbedingungen werden für die Optimalregelung der Systeme, welche nicht unbedingt linear sein müssen, gefunden. Eine dieser Bedingungen besteht darin, dass die Hamiltonische Funktion ein örtliches Maximum oder unbeweglich betreffs der Optimalregelung ist. Ein Maximalprinzip für lineare Systeme mit Zeitverzögerung, welche ein quadratisches Gütekriterium besitzen, wird formuliert. In diesem Fall muss die Hamiltonische Funktion ein globales Maximum in Bezug auf die Optimalregelung darstellen.

Die Vorbedingungen für die Optimierung des Systems werden modifiziert, wenn das System zu den Verzugszeiten des Zustandes zeitvariable Vorzugszeiten im Regelkreis enthält.

Ein analytisches Beispiel wird angeführt um die Theorie zu erläutern. Es zeigt einige der Schwierigkeiten, auf welche die Lösung der Optimalregelungsprobleme bei zeitvariablen Verzögerungszeiten trifft.

ÜBER DIE OPTIMALE STEUERUNG MIT BESCHRÄNKUNGEN
FÜR DIE PHASENKOORDINATEN DES SYSTEMS

A.B. Kurshanskij, Ju.S. Ossipow
(Swerdlowsk)

Untersucht werden Fragen im Zusammenhang mit dem Problem der Optimierung eines (nichtregulären) konvexen Funktionals auf den Trajektorien linearer Systeme bei beschränkten Phasenkoordinaten und mit dem Problem der Steuerung mit beschränkten Phasenkoordinaten unter der Bedingung der Minimierung des vollen Impulses der steuernden Einwirkung des linearen Systems.

Für die erstgenannten Probleme werden insbesondere die spezifischen Schwierigkeiten betrachtet, die durch das Auftreten von Kriechbewegungen bedingt sind. Bei den Problemen der zweiten Gruppe, bei denen die optimalen Steuerungen verallgemeinerte δ -Einwirkungen enthalten, wird die Struktur der optimalen Lösungen untersucht.

DAS AUFFINDEN DER ANFANGSWERTE DER HILFSVERÄNDERLICHEN BEI DER ZEITOPTIMALE STEUERUNG VON EINE KLASSE LINEAREN SYSTEME

I.P. Zwetanov

INSTITUT FÜR TECHNISCHE KYBERNETIK
SOFIA 13, VR BULGARIEN

In dieser Arbeit wird die genaue Lösung einer der grundlegenden Probleme der optimale Steuerung das Auffinden der Anfangsvektor $\vec{V}(0)$ für das Hilfssystems, der mittels dem Maximumprinzip für eine wichtige Klasse lineare Objekte die optimale Zeitsteuerung bestimmt angegeben.

Die Lösung ist in zwei Etappen aufgestellt:

Zuerst werden die Schaltzeiten der optimale Steuerung t_1, t_2, \dots, t_n als Parameter, die Bedingung $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$ erfüllen, aufgefast. Der Raum der Anfangsvektoren $\vec{V}(0)$ wird in n gegenseitig sich nicht schneidene Untermengen \mathcal{V}_l ($l=0, 1, 2, \dots, n-1$) unterteilt. Für jedes $l=0, 1, 2, \dots, n-1$ besitzt die Untermenge \mathcal{V}_l^0 alle $\vec{V}(0)$ für die l Schaltzeiten existieren. Das Theorem 1 bestimmt den genaue Typ von \mathcal{V}_l^0 .

Weiter werden die Schaltzeiten t_1, t_2, \dots, t_n bestimmt. Es werden $2n$ tranzendente Systeme abgeleitet. Eine von denen führt die Schaltzeiten der optimale Steuerung und der Anfangszustand \vec{x}^0 der zu steuernden Objekts in eine analytische Abhängigkeit zusammen.

Die genaue Lösung des betrachteten Problems ist in Theorem 2 und Lemma 3 angegeben.

EIGENSCHWINGUNGEN PNEUMATISCHER LEISTUNGSVERSTÄRKER
UND EINE LÖSUNG ZWECKS IHRER BEHEBUNG

dr. A.Boros, UAdW, BUDAPEST

Es ist der ganzen Welt die Verwendung des Kraftkompressions-Leistungsverstärkers mit intermittendem Luftverbrauch verbreitet, Gegenstand unseres vorliegenden Vortrages. Die Ergebnisse der theoretischen Schwingungsuntersuchung, durchgeführt mit einem ähnlichen Typ, wurden anlässlich des IFAC-Kongresses 1966 in einem Vortrag vorgelegt. Im Gegen zu dem dort bekannt gemachten Verfahren der mechanischen Schwingungsdämpfung, veranschaulicht die gegenwärtige Arbeit eine pneumatische Lösung.

Zu den eigenen Parameter des Verstärkers kann eine derartige, aus pneumatischen R-C Gliedern bestehende Schaltung ausgewählt werden, bei welcher Anwendung die selbsterregten Schwingungen nicht fähig sind sich herauszustartern. Infolge der allgemein bekannten Nichtlinearität der pneumatischen Grundelemente, können diese Parameter im Wege eines Experiments festgestellt werden.

Der Vortrag legt die wichtigeren Resultate vor und gibt eine kurze Übersicht betreffs der Versuchungsmethoden.

Das dynamische Verhalten hydraulischer Bestandteile

J.J. Hunter

Um realistische Studien hydraulischer Systeme mit Hilfe von Analog- oder Digitalrechengeräten durchzuführen sind auf experimentellen Untersuchungsergebnissen basierte Modelle erforderlich. Da die meisten gegenwärtig verfügbaren Informationen sich auf stationäre Merkmale beschränken, waren die bisher durchgeführten Steuerungsstudien zum größten Teil nur theoretisch. Der Mangel an experimentellen Ergebnissen über das dynamische Verhalten hydraulischer Bestandteile bildete daher für die Anwendung der Steuerungstheorie auf Hydrauliksysteme ein Hindernis.

Einige Ergebnisse aus an einem Wasserhydraulik-Frequenzansprache-Messgerät erfolgten Untersuchungen werden für verschiedene hydraulische Einzelteile, einschließlich Durchflusssmäler, angegeben. Da diese Teile gewöhnlich nichtlinear sind, lassen sich Übertragungsfunktionen zwischen der Strömung und anderen Variablen dadurch erzielen, dass man eine kleine sinusförmige Schwankung auf die mittlere Strömungsgeschwindigkeit auflegt und die Amplitude und die Phase der anderen Variablen mit Bezug auf die Strömungsgeschwindigkeit misst. Das Prüfgerät hat einen Frequenzbereich von 0,01 bis 100 Hz und einen Strömungsbereich von 1 bis $9 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$. Die modulierende Wellenform wird nicht auf die sinusförmige Form begrenzt. Es können auch andere Wellenformen verwendet werden, zwecks Vergleichung mit Ergebnissen aus mit Hilfe von Rechengeräten an dem hergeleiteten Modell gemachten Simulationsstudien. Die Entwurf und das Versuchen des für diese Arbeiten mit einer Frequenzansprache bis zu ungefähr 300 Hz entworfenen Geräts zur Messung momentaner Strömungszustände werden beschrieben. Das Verhalten dieses Geräts wurde bei schnell schwankenden Strömungsgeschwindigkeiten untersucht. In diesen Bedingungen ist seine mittlere angegebene Strömungsgeschwindigkeit in guter Übereinstimmung mit der mittleren bei Messung der Gesamt-Massenströmung während eines bestimmten Zeitraums gefundenen Geschwindigkeit. Ferner werden einige bei der Entwurf des Prüfgeräts entstandene Probleme, sowie Probleme über das Eigengeräusch des gewöhnlich turbulenten Strömungszustand Wasserhydrauliksystems erwähnt.

DAS BENEHMEN VON SERVOS MIT KLEINER AMPLITUDENTREUE

H.R. Martin und A. Lichtarowicz

Ausser Entwicklungsprüfungen und wenigen besonders auswegen den Anforderungen, verbringt ein Servosystem den grössten Teil seines Lebens in kleinen Bewegungen. Diese Bewegungen können so klein sein dass die nicht geradlinigen Teile des Verhaltens ähnlich gross werden wie die Steuerungssignale. In dieser Arbeit wird versucht das Benehmen eines hydraulischen Servos der in diesen Gebiet funktioniert zu studieren mit der theoretischen Untersuchung der Gleichungen des Systems.

Das Verhalten des Systems wurde mit Hilfe einer Rechenmaschine untersucht; die Resultate sind allgemein anwendbar weil sie und die Gleichungen in dimensionsloser Art dargestellt sind.

Die bildlich dargestellten Resultate zeigen das Benehmen welches zu erwarten ist wie das Eintrittssignal des Systems kleiner wird und untersucht die Einflüsse dickflüssiger Dämpfung, von Lecken und der Reibung an Dichtungen. Die übliche Untersuchung solcher Systeme nimmt ein geradliniges Ventilbenehmen an; jedoch in dieser Arbeit wird diese Annahme mit einer mehr naturtreuen Darstellung der Vertreibungskurve verglichen.

Es wird gezeigt dass unter einer gewissen Eintrittssignalsgrösse sogar die Selbstdämpfung des Ventils zerstört ist und das System zeigt fontlaufende kleine Wechselstörungen.

STÖRUNGSSICHERE ELEKTROHYDRAULISCHE STELLANTRIEBE

William J. Thayer

MOOG INC., EAST AURORA, NEW YORK, U.S.A.

Neuzeitliche Entwurfrichtungen, welche eine unterbrechungsfreie Arbeit der Stellantriebe bei funktionellen Störungen sichern sollen, sind beschrieben.

Beispiele und zusätzliche Angaben sind aus verschiedenen Luft- und Weltraumfahrt - Verwendungen genommen.

ANFORDERUNGEN AN DIE MECHANISCHEN ÜBERSETZUNGSVERHÄLTNISSE IN ZEITMINIMALEN POSITIONIERENDEN SERVOANTRIEBEN

B.L. Ho

IOMECH INC., SANTA CLARA, CALIFORNIA, U.S.A.

An viele industrielle positionierende Antriebe und Servomechanismen wird heute die Forderung gestellt, in der zeitminimalen Weise zu arbeiten. Für diese Antriebe muss man die mechanische Übersetzung, welche das Antriebsglied und die Last verbindet, sehr sorgfältig wählen, weil man sonst die Einstellungszeit ungünstig beeinflusst. Gleichungen und Diagramme sind dargestellt, welche die Lösung dieses Konstruktionsproblems erleichtern. Man nimmt an, dass die Last inert ist; die Antriebsglieder sind Servomotore oder Motor-Kupplungen. Es ist üblich das Übersetzungsverhältnis an die Last anzupassen, was eine maximale Lastbeschleunigung verursacht; es wird bewiesen, dass dieses Verfahren keine zeitminimale Leistung für die betrachteten Lasten und Antriebe sichert.

Experimentelles Verfahren zur Dimensionierung von Stellgliedern (Stellventilen) für verfahrenstechnische Prozesse

Dr.-Ing. Rainer Müller, Technische Hochschule Ilmenau,
Institut für Regelungstechnik, D 63 Ilmenau, Deutsche Demokra-
tische Republik

Bei Korrekturströmen verfahrenstechnischer Prozesse ist es häu-
fig unmöglich, die für die Stellgliedbemessung erforderlichen
Daten genügend genau vorauszuberechnen. Ursachen dafür sind
beispielsweise Ungenauigkeiten in der wärmetechnischen Berech-
nung des Prozesses oder in der Berechnung der Druckverluste von
Leitungssträngen. Für die Wassereinspritzung zur Heißdampftem-
peraturregelung in Dampfkraftwerken als typisches Beispiel
eines Korrekturstromes wird anhand einer Fehlerrechnung gezeigt,
daß die Ungenauigkeit des vorausberechneten Stellstromes und
des Druckabfalls am Regelventil in der Größenordnung 100 % lie-
gen.

In solchen Fällen ist die Anpassung der Stellglieder nach Meß-
ergebnissen unvermeidlich. Es wird ein Verfahren entwickelt,
die Stellglieder mit Hilfe eines Diagrammes, in dem Durchfluß
und Druckdifferenz logarithmisch aufgezeichnet sind (Δp -Q-
Diagramm), iterativ anzupassen. Das Diagramm wird mit einem
speziellen Koordinatenschreiber an der mit einem provisorischen
Inbetriebsetzungsstellglied ausgerüsteten Anlage experimentell
aufgenommen. Aus diesem Meßschrieb kann man die erforderliche
Größe und die zweckmäßige statische Kennlinie des Stellgliedes
bestimmen.

Experimentell aufgezeichnete Δp -Q-Diagramme von einem Ein-
spritzventil einer Dampfkraftanlage und einem Druckregelven-
til einer Dampfheizungsanlage veranschaulichen die Anwendung
des Verfahrens.

Spezielle Probleme bei der Bestimmung der Betriebskennlinie
unter stromunabhängigen Druckänderungen werden diskutiert.

Über die Untersuchung der dynamischen Regime der gesteuerten Thyristorenelektroantriebe.

Efendisade A.A., Listengarten B.A., Bagirov S.M.,
Sairowa T.A., Kurdiukow J.M.

Untersucht wurden die Arbeitsregime vom statischen Frequenzumformer gespeisten Asynchronmotor. Das Spannungsdiagramm eines Frequenzumformers mit einem Gleichstromzweigglied stellt eine Stufenkurve dar; deswegen kann man einen "Umformer-Motor" als einen Impulskreis mit einem formierenden Element betrachten, der Rechteckimpulse auslöst; der angeführte ununterbrochene Teil entspricht dem Ersatzschaltbild des Motors. Auf Grund der Impulskreistheorie wurden die quasistatischen und elektromagnetischen Übergangsprozesse geprüft. Bei verschiedenen Frequenz- und Belastungsbedingungen wurde die Analyse der Anlassregime durchgeführt.

Das geschlossene System der automatischen Geschwindigkeitsregulierung eines Asynchronmotors, welcher bei einer gleichmässigen Belastung vom statischen Frequenzumformer gespeist ist, wurde ausgearbeitet und untersucht.

Das System eines Gleichstroms-Thyristorenantrieb mit einem halbgesteuerten Dreiphasengleichrichter wurde ebenfalls ausgearbeitet und untersucht. Dieses System ist für ein Reifenrollenaggregat bestimmt.

Eine Berechnungsmethode des elektromagnetischen Übergangsprozesses in einem Asynchronmotor, von statischen Frequenzumformern mit dem Dreiphasenparallelinverter ge-

speist, wurde angegeben. Für die Berechnungen, mit Hilfe einer EZRM, wurden die Gleichungen des Asynchronmotors in einem Achsensystem, welches mit frequenzbedingter Winkelgeschwindigkeit rotiert, angewandt. Die dem Motor angelegten Spannungen wurden in einer analytischen Form als Gitterfunktionen dargestellt.

System der automatischen Regelung des Stetigkeitregimes des absoluten Schlupfes eines elektrischen Asynchronantriebs mit Frequenzregelung des Thyristorumwandlers.
Chamudchanow M.Z. - dr. tech. wissen. prof. Usbekisches Institut

Kamalow T.S. - Wissenschaftlicher Mitarbeiter d.Instituts
Muminow K. - Wissenschaftlicher Mitarbeiter d.Instituts
Taschkent, U.S.R.R

Das untersuchte System besteht aus geschlossenen Regulierungskreislaufen der Spannung, Frequenz und Kondensatorenkapazität des Inverters.

Nach dem Abweichen des absoluten Motorschlupfes von Aufgabenwert wird die Spannung des Umwandlers reguliert in Abhängigkeit von der Frequenz, Belastung und Kondensatorkapazitätgrösse. Der Wert des absoluten Schlupfes wird so gemessen, das man die proportionelle Frequenz der Motorumdrehungszahl numerisch von der Frequenz des Inverters-sollwertgenerators substrahiert und dann in die Rückführungsspannung umwandelt.

Der zwischen Gleichrichter und Inverter eingeschaltete effektive Widerstand erlaubt, ausser der Totzonebehebung und Trägkeitsverminderung bei der Einschaltung, auch auf eine Vereinfachung der Thyristorenregelung der Brückenschaltung des Gleichrichters und Inverters und eine Verminderung der Reserveimpulszahl bis zur Einheit.

Der kontaktlose Thyristoreschutz des Systems vor Überstrom, welcher bei dem für dieses System charakteristischen

anormalen Regime entsteht, wurde auf dem Prinzip der normalen Arbeitskontrolle der Thyristoren gebaut, wobei der Schutz vor den Selbstschwingungen durch die Einführung einer elastischen Rückführung in Form eines kurzgeschlossenen Stromkreises in die Dämpfungsdiode, erzielt wurde.

Die Untersuchungsergebnisse erwiesen die Arbeitsfähigkeit der aufgebauten Einrichtungen der Automatisierungs-Regelungs- und Schutzsysteme und die Möglichkeit der praktischen Anwendung des untersuchten Systems.

"Zur Theorie der Folgeantrieben mit der Thyristorfrequenz-
steuerung der asynchronen Drehstromläufermotoren"

W.N.Jaworsky, E.S.Awatkoff, W.I.Makschanoff,
E.M.Aldonin, W.K.Dorochin

UdSSR

Die im Bericht dargelegte Theorie betrifft die Folgeantriebe, welche im Vergleich mit den bis jetzt in der Volkswirtschaft verbreiteten Folgeantrieben mit drei rotierenden Maschinen ungefähr den doppelt so hohen Wirkungsgrad und wesentlich höhere Zuverlässigkeit aufweisen. Eine der wichtigsten Ursachen, welche die Ausarbeitung solcher progressiven, aber komplizierten nicht-linearen Impulsfolgeantriebssystemen erschwert, ist das Fehlen von Ingenieurmethoden für ihre Berechnung. Im Bericht wird eine ökonomische Ingenieurberechnungsmethode beschrieben, welche eine hohe Stabilität und eine für die Praxis genügende Berechnungsgenauigkeit aufweist. Mit Hilfe von invarianten Störungsmomenteneingängen ist es gelungen, den Einfluss des veränderlichen Teils des Objektenträgheitsmomentes auf die Folgenantriebsdynamik zu kompensieren. Wenn man die "unlineare Einzelfunktionen" ausnutzt, so ist es möglich die Differenzialgleichungen für die Dynamik wie nichtlinearen, sowie auch linearisierten Varianten aufzustellen und dabei die Berechnungsarbeiten wesentlich zu verkürzen. Im Bericht sind die Auszüge aus der Berechnung für ein Folgenantriebssystem mit dem Antriebsmotor von 10 kw angeführt, wo die Typengleichungen ausgenutzt sind. Die Berechnung beweist volle Zuverlässigkeit der im Bericht angegebenen Methode.

GESCHWINDIGKEITSREGELUNG VON INDUKTIONSMOTOREN MIT ANWENDUNG VON SELBSTREGELNDEN THYRISTOR-UMWANDLERN

Central Research Laboratories

Mitsubishi Electric Corp.
Amagasaki, Hyogo, Japan

Im statischen Scherbius-System wird die Drehgeschwindigkeit eines Induktionsmotors durch Rückführung der Rotorennergie zur Energiequelle über einen Silikongleichrichter und Thyristor-Umwandler in seinem Sekundärkreis geregelt.

Die Autoren haben den Energiefluss im Induktionsmotor mit Sekundärerregung analysiert und sind zum Schluss gelangt, dass nicht nur der untere Geschwindigkeitsbereich, unter der Synchrongeschwindigkeit, sondern auch der höhere Bereich, über der Synchrongeschwindigkeit sich zur Anwendung des Selbstregelnden Thyristor-Umwandlers anstatt des Silikon-Gleichrichters im gewöhnlichen, statischen Scherbius-System eignen würde.

In diesem neu entwickelten System, werden Sekundär- und Primärenergie addiert um den super-synchronen Antrieb zu erreichen. Auch eine Rückkopplungshemmung im normalen Geschwindigkeitsbereich wird ermöglicht, was im gewöhnlichen Scherbius-System nicht möglich ist.

Um dieses super-synchrone-Scherbius-System /SSSS/ zu verwirklichen muss ein selbstregelnder Umwandler von gangbarer Bauart benutzt werden, der auf Grund der sekundären induzierten Spannung betrieben wird. Das ermöglicht einen Energiefluss durch den Umwandler in beiden Richtungen. Der mit Hochfrequenz modulierte Verteiler wurde in der experimentellen Anlage benutzt, um die Phasenverschiebung der Sekundärspannung zu erfassen und das Torsignal an den Thyristor-Umwandler zu vermitteln.

Das Experiment ergab einen stabilen Arbeitsverlauf in einem breiten Geschwindigkeitsbereich, sowohl über, wie auch unter der Synchrongeschwindigkeit und bestätigte sehr gut die Ergebnisse der Analyse.

INTEGRIERTE, DIGITALE STEUERUNG EINES GLEICHSTROM-ANTRIEBSMASCHINEN
F. Fallside and R.D. Jackson

Es wird eine Computer-kontrollierte Gleichstrom-Antriebsmaschine beschrieben, bei der jeder Thyristor im Leistungsverstärker direkt vom Computer kontrolliert wird. Diese Verfahrensweise ermöglicht eine genaue Kontrolle des Zündmomentes und entspricht den Erfordernissen optimaler Regelung. Sie gestattet ebenso die Verwendung von einfachen Zündschaltungen, da diese direkt von der Recheneinheit des Computers geschaltet werden, und die Verminderung von externen logischen Schaltungen, da deren Funktion vom Computer übernommen werden kann.

Im Versuchslauf wird ein 2 PS-Motor von einem Thyristor-Verstärker mit 3-Phasen Drehstrombrücke gespeist. Der Computer arbeitet in 12-Bit Wortlänge und eine genaue Geschwindigkeitskontrolle wird durch Abtasten der Winkelstellung der Welle erreicht. Ein digitaler Wellen-Kodierer wird vom Computer mit 300 Hz, der Thyristor-Wiederholungsfrequenz, abgetastet, und die Thyristor-Zündverzögerung wird aus der Veränderung der Winkelstellung und einer programmierten Bezugsgrößen errechnet. Der richtige Zündmoment für den angesprochenen Thyristor wird berechnet und der Thyristor wird vom Computer gezündet; der Prozess wird dann für den nächsten Thyristor wiederholt.

Zusätzlich zu den Versuchsergebnissen wird eine vollständige Beschreibung des Regelalgorithmus gegeben. Ferner werden die Methoden zur Synchronisierung der Zündimpulse mit der 50 Hz Netzfrequenz, die der Verstärker aufnimmt, sowie weitere praktische Einzelheiten beschrieben.

ENTWICKLUNG VON STEUERMETHODEN FÜR INDUCTIONS-MIKROMOTOREN

D.V. Svecharnik, L.H. Shidlowich, Yu.M. Kelim, A.A. Beloglazc

In dem Bericht wurde der Aufbau und das Wirkungsprinzip der Motosyne und Motoren, die durch Raumverstellung der Wickelungssachse gesteuert sind, untersucht. Es wurde auf die große Möglichkeiten der Motosynen aus dem Standpunkt der Steuerungsmethoden angezeigt.

Wenn man den Stator und den inneren Rotor mit Dreiphasenwicklung versieht, kann man verschiedene Arten der Steuerung, durch Änderung beliebiger folgender Parameter erzielen :

- a/ Spannungswert /Signalkoeffizient/;
- b/ Momentane Spannungsphase welche an die Wickelungen angeschlossen wird;
- c/ Lage der resultierenden Dreiphasenwickelungssachsen;
- d/ Raumdrehwinkel der Rotors und Stators.

Man kann dadurch 63 Regulierungsarten erzielen anstatt der 3 für Arbeitsmotoren üblichen u.zw: Amplitude-Phase- und Amplituden- und Phasenänderung.

Es wurden auch die Grundfragen der Theorie und Projektierungsmethode der genannten Mikromaschinen besprochen. Es wurden Formeln für die Anlassmomente der normalen und differentialen Motosynen abgeleitet. Ein Ersatzschaltbild, eines mit Raumverstellung der Wickelungssachse gesteuerten Motors - ein spezieller Fall eines Motosyns - wurde entworfen und geprüft.

Die Formeln der Stromgrößen der direkter und umgekehrter Reihenschaltung des Motors, der im hohlen Rotor abgegebener elektromagnetischen Leistung wird des auf den hohlen

Rotor resultierenden Momentes wurden abgebildet.

Die rechenweise und eksperimentell ermittelten Charakteristiken sind insofern übereinstimmend, das sie für Ingenieurzwecke annehmbar sind.

Es wurde auf Beispiele der Anwendung von Motosynen und Motoren, deren Regulierung durch Raumverstellung der Wickelungssachse erzielt wurde, hingewiesen: Selsyn-Motosynantrieb mit Momentenstärkerung, Antrieb der elektromechanischen Manipulatoren, Stelleinrichtungen.

Technische Charakteristiken der entworfenen Motosynen und Motoren, die durch Raumverstellen der Wickelungssachse gesteuert sind, wurden angegeben.

ANALYSE DER STABILISIERTER UND UNSTABILISIERTE ZUSTÄNDE
DER HUBMOTORS

Sheldon S.L. Chang

Equivalenter stromsreis und gleichlungen fur du Bestimmung des
Betriebes des Relustauz - typus stufenmotors, du Betriebs besehansungen
sowu euie rethode fur treiben das rotor als eiu hodes roment fur
inertiaservomotor in stetiger lageregulie rung siud abgeleitet.

NEUER KLEINSTSYNCHRONMOTOR

Jerzy Owczarek, Technische Hohschule, Warszawa, Polen

In Vortrag ist die Theorie und Berechnungsmethode eines neuen Kleinstsynchrongtor angegeben. Die Arbeitsprinzip des Motors benutzt die Arbeitsprinzipien des Hysteresismotors, des magnetoelektrischen Motors und des Synchronmotors mit elektromagnetischen Erregung.

Dank den speziellen Eigenschaften des Magnetischen Materials des Motors und der originellen Anlassverfahren, hat der beschriebene Motor, im gewissen Leistungsgebiet, bessere technische Daten, sowie die Konstruktion einfacher und besser vom technologischen Gesichtspunkt, im Vergleich zu anderen Kleinstsynchrongtoren.

Einige Motormodelen wurden gebaut und geprüft. Die Probenergebnisse haben klar beweist dass die angegebene Theorie und Berechnungsmethode richtig und genau sind.

FAKTOREN BEI ANALYSE UND ENTWURF VON GLEICHSTROM-
LINEARANTRIEBSMOTOREN

C.W. Green und R.J.A. Paul

INSTITUTE OF ENGINEERING CONTROL, U.C.N.W.
BANGOR, U.K.

Dieser Artikel befasst sich mit Entwurf und Bau von Gleichstrommotoren, die fähig sind, Stosskraft und Bewegung in einer geraden Linie zu erzeugen. Vorrichtungen dieser Art sind als Antriebsmotoren zu verwenden und besitzen die charakteristischen Kraft- und Geschwindigkeitmerkmale aller Gleichstrommotoren.

Der Artikel beschreibt zwei Formen des Linearbaues und auch das Prinzip der Anwendung. Im Hinblick auf diese Konfigurationen werden die Probleme des durch Diskontinuitäten im Feldsystem an den Polen herbeigeführten Flussverlusts erörtert.

Enddliche Differenz-Approximationen an die Feldgleichung werden in einer iterativen Prozedur angewendet, um die Flussdichtheitsverteilung in der Maschine unter gegebenen Anregungsverhältnissen festzustellen. Diese Tatsachen ermöglichen die Errechnung der Stosskraft sowie die Bestimmung des Verlustfeldumfangs. Optimalformen der Maschinentopographie und Quantitäten wie Stosskraft/Gewicht oder Stosskraft/Eingangsenergie sind dadurch zu erzielen.

Es gibt eine kurze Beschreibung einer Vorrichtung, durch welche die Ausgangs bewegung auf kurze Stöße beschränkt wird; auf diese Weise wird der Gebrauch eines eingekapselten Ankers ohne Kommutator oder Bürsten ermöglicht. Als typische Anwendung dieser Vorrichtung wäre die Betätigung von mechanischen Ventilen in Fällen, wo ein Getriebesystem unerwünscht ist, zu bezeichnen.

DYNAMISCHE DIFFERENTIALPROGRAMMIERUNG

D.H. Jacobson and D.Q. Mayne

In dieser Arbeit werden mehrere neue Algorithmen zweiter Ordnung für die Optimierung nichtlinearer Systeme behandelt. Der ursprüngliche Algorithmus des differentiellen dynamischen Programmierens erlaubt nur kleine Änderungen der Regelgrössse pro Iteration. Er ist besser als konventionelle Variationsmethoden zweiter Ordnung sowohl in bezug auf des Konvergenzverhalten wie auch die Zahl der zu integrierenden Differentialgleichungen. Grossc Änderungen in der Regelgrössse und eine neue Methode zur Anpassung der Schrittänge führen zu einer Klasse von leistungsfähigen Algorithmen, die mehrere Vorteile besitzen. Es ist nicht mehr notwendig, dass H_{uu} entlang der Referenztrajektorie positiv definit ist. Der Algorithmus kann auch für Probleme benutzt werden, wo die Regelung begrenzt ist. Dies gilt im speziellen für das Bang-Bang Problem. Mehrere Beispiele erläutern die Algorithmen, deren Anwendung auf stochastische Probleme ebenfalls behandelt wird.

DIE OPTIMIERUNG VON DYNAMISCHEN SYSTEMEN

S. de JULIO, Facoltà di Ingegneria, Università di ROMA

Eine neue Technik der Approximationsrechnung für optimale Kontrollen wurde entwickelt. Diese Technik erlaubt die Lösung der Differentialgleichung, die die Dynamik des Systems beschreibt, zu vermeiden. Es wurde bewiesen, dass diese neue Technik, bei den linearen Systemen die von Gleichungen geleitet sind, wenn die Leistungsindexe quadratisch sind, eingesetzt werden kann.

Die ersten zwei Kapiteln behandeln den Fall der verteilten Kontrolle, d.h. den Fall in welchem die Gleichung des Systems lautet:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad x(0) = x_0 \quad /1/$$

Im Kapitel 2 wird vermutet, dass die gewünschte Evolution des Zustandes bekannt ist und dass der Leistungsindex in der folgenden Form minimalisiert werden muss:

$$J(u; x) = \int_0^T \|x(t) - x_d(t)\|^2 dt + \int_0^T \|u(t)\|^2 dt \quad /2/$$

Im dritten Kapitel dagegen wird angenommen, dass der einzige Finalzustand x_d bekannt ist und dass der Leistungsindex lautet:

$$J(u; x) = \|x(T) - x_d\|^2 + \int_0^T \|u(t)\|^2 dt \quad /3/$$

In beiden Fällen wurde bewiesen, dass die approximative Lösung des Optimierungsproblems, kann bei der Lösung des durch die Minimalisierung der Funktionen bestimmten Problems \mathcal{E} erzielt werden:

$$J(u; x) = (u; x) + \frac{1}{2} \int_0^T \|x(t) - Ax(t) - Bu(t)\|^2 dt \quad /4/$$

Der vierte Kapitel behandelt das Problem der Kontrolle in den Grenzbedingungen mit folgender Systemgleichung:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax & x(0) &= x_0 \\ x/\mathcal{E} &= u & & \end{aligned} \quad /4/$$

wobei x/ϵ die Beschränkung von x an der Grenze ist. Das Problem ϵ besteht in diesem letzten Fall in der Minimalisierung der Funktionen:

$$J_\epsilon(u;x) = J(u;x) + \frac{1}{\epsilon} \int_0^T \| \dot{x}(t) - Ax(t) \|^2 dt$$

bei der Beschränkung $x/\epsilon = u$, wobei sich $J(u;x)$ aus 2/ oder 3/ ergibt.

Die Ergebnisse einer Kontrollrechnung der minimalen Norm für ein System mit verteilten Parametern, sind im Kapitel 5 angegeben.

Der letzte Abschnitt zeigt wie die vorgeschlagene Technik an eine breitere Klasse von Systemen angewendet werden kann.

EINE STATISTISCHE ANNAHERUNG ZU DER OPTIMISIERUNG
EINER REGELANLAGE MIT EINEM VIELFÄCHEN GÜTEKRITERIUM

Fujio Nishida und Seiichi Mizuno

MASCHINEN-FAKULTÄT, SHIZUOKA UNIVERSITY
HAMAMATSU, JAPAN

Es war sehr schwierig die ungenau bestimmten Systeme mit vielfachem Gütekriterium mittels der üblichen Methoden, wie z.B. die Gradientmethode und das Annäherungsverfahren, zu optimisieren. Aber in einigen Fällen eines quasistationären Prozesses, in dem das Gütekriterium /PI/ fast explizit zeitunabhängig ist, scheint eine mehr oder weniger ausgedrückte Wechselbeziehung zwischen dem Optimum und dem Suboptimum aufzutreten. Man erwartet auch, dass zur Feststellung der Wechselbeziehungen einige der messbaren Grössen, welche von den Störungen in verschiedener Form von der PI-Funktion abhängen, ausgenutzt werden.

In der Methode, welche hier vorgeschlagen wird, speichert das System während der Untersuchungsperiode, unter Ausnutzung der vorher besprochenen Eigenschaften, die Menge der Angaben, wie Bestpunkte, Zwietbestpunkte, ihre Gütekriteriumswerte und andere nützlichen Wechselbeziehungsgrossen an. Dann bestimmt das System, mittels des minimax Wahrscheinlichkeitsverhältnis-Versuches, ob es den allgemeinen Bestpunkt aus den Lokalbestpunkten bestimmen oder auch die Erforschung kontinuiren soll, wenn die Potenz des Versuches bestimmt ist, so dass der Erwartungswert des Verlustes, welcher aus den Kosten der ganzen Erforschung und dem Fehlentschluss-Risiko besteht, minimiert wird. Die Resultate des Modellieren und der Analyse zeigen, dass der Erwartungswert des Verlustes bedeutend kleiner ist, wenn irgendeine der früher erwähnten Wechselbeziehungen vorhanden ist.

Für solche Systeme, deren Abtastzeit im Vergleich mit der Wechselgeschwindigkeit des Systemzustandes lang ist, wurde ein modifiziertes Versuchverfahren vorgeschlagen.

EINE ÜBERSICHT EINIGER NEUESTEN ITERATIVEN METHODEN ZUR
BERECHNUNG OPTIMALER REGELSIGNALE

P. Sarachik , L. Horowitz

Diese Arbeit stellt eine Übersicht der Iterations-Minimalisierungsverfahren und zwar der daziden- und Paarungsgefällemethode dar.

Verschiedene Eigenschaften dieser Methoden werden besprochen und es wird auf ihre Verwendung zum Zwecke der optimalen Regelung hingewiesen. Zwei Beispiele, welche diese Methoden veranschaulichen, sind in der Arbeit enthalten.

**KONVERGENZBEWEISE FÜR DYNAMISCHE PROGRAMMIERUNGS- UND
SUKZESSIVE ANNAHERUNGSTECHNIK**

A.J. Korsak und R.E. Larsen

**FORSCHUNGSIINSTITUT STANFORD
MENLO PARK, KALIFORNIEN, USA**

Eine dynamische Programmierungs- und sukzessive Annäherungs-technik wurde von Bellman angeregt und von einer Zahl von Autoren erfolgreich angewendet. Im Falle wenn es so viele Regelungsvariable wie Zustandsvariable gibt, reduziert die Technik ein n-dimensionales Problem zur Lösung einer Folge von ein-dimensionalen Problemen. Dieses Referat gibt Beweise an dass die Methode zu einer wahr optimalen Lösung für drei wichtige Klassen von optimalen Regelungsproblemen, von denen alle mit gewissen konvexen Programmierungsproblemen verwandt sind, konvergiert.

Diese Forschung wurde ausgeführt im Informations- und Regelungslaboratorium des Forschungsinstituts Stanford, Menlo Park, Kalifornien.

Die Identifikation der Prozesse am Wege der Minimalisierung
zwischen Signal Mengen

S. Węgrzyn, G. Denis, J. Delisle

Die Arbeit stellt, das Problem der Identifikation am Wege
des Entfern-Minimalisierung zwischen Signal Mengen for.

Die Methode führt zu einer algemeinen Identifikation algorythm/8
Im falle des Euklidesischen-Raum kann man eine analitische Lösung
des algorythmus /15/ erlangen. Im falle anderen Räume kann man die
Lösung auf numerischen Wege erhalten. Es wurde vorgeschelt wie
bei der Identifikation die nicht linearheiten und die Realen
Verschpätungen, die zwei wichtigsten Erscheinungen bei der
modelizierung des Industrioprozesses berücksichtigt werden
können.

PROJEKTIERUNG EINES MODELL-FOLGENDEN SYSTEMS
MIT ANWENDUNG DER BEGLEIT-UMWANDLUNG

Dennis F. Wilkie

Transportation Research and Planning Department
Ford Motor Company
Dearborn, Michigan, USA

und

William R. Perkins
Coordinated Science Laboratory and Department of
Electrical Engineering
University of Illinois
Urbana, Illinois, USA

Es wird über eine neue Arbeitsmethode zur Projektierung von linearen, zeitinvarianten modellfolgenden Systemen mit Einzeleingang berichtet. Der Leistungsindex, der minimalisiert werden soll, ist die Differenznorm zwischen der Begleit-Umwandlung des Modells und des Systems, mit der Beschränkung, dass System- und Modelleigenwerte gleich sind. Diese beschränkte Minimalisierung wird in eine unbeschränkte algebraische Minimalisierung umgewandelt, indem die Zustandsrückkopplung in das Steuergerät einbezogen wird. Da keine iterative Lösung der Differentialgleichungen nötig ist, ist die Lösungszeit bedeutend kürzer als in dem Fall, wenn bei der Behandlung des Problems Minimalisierung des gesamten Leistungsindexes verlangt wird. Die Begründung für die neue Methode wird besprochen, und an einem Beispiel wird gezeigt, wie die neue Verfahrensart zu einer raschen Lösung von Modellfolge-Problemen führen kann.

MODELLERMITTUNG NACH GÜTEKRITERIEN IM ZEITBEREICH

G. Schwarze:

Es werden Methoden zur Kennwertermittlung bzw. Systemidentifizierung für lineare analoge Systeme mit einem Eingang und einem Ausgang beschrieben, die sich auf einfache und mehrfache Integrale der Signalfunktionen beziehen. Dabei werden aus der Funktionalanalysis bekannte Verfahren, die sich auf bestimmte lineare normierte Räume beziehen, verwendet. Wesentlich ist dabei, daß bei rationaler Übertragungsfunktion der Modelle nicht von der Differentialgleichung, sondern von der entsprechenden Integralgleichung ausgegangen wird. Unter Verwendung der Norm nach Tschebyscheff und dem Fehlerquadratverfahren werden für Digitalrechner bestimmte Verfahren (einschließlich der Verfahren für numerische Prozesse) dargestellt, und zu jedem Verfahren werden Beispiele angegeben, die einen ersten Einblick in die Leistungsfähigkeit der Verfahren geben.

C.BRUNI A.ISIDORI A.RUBERTI -ORDNUNG UND FAKTORISIERUNG EINER
PULSWIEDERGABENMATRIX.

Man untersucht das Problem der Ordnungsrechnung eines linearen Systems, das durch eine Pulswiedergabenmatrix beschrieben wird, sowie auch das Problem der Faktorisierung dieser Matrix.

Zur Lösung dieser beiden Probleme benutzt man eine Methode, die gestattet, Gruppen von Lösungen der homogenen Differentialen, der Pulswiedergabenmatrix zugeordneten Gleichungsklassen auf Grund der gleichen Matrix zu konstruieren.

Dieses Verfahren besteht in der Ausführung von Faltungsoperationen zwischen der Pulswiedergabenmatrix und Funktionen, die zum Raum der Eingangsfunktionen gehören. Es wird auch gezeigt, dass es möglich ist, passende Gruppen von Eingangsfunktionen zu wählen: die so erhaltenen Lösungsgruppen enthalten also fundamentale Gruppen.

Die Bewertung der Dimension dieser Gruppen löst daher das Problem der Ordnungsrechnung. Diese Bewertung kann in einfacher Weise ausgeführt werden, wenn man die Eigenschaften der Wronskyschen Matrix einer fundamentalen Lösungsgruppe der Differentialgleichung anwendet. Die Konstruktion einer Lösungsgruppe und die Wahl einer fundamentalen Gruppe löst das Faktorisierungsproblem.

Dieses allgemeine Verfahren wird sowohl bei kontinuierlichen und diskreten Systemen als auch bei zeitab- und -unabhängigen Systemen angewendet.

Auf diesem Weg können weiterhin für die Ordnungsrechnung der zeitunabhängigen Systeme die wirkendsten Algorithmen abgeleitet werden.

Es ist auch möglich, verschiedene Änderungen dieser Algorithmen und neue Algorithmen für den zeitabhängigen Fall zu erhalten.

Schliesslich kann man zu neuen Lösungen des Faktorisierungsproblems gelangen.

UEBER DIE NUMERISCHE KONSTRUKTION VON LJAPUNOW-FUNKTIONEN

G. Arienti, C. Sutti und G.P. Szegő
Universitá' di Milano
Milano, Italia

Eine neue Methode für die numerische Konstruktion von Ljapunowschen Funktionen $v = \varphi(x)$ wird entwickelt. Diese Methode ist nicht auf den klassischen Sätzen von Ljapunow gestützt, sondern auf neuen erweiternden Theoremen, die unlängst von N.P. Bathia, G.P. Szegő und G. Treccani bewiesen wurden. Diese erweiternden Sätze erlegen den $\varphi(x)$ Funktionen keine Vorzeichenbedingungen auf. Die entwickelte Methode ermöglicht die Approximation des Anziehungsreiches $A(\{o\})$ des Gleichgewichtspunktes $x = 0$ in einem dynamischen System n -ter Ordnung: $\dot{x} = f(x)$, $f(o) = o$, mit Hilfe nicht-homogener polynomer Formen $\Pi_m/x/$ eines beliebigen Grades m . Zudem ermöglicht sie die Unterscheidung dreier unterschiedlicher Situationen: den Fall, in dem $A(\{o\})$ den gesamten Raum einschließt, den Fall, in dem $A(\{o\})$ nicht kompakt ist und den Fall, in dem $A(\{o\})$ kompakt ist. Zudem erhält man zwei Parameter, die bei der endgültigen Interpretation der Resultate von Nutzen sind, die Halbmesser der kleinsten umschriebenen und der größten eingeschriebenen Kugelfläche bezüglich der ebenen Fläche von $\varphi(x)$, die die Grenze von $A(\{o\})$ approximiert. Numerisch wird die Aufgabe als unbeschränktes Maximum-Minimum-Problem bezüglich der Koeffizienten von $\Pi_m(x)$ eines entsprechenden Funktionalen, welches mittels der Methode von Straffunktionen abgeleitet wird, dargestellt. Die Algorithmen von Davidon-Mc-Gill, Powell und die eindimensionale, goldene Schnitt-Untersuchung werden angewandt.

Ein komplettes Programm in Fortran IV steht zur Verfügung und ein Beispiel ist voll ausgearbeitet.

ZEITBEGRENZTE STABILITÄT
IN DER SYNTHESE DER REGELSYSTEME

W.L. Garrard

FAKULTÄT FÜR AERONAUTIK UND INGENIEUR-MECHANIK
UNIVERSITÄT VON MINNESOTA
MINNEAPOLIS, MINNESOTA, USA

Bestimmungen von verschiedenen Typen der Zeitbegrenzter Stabilität werden angegeben. Es werden auch Theoreme entwickelt die sich als praktisch nutzlich zeigen für die von einfachen Differentialgleichungen regierten Systeme in die die Regelung linear eintritt. Angenommen dass der Anfangszustand zu einer besonderen Zusammenstellung gehört, werden Bedingungen festgestellt die ausreichen um zu garantieren dass der Zustand für ein bestimmtes Zeitintervall zu einer angegebenen Zusammenstellung gehört. Die Regelung kann so ausgewählt werden dass sie diese Bedingungen erfüllt. Die Auswahl solcher Regelung wird besprochen und illustrierte Beispiele werden angegeben.

STABILITÄT VON RELAISREGELSYSTEMEN

A.T. Fuller

ENGINEERING DEPARTMENT, CAMBRIDGE UNIVERSITY, ENGLAND

Unter Benutzung genauer linearen Stückweiseberechnungen wurde die Stabilität von Relaisregelsystemen mit linearen Schaltfunktionen untersucht. Ein aus drei Integratoren bestehendes System ist instabil im grossen für sämtlichen Reglerbeiwerten.

GENÄHerte BESTIMMUNG DES STABILITÄTSGEBIETS
FÜR NICHTLINEARE SYSTEME

Eugenio Sarti⁺)

Die Arbeit behandelt ein Verfahren zur Approximation des Stabilitätsgebiets \underline{R} nichtlinearer Systeme, bei denen der Ursprung des Zustandsraumes eine Gleichgewichtslage ist. Eine erste Form der Approximation wird durch Betrachtung einer Teilmenge \underline{S} von \underline{R} erhalten, die von einer Ljapunow-schen Hyperfläche berandet ist; eine solche Teilmenge ist der geometrische Ort von Trajektorien, die mit wachsender Zeit gegen den Ursprung konvergieren. Eine Ljapunow-Funktion vom Typ "quadratische Form plus Integral der Nichtlinearität" wird zur Definition einer Teilmenge \underline{S} für eine Klasse von Systemen mit einem nichtlinearen Glied verwendet, dessen Kennlinie den Sektor der absoluten Stabilität für einige Werte der Eingangsveränderlichen verlässt. Die geometrischen Eigenschaften der berandenden Hyperfläche werden untersucht.

Eine Menge \underline{T} von Anfangsbedingungen, von denen aus der Zustand des nichtlinearen Systems gegen den Ursprung konvergiert, ist eine weitere Approximation des Gebietes \underline{R} . Im Gegensatz zur Menge \underline{S} , die die Phasenbahnen nicht verlassen können, kann der Zustand des Systems eine Menge \underline{T} verlassen, d.h., zur Menge \underline{T} zu gehören, ist eine schwächere Bedingung, als zur Menge \underline{S} .

Dies ermöglicht uns, Gebiete \underline{T} zu finden, die von einer besonders einfachen Hyperfläche berandet sind, die nicht von der nichtlinearen Kennlinie abhängt. In dieser Hinsicht können wir das Verfahren als eine Erweiterung des Begriffs der absoluten Stabilität auf Systeme betrachten, die lokal, jedoch nicht global stabil sind.

⁺) Centro Calcoli e Servomeccanismi, Facoltà di Ingegneria,
Università di Bologna, Italia

Ueber die Konstruktion und die Verwendung von Liapunovfunktionalen.
von P.C.Parks und A.J.Pritchard, Institute of Engineering Control,
University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, England.

Im Anschluss an die grundlegenden Arbeiten von A.A.Movchan ist die zweite Methode von Liapunov in neuerer Zeit mit einigem Erfolg auf eine Anzahl von Stabilitaetsanalysen verteilter Parametersysteme angewandt worden, das sind dynamische Systeme, die durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden.

Die vorliegende Arbeit gibt zuerst eine Uebersicht ueber die grundlegenden Begriffe und Lehrsaetze und bespricht dann Methoden fuer die Konstruktion von Liapunovfunktionalen und Matriken zur Stabilitaetsanalyse von Systemen, die durch hyperbolische und parabolische Operatoren zweiter Ordnung bestimmt werden. Funktionale fuer eine groessere Klasse von Operatoren lassen sich erhalten, indem man das Konstruktionsverfahren fuer Operatoren zweiter Ordnung verallgemeinert. Fuer nichtlineare Probleme lassen sich Funktionale erhalten, indem man die Funktionale fuer das linearisierte Problem modifiziert.

Die im ersten Teil der Arbeit beschriebenen Methoden werden dann durch die folgenden Beispiele erlaeutert, die aus dem Gebiet der Schwingungsregelung und dem Gebiet der geschlossenen Schaltungsregelung (closed loop control) stammen.

- (i) Schwingungen einer gedaeempften rotierenden Achse;
- (ii) Temperaturregelung in einer gleichmaessigen Stange;
- (iii) Regelung der Winkelstellung einer schweren, gleichmaessigen Achse, die bei Drall biegbare ist;
- (iv) Regelung der Normalbeschleunigung bei einem biegbaren Geschoss.

Die Arbeit schliesst mit einer Erwaehnung anderer moeglicher Anwendungen der Methode der Liapunovfunktionalen und weiterer Gebiete fuer zukuenftige Untersuchungen.

BEMERKUNGEN ZUR METHODE VON ASSOZIERTEN LINEAREN SYSTEMEN

O. PALUSINSKI, A. LAURANS, M. GAUVRIT

Centre d'Etudes et de Recherches en Automatisme

Cité Fournier, 78 VELIZY - VILLACOUBLAY

Die Mitteilung schildert die Ergebnisse der Stabilitätsprüfung von zwei Klassen nichtlinearer Systeme, in Anlehnung an die direkte Methode von Liapunov. Aus den erzielten Stabilitätsbedingungen ergibt sich, dass die Hypothese von linearen assoziierten Gleichungen \mathcal{F}_1 , \mathcal{F}_2 und \mathcal{F}_3 sich für solche Systeme bestätigt. Die erste von diesen Klassen besteht auf Führungssystemen, die ihrerseits aus einem linearen dynamischen Objekt und einem Element mit nichtlinearer, statischer Charakteristik bestehen. Die zweite Klasse umfasst Systeme mit dynamischen Eigenschaften, die mit einem System von Differentialgleichungen bestimmt sind und die in der Form einer Matrixgleichung II. Grades darzustellen sind. Die Wahl der Funktion von Liapunov ergab sich aus den energetischen Erwägungen.

LERNENDE REGELUNGSSYSTEME

J.S.Zypkin, G.K.Kelmans, L.E.Epstein, Moskau, UdSSR

Lernende automatische Systeme zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, ihr Verhalten (und ihre Eigenschaften) im Funktionsprozeß zu verbessern. In der Arbeit wird ein Prinzip für den Bau eines lernenden automatischen Systems betrachtet und seine Möglichkeiten und Besonderheiten erörtert.

Der Funktion eines lernenden automatischen Systems liegt ein Algorithmus zum Lernen der Klassifikation beobachteter Ereignisse (Zeichen) zugrunde.

Die Gesichtspunkte und die Kompliziertheit der Klassifikation der Ereignisse richten sich im wesentlichen nach dem Umfang der Apriori-Informationen.

Auf der Grundlage der Minimierung des allgemeinen Funktionalen, welches vom Typ des mittleren Risikos einer fehlerhaften Klassifikation ist, erhält man einen Algorithmus zur Klassifikation der Ereignisse bei verschiedenen Apriori- und laufenden Informationen (Algorithmen mit und ohne Anregung).

Es wird gezeigt, daß man bei speziellen Fällen der Funktionen die Verluste sowohl nach gegenwärtig erkannten als auch als neue Algorithmen für das Lernen und Selbstlernen erhalten kann. Die Algorithmen werden zum Entwurf lernender Regelungssysteme und eines lernenden Empfängers für Impulssignale verwendet.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen eines selbstlernenden Empfängers werden angegeben.

BESTIMMUNG DER OPTIMALEN MEßFOLGE FÜR EIN GESTÖRTES ZEICHEN-
ERKENNUNGS-SYSTEM MITTELS DES DISKREten MAXIMUMPRINZIPS

Marvin H. Hammond, Jr., PhD
Member of the Technical Staff
Missiles Research and Engineering
North American Rockwell Corporation
Columbus, Ohio

Herman R. Weed, Prof.
Department of Electrical
Engineering
Ohio State University
Columbus, Ohio

Das diskrete Maximumprinzip von Pontrjagin wird auf das Problem angewendet, die beste Reihenfolge von Messungen bei einem System zur Zeichenerkennung beim Vorhandensein von Störungen zu finden. Die Folge ist definiert als das Minimum eines Gütekriteriums, das die tatsächlich durch die Messungen entstehenden Kosten, die Strafen, die aus einem ungenauen Urteil hinsichtlich der Zeichenklasse des unbekannten Zeichens entstehen und ein Maß für den bei der Beurteilung erreichten Fortschritt enthält.

Die Näherung bringt das Problem der Zeichenerkennung in die Form eines stochastischen endlichen Systemzustandes, bei dem jeder Zustand einem Satz quantisierter Wahrscheinlichkeiten entspricht, so daß das unbekannte Zeichen zu jeder möglichen Zeichenklasse gehören kann. Es wird angenommen, daß die Übergangszustände zu diskreten Zeitpunkten auftreten. Die Übergangsgleichung wird durch eine vierdimensionale Tensorgleichung ausgedrückt, die aus dem Bayes-Theorem entwickelt wurde. Das diskrete Maximumprinzip ist für die Anwendung auf dieses Problem geeignet, nachdem gewisse Forderungen hinsichtlich des Änderungsbereiches, in dem die Steuervariablen geändert werden können, d.h. hinsichtlich der Meßart, eingeführt wurden.

Es wurde gefunden, daß diese Änderungsbereiche sich als Funktion der Meßart, die früher benutzt wurde, verändern.

Verglichen mit einer umfassenden Suchtechnik führt die Verwendung des Maximumprinzips zu einer beträchtlichen Verringerung der Grundrechnungen, die notwendig sind, um die beste Reihenfolge der Informationsgewinnung zu finden.

DIE KONVERGENZ VON LERN- UND ANPASUNGsalGORITHMEN

E.M. Brawerman, B.M. Litwakow

/Moskau/

Es wird eine Reihe von Theoremen angeführt, die es erlauben die Konvergenz von zufälligen Prozessen, welche bei Benutzung der Methode der stochastischen Approximation auftreten, zu bestimmen und die Konvergenzgeschwindigkeit zu schätzen. Die bisher bekannten Sätze von Dworezki, Blum und Gladyschew können als Folge der im Referat angeführten Theoreme erhalten werden. Es werden die Bedingungen bestimmt, unter denen bei Anwendung der Prozedur von Robbins-Monroe die Forderung der Summierfähigkeit einer Reihe von Quadraten der komprimierenden Faktoren abgeschwächt und durch die Forderung ersetzt werden kann, daß diese Faktoren nach Null streben.

EIN ALGORITHMUS ZUR BERECHNUNG DES ERKENNUNGSFEHLERS BEI
DER FORMATIONSERKENNUNG

F. Fukunaga, T.F. Krile

Ein Algorithmus zur exakten Berechnung des Erkennungsfehlers wird vorgeschlagen, wobei die Zeichenvektoren auf einen optimalen Klassifikator von Bayes angewendet werden.

Es wird angenommen, daß die Zeichenvektoren von zwei Klassen herrühren, deren Mengen Gaußverteilung mit ungleichmäßiger Covarianzmatrix und willkürliche Anfangsformationen besitzen. Die quadratische Funktionsdiskriminante wird mit einem Klassifikator nach Bayes verbunden und als eine eindimensionale Zufallsvariable verwendet, für die der Wahrscheinlichkeitsfehler berechnet wird, nachdem die Verteilung der Funktionsdiskriminante erhalten wurde.

Eine Methode zur Ermittlung des Erkennungsfehlers durch Approximation der Verteilung der Funktionsdiskriminante wird ebenfalls angegeben. Diese Approximation wurde, ebenso wie der exakte Algorithmus, auf ein 8-dimensionales Beispiel mit gutem Erfolg angewendet.

DIE KLASSEIFIZIERUNG MIT HILFE DER MINIMALEN INTERVALL
METHODE UND IHRE ANWENDUNG IN DEN STEUERUNGSSYSTEMEN

Z. Bubnicki

Institut für Technische Kybernetik, Technische Hochschule
Wroclaw, Polen.

In der Arbeit wurde ein neuer Algorithmus zur Klassifizierung von Gegenständen bei Anwendung des Lernprozessen mit dem Trainer vorgestellt, d.h. beim Kentniss-Resultaten der korrekte Klassifizierung für gewissene Reihe Gegenständen.

Die Wesentlichkeit der vorgestelten Klassifizierungsmethode ist die Ausnutzung der Lernreiche zum feststellen der empirischen Wahrscheinlichkeitsdichtigkeiten. Die Klassifizierungsweise ist folgende. Für jede Klasse bestimmt man s.g. Intervalle, in welchen sich der Vector der bemessenen Gegenstandsparametern befindet und dann klassifiziert man den Gegenstand in diese Klasse, in welcher der Intervall am kleinsten ist. Dieser Prozessverfahren wurde als Minimale Intervall Algorithmus genant.

Es wurde beweist, das wenn die einzelne bemessenen Parametern des Gegenstands Stochastischunabhängig sind, hat der Algorithmus die s.g. Absolute Asymptotische Optimalisierung Eigenschaft. Das bedeutet, das beim vergrossenn der Elementenzahl der Lernreiche strebt die mittlere Wahrscheinlichkeit der falschen Klassifizierung zum Werte, die man bei Kentniss den Wahrscheinlichkeitsdichtigkeiten und Anwendung der Bayes Prozedur bekomt.

Weiter wurde der Minimale Intervall Algorithmus zur einer Konzeption der Lehrende Automatische Steurungssystem mit Technologischesituationsklassifizierung angewandt.

THEORETISCHE UND EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG EINS
STRUKTUR-ANPASSENEN ALGORITHMUS ZUR FORMATIONSERKENNUNG

J. Barat und Gy. Muszély

Eine allgemeine Technik wird vorgeschlagen für die Auswahl von n Funktionen $f_i(x)$ für die Diskrimantenfunktion

$$\sum_{i=1}^n c_i \cdot f_i(x)$$

Indem eine Funktion $h(f_i)$ eingeführt wird, als Effizienzmaß von $f_i(x)$, nehmen wir $f_i(x)$ an, oder lehnen es ab, je nachdem $h(f_i)$ über oder unter einem bestimmten Wert liegt.

Der Wert von $h(f_i)$ wird nur auf Grund einer Lernmustermenge bestimmt.

Theoretische und experimentelle Untersuchungen wurden durchgeführt, um die Vorzüglichkeit der vorgeschlagenen Methode zu bestimmen.

OPTIMIERUNG DER AUS PNEUMATISCHEN SCHALTELEMENTEN
MIT ABLENKBarem STRAHLE BESTEHENDEN BAUGRUPPEN, FÜR
AUTOMATISCHE RECHENMASCHINEN UND STEUERUNG

E. Molle, J. Buchant, P. Bermimolin, R. Laurent, M. Callers

Die Verwirklichung pneumatischer Baugruppen für Prozessautomatisierung aus logischen Bauelementen mit Strahlablenkung, stellt das Problem der Kost- und Verhalten-optimierung dieser Baugruppen.

Dieses Problem kann mit Hilfe der elektrischen Homologie gelöst werden, indem man R-C Schaltungen, Operationsverstärker und falls Elemente mit COANDA - Effekt vorhanden waren, Schmitt's Kippstufen ausnützt.

Die folgende Untersuchung zeigt, wie man die elektrische Größen der Stromkreisparameter wählen soll, um ein dynamisches Verhalten zu erzielen, welches dem Verhalten des gleichwertigen pneumatischen Systems analog wäre.

Der umgekehrte Gedankenlauf erlaubt es, die Parameter eines pneumatischen Systemes, welches einem elektronischen Stromkreis homolog ist, festzulegen und das Verhalten des Systems vorherzusagen.

Das angestrebte Ziel ist die Herstellung und Untersuchung homologer elektronischer Stromkreise, um die Wahl, die Anordnung und die Verbindungen der verschiedenen pneumatischen Bauelemente zu optimieren.

Der einfachste Weg um unser Verfahren zu erklären, ist die Lösung eines Beispieles.

Wir werden den Stromkreis Fig. 1 simulieren, indem wir einen Verstärker aus zwei Bauelementen mit Strahlablenkung P1 und P2 bauen, in dem das zweite Element als Belastung für das erste dient.

Am Anfang werden wir die Charakteristik des pneumatischen Systemes bestimmen, wodurch wir die grundsätzlichen Koeffizienten der Homologie erhalten.

Um das elektrische Stromnetz zu verwirklichen, müssen wir jedoch ein Minimum an Messungen vornehmen.

ZUR THEORIE VON PROPORTIONAL-STRÖMUNGSVERSTÄRKERN

Milan BALDA

Technische Hochschule Prag

Prag, Tschechoslowakei

Der Beitrag enthält analytische Beziehungen, die die berechnung von Arbeitskennlinien eines Proportional-verstärkers gestatten. Es wurde eine Methode ausgearbeitet, welche die in einem Verstärker verlaufende physikalische Vorgänge respektiert und mit Benützung von einigen charakteristischen Werten (wie z.b. Maximalen Ausgangsstrom, -druck und geometrischen Dimensionen) eine gute Übereinstimmung mit den Experimentaldaten gibt.

ENTWICKLUNG EINES OPTIMISATORS MIT STRAHLELEMENTEN

F.K.B. Lehtinen
NASA Lewis Research Center
Cleveland Ohoi U.S.A.

P.A. Orner
Case Western Reserve University
Cleveland Ohoi U.S.A.

Der Bericht beschreibt die Entwicklung eines digitalen Optimalwertreglers mit Strahlelementen, der nach dem Prinzip der Spitzenwertspeicherung arbeitet und der für die Regelung von Extremalprozessen mit einem Eingang verwendet wird. Der Regler empfängt ein fluidisches Rückführungssignal, das pulsfrequenzmoduliert ist und das ein Maß der Extremwertvariablen darstellt, berechnet einen angenäherten Differentialquotienten unter Benutzung der Puls-Zahl-Technik und erzeugt ein rampenförmiges Steuersignal, das den Prozeß in Richtung auf das Optimum treibt.

Eine Analyse des Suchverlustes für den Optimisator, der ein statisches Extremalsystem regelt, macht es möglich, Optimalwertregler-Parameter in einer optimalen Form auszuwählen.

Für experimentelle Zwecke wurde der Optimisator dazu verwendet, das Maximum des Ausgangsdruckes eines einfachen nichtlinearen pneumatischen Systems einzuhalten. Versuchsergebnisse liegen sowohl für den statischen Fall als auch für den Fall, der die Prozeßdynamik einschließt, vor.

ELEKTROTHERMISCHES UMWANDELN EINES ELEKTRISCHEN SIGNALS
IN EIN PNEUMATISCHES SIGNAL BEI FREISTRÄHLELEMENTEN

Andrzej Proniewicz

Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej, Warszawa-Falenica
Polen

In dieser Arbeit wurden Versuche über die Einwirkung der Elektrowärme auf den Luftstrahl in logischen Freistrahl-elementen beschrieben. Das Konstruktionsschema eines auf diesem Prinzip aufgebauten elektropneumatischen Wandlers wurde gezeigt und eine vereinfachte mathematische Analyse seiner statischen Eingenschaften gegeben.

Die beschriebenen Einrichtungen bestehen aus zwei gegenüber angeordneten Düsen. Die an die eine Düse angeschlossene Druckluft bildet in dem freien Zwischenraum einen Freistrahl der in der Ausgangsdüse zur Staung kommt. Betrachtet wurden zwei Anwendungsfälle dieser Erscheinung.

Zuerst wird der Fall der Elektrowärmezuführung zu der freien Strecke des laminaren Strahles beschrieben. Die durch das elektrothermische Element erzeugte Wärme, bewirkt eine Steigerung der Strahltemperatur, wodurch das spezifische Gewicht der Strahlluft und somit der Ausgangsdruck fällt. Ein so wirkender Wandler wurde als analog bezeichnet.

Im zweiten Teil wurde der Fall des turbulenten Strahls beschrieben. Infolge der Zuführung der Wärmeenergie zu dem Luftstrahl, ändert sich seine Viskosität. Der Luftstrahl beginnt sich zu ordnen und bei einer bestimmten Temperatur geht er in einen laminaren Strahl über. Die Druckverluste sinken, der Ausgangsdruck steigt. Der auf diesem Prinzip aufgebaute Wandler wurde als diskret bezeichnet.

PNEUMATISCHE LOGISCHE MEMBRANELEMENTE

Henryk J. Leśkiewicz, Jan Jacewicz, Mariusz Olszewski
Technische Universität, Warszawa, Polen

Es wurde die Einführung folgender Prinzipien in die Konstruktion begründet und zwar: das Prinzip der freien Membran, das Prinzip der Wendekraft seitens des Speisewindes sowie das Prinzip des Fehlens an pneumatischem Widerstand. Es wurden die auf diese drei Prinzipien gestützte Konstruktionen dargestellt, die die Funktion der vieleingängigen Alternative sowie die Funktion der vieleingängigen Negation der Alternative realisieren und die das völlige und "übergesteifte" System bilden. Für diese beiden Arten der Funktion wurden ein- zwei- drei und viereingängige aktive Elemente dargestellt und es wurde gezeigt, wie unter Einführung eines zusätzlichen Eingangssignals über dem Speisungseingang ein Konjunktionseffekt erzielt werden kann. Es wurde bewiesen, daß die dargestellte Konstruktion es erlaubt, für die einzelnen Teile dieser Elemente Kunststoffe anzuwenden und daß diese automatisch montiert werden können. Die wichtigsten technischen Daten dieser Elemente wurden angegeben. Es wurden auch die laboratorischen Untersuchungen folgender statischer Eigenschaften bezeichnet wie: die Umschaltungszone, beide Verstimmungszonen und beide Signaltoleranzzonen. Es wurden die dynamischen Eigenschaften in Gestalt der auf Grund laboratorischer Messungen berechneten Antworten auf Sprungfunktionen angegeben.

KUPFERKONVERTERMODELL KONSTRUIERT ZUR BESTWERTBESTIMMUNG
MITTELS PAARUNGSGEFAELLEMETHODE

L. K. Nenonen Control Systems Laboratory
 National Research Council
 Ottawa, Canada.

B. Pagurek Carleton University
 Ottawa, Canada.

Die exothermischen Kupferverblasungsreaktionen geben Wärmeenergie ab, die zum Schmelzen von dem im Reverberierofen benötigten Futter verwendet werden kann. Sauerstoffanreicherung der dem Konverter zugeführten Luft verkürzt die Verarbeitungszeit und erhöht die Schmelzkapazität, erhöht allerdings auch die Kosten für Luftzufuhr.

An Hand eines mathematischen Modells des Konverters, kalibriert für verschiedene Verbrauchsstufen der mit Sauerstoff angereicherten Luft, wurde eine Paarungsgefällemethode im Funktionsraum ausgearbeitet um die optimale Futterzufuhrgeschwindigkeit zu bestimmen. Fragen des Schmelzen des Flotationskonzentrats im Konverter sowie Fragen des Einflusses des Änderung von Konverterparametern auf die optimalen Lösungen werden ebenfalls behandelt. Das mathematische Modell ist von Beziehungen zwischen Materialeigenschaften und Wärmeausgleich abgeleitet; es wurde mit Hilfe von Angaben, die von einem in Betrieb stehenden Konverter stammen, kalibriert.

Weiterhin wird in der vorliegenden Arbeit erläutert, wie die Paarungsgefällemethode auch auf Kontrollgrenzprobleme angewendet werden kann, besonders wenn Intervalle zwischen optimalen Kontrollen der einzelnen Parameter auftauchen. Es stellt sich heraus, dass die Paarungsgefällemethode wesentlich rascher zu einem besseren Optimalwert führt als die bisher übliche Methode der "steilste ansteigenden Kurve".

UNTERSUCHUNGEN ZUR OPTIMIERUNG EINES BRAMMENNACHWÄRMOFENS

von

H. E. Pike, Jr.
General Electric Co.
Schenectady, N. Y.
USA

S. J. Citron
Purdue University
Lafayette, Indiana
USA

Untersuchungen der Regelung von großen Systemen können oft als Probleme der dynamischen Optimierung formuliert werden. Der Vorteil dieser Formulierung wurde jedoch früher oft durch die rechnerische Schwierigkeit, die mit der Lösung solcher Probleme verbunden ist, stark eingeschränkt. Aussichtsreiche neue Rechenverfahren zur Lösung von Aufgaben der dynamischen Optimierung sind jetzt verfügbar. Dieser Beitrag beschreibt die Anwendung eines solchen Verfahrens in einer Untersuchung der Regelung eines Durchlaufofens, der Stahlbrammen für ein Warmwalzwerk nacherhitzt. Zu den Zielen der Untersuchung gehören die Regelung der Brammenendtemperaturen und die Minimisierung des Brennstoffverbrauches.

Von dem Nachwärmofen wird ein Modell mit konzentrierten Parametern ermittelt. Wenn die Beschreibung des Wärmeübergangsprozesses für eine einzelne Bramme mit einer gewöhnlichen Differentialgleichung kombiniert wird, kann das Regelungsproblem für das System als ein Problem der dynamischen Optimierung mit konzentrierten Parametern formuliert werden. Die Formulierung schließt als Beschränkung eine Begrenzung der Brammenoberflächentemperatur ein.

Ein Rechenverfahren, das auf der zweiten Differenz beruht, wird angewendet, um die Aufgabe der dynamischen Optimierung zu lösen. Die Lösung für den eingeschwungenen Zustand des Optimalwertregelungsproblems wird so erhalten.

Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Gestaltung der Regeleinrichtung für den Nachwärmofen. Ein feed-forward-Regelgerät wird vorgeschlagen, das auf den Lösungen basiert, die für den eingeschwungenen Zustand und die Aufgaben der dynamischen Optimierung erhalten wurden. Die Ergebnisse der Simulation dieses Regelgerätes werden gezeigt.

OFF-LINE-BERECHNUNG DER OPTIMALEN REGELUNGEN
FÜR DEN BODEN EINER DESTILLATIONSKOLONNE

G.P. Pollard und R.W.H. Sargent
(Imperial College, London)

Die Entwicklung kontinuierlicher Prozesse brachte so große Vorteile, daß seitdem stillschweigend angenommen wird, daß der Prozeß am wirkungsvollsten unter stationären Bedingungen arbeitet. Daher wird ein kontinuierlicher Prozeß beim Anfahren so schnell wie möglich zu den gewünschten Arbeitsbedingungen gebracht, und das Regelungsproblem besteht in der Aufrechterhaltung dieser Bedingungen beim Vorhandensein von Eingangsstörungen. Der Prozeß wird daher so stabil entworfen, daß das Regelungsproblem vereinfacht wird, und tatsächlich lassen die meisten Prozesse eine ganz grobe Regelungstechnik zu. Das Anfahren wird gewöhnlich durch empirische, auf Erfahrung basierende Methoden erreicht, eine Näherung, die wieder durch die natürliche Stabilität des Prozesses ermöglicht wird.

Manche Umgebungsbedingungen ändern sich viel schneller, als die natürliche Übergangszeit des Prozesses, so daß sie als Schwankungen erscheinen, die entweder durch den Prozeß selbst, oder durch die Wirkung des Regelungssystems gedämpft werden. Andere Änderungen, z. B. die der ökonomischen Bedingungen, treten häufig in einem Zeitmaßstab auf, der länger ist als die Übergangszeit des Prozesses, und werden, wenn notwendig, von Änderungen der stationären Arbeitsbedingungen des Prozesses begleitet.

Es ist also zu erwarten, daß in manchen Situationen die Übergangszeit des Prozesses mit dem Zeitmaßstab der Änderungen der Umgebung vergleichbar wird; es ist zu vermuten, daß solche Situationen öfter eintreten als gewöhnlich angenommen wird, und es ist dann unwahrscheinlich, daß die Berechnung, die vom stationären Zustand ausgeht, das Optimum ergibt. Außerdem sind Fälle bekannt, /1/ /2/, bei denen sogar bei

konstanten Umgebungsbedingungen wesentliche, über die Güte des stationären Zustandes hinausgehende Verbesserungen mit periodischen oder oszillatorischen Änderungen der Arbeitsbedingungen erreicht werden konnten.

Die Theorie zum Studium der optimalen Arbeitsweise solcher zeitvariabler Systeme existiert, und die chemisch-technische Literatur enthält eine Zahl erfolgreicher Anwendungen /3/ /4/ besonders auf dem Gebiet chemischer Reaktionen, wo das Prozeßmodell einfach genug gemacht werden kann, um eine analytische Lösung zu erhalten. Zum Studium allgemeiner Systeme muß eine wirksame numerische Technik entwickelt werden, und diese Arbeit berichtet, was in dieser Hinsicht zu unternehmen ist.

Es sei bemerkt, daß die allgemeinen feed-forward-Steuerungen auf einer genauen Vorhersage basieren.

ANLEITUNGSSTEUERUNG EINER PILOT-DISTILLATIONSANLAGE

C. FOULARD, Laboratoire d'Automatique, Faculté des Sciences, Grenoble

Das zur LÖsung gestellte Problem betrifft die quasi optimale, dynamische Steuerung einer Distillationskolonne. Das gewählte Kriterium repräsentiert den Gewinn im Zeitintervall $t_0 \rightarrow t_f$:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} I \, dt$$

I - bedeutet den Gewinn pro Zeiteinheit, insbesondere in Funktion des Titers des Endproduktes. Man vermutet I sei messbar. Wenn die auf das System wirkende Störungen oder Einstellwerte /Vektor $P(t)$ / variierten, muss dem Aktionsvektor $\underline{x}(t)$ ein optimaler Wert $\underline{x}^*(t)$ gegeben werden, mit Rücksichtnahme auf die von diesen Aktionen erregten Spannungen.

Wir schlagen eine Anleitungsmethode zur Erreichung von Gesetzen $\underline{x}_D^*(t)$ vor, die den theoretischen optimalen Gesetzen nahe liegen. Diese Methode setzt voraus keine Kenntnis oder Messung von Variablen der Systemzustände und ist brauchbar, wenn die Störungen in Schritte zu zerlegen sind und zwar solche, dass die Kolonne, zwischen allen Niveauveränderungen, eine unveränderliche Arbeitsweise erreicht. /Eine Ausbreitung im Falle von kriechend zerlegbaren Störungen ist ebenfalls vorgeschlagen worden/. Man vermutet, dass die Gesetze von Optimalsteuerungen $\underline{x}^*(t)$ kontinuierlich kommen kann.

Die Ergebnisse einer Prüfung mit Einsatz eines Digitalrechners, bei Verwendung eines mathematischen Modells der Distillations-Pilotkolonne im Laboratoire d'Automatique in Grenoble, wurden angeführt. Die experimentalen Regebniisse die mit der Pilotkolonne selbst ermittelt worden sind, werden am Kongress unterbreitet.

EINE DER GASTURBinen-DYNAMIK ANGEGANGENE NICHT-LINEAR
DIGITAL SIMULATIONMETHODE.

Das Problem, ein dynamisches System mit einem oder mehr viel-veränderlichen Nicht-Linear Bestandteile zu simulieren, wird durch einen Digital Rechner geprüft.

Ein solches System kann durch einen Satz Differentialgleichungen ersten Ranges, von denen einige Beiwerte veränderlich sind, dargestellt werden.

Es besteht die Möglichkeit, die numerischen Werte der veränderlichen Beiwerte mittels Wissens der Zustandsvektorwerke und der natürlichen Gesetze, die das Verhalten des Systems regeln, zu finden.

Aus Betrachtung der Ursachlichkeit kann es gezeigt werden, dass für solche Systeme, wie die oben beschrieben, eine iterative Technik zu entwickeln ist, um den Systemzustandsvektor zu finden.

Das Folgende sind Ausdrücke der Form, $\phi(y_1, \dots, y_m) = 0$

wo $\phi(y_1, \dots, y_m)$ die Nicht-Linear Anteile darstellen

und $y(y_1, \dots, y_m)$ der Zustandsvektor ist.

Die Bedingung, dass all die ϕ Funktionen zu Null reduziert sind, bedingt den Ruhepunkt des Systems. Dieser Ruhepunkt ist durch die Anwendung einer Technik, wie zum Beispiel die Newton-Raphson Methode, zu finden.

In der Praxis ist jeder der ϕ Ausdrücke eine algebraische Funktion des Zustandsvektors und wird durch das Angehen von vielveränderlichen gekrümmten Rückbildungsanalysen den praktischen Beobachtungen des in Frage kommenden Bestandteiles erhalten.

Die dynamische Anregung des Systems wird nach der Lösung für den Ruhepunkt des Systems durch direkte Zeit-Integration des Differential-Gleichungssatzes erhalten. Der Zeitabstand zu diesem Zwecke wird so gewählt, dass während der Periode innerhalb des benötigten Genauigkeitsgrades die Gleichungsbeiwerte ungeändert bleiben.

Für das Angeben der Methode jedes Systems, das gewisse Massstäbe befriedigt, kann ein allgemeiner Regelsatz festgelegt werden. Am meisten anpassend ist diese Methode dann, wenn sie an Systemen angewandt wird, die eine verhältnismässige niedrige dynamische Ordnung höchst nicht-linear viel veränderlicher Bestandteile hat, und die über einem breiten Bereich arbeiten.

Die Anwendung der Methode wird gezeigt, indem eine einwellige Strahl-turbine als Beispiel benutzt wird. Die angegebenen Resultate zeigen das relative Verhalten von eigentlichen und simulierten Triebwerken.

Diese Methode erlaubt das Einschliessen zusätzlicher System-Veränderlichungen, oder eine verwickelte Darstellung von gewissen Bestandteilen, bis ein Kompromiss zwischen kompletter Genauigkeit und Simulationsverwicklung erreicht wird.

AUTHOR: C. Dennison, Rolls Royce Limited, Bristol Engine Division
Bristol, Filton, Great Britain.

AUTOMATISCHES REGELUNGSSYSTEM ZUR OPTIMIERUNG
DES BOHRPROZESSES BEI SPRENGLÖCHERN

G.S. Tschernoruzky, W.A. Zygankow
Tscheljabinsk

Das Ziel einer automatischen Regelung des Bohrprozesses besteht darin, daß beim Bohren von Gestein mit zufällig sich ändernden physikalisch-mechanischen Eigenschaften ein solches Verhältnis der Betriebsparameter (axiale Kraft auf die Sohle und Drehgeschwindigkeit des Bohrinstruments) eingestellt wird, daß (in einem bestimmten Sinne) ein optimaler Betriebszustand erreicht wird, der Einfluß subjektiver Faktoren, die durch den Maschinisten verursacht werden, eliminiert wird, eine Kostensenkung für das Bohren gewährleistet wird, eine Erhöhung der Produktivität und eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen für das Bedienungspersonal erreicht wird. Eine vergleichende Analyse verschiedener technisch-ökonomischer Kriterien der Regelung des Bohrprozesses erlaubt, als Kriterium die minimalen Kosten für das Bohren einer Einheitslänge des Loches, die komplex sowohl die technische, als auch die ökonomische Seite des Prozesses berücksichtigen, zu wählen.

Die wesentliche Störung, die die Drift des Extremums der Bohrungskosten bewirkt, ist die zufällige Veränderung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften des zu bohrenden Gesteins. Die einfachste Struktur eines Systems zur automatischen Regelung des Prozesses wird erreicht, wenn ein geschlossenes selbsteinstellendes System mit nichtlinearen Kompensationsgliedern, das die a priori-Information über den Prozeß ausnutzt, konstruiert wird. Während des Arbeitsprozesses des Regelungssystems wird eine kontinuierliche Bewertung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Gesteins durchgeführt, daraufhin wird das optimale Verhältnis der Betriebsparameter eingestellt, das minimale Bohrkosten gewährleistet. Wie die Analyse zeigt, werden die dynamischen Eigenschaften des Regelungssystems durch die

physikalisch-mechanischen Eigenschaften des zu bohrenden Gesteins bestimmt; folglich handelt es sich im wesentlichen um zufällige Eigenschaften.

Beispielsweise verändern sich einige Koeffizienten, die das System der automatischen Regelung charakterisieren, 40 bis 160 mal. Die dynamischen Eigenschaften eines solchen Systems können nicht mit gewöhnlichen Methoden der Theorie der automatischen Regelung untersucht werden. Für die Analyse der dynamischen Eigenschaften eines Systems der automatischen Regelung einer ähnlichen Klasse wurde eine spezielle Methode vorgeschlagen, die eine statistische Charaktisierung der dynamischen Eigenschaften des automatischen Regelungssystems erlaubt. Insbesondere werden solche dynamische Kenngrößen des Systems wie Stabilität, Stabilitätsreserven, Schranken für die Frequenz des Einschwingvorganges und andere nach ihren Wahrscheinlichkeiten ermittelt. Im Vortrag werden Materialien von industriellen Erprobungen der ausgearbeiteten Systeme der automatischen Regelung des Bohrens von Löchern vorgelegt. Ein entsprechendes System wurde im Ausland patentiert.

SCHÄTZUNG DER PARAMETER DER DIFFERENZENGLEICHUNG
EINES TRÄGEN SYSTEMS AUF GRUND EXPERIMENTELLER DATEN

V. Peterka, K. Šmuk

In der Arbeit wird ein Verfahren zur Schätzung der Koeffizienten der Differenzengleichung eines linearen trägen Systems vorgeschlagen. Für diese Schätzung steht eine endliche Folge gemessener Werte des Ausgangs- und des Eingangssignals zur Verfügung. Vorausgesetzt wird, daß dem Ausgangssignal ein Rauschen $\varepsilon(t)$, das unkorreliert mit dem Eingangssignal ist, überlagert ist. Die mathematische Erwartung des Rauschens kann zeitabhängig sein, doch wird angenommen, daß diese Abhängigkeit (Drift) im gegebenen Beobachtungsintervall durch das Polynom

$$E \varepsilon(t) = \sum_{i=0}^v c_i t^i$$

ausgedrückt werden kann; dabei sind c_i unbekannte Koeffizienten, und v ist hinreichend klein. Die Kenntnis der übrigen statistischen Charakteristiken des Rauschens ist nicht erforderlich.

Das Verfahren verwendet einen Algorithmus für die lineare Regressionsanalyse bei wachsender Zahl von Daten. Dieser Algorithmus (einschließlich einer Prozedur in Algol-60) wird im Abschnitt 3 beschrieben. Der Algorithmus kann auch für andere Zwecke verwendet werden. Sein Vorteil besteht darin, daß die Eingangsdaten nacheinander (on-line) verarbeitet werden und die benötigte Speicherkapazität nicht von der Menge der zu verarbeitenden Information abhängt. Der Algorithmus speichert alle nötige Information über die Vergangenheit des untersuchten Prozesses in konzentrierter Form, so daß die vorhergehenden Daten nicht gespeichert werden müssen.

Die Methode zur Schätzung der Koeffizienten der Differenzengleichung des trägen Systems wird in Abschnitt 4 beschrieben. Die Methode hat die folgenden Eigenschaften:

- a) Sie kann in direkter Verbindung mit dem Prozeß arbeiten, und die benötigte Speicherkapazität hängt nicht von der

Länge des Beobachtungsintervalls ab.

- b) Die Schätzung wird mit einer endlichen Zahl von Rechenoperationen erhalten. Im Unterschied zu bekannten Methoden wird keine Iteration verwendet, so daß keine Schwierigkeiten hinsichtlich Konvergenz und lokaler Extrema bestehen.
- c) In jedem Zeitpunkt (von einer bestimmten minimalen Länge des Beobachtungsintervalls ab) kann man eine Schätzung für alle bis zu diesem Zeitpunkt verarbeiteten Daten erhalten.

Im Abschnitt 5 werden asymptotische Eigenschaften der Schätzung angegeben. Die erhaltene Schätzung der Koeffizienten konvergiert mit wachsender Länge des Beobachtungsintervalls fast sicher gegen die exakten Werte.

Ergebnisse der Experimente werden im Abschnitt 6 gebracht.

ÜBER DIE EINGANGSSIGNALSYNTHESSE BEI PARAMETERIDENTIFIKATION

M. Aoki, R.M. Staley

Dieser Bericht behandelt das Problem der Projektierung einer Eingangssignalsequenz, um das Mass der Parameterschätzungsfehler beim Identifikationsproblem für "off-line" Systeme zu verringern. Die Systemdynamik ist durch eine Differenzengleichung k -ter Ordnung der skalaren Eingangs - skalaren Ausgangsvariablen gegeben, bei bekannten Eingang und rauschenden Ausgangsbeobachtungen.

Im Hauptteil des Berichts werden die unbekannten Parameter als Konstante und nicht als Zufallsvariable betrachtet. Der Eingang wird so gewählt, um die Spur der Fisher-Informationsmatrix zu minimieren unter Berücksichtigung der energetischen Beschränkung im Eingang und Ausgang des Systems. Geschlossene analytische Lösungen werden für das einfache Ein-Parameter-Problem angeführt. Ein nützliches Näherungsverfahren unter Verwendung der Poepitz-Matrix wird ausgearbeitet. Am Ende des Berichts wird zusätzlich der Fall behandelt, wenn die Parameter als Zufallsvariable mit bekannter, gemeinsamer Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen betrachtet werden.

DIE KENNWERTERMITTLUNG IM "ON-LINE" BETRIEB UND IHRE ANWENDUNG AUF EIN SELBSTEINSTELLENDES REGELUNGSSYSTEM

M. Nishimura, K. Fuji and Y. Suzuki
Faculty of Engineering, Osaka University

Diese Arbeit beschreibt ein Verfahren zur Schätzung der Prozeß-Kennwerte durch "on-line" Datenverarbeitung.

Ermittelt werden die Parameter der Impulsantwort unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate.

Nach einer Erläuterung des allgemeinen Prinzips und des Algorithmus für die "on-line" Kennwertermittlung wird der statistische Charakter der Schätzungen diskutiert und der Begriff einer "gleichwertigen Datenlänge" eingeführt.

Einige vorkommende Prozesse besitzen keine stabilen Arbeitspunkte. Der Anwendungsbereich des Schätzungsverfahrens wird auf solche Prozesse ausgedehnt. Außerdem wird die Kennwertermittlung an langsam zeitvariablen Prozessen durch Rechner-Simulation veranschaulicht.

Die Arbeit behandelt schließlich ein Beispiel für ein selbst-einstellendes Regelungssystem.

ADAPTIVE ALGORITHMEN FÜR DIE KENNWERTERMITTLUNG

von

K.G. Oza and E.I. Jury

Electrical Engineering and Computer Sciences

and the Electronics Research Laboratory

University of California

Berkeley, California

Diese Arbeit betrachtet das Problem der Identifikation von Systemen, die durch gewisse Parameter charakterisiert werden. Vorgelegt wird eine iterative Methode zur Schätzung dieser Parameter durch Auswertung stochastisch gestörter Ein- und Ausgangsgrößen.

Das Problem der Ermittlung von Parametern eines diskreten Systems mit einem Ein- und einem Ausgang lässt sich auf die Lösung von Regressionsgleichungen zurückführen. Die Schätzungen für gewisse Korrelationsfunktionen, die als Koeffizienten in diesen Gleichungen auftreten, werden aus den Ein- und Ausgangsgrößen bestimmt. Ihre Konvergenz mit der Wahrscheinlichkeit Eins wird durch eine Analyse von Zeitfunktions-Reihen begründet.

Vorgelegt wird ein Algorithmus, der die Lösung der Regressionsgleichung approximiert und mit der Wahrscheinlichkeit Eins konvergiert.

Die für den linearen Fall angenommene Annäherung, ist auf nichtlineare Systeme ausgedehnt worden. Die Modelldarstellung nach Hammerstein wird untersucht, wobei die Regressionsgleichungen durch das System der gefundenen Parameter erfüllt werden.

Beispiele von linearen und nichtlinearen Systemen werden betrachtet. Die Konvergenz lässt sich zu jedem Fall durch eine sinnvolle Anzahl von Iterationsschritten sicherstellen.

Die Forschung wurde gefördert durch die Abteilung für wissenschaftliche Forschung der US Air Force, der Abteilung für Raumfahrt-Forschung der US Air Force.
unter AFOSR Granz AF-AFOSR - 292 - 67.

EINE VERGLEICHUNG VON EINIGEN SCHEMAS FÜR KENNWERTERMITTLUNG

von A.J.W. van den Boom und J.H.A.M. Melis

Elektrotechnische Abteilung der

Technische Hochschule in

Eindhoven, Niederlände

In diesem Bericht werden einige Hauptprobleme in der Kennwertermittlung besprochen, besonders mit Beziehung auf die Unsicherheit in der Schätzung, verursacht von additiven Rauschen und von angenäherten Modellstrukturen.

Zwei fundamentale Annäherungen, nämlich die Instrumentation von expliziten mathematischen Relationen und der Modellanpassungstechnik, werden im Verhältnis zu der Genauigkeit als Funktion des Beobachtungsintervales theoretisch mit einander verglichen.

In einigen Situationen können beide Matrixinversion erfordерende Methoden mittels eines nicht-orthogonalen Schätzungsschemas ohne Matrixinversion genügend angenähert werden.

Eine zusammenfassende Besprechung wird den additonalen Fehlern zufolge der Annäherung des idealen Schätzungsverfahrens gewidmet.

EINE METHODE ZUR KENNWERTERMITTLUNG AN EINEM STOCHASTISCH
GESTÖRTEN PROZESS IM ECHT-ZEIT BETRIEB.

Peter C. Young
Naval Weapons Center
China Lake, California, United States of America

Dem Problem der Kennwertermittlung im Echt-Zeit-Verfahren durch Auswertung von Betriebsdaten wurde in den letzten Jahren starke Aufmerksamkeit gewidmet. Die entwickelten Techniken reichen von deterministischen Verfahren bis zu statistischen Methoden, die auf den Ergebnissen optimaler Schätzungstheorien aufbauen.

Die vorgeschlagene Methode soll einen Kompromiß zwischen den beiden Extremen darstellen; sie gründet sich auf die klassische statistische Schätzungstheorie, ohne von vornherein Informationen über das Signal und das Rauschen zu benötigen.

Die Arbeit beschreibt die Ausarbeitung eines einfachen digitalen und rekursiven Schätzungs-Algorithmus zur Lösung des Problems. Es wird diskutiert, wie die Wahl des Eingangssignals und die Form des mathematischen Modells die "Identifizierbarkeit" eines Prozesses beeinflussen kann. Schließlich werden eine Reihe repräsentativer experimenteller Ergebnisse angeführt, um die praktische Anwendbarkeit dieses besonderen Verfahrens zur Kennwertermittlung zu veranschaulichen.

MODELLIERUNG UND IDENTIFIKATION VON AQUIFER-SYSTEMEN
HOHER ORDNUNG

D.A. Wismer, R.L. Perrine, Y.Y. Haimes
Department of Engineering, University of California
Los Angeles, California, U.S.A.

Die Druckverteilung in einem unterirdischen Reservoir wird durch eine lineare partielle Differentialgleichung parabolischen Typs mit räumlich veränderlichen Koeffizienten modelliert. Die verteilten Parameter, Speichervermögen und Durchlässigkeit, werden identifiziert durch Minimisierung einer Norm, die von den beobachteten und aus dem Modell abgeleiteten Drücken abhängig ist. Diese verteilten Parameter werden durch "Mittel"-Werte über diskrete Teile des Reservoirs approximiert. So kann die Zahl der Parameter, die identifiziert werden, beträchtlich sein.

In dieser Arbeit werden zwei verschiedene Modelle für ein unterirdisches Reservoir entwickelt. Ein Identifikationsschema, das auf der Zerlegungstechnik basiert, wird abgeleitet, um die unbekannten Parameter zu identifizieren. Ein wichtiges Merkmal des Identifikationsverfahrens besteht darin, daß es automatisch diejenigen Flächen des Reservoirs identifiziert, die gleichartige "mittlere" Eigenschaften haben. Auf diesem Weg wird eine Teilung des räumlichen Reservoirbezirkes gerade mit der Parameterbestimmung vorgenommen. Die Methode basiert auf den Annahmen der Zerlegung und der vielflächigen Optimisierung und wurde speziell entwickelt, um sich den hochdimensionalen Systemen anzupassen.

Die theoretische Ableitung des Identifikationsschemas wird für jedes der betrachteten Systemmodelle gegeben. Ein Berechnungsbeispiel ist enthalten und die Wirksamkeit der Modellierung wird an den Ergebnissen gezeigt. Außerdem werden die Berechnsalgorithmen überprüft und die numerischen Ergebnisse angegeben.

ANWENDUNG DER REGULÄREN EXPRESSIONEN IN DER
SYNTHESE VON KOMPLEXEN SEQUENTIELLEN ASYNCHRONEN
MASCHINEN

E. Daclin, M. Breaud, M. Denouette, J.P. Perrin

Gewöhnlich tauchen die Probleme der Realisierung von sequentiellen asynchronen Maschinen in der Industrie auf insbesondere bei System-Gruppen von mehreren hundert binären Ein- und Ausgängen. Darüberhinaus tendiert die Ausführung mehr und mehr zu integrierten Schaltungen für komplexe logische Funktionen. Diese beiden Fakten führen zu bedeutenden Schwierigkeiten im Hinblick auf Synthese und Reparatur. Klassische Methoden der Synthese /Z.B. Huffmann/ sind sehr aufwendig und die Suche nach einer Störquelle gestaltet sich schwierig. Das Thema dieser Veröffentlichung ist die Verbesserung einer Methode der Synthese, die auf regulären Expressionen basiert und zum Ziel hat, die beiden Schwierigkeiten auszuschalten. Im ersten Teil geben die Autoren einige Modifikationen an, die sie in der Methode von Gloushkov vorgenommen haben, um schon eine ziemlich vereinfachte Tafel zu erhalten. Im zweiten Teil erläutern die Autoren, wie man eine eventuelle Parallel-Dekomposition von Maschinen ausfindig machen kann.

Schliesslich verdeutlicht ein ziemlich einfaches industrielles Beispiel die erläuterten Methoden.

Verfahren zur Zustandsreduktion von Automaten unter
Berücksichtigung technischer Besonderheiten bei
synchrone und asynchronen Betriebsarten

Hans Joachim Zander
Deutsche Akademie der Wissenschaften
Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik
Dresden, DDR

In der Steuerungs- und Rechentechnik werden verschiedene Arten von synchronen und asynchronen Automaten eingesetzt. Für die Zustandsminimierung der asynchronen Automaten sind jedoch die Methoden, die speziell für synchrone Automaten entwickelt wurden, nicht geeignet.

In dem vorliegenden Beitrag werden deshalb die verschiedenen synchronen und asynchronen Automaten unter einem einheitlichen Gesichtspunkt betrachtet und ihre technischen Besonderheiten bei der mathematischen Beschreibung berücksichtigt. Bei der Zustandsminimierung kommen diese Besonderheiten der einzelnen Automatenarten durch unterschiedliche Bedingungen zum Ausdruck, unter denen jeweils zwei ihrer Zustände unverträglich sind. Entsprechend diesen Bedingungen lassen sich Algorithmen angeben, nach denen alle Paare von bedingt und unbedingt unverträglichen Zuständen aus speziellen Übergangstabellen ermittelt werden können. Davon ausgehend wird eine Methode entwickelt, nach der für beliebige Arten von Automaten auf systematische Weise alle minimalen Kollektionen von Verträglichkeitsklassen bestimmt werden können.

Über die Unvereinbarkeitsbedingungen lassen sich darüber hinaus die einzelnen Arten von synchronen und asynchronen Automaten bezüglich der zur Lösung einer bestimmten Aufgabenstellung mindestens erforderlichen Anzahl von Zuständen in allgemeiner Form vergleichen.

DAS ASYNCHRONE MODELL DES ENDLICHEN AUTOMATEN
(Thesen zum Bericht)

E.A.Jakubaitis, Doktor der technischen Wissenschaften, Professor
Riga, UdSSR

Es wird das asynchrone Modell des endlichen Automaten betrachtet, das auf logische Elemente, von denen jeder eine innere Verzögerung besitzt, und auf Filter, eingeschaltet in geschlossene Kreise der Rückkopplung, gebaut ist. Die innere Verzögerung des logischen Elementes und die Filterverzögerungen sind stochastische Filter der Zeit mit beliebigen aufgegebenen maximalen und minimalen Begrenzungen. Das erwähnte Modell wiederspiegelt Charakteristiken der als endliche Automaten arbeitenden realen Einrichtungen. Sein Einzelfall ist allgemein bekanntes Modell mit tragheitslosem Umwandler und Verzögerungen in Rückkopplungsketten.

Auf Grund des betrachtenden Modells wird die Determinationsmethode aller überschusslosen Regelungssysteme gegeben, die den Aufbau des von beliebigen kritischen Wettbewerben freien Strukturbildes des endlichen Automaten sichern. Dabei wird die maximale Schnelligkeit des endlichen Automaten gewährleistet. Wenn man das Auswahlkriterium einführt, so kann man von der erhaltenen Menge der Systeme optimale Systeme aussuchen. Hochstleicht lässt sich diese Aufgabe lösen im Notfall die Zahl der inneren Zustände des endlichen Automaten auf Minimum zu bringen.

VOLLE MINIMALISATION DER ZUSTÄNDE IN
ASYNCHRONAUTOMATEN.

Wiesław TRACZYK /Polen/

Im Referat werden Methoden dargestellt, die in eine verhältnismässig bequeme Weise eine Minimalisation der inneren Zustandsanzahl in Synchronautomaten gestatten. Diese Automaten werden in zwei Gruppen geteilt: statische und dynamische. In der ersten Gruppe werden zur Minimalisation Mengen von pseudoäquivalenten Zuständen herangezogen, deren Brauchbarkeit durch ein spezielles Kriterium bezeichnet wird. Als Ergebnis erhält man Minimaltabellen, die ein System mit Potentialsignalen beschreiben. Dynamische Automaten werden als nächste Vereinfachungsetappe betrachtet. Eine Verringerung der Zustandsanzahl erhält man durch ein Feststellen der gemeinsamen Zustände und durch die Einführung von dynamischen Abhängigkeiten, die mittels Impulssignale realisiert werden. Die Anwendung der beschriebenen Methoden ermöglicht ein Entwurf von neuen Systemen, die in den meisten Fällen einfacher sind, als bei traditionellen Projektierungsmethoden.

HEURISTISCHE METHODEN DER STRUKTURSYNTHESE
VON RELAISSCHALTUNGEN

M.A. Gawrilow

Korresp. Mitglied der Akademie der
Wissenschaften der UdSSR
Institut für Automatik und Telemechanik,
Moskau, UdSSR

Die Besonderheiten moderner Syntheseaufgaben von Relais-schaltungen, und zwar die Komplizierung der Struktureigen-schaften der Elemente und die bedeutende Vergrößerung des "Umfanges" der Relaisschaltungen verlangen einen großen Überblick über die wesentlichen Synthesemethoden und die wichtige Entwicklung der Theorie der Relaisschaltungen. Die gegenwärtig am höchsten entwickelten und theoretisch begründeten Synthesemethoden verwirklichen Strukturen von Relaisschaltungen mit den Elementen "Und", "Oder", "Nicht". Methoden zur Ermittlung der sogenannten "absolut minimalen" Realisierungen basieren auf Auslese und sind schon für 10 bis 12 Variable in Strukturen mit einem Ausgang sogar auf dem Digitalrechner praktisch undurchführbar. Gleichzeitig erreicht die Anzahl von Ein- und Ausgängen in modernen praktischen Problemen einige hundert.

Im Vortrag werden Methoden der "gezielten" Suche zu optimalen Realisierungen der Strukturen betrachtet, die darin bestehen, daß in jeder Syntheseetappe von allen möglichen Varianten weiterer Etappen durch entsprechende Beurteilungen eine gewisse Variante ausgewählt wird, die eine nahezu optimale Struktur verwirklicht. Dabei wird im Entscheidungsbaum ein Weg ausgewählt, der den Berechnungsumfang wesentlich verringert. Im Vortrag werden zwei Methoden der gezielten Suche beschrieben, die vom Autor zusammen mit Ingenieur W. Kopylenko ausgearbeitet wurden.

Die erste Methode ist geeignet für Elemente mit symmetri-schen und geordneten Eingängen und mit der sogenannten

"charakteristischen Zahl" = 1. Die gezielte Suche darin wird durch Eliminieren der unwesentlichen Variablen (das Kriterium der Nähe zur Realisierung mit einem Symbol) und durch Aussondern der nichtredundanten Untermenge der ungenügenden minimalen Glieder (asymptotisches Kriterium zur Bewertung der unbestimmten Funktionen) verwirklicht.

Die zweite Methode ist für beliebige Elemente brauchbar. Die gezielte Suche wird hier verwirklicht durch Auswahl der optimalen Reihenfolge zur Auffüllung der Eingänge (das Minimumskriterium der sogenannten "starren Vorschriften") und durch Auswahl der optimalen Variablen, die an die Eingänge gegeben werden.

EIN WEG ZUR AUTOMATISIERUNG DER SYNTHESE
DER ENDAUTOMATEN

D.B. Schischkow
(Sofia, Bulgarien)

Im Vortrag ist ein Weg zur Automatisierung der optimalen Synthese der Endautomaten betrachtet, der die Klasse der Algorithmen einschließt, gegründet auf einer Struktursprache, die eine algebraische Zahl der bekannten Sprachen der Tabellen der Über- und Ausgänge und der Graphen der G.H.Mealy und E.F.Moore ist. Die vorgeschlagenen Algorithmen haben einen analytischen Charakter, lassen im Prozeß der Synthese eine Optimisationsleistung durchführen und können in einer genug breiten Klasse von Endautomaten angewandt werden. Ihre Wirkung kann mit der Wirkung der bekannten analogischen Algorithmen verglichen werden oder überschreitet die Wirkung der letzten.

Der vorgeschlagene Weg charakterisiert sich durch einen hohen Grad von Formalisation, durch Bequemlichkeit bei den Rechnungen der Ingenieure und durch Automatisierung mit der Hilfe von elektronischen Computermaschinen.

F. TISON

In dieser Abhandlung wird eine logische komplexe Algebra zur Bestimmung der Homomorphismen und der Kodierungen sequentialer Maschinen angewandt.

Prinzipiell bestimmt man zu jedem Reihenpaar der Übergangstafel einer Maschine eine Boolesche Veränderliche dessen Wert bei Reihenüberlagerung gleich 1 und andernfalls gleich 0 angesetzt wird. Die Zusammensetzung dieser primären Veränderlichen bildet eine verallgemeinert logische Veränderliche dessen Argumente eine bestimmte Freiheitlosigkeit der Reihenüberlagerung des Rechentisches wiedergibt. Ähnlicherweise bestimmt man die Partierungsveränderlichen zur Anmerkung der Bedingungen die zwangsläufig aus den vergeschlagenen Überlagerungen entstanden sind. Von diesen beiden Veränderlichen bildet man für jede Sequentialmaschine eine logische Funktion die mittels klassischen Algorithmen in Boolescher Kombinatorik behandelt werden kann.

Von der Übergangstafel aus, ist es sehr einfach möglich die primitive Basis dieser Funktion zu finden und danach die vollständige Aufstellung nach Bestimmung der Primglieder. Gewisse Ausdrücke geben die Homomorphen Bilder der Übergangstafel wieder. Ein Algorithmus der direkt zu diesen Gliedern führt wird erläutert.

Die Veränderlichen mehrerer Werte können zur Erforschung der Kodierungen angewandt werden. Der zukünftige Wert einer Kodierungsveränderlichen hängt von dem Momentanzustand der Maschine sowie ihrem Eingangszustand ab. Aus einem gegebenen Kodus ist eine Kodierungsveränderliche bestimbar, wenn ihr zukünftiger Wert einwandfrei in Abhängigkeit der Veränderlichen Augensblickswerte des Kodus und der Eingangswerte der Maschine bestimmt werden kann.

Von den anderen Kodus Elementen aus, findet man sehr einfach die Möglichkeiten der absolut notwendigen Bestimmungen jeder Veränderlichen. Diese Information kann graphisch wiedergeben werden, womit eine Annähernde Angabe der Schwierigkeit einer Kodierung gegeben ist ohne rechnerisch die entsprechenden Gleichungen zu lösen. Sie bringt auch die hauptsächlichen Eigenschaften des Maschinenaufbaus hervor : Zerlegung, Symetrie, Äquivalenzen, Impulsgeber, ...

Die Anzahl der Kodierungsveränderlichen kann durch folgende Annahme vermindert werden : Höchstwahrscheinlich führen die hauptsächlichsten Kodierungen zu Gruppierungen die nicht die notwendige Bedingung einer Nullpartierung enthält. Die Rechnungen sind einfach und führen schnellstens zu vereinfachten Lösungen. Graphisch kann man eine Hauptkodierung wählen die zu einem sehr einfachen Aufbau führt.

ÜBER DIE ERKENNUNG DER TOTAL- ODER TEILSYMMETRIE VOLLSTÄNDIG
ODER TEILWEISE BESTIMMTER LOGISCHER FUNKTIONEN

Ryszard S. Michalski

Instytut Automatyki PAN, Warszawa, Polen

In der Bearbeitung wurde die Methode der Erkennung der Total- oder Teilsymmetrie bezüglich von Buchstaben (gerade oder nagierte Veränderliche) vollständig oder teilweise bestimmter logischer Funktionen (mit einem oder mehreren Ausgängen) beschrieben. In der Methode wurde ein neuer Zutritt, basiert auf der Nutzung eines gewissen zweidimensionalen typologischen Modells der logischen Funktion des sg. Funktionsbildes $T(f)$, angewandt. Die Anwendung dieses Modells lässt eine leichte Realisation der Methode zu und zwar sowohl in Handrechnung (für $n \leq 6-8$) als auch mit Hilfe eines Digitalrechners.

Zwei Koordinationsprinzipien und deren Anwendung in großen
Regelungssystemen

M.D. Mesarovic; D. Macko; Y. Takahara
Systems Research Center - Case Western Reserve University
Cleveland, Ohio

Zwei Koordinationsprinzipien werden angegeben, die in Abhängigkeit von der Struktur die Führung in hierarchischen Regelungssystemen gewährleisten. Das eine Prinzip basiert auf wechselseitiger Vorhersage und das andere auf wechselseitigem Vergleich. Beide Verfahren werden theoretisch umrissen, um den weiten Spielraum hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zu demonstrieren.

Für Zwei-Ebenen-Systeme, die in einem normierten linearen Raum definiert sind, werden die hinreichenden Bedingungen zur erfolgreichen Anwendung dieser Prinzipien angegeben. Einige Beispiele von Zwei-Ebenen-Systemen dienen zur Veranschaulichung der verlangten Bedingungen.

DEZENTRALISIERTE OPTIMIERUNG GROSSER DYNAMISCHER SYSTEME

Roman Kulikowski

Instytut Automatyki PAN, Warszawa, Polen

Der Artikel betrifft der Optimierung dezentralisierter, grosser, dynamischer Systeme wie z.B. integrierter Energiesysteme, Gasproduktion- und Gasverteilungssysteme, Wasser-Verteilungssysteme in Landesmassstab usgl.

Es wurde eine auf Dekomposition eines optimierten Systems in Gestalt einer zwei-Niveastruktur basierende Methode analysiert. Lokalregler (des I Niveaus) bewerkstelligen die dynamische Optimierung einfacher Subsysteme. Diese Regler senden die Ergebnisse der Lokaloptimierungen zu einem übergeordneten Regler (II Niveau), der auf Grund der Gradientenmethode neue Werte der Begrenzungsniveaus berechnet. Diese Werte werden zurück zu den Lokalreglern gesandt. Daraus ergibt sich ein Iterations-optimierungsprozess. Es wurden auch einige Verallgemeinerungen der genannten Methode diskutiert. Es wurde die Anwendung der vorgeschlagenen Methode zur integrierten Optimierung eines Energiesystems mit Wärme- und Wasserkraftwerken besprochen.

5.3 DAS PRINZIP DER DEZENTRALISIERUNG BEI DER OPTIMIERUNG KOMPLIZIERTER SYSTEME

A. A. Perwoswansky
(Leningrad)

Für Systeme, die aus einer endlichen Zahl von Elementen mit beliebiger aber festgelegter Verbindungsstruktur bestehen, wird das Problem der Herstellung eines optimalen Entwurfes betrachtet. Jedes Element liefert gewisse Produktmengen, die sowohl dem Ausgang des Systems als auch anderen Elementen zugeführt werden, die sie entsprechend der Eigenschaft der Quellen nutzbar machen.

Die Auslastungsintensität der möglichen Betriebsverfahren der Systemelemente ist gering, sowohl bezüglich des Niveaus der liefernden Quellen, als auch der eigenen Begrenzungen. Unter dem Prinzip der Dezentralisation der Projektierung versteht man folgendes: Die Aufgabe der Optimierung des Systems im Ganzen muß in eine Reihe von Extremwertaufgaben für jedes der Elemente des Systems gegliedert sein, die unabhängig in dem Sinne sind, daß für ihre gegenseitige Anpassung keine direkte Information über den Charakter der Beschränkung in bezug auf die eigentlichen Quellen erforderlich ist. Eine Reihe von Aufteilungsverfahren und iterativen Prozeduren der Anpassung örtlicher Funktionale werden beschrieben. Hauptaufmerksamkeit wird besonders der einfachen lernenden Struktur mit Parallel- und Serienverbindungen gewidmet. Es gelingt, einige Methoden auf Systeme mit allgemeiner Art der Verbindungen zu übertragen. Als Hauptmethode erscheint die Umwandlung der ursprünglichen Aufgabe in eine Menge örtlicher Aufgaben der linearen Programmierung mit freien Parametern, für deren Auswahl die Lösung der "zentralen" Aufgabe des Auffindens des Extremums für die implizit vorgegebene konvexe Funktion erforderlich ist. Das Letztere wird mit Hilfe beliebiger möglicher Modifikationen der Methode in verschiedene Richtungen verwirklicht, die die Nichtdifferenzierbarkeit der Zielfunktionen in einigen Punkten berücksichtigen. Die Frage der Verknüpfung des Problems der Dezentralisation der Projektierung und der Steuerung wird erörtert.

von der Synthese einer Mehr-Niveau Steuersysteme

Andrzej Straszak

Instytut Automatyki PAN, Warszawa, Polen

Die Aussammlung der modernen Steuerungsproblemme verbreiterten rasch in den letzten Jahren und die Mehr-Niveau Steuersysteme haben immer grösse Rolle in der Theorie der Steuerung und in den Anwendungen. Die Synthese der Mehr-Niveau Steuersysteme ist grundsetzlich verschieden von der Synthese der konventionellen Steuersysteme und die konventionelle Theorie der Steuerung kann nicht mechanisch angewendet werden.

In dieser Veröffentlichung wird eine Methode der Synthese von den Mehr-Niveau-Steuersystemen dargestellt. Es werden bei der Anwendung eines komplexen Models von dem Mehr-Niveau-Steuersystem einige Prozeduren, die zulassige und optimale Steuerstrukturen zu bestimmen erlauben, vorgeschlagen.

ÜBER DIE THEORIE DER STEUERUNG
KOMPLIZIERTER SYSTEME

A.I. Kuchtenko

(Kiew)

Betrachtet werden charakteristische Eigenschaften komplizierter Steuerungssysteme und abstrakte Modelle, die bei der Konstruktion komplizierter Steuerungssysteme verwendet werden. Dabei werden ein deduktiver und ein induktiver Weg zur Schaffung einer allgemeinen Theorie der Steuerung eingeschlagen. Ferner werden grundsätzliche Möglichkeiten zur Überwindung mathematischer Schwierigkeiten untersucht, die bei der Untersuchung komplizierter Steuerungssysteme auftreten; insbesondere werden einige logisch-dynamische Probleme gelöst.

Für das Problem der Symbiose "Mensch - Automat" in komplizierten Steuerungssystemen werden gewisse neue Aspekte eröffnet. Abschließend werden Beispiele für die Untersuchung komplizierter Steuerungssysteme angeführt.

ÜBER DEN AUFBAU KONTROLL-DIAGNOSTISCHER
PRÜFVERFAHREN FÜR STRUKTUREN GLEICHEN TYPS

I.W. Prangischwili; W.W. Ignatuschenko

Moskau, UdSSR

Der Aufbau digitaler Anlagen in integrierter Technik aus mikroelektronischen Schaltungen gleichen Typs, die aus Elementen gleichen Typs mit gleichen Verbindungen zwischen den Elementen bestehen, besitzt außerordentliche Perspektive.

Die Erforschung und Ausarbeitung von Methoden zur Funktionsprüfung und Fehlererkennung an homogenen Strukturen ist eine der unumgänglichen Etappen bei der Lösung des Zuverlässigkeitproblems von digitalen Automaten, die mit gleichartigen Strukturen realisiert werden.

Die Kontrolle der Schaltung eines beliebigen endlichen Automaten, der aus Elementen gleicher Struktur aufgebaut ist, ist im Vergleich zur Prüfung gewöhnlicher heterogener Schaltungen äußerst einfach, weil sie zum Aufbau kontroll-diagnostischer Prüfverfahren für gleiche funktionelle Kerne der Struktur mit regelmäßigen Verbindungen führt. Die Methodik zum Aufbau solcher Prüfverfahren wird untersucht.

Es werden spezielle Typen von Testeinstellungen (symmetrische, wechselseitig verknüpfte) bestimmt, die gleichzeitig bei allen Kernen der Struktur oder einem bestimmten Teil der Gesamtanzahl (unabhängig vom Ausmaß der Struktur) angewendet werden können; die Prüfzeit einer gleichartigen Struktur mit dieser Testeinstellung (Zahl der Arbeitstakte) hängt schwach oder

gar nicht von der Anzahl der Kerne (Ausmaß) der Struktur ab.

Es wird gezeigt, daß die Prüfung gleichartiger Strukturen, die nur Umschaltfunktionen ausführen, in 4 - 5 Takten (bei beliebigem Ausmaß der Struktur) durchgeführt wird und die Erkennung jedes Fehlers einen zusätzlichen Takt erfordert. Die Prüfung einer Struktur, die aus Elementen mit vielen Funktionen (jedes mit 5 Speicherstufen) besteht, wird in 14 Takten bei beliebiger Anzahl von Kernen in der Struktur durchgeführt.

ÜBER DEN AUFBAU VON PRÜFVERFAHREN FÜR VIELTAKTIGE EINRICHTUNGEN OHNE SPEICHERELEMENTE

A.F. Wolkow, W.A. Wedeschenkow (Moskau),
W.A. Petrov (Leningrad)

Die theoretischen Grundlagen zum Aufbau prüfender und diagnostizierender Verfahren führen bei ihrer unmittelbaren Anwendung auf vieltaktige, diskrete Einrichtungen zu umständlichen und arbeitsaufwendigen Methoden. Unter Berücksichtigung des Trendes zu kontaktlosen Elementen erlaubt die Anwendung von Blockmethoden zur Synthese von Prüfverfahren die Ausarbeitung effektiverer Methoden des Aufbaues von Prüfverfahren.

Es werden Fragen der Blocksynthese und Minimisierung der Versuche betrachtet, die die Aufdeckung der Fehler eines der Elemente der vieltaktigen Einrichtung garantieren.

Die Intaktheit aller Elemente, außer dem i -ten, gibt die Möglichkeit, Bedingungen zu bestimmen, bei denen durch Änderung der Variablen an einem oder mehreren Eingängen der Einrichtung über das Versagen des i -ten Elementes geurteilt werden kann. Die Verbindung dieser Bedingungen und der Prüfversuche des i -ten Elementes bildet die Menge der elementaren Versuche $\tau_{i1}, \tau_{i2}, \dots, \tau_{ik}$, die die Funktionsfähigkeit des i -ten Elementes an den Ausgängen der gesamten Einrichtung prüfen.

Das Vorhandensein von M inneren Zuständen der vieltaktigen Einrichtung führt dazu, daß vor Beginn der Prüfung des i -ten Blockes sich die Einrichtung in der Regel im Zustand S_{j1}, \dots, S_{jk} befinden wird, welcher sich von jenem Zustand S_{i1}, \dots, S_{ik} unterscheidet, der zur Realisierung der elementaren Versuche $\tau_{i1}, \tau_{i2}, \dots, \tau_{ik}$ notwendig ist. Infolgedessen muß man vor Beginn jedes der Versuche $\tau_{i1}, \dots, \tau_{ik}$ eine gewisse Reihenfolge von Eingangsmengen $P_{i1}(x_1, \dots, x_m), \dots, P_{ik}(x_1, \dots, x_m)$ einführen, die die Einrichtung vom Zustand S_{j1} in den Zustand S_{il} ($l = 1, 2, \dots, k$) überführt.

In der Arbeit ist ein Algorithmus angeführt, der den Prozeß der Fehlerprüfung verschiedener Elemente reguliert. Er garantiert die Ermittlung vollständiger Prüfversuche für eine vieltaktige Einrichtung

Der Algorithmus baut auf den Eigenschaften der Elemente auf, die in den zu prüfenden Kreis eingehen. Die Länge der erhaltenen Versuche ist der optimalen hinreichend nahe.

Die Anwendung des gegebenen Algorithmus und die vorgeschlagene Methode des Aufbaues der Prüfverfahren wird illustriert.

Gegenwärtig wird diese Methode des Aufbaues der Versuche maschinisiert.

THEORIE DER FRAGEALGORITHMEN UND AUFGABEN DER TECHNISCHEN DIAG-NOSTIK

P.P. Parchomenko (Moskau)

Es gibt eine endliche Menge E aus N Elementen (Ereignissen); jedes Ereignis wird mit einer positiven Zahl $W(y_i)$ belegt, dem sogenannten Gewicht des Ereignisses. Es wird auch eine Menge T der Zerlegung der Menge E in Klassen vorgegeben; die Elemente aus T heißen Fragen; jede Frage t_j wird mit einer positiven Zahl $c(t_j)$, der sogenannten Bewertung der Frage belegt. Wird eine Frage gestellt, so bedeutet das eine entsprechende Zerlegung der Menge E . Die Merkmale, nach denen die Ereignisklassen bei der Zerlegung unterteilt werden, heißen Antworten auf die gestellten Fragen. Die Zahl der Antworten $a(t_j)$ auf die Frage t_j nennt man ihre Begründung.

Das Ziel der Fragestellungen ist die Erkennung der Ereignisse $y_i \in E$, d.h., man sucht eine Zerlegung von E in N Klassen aus einem Element. Die Gesamtheit der Fragen aus T und die Reihenfolge, in der diese Fragen zur Erkennung von N Ereignissen der Menge E gestellt werden, ist der Fragealgorithmus. Der Hauptgegenstand der Untersuchungen der Theorie des Fragealgorithmus liegt in der Entwicklung eines Fragealgorithmus, der eine minimale mittlere Bewertung der Bestimmung eines Ereignisses ermöglicht.

Im Vortrag werden die Eigenschaften optimaler Fragealgorithmen allgemeiner Art bei ungleichem Gewicht der Ereignisse verglichen, Bewertungen und Begründungen der Fragen untersucht. Es werden Umwandlungsregeln vorliegender Fragealgorithmen in optimale angegeben.

Es wird eine Klassifikation der Fragealgorithmen durchgeführt. Die einfachsten Fragealgorithmen sind diejenigen, bei denen die Begründung und Bewertung der Fragen gleich ist, und die Menge E liegt als vollständiges System vom Ereignis vor. Diese Fragealgorithmen wurden von Picard untersucht. Im Vortrag werden Fragealgorithmen mit ungleichen Begründungen und ungleichen Bewertungen der Fragen un-

tersucht, weiter Fragen mit gleichen Begründungen und ungleichen Bewertungen der Fragen, und auch allgemeine Fragealgorithmen, für die ein Entwicklungsalgorithmus für optimale Fragealgorithmen angegeben wird.

In der Sprache der Fragealgorithmen wird die Kodierung der Diagnostik fehlerhafter technischer Einrichtungen, die Synthese der Struktur kombinatorischer Schaltsysteme und anderes formuliert. Besondere Aufmerksamkeit wird der Entwicklung von optimalen diagnostischen Programmen gewidmet.

EINFLUSS DER PERIODISCHEN PRÜFUNG AUF DIE ZUVERLÄSSIGKEIT REGENERIERBARER EINRICHTUNGEN

A. L. Garkavi, V. V. Gogolevsky,
V. P. Grabovecky (Moskau)

In der Arbeit werden einige Methoden zur Bestimmung der Zuverlässigkeitsscharakteristiken regenerierbarer, prüfbarer Einrichtungen betrachtet. Die vorgelegten Methoden werden zur Lösung zweier Aufgabengruppen verwendet.

Die erste Aufgabengruppe hängt mit der Untersuchung von Zuverlässigkeitsscharakteristiken zeitweise (auf Abfrage) arbeitender Einrichtungen zusammen. Es wird vorgeschlagen, daß die Prüfung der Arbeitsfähigkeit dieser Einrichtungen entweder über zufällige Zeitintervalle oder periodisch über gleiche Zeitintervalle durchgeführt wird. Unter diesen Bedingungen wird die Wahrscheinlichkeit $P(t, \tau)$ dafür bestimmt, daß die Einrichtung zu einem willkürlichen Zeitpunkt t intakt ist und im Zeitintervall τ störungsfrei arbeitet. Die Lösung wird für den stationären und nichtstationären Fall angegeben. Auf Grund der erzielten Ergebnisse kann ein Prüfverfahren erarbeitet werden, das vorgegebene Zuverlässigkeitswerte der Einrichtungen garantiert, und es kann auf den Vorzug der regulären vor der zufälligen Prüfung geschlossen werden.

Die zweite Aufgabengruppe hängt mit der Untersuchung der Zuverlässigkeitsscharakteristiken von Einrichtungen (insbesondere Einrichtungen zur Informationsverarbeitung) zusammen, von denen die Verarbeitung eines bestimmten Informationsumfangs V in der Zeit t gefordert wird. Dabei wird angenommen, daß die zur Informationsverarbeitung notwendige Zeit die dafür minimale Zeit überschreitet und der Informationsverarbeitungszyklus in Etappen unterteilt ist. Am Ende jeder Etappe wird nach der einen oder anderen Methode eine Prüfung der Richtigkeit der Ergebnisse der Informationsverarbeitung auf dieser Etappe durchgeführt.

Unter diesen Bedingungen werden für die Einrichtungen folgende Zuverlässigkeitsscharakteristiken bestimmt: die Wahrscheinlichkeit $P_z(V, t)$ für die Bearbeitung einer Informationsmenge V in der Zeit t bei Unterteilung des Zyklus in z Etappen; die mathematische

Erwartung $M(T)$ für die Zeit T , die für die Verarbeitung der Informationsmenge V bei Unterteilung des Zyklus in z Etappen gebraucht wird; die optimale Zahl von Etappen z_0 , in die ein Zyklus zur Verarbeitung der Information V unterteilt werden muß, damit die Größe $M(T)$ optimal wird.

Die Ergebnisse, die bei der Lösung der zweiten Aufgabengruppe erzielt wurden, gestatten eine rationelle Organisation der Benutzungszeiten der Einrichtungen und die Bestimmung einiger charakteristischer Kennwerte für ein Prüfsystem, die einen bedeutenden Gewinn an Zuverlässigkeit garantieren.

EIN VERGLEICH DER GÜTE GEWISSE
EXTREMUM-REGELKREISE MIT VORGEgebenEN STÖRGRÖSSEN

durch

George C. Shering, B.Sc., Ph.D.

MPS Division

European Organization for Nuclear Research

1211 Geneva 23

Switzerland

früher

Dept. of Electrical Engineering

University of Edinburgh

Die Güte von vier verschiedenen Extremum-Reglern, die mit ein und derselben Regelstrecke verbunden sind, wird verglichen. Die Regelstrecke ist gekennzeichnet durch kontinuierliche Regelgrössen, parabolische Extremumcharakteristik, braunisches Bewegungsrauschen der Eingangsgrösse und durch weisses Rauschen der Ausgangsgrösse. Die Güte der Regler wird durch eine dimensionslose Grösse beschrieben, die so definiert ist, dass sich daraus die Existenz eines optimalen Reglers ergibt.

Die betrachteten Regler sind von folgendem Typ : mit sinusförmiger Störgrösse arbeitend, mit rechteckförmiger Störgrösse arbeitend, mit rechteckförmiger Störgrösse und einer Abtast und Halteeinheit arbeitend, quasi-optimal.

Die Güte der ersten drei Regler wird dargestellt als Funktion der Störgrössenfrequenz, und es wird gezeigt, dass die höchste Güte bei unendlicher Störgrössenfrequenz erhalten wird. In diesem Fall erreichen die drei Regler die gleiche Güte wie der quasi-optimale Regler.

Die Güte der ersten drei Regler wird asymptotisch höher mit wachsender Frequenz der vorgegebenen Störgrösse, so dass zufriedenstellende Güte auch erreicht werden kann durch endliche Störgrössenfrequenzen. Dadurch ist es möglich, die Ergebnisse auf praktische Regelstrecken mit nicht zu grosser Verzögerung anzuwenden. Es wird dargelegt, dass die ersten beiden Regler eine höhere Güte ergeben als der Regler mit Abtast und Halteeinheit, während der letztere den Vorteil aufweist, leichter gebaut werden zu können und weniger Kenntnisse der Regelstrecke zu erfordern.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit elektromechanischer
Geräte zur automatischen Steuerung von Turbogeneratoren

T.A. Wesolowski Low

C.E.G.B. Research Laboratories, Leatherhead, Surrey, England

Die betriebliche Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit einiger elektronischen und elektromechanischen Geräte, die versuchsweise zur automatischen Steuerung von Kraftnetzen benutzt wurden, wird besprochen. Insgesamt wurden 31 elektronische Maschinenregler zur Turbosatz-Steuerung während eines Zeitraumes von 18 Monaten eingesetzt. Die Ausführung der Maschinenregler wurde insbesondere auf die Erreichung quantitativer Zuverlässigkeitsziele abgestimmt. Die vorausgesagte mittlere Zeitspanne zwischen Ausfällen war 26 000 h im Stadium der Voruntersuchungen, während der entsprechende Wert für die entgültig festgelegte Ausführung 7300 h war. Im Vergleich zu diesen Werten war die tatsächlich erreichte Zeitspanne 5740 h. Die zwecks Voraussage der Zuverlässigkeit zugrundegelegten Bauteildaten werden angegeben.

Die Verfügbarkeit der Geräte vom Standpunkt der Zuverlässigkeit sowie der aufgewandten Wartungszeit wird berechnet, und deren Bedeutung für die Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Anlage wird besprochen.

Die Auswirkungen der bauteilmässigen Redundanz, die die Anlage aufweist, werden mathematisch untersucht. Es wird gezeigt, dass es durch einfache Änderungen der die redundanten Bauteile schaltenden Kreise möglich ist, das Nichtverfügbarkeitsgrad der Hauptteile des Maschinenreglers auf die Hälfte zu verringern. Die für die Analyse benutzten Verfahren basieren auf Weiterentwicklungen der Standardmethoden, und haben allgemeine Gültigkeit.

VERGLEICH EINIGER MULTIPLEX-VERFAHREN

D.A. Lloyd, A.J. Dymock

Für hohe Zuverlässigkeit im Betrieb einer Steueranlage (z.B. bei automatischen Piloten für automatisches Landen) wird oft ein Multiplex- oder Mehrfach-Verfahren eingesetzt.

Die mit Multiplex-Verfahren zusammenhängenden Probleme können in zwei grössere Bereiche eingeteilt werden: Die Wahl eines geeigneten Ausgangssignals und die Wahl geeigneter Kriterien für das Ausschalten fehlerhafter Aggregate oder Teilkanäle.

Der Endausgang der Anlage aus einer Kombination von Teilkanälen (z.B. Durchschnittswert, mittlerer wert, oder der Wert des Teilkanals mit dem zweitgrössten oder zweitkleinsten Ausgang) muss so ausgeführt werden, dass die Störung des Ausgangs durch Ungenauigkeiten, die ohne Ausschaltung eines Teilkanals doch noch bestehen können, so klein wie möglich bleibt.

Um die Möglichkeit gefährlich grosser Störungen im Ausgang (z.B. beim Blindlanden von Flugzeugen) zu vermeiden, muss ein fehlerhafter Teilkanal einer Multiplex-Anlage abgeschaltet werden. Dies geschieht automatisch durch Vergleich von Signalen, die von verschiedenen Teilkanälen kommen, aber inhaltlich gleich sein müssen. Wenn diese Signale sich um mehr als einen bestimmten betrag unterscheiden, werden entsprechende Massnahmen ausgeführt.

Da diese Signale unter praktischen Verhältnissen wegen der Fertigungstoleranzen nie völlig übereinstimmen, besteht Gefahr, dass Teilkanäle unnötigerweise abgeschaltet werden. Die ganze Anlage muss so konstruiert werden, dass die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Abschaltungen niedrig bleibt, während die Wahrscheinlichkeit des Ausschaltens tatsächlich fehlerhafter Teilkanäle (z.B. Durchlaufen eines Signals) hoch liegt.

In diesem Bericht werden einige Multiplex-Verfahren von diesen Gesichtspunkten aus behandelt.

Ziffernsystem zur Verfolgung des Brammenflusses und
Erfassung der kontinuierlichen Bandproduktion des Warm-
breitbandwalzwerkes.

M.D. Klimowitzki, W.W. Naumenko, A.B. Tscheliustkin.

Moskwa.

Eine der wesentlichsten Aufgaben einer Walzwerkleitung mit Anwendung einer Steuerungsrechenmaschine /SRM/ beruht auf der Ausarbeitung eines Systems zur Verfolgung des Brammenweges und Erfassung der Bandproduktion. Dieses System soll sämtliche notwendige Daten für die Arbeit der SRM im Steuerungssystem des Walzwerkes, in der Temperaturregelung der Brammen u.s.w. liefern.

Zwecks Lösung der Aufgabe der Verfolgung des Brammenweges wird ein Arbeitsprogramm der Abteilung für einen bestimmten Zeitabschnitt erarbeitet. Das Programm wird in die SRM eingeführt. Die Brammen werden am Eingang an dem Ladungsrollgang identifiziert. Auf Grund der ausgearbeiteten Algorithmen wird die Verfolgung der einzelnen Brammen an jeder Stelle ihrer Bewegung auf dem Ladungsrollgang, durch die Warmöfen und einzelnen Abschnitte der Walzstrasse bis zum Ausgang der versandfertigen Bandproduktion durchgeführt. Die Algorithmen sind für einzelne technologische Stufen samt "Übereinstimmung der Ein- und Ausgänge zwischen den einzelnen Stufen ausgearbeitet.

Die SRM löst auch die Aufgabe der Sammlung und Registrierung der Daten über das gewalzte Breitband, womit das Erstellen einer Laufkarte für jeden Band ermöglicht wird.

Diese Laufkarte enthält alle notwendigen Daten, welche das Band qualitativ und quantitativ charakterisieren: die Schmelznummer, Stahlmarke, Brammen- und Banddimension, Klassifizierung des Bandes nach der Dicke, Breite und Temperatur u.a.

Zur Feststellung der Lage der Brammen, der Breitbände und Bunde auf der Walzstrasse werden Photogeber, Messdosen und Stromrelais der Walzstrassenmotoren, wie auch Steuerungssignale verschiedenartiger Vorrichtungen angewendet. Daten über das gewalzte Band und den Arbeitsprozess sind mittels der technologischen Geberinstrumente in die SRM eingeführt.

Als SRM wird im System das Modell M-2000 ASWT angewendet. Ausser der Aufgabe der Verfolgung der Brammen und der Produktionserfassung wird es ferner zur Steuerung der Vorrichtungen der Walzstrasse ausgenutzt werden. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit des Systems der Verfolgung und Datenerfassung wurde beschlossen eine Reserve der Eingangs- und Funktionsapparate zu bilden. Die Reserve für Eingangsapparate wurde erzielt, indem man an jeder Stelle, in welcher die Lage des Metalls zu bestimmen ist, zwei-drei Geberinstrumente aufstellt. Funktionelle Vorrichtungen werden auf diese Weise reserviert, dass man eine spezialisierte Rechenmaschine aufstellt, die parallel mit der Maschine M-2000 arbeitet und nur die Aufgabe der Verfolgung und Datenerfassung erfüllt.

Es wurde eine Karte der Ein- und Ausgangsdaten wie auch der internen Systeminformation ausgearbeitet. Die genaue

Beschreibung des Systems ermöglicht die Bestimmung der Anforderungen an die Arbeitscharakteristik der funktionellen Elemente und Baugruppen.

Beiliegend ist ein Blockdiagramm der Baugruppen des Systems samt der spezialisierten SRM aufgeführt.

AUTOMATISCHES BLECHWALZEN IM EISENWERK OXELOSUND

D.J. Fapiano

General Electric Company
Schenectady, New York, USA

und

E. Uhlen

Eisenwerk Oxelosund
Oxelosund, Schweden

Das eingerüstige Reversier-Blechwalzwerk im Eisenwerk Oxelosund begann mit dem Einsatz seines Prozeßrechners in der Produktion im Frühjahr 1968. Das System verfügt über einen zentralen Processor mit 96000 Worten bei $1,6 \mu s$ Zugriffszeit und führt umfassende Steuer- und Regelfunktionen durch, viele von ihnen zum ersten Mal in diesem Anwendungsgebiet. Die Hauptaufgaben sind die verbesserte Regelung der Endabmessungen der Bleche, um eine Reduzierung des angelieferten Materials zuzulassen - schätzungsweise etwa 2 % im Jahr -. Die Arbeit gibt einen kurzen Überblick über den Aufbau des Systems und seine hauptsächlichen Funktionsziele. Die Arbeitsergebnisse des ersten Produktionsjahres werden detailliert angegeben unter besonderer Betonung der Regelgenauigkeit von Dicke und Breite des Bleches, des Produktionsausstoßes und der Zuverlässigkeit des Systems. Die Projektierungsorganisationen von Lieferant und Anwender werden zusammen mit den damit in Beziehung stehenden Änderungen der Arbeitsprozesse beim Anwender beschrieben.

COMPUTERREGELUNG DER HASPELTEMPERATUR IN HEISSEN
BANDWALZWERKEN - REGELSYSTEM FÜR VERTEILTE PROZESSE MIT
DYNAMISCHEM SIMULATOR

Akinao Nara und Hidehiko Kitanosono
Hitachi Ltd, Tokio, Japan

Tsuneo Isahaya
Sumitomo Metal Industries Ltd, Osaka, Japan

Das beschriebene Computerregelsystem ist insofern bemerkenswert, daß ein dynamischer Simulator, der in Echtzeiten operiert angewandt wird, um eine genaue Regelung von Systemen mit verteilten Parametern und schlechter Meßinformation zu erlangen.

Obwohl schon über einige Beispiele der Regelung mit Digitalrechnern zu demselben Zweck berichtet wurde, scheint es kein System zu geben, welches gegenüber raschen und bedeutenden Störungen anpassungsfähiger wäre, als das Vorgeschlagene.

Die Anwendung dieses Systems zur Temperaturregelung in 6-fachen Tandem Warmbandwalzwerken der Wakayama Stahlwerke der Sumitomo Metal Industries hat eine Regelgenauigkeit von weniger als 2°C auf 95% der gesamten Bandlänge erzielen lassen. Fachliche Handregelung ergab in der Vergangenheit eine Genauigkeit von 10° , 20°C und zwar bei einem Arbeitsverfahren, das nicht so schwierig zu regeln war, wie das Gegenwärtige.

Es soll noch auf die neueste Tendenz hingewiesen werden, die Computerregelung im allgemeinen auf die Verbesserung der Rechengeschwindigkeit und der zu verarbeitenden Quantität an Informationen zu stützen; die Regelungstheorie neigt dazu, Diskussionen unrealer Aufgaben abzulehnen.

Für die Verwirklichung effektiver Regelung sind jedoch die

Bemühungen, das Regelsystem dem Charakter des zu regelnden Prozesses anzupassen, zu unterstreichen.

Dieser Bericht stellt die Arbeiten dar, die zur Regelung der Abkühlung von Bändern unternommen wurden, was Probleme verschiedener Art umfaßt; es wird erwartet, daß er einen Beitrag als Brücke zwischen der Regeltheorie und der Computer "hardware" leisten wird.

Vom Standpunkt der Anwendung der Analog- oder Hybridtechnik aus betrachtet, ist das neue System nicht nur eine kostensparende Abwandlung der Digitalcomputerregelung, sondern es kann als eine Umwandlung des Systems bezeichnet werden, die bestrebt ist, bessere Leistungen durch die beste Ausnutzung der Merkmale der Analogtechnik zu gewährleisten.

EINE ANALYSE DES DYNAMISCHEN VERHALTENS DER TANDEM-KALT-WALZWERKE MIT HILFE EINER ZIFFERNRECHENMASCHINE UND IHRE VERWENDUNG

T. Arimura, M. Kamata, M. Saito,

Der neueste Fortschritt in der Automatisierung der Tandemkaltwalzwerke zwingt zu Studien ihres dynamischen Verhaltens. Um das komplizierte dynamische System eines auf fünf Ständern bestehenden Tandemwerkes zu analysieren, wurde ein Nachbildungsprogramm für eine Ziffernrechenmaschine entwickelt. Damit untersuchte man ausführlich die Auswirkung der Änderungen in der Spindeleinstellung, der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen und der Dicke des warmgewalzten Bandes auf die Blechdicke und Spannung. Es wurde durch die Analyse aufgeklärt, dass die Änderung der Spindeleinstellung des ersten Ständers, der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen des ersten und des letzten Ständers und zuletzt die Dicke des warmgewalzten Bandes Einfluss auf die Fertigdicke haben. Andere Faktoren beeinflussen die Fertigdicke sehr wenig. Die Ergebnisse wurden mittels einer digitalen Zeicheneinrichtung sichtbar gemacht und die geringen Änderungen der Walzbedingungen an einzelnen Ständern, welche durch den Einfluss der Zwischen-Ständerspannung hervorgerufen sind, werden schematisch gezeigt.

Das Programm wurde zur Analyse und Verbesserung eines automatischen Dickeregelungssystems verwendet, was einen Ausgleich der Fertigdickegenauigkeit ergab. Es wurde auch ein neues System der Rechen-gerät-Steuerung vorgeschlagen, welches eine genauere Masshaltung der Fertigdicke erlaubt als das konventionelle Regelungssystem mit Rückkopplung.

Um die Produktivität der Tandemkaltwalzwerke zu erhöhen, wurde die Entwicklung des "Dickeänderung beim

"Walzen" Systems untersucht. Es wurde durch Modellieren und Versuchen bestätigt, dass für dieses System eine Vorwärtswirkungsregelung, die durch einen Rechner programmiert ist, an Stelle des eingebauten Rückkoppelungssystems nötig ist. Dieses Regelungssystem hat andere Verwendungen in der Automatisierung des Walzwerkes und Verminderung des Ausschusses. Die dynamische Rechnerregelung ist ein Problem, welches gelöst werden muss, um die weitere Ausstattung der Tandemkaltwalzwerke, in welchen die Betriebsrechner eine Funktion ausserhalb der Eingriffsmöglichkeit des Arbeiters ausüben, mit Rechnerregelung zu rechtfertigen.

SCHNITTOPTIMIERUNG BEI UNVOLLSTÄNDIGER INFORMATION

Jerzy Bromirska - Politechnika Wroclawska, Wroclaw

Jan Potrz - Przemyslowy Instytut Automatyki i Pomiarow Wroclaw

P e l e n

Das Problem der Schnittoptimierung von Bändern mit variabler Länge wird behandelt. Die Bandaufteilung wird so durchgeführt dass die Reststücklänge entweder in den durch die Technologie des Verfahrens bestimmten Längenintervall gehört oder auch minimal bleibt. Solche Schnittverfahren treten häufig in Walzwerken der Eisenindustrie auf.

In der Abhandlung wurde das Problem der Schnittoptimierung im wesentlichen anders als bei den üblichen Optimierungsverfahren betrachtet. Es wurde nämlich angenommen dass die genaue Bandlänge nicht bekannt ist. Die für die Optimierung zugängliche Bandlänge ist als Summe der Bandlänge und eines statistischen Schätzungsfehlers definiert.

Es wurden Optimierungsverfahren für die Fälle dass :

1. die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Schätzungsfehlers nicht bekannt, und 2. die Wahrscheinlichkeitsverteilung a-priori bestimmt ist - angegeben.

Digital Automaten zur Schnittoptimierung bei unvollständiger Information wurden vorgestellt.

Die Korrelations-Technik für die Mehrfachsysteme und die statistische Abschätzungen für den Gewichtsfunktionen

Nobuo Hayashi Japan

Die mathematische Beschreibung und die Behandlung der Korrelations-Technik für die Mehrfachsysteme mit mehreren voneinander abhängigen Eingangsgrößen wird gezeigt.

Ein mehrfach-dimensionale lineare algebraische Gleichung wird herangezogen.

Die Korrelations-technik für die Einfach-systeme wird verallgemeinert für die Mehrfach-systeme, ebenso wird gezeigt, dass die Gleichung zur Befindung den Gewichtsfunktionen des system sei analog zur der sogenannte normale Gleichung der Regressions-theorie. Die Anwendung des Begriff der Konfidenz-intervalle der Regressionskoeffizienten sei nützlich für die statistische Abschätzungen den Gewichtsfunktionen des System.

DIE METHODE DER BESTIMMUNG VON "ÜBERGANGSFUNKTIONEN IN DEN
STARKSTROM - SYSTEMEN

M.Koszelnik, J.Malkiewicz, S.Trybuła

Im Artikel wurde die statistische Methode zur Bestimmung der Amplituden-Phasen Charakteristik und der Übergangsfunktion zwischen der effektiven Leistung und der Frequenz in den verbunden derer Starkstromsystemen dargestellt. Der Leistungsbedarf sowie auch die Austausch leistungen und die Frequenz werden als stochastische Prozesse betrachtet. Die angeführte Methode ermöglicht die Bestimmung der Übergangsfunktionen aller Starkstromsysteme unter Voraussetzung, dass die Korrelationsfunktionen der Austauschbilanz leistung und Frequenz sowie auch die Funktionen der gegenseitiger Korrelation zwischen diesen Prozessen bekannt sind. Dabei gilt die Voraussetzung, dass die Leistungsbedarfprozesse dieser Systeme Stochastisch unabhängig sind.

Nach der Berechnung der Übergangsfunktion ist es möglich auch die Korrelationsfunktion des Leistungsbedarfs zu errechnen welche nicht mit Hilfe von Messungen direkt bestimmt werden können, da es im Starkstromsystem keinen solchen Punkt gibt in welchen die Messung des Ersatz-Leistungsbedarfs möglich wäre.

Die Genauigkeit der erhaltener Ergebnisse ist von der entsprechender Wahl der Auswertungsmethodik der behandelten Prozesse sehr abhängig. Die bei dieser Angelegenheit nach verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführte Analyse der Auswertung dieser Charakteristiken sind vernachlässigt werden und sollen in der nächsten Publikation erscheinen.

Die geschilderte Methode betrifft nicht nur die Starkstromsysteme sonder auch im allgemeinen die Linearen-Regulationsysteme die miteinander beim Eingang verbunden. Dabei sind die Prozesse am Ausgang und die Durchflusse an den Verbindungsstellen zwischen diesen Systemen an gegeben, dagegen sind die Prozesse am Eingang unbekannt und es wird vorausgesetzt, dass sie stochastisch unabhängig sind.

FEHLERTHEORIE DER STOCHASTIK

F.H. Lange, M. Zecha

Bei der Kennwertermittlung stochastischer Vorgänge in der Nachrichten-, Meß- und Regelungstechnik ist es unerlässlich, den prinzipiellen statistischen Fehler, mit dem das Ergebnis behaftet ist, anzugeben.

Im ersten Teil der Arbeit wird die Fehlertheorie des klassischen Integrationskorrelators behandelt, wobei die Rechnung im Spektral- und im Zeitbereich durchgeführt wurde. Die Betrachtungen sind ohne Schwierigkeiten auf den Spektralanalysator übertragbar.

Der zweite Teil gibt einen Überblick über die Anwendungen und einige neuere Arbeiten auf diesem Gebiet. Es folgt eine Einschätzung der gegenwärtigen Situation in der Meßstochastik unter besonderer Berücksichtigung der Korrelationsmeßtechnik.

Methode zur Abschätzung der zufälligen Fehler
bei der Bestimmung von Korrelationsfunktionen
tiefstfrequenter zufälliger Signale in Regelungs-
systemen (Kurzfassung)

Buchta, H.: TU Dresden, Institut für Regelungstechnik, DDR

Zur Ermittlung der systematischen und zufälligen Fehler bei der Bestimmung von Korrelationsfunktionen sind umfangreiche Berechnungen erforderlich. Werden diskrete Meßverfahren in Form der Stieltjes- oder Digitalkorrelatoren, speziell Relais- bzw. Polaritätskorrelatoren, verwendet, so sind wegen der auftretenden Nichtlinearitäten und der Vielfalt der beeinflussenden Faktoren genaue Aussagen nur mit besonders großem Aufwand zu gewinnen. Darüber hinaus müssen zur Abschätzung der Fehler die Korrelationsfunktionen und andere Eigenschaften der beteiligten Zufallsprozesse bekannt sein. Deshalb werden hier lediglich die zufälligen Fehler bei der Bestimmung von Autokorrelationsfunktionen $R_x(\tau)$ zufälliger, stationärer, ergodischer und zentrierter Prozesse $x^0(t)$, die in Näherung durch Gaußprozesse beschrieben werden können und deren Leistungsdichtespektrum $S_x(\omega)$ bis zu einer Kreisfrequenz $\omega = 0$ existiert, betrachtet und eine Methode zu deren Abschätzung vorgeschlagen.

Diese Methode erlaubt es, einfach zu handhabende Näherungsbeziehungen zur Bestimmung der zufälligen Fehler für kontinuierlich bzw. diskontinuierlich analog und diskret arbeitende Korrelatoren für die Zeitverschiebungen $\tau = 0$ und $\tau \rightarrow \infty$ bzw. $\tau > \tau_K$ anzugeben.

Zur Charakterisierung der spektralen Eigenschaften der zu analysierenden Signale $x(t)$ enthalten die Beziehungen die effektive Rauschbandbreite ω_0 , die in Näherung für gewisse Klassen von Spektren aus der mittleren Anzahl der Durchgänge pro Zeiteinheit \bar{n}_0 von $x(t)$ durch die Achse $x = m_x$, wenn m_x den Mittelwert bezeichnet, bestimmt wird. Gleichzeitig wird damit in Näherung die erforderliche Beobachtungszeit T und die festzulegende Abtastschrittweite Δt für die einzelnen Korrelatortypen direkt aus experimentell erhaltenen Aufzeichnungen tiefstfrequenter Signale, die z.B. industriellen Regelstrecken entstammen, ermittelbar, ohne den vollständigen Verlauf der Korrelationsfunktionen bzw. der Leistungsdichtespektren dieser Signale in Berechnungen einzubeziehen.

ZUR REGELBARKEIT IN NICHTLINEAREN REGELUNGSSYSTEMEN

H. Tokumaru, N. Adachi

Einige Ergebnisse von Untersuchungen über die Regelbarkeit in nichtlinearen Regelungssystemen werden angegeben. Die behandelten Regelungssysteme werden durch gewöhnliche Differentialgleichungen beschrieben. Es werden verschiedene Begriffe eingeführt, die die Regelbarkeit betreffen. Wenn jeder Anfangszustand des Systems in einer endlichen Zeit in den Ursprungszustand übergeführt werden kann, wird das System "regelbar" genannt. Falls die dazu erforderliche Zeit unendlich ist, dann ist das System "quasi-regelbar". Wenn das System die Eigenschaft der Regelbarkeit in der Nähe des stationären Zustandes des Systems besitzt, dann ist das System "lokal regelbar". Infolge der Definitionen ist das System regelbar, wenn es quasi-regelbar und lokal regelbar ist. Unsere Untersuchungen beschränken sich auf Systeme, auf die Regelungen linear wirken. Wir bezeichnen solche Systeme als Regelungssysteme mit scheinbar linearer Regelung.

Unter geeigneten Bedingungen kann die Quasi-Regelbarkeit eines gegebenen Systems derartigen Typs dahingehend reduziert werden, daß sie mit der Quasi-Regelbarkeit eines Regelungssystems von auf jedem Fall niedrigerer Dimension übereinstimmt. Hieraus folgt, daß die analytischen Beziehungen für die Regelbarkeit wesentlich vereinfacht werden können.

Unter Verwendung dieser Ergebnisse wurden die Regelbarkeit einiger spezieller Typen nichtlinearer Systeme im einzelnen betrachtet. Außerdem wurden hinreichende Bedingungen für Quasi-Regelbarkeit gefunden. Im letzten Teil werden einige Beispiele angegeben. Für diese Beispiele wurden die hinreichenden Bedingungen für die Regelbarkeit ermittelt, die die Bedingungen für die Quasi-Regelbarkeit und die lokale Regelbarkeit verknüpfen.

Analyse von Relais-Abtastsystemen mit nichtlinearer Regelstrecke

H.L. Burmeister, Dresden / DDR

Für eine Klasse von Relais-Abtastsystemen mit zusätzlichen Nichtlinearitäten, die z.B. bei der Extremwertregelung von Regelstrecken mit Parabelkennlinie auftreten, wird ein Verfahren zur exakten Analyse vorgeschlagen. Es ist einfacher und unter allgemeineren Voraussetzungen anwendbar als die bisher angegebenen Verfahren und auf eine bequeme numerische Auswertung zugeschnitten.

Zulässig sind Regelstrecken, die als $L_r \text{NL}_s L_s$ -Kette mit stabilen Lineargliedern L_r und L_s beliebiger Ordnung und einer statischen parabolischen Nichtlinearität N darstellbar sind. Die Impulsform ist willkürlich; Rechteckimpulse und reine Totzeit werden als Sonderfälle erfaßt.

Die abgetasteten Werte der Zustandsvariablen (Normalkoordinaten) genügen einem System nichtlinearer Differenzengleichungen, das durch eine geeignete nichtlineare Transformation der Zustandsvariablen linearisiert wird. Die Berechnung von Übergangsvorgängen erfordert nur Matrizenmultiplikationen und die Auswertung der im allgemeinen nichtlinearen Schaltbedingung. Periodische Schwingungen werden exakt berechnet; die Schaltbedingung dient als Existenzbedingung. Der Mittelwert über eine Periode, wie z.B. der Pendelfehler in Extremalsystemen, wird ausgewertet, ohne daß die Schwingung selbst berechnet wird.

Das Verfahren wurde auf verschiedene Typen von Extremalsystemen, insbesondere von zweiter und dritter Ordnung, angewendet und führte zu Aussagen über stationäre Schwingungen und ihre Existenzgebiete sowie über die Beschränktheit oder Divergenz von Übergangsvorgängen.

SUBHARMONISCHE SCHWINGUNGEN IN GEKOPPELten RELAISSYSTEMEN

S. T. Nugent

Division of Engineering Physics, Dalhousie University
Halifax, Canada

R. J. Kavanagh

Department of Electrical Engineering, University of New Brunswick
Fredericton, Canada

Diese Arbeit entwickelt eine Methode zur Vorhersage der Existenz und der relativen Phase von subharmonischen Schwingungen in einem zweivariablen Relaissystem. Das System besteht aus einem kreuzweise gekoppelten System mit zwei Eingängen und zwei Ausgängen, wobei die Eingänge durch Relais betätigt werden. Die Relais werden durch Fehlersignale des Systems erregt.

Die Methode ist im wesentlichen eine Verallgemeinerung der Zypkin'schen Methode und macht Gebrauch von Ergebnissen, die früher von den Autoren bei der Vorhersage von erzwungenen Schwingungen einer Grundfrequenz und einer ähnlichen Klasse von Systemen erhalten wurden.

Dem Problem sind gewisse Beschränkungen auferlegt: Die zwei Eingangsvariablen, die keine Sinusform besitzen müssen, sind periodisch und haben die gleiche Frequenz und den Mittelwert Null, können sich aber in der Phase und der Amplitude unterscheiden. Es wird vorausgesetzt, daß die Relais symmetrisch sind, eine Hysterese aber keine tote Zone besitzen und nicht identisch sein müssen. Es wird angenommen, daß die Relais zweimal in einer subharmonischen Periode schalten, aber nicht synchron arbeiten. Wegen diesen Einschränkungen können nur ungerade Subharmonische auftreten. Die Methode ist für irgendeine Subharmonische anwendbar, aber es wird vorausgesetzt, daß beide Teile des Systems dieselbe Schwingungsfrequenz besitzen. Der lineare Teil des Systems ist nur darin beschränkt, daß die Elemente seiner Übertragungsmatrix wenigstens zwei Pole mehr enthalten als Nullstellen.

Die Methode ist hauptsächlich graphischer Natur, aber sie ist für die Durchführung auf einem Digitalrechner geeignet. Theoretisch können zwar Systeme mit beliebiger Zahl von Variablen mit dieser Methode analysiert werden, praktisch wird die Methode jedoch für mehr als zwei Variable umständlich.

Die Arbeit schließt ein Beispiel ein, an dem die Anwendung dieser Methode studiert wird und für das die Vorhersagebedingungen an einer dritten subharmonischen Schwingung mit guter Genauigkeit durch analoge Simulation bewiesen werden.

GRUNDLAGEN EINER THEORIE DER NICHTLINEAREN
STEUERUNGSSYSTEME MIT IMPULSFREQUENZ- UND
IMPULSBREITENMODULATION

W.M. Kunzewitsch, Ju.N. Tschechowoi
Institut für Kybernetik der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR, Kiew

Betrachtet werden nichtlineare Impulssysteme der automatischen Steuerung, die aus einem stetigen Linearteil und einem nichtlinearen Impulsmodulator bestehen. Der Impulsmodulator moduliert eine Folge von Rechteckimpulsen nach Vorzeichen, Frequenz und Länge in Abhängigkeit von einer Linearkombination der diskreten Werte der Systemkoordinaten.

Für diese Systeme wird der Begriff des natürlichen Phasenraumes E^m mit den Koordinaten $x_n, x_n^1, \dots, x_n^{(m-1)}$ und des Differenzenphasenraumes D^m mit den Koordinaten $x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+m-1}$ verwendet. In beiden Phasenräumen werden nichtlineare Differenzengleichungen der Bewegung gefunden und der Zusammenhang zwischen ihnen hergestellt.

Es wird ein diskretes Analogon zu einem Satz von J. La Salle formuliert, das eine gewisse Verallgemeinerung eines Satzes von A.M. Ljapunow über die asymptotische Stabilität ist. Mit Hilfe des Satzes von LaSalle wird gezeigt, daß mittels einer quadratischen Form als Ljapunow-Funktion eine hinreichende Bedingung für die Stabilität im Ganzen der Menge der Gleichgewichtslagen des untersuchten Systems erhalten wird.

Ferner wird ein diskretes Analogon zu einem Satz von T. Yoshizawa über die künftige Beschränktheit nichtlinearer Impulssysteme formuliert. Auf Grund dieses Satzes wird eine Methode zur Bestimmung des Randes der asymptotisch stabilen Menge vorgeschlagen, innerhalb welcher alle Phasenbahnen des Systems enden.

Weiter wird eine Methode zur Bestimmung der Parameter der stationären Bewegung eines Systems, das einer linearen Funktion der Zeit nachläuft, angegeben. Für die gefundene stationäre Bewegung werden mit der direkten Methode von Ljapunow Bedingungen für die Stabilität im Ganzen gefunden.

Analyse nichtlinearer Wechselstromregelungssysteme

W. Fieguth; D.P. Atherton

Department of Electrical Engineering
University of New Brunswick
Fredericton, B. B., Canada

In dieser Arbeit wird eine Methode zur Analyse von Wechselstromsystemen dargestellt, die im Wechselstromzweig eine Nichtlinearität enthalten. Es werden Bedingungen abgeleitet, unter denen die lineare Übertragungsfunktion des Wechselstromzweiges transformiert und zu Punkten im Niederfrequenzbereich des Systems verschoben werden kann. Der verbleibende Prozeß Modulation - Nichtlinearität - Demodulation ist, wie gezeigt wird, einer modifizierten Nichtlinearität äquivalent. Die Eigenschaften der Symmetrie und der Eindeutigkeit dieser Nichtlinearität werden abgeleitet und ihre Wirkung auf das Systemverhalten durch Beispiele illustriert.

Eine Anzahl von Spezialfällen von nichtlinearen Wechselstromregelungssystemen, die nicht durch eine einfache Beschreibungsfunktionsanalyse behandelt werden können, werden diskutiert und durch Versuche an einem kleinen Lageregelungssystem illustriert.

ÜBER DIE OPTIMALE VERTEILUNG VON RESSOURGEN
A.Ya.Lerner, A.I.Teiman

Das Referat stellt das Problem der Ausarbeitung von Prinzipien einer solchen Lenkung von Ressourcen, bei der die höchsten Werte des Kriteriums, welches das Ergebniss der Aufgabenlösung und den Prozess der Lösungsgewinnung kennzeichnet, erreicht würden.

Als Steuerungsobjekt wird ein Komplex von zusammenhängenden Operationen, dargestellt in der Form eines Netz- oder Matrizenmodells, betrachtet.

Bei dem für die Praxis wichtigsten Fällen fasst das Funktional Φ , welches die Zielstellung der Realisierung des Komplexes beschreibt, folgende Faktoren um: T - Dauer der Ausführung des Komplexes, R - vorhandene Ressourcen, P - Wahrscheinlichkeit seiner Beendigung in der Zeit T , K - qualitative Kenndaten des Ergebnisses der Realisierung eines Komplexes von Operationen.

Im Referat sind die Aufgaben der Klassen TR und TP untersucht werden. Es sind eine Reihe von determinierten Aufgaben der optimalen Verteilung von Ressourcen formuliert, die Wege ihrer Lösung aufgezeichnet und Beispiele angeführt worden. Es ist das Problem der Steuerung der Komplexe von Operationen unter den Bedingungen der Unbestimmtheit gestellt, sowie ein Modell des Prozesses der Zusammenstellung eines Komplexes aufgebaut und untersucht worden. Die dadurch ergebenden Aufgaben sind formuliert worden.

Es sind eine Kurze Übersicht der Ergebnisse auf dem zu betrachtenden Gebiet gegeben und eventuelle Richtungen der weiteren Untersuchungen diskutiert worden.

ZUR THEORIE DER VORRATSSTEUERUNG

A.A. Woronow, W.N. Awdijsky, S.E. Lowetzky
(Moskau)

Die Funktion großer Systeme kann man als Komplex zielgerichteter Operationen betrachten. Eine der wichtigsten Arten von Steuergrößen bei der Steuerung dieses Komplexes ist die Verteilung der Hilfsquellen auf die Operationen. Jedoch sind die Hilfsquellen im vorgegebenen System nicht unbegrenzt und ihre Einführung in das System von außen kann nicht zu beliebiger Zeit und in beliebiger Menge erfolgen. Ein wichtiger Bestandteil der Steuerung der begrenzten Hilfsquellen ist diesbezüglich die Steuerung des Vorrates, d.h. der im Augenblick nicht benutzten Hilfsquellen, die jedoch für einen ununterbrochenen Ablauf der Operationen nötig sind.

Bei der Steuerung der Operationen kann man zwei Hauptetappen unterscheiden: Festlegung des optimalen Wirkungsprogrammes und die Realisierung dieses Programmes, die die Korrektur der beiden Operationen entstehenden Abweichungen enthält.

Im Vortrag wird das erste Stadium der Vorratssteuerung einer bestimmten Kategorie betrachtet; die Aufstellung eines optimalen Planes zur Vorratssteuerung für einen vorgegebenen Komplex von Erzeugnissen, die aus den inneren Speichern des Unternehmers und von außen kommen; und zwar bei determinierter und zufälliger Größe der Verschiebung.

HILFSMITTELVERTEILUNG BEI MULTITHEMATISCHEN AUSARBEITUNGEN AUF GRUND DER AGGREGIERUNG VON OPERATIONSKOMPLEXEN

O.G. Tchebotarew

Eine Methode zur Lösung von Aufgaben der Verteilung beschränkter Hilfsmittel zwischen die Operationen eines multithematischen Projekts wird untersucht. Die Aggregierung von Operationskomplexen, d.h. die Ersetzung eines Komplexes durch eine Operation, erlaubt die Lösung solcher Aufgaben in aufeinanderfolgenden Etappen darzustellen:

1. Jeder Komplex, als einheitliches Netzwerk dargestellt, wird aggregiert, so dass jeder Komplex durch eine Operation dargestellt wird, für die im Lauf des Aggregierungsverfahrens alle notwendigen Parameter bestimmt werden, auf Grund der gegebenen Parameter der Operationen dieses Komplexes.

2. Die Aufgabe der Verteilung beschränkter Hilfsmittel zwischen unabhängige Operationen /Komplexe/ wird auf Grund des vorgegebenen Optimalitätskriteriums gelöst.

3. Entsprechend der Anzahl der unabhängigen Operationskomplexe werden ℓ Aufgaben der Verteilung der Hilfsmittel zwischen die Operationen eines jeden Komplexes gelöst, wobei die den Hilfsmitteln auferlegte Beschränkung während der vorigen Etappe bestimmt wurde.

Auf diese Weise reduziert sich die Aufgabe der Verteilung beschränkter Hilfsmittel zwischen $n = \sum_{p=1}^P n_p$ Operationen auf die Lösung von ℓ Aufgaben der Hilfsmittelverteilung zwischen n_p ($p = 1, 2, \dots, \ell$) Operationen, wo n_p - die Anzahl der Operationen im p -ten Komplex darstellt und ℓ - die Anzahl der technologisch unabhängigen Komplexe eines multithematischen Projekts.

Die allgemeinen Grundsätze beim Lösen des Problems der Aggregierung von Operationskomplexen und die Etappen des Aggregierungsverfahrens werden beschrieben.

Eine Methode der optimalen Aggregierung für den Fall linearer Abhängigkeit der Ausführungs geschwindigkeiten jeder Operation von der Anzahl der Hilfsmittel, die zu ihrer Ausführung bereitgestellt werden, wird untersucht.

OPTIMALE STEUERUNG VON KOMPLEXEN DER OPERATIONEN

V.N.Burkow

Es wird die Aufgabe der Verteilung von Ressourcen einer Art untersucht. Es ist ein Komplex aus n Operationen gegeben, die erforderliche Reihenfolge derer Ausführung durch ein Netzwerk bestimmt wird. Die Geschwindigkeit jeder Operation stellt eine Potenzfunktion von der Groesse der Ressourcen dar. Es muss eine Verteilung von Ressourcen für jede Operation so aufgegeben werden dass der Komplex in kürzester Zeit unter den Bedingungen der beschrankten Groesse der Ressourcen aufgeführt wird.

Bewiesen sind folgende Eigenschaften der optimalen Lösung der Aufgabe:

- a/ die Groesse der Ressourcen ändert sich bei jeder Operation während ihrer Ausführung nicht.
- b/ die Grösse der Ressourcen bildet einen durchgehenden Weg auf dem Netzwerk, welcher die erforderliche Reihenfolge der ausführung der Operationen wiederspiegelt.
- c/ der optimalen Lösung der Aufgabe entspricht der kürzeste Weg, welcher zwei Punkte im q -dimensionalen Raum verbindet, wo q - die Dimension des Netzwerkes darstellt.

Es sie τ_i^0 - die Dauer der Operationen bei optimaler Lösung der Aufgabe der Minimierung des Mireaus von N Ressourcen N bei der gegebenen Zeit T der Ausführung eines Komplexes. Stellen wir nun die Aufgabe der Minimierung Ausgaben S bei derselben Grösse T indem wir die Abhängigkeit der Ausgaben S_i für die Ausführung jeder Operation von der Zeit τ_i ihrer Ausführung folgenderweise feststellen

$$S_i(\tau_i) = w_i^{\lambda} / \tau_i^{\lambda-1}, \lambda > 1$$

wo w_i die Grösse der i -ten Operation ist. Es ist nachgewiesen, dass τ_i^0 die optimale Lösung der gestellten Aufgabe bestimmen (des ist eine Aufgabe vom Typ PERT-COST).

Neben den bereits bekannten Methoden der Lösung der gestellten Aufgabe bzw. der Aufgabe der Kostenverteilung (gemass den Ergebnissen nach Punkt 3 kann die eine Aufgabe

gelöst werden, wenn die Lösung der anderen bekannt ist) ist ein neuer Algorithmus vorgeschlagen worden, der seinem Wesen nach dem Algorithmus der Bestimmung des kürzesten Verbindungs-
weges zwischen zwei Punkten des γ -dimensionalen bebauten
Raumes darstellt.

EINIGE FRAGEN DER PRÜFUNG UND DIE ENTWURFSPRINZIPIEN
FÜR EINE OPTIMALE HIERARCHISCHE STEUERUNGSSTRUKTUR VON
SYSTEMEN MIT EINER BESTIMMten ZIELFUNKTION

· M. K. Babunašvili (Tbilissi), S. S. Naumow (Moskau)

Betrachtet wird eine Klasse gesteuerter Teilsysteme mit einer gewissen Zielfunktion. Für diese Systeme werden ein Algorithmus zur Bestimmung des Quantisierungsschrittes und eine Formel für die Abschätzung der Zahl prophylaktischer Abfragen als Funktion der Teilsystemparameter vorgelegt.

Beschrieben wird ein System, das aus gleichartigen Teilsystemen besteht, wobei diese Teilsysteme dem Steuerorgan einer höheren Ebene untergeordnet sind. Dabei wird angenommen, daß die Zahl der Abfragen, die zur Steuerung notwendig sind, sich bei Erweiterung einer Hierarchie-Ebene verringern muß. Diese dem System auferlegte Einschränkung führt auf eine notwendige Bedingung für die optimale hierarchische Struktur. Daß die erhaltene Bedingung auch hinreichend ist, wird nachgewiesen.

VERGLEICHBARE EIGENSCHAFTEN, GRUNDLEGENDER
CHARAKTERISTIKEN UND ANWENDUNGSGEBIETE
ELEKTROCHEMISCHER WANDLER

A.P. Schorygin

(Moskau)

Neue Aufgaben, die bei der automatischen Überwachung und Regelung anstehen, stellen auch neue Anforderungen an die Informationsgeber und Informationswandler, solche, wie: Erniedrigung des Pegels und der Frequenzen der Eingangseinwirkungen, Verringerung der zu fordernden Kompaktheit, Empfang der Ausgangssignale unmittelbar in Gestalt eines vorgegebenen Codes ohne Benutzung zusätzlicher Wandler u.a.m. Dabei entsteht die Notwendigkeit einer Gegenüberstellung charakteristischer Parameterbereiche für elektrochemische Wandler sowie für Wandler, die nach anderen Prinzipien für die Abschätzung der Anwendungsbereiche aufgebaut sind.

Im Bericht wurden betrachtet:

Besonderheiten und Vorteile elektrochemischer Integrationsglieder für große Integrationszeiten; charakteristische Bereiche der Integrationszeit und Fehler bei verschiedenartigen Integratortypen mit analogem und diskretem Ausgang; Gleichrichterdioden für sehr kleine tiefstfrequente Ströme; Elemente mit negativem Widerstand und schließlich Elemente, die die Operation \sqrt{p} in einem breiten Bereich sehr niedriger Frequenzen analysieren.

Angegeben wurden die Charakteristiken von elektrochemischen Trioden im festen Aggregatzustand, die als analoge Speicher-Elemente mit unzerstörbarer Abfragemöglichkeit in adaptiven Regelungssystemen, in Filtern, Verstärkern u.a. verwendet werden.

Beschrieben wurden elektrochemische resonanzfreie Geber kleiner Drücke, aber auch Geber kleiner Druckgefälle mit sehr niedriger Frequenz, die für eine Arbeitsweise mit sehr hohen statischen Drücken geeignet sind; Geber von kleinen Winkel- und Linearverschiebungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen; ferner elektrochemische, konduktometrische und galvanische Geber für die Stoffzusammensetzung.

DIE THEORIE DES FESTELEKTRYLT-
SAUERSTOFF-MESSFÜHLERS UND ANWENDUNGEN

S. J. Lawrence, H. S. Spacil und D. L. Schroeder

Zirkoniumdioxid verringert, wenn es auf über 600 °C erhitzt wird, seinen elektrischen Widerstand erheblich und wird besonders leitfähig für Sauerstoffionen. Gemäß der Nernst'schen Gleichung wird eine Spannung erzeugt. Die Theorie dieses Sauerstoff-Meß-fühlers wird behandelt. Nützliche Anwendungen in Forschung, Entwicklung und Produktion werden beschrieben.

SPANNUNGSGESTEUERTER MOS-FET WIDERSTAND

H.F. Storm

General Electric Research & Development Center
Schenectady, N.Y.
U.S.A.

Es wird gezeigt, wie der normalerweise nichtlineare MOS-FET channel-Widerstand linearisiert und deshalb für die Steuerung von Wechsel- und Gleichstromkreisen ohne innere Verzerrung benutzt werden kann. Als elektrostatisches Bauelement hat der MOS-FET einen hohen Eingangswiderstand (mehr als 10^{13} Ohm) und benötigt nur eine sehr kleine Steuerleistung (weniger als $1 \mu\text{W}$). Beispiele für die Anwendung von MOS-FET's sind: Langzeit-Schaltuhren, Kreise mit variabler RC-Zeitkonstante, spannungsgesteuerte Dämpfungsglieder, adaptive Regler, Multiplikatoren, Verstärker und Modulatoren.

Als praktisches Beispiel wird ein linearisierter MOS-FET als Teil eines Phasenschieberkreises für die Steuerung von Thyristoren, etc. beschrieben, der den Bereich von der Netzfrequenz bis zu 200 kHz bedeckt. Die gemessenen Daten der Phasenwinkelveränderung gegenüber der gate-Steuerspannung werden gezeigt. Oszillogramme der phasengeänderten Ausgangsspannung beschließen den Bericht.

ELEKTROSTATICHE FESTKÖRPER-STEUERUNGSELEMENTE,
DIE NACH DEM PIEZOLEKTRISCHEN PRINZIP ARBEITEN

Dipl.Ing. F.L.N. Nagy, ABTEILUNG DES ELEKTRISCHEN
MASCHINENBAUS, UNIVERSITY OF SALFORD, ENGLAND

Eine neue Generation der elektrostatischen Steuerelemente mit grosser Impedanz wird letztens verfügbar, welche die geläufige Reihe der elektromagnetischen Geräte mit kleiner Impedanz ergänzen. Ihre Impedanzunverträglichkeit mit den meisten existierenden Geräten ist vorteilhaft, denn sie stehen nicht in Wechselwirkung und leiden nicht unter unerwünschten elektromagnetischen Störungen.

Die Arbeit beschreibt neue steuerbare Antriebe, die in Servomechanismen Verwendung finden. Beispiele sind bimorphe Biege- und Drehelemente, Kristallantriebe, z.B. Zweiphasen/einbrückige, Zweiphasen/zweibrückige und vierbrückige Drehantriebe, hydraulische und pneumatische Ventile u.s.w., die alle nach dem elektrostatisch/piezolektrischem Prinzip arbeiten. Ein Biegestab und ein Drehstab können miteinander integriert werden, wobei man einen Biege- und Drehungsbimorph erhält, welcher zusammengesetzte Bewegungen ausführt. Das Grundprinzip der Arbeit dieser Antriebe besteht in einer neuesten Anwendung des umgekehrten piezolektrischen Effektes im Kristall, d.h. es nutzt die mechanische Deformation, welche in der Kristallstruktur durch ein gesteuertes elektrostatisches Feld hervorgerufen wird aus.

Anwendungen verschiedener piezolektrischen Kristall-Steuerungselemente werden in aktuellen Regelsystemen gezeigt. Die erste Anwendung eines Kristallantriebes als ein Teil einer Regelung der Magnetkopfeinstellung in einem Maschinenrechner-Speicher, die zum Vermindern der Schrägverzerrung (skew), der Tonhöhenschwankung (wow) und des Zitterns (flutter) zwischen einem Vielspur-Magnetkopf und einem Einzoll-Magnetband dient, wird gezeigt. Die Regelung verminderte um 20 - 30 dB die

Schrägverzerrung im Frequenzband 0 - 100 Hz. Die Anwendung der Kristallübertrager in Regelungssystemen für Maschinenrechner-speicher scheint besonders versprechend zu sein, da ein Ausgleich für Schwankungen der Geschwindigkeit, Spannung und Einstellung des Bandes durch die Hilfsregelung nur des Magnetkopfes, erreicht wird. Somit kann eine einzelne Regelung eine Anzahl separater Steuerungen ersetzen. Der "bimorphe" Antrieb in seiner Biegegestalt wird theoretisch besprochen und seine Übertragungsfunktion abgeleitet. Entwicklung ist im Gange zu Mehrverbindungs-Strukturen, d.h. multimorphen Elementen, welche sich für Servomechanismen besser eignen.

Genaue Hochgeschwindigkeit-Steuerung absoluter Position
mittels eines mehrspurigen optischen Gitters

von

A. Russell

National Engineering Laboratory, East Kilbride, Glasgow

In dieser Mitteilung handelt es sich um ein Verfahren zum Gewinn von analogischen Informationen über absolute Position mittels mehrspuriger optischer Gitter. Kennzeichen für Interpolationspräzisionen von verschiedenen Systemen werden geprüft und Methoden, die gestatten, diese zu erzielen, werden vorgeschlagen. Das reibunglose Übertragungsgerät ist für präzise digitale Hochgeschwindigkeit-Positionsvorrichtungen geeignet.

STAGNATIONSTEMPERATURMESSFUEHLER MIT SERVOGESTEUERTEM STRÄHLUNGSSCHUTZ

H.A. Trucco

Die Temperaturmessung in Gasströmungen hoher Temperatur durch Eintauchen eines abgeschirmten Thermoelement-Meßföhlers enthält einen systematischen Fehler, der hauptsächlich durch den Wärmestrahlungsverlust verursacht wird. Dieser Fehler wird durch einen Gewinnkoeffizienten des Meßföhlers kleiner als Eins charakterisiert.

Nach einer Behandlung der existierenden Verfahren zur Messung hoher Temperaturen wird ein neuer Meßföhler beschrieben. Dieser Meßföhler besitzt einen Strahlenschutz, dessen Innenfläche als elektrischer Heizkörper wirkt, der durch eine elektronische Nachlaufeinrichtung in der Weise gespeist und geregelt wird, daß das Übergangsverhalten des Meßföhlers verbessert wird und sein durch die Strahlung verursachter Fehler im eingeschwungenen Zustand minimisiert werden kann.

Die Regelungsgleichungen des Systems werden diskutiert und mit der Analogrechentechnik analysiert, um das Stabilitätsverhalten und den Frequenzgang anzugeben.

Für ein typisches Thermoelement, das in einer Überschall-Luftströmung bei durchschnittlich 2000°F verwendet wird, wurden Lösungen erhalten. Der vorgeschlagene Meßföhler zeigt keinen Strahlungsfehler nach Erreichen des eingeschwungenen Zustandes. Das vorgeschlagene System vergrößert die Empfindlichkeit des untersuchten abgeschirmten Standardthermoelementes etwa 333 mal, so daß der Meßföhler in 3 Millisekunden 99% der Amplitude des Eingangssprunges erreicht.

Rationeller Algorhytmus der Regelung von Wärmezustand des Hochofens mit der Anwendung der dasenverarbeitenden und regulierenden Maschinen.

E.L.Suchanow, W.S.Schwydkij, B.I.Kitaew, J.G.Jaroschenko, J.N.Owtschinnikow, W.G.Lisienko (das Uraler polytechnische Institut, st. Swerdlowsk, UdSSR).

Durch die festgelegten Besonderheiten im Wärmebetrieb der oberen und unteren zonen des Hochofens wurde die Notwendigkeit der getrennten Einschätzung deren Wärmezustandes bedingt. Als verallgemeinerte Größe des Wärmezustandes des oberen Teiles des Hochofens wird Index - i_g und zur Kontrolle des Wärmezustandes von unteren Teiles Index - i_u vorgeschlagen. Diese Größen werden einmal aus dem Zyklus der Ofenbeschickung nach gewöhnlicher laufender Information über den Verlauf des technologischen Vorganges gerechnet.

Der Hochofen soll als zwei zusammenverbundene aber selbstständige Objekte der Regelung mit seinen statistischen und dynamischen Kennzahlen angesehen werden. Bei der Analyse dieser Kennzahlen werden Folgerungen über die reale Möglichkeit der Auswahl solcher Komplexe der lenkenden Faktoren gezogen, deren allgemeiner Einfluß auf den Wärmezustand des Ofens die notwendige selektive (lokale) Wirkung besitzt. Dabei wird sowohl die Statik als auch Dynamik der Übergangsvorgänge in den beiden Objekten der Regelung in Betracht gezogen.

Jede lenkende Wirkung stellt ein bestimmtes Programm der notwendigen diskreten Temperaturgefälle und der Feuchtigkeit des Windes, der Anreicherung des Windes mit Sauerstoff und des Verbrauches der zu injektierten Brennstoffe dar. Aus den ökonomischen Gründen wird die Verminderung des spezifischen Koksverbrauches zugelassen. Es wird das Block-Schema des Automatisierungssystems angegeben, das die im Vortrag zum Ausdruck gebrachte Idee über die Optimisierung des Hochofenprozesses realisiert, die erst bei der getrennten Kontrolle und lokaler Stabilisierung des Wärmezustandes zu verwirklichen ist.

DYNAMISCHE OPTIMALISATION DES STAHLPRODUKTIONSPROZESSES
IM LICHTBOGENOFEN.

Anatol GOSIEWSKI, Andrzej WIERZBICKI /Polen/

Im Referat wird das Konzept, der Entwurf der technischen Realisation und bisherige Untersuchungsergebnisse einer optimalen Steuerung des Stahlproduktionprozesses in Lichtbogenöfen dargestellt. Als Qualitätskriterium des Prozesses wurden die Einheitsproduktionskosten des Stahls angenommen, wobei die Kosten der elektrischen Energie und der Zeit gemeinsam berücksichtigt wurden. Das mathematische Modell des Prozesses wurde in Form von gewöhnlichen Differentialgleichungen angenommen. Das theoretische Problem der Prozessoptimalisierung wurde auf Basis des Maximum-Prinzips gelöst. Ein Vorschlag zur Erweiterung des Problems in Richtung einer komplexen Optimalisierung einiger Lichtbogenöfen unter Berücksichtigung von gemeinsamen Beschränkungen wurde dargestellt.

Es wird die zur Realisierung angenommene technische Lösung offener und geschlossener optimaler Steuersysteme dargestellt, ebenso wie die Ergebnisse einiger Probeschmelzen die auf Basis der optimalen Steueralgorithmen durchgeführt wurden.

Optimaler Betrieb von Winderhitzern

von H. Kwakernaak, P. Tijssen, R.C.W. Strijbos

Im vorliegenden Beitrag wird die dynamische Optimierung des parallel-versetzten Verfahrens für den Winderhitzerbetrieb untersucht. Vorausgesetzt wird ein stationärer periodischer Betrieb, und die Optimalität wird mittels thermischer Wirtschaftlichkeit definiert. Optimierungsgleichungen werden formuliert und eine numerische Verfahrensweise wird entwickelt. Numerische Resultate werden gegeben, und der parallel-versetzte Betrieb wird mit zwei Arten des Serienbetriebs von Winderhitzern verglichen. Es zeigt sich, dass der parallel-versetzte Betrieb von Winderhitzern nicht sehr kritisch ist und wirtschaftlicher als der Serienbetrieb.

A.J. Bailey, G.C. Hollinworth, J. Jeremiah, K. Binding

Das Rollen von Stahlband ist in den meisten modernen Stahlwerken von Rechnern kontrolliert. Die Glühöfen, welche die Platten für das Rollen im Werk vorbereiten, sind normalerweise von Hand kontrolliert. Um vollständig integrierte Werkkontrolle zu erreichen, wurden ein Projekt eingeleitet, wobei die Rechnerkontrolle zu den Oefen erweitert wurde. Das erste Ziel dieses Projektes ist die kontrollierte Erhitzung von Platten innerhalb des Ofens und die Kontrolle der Plattentemperatur beim Einlaufen in das Werk zu genaueren Toleranzen denn es manuelle Bedienung ermöglicht, mit der Reduktion von Brennstoffverbrauch als zweites Ziel. Dieser Artikel beschreibt die Untersuchungen, Arbeit, Entwicklung und Anwendung eines Kontrollsystemes welches das erstere Ziel erreicht.

Zuerst eine kurze Beschreibung des Kontrollrechners ist gegeben, dann anfängliche Datenspeicherung, das Anbringen am Ofen von besondern Instrumenten, die Entwicklung eines mathematischen Mädelles in eingeschwungenem Zustand und die besondern Experimente welche zur Prüfung des Modelles am Ofen durchgeführt wurden.

Der Artikel beschreibt weiter die verschiedenen Phasen der Arbeit wie folgt: Ein umfassenes Programm mit laufender Datenverarbeitung wurde geschrieben und geprüft um detaillierte Information über die Ofendynamik zu erhalten. In diesem Zusammenhang war es notwendig einen Strahlungs-pyrometer am Ausgang der Hauptheizzone sorgfältig zu situieren und installieren um die Plattentemperaturen zu messen. Das Arbeiten des Ofens wurde sowohl unter normalen als auch unter gestörten Bedingungen über lange Perioden notiert. Detaillierte Analyse dieser Betriebsinformation folgte und zeigte, dass es möglich war ein linearish-dynamisches Modell anzuwenden wie der von Box & Jenkins in Betracht gezogene Typ; namentlich:

$$[1 + a_1 \nabla + a_2 \nabla^2] X_{t+\tau} = b + q [1 + b_1 \nabla + b_2 \nabla^2] X_t^k$$

mit einigen kleinen Abänderungen.

Um einen Ausgleich zu den unbekannten und ungemessenen Störungen im Ofen zu geben ein Geräuschmodell wie

$$z_t = \epsilon_t + \gamma_i \sum_{i=0}^t \epsilon_{t-i}$$

wurde angewandt. Diese theoretische Behandlung resultierte in einem üblichen Vor- und Rückschieb-Kontrolle-System.

Eine Anzahl verschiedener Methoden wurden untersucht um eine Schätzung der Kenngrösse für dieses Modell zu erhalten. Die Methode der kleinsten Quadrate in Kombination mit Korrelation- und Autokorrelationstechnik trat als die praktischste und erfolgreichste Methode hervor.

Der Artikel gibt dann Einzelheiten über das Schreiben von laufenden Kontrollprogrammen und über die angewandten Proben und Techniken um erfolgreiche Arbeitsleistung von der Kontrolle zu erhalten.

Schliesslich endet der Artikel mit einer Zusammenfassung der erhaltenen Resultate, dem erreichten Kontrollmass, und beschreibt die künftige Arbeit und Entwicklungen welche zur Temperaturkontrolle im ganzen Werk unternommen werden.

ZEITOPTIMALE REGELUNG EINER HÄNGENDEN LAST-
EIN ENTWURFSTUDIUM

Ing. J.W. Beeston

ABTEILUNG DES ELEKTRISCHEN MASCHINENBAUS
QUEEN MARY COLLEGE, MILE END ROAD, LONDON, E.1

Die zeitoptimale Regelung der Bewegung einer hängenden Last hat besondere Bedeutung bei dem Entladen aus Schiffen der Massengute, wie z.B. Eisenerz, mittels eines Brückenkranes. Die Strategie der zeitoptimalen Regelung ist eine gute Annäherung an die wirklichen ökonomischen Bedürfnisse und gibt eine genaue Lastanordnung, welche Schäden vermeidet. Berichte über einige Schemen die mit offenem Regelkreis arbeiten sind veröffentlicht worden, aber sie konnten den weiten Bereich der Anfangsbedingungen, besonders das Pendeln der Last, nicht befriedenstellend bewältigen. Diese Schwierigkeit wurde in dieser Arbeit überwunden, indem man entweder einen geschlossenen Kreis oder einen modifizierten offenen Kreis verwendet.

Die Optimalregelung als eine Funktion der Zeit wird bestimmt, indem man das Ponriagin's Maximum Prinzip zu einem einfachen Modell des Systems, mit linearizierter Dynamik und Aufgabewertsättigung für eine Nominalmenge der Anfangsbedingungen verwendet. Eine modifizierte Empfindlichkeitsanalyse wurde ausgearbeitet, um daraus die Lösung für eine präzise Darstellung der Systemdynamik zu erhalten, welche die in der Zeit veränderliche Seillänge und die nichtlineare Geschwindigkeitsrückführung der Querbewegung enthält. Die Optimalregelung für verschiedene andere interessanten Anfangsbedingungen wird bestimmt, indem man die konventionelle Newton-Raphson Technik benutzt.

Zeitlich suboptimale Steuerung der Arbeit
=====
von Kränen mit besonderer Berücksichtigung
=====
der praktischen Realisation
=====

Mgr inż. Roman Górecki

Katedra Automatyki i Elektroniki Przemysłowej

Akademia Górnictwa i Hutniczo-

Kraków, Al. Mickiewicza 30

Die Realisation der zeitoptimalen Regelung trifft auf grosse Schwierigkeiten in der Bestimmung der steuernden Funktion ebenso auch in der praktischen Realisation. Die Anwendung dieser Steuerungsart ist selten ausführbar und selten wirtschaftlich begründet.

In diesem Referat wird die suboptimale Steuerung der Arbeit des Kranes dargestellt, welche viele Vorteile gegenüber der optimalen Steuerung aufweist. Diese Steuerung wurde auf Grund einer Analyse der suboptimalen Steuerung erzielt. Durch die Verminderung der Schnelligkeit der Wirkung wurde die steuernde Funktion wesentlich vereinfacht.

Der dargestellte Steuerungsvorschlag wurde durch Resultate von Proben bestätigt, welche bei der Steuerung eines Modellkranes erzielt wurde.

KOMPLEXE AUTOMATISIERUNG DER HOCHOFEN-SINTERANLAGE-
ROHSTOFFLAGERABTEILUNG DER INTEGRIERTEN EISENHÜTTE-
WERKE GALATZ DURCH EINEN PROZESSRECHNER

G. Scripcaru, G. Pâiuss, O. Stoicovici, M. Popescu

Ein Prozessrechner wurde an der Hochofenabteilung der integrierten Eisenhüttenwerke Galatz um eine komplexe Automation der Abteilung Hochofen - Sinteranlage - Rohstofflager zu erreichen.

Für den Hochofen, der Prozessrechner durchführt Datenverarbeitung, Möllerungsprotokoll, Korrektur der Rohstoffmengen in der Möllierung und Optimierung des Wärmezustandes des Hochofens anhand eines mathematischen Modells.

Für die Sinteranlage der Prozessrechner macht Datenverarbeitung und Optimierung der Sinterbandgeschwindigkeit.

Für den Rehstofflager der Prozessrechner ermittelt den Transportprotokoll und den Protokoll für Lagerbestände gemäss Sorte und Verlagerungsort.

Die Anlage die dazu ausgearbeitet wurde, wird kurz beschrieben. Auf die Zusammenfassung der zu verarbeitenden Daten folgen gewisse Einzelheiten über die Abtast- und Rechenprogramme.

SPANNUNGS- UND BLINDELISTUNGSREGELUNG IN ENERGIESYSTEMEN NACH DEM ON-LINE-PRINZIP

Jun-ichi Baba, Shigeo Hayashi, Kaoru Ishida
Mitsubishi Electric Corporation
Amagasaki, Japan

Die elektrische Energie muß nicht nur in ausreichendem Maße, sondern auch in der erforderlichen Qualität zur Verfügung stehen. Ausdruck der Qualität sind hauptsächlich die Frequenz und die Spannungshöhe.

Für die Netzfrequenzregelung hat man viele Methoden und Apparaturen entwickelt. Im Gegensatz dazu wurden automatische Systeme zur Netzzspannungsregelung bisher kaum betrachtet. Bis heute regelt man die Spannungshöhe und die Blindleistung im Netz durch automatische Spannungsregelung der einzelnen Generatoren und Phasenschieber, durch Abzweigänderungen unter Last und durch Kapazitäten und Drosselpulen, die an verschiedenen Punkten konzentriert und mit Hand bzw. einer üblichen Automatik an Netz geschaltet werden. Deshalb war es sehr schwierig, eine gemeinsame Regelung all dieser Einrichtungen zu erreichen.

Die Arbeit beschäftigt sich mit einer Apparatur (AQC) und einem Regelungssystem, das imstande ist, solche Schwierigkeiten zu lösen. Einige Versuchsergebnisse dieses Systems werden bekanntgegeben.

Konstruktion, Werksprüfung und vorläufige
Baustellenprüfung des rechnergesteuerten
Regelungs- und Meßsystems in einem Wärme-
kraftwerk

von J.H. Osborn M.F. Delahunty P.R. Maddock und C. Ayers

Dieser Artikel beschreibt die Gründe für den Einsatz je eines getrennten, rechnergesteuerten Regelungs- und Meßsystems in Verbindung mit jedem 500 MW-Kessel- und Turbogeneratoraggregat in einem ölbeheizten 2000 MW-Kraftwerk.

Der Artikel befaßt sich zunächst mit den sich aus einem derartigen System ergebenden Vorteilen und diskutiert anschließend die Konstruktions- und Programmierverfahren, die zur Integrierung des zentralen Regelungssystems mit dem Kraftwerk angewandt wurden. Der Artikel geht insbesondere auf die für den Systemanschluß verwendeten Lösungen ein und beschreibt die Organisation des Informationsaustausches zwischen Projektkonstrukteuren, dem Bauunternehmen und dem Lieferanten des Steuer- und Regelungssystems sowie den Programmierern.

Der Artikel beschreibt anschließend die Werksprüfung der einzelnen Modulen und Bausteine und geht dann auf nähere Einzelheiten der Systemprüfung im Werk ein. Besondere Aufmerksamkeit wird den Verfahren zur Programmprüfung gewidmet, darunter auch der Simulierung des Werkes während dieser äußerst wichtigen Prüfungsphase.

Im Anschluß an den Einbau des Systems im Kraftwerk wird das Verfahren zur Inbetriebnahme des Werkes unter Leitung des zentralen Steuer- und Regelungssystems und dessen Programme näher beschrieben.

Der Artikel schließt mit einer Zusammenfassung der Erfahrungen, die aus diesem Projekt gewonnen wurden und die jetzt bereits auf das nächste Projekt, das sich in einem fortgeschrittenen Konstruktions- und Herstellungsstadium befindet, angewendet werden.

EIN NUTZUNGSPROGRAMM FÜR EIN PROGRAMMIERTES
REGELUNGS- UND GERÄTESYSTEM EINES KERNREAKTORS

J.R. Kosorok
Battelle Memorial Institute,
Richland, Washington, USA

Ein Digitalrechner wurde an das Geräte- und Regelungssystem eines Kernreaktors angeschlossen. Das elektrische Heizsystem des Versuchsreaktors, das für 384 kW ausgelegt ist, kann ihn bis auf 1000° C aufheizen.

Sein Graphitmoderator ist von komprimiertem Stickstoff umgeben, um Oxydation zu verhindern. Der Digitalrechner regelt auf direktem Wege die Stickstoff- und Heizsysteme und veranlaßt Bedienungshilfen für das Reaktorpersonal.

Für vier geschlossene Kreisläufe im Heizsystem wurde die Ausführungsart der Regelung für den Rechner programmiert. Die zugrunde liegende digitale Simulation eines proportional- und integralwirkenden Reglers wurde modifiziert, um verschiedene bemerkenswerte Verhaltensweisen zu erzeugen:

- (1) Hilfen bei der Reglereinstellung,
- (2) Hilfen bei der Signalaufbereitung für den Energiewandler und
- (3) die Kompensation der Nichtlinearitäten des Prozesses.

Andere Verhaltensweisen des Regelungssystems verringern die Bedienungsfehler während des Anlassens und beim Betrieb des Stickstoff- und Heizsystems. Ein charakteristisches Merkmal des Aufbaues der Regelungsprogramme ist die umfassende Verwendung von hybriden Simulationen.

DURCHFÜHRUNG EINER AUTOMATISCHEN ANLAGENSTEUERUNG

UNTER ANWENDUNG VON COMPUTERN

J.C. JACQUIN-C. LEROY R. LEVEQUE G. THOMAS J.C. BEDIOU
SOCIÀ C.S.A. C.I.I. E.d.F.

Die Mitteilung beschreibt die Durchführung der vollständigen Automatik eines Kernkraftwerkes (E.L 4 - Kernkraftwerk der Monts d'Arrée), die zugleich die Regulierungs- und die logischen Vorgänge sichert.

Ausgeführt werden der Aufbau dieser Automatik sowie die Gründe der Funktionsaufteilung zwischen Computerautomatik und verkabelter Automatik. Ferner wird auf den Aufbau der Vollautomatik anhand von Computern hingewiesen, der mehrere originale Kriterien besitzt. Der logische Aufbau der Automatik wird beschrieben, dieses erfordert eine genaue Darstellung der Beschaffenheit der einzelnen Bestandteile; ehe der exakte Aufbau verschiedener Programme, die der Computer durchführt, zu beschreiben ist.

Diese Programme besitzen eine grosse Zahl gemeinsamer Kriterien (Modulierung, Wiedergabe, Code- und Änderungserleichterungen, Kürze, Sprache), die ihre Durchführung erleichtert haben. Dieses führte dazu, schon bei der ersten Inbetriebssetzung, das Kernkraftwerk der Monts d'Arrée, dank der durch die Automatik gegebenen Möglichkeiten, voll auszunutzen; die Anwendung dieses Aufbaues für konventionelle Anlagen ist selbstverständlich möglich.

VERSUCHSWEISE EINFÜHRUNG EINES SYSTEMS ZUR AUTOMATISCHEN
STEUERUNG DER ELEKTRIZITÄTSERZEUGUNG IN EINEM BESCHRÄNKTN
GEBIET DES C.E.G.B.-SYSTEMS

von F. Moran und J.N. Prewett
(Central Electricity Research Laboratories)

Die Steuerung der Elektrizitätserzeugung in einem bestimmten Gebiet erfordert erstens ein erhebliches Volumen an prozesssynchroner Rechenarbeit, und zweitens die fahrplanmässige Verteilung der Last unter den einzelnen Generatoren mit grösstmöglicher Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit im Falle der Nichtverfügbarkeit einer Übertragungsleitung, sowie Deckung des Bedarfs beim Ausfall eines Generators. In einem Teilgebiet des C.E.G.B.-Systems hat man eine Reihe von Versuchen durchgeführt in deren Verlauf ein Rechner zur Voraussagung des Bedarfs und zur fahrplanmässigen Verteilung der Last unter 31 Generatoren prozesssynchron benutzt wurde. Anweisungen über die erwartete Erzeugung erhielt jeder Turbosatz unmittelbar vom Rechner über einen Maschinenregler.

Die Arbeit enthält eine Beschreibung der Versuchsanlage sowie eine Besprechung der damit erzielten Ergebnisse. Die grössere Leistungsfähigkeit des automatischen Systems gegenüber dem konventionellen von Hand gesteuerten System zeigte sich dadurch, dass eine strengere Kontrolle sowohl der Betriebskosten als auch der Überzeugung ermöglicht wird, wenn es auch infolge messtechnischer Schwierigkeiten, die mit dem von Tag zu Tag schwankenden Bedarf und dem jeweiligen Netzbild zusammenhingen, unmöglich war, eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit quantitativ nachzuweisen.

Im Inselbetrieb erwies sich die Anlage stabil und einer viel genaueren Frequenzregelung fähig. Schwierigkeiten ergaben sich in der

Praxis sowohl beim Festlegen der betrieblichen Grenzbedingungen, die im Lastfahrplan berücksichtigt werden müssen, als auch beim Fortschreiben dieser Daten im Rechner. Der Lastfahrplan unterlag der Überwachung durch den Lastverteiler mittels Darstellung auf einer Kathodenstrahlröhre. Verbesserte Verbindungswege zwischen dem Bedienenden, der Rechenanlage selbst und dem Darstellungssystem sind erforderlich.

ANALYSE DER DYNAMISCHEN STABILITÄT EINES HOCH-
SPANNUNGÜBERTRAGUNGSSYSTEMES BEI DETERMINISTISCHEN
BELASTUNGSÄNDERUNGEN

J. Preminger und G.L. Park

Das dynamische Verhalten eines Zehn-Generator elektrischen Starkstromsystems ist mit Hilfe eines Digitalrechners modelliert, wobei die Hybridrechner Modellesprache COBLOC benutzt wurde. Block oder Übertragungsfunktion Modelle sind für jeden Generator abgeleitet und die Wirkung des Drehfeldes zwischen den Generatoren wird aus den Belastung-Strom Daten berechnet.

Die Untersuchung betrifft der dynamischer Reaktion welche durch so kleine Belastungsschwankungen hervorgerufen ist, die das Strukturschema in dem elektrischen Übertragungsnetz nicht ändern und keine Einstellungsstabilität verursachen. Eine Meßvorrichtung zum prüfen der Modelierresultate ist beschrieben und Ausdehnungen des Modells, welche die Schlupfdämpfung und Pumpspeicheranlagen berücksichtigen, sind besprochen.

ADAPTATIVE REGELUNG VON GEKOPPELten NETZEN

M. Cuenod, A. Durling, P. Valisalo

Die Regelung der übertragenen Leistung zwischen gekoppelten Netzen erfolgt nach dem bekannten Prinzip der Frequenz - Leistungs Regelung.

Es scheint zweckmässig, die Kabel-Temperatur der Hochspannungsleitungen als Kriterium einer optimalen Netzregelung zu wählen.

Um die Regelarbeit der an der Regelung beteiligten Kraftwerke zu einem Minimum zu reduzieren sind bedeutende Schwankungen der Uebertragungsleistung zulässig, wenn die Temperaturschwankungen, die durch die thermische Kabelinertie gedämpft sind, in zulässigen Grenzen bleiben.

Wenn der Mittelwert der Uebertragungsleistung klein ist, können grosse Temperaturschwankungen und eine langsame Reaktion des Regelsystems angenommen werden.

Wenn dagegen der Mittelwert der Uebertragungsleistung gross ist oder im Falle einer Störung ist eine rasche Reaktion des Regelsystems erforderlich um eine Ueberlastung und eine Temperaturüberschreitung der Verbundleitung zu vermeiden.

Gestützt auf die Methoden der dynamischen Statistik beschreibt dieser Bericht das Prinzip der adaptativen Frequenz-Leistungs Regelung eines Verbundsystems.

Es wird ausgeführt nach welchen Regeln die dynamischen Daten des Netzreglers zu ändern sind, entsprechend der übertragenen

Leistung und im Falle einer Störung. Verschiedene Methoden sind angegeben, um ein Störungsfall zu erkennen.

Die Zweckmässigkeit des vorgeschlagenen adaptativen Regel-systems ist durch Modelversuche mittels eines hybrid analog-digitalen Rechengeräts angezeigt.

STABILITÄT VON PARAMETRISCHEN SYSTEMEN

C. Levefre, A. Rault

Die vorliegende Arbeit unterbreitet eine neue Konzeption der Stabilität. In einer Klasse von parametrischen Systemen angewandt erlaubt diese Konzeption ein geometrisches Kriterium zu ermitteln. Diese Kriterium ist leicht brauchbar. Die erzielten Ergebnisse sind mit denjenigen, die mit klassischen Kriterien erhalten wurden, verglichen. Dieser Stabilitätsbegriff beruht auf dem Schrumpfungsprinzip sowie auf physikalischen Begriff der Energiestreuung.

EINE ERWEITERUNG DER METHODE DER
HARMONISCHEN LINEARISIERUNG

E.P. Popow, E.I. Chlypalo
(UdSSR)

Die Methode der harmonischen Linearisierung (harmonischen Balance, Beschreibungsfunktion) hat breiteste praktische Anwendung bei der ingenieurmäßigen Berechnung von nichtlinearen automatischen Systemen beliebiger Zweckbestimmung gefunden. Mit Hilfe der Rechentechnik lässt sich diese Methode erfolgreich auf komplizierte Systeme mit vielen Nichtlinearitäten und auf komplizierte Steuerungsprozesse, die nichtlinear in Komponenten verschiedener Frequenz zerlegt sind, anwenden. In manchen Fällen sind dagegen die erhaltenen Ergebnisse wegen formaler Fehler unsicher.

Insbesondere führt die Anwendung der harmonischen Linearisierung in der üblichen Form auf mehrdeutige Nichtlinearitäten vom Hysteresetyp manchmal zu einem negativen höchsten Koeffizienten der charakteristischen Gleichung des harmonisch linearisierten Systems, was in mathematischer Hinsicht formal falsch ist und nicht den dynamischen Eigenschaften des realen Systems entspricht.

In der vorliegenden Mitteilung wird eine neue Form der harmonischen Linearisierung für solche Fälle vorgeschlagen, die einen Ausdruck für die analoge Übertragungsfunktion des linearen Trägheitsgliedes liefert. Dadurch kann der genannte Fehler vermieden und die Form des Rechenausdruckes den realen dynamischen Eigenschaften des Systems besser angepasst werden. Die neue Form der harmonischen Linearisierung ist anwendbar auf den Fall periodischer nichtlinearer (Eigen- und erzwungener) Schwingungen, abklingender und aufklingender Schwingungen sowie auf komplizierte Prozesse, wenn Schwingungen (Selbstschwingungen oder äußere Vibrationsstörung) der langsam veränderlichen Komponente des Grundprozesses der Steuerung überlagert sind.

BEHAUPTUNG VON DEM DASEIN PERIODISCHER SCHWINGUNGEN BASIER
AUF DER METHODE DESKRIPTIWER FUNKTIONEN

Jacek Kudrewicz

Instytut Automatyki PAN, Warszawa, Polen

Es wurde ein nichtlineares System mit Rückkoppelung, beschrieben durch die Gleichung

$$x(t) = \int_0^{\infty} u(t-\tau) dh(\tau) + z(t), \quad u(t) = [Fx](t) \quad (1)$$

untersucht, wo $h(t)$ - eine Funktion von begrenzter Variation, die den linearen stationären Teil des Systems charakterisiert, F - ein den Bereich periodischer Funktionen in sich umformender und das nichtlineare Element charakterisierender Operator; $z(t)$ - die das System anregende periodische Funktion ist. Für eine angenäherte Untersuchung periodischer Schwingungen im System (1) wird allgemein die Methode der deskriptiven Funktion benutzt. In der Bearbeitung sind zwei grundlegende Thesen über das Dasein periodischer Lösungen der Gleichung (1) in bestimmter Umgebung der angenäherten Lösung, die sich aus der Methode der deskriptiven Funktion ergibt angegeben. Die erste betrifft nichtautonomischer Systeme, in denen die Schwingungsperiode durch die Anregung $z(t)$ determiniert ist. Die zweite bezieht sich auf autonome Systeme, in denen die Schwingungsperiode bestimmt werden muss. In der Beweisführung dieser Thesen wird von der Idee der Reduktion der Gleichung (1) (mit kompakten Operator) zur Gleichung im zweidimensionalen Raum und der Anwendung zu dieser letzten der topologischen Methode der Vektorfeldrotierung, Gebrauch gemacht. Beide Behauptungen sind mittels Beispielen erläutert, in denen der die Lösung einschliessende Raum von Banach entsprechend der Gestalt der Operation F gewählt wurde. Eins der Beispiele betrifft eines Systems mit nicht linearem Element von unkontinuierlicher Charakteristik.

ANALYSE DES STATIONÄREN ZUSTANDES NICHTLINEARER SYSTEME
UND BESCHREIBUNGSFUNKTIONEN FÜR MEHRERE EINGÄNGE (M.I.D.F.)

Ronald G. Sea, Andre G. Vacoux
(Chicago/Ill.)

Die Technik der Beschreibungsfunktion wird als Spezialfall des allgemeineren Problems betrachtet, die Amplitude einer beliebigen Frequenzkomponente im Ausgang einer eindeutigen Nichtlinearität zu bestimmen, deren Eingang mehrere Frequenzen enthält. Unter Verwendung einer Potenzreihe, einer Fouriertransformierten oder einer Fourierreihe zur Darstellung der nichtlinearen Beziehung zwischen Eingang und Ausgang werden drei Formeln für die Amplitude einer beliebigen Frequenzkomponente des Ausgangs hergeleitet. Die Formel, die auf der Darstellung der Nichtlinearität als Fourierreihe beruht, wird zusammen mit einer Diskussion der numerischen Verfahren zur sehr schnellen Berechnung der Ausgangsamplituden ausführlich behandelt.

Als in der Regelungstechnik wichtiger Spezialfall der obigen Verfahren werden die exakte Darstellung und eine wirksame numerische Approximation für die Beschreibungsfunktion für mehrere Eingänge (M.I.D.F.) angeführt.

Diese Verfahren werden auf den Fall verallgemeinert, daß die Eingangsfrequenzen in harmonischer Beziehung stehen. Es wird gezeigt, daß die Formel für eine beliebige Ausgangsamplitude in diesem Fall durch eine Fourierreihe (bezüglich der Eingangsphase) gegeben ist, deren Koeffizienten nur von den Eingangsamplituden abhängen. Es wird gezeigt, daß diese Reihe schnell konvergiert und daher numerisch leicht auszuwerten ist. Ebenso sind die Beschreibungsfunktionen für Probleme, bei denen die Eingangsfrequenzen in harmonischer Beziehung stehen, Spezialfälle dieses Verfahrens.

Als Beispiel wird eine subharmonische Beschreibungsfunktion für zwei Eingänge (L.I.D.F.) betrachtet und ihre Beziehung

zur D.I.D.F. für nicht in Beziehung stehende Eingangs-
frequenzen festgestellt.

Es werden typische Kurven angegeben und die numerischen
Verfahren zu ihrer Berechnung diskutiert. Die dritte sub-
harmonische Schwingung eines Systems wird mit Hilfe dieser
Kurven untersucht.

ANALYSE HARMONISCHER UND BEINAHE PERIODISCHER
SCHWINGUNGEN IN ERZWUNGENEN SELBSTSCHWINGENDEN SYSTEMEN

P.K. Rajagopalan und Yash Pal Singh

ABTEILUNG FÜR ELEKTROMASCHINENBAU
INDISCHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE
KHAGPUR, INDIEN

Diese Abhandlung stellt eine einfache Methode dar beinahe periodische Schwingungen in erzwungenen selbstschwingenden Systemen welche eine eindeutige ungerade Nichtlinearität enthalten zu untersuchen.

Die Methode nimmt an, daß die Eingangswirkung der Nichtlinearität durch die Grundkomponenten der nichtsynchronisierten freien und erzwungenen Schwingungen dargestellt werden kann und benutzt die duale, den Eingang beschreibende Funktion des nichtlinearen Elementes für unmeßbare Frequenzen in Verbindung mit dem "Universalen Diagramm".

Die vorgeschlagene Methode ist besonders nützlich zur Untersuchung der Erscheinungen der Synchronisierung und Desynchronisierung. Ihre Verwendung wurde veranschaulicht, indem die erzwungene Schwingungen 1) eines Van der Ool Oszillators und 2) eines Relaissystems dritter Ordnung für einen weiten Bereich der Amplituden und Frequenzen des erzwingenden Signals untersucht wurden.

Die vorgeschlagene Methode besitzt folgende Vorteile: sie gibt ein klares Bild der verschiedenen auftretenden Erscheinungen, sie eignet sich für Systeme jeder Ordnung und bleibt einfach auch in Verwendung zu Systemen höherer Ordnung.

Es wurde auch die Möglichkeit untersucht die Technik des inkrementen Frequenzganges zur Bestimmung der Stabilität der beinahe periodischen Schwingungen anzuwenden, was zu einer originalen Idee der "den inkrementen, duellen Eingang" beschreibenden Funktion (Incremental dual input describing function, IDIDF) führte.

Auf dieser Grundlage werden Stabilitätskennzeichen der Lösungen, welche mit Hilfe des "Universalen Diagramm" ermittelt wurden besprochen. Die Ausdrücke der IDIDF für einige nicht-lineare Glieder sind angegeben.

BERECHNUNG VON STABILITÄTSGEBIETEN IM RAUM
DER ANFANGSWERTE MIT HILFE VON FREQUENZGANGKRITERIEN

Andrew U. Meyer, Newark, N.J.

Für eine Klasse von einschleifigen Systemen, die aus einem linearen zeitinvarianten Glied und einem nichtlinearen, evtl. zeitabhängigen Glied bestehen, werden Algorithmen zur Berechnung von Stabilitätsgrenzen im Zustandsraum angegeben. Diese Algorithmen haben die Form algebraischer Beziehungen, die den Frequenzgang des linearen Gliedes enthalten, und gewisser Beziehungen, die das nichtlineare Element enthalten. Sie sind auch zur Berechnung von Schranken für die Anfangsfunktionen bei Systemen verwendbar, die Totzeit oder verteilte Parameter enthalten.

ENTWURF UND ANWENDUNGEN DER MEHRSCHEICHTREGELUNG

W. Findeisen
KATEDRA AUTOMATYKI
I TELEMECHANIKI
WARSZAWA, POLAND

I. Lefkowitz
CASE WESTERN RESERVE
UNIVERSITY
CLEVELAND, OHIO, USA

Diese Arbeit bespricht einige Gesichtspunkte des Systemprojektierungproblems in Verwendung zur Steuerung komplexer industrieller Systeme. Eine hierarchische Methode ist dargestellt als Richtlinie für die sequentielle und iterative Durchführung des Entwurfprozesses.

Zwei Gesichtspunkte der hierarchischen Struktur sind dargestellt. In der MEHRSTUFIGEN Regelungshierarchie wird das komplexe System in eine Reihe einfacherer Untersystems zerlegt, von denen jedes nach einem örtlichen Kriterium und nach einem örtlichen Teilmodell gesteuert wird. Regler der höheren Stufe dienen dazu, um die Tätigkeit der örtlichen Reglers zu koordinieren um am besten Ziel des ganzen Systems zu erreichen. In der MEHRSCHEICHTIGEN Struktur wird das komplexe Regelproblem in einfachere Subprobleme zerlegt, von welchen jedes sich mittels der vorhandenen Techniken leicht lösen und verwenden lässt. Die Subprobleme sind durch die Steuerungsfunktionen der höheren Schichten integriert, wieder mit Berücksichtigung des Ziels. Die vorgeschlagene Struktur des Regelsystems liefert ein rationelles Verfahren zur Vereinfachung des Steuerungsproblems und zur effektiven Ausnutzung der Informationsrückführung zur Aktualisierung der Regelung- und Entscheidungstreffender Algorithmen. Eingeschlossen in die Entwurfprozedur sind Überlegungen ökonomischer Natur welche die wacksenden Kosten der Regelung mit den errungenen Nutzen vergleichen.

Die hierarchische Methode basiert auf der Ausnutzung der Rechenmaschinen für rasches Modelieren, Datenverarbeiten und Regeln. Viele der besprochenen Richtlinien und Vorschläge sind im Zusammenhang mit der Verwendung zu einem bestimmten System veranschaulicht.

MEHRSTUFIGE OPTIMALISIERUNG EINES PRODUKTIONSSYSTEMS
MITTELS EINER DISKREten VERSION DES MAXIMALPRINZIPS VON PONTRYAGIN

R. K. Bhattacharyya and E. S. Bahary
Western Electric Company, Incorporated
Box 900, Princeton, New Jersey, U. S. A.

A. N. Bakhrus
Celanese Corporation
550 Broad Street
Newark, New Jersey, U. S. A.

In diesem Bericht wird eine Methode beschrieben, die mittels einer diskreten Version des Maximalprinzips von Pontryagin einen optimalen Produktionsplan für ein Produktionsverfahren ergibt, wenn seine dynamische Antwort auf verschiedene Eingangentscheidungen in Betracht gezogen wird. Die optimale Strategie verlangt, dass eine Reihe von verschiedenen Entscheidungen getroffen werden, welche eine Kostenfunktion über den gesamten Planungshorizont minimalisieren. Diese Kostenfunktion umfasst die Kosten des Produktioninventars und die Kosten verbunden mit einigen Parametern des Systems. Da die Parameter des Systems ihre Kosten haben, bestimmt die optimale Lösung nicht nur die optimale Reihenfolge der Entscheidungen in Hinsicht auf die besondere Gruppe der Parameter, sondern entscheidet auch, ob es ratsam ist, zusätzliche Ausgaben zu übernehmen, um die Parameter des Systems zu verbessern damit eine bessere Leistung erzielt wird.

Der in diesem Bericht entwickelte Algorithmus beansprucht viel weniger Speichervermögen in einem Digitalrechner als die gewöhnliche Anwendung des dynamischen Programmierens. Der Algorithmus ist für einige Herstellungsverfahren der Firma Western Electric programmiert worden.

AUFTREten UND FOLGEN VON INFORMATIOnSVERLUST IN EINEM
HIERARCHISCHEN DIGITAL-RECHENSYSTEM MIT "ON-LINE"
PROZESSSTEUERUNG

H.H. Johnson

In einem völlig deterministischen System können theoretische Werte für die Geschwindigkeit und Grösse für jedes einzelne Rechenelement bestimmt werden. Dies führt zu einem Problem des Linearen Programmierens, dessen Lösung, innerhalb Grenzen, die beste ökonomische Konfiguration darstellt.

In einem System, das statistischen Störungen unterworfen ist, muss die obere Kostengrenze gegen den kumulativen Effekt des Informationsverlustes und der daraus resultierenden Wirtschaftlichkeit der Regelung abgewogen werden. Die folgenden Überlegungen erklären, welches die Ursachen sind, dass das System aus dem normalen Arbeitszustand ausbrechen kann. Rasche Änderungen der Zustands- oder Regelgrössen verlangen eine Erhöhung der Abtastfrequenz. Das hat zur Folge, dass mehr Information verarbeitet werden muss; die Rechenzeit nimmt daher zu. Wenn durch das Aufhören von adaptierenden und überwachenden Rechenvorgänge ein Ausfall des Computersystems teilweise verneint wird, so reduziert das die Kapazität der Gesamtanlage. Das kann ernsthafte Verzögerungen in der Erzeugung von Regelinformation bewirken. Rechnungen, die selber iterativen Charakter haben, können langsamer konvergieren, als man erwartet, und verursachen Engpässe in einem bestimmten Teil der Rechenanlage. Obwohl auf einer höheren Stufe der Systemhierarchie Multiprogrammierung mit anderen Aufgaben wünschenswert ist, so reduziert dies die Antwortzeit für Datenanforderungen von tieferen Stufen.

Die Theorie der Warteschlangen gibt eine gute Grundlage für die Beschreibung des Informationflusses und wird dahin erweitert, dass Fälle erfasst werden können, wo das Gleichgewicht zwischen Verkehrsdichte und Bedienungszeit gestört ist und deshalb zu einem Verlust an Information führt. Diese Struktur wird mit Elementen der Speichertheorie kombiniert und ebenfalls erweitert, um den Fall von "Überlauf zu behandeln. Das führt an einem umfassenden System, das für die Untersuchung von 'on-line' Computersystemen geeignet ist.

SYSTEME UND ALGORITHMEN ZUR STEUERUNG BEI EINEM
KOMPLIZIERTEN KOMPLEX DER METALLURGISCHEM PRO-
DUKTION

A.P. Kopelowitsch, A.A. Belostozki, B.A. Wlassjuk,
G.I. Nikitin, W.M. Chrapkin
(Moskau)

Eine Methodologie und Ergebnisse der Bearbeitung und Untersuchungen von Systemen der operativen Planung und Steuerung unter Verwendung elektronischer Digitalrechner werden für grundlegende Teilabschnitte des komplizierten Produktionskomplexes "Stahlwalzen" in den Werken der Schwarzmetallindustrie beschrieben.

Betrachtet wird die Aufgabe einer operativen (kalendarischen) Planung für sehr große Unternehmungen mit komplizierter Parallel-Reihen-Struktur der Produktion; mit einer großen Zahl untereinander verkoppelter Aggregate und mit artverschiedenen Produktionsprozessen.

Die Aufgabenstellungen werden vorgegeben und die Algorithmen werden für die folgenden Steuerungsstufen aufgestellt: monatliche Operativplanung des gesamten Komplexes, 24-Stunden-Planung für alle Elemente der Parallel-Reihen-Struktur der Produktion.

Die Algorithmen wurden mit Hilfe des Apparates der linearen Programmierung, einer verwickelten Aufgabe mit Größen der mathematischen Logik und der mathematischen Statistik, erhalten.

Die Ergebnisse der versuchsweise auf einer universellen Rechenmaschine des Rechenzentrums eines metallurgischen Betriebes genutzten Algorithmen werden angegeben und analysiert, die Anforderungen an eine elektronische Ziffernrechenmaschine für

derartige Systeme werden formuliert.

Es wird die Aufgabe einer operativen Steuerung einer großen Martinofenabteilung des Betriebes mit vollständigem metallurgischem Zyklus betrachtet. Eine Charakteristik der Produktion und ihrer Verknüpfung mit anderen Werksabteilungen wird aufgestellt.

Einige Ergebnisse der Überprüfung im Betrieb befindlicher Abteilungen und die Anwendung der statistischen Modellierung beim Studium der Objekte werden angeführt.

Beschrieben werden die Struktur und Algorithmen der Steuerung für ein System, das die zentralisierte Steuerung des Eisenbahn-transportes, die zentralisierte Dispatchersteuerung einer Werksabteilung, die optimale zentralisierte Steuerung des Läppens der Schmelze und einen Prozeßrechner einbezieht.

Eine Analyse und eine Abschätzung der Effektivität der vorgeschlagenen Steueralgorithmen werden durchgeführt und die Anforderungen an den elektronischen Digitalrechner werden für Systeme mit den zu betrachtenden Funktionen formuliert.

Die Ergebnisse der Untersuchung einer Regelstrecke als System der Bedienungstheorie werden dargelegt, die Charakteristiken des Systems ermittelt, ein Regelungskriterium wurde formuliert.

Ein formalisiertes Modell der Strecke als System der Bedienungstheorie wird aufgestellt.

Die Ergebnisse einer versuchsweisen industriellen Nutzung des Systems in einem der metallurgischen Kombinate werden angegeben.

EINE ANNÄHERUNG AN AUTOMATISCHE ANPASSUNGSFÄHIGE
REIHENPRODUKTIONSSYSTEME

G. Hayhurst

UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
LOUGHBOROUGH, LEICESTERSHIRE, ENGLAND

Die Schwierigkeiten in der Bestimmung der optimalen Teilzielpunkte für eine vollautomatisch arbeitende Reihenproduktionseinrichtung werden in dieser Arbeit umrissen. Das Problem der Aufstellung von allgemeinen Optimierungskriterien wird angegriffen, vorliegende Verfahren zur Lösung von Einzelfällen werden kurz erörtert, und eine heuristische Lösungsmethode wird vorgeschlagen, wobei die Güte der Lösung und die entstehenden Errechnungskosten gegenseitig ausgewogen werden.

Rechenerfahrung mit einem Versuchsprogramm wird mit algorithmischen Sonderfall-Lösungen verglichen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Methode auch für andere Steuerungs- und Optimierungsprobleme zweckmäßig ist.

Bei der vorgeschlagenen Methode wendet man eine graphotheoretische Verfahrensweise an, wobei der Kurvenzug den Entscheidungsbaum darstellt mit Verzweigungen bei jedem Entscheidungspunkt. Jedem Verzweigungspunkt werden Werte je nach den Optimierungskriterien und der Kostenfunktion zuerkannt. Die Methode sucht den besten Weg durch das Kurvenbild.

Wird ein totaler Optimalwert benötigt, so liefert die Methode einen preiswerten Ausgangspunkt zur Lösung mit dem "Verzweigung-Begrenzung" Algorithmus.

DER EINSATZ VON RECHNERN IN DER BETRIEBSFÜHRUNG VON EISENHÜTTENWERKEN

von B.B. Hickling

The Park Gate Iron And Steel Company Ltd.

England

1.0 Die Entscheidung, im Eisenhüttenwerk Park Gate Rechner einzusetzen, wurde getroffen, als die Firma den umfangreichen Ausbau der Produktionsstätten plante. Rechner wurden zur Übernahme von Planungsarbeiten im ganzen Werk sowie zur on-line-Fertigungslenkung in einem Teilbereich eingeführt.

2.0 Das System hat drei Magnetband-Hauptarchive zum Mittelpunkt, in welchem der Auftragsbestand der Firma, die gegenwärtig bearbeiteten Aufträge sowie der Lagerbestand an Rohblöcken und Halbzeug gespeichert ist. Diese Archive werden mit Hilfe der im Werksbereich erfassten Arbeitsprotokolle 20 Mal pro Tag auf den neuesten Stand gebracht.

3.0 Ein Großteil der von den Rechnern erstellten Informationsunterlagen ist darauf abgezielt, der Betriebsführung die Übersicht über die verschiedenartigsten Tätigkeiten im Werk zu erleichtern und Ihre Aufmerksamkeit auf diejenigen Teilbereiche zu lenken, die eingehender zu untersuchen sind.

3.1 Kontinuierliche Fertigungslenkung

Die kontinuierliche Fertigungslenkung erstreckt sich über den Vorwalzbereich. Das Rechnersystem übernimmt die Koordinierung zwischen Steuermannen und automatischen Regelungseinrichtungen, um maximalen Durchsatz zu erzielen. Dies wird durch ein vom Rechner in der Fertigungssteuerzentrale gesteuertes Datensichtsystem ermöglicht. Die Daten werden den Steuermannen an der Walzstraße über Kathodenstrahlröhren angezeigt, auf welchen der Rechner die Walzanweisungen aufzeichnet.

3.2 Fertigungsplanung mit täglichem Durchlauf

Das Fertigungsplanungssystem, das ebenfalls mit einem Rechner arbeitet, hilft bei der täglichen Produktionsplanung. Zur Aufgabe der Produktionsplanungsabteilung gehört, Kundenaufträge nach Stahlgüte und anschließend nach Losgröße zu gruppieren.

3.3 Betriebsführung

Die Hauptarchive werden wöchentlich und monatlich ausgewertet, um Berichte für Buchhaltung, Hüttenleute, Verkauf usw. zu erstellen.

4. Einer Weiterentwicklung des bestehenden Systems werden durch das begrenzte Fassungsvermögen der Rechner, ungenaue Daten aus dem Werk und die Verzögerung bei der Datenerfassung Beschränkungen auferlegt. Zur Beseitigung dieser Probleme wird eine Entwicklungsphase geplant, in welcher die beiden zentralen Rechner durch einen Großrechner mit Plattspeicher ersetzt werden. Rückmeldungen über die Fertigung werden dem Rechner direkt über 50 Fernschreiber im Werksbereich eingegeben.

EINIGE FRAGEN DER STRUKTURSYNTHESE VON STEUERUNGSSYSTEMEN BEI
DER RÄUMLICHEN BEWEGUNG VON ORBITALFLUGZEUGEN IN DER ERDATMOS-
PHÄRE

B.N. Petrow, H.P. Kolpakowa, W.A. Wasiljew, A.J. Pawlenko
Moskau

Die Bedingungen des Fluges von Orbitalflugzeugen mit Überschallgeschwindigkeit erfordern, daß man die gegenseitige Beeinflussung der Längs- und Querkräfte auch bei relativ kleinen Anstell- und Gleitwinkeln berücksichtigt. Im Zusammenhang damit interessiert die Untersuchung der Menge G der Strukturen des Steuerungssystems eines Orbitalflugzeuges. Diese Flugzeuge gehören zu den gekoppelten Mehrkanalsystemen, deren Regelungskanäle oder Kanalgruppen wenig oder nicht voneinander abhängig sind.

Im Vortrag wird die Aufgabe gestellt, die gesamte Menge der Strukturen G zu finden und das beste Regelungssystem, sowohl im Sinne der Güte des Vorganges als auch hinsichtlich der Einfachheit seiner Realisierung, auszuwählen.

Als Grundlage für die Strukturdarstellung des Regelungssystems des Orbitalflugzeuges verwendet man Graphen ohne Zweige, was die Untersuchung der inneren Zusammenhänge der Koordinaten im Objekt wesentlich erleichtert, die Wahl der Regler nach ihrer größten Wirksamkeit und die Bestimmung aller Strukturen der relativ invarianten Systeme ermöglicht. Dabei vereinfacht sich insgesamt der Ansatz zur Analyse und Synthese.

Bei der Bestimmung der Menge der Strukturen $G = \{M_1, \dots, S'_1 \dots P_1 \dots\}$ erhält man elementare algebraische Abhängigkeiten für die Umwandlung von Mehrkanalsystemen. Um eine Übertragungsfunktion entsprechend den interessierenden Koordinaten zu erhalten, braucht man die Lösungen der Differentialgleichungen des Systems oder Analogien zur Kramerschen Regel nicht zu verwenden.

Es wird eine Reihe von Theorien zur Konstruktion der Menge relativ invarianter Systeme bewiesen. Bestimmt wird die Menge der Blockschaltungen als Strukturgraphen $M = \{M_1, \dots, M_l\}$, Urgraphen $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ und autonome Kanalgruppen $\Pi = \{\Pi_1, \dots, \Pi_k\}$. Man erhält eine Formel zur Bestimmung der Zahl der zusätzlichen Kopplungen im Steuerungssystem, welches die relative Invarianz einzelner Kanäle oder Kanalgruppen gewährleistet.

OPTIMALE INTERPLANETARE, AM HALBWEGE STATTFINDENDE
GESCHWINDIGKEITSKORREKTURPLÄNE

Thomas B. Murtagh
NASA Manned Spacecraft Center
Houston, Texas
USA

Es werden Verfahren vorgeführt, wodurch sich optimale Geschwindigkeitskorrekturpläne für ständige bzw. veränderliche, am Halbwege stattfindende Ankunftszeit vorhersagen lassen. Es wird auf gewisse theoretische Einschränkungen hingewiesen, wobei Anregungen zur Beseitigung derselben durch Umgestaltung der optimalen Steuerungsgleichungen vorgeschlagen werden. Die theoretischen Ergebnisse werden denjenigen eines Simulierungsprogrammes gegenübergestellt, der die zielfolgenden, durch einen Kalmanfilter hergestellten Messwerte eines Bodenradarapparates und eines Bordsextanten für zwei typische interplanetare Verstellungen verwendet. Es zeigt sich, dass die zwischen Theorie und Simulierung vorgekommene Übereinstimmung beim Anwachsen des Bestandes an Radarmesswerten zunimmt, wobei die theoretischen optimalen Steuerungsgleichungen eine genaue erste Beurteilung zur Erzeugung von interplanetaren, am Halbwege stattfindenden Geschwindigkeitskorrekturplänen liefern.

OPTIMALE PARAMETRISCHE GESETZE DER LANDUNGSSTEUERUNG
EINES KOSMISCHEN APPARATS

Ponomarew W.M., Gorodezky W.I.
Leningrader Staatsuniversität "A.A.Schdanow",
Leningrad, UdSSR

Der atmosphärische Abschnitt beim Sinkflug eines kosmischen Apparats wird untersucht. Dem Einfluss von Störungen im ausseratmosphärischen Abschnitt wird durch Setzen von stochastischen Ausgangsbedingungen in Phasenkoordinaten beim Eintritt in die Atmosphäre Rechnung getragen.

Als Optimalitätskriterium der Steuerung wird die Streuung der Kreisabweichung der Landungspunkte des kosmischen Apparates angenommen.

Es wird angenommen, dass die Steuerung durch Änderung der Anstell- und Gierwinkel verwirklicht wird, die als lineare Kombinationen der Abweichung der Phasenkoordinaten von den programmierten Soll-Werten gesetzt werden. Die letzteren werden als Abhängige vom Weg auf der Flugbahn des kosmischen Apparates gegeben.

Der Algorithmus der Lösung der Aufgabe der statistischen Optimalisierung unter Anwendung der Methoden nichtlinearer Programmierung wird untersucht. Es werden auch bestimmte Kunstgriffe untersucht, die erlauben, die Konvergenz des Optimalisierungsprozesses wesentlich zu verbessern.

Eine Lösung dieser Aufgabe wird erhalten, die von einer hohen Effektivität des Steuergesetzes der vorgeschlagenen Struktur zeugt.

STOCHASTISCHE OPTIMIERUNG DER STEIGUNG DES ABSTIEGES KOSMI-
SCHER FLUGKÖRPER IN DER ATMOSPHÄRE

A.G. Wlasow, J.S. Ukolow, E.J. Mitreschin
Moskau

Betrachtet werden Fragen im Zusammenhang mit der Synthese autonomer Systeme zur Regelung der Reichweite eines kosmischen Flugkörpers in der Phase des Abstieges in der Atmosphäre. Als Informationsquelle dient die Überlast, die in den Verbundachsen des kosmischen Flugkörpers gemessen wird und als Steuergroße der Neigungswinkel.

Das Steuerungssystem wird unter Verwendung der Normaltrajektorien aufgebaut. Vorausgesetzt wird, daß zum Steuerungssystem ein digitaler Bordrechner mit realen Forderungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Speicherkapazität gehört.

Der untersuchte dynamische Prozeß wird durch folgendes Gleichungssystem beschrieben, da im Abschnitt $[0, T]$ gegeben ist:

$$\dot{x} = \mathbb{X}(x, u, t) \quad (1)$$

$$\dot{x}_1 = A(x, u, t) x_1 + B(x, u, t) v + \xi(t) \quad (2)$$

$$y = H(x, u, t) x_1 + \zeta(t), \quad (3)$$

wobei 1 die Bewegung längs des normalen (ungestörten) Trajektoriums und 2 die gestörte (linearisierte) Bewegung beschreibt; 3 beschreibt die erhaltenen Informationen über den laufenden Zustand der gestörten Bewegung entsprechend den Meßwerten.

Die Grenzbedingungen werden am Ende in der Form geschrieben:

$$x(T) \in \{x : g_k(x) = 0\}, \quad (4)$$

$$x(0) \in \{x : g_0(x) = 0\},$$

$x_1(0)$ - Vektor der zufälligen Größen mit bekannten Kennwerten.

Für ein dynamisches System mit Grenzbedingungen und Beschränkungen muß man das Funktional

$$Mw [x_1(T)] \quad (5)$$

minimieren, wobei M das Symbol für die mathematische Erwartung und w eine positive Skalarfunktion abhängig von $x_1(T)$ ist.

STEUERUNGEN DER BEWEGUNGEN BEIM EINTRITT IN DIE ATMOSPHÄRE

D.E. Ochozimski, A.P. Bucharkina, J.F. Golubew (Moskau)

Der Vortrag beschäftigt sich mit dem Problem der Steuerung der Bewegung kosmischer Apparate in der Atmosphäre, wenn diese Apparate mit einer Geschwindigkeit zur Erde zurückkehren, die in der Nähe der zweiten kosmischen Geschwindigkeit liegt. Es sei vorausgesetzt, daß der Apparat über eine geringe Auftriebskraft verfügt und daß er sich mit konstantem Anstellwinkel bewegt. Die Steuerung geht von der Berechnung der Änderung der Krüngungswinkel aus. Das Steuerungssystem enthält digitale Recheneinrichtungen.

Der Algorithmus nutzt die Meßergebnisse dreier senkrecht zueinander auf einer stabilisierten Plattform angeordneter Beschleunigungsmesser aus. Dadurch läßt sich die Navigationsaufgabe einfach lösen. Angenommen sei, daß sich die Abweichung der Dichte der Atmosphäre von der Standardverteilung entlang der Flugbahn nur langsam ändert. Dann läßt sich innerhalb festgelegter Grenzen extrapolieren und eine Prognose der Situation stellen, die für die aller nächste Zeit zu erwarten ist.

Der Algorithmus ist so aufgebaut, daß das Steuerungssystem bestrebt ist, wenn nötig rechtzeitig einen Vorrat an Steuerfähigkeit für den Ausgleich solcher Störungen zu schaffen, deren Auftreten auf Grund der Daten der Prognose in unmittelbarer Zukunft erwartet werden kann.

Die Steuerung wählt für das nächste Zeitintervall eine konstante Krüngungs-Drehgeschwindigkeit des Apparates aus, die das Eintreffen im vorgegebenen Punkt gewährleistet. Die möglichen Geschwindigkeitswerte liegen in einem Intervall, dessen Länge konstant ist, und als mittlere Geschwindigkeit tritt die Steiggeschwindigkeit auf, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Korrekturmoment steht. Derartige Begrenzungen ergeben sich aus der Analyse der realen Möglichkeiten der Steuerung.

Es wird angenommen, daß sich nach Ablauf des Zeitintervalles, für das die Drehgeschwindigkeit ausgewählt wird, der Krängungswinkel, der sich nach einem linearen Gesetz ändert, einem gewissen Mittelwert nähert, der eine speziell gewählte Zeitfunktion ist. Die Adaption wird erreicht durch Hinzufügen der notwendigen Änderungen zum Mittelwert des Krängungswinkels in Abhängigkeit von den ermittelten atmosphärischen Veränderungen.

Einige Berechnungsergebnisse werden angegeben, die die Effektivität des Algortihmus bei der Verarbeitung großer Schwankungen der Dichte und auch die Güte der Regelung veranschaulichen.

Stochastische Aufgaben der Raketendynamik

Plotnikow, Ju. P.

Moskau

Es werden Methoden der Lösung solcher Aufgaben der Regelung der Bewegung von Flugapparaten dargestellt, bei deren Lösung ein getrenntes Studium der programmierten und der gestörten Bewegung zweckmäßig ist. Solche Aufgaben werden als stochastische Aufgaben der Raketendynamik bezeichnet. Es wird die Aufgabe der Optimierung nach einem einheitlichen Kriterium für die determinierten programmierten und die stochastisch gestörten Bewegungen formuliert. Diese Aufgabe wird unter Heranziehung hinreichender Bedingungen für das absolute Minimum stochastischer Regelungssysteme gelöst. Die letzteren Bedingungen sind eine Verallgemeinerung entsprechender Bedingungen der Optimalität determinierter Systeme von W.F. Krotow auf stochastische Systeme allgemeiner Art.

Für ein lineares Modell der stochastisch gestörten Bewegung wird ein Algorithmus für die Lösung der Aufgabe der Optimierung auf einem Digitalrechner ermittelt.

STATISTISCHE SYNTHESE OPTIMALER IMPULSSYSTEME
ZUR STEUERUNG KOSMISCHER OBJEKTE MIT BERÜCK-
SICHTIGUNG VON STRUKTURBESCHRÄNKUNGEN DES SYSTEMS

A.Ja. Andrienko
(Moskau)

Bei der Entwicklung der Bordgeräte zur selbsttätigen Steuerung kosmischer Objekte ist die Forderung nach Zuverlässigkeit von großer Bedeutung; sie ist bei einfachen Strukturschaltungen des Steuerungssystems leichter zu erfüllen. Deshalb führt man zweckmäßig die Synthese optimaler Systeme unter Berücksichtigung von Beschränkungen durch, die der Struktur auferlegt sind. Es lassen sich drei Arten solcher Beschränkungen angeben: eine Beschränkung des Speichervermögens der Steuerungseinrichtung, eine Beschränkung der Zahl der Geräte, die die Koeffizienten des Algorithmus der Arbeit der Steuerungseinrichtung erzeugen, und eine Beschränkung für die Form der Operationen, die in der Steuerungseinrichtung realisiert werden können.

Wird im Steuerungssystem ein Bord-Digitalrechner verwendet, so ist es zweckmäßig, diskrete Steuerungsalgorithmen zu verwenden. In der Arbeit werden statistische Methoden zur Synthese von Impulssystemen mit Berücksichtigung der genannten Beschränkungen vorgeschlagen. Diese Methoden werden für Endwertsteuersysteme dargelegt. Die Beschränkung des Speichervermögens wird durch Beschränkung des Informationsinhalts erreicht, der in der Steuerungseinrichtung bei Bildung des Steuersignals verarbeitet wird. Dabei wird die Lösung des Syntheseproblems auf Grund der Theorie der statistischen Entscheidungen und der dynamischen Programmierung erhalten.

Die Beschränkungen der zweiten Art können näherungsweise durch Optimierung des Programms der zeitlichen Folge der Quantisierungsintervalle des Impulssystems berücksichtigt werden.

Bei der Synthese von Systemen mit Beschränkungen der dritten Art wird angenommen, daß in der Steuerungseinrichtung nur

algebraische Operationen realisiert werden können. Die Synthese erfolgt unter Verwendung einer experimentellen Methode der statistischen Linearisierung, die mit einem Digitalrechner bei einer beschränkten Zahl von Realisierungen der Steuerungsprozesse ausgeführt wird.

OPTIMALES REGELUNGSSYSTEM EINES ORBITALEN
STATIONÄREN KÜNSTLICHEN ERDSATELLITEN

A.A.Lebedew, M.N.Krassilschtschikow, W.W.Malyschew
Moskau, UdSSR

Betrachtet wird die technische Aufgabe einer Synthese optimaler Regelungssysteme, die zur Bahnkorrektur stationärer künstlicher Erdsatelliten (SKES), für seinen Flug längs der Bahn und die Einhaltung der vorgegebenen Lage vorgesehen sind. Es wird vorgeschlagen, zur Steuerung die Meßdaten, die man von der Bodenstation erhält, auszunutzen.

Bei der Lösung der Aufgabe nach unvollständigen Daten berücksichtigt man zufällige Meßfehler und zufällige Fehler bei der Realisierung der Korrekturimpulse, sowohl additiver als auch multiplikativer.

Untersucht werden folgende Fragen: Die Wahl des Algorithmus einer optimalen Informationsverarbeitung; die Wahl des Algorithmus für eine optimale Korrektur; die die erforderliche endliche Genauigkeit bei minimalem Energieaufwand gewährleistet; die Auswahl einer minimalen Zahl von Messungen und Frequenz von Messungen, die für die Realisierung dieses Korrekturalgorithmus notwendig sind; die Ermittlung der optimalen Geschwindigkeit, mit der der Satellit auf die Bahn gebracht wird.

Für die Lösung des Problems verwendet man den Begriff der hinreichenden Koordinaten sowie die Methode der dynamischen Programmierung.

Um gewisse ingenieurmäßige Annahmen, die bei der Lösung gemacht wurden, zu überprüfen, wurde das berechnete Steuersystem mit der statistischen Erprobungsmethode modelliert.

Ein Blockschaltbild des Steuerungssystems sowie die Resultate der Modellierung werden angegeben.

Simulation verteilter Systeme in der chemischen Industrie

S. Day Jørgensen und M. Kühmell

Abt. für Chemietechnik,

Dänische technische Hochschule

Lyngby, Dänemark

Viele Einheiten einer chemischen Anlage sind verteilte Systeme oder stufenweise Systeme mit verteiltem Charakter.

Mathematische Modelle für eine Anzahl der Elemente des physischen Systems sind gezeigt. Nach Diskretisierung der verteilten Elemente ist Simulation des Systems sowohl mit Störung des Eingangspotentials als mit Störung der Strömungsgeschwindigkeit jedes flüssigen Transportelements möglich. Die statische und dynamische Genauigkeit der Simulation in Bezug auf verschiedene Typen von Störungen ist untersucht worden. Die Relationen zwischen der erforderlichen Anzahl von Sektionen und der Genauigkeit in Bezug auf Strömungsbilder und verschiedene Störungen ist diskutiert worden. Die Resultate sind graphisch gezeigt.

Die Simulation der folgenden Prozesseinheiten ist sowohl mit Analog- als mit Ziffertechnik nachgeprüft:

ein Dampf-Flüssigkeit Wärmeaustauscher,

ein Flüssigkeit-Flüssigkeit Wärmeaustauscher mit

Gegenstrom und

ein dreiphasen Fliessbett.

Frequenz-Charakteristiken, erreicht durch Analog- und Zifferberechnung, sind gezeigt.

Das Experiment bestätigt die Theorie. Mit diesen Resultaten ist es leicht, die dynamischen Verhältnisse durch Störungen der Strömungsgeschwindigkeit und des Eingangspotentials für eine Gruppe chemischer Systeme mit verteiltem Charakter zu simulieren und die Genauigkeit vor Durchführung der Simulation zu berechnen.

MODELLE UND SIMULATION KATALYTISCHER FESTBETTREAKTOREN

E.D. Gilles, B. Lübeck, M. Zeitz

Inst. für Chemische Technologie, T.H. Darmstadt

Darmstadt

West - Deutschland

Diese Arbeit behandelt ein neues mathematisches Modell eines katalytischen Festbettreaktors. Dieses Modell umfaßt eine strömende und eine ruhende Phase, die miteinander in Wärme- und Stoffaustausch stehen. Somit sind zur Beschreibung des Reaktors zwei Energie- und zwei Materialbilanzen erforderlich. Im Grenzfall eines unendlich starken Stoff- und Wärmeaustausches geht dieses Zweiphasenmodell in das bekannte Diffusionsmodell über. Es wird gezeigt, daß sich das Zweiphasenmodell mit Hilfe des modalen Simulationsverfahrens auf einem Analogrechner nachbilden lässt. Die Simulationsergebnisse für einen im Kreisprozeß betriebenen Festbettreaktor werden diskutiert. Abschließend wird eine Stabilitätsanalyse des Diffusionsmodells durchgeführt.

OPTIMIERENDE REGELUNG EINES HYDRIERUNGSPROZESSES

Keisuke Izawa und Hiroshi Okamoto

Department of Control Engineering
Tokyo Institute of Technology
Meguro-ku, Tokyo Japan

Dieser Aufsatz beschäftigt sich mit der optimierenden Regelung des Hydrierungsprozesses von Acetylen, wobei der Molbestandteil des Zwischenproduktes oder von Äthylen auf dem Maximum gehalten wird. Das Schema des optimierenden Regelungssystems ist wie folgt aufgebaut:

Die Mischung von Wasserstoff und Acetylen wird mit konstantem Mischungsverhältnis in einen Fließbettreaktor geführt, und der kleine Anteil des gesamten Reaktorzuflusses wird in Gestalt eines M-Folge-Signals mit einer konstanten Amplitude gestört. Ein kleiner Anteil des Reaktorabflusses wird in ein mit Silizium-Gel abgedichtetes Rohr geführt. Die Kreuzkorrelationsfunktion zwischen dem Ausgangssignal des Strömungsdetektors, der an der Austrittsseite des isolierten Rohres angebracht ist, und dem verzögerten M-Folge-Signal liefert die erforderliche Information über den Wert der Produktausbeute. Die höchste Spitze der Kreuzkorrelationsfunktion erweist sich als eine gute Abschätzung für den lokalen Anstieg der Ausbeutekurve des Äthylens, bezogen auf die Zulaufgeschwindigkeit. Die Beschickungsgeschwindigkeit des eintretenden Gases wird proportional zu diesem Anstieg mit Hilfe automatischer Einrichtungen geregelt. Eine theoretische Untersuchung über die Stabilität des optimierenden Regelungssystems und eine experimentelle Untersuchung mit einer Pilotanlage zur Hydrierung des Acetylen wird durchgeführt. Ferner wird eine Vereinfachung des Vorgehens bei der Optimierung diskutiert.

ENTWURF EINES STEUERUNGSALGORITHMUS FÜR DEN FERTIGUNGS-
PROZESS VON HARNSTOFF

L. Sutek, B. Frankovic

Das Referat befasst sich mit dem Entwurf eines optimalen Steuerungssystems für den Fertigungsprozess von granuliertem Harnstoff. Vorgang der Lösung dieses Problems wird erörtert. Ausgangspunkt ist die Aufstellung eines mathematischen Modells und dessen direkte Anwendung im optimalen Steuerungsalgorithmus. Das entworfene System zieht zwei Zweckfunktionen in Erwägung. Die Experimente wurden auf dem Hybridrechner erzielt und die Ergebnisse wurden direkt auf die Steuerung des Fertigungsprozesses übertragen.

Aufgrund der erzielten Ergebnisse wird festgestellt, dass das entworfene Steuerungssystem den gegebenen Bedingungen gerecht wird und dass seine Rentabilität im gegebenen Fall /für den gefertigten Produktumfang/ vom angewandten Typ des Prozessors abhängig ist.

Theoretische Unterlagen des Steuerungsalgorithmus für
den Synthese-Reaktor für Ammoniak-Produktion.

Burianec Z., Burianová J., Hruška M., Sichrovský A.
Chemisch-technologische Hochschule, Prag.

Der Synthese-Ammoniak-Reaktor gehört zu den Produktions-einrichtungen mit sehr komplizierter Innenstruktur. Sollten während des Betriebes die optimalen Produktionsbedingungen erhalten werden, muss man eine automatische Rechenmaschine benützen.

Die Basis für das Aufbauen des Steuerungsalgorithmus ist die Ausarbeitung eines mathematischen Modells des Produktions-processes. Es wurde daher ein theoretisches, statisches Modell und ein dynamisches Modell ausgearbeitet. Die beiden theoretischen Modelle wurden in einer Betriebseinrichtung überprüft, das dynamische Modell mit Benützung des Pseudozufalls, binären Geräusches.

Die Resultate der Experimente wurden mit theoretischer optimaler Lösung des Projektes und der optimalen Steuerung verglichen /es wurde die Methode der dynamischen Programmierung benutzt/.

ADAPTIVES SYSTEM DIGITALRECHNER-MENSCH
FÜR DIE REGELUNG VON EINER CHEMIEANLAGE

R.Tawast

L.Mythus

Es wird ein Regelungssystem, in dem ein Digitalrechner und für die endgültige Wahl der Stellwirkungen ein Mensch gehören, betrachtet.

Das stationäre Verhalten der Regelstrecke wird als nichtlineares Modell dargestellt; es werden hier hauptsächlich die physicalisch und chemisch begründete Gleichungen berücksichtigt.

Für jeden von den ökonomischen Optimalitätskriterien wird eine stochastische Optimierungsaufgabe formuliert, die man nach einigen Umformungen Hilfe der Methoden der nichlinearen Programmierung lösen kann.

Am Anfangsstaadium des produktionsprozessverlaufes ermittelt man die simultanische nichtlineare Abschätzungen von unbekannten Parametern und gleichzeitig auch die Abschätzung von Kovarianzmatrix der Abweichungen. Im normalen Arbeitsverlauf der Regelstrecke werden die Abschätzungen von Parametern rekursiv korrigiert.

Der Digitalrechner gibt für den Menschen einen Überblick über den Zustand des Produktionsprozesses, die Abschätzungen von Parametern, die Resultaten der Optimierung unter Berücksichtigung von Einschränkungen, aber auch die Resultate der Nachbildung des Verhaltens der Regelstrecke bei den vorgegebenen Zuständen des Produktionsprozesses.

Das System (mit Digitalrechner "Minsk-22") ist in die Formalinproduktionsindustrie eingesetzt.

BESTIMMUNG DER RÄUMLICHEN STABILITÄT
DES AXIALEN NEUTRONENFLUSSBILDES
BEI GASGEKÜHLTEM WIEDEREINTRITTSFLUSS -
LEISTUNGSREAKTOREN MIT
AUTOMATISCHER LEISTUNGSREGELUNG

Von:-

R.L. Carstairs
B.H. Bickers
Atomic Power Constructions Limited,
Sutton, England.

Die konventionelle automatische Regelung der stationären Leistungshöhe in gasgekühlten Leistungsreaktoren dient zur Aufrechterhaltung einer konstanten Gasaustrittstemperatur. Das axiale Neutronenflussbild ist nicht geregelt, und seine räumliche Stabilität hängt von dem Ausgleich zwischen dem Neutronenverlust und den die Stabilität beeinflussenden Faktoren ab, z.B. den positiven Reaktivitätskoeffizienten und dem Xenon 135 Abbrand. Die räumliche Stabilität hängt ferner von den Regelungsvorrichtungen ab und wird sowohl von dem Grad der automatischen Regelstabdurchdringung als auch von dem Grad der Grobregelstabdurchdringung beeinflusst.

Für Reaktorkerne mit einem Kühlmitteldurchsatz in einer Richtung bestehen keinerlei Unklarheiten bezüglich der Auswirkungen der automatischen oder Grobregelstabdurchdringung auf das Neutronenflussbild. Die Wechselwirkungen zwischen den Parametern sind jedoch weit komplizierter für Wiedereintrittsflussysteme mit Kühlmitteldurchsatz in beiden Richtungen, und die räumliche Stabilität hängt, abgesehen von den bereits genannten Charakteristiken, auch von dem Verhältnis zwischen dem Wiedereintritts- zum Vorwärtsfluss und der Wärmeübertragung zwischen den Flussbahnen ab.

Eine Ausgleichslösung des Raumzeitvarianten verteilten Parametersystems hat sich für die Parametervermessungsarbeiten als zu schwerfällig erwiesen, obwohl diese für Informationszwecke wertvoll ist. Unsere Abhandlung erörtert eine Darstellung des Wiedereintrittsflussystems in vereinfachter Form, welche eine äußerst schnelle und wirtschaftliche Lösung gemäß den Iterationskurvenverfahren zulässt. Die Ergebnisse für einen typischen fortgeschrittenen gasgekühlten Leistungsreaktor werden angegeben, erörtert und mit den Ausgleichslösungen der verteilten Parameterdarstellungen verglichen, und diese weisen eine gute Übereinstimmung auf.

Mathematische Modelle des regeldynamischen Verhaltens dampf-beheizter Wärmeübertrager für dampf- und kondensatseitige Stellung

R. Isermann

Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen
Universität Stuttgart, Deutschland

Da Wärmeübertrager zur Klasse der Regelstrecken mit verteilten Parametern gehören, sind die Frequenzgänge transzendenten Funktionen, die zu kompliziert sind, um sie in der Praxis (z.B. Auslegung des Regelkreises, Simulation auf Analog- oder Digitalrechner) leicht anwenden zu können. Deshalb wurden für dampfbeheizte Wärmeübertrager vereinfachte mathematische Modelle entwickelt, die leicht zu handhaben sind und die das dynamische Verhalten mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit beschreiben.

Die mathematischen Modelle werden für zwei verschiedene Eingriffsart des Stellgliedes angegeben und verglichen. Bei der dampfseitigen Stellung beeinflußt das Stellglied den Dampfstrom und bei der kondensatseitigen Stellung beeinflußt das Stellglied den Kondensatstrom. Im Fall der dampfseitigen Stellung sind verschiedene mathematische Modelle notwendig, je nachdem das Druckgefälle am Stellventil überkritisch oder unterkritisch ist.

An einem als Beispiel gewählten Wärmeübertrager wird das Regelverhalten für beide Stellmöglichkeiten verglichen. Die kondensatseitige Stellung hat den Nachteil des wesentlich trügeren Stellverhaltens. Wenn die Änderungsgeschwindigkeiten der Störgrößen aber klein sind, dann kann auch mit der kondensatseitigen Stellung eine ausreichende Regelgüte erreicht werden. Bei großen Änderungsgeschwindigkeiten der Störgröße ist jedoch die dampfseitige Stellung vorzuziehen.

Das regeldynamische Verhalten der Wärmeübertrager wird auch in Abhängigkeit von der Last dargestellt und verglichen. Es wird gezeigt, daß für niedrige Lasten Gefahr der Instabilität des Regelkreises besteht. Messungen an einem Wärmeübertrager-Prüfstand bestätigen die theoretischen Untersuchungen.

THERMISCHE ÜBERGANGSFUNKTIONEN FÜR EINEN HOHLZYLINDER MIT WÄRMEERZEUGUNG

E. Cosimo, S. Petrarca

Das Problem der Erzeugung und der radialen Übertragung der Wärme in einem Hohlzylinder wird gelöst, unter der Annahme dass Wärme- Leitfähigkeit und Diffusionsvermögen konstant sind.

Die beiden Fälle werden berücksichtigt, indem die Flächen des Zylinders in Berührung mit metallischen Hülsen oder mit zwei Flüssigkeiten gebracht werden; im letzteren Falle wird die Abhängigkeit der Konvektionskoeffizienten von den Durchflüssen linearisiert

Durch die Laplace-Transformation werden die Übertragungsfunktionen aus den Umgebungstemperaturen, der Dichte thermischer Leistung und den Durchflüssen der beiden Flüssigkeiten bei der Zylinder-temperatur entnommen. Insbesondere werden die Übertragungsfunktionen für die mittlere Temperatur und die Oberfläche-Temperaturen des Zylinders angegeben; aus den sich ergebenden Formeln lässt sich aber die Temperatur an einer beliebigen Stelle des Zylinders entnehmen.

Die Untersuchung erfolgt auf Grund 3 adimensionaler Parameter:

$R = R_i/R_e$, Verhältnis zwischen den Radien

$H = h_i/h_e$, Verhältnis zwischen den Koeffizienten thermischen Austausches an den beiden Flächen des Zylinders

$M = R_e h_e / k$, Biot'sche Zahl für die äussere Fläche

und der Adimensionalvariable: $a = iR_e \sqrt{s/\alpha}$ (s = Laplace-Variable, α = Wärme-Diffusionsvermögen).

Die Entwicklungen der Übertragungsfunktionen werden in Heaviside-Serien angegeben, und damit wird die Möglichkeit ihrer Näherung mittels weniger Terme gezeigt.

Die Pole solcher Übertragungsfunktionen werden aus den Wurzeln der Gleichung

$$[HMJ_0(Ra) + aJ_1(Ra)] [MN_0(a) - aN_1(a)] - [HMN_0(Ra) + aN_1(Ra)] [MJ_0(a) - aJ_1(a)] = 0$$

(J_0 , J_1 , N_0 , N_1 = Zylinderfunktionen) entnommen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit kommen zur Anwendung bei Brennstoffstäbchen vieler Kernreaktoren, metallischen Röhren, die elektrisch oder induktiv aufgeheizt sind, Röhren der Wärmeaustauscher, Rohrleitungen für warme Flüssigkeiten. Sie können sowohl zur Untersuchung der thermischen Dynamik von gesamten Anlagen als auch zur Analyse der thermischen Beanspruchungen der einzelnen Bestandteile benutzt werden.

BESTIMMUNG DER DYNAMIK DER WÄRMEAUSTAUSCHER,
AUSGEHEND VON IHREN STRUKTURELLEN EIGENSCHAFTEN

G. D A V O U S T

Die Bestimmung eines Wärmeaustauschers für Störungen verschiedenem Ursprungs verlangt meistens sehr lange und schwierige Versuche, die auf der Einrichtung bei verschiedenartigen Arbeitsstufen durchgeführt werden müssen.

In der vorliegenden Betrachtung beruht diese Identifizierung auf der von Professor P R O T O S ausgearbeiteten theoretischen Methode. Im Falle der modernen Wärmekraftwerke ermöglicht diese Methode, die Funktionen der Übertragung, welche die Austrittstemperatur, eines Wärmeaustauschers mit nachstehenden drei hauptsächlichsten Eintrittsgrössen bindet, zu bestimmen: die Dampf-temperatur am Eintritt in den Austauscher, den Dampfverbrauch und die von Aussen einwirkenden thermischen Störungen. Diese Bestimmung ist äusserst leicht gemacht durch den ausschliesslichen Gebrauch von Rechentafeln und graphischen Darstellungen; sie führt zu Übertragungen von einfachen polynomischen Formen, in der Art von $\frac{K}{(1 + Tp)}^n$ oder $\frac{K' (1 + \alpha Tp)}{(1 + Tp) (1 + \beta Tp)}$

die sofort für die Einstellung von Regulierungsketten durch klassische Methoden anwendbar sind. Diese Rechentafeln und graphischen Darstellungen wurden für die französischen Wärmeabschnitte von 125, 250 und 600 MW angegeben. (Zyklus von 125 Bar - 545°C (-545 °C und 163 Bar - 565°C (-656°C). Ihre Anwendung ist lediglich durch die Kenntnis der strukturellen Eigenschaften des Wärmeaustauschers und seiner Arbeitsstufen bedingt.

Man kann also bei Planung eines neuen Kraftwerkes die geeignetsten Regulierungsketten für die Dampftemperatur im voraus bestimmen und bei einer bereits bestehenden Einrichtung die Arbeitsweise einer Kette verbessern, ohne den Betrieb des Kraftwerkes zu stören.

ZUR DYNAMIK DER WÄRMEÜBERTRAGUNG MITTELS GASEN DURCH ROHRLEITUNGEN
UND KANÄLE

Von

Herbert D. Eigner

c/o SGAE

Lenaugasse 10

A-1082 Wien, Austria

Man begegnet diesem Problem zum Beispiel bei einem Kühlkanal eines gasgekühlten Reaktors, wo entlang des Kanals Wärme zugeführt wird, oder bei der Wärmefortleitung eines Fernheizkraftwerkes, wo man die Leitungsrohre gegen Wärmeverluste isoliert annimmt. Ausgehend von den Erhaltungsgleichungen für Masse, Moment und Energie und der Zustandsgleichung für ideale Gase werden die stationären Gleichungen streng gelöst und die dynamischen Gleichungen werden linearisiert. Reibung und Schwerkraft werden nicht berücksichtigt. Die Wärmeleitung wird gegenüber der Wärmekonvektion vernachlässigt und weiters wird die spezifische Wärme des Gases bei konstantem Volumen als konstant angenommen. Außerdem nimmt die Rechnung an, daß Dichte, Geschwindigkeit, Druck und Temperatur des Gases in jedem Querschnitt des Kanals konstant sind. Näher wird auf den Fall konstanter Beheizung entlang des Kanals eingegangen.

DYNAMISCHES VERHALTEN VON KREUZSTROMWÄRMETAUSCHERN

Masami Masubuchi
Yokohama National University
Ohoka-Machi, Minamiku
Yokohama, Japan

Das dynamische Verhalten von Kreuzstromwärmetauschern, wobei beide Flüssigkeiten vermischt werden, eine Flüssigkeit vermischt wird und beide Flüssigkeiten unvermischt bleiben, wird analysiert.

Die beschreibenden Differentialgleichungen für diese drei Fälle werden formuliert und (da es sich um Systeme mit verteilten Parametern handelt) dimensionslos gemacht, die Übertragungsfunktionen für die Temperaturänderungen der zufließenden Flüssigkeit werden mittels Laplace-Transformation erhalten.

Die Ergebnisse werden an Hand von Frequenzgängen dargelegt, sowohl für den Fall, daß die Wandkapazitäten vernachlässigt werden, als auch für den Fall, daß die Wirkung der Wandkapazitäten vorherrscht.

Die numerischen Ergebnisse für dimensionslose Parameter werden miteinander verglichen.

SYSTEME MIT VERÄNDERLICHER STRUKTUR BEI PROBLEmen
DER IDENTIFIZIERUNG UND REGELUNG MEHRVARIABLER
REGELSTRECKEN

S.W.Emelianow, N.E.Kostyliewa, W.I.Utkin, Moskau, UdSSR

Betrachtet werden Bauprinzipien von Systemen mit veränderlicher Struktur zur Steuerung von Regelstrecken, die durch Differentialgleichungen der Form

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = A\bar{x} + B\bar{u}$$

beschrieben werden, wobei \bar{x} der Zustandsvektor des Systems, A eine Matrix mit den Elementen a_{ij} , die sich zeitlich ändern können, B eine Matrix mit konstanten Elementen und $\bar{u} = (u_1 \dots u_m)$ der Steuervektor ist.

Man wählt einen solchen Algorithmus der Strukturänderung aus, bei dem sich die Ordnung der Differentialgleichung der Bewegung schrittweise erniedrigt und mit dem die geforderten dynamischen Eigenschaften des Systems gewährleistet werden. Für diese Fälle wurden zusätzlich Identifizierungsschleifen eingeführt, die auf dem Prinzip der Systeme mit veränderlicher Struktur beruhen und gezeigt, daß bei Einhaltung bestimmter Bedingungen die Führungsgröße in diesen Schleifen mit den Parametern der Regelstrecke durch eine funktionale Abhängigkeit verknüpft ist.

Wählt man dementsprechend die Zahl und die Strukturen dieser Schleifen und mißt die Steuerung in ihnen, so kann man ein System von algebraischen Gleichungen erhalten, dessen Lösung alle unbekannten Parameter ergibt. Mit diesen Informationen wurden die erhaltenen Steueralgorithmen durch mehrdimensionale Regelstrecken realisiert.

STRUKTUREIGENSCHAFTEN DYNAMISCHER SYSTEME

M. Vukobratovic
R. S. Rutman

Das Verhältnis zwischen parametrischer Invarianz und Null-Empfindlichkeit wird bestimmt.

Darüber hinaus wird die topologische Formel für die Empfindlichkeit eines Systems, das durch ein lineares Signalflußbild beschrieben wird, gegeben.

Notwendige und hinreichende Bedingungen der Null-Empfindlichkeit werden in analytischer Form abgeleitet. Der Bericht enthält auch Algorithmen für die Synthese von invarianten Systemen zweiter und dritter Ordnung.

Das Verhältnis zwischen Null-Empfindlichkeit und Unbeobachtbarkeit wird untersucht, sowie auch die Regelbarkeitsbedingungen, die auf Störungen des Parametervektors beruhen.

Neue Entwicklungen in der T.C.F.-Methode für multivariable Regelungssysteme

Armando Phagoupé-
Engineer, Professor
Faculty of Chem. Engineering-Santa Fé
IMAF-University of Córdoba - Córdoba
Argentinia

Auf dem IFAC-Symposium über Mehrfachregelungssysteme in Düsseldorf, DEB, im Oktober 1968, wurde ein Artikel über die T.C.F.-Methode (Transfer Control Function) vorgelegt, die eine Weiterentwicklung der Matrizentheorie zur Anwendung auf lineare, zeitinvariable Systeme mit mehreren Variablen und Mehrfachregelkreisen darstellt.

Die Annäherung berücksichtigt eine Klasse von Strukturmatrizen mit einer Determinante Eins, die in einem $2n$ -dimensionalen Raum invariant ist und den Übergang von der Dimension $2n_1$ zu $2n_2$ für eine beliebige ganze Zahl n erlaubt.

Für $n = 1$ wurde die zweidimensionale T.C.F. definiert. Diese Funktion ist der Ausgangspunkt, mit deren Hilfe die Matrizen für beliebige andere Fälle in einfacher Weise aufgestellt werden können.

In diesem Artikel ist die Methode entsprechend den neuen Erkenntnissen weiterentwickelt worden. In der letzten Zeit wurde die ganze Aufmerksamkeit folgender Zielstellung gewidmet: Erzielung der geforderten Antwort des Systems bei einer adäquaten Verwendung der Steuervektoren, die zusammen mit den normalen Eingangsgrößen der Regelstrecke, die generell als Störgrößen betrachtet werden, auf das System einwirken.

Zum Schluß wird eine mögliche Anwendung bei einem Analog-Digital-Rechensystem skizziert.

ZUM PROBLEM DER SYNTHESE INVARIANTER SYSTEME

V.V. Velichenko

In der Arbeit wird das Problem der Synthese von Korrekturgliedern gelöst, die die Störinvarianz eines gegebenen Gütekriteriums für ein nichtlineares Ausgangsobjekt sichern. Es wird gezeigt, daß die Lösung des Syntheseproblems durch Vorhersage der ungestörten Bewegung des Systems erhalten wird und dann, wenn das vollständige Integral des ungestörten Systems vorliegt, in geschlossener Form bestimmt werden kann.

Die Lösungsmethode verwendet notwendige und gleichzeitig hinreichende Invarianzbedingungen, die in der Arbeit formuliert und auf Grund von Methoden der Theorie der optimalen Systeme und der in der Arbeit entwickelten Technik der großen Variationen eines Funktionalen erhalten werden.

In der Arbeit werden Beispiele für die Synthese von Korrekturgliedern angeführt.

OPTIMALE STEUERUNG EINER KLASSE VON PROZESSEN MIT VERTEILTN
PARAMETERN

F. E. Thau

Ein Gesetz der optimalen Steuerung wird von einer Klasse von Prozessen mit zufällig erregten und verteilten Parametern abgeleitet. Die für die angeführte Analyse eines zufällig erregten Diffusionsprozesses verwendeten Methoden eignen sich auch für die Prozesse höheren Rangs. Bei der Verwendung eines im vorangehenden Artikel abgeleiteten Operators sowie von Eigenschaften des verteilten Prozesses von Markov wird gezeigt, dass die Funktionen der Einschätzung und Steuerung voneinander getrennt werden können. Ein Zahlenbeispiel eines Diffusionsprozesses von den mit Rauschen beflüstigten Messwerten ist angeführt.

ÜBER BEDINGUNGEN FÜR DIE STEUERBARKEIT
BEI EINEM VERFOLGUNGSPROBLEM

N.A. Babakow, D.P. Kim
(Moskau)

Untersucht wird das Problem der räumlichen Verfolgung eines Punktes B durch den Punkt A unter den folgenden Bedingungen. Der verfolgte Punkt B bewegt sich geradlinig. Der verfolgende Punkt A hat eine Geschwindigkeit von konstantem Betrag. Als Steuerungen des Punktes A dienen betragsbeschränkte Winkelgeschwindigkeiten. Die Geschwindigkeit v_A des verfolgenden Punktes A ist kleiner als die Geschwindigkeit v_B des verfolgten Punktes B ($v_A \leq v_B$).

Aus den letzten Bedingungen ist zu ersehen, daß der Punkt A nicht bei allen Anfangsbedingungen eine gewisse E-Umgebung des Punktes B erreichen kann. Damit entsteht das Problem, - das in dieser Arbeit betrachtet wird -, Bedingungen für die Steuerbarkeit zu finden, d.h. Bedingungen, bei deren Erfüllung der Punkt A im Laufe des Verfolgungsvorgangs den Punkt B erreicht. Durch diese Bedingung wird im Raum der Anfangsbedingungen der Verfolgung ein Steuerbarkeitsgebiet abgegrenzt; deshalb läßt sich die betrachtete Aufgabe auch so formulieren, das Steuerbarkeitsgebiet im Raum der Anfangsbedingungen der Verfolgung zu bestimmen.

Gezeigt wird, daß die Steuerbarkeitsbedingung erfüllt ist, wenn die Extremwerte eines Funktionals gewissen Ungleichungen genügen. Um die Extremwerte des genannten Funktionals formalmäßig darzustellen, muß ein zweidimensionales (der Steuervektor des Punktes A hat zwei Komponenten) nichtlineares Problem der optimalen Steuerung gelöst werden. Damit führt das Ausgangsproblem, die Steuerbarkeitsbedingung zu bestimmen, auf ein Variationsproblem, genauer, auf ein Zwei- und Dreipunkt-Variationsproblem mit beweglichem rechtem Ende der Trajektorie. Dieses Variationsproblem wird mit Hilfe des Maximumprinzips von L.S. Pontrjagin gelöst. Im Ergebnis wird die Struktur der optimalen Steuerung gefunden und ein Schema zur Lösung des Ausgangsproblems angegeben.

DYNAMIK DER BEWEGUNG DER KOSMONAUTEN ZUM RAUM-
SCHIFF MIT HILFE EINER TRASSE UND PRINZIP DER
STEUERUNG DES RAUMSCHIFFES AUF GRUND DER THEORIE
DER SYSTEME MIT VERÄNDERLICHER STRUKTUR

W.N. Soschnikow, G.M. Ulanow
(Moskau)

Betrachtet werden Fragen ungeregelter Systeme und die Notwendigkeit einer Regelung, um eine bestimmte Güte des Rückkehrvorganges zu erreichen. Dann wird das Konstruktionsprinzip eines Regelungssystems vorgeschlagen, welches Eigenschaften der Systeme mit veränderlicher Struktur ausnutzt und das den in einem gewissen Sinne optimalen Rückkehrvorgang des Kosmonauten in das Raumschiff ermöglicht.

Für das verwendete Modell des Systems wurden die möglichen Gleichgewichtslagen untersucht, ihre Abhängigkeit von den Parametern und Anfangsbedingungen betrachtet und die Bifurkationswerte der Parameter bestimmt.

Im Umkreis der praktisch interessierenden Gleichgewichtslagen wurden linearisierte Gleichungen aufgestellt, die lineare Differentialgleichungen mit veränderlichen Koeffizienten der Fuchsschen Klasse darstellen. Die Eigenschaften der erhaltenen Gleichungen wurden mit Hilfe asymptotischer Darstellungen in der Umgebung der eigentlichen Punkte und mit Hilfe des Theorems von Sonin-Polya qualitativ im gesamten Zeitintervall untersucht. Durch Modellierung auf dem Digitalrechner wurde festgestellt, daß die Eigenschaften der nichtlinearen und der entwickelten linearen Gleichungen übereinstimmen.

Für eine quantitative Auswertung wurde eine asymptotische Lösung der linearen Gleichungen herbeigeführt. Durch Modellierung erhielt man eine Bewertungsmöglichkeit für die Genauigkeit der asymptotischen Lösung.

Anhand der erhaltenen Resultate wurden die dynamischen Besonderheiten des Rückkehrvorganges des Kosmonauten in das Raumschiff untersucht und die Bedingungen dafür bestimmt, daß der Rückkehrvorgang im ungeregelten System eine vorge-

schriebene Güte besitzt. Weil aber die erhaltenen Bedingungen praktisch nicht zu erfüllen sind, kann man auf eine Regelung nicht verzichten, wobei vom Gesichtspunkt der Realisierung aus eine Relaisregelung der Winkelbewegung des Raumschiffes am einfachsten ist.

Man erhält eine Näherungsgleichung, die das System der Rückkehrregelung beschreibt und in die der Parameter ein geht, der zwei Festwerte annimmt und sich beim Übergang einer Hyperfläche im Phasenraum des Systems sprungförmig ändert. In ähnlichen Systemen, die man als Systeme mit veränderlicher Struktur (SVS) bezeichnet hat, können sogenannte "gleitende" Zustände auftreten, bei denen man eine hohe Regelgüte erhält. Diese Idee wird zur Verwendung bei der Synthese von Systemen hoher Güte für die Rückkehr der Kosmonauten in das Raumschiff vorgeschlagen und durch die rationale Wahl der Hyperfläche zur Umschaltung des Motors, der die Winkelbewegung des Raumschiffes regelt, realisiert. Es wird die prinzipielle Möglichkeit der Synthese solcher Systeme aufgezeigt.

MESSUNG DER KRÄFTE UND MOMENTE VON EINER
SCHUBVEKTOR-KONTROLLIERTEN RAKETE AN EINEM
FÜNFTEILIGEN VERSUCHSSTAND

Ping Tcheng ⁺

James W. Moore ⁺⁺

Diese Abhandlung beschreibt Anlage und Analyse eines fünfteiligen Versuchsstandes für die Prüfung von Schubvektor-kontrollierten Systemen an Raketen mit ca. 3000 lb. Schubkraft. Die gegenwärtig in Verwendung befindlichen Vorrichtungen weisen eine mechanische Resonanz im Ausmaß von 15 bis 30 Hz. auf. Die Konstruktion unserer Vorrichtung zielte auf eine relativ schwache Resonanz ab, bis der Bereich von 100 Hz. erreicht ist. Ein Merkmal dieses Systems ist eine Reihe von flachen Öllagern, auf denen die Rakete ruht. Diese gestatten eine Thermalexpansion, die parallel zu ihrer Oberfläche verläuft, und sorgen für einen festen Stand sowie starke Dämpfung senkrecht auf die Lager. Präzise Frequenzuntersuchungen zeigen, dass die Lager als ausgezeichnete Filter ersten Grades operieren. Eine Digitalrechneruntersuchung unter Verwendung der Versuchswerte von den Lagern hat ein überaus gutes Verhalten auf 100 Hz. bewiesen.

⁺ Assistant Professor, Old Dominion College, Norfolk, Va., USA

⁺⁺ Professor für Maschinenbau, University of Virginia, Charlottesville, Va.

ZEIT-OPTIMALE STEUERUNG EINES NUKLEAREN RAKETENMOTORS MIT VER-
TEILTEN PARAMETERN UNTER BERUECKSICHTIGUNG VON WAERMESPANNUNGEN

von

Manfred Wittler, Mechanical Engineering Department

Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, N.Y. USA

und

C. N. Shen, Professor of Mechanical Engineering

Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, N.Y. USA

Die Temperatur von Reaktorkern und Antriebsmittel eines nuklearen Raketenmotors mit festen Brennstoffelementen ist durch zwei gekoppelte partielle Differentialgleichungen bestimmt. Diese haengen von der Verteilung der Waermeerzeugung und von der Durchflussmenge des Antriebsmittels ab, wobei letztere als Stellgroesse betrachtet wird. Die Waermespnnungen im Reaktorkern sind in Form eines Produktes von Stell- und Regelgroessen gegeben.

Die Loesung der beiden partiellen Differentialgleichungen fuer Reaktorkern Temperatur, Antriebsmittel Temperatur und fuer die Differenz zwischen beiden wird in Integralform gegeben. Diese Integralausdruecke werden zur Loesung der folgenden Minimal-Zeit Aufgabe benutzt: Das Steuerprogramm ist gesucht, welches die Durchflussmenge des Antriebsmittels von einer gegebenen Menge im Beharrungszustand zu einer festgelegten hoheren Durchflussmenge in der kuerzesten Zeit ueberfuehrt, ohne dabei eine bestimmte maximal zulaessige Waermespnnung im Reaktorkern zu ueberschreiten. Es wird gezeigt, dass dieses Problem gleichwertig zu einer Aufgabe mit fester Endzeit ist, welche die Minimierung eines Integralindexes erfordert; dabei treten eine Integralgleichung und eine integro-differentielle Ungleichung als Nebenbedingungen auf. Nach bestem Wissen der Autoren sind optimale Bedingungen fuer eine solche Aufgabe noch nicht in der Literatur vorhanden. Sie werden abgeleitet und benutzt, um die Minimal-Zeit Steuerung in geschlossener Form zu erhalten.

Ein Algorithmus fuer die numerische Ausfuehrung auf einem digitalen Rechner wird abgeleitet. Numerische Ergebnisse werden fuer verschiedene Verteilungen der Waermeerzeugung gegeben.

SYNTHESE VON DATENSYSTEMEN FÜR RAUMFAHRZEUGE

J.A. Ralph, H.J. Bellamy

Checkout Systems Development Department International Business Machines Corporation

Cape Canaveral Florida

Bis vor kurzem wurden On-line-Computersysteme gewöhnlich in einen vorhandenen Ablauf in "piggy-back"-Form eingefügt. Das heißt, das Regelungssystem, das ursprünglich keinen Rechner enthielt, blieb solange wirksam (ohne Produktion, oder mit einer anderen Beschränkung) bis das automatisierte System einen Off-line-Zustand erreicht hatte. Das Umschalten wurde an irgendeinen geeigneten Punkt durchgeführt, wobei das ursprüngliche Regelungssystem dem mit Rechner versehenen System als Orientierung diente. Heute muß, folgt man dem allgemeinen Entwicklungstrend für automatisierte Regelungssysteme, das mit Rechnern versehene (und nun ursprüngliche) Prozeßregelungs- oder "Checkout"-System (das als Prozeßregelung mit offenen Kreis betrachtet werden kann) gleichzeitig mit den Prozeß- und Instrumentierungssystemen entwickelt werden.

Die Einrichtung für die Synthese von Datensystemen für Raumfahrzeuge (Space Vehicle Data System Synthesizer - SVDSS) hat die Aufgabe, das Problem der unabhängigen Programmüberprüfung durch realistische Simulierung des zu regelnden (oder zu überwachenden) Systems und der zu diesem System gehörenden, mit Instrumenten versehenen, analogen oder diskreten Ausgänge zu lösen, bevor das wirkliche System existiert. Es werden Datenströme erzeugt, die Kopien der Datenströme darstellen, die von dem für den betrieblichen Einsatz vorsehenen System erwartet werden.

Wenn man ein System für "Checkout"- oder Prozeßregelung betrachtet, verlagert sich das Gewicht von der genauen Verkörperung der physikalischen Elemente auf die genaue Verkörperung der Regelungs- und Prüfelemente des Systems. Für diese Art von Systemen ist eine Sprache von hohem Niveau erforderlich, die Eigenschaften der Standard-Digital-Analog-Simulationssprachen in Verbindung mit weiträumiger dis-

kreter (logisch variabler) Handlungsfähigkeit sowie Verbindungen vom Operator zum mathematischen Modell besitzen und eine "Formierung" der Daten ermöglichen muß. Durch Kombination dieser Eigenschaften mit einer grundlegenden Digital-Analog-Simulations-sprache stellt die Daten-Synthetisereinrichtung ein Werkzeug zur Entwicklung und Prüfung von "Checkout"- und Prozeßregelungssystemen dar, bevor das eigentliche System existiert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Einrichtung für die Synthese von Datensystemen für Raumfahrzeuge, ein Software-System, das anfänglich für Raumfahrzeugsysteme entwickelt und auf diese angewendet wurde, auch potentielle Anwendungsmöglichkeiten auf anderen Gebieten der wissenschaftlichen Forschungstätigkeit besitzt. Andere Gebiete werden erforscht. Zwei Beispiele werden angeführt, andere werden untersucht werden.

SUBOPTIMALE REGELUNG VON SYSTEMEN 2. ORDNUNG MIT ZEITABHÄNGIGEN KOEFFIZIENTEN

Joachim Lückel

Wiss. Assistent, Dipl.-Ing.

Institut B für Mechanik, Technische Hochschule München

8000 München 2 / Deutschland

Betrachtet werden Systeme 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten. Gesucht ist die Steuerung u ($|u| \leq u_0$), die das System von einer gegebenen Anfangslage aus so steuert, daß das Integral $J = \int x^T Q x dt$ zu einem Minimum gemacht wird. Für zwei Fälle von Randbedingungen werden die Schaltkurven in der Phasenebene durch Rückwärtsrechnen punktweise bestimmt.

Man erhält im 1. Fall Kurven, die sich sehr gut durch Geraden annähern lassen. Die Steigung und Versetzung der Geraden sind Funktionen der Koeffizienten des Differentialgleichungssystems. Außerdem kann man zeigen, daß bei singulärer Steuerung im Nullpunkt der Phasenebene ein Sattelpunkt entsteht.

Als Übergang von der optimalen Steuerung zur suboptimalen Regelung wurde ein Regler mit zwei Bereichen von Steuerfunktionen entwickelt. Die Wirkung dieses Reglers wird am Beispiel des gedämpften Schwingers gezeigt. Der so entstandene Regler lässt sich mit wenigen Änderungen auch für ein System 2. Ordnung mit zeitabhängigen Koeffizienten anwenden. Sind die Koeffizienten des Systems z.B. periodische Funktionen, so lässt sich für jede Kombination die entsprechende Schaltgerade berechnen. Man erhält dann für den Regler Schaltgeraden, deren Kenngrößen bekannte Funktionen der Zeit sind. Außerdem existieren, genau wie im Fall mit konstanten Koeffizienten, singuläre, extreme Trajektorien.

Als Beispiel wird die Regelung der Nickbewegung eines Satelliten gezeigt. Der Satellit bewegt sich dabei auf einer elliptischen Bahn im Gravitationsfeld der Erde.

DYNAMISCHES VERHALTEN EINES LINEAREN SCHWELLWERT-ELEMENTS MIT
SELBSTEINSTELLENDEM GEWICHT

I. Morishita

Department of Mathematical Engineering and Instrumentation Physics
University of Tokyo
Tokyo, Japan

Die Arbeit stellt ein lineares Schwellwert-Element vor, in dem sich jedes Gewicht automatisch nach einer bestimmten Wachstumsregel ändert. Die Analyse seines dynamischen Verhaltens wird zusammen mit einigen Simulationsergebnissen beschrieben. Auch mögliche Anwendungen des Elements werden diskutiert.

Das Element ist im Grunde genommen ein Summierglied. Seine Ausgangsgröße $y(t)$ ist die gewichtete Summe seiner Eingangsgrößen $x_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, N$.

$$y(t) = \sum_{i=1}^N w_i(t)x_i(t)$$

Die Eingangsgrößen werden als Signal mit dem Mittelwert Null angenommen und nicht auf binäre Signale beschränkt. Die Gewichte $w_i(t)$ werden automatisch gemäß der Differentialgleichungen

$$T \frac{dw_i(t)}{dt} + w_i(t) = a x_i(t) \operatorname{sgn}[y(t)], \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

eingestellt. Es ist zu beachten, daß die Schwellwertfunktion nur zur Einstellung der Gewichte verwendet wird, die Ausgangsgröße ist die gewichtete Summe selbst.

Eine eingehende Untersuchung der Lösungen der oben angeführten Gleichungen zeigt, daß das Element die Eigenschaft hat, die Eingangsgrößen in ein "Spektrum" oder eine Familie von orthogonalen Komponenten zu verlegen, und daraus die Komponente mit der größten Mächtigkeit für die Ausgangsgröße herauszugreifen. Diese Eigenschaft befähigt es eine Vielzahl von Aufgaben der Informationsverarbeitung durchzuführen, z.B. Mehrheitslogik, Datenspeicherung, Zeichentrennung und Signalfilterung. Diese theoretischen Ergebnisse werden durch einige Nachbildungsexperimente auf einem Analogrechner bestätigt.

EIN ANPASSUNGSFÄHIGER AUTOMATIONSSCHALTER FÜR DISKRETE ZEIT-
VERFAHREN NACH MARKOV

J.S. Riordon

Die Errechnung eines optimalen Rückführungsreglers, der für ein nichtlineares stochastisches System charakteristisch ist, kann durch die Verwendung eines stochastischen Automaten als Systemmodell erleichtert werden. Ein besonders interessantes Problem ist ein stationäres Markov-Verfahren von langer Dauer, in dem der Zustand zwar beobachtbar ist, aber die Dynamik und die Störungskennlinien des Verfahrens zunächst unbekannt sind. Die Bestimmung eines geeigneten Regelungsalgorithmus in der Form eines adaptiven Automaten in der Rückkoppelungsschleife wird in dieser Abhandlung für ein solches Verfahren betrachtet.

Da der Algorithmus direkt zur gleichzeitigen Ausführung der Abschätzungs- und Regelungsfunktionen angewandt werden soll, muss er eine wirksame, konvergierende, mehrstufige Doppelregelungsstrategie darstellen. Es wird gezeigt, dass eine bestehende Methode für die Doppelregelung von wiederholenden, einstufigen, stochastischen Verfahren zur Anwendung auf den vorliegenden Fall erweitert werden kann. Es wird eine Methode zur rekursiven Berechnung von aufeinanderfolgenden Abschätzungen der optimalen Rückführfunktion eingeführt, sodass die Aufgabe, die abgeschätzte optimale Rückführfunktion auf dem laufenden zu halten möglich wird. Die Anwendung des automatischen Reglers wird durch die simulierte adaptive Regelung eines nichtlinearen, bedingt beständigen Wärmebehandlungsverfahrens erläutert, das durch Geräusch, welches vom Zustand des Systems abhängt, gestört wird.

EIN DIGITALREGLER FÜR VERARBEITUNGSA NLAGEN MIT
ANPASSUNGSVERHALTEN

A.L. Jones, B.Sc., Ph.D., D.P. McLeod, B.Sc. (Eng.).

ELLIOT PROCESS AUTOMATION LIMITED,
BOREHAMWOOD, HERTFORDSHIRE, ENGLAND

Seit langem ist man vielfach der Meinung, daß die Entwicklung und der Einsatz von d.d.c. zu eng an die klassische Theorie linearer Steuerung angelehnt wurde. In fast allen Fällen werden bei der Computerregelung standardisierte zwei oder dreiwertige Algorithmen verwendet, die die digitalen Gegenstücke ihrer zugehörigen Analogwerte darstellen. Erst in der letzten Zeit wurde die "z" Transformationstheorie verwendet, die moderne Theorien auf die Regelung großer Anlagen überträgt.

Die Schwierigkeit dabei ist, daß die Dynamik der Anlage präzis definiert werden muß und außerdem müssen wechselnde Bearbeitungsbedingungen berücksichtigt werden.

Ein/Aus-Regelung ist bekannt dafür, daß sie gegenüber Verfahrensänderung weitgehendst unempfindlich ist. Bei den im vorliegenden Bericht beschriebenen Arbeiten wurde ein Digitalrechner zur Durchführung dieser Art der Regelung verwendet. In zahlreichen industriellen Einsatzzwecken ist es möglich, den Ein- Aus- Modus eines Ventils mit einer so hohen Frequenz zu wählen, daß die Anlage wie ein Filter bei der Probefrequenz wirkt.

Lineare Schaltketten wurden so in der Phasenebene gewählt, daß das mittlere Ansprechen selbst unter ungünstigsten Änderungsbedingungen immer noch näherungsweise dem gewünschten Zustand entlang der gleichen Exponentialkurve erfolgt. Fälle bis herauf zum 2. Grad wurden untersucht, einschließlich der Simulation von potentiell instabilen chemischen Reaktoren und in allen Fällen wurden stabile Verhältnisse erzielt. Anfahren und Abschalten von Anlagen können durchgeführt werden, da große Fehler keine besonderen Probleme aufwerfen.

Die Wahl der Reglerkoeffizienten ist einfach und nur die Wahl der Frequenzen unter Berücksichtigung der Zeitkonstanten der Anlage muß mit Sorgfalt erfolgen, damit die Eingriffzeit dem System die Möglichkeit gibt, sich einzupendeln.

LEICHT REALISIERBARES VERFAHREN ZUR SCHNELLEN ADAPTION VON
REGLERN IN DER ANTRIEBSTECHNIK

W. Speth, Siemens AG
Erlangen, Deutschland

Es wird ein Verfahren beschrieben zur selbsttätigen Anpassung der Reglerverstärkung an die Regelstrecke und gleichzeitig auch an den Frequenzbereich des Eingangssignals.

Ein besonders einfacher Spezialfall des Verfahrens ist die logarithmische Regelung, die jedoch nur für eine begrenzte Klasse von Strecken verwendet werden kann.

An zwei Beispielen aus der Antriebstechnik wird die Anwendung des Verfahrens gezeigt.

Über selbstregulierende Messsysteme der wirklichen Temperatur im optischen Wellenbereich.

D.J. Swiet Moskau.

Die Unvollkommenheit des Gleichungssystems der Verteilung der Spektralenergiedichte, welche bei unbekannter Strahlungsfähigkeit ausgestrahlt ist, erlaubt nicht die Durchführung einer automatischen Kontrolle der wirklichen Temperatur.

Die untersuchten Methoden der nichtlinearen Umwandlung der Spektrumskomponentensignale der Planckschen Strahlung erlauben die Ausnutzung des Informationsüberschusses zur Ausarbeitung eines Programms, das zur Selbstregulierung des automatischen Messsystems verwendet werden konnte.

Die Anwendung der erforschten Methode in der Form von automatisch selbstkorrigierenden Systemen ermöglicht bei einem kontinuierlichen Strahlungsspektrum, diese gestellte Aufgabe mit Hilfe ganz einfacher technischen Mittel zu lösen. Damit wurde die Perspektive der automatischen Kontrolle für manche Plasmaarten geschaffen.

ADAPTIV-REGELUNGSSYSTEM FÜR TEMPERATUR- ODER FEUCHTIGKEIT IN DER KLIMATECHNIK

Dr Ing. Zdzisław Barski
Institut für Wärmetechnik
Łódź - Polen

Theoretische und experimentelle Untersuchungen von regel-dynamischen Eigenschaften der industriellen Klimaanlagen haben gezeigt, dass äussere Störgrössen, wie z.B. Aenderungen der Aussen-temperatur ψ_z , einen Einfluss auf die dynamischen Kennwerte dieser Anlagen ausüben. Das betrifft besonders des Verhältnisses von Tctzeit zur Anlaufzeit T_0/T . Auf dieser Grundlage und bei Annahme der Aehnlichkeit der im Aufsatz untersuchten und besprochenen Kennlinie $T_0/T = f/\psi_z$ zu allem anderen Fällen - wird vorgeschlagen die anpassungsfähigen Temperatur - und Feuchtigkeitsregelkreise zur Automatisierung von offenen Adaptiv-Regelstrecken anzuwenden. In diesen Regelkreisen werden die Reglerkennwerte den aktuellen dynamischen Eigenschaften der Regelstrecke angepasst.

Als Beispiel zur Analyse und Festlegung von Adaptationsbedingungen wurde ein Temperatur - und Feuchtigkeitsregler angenommen, der vom Verfasser für Eisenbahn, Schiffahrt und Industrie bearbeit wurde. Es wurde gezeigt, dass der Verstärkungsfaktor dieses Reglers K_p^* eine Funktion der Aussen-temperatur ist. Es wurden auch die Bedingungen angegeben, bei welchen seine selbsttätige Anpassung zu wechselnden Eigenschaften der Regelstrecke vorkommt, wobei diese Anpassung und ihr Bereich mit optimaler Auslegung des P, PI oder PID-Reglers nach Kriterium des aperiodischen Vorganges bei minimaler Regelzeit t_p , zusammenfällt.

Im Referat wurde das Zusammenwirken des Reglers mit einem sowie mit mehreren Kontaktthermometern oder Hygrometern untersucht. Es wurde gezeigt, dass die Anwendung von mehreren Massführlern einerseits die Bildung der mittleren Messwerte und andererseits die nichtlineare, progressiv anwachsende Beziehung des Verstärkungsfaktors K_p^* von der Regelabweichung U^* ermöglicht. Diese Beziehung wirkt stabilisierend auf die Arbeit des Regelkreises im grossen Störbereich.

Statistische Synthese der automatischen Optimierungssysteme
für Stoffaustauschanlagen.

W.I. Iwanenko, D.W. Karatschenez, Kiew.

Eine Darlegung über die Lösung der statistischen Synthese der automatischen Optimierungssysteme /AOS/ für Stoffaustauschanlagen mit Anwendung der statistischen Theorie. Für geschlossene AOS wurden manche Ergebnisse der Dualgleichungstheorie von A. Feldbaum angewendet.

Es wurden zwei typische Stoffaustauschanlagen untersucht: Eine Entbenzolierungsrektifizierkolonne ohne Entnahme der Zwischenprodukte und eine Destillierkolonne.

Die Wirksamkeit des Prozesses in der Entbenzolierungsrektifizierkolonne wird durch den Kostenaufwand pro Zeiteinheit geschätzt.

$$W = \alpha_L \cdot L + \alpha_d (1 - X_d)$$

bei erfüllter Bedingung: $X_w \leq X_w^*$

X_w^* = konstant, L = Phlegmaverbrauch, X_d, X_w - die Benzolkonzentrationen im Destillat und im Kolonnenvolumen. Es wird auch die Wirksamkeitskennziffer des Prozesses in der Destillierkolonne bestimmt.

Als Stellgröße für die Rektifizierkolonne wurden die Temperaturregelungssollwerte der "Kontrollteller" der ausschöpfenden und stärkenden Sektionen gewählt. Der Verbrauch des nach unten in der Kolonne gelieferten Dampfes bildet die Stellgröße der Destillierkolonne. In beiden Fällen werden hauptsächlich die Speisungszusammensetzung - und Verbrauch erzwungen. Änderungen der Speisungszusammensetzung im Zeitablauf bilden einen numerischen Markowskiprozess. Es wurden

mathematische Kolonnenmodelle angewendet, welche die Abhängigkeit der Wirksamkeitskennziffern von den Stellgrössen und erzwingenden Faktoren bestimmen.

Die Ergebnisse wurden zum Strukturschemebau der AOS benutzt: des Rückführungssystems für Destillierkolonne und des Systems mit Erzwingungskompesierung für Rektifizierkolonne.

Es wurden Qualitätsmasse der AOS angenommen. Die Systemsynthese mit Erzwingungskompensierung wird durch Minimalisierung des spezifischen Risiko abgeleitet, welches die mathematische Erwartung der Prozesseffektivität darstellt. Zur Begrenzungsberechnung $X_w \leq X_w^*$ wurden sowohl stufenartige wie ununterbrochene "Straffunktionen" angewendet.

Für das geschlossene System hat man die Bellmannsfunktiongleichungen des Risiko bekommen. Es wurde die optimale und suboptimale Synthese der AOS untersucht. Die Asympotik der Steuerungsprozesse im System wurde geprüft. Für die Synthese des geschlossenen suboptimalen AOS in welcher aktive Informationsansammlung vorkommt, wurde ein Algorithmus vorgeschlagen welcher kein dynamisches Programmieren benötigt.

Das Modellieren der synthetisierten AOS wurde mittels einer EZRM durchgeführt und die qualitative Bewertung der ökonomischen Effektivität erzielt.

Es wurde die Verallgemeinerungsmöglichkeit der statistischen Synthese der AOS auf andere Arten der Stoffaustauschanlagen aufgezeigt. Es wurde auch ein Fall untersucht, wo die Aufgabe der automatischen Optimalisierung des Stoffaus-

tauschprozesses praktisch entartet war. Dabei wird der Bau einer speziellen Optimisierungsanlage entbehrlich und man kann das Steuerungssystem wesentlich vereinfachen.

Eine Lösung der Synthese des AOS einer Rektifizierkolonne angewendet für eine Entbenzolierungskolonne im Chemischen Kombinat im Dneprodserschinsk ist gegeben. Die Ergebnisse wurden bei der Ausarbeitung und Einführung des Systems im Betrieb ausgenutzt.

STEUERUNG EINES PERIODISCHEN DESTILLATIONSPROZESSES

Harold L. Wade, Carl H. Jones und Terrence B. Rooney

FORSCHUNGINGENIEURE DER FOXBORO COMPANY

FOXBORO, MASSACHUSETTE

Lawrence B. Evans

MASACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Ein Nachbildungsstudium eines periodischen Destillationsprozesses mit Hilfe eines Digitalrechners gibt Einsicht in Steuerungsprobleme welche mit zyklischen Prozessen verbunden sind. Ein mathematisches Modell zeigt die versuchlich festgelegte hydrodynamische Charakteristik des Prozesses in der Zeitspanne eines Zyklus.

Aus den untersuchten Systemen ist die Anordnung, in welcher die Kochanlage und der Kühler während des Flüssigkeitsdurchflusses von der Destillationskolonne rämlich getrennt sind, am stabilsten.

Es wird die Schlufffolgerung vorgelegt, daß die Regelung des Flüssigkeitsniveaus auf den Kolonnenboden notwendig ist, um eine zufriedenstellende Arbeit der periodischen Destillation zu sichern.

GRENZWERTSTEUERUNG BEI DESTILLATIONSKOLONNEN

von

A. Maarleveld und J.E. Rijnsdorp
Koninklijke/Shell-Laboratorium, Amsterdam
(Shell Research N.V.)

Beim Entwerfen einer Destillationskolonne nimmt man wenig günstigere Bedingungen an als durchschnittlich während des Betriebs vorherrschen. Zum Beispiel wählt man den Kühler so gross, dass selbst bei heissem Kühlwasser oder wenn die Rohre Schmutz und Kesselstein enthalten der berechnete Durchsatz noch gewährleistet wird. Meistens aber sind die Betriebsbedingungen in der Praxis nicht so streng und hat der Kühler daher einen Kapazitätsüberschuss. Durch Benutzung dieses Überschusses kann man die Kolonne unter einem niedrigeren Druck betreiben. Mit abnehmender Druck steigt die relative Flüchtigkeit der Bestandteile der meisten Kohlenwasserstoffgemische, und somit ist die Trennung dann leichter durchzuführen. Das bedeutet, dass weniger Rückfluss und daher weniger Aufwärmung erforderlich ist, um normgerechte Produkte zu erhalten. Ausserdem fällt die Bodenbelastung bei Verminderung der Durchflussmengen ab, woraus sich die Möglichkeit ergibt, den Reinheitsgrad und die Ausbeute der Produkte sowie auch gegebenenfalls den Durchsatz zu erhöhen. In diesem Zusammenhang bildet die Verteilung der Wärme über den Aufwärmer und den Vorwärmer einen weiteren Freiheitsgrad.

Es wird über Regelsystemen berichtet, welche eine Kolonne automatisch unter den optimalen Bedingungen arbeiten lassen. Diese Bedingungen wechseln in Abhängigkeit vom Durchsatz der Kolonne, von der Kühlwassertemperatur usw. Zur Erläuterung werden die Grenzwertdiagramme und ein Grenzwertsteuerungssystem für eine Entisopentanisierkolonne herangezogen. Das Steuerungssystem ist nicht sehr kompliziert und lässt sich mit den üblichen Hilfsmitteln verwirklichen.

OPTIMALE RELAISSTEUERUNG DER ZWEIGLIED-DISTILLATINS -
KOLONNE

F. De Lorenzo - G. Guardabassi - A. Locatelli - V. Nicolò -
S. Rinaldi

Es wird vorgeschlagen für eine bessere Führung der Kolonnen den Rückfluss periodisch zu variieren. Es wird eine bang-bang Führung der zwei Komponenten Distillation untersucht, um den kleinsten Durchschnittsrückfluss für die geforderte Konzentration des Distillationsproduktes zu erreichen. Das Optimisationsproblem besteht in der Wahl von zwei Rückflusswerten und von dem Zeitintervall in welchem sie angewandt werden. Es werden einige allgemeine Eigenschaften eines solchen Problemes veranschaulicht durch welche die Aufgabe das Optimum in einen vierdimensionalen Raum zu finden, auf das Optimum in einem zweidimensionalen Raum herabgesetzt wird. Die Diskussion eines Sonderfalles und einige konklusive Betrachtungen befinden sich am Ende der Arbeit.

PREDIKTIVE ZAHLENSTEUERUNG UND REAKTIONSSTEUERUNG EINER
INDUSTRIELEN DISTILLATIONSANLAGE

G. BORNARD, Laboratoire d'Automatique, Grenoble
G. DUCHATEL, Société Naphtachimie, Lavera
J.L. MELENNEC, Laboratoire d'Automatique, Grenoble
B. SEMPE, Société Télémécanique, Crolles

Wir unterbreiten ein theoretisches und experimentales Studium der Steuerung, mit Einsatz eines Echtzeitrechners /"temps réel"/, einer Superfraktionierkolonne, deren manuelle Steuerung sich bis jetzt als sehr schwierig erwies. Die Aufgabe der Steuerung besteht in der Gewährleistung einer sehr ausgeglichenen Produktionsqualität, insbesondere bei Übergangsarbeitsbedingungen sowie in der Optimierung der statischen Arbeitsweise der Anlage /wirtschaftliches Kriterium/. Ein statisches und ein dynamisches Modell wurden auf Grund eines theoretischen Studiums sowie eines Satzes von experimentalen Testen ermittelt, was eine hohe Präzision, bei verhältnismässig beschränkter Versuchszahl, zu erzielen erlaubt. Diese Modelle wurden dem Speicher des Steuerungsrechners zugeführt. Weiterhin wurde eine dynamische Steuerung mit offenem Kreis entwickelt, die sich die aus dem Modell a priori ergebenden Kenntnisse des Prozesses auszuwerten erlaubt. Dieser dynamischen Steuerung wird eine Reaktionssteuerung aufgelegt um die unmessbaren und die sich aus den Modellunsicherheiten ergebenden Störungen zu kompensieren. Diese Steuerungsstruktur trägt zur besten Auswertung von vorhandenen Informationen bei und erweist sich als für die statische Optimierung sehr geeignet. Die Anwendung und die quantitativen Ergebnisse sind angeführt. Die erzielten Resultate sind sehr zufriedenstellend, da die Stabilität von Arbeitssystemen erlaubte die maximale Produktion von 95% auf 110% der Nominalleistung heraufzusetzen.

Das mathematische Modell und die Optimierung der Polykondensationsprozesse von Phenolformaldehydharzen.

E.G.Dudnikow, G.P.Mairow, P.S.Iwanow, Moskau.

Es wurde der Polykondensationsprozess der Phenolformaldehydharze untersucht, welcher auf der schnellen Entziehung des Harzes aus der Reaktionszone im Lauf seiner Bildung beruht.

Der Polykondensationsprozess im kontinuierlich arbeitenden Mehrsektionenreaktor verläuft in der Anwesenheit von Katalysatoren /Salzsäure/ unter dem atmosphärischen Druck und bei dem Reaktionsmischungspunkt /100° C/. Die Besonderheit dieses Prozesses beruht auf der beträchtlichen Extraktion des Phenols und Formaldehyds durch das Harz. Man hat folgende Gleichungen erhalten :

$$\frac{A_{n-1}}{Z_n} = 1,14 \cdot A_n^{0,16} \cdot B_n^{0,6}; \quad \frac{B_{n-1}}{Z_n} = 1,69 \cdot A_n^{0,4} \cdot B_n^{1,36}$$

wobei $Z_n = \bar{C}_n \cdot D_n$; A, B, D - entsprechende Konzentrationen des Phenols, Formaldehyds, Katalysators; \bar{C} - durchschnittliche Verbleibungszeit, n - Sektionsnummer.

Die Zähligkeit stellt ein wichtiges Parameter der Harzqualitätscharakteristik dar. Die Abhängigkeit der Zähligkeit des Harzes vom Hauptparameter des Prozesses in "n"-er Sektion wurde als eine Regressionsgleichung ermittelt. Auf Grund der Gleichungen und unter Berücksichtigung der Zähligkeitsbegrenzung, wurde die Verteilung des gelieferten Katalysators und die durchschnittliche Verbleibungszeit für

einen Dreisektionenreaktor mit vollständiger Mischung gefunden. Bei gegebenen Anfangskonzentrationsgrößen des Phenols und Formaldehyds minimalisieren sie ihre Konzentration am Reaktorausgang. Dabei wurde die Aufgabe der optimalen Verteilung Z_n mittels dynamischer Programmierungsmethode gelöst. Die durchschnittliche Verbleibungszeit und Verteilung des Katalysators wurde so gewählt, das ihr Produkt dem optimalen Wert Z_n gleich wäre.

Es ist bemerkenswert, das für einer Reihe chemischer Prozesse, beideren die Geschwindigkeitskonstante der chemischen Reaktion der Katalysatorenkonzentration $/K = K_0 D_n/$, proportional ist, die Optimierung der Verteilung Z_n notwendig ist.

Die Aufgabe der Optimierung der Verteilung der Verbleibungs-durchschnittszeit in diesen Prozessen /das Volumen bei gegebener Leistungsfähigkeit/ ist sinnlos, denn meistens ist es vorteilhafter Reaktoren mit gleichen Volumen zu bauen, und mittels entsprechender Katalysatorenspisung das Extremum der Gewinnfunktion zu erzielen.

Auch die Aufgabe der Sektionenzahloptimierung wurde mit Hilfe der dynamischen Programmierungsmethode gelöst wobei die Aufwände der größeren Reaktorvolumen berücksichtigt wurden.

OPTIMALE REGELUNG EINES WIRBELSCHICHTKRACKUNGVERFAHRENS

L.A. Gould, L.B. Evans und H. Kurihara

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, U.S.A.

Eine Untersuchung der Anwendungsmöglichkeit der Optimalsteuerungstheorie für den Entwurf Steuerungssysteme für nichtlineare chemische Prozesse mit vielen Veränderlichen. Ein hypothetisches Wirbelschichtkrackungverfahren wurde als ein typischer Repräsentant eines solchen chemischen Prozesses gewählt und zur Prüfung und Auswertung der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten des Problems ausgenützt.

Mathematische Modelle welche das dynamische Verhalten des Prozesses beschreiben, wurden aus der Wärme- und Stoffbilanz im unstabilen Zustand des Reaktionsgefäßes und des Regenerators entwickelt. Die Modelle verwenden halbempirische Gleichungen um die Kinetik des Krackung- und Kohleverbrennungsprozesses zu beschreiben. Die dynamischen Modellen wurden ausgenützt um den Prozeß mit Hilfe eines Digitalrechners nachzubilden. Die Nachbildung vorhersagte die meisten der wichtigen dynamischen Charakteristiken, welche in den Industriellen Anlagen auftreten.

Eine neue Methode des Regelungssystemenwurfes für hochnichtlineare chemische Prozesse mit vielen Veränderlichen, welche auf der Theorie der optimalen Rückführungsteuerung beruht, wurde für das Projekt eines Regelungssystems für den hypothetischen Wirbelschichtkrackenprozeß verwendet. In der erhaltenen Rückführungsteuerungformel ist die Regeneratortemperatur durch die Luftmenge geregelt, während das Sauerstoffniveau durch die Katalysatormenge geregelt wird.

ANALYSE UND ENTWICKLUNG DER REGELSYSTEME EINES 200 MW
BLOCKKRAFTWERKES MIT HILFE EINER ANALOGEN UND DIGITALEN
SIMULIERANLAGE

DUDA Miroslaw

PLUCINSKA-KLAWE Małgorzata

RAKOWSKI Janusz

WAGLowski Stanislaw

Institut für Energetik,
Warszawa, Polen

Im Bericht wird ein Versuch der Analyse und Entwicklung von Regelsystemen eines 200 MW Blockkraftwerkes mit Hilfe einer Simulieranlage beschrieben. Es handelt sich um einen Naturumlaufkessel 650 t/h, 138 at, 540/540°C mit Kohlenfeuerung.

Das komplexe dynamische Kesselmodell wurde linearisiert für die Verhältnisse im Bereich der Vollast, wodurch man ein Modell für kleine Schwingungen entsprechend den Anforderungen für die Regelstreckenuntersuchung erhalten hat.

Man hat folgende Regelstrecken untersucht:

- a/Dampfdruck-Regelkreis mit einem PI oder PID Regler welscher erstens nur durch die Druckabweichung und dann zusätzlich durch Dampfdurchfluss, Stellung des Turbineneinlassventils oder Trommeldruck /D-Störgrössenaufschaltung/ beeinflusst wird;
- b/Überhitzertemperatur-Regelkreise, welche vier Einspritzdübler enthalten, wobei die Regelung einfach oder in Kaskadeschaltung erfolgt u.zw. abhängig vom Dampfdurchfluss, Brennstoffmenge oder von der Stellung des Turbineneinlassventils;
- c/Zwischenüberhitzungs-Regelkreis mit Rauchgasregeiklappen oder Wassereinspritz, wobei eine Neuigkeit im Steuerungsprinzip ausgenutzt wurde.

Die Regelkreise a/ und b/ wurden an einem Analogmodell und der Regelkreis c/ mit Hilfe einer digitalen Simulierung untersucht.

DIE OPTIMALE KESSELSTEUERUNG

H. ALPER, Société C.I.I. /ANALAC/, 78 LOUVECIENNES
J.F. LE CORBE, E.N.S.M., 44 NANTES
R. MEZECEV, E.N.S.M., 44 NANTES
Y. THOMAS, E.N.S.M., 44 NANTES

Die vorliegende Arbeit bezweckte die Prüfung und Entwicklung einer optimalen Steuerung des Dampfdruckes eines Kessels. Die Klassische Steuerung wurde mit derjenigen nach dem Maximumprinzip von Pontryagin ersetzt, bei der Heranziehung des quadratischen Kriteriums und eines für das Verfahren sehr vereinfachten Modells. Die Berechnungen einerseits und die simulierten und reellen Versuche andererseits, unter der Einwirkung einer Störung - in dem vorliegenden Fall ein vorausgesetzter Dampfsprung in beliebigem Moment, lieferten übereinstimmende Ergebnisse. Insbesondere für dieses nicht autonomes Problem, die berechneten und gemessenen Werte des Hamiltonians stimmen ausgezeichnet überein und in einigen Fällen führt die Kontrolle zu einer vorhersagenden Kontrolle.

Die Ausführung dieser Steuerung muss jetzt für zwei Größen des Zustands, entweder Dampfdruck und Überhitzungstemperatur oder Dampfdruck und Brennstoffabflussmenge, verallgemeinert werden und in diesem Fall wird das Problem, infolge des Auftretens einer Beschränkung des letzten Bestandteils /Komponente/ des Zustandsvektors, kompliziert.

VERGLEICH DER DYNAMIK VON NATUR- UND ZWANGSUMLAUFDAMPFERZEUGERN

Itoh, K.

Tokyo Power Supply Control Div., Japanese National
Railways
Tokyo, Japan

Fujii, M.; Ohno, H.; Sagara, K.

Technical Headquarters, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
Tokyo, Japan

Die Toleranz von Kessellastschwankungen hat großen Einfluß auf Regelung eines Energiesystems. In diesem Bericht wird unter Berücksichtigung dieser Toleranz die Dynamik verschiedener Dampferzeugertypen diskutiert. Der eine Kessel besitzt Naturumlauf und der andere ist ein Kessel mit Zwangsumlauf von 75 MW Nennleistung. Während diese zwei Dampferzeuge zur Regelung eines Energiesystems dienen, das die elektrischen Vorortbahnen in Tokio mit Strom versorgt, werden sie durch zufällige Lastschwankungen gestört, deren Leistungsspektrum einen großen Anteil von Komponenten mit einer Periode von 2 bis 3 Minuten aufweist. Ferner ist es erforderlich, die Dampferzeuge gegen Mitternacht stillzusetzen, weil um diese Zeit keine Züge fahren. Die Experimente führten zur Abschätzung der Belastungsschwankungstoleranz sowie zur Bestätigung der dynamischen Modelle der beiden Dampferzeugertypen.

Bei den analytischen Untersuchungen ist das Umlaufsystem gesondert diskutiert worden, um den Unterschied zwischen beiden Dampferzeugertypen herauszustellen. Der Frequenzgang des ganzen Systems wurde durch Reduzierung der Übertragungsmatrix gewonnen, die die Übertragungsmatrizen der Untersysteme verbindet. Die experimentellen Ergebnisse wurden im Frequenzbereich durch Anwendung eines Pseudo-Zufallssignals und aus der Sprungantwort mit Hilfe des Fourier-Integrals gewonnen.

Die berechneten Ergebnisse stimmen gut mit den experimentellen überein, und folgendes ergibt sich daraus:

- 1) In der Dynamik der Zirkulationssysteme gibt es keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Dampferzeugertypen, gleichgültig ob die Umlaufpumpe vorhanden ist oder nicht,

- soweit es sich um Trommelfüllstand und -druck handelt.
- 2) Unterschiede in der Dynamik und den zulässigen Lastschwankungen werden durch die Größe der Wasserfüllung und durch das Metallgewicht hervorgerufen.

Beitrag zur optimalen Temperaturregelung des Mehrgrößen-
Regelsystems "Bensonkessel" bei schnellen Laständerungen

H.Unbehauen und P.Necker
Universität Stuttgart, Deutschland

~~Autorengruppe~~

Moderne Dampfkraftwerke werden in zunehmendem Maße zur Frequenzstützung und Spitzendeckung herangezogen. Dabei wird die zulässige Laständerungsgeschwindigkeit durch die Temperaturregelung der Überhitzer begrenzt. In der vorliegenden Arbeit wird daher dem Temperaturregelsystem hinsichtlich seiner Struktur und der Einstellung seiner Regler besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Kopplung der Temperaturregelung, die schon in sich ein Mehrgrößen-Regelsystem darstellt, mit den anderen Teilen der Dampferzeugerregelung wird berücksichtigt.

Das dynamische Verhalten der Temperaturregelstrecken im Überhitzersystem eines 530 t/h-Bensonkessels mit einer Öl-Gas-Mischfeuerung wird aus dessen Konstruktionsdaten und Betriebsbedingungen sowie anhand der Analyse umfangreicher Messungen an der Anlage berechnet. Das für die Nachbildung der Temperaturregelstrecken am Analogrechner gewählte Verfahren zeichnet sich durch geringen Bedarf an Rechenelementen bei gleichzeitig hoher Nachbildungsgenauigkeit aus. Anhand dieser Nachbildung werden Stabilität und Optimierung des vermaschten Temperaturregelsystems untersucht. Als Ergebnis werden Vorschläge für eine günstige Struktur des Regelsystems und für optimale Reglereinstellwerte unterbreitet.

ALGORITHMUS FÜR OPTIMALE STEUERUNG MITTELS ÜBERSCHUSSLUFT IN
DAMPFKESSELFEUERUNGEN MIT FESTBRENNSTOFFEN BEHEIZT

Kazimierz TARMINA

Institut für Automatik der energetischen Systeme, Wrocław,
Polen

Im Artikel wurden zwei Algorithmen für die Optimalisierung des Verbrennungsprozesses vorgeführt wobei einer von ihnen auf der Übereinstimmung von drei nacheinanderfolgenden Messungen der Zusammensetzung von trockenen Verbrennungsgasen während der andere dagegen auf der Übereinstimmung von drei Messungen der Zusammensetzung von benetzen Verbrennungsgasen beim Kesselaustritt beruht.

Derartige Messungen werden bei verschiedenen Überschussluftmengen in Dampfkesselfeuерungen beim stabilisierten Verbrennungsvorgang durchgeführt.

UNTERSUCHUNGEN DER DIREKten DIGITALREGELUNG FÜR EINEN
DURCHFLUSSKESSEL

Hanuš B.

Technische Hochschule VŠST
Liberec, Tschechoslowakei

Es werden einige Regelalgorithmen untersucht, welche auf der Minimisierung von Quadratabweichungen gegründet sind. Die Berechnung der Algorithmen wurde auf einem Digitalrechner mittels eines allgemeinen Programms bloss im Zeitgebiet durchgeführt.

Die Untersuchungen wurden teils im Laboratorium, teils im Kraftwerk realisiert. Im Laboratorium wurde der Analogrechner als eine Regelstrecke, der Digitalrechner als ein Regler verwendet. Im Kraftwerk ist der Prozessrechner LGP 21 mit dem elektronischen Analogregelsystem ERS verbunden.

DIGITALE REGELUNG IN ENERGIEANLAGEN

Theodore Giras	Robert Uram
Advisory Engineer	Senior Engineer
Westinghouse Electric Corp.	Westinghouse Electric Corp.
Hagan/Computer Systems Div.	Hagan/Computer Systems Div.
Pittsburgh, Pa. 15238, USA	Pittsburgh, Pa. 15238, USA

Um dem steigenden Bedarf an Regeleinrichtungen in Energiesanlagen zu begegnen, werden moderne digitale Regeleinrichtungen betrachtet. Der Bedarf an Algorithmen zur Regelung von Energieanlagen wurde untersucht. Davon ausgehend wurde eine Anzahl von linearen und nichtlinearen numerischen Prozeduren entwickelt.

Die Differenzengleichung der Algorithmen wird dargestellt und das Übergangsverhalten aufgetragen. Eine typische Durchlaufregelung für Speisewasser wird an einem nichtlinearen Modell nachgebildet und die Übergangsvorgänge werden diskutiert.

Aus den Untersuchungen kann man schlüffolgern, daß durch die digitale Regelung die Leistung und Nutzbarkeit von Energieanlagen verbessert werden können.

BEITRAG ZUR ANALYSE VON NICHTLINEARITAETEN DES ALLGEMEINEN
BEWEGUNGSGESETZES $Q = Cv$

F. Westfried

Der Verfasser versucht ein Modell des allgemeinen Zirkulationsgesetzes unterzubreiten, mit Rücksichtnahme auf die mathematischen Hoffnungen auf die Verteilung von Fahrzeuggeschwindigkeiten und Konzentrationen, die gemäss der Relation zwischen dem kontinuierlichen Durchfluss und den aufgeworfenen Sicherheitsabständen /Gleichung 16/ korreliert sind.

Die Gesetz kann für die Untersuchung von Strömungen der verallgemeinerten Type von Poisson herangezogen werden und erlaubt auch die Bildung von Stoßwellen zu begründen. Sie kann auch bei der Interpretation und Simulation von Raum-Zeitdiagrammen, bei freier Zirkulation oder bei der automatischen Koordination von Lichtsignalen, behilflich sein.

REGELUNG DER GRÜNEN WELLE UM WARTEZEIT AUF EIN MINDESTMASS ZU VERRINGERN

J.A. Hillier
Road Research Laboratory, Ministry of Transport
Crowthorne, United Kingdom

In zwei Versuchen in Glasgow und West London wird die Regelung von Lichtsignalen mit einer zentralen Rechenmaschine durchgeführt, mit dem Ziel, die beste Ausnutzung bestehender Straßennetze zu erreichen. Der Wert von Regelungssystemen wird in der Form von mittlerem Reisedauer der das Straßennetz benutzenden Fahrzeuge bewertet. Am Anfang des Versuchs wurden Systeme verwendet, die auf die Benutzung koordinierter Festzeitsignale beruhen, und zwei neue Methoden für die Einstellung solcher Signale, um geringstmögliche Wartezeit zu erlangen, wurden entwickelt.

Bei der "Combination" Methode wird angenommen, dass die Wartezeit für den Verkehr auf jedem Abschnitt eines signalgeregelten Straßennetzes nur vom Signalablauf am Anfang und Ende dieses Abschnitts abhängt. Zuerst wird ein Histogramm erhalten, das die Wartezeit für den Verkehr auf einem Abschnitt für alle möglichen Unterschiede der Signaleinstellung aufweist. Histogramme für parallele und anliegende Abschnitte werden dann mittels einer Art von dynamischem Programmieren verbunden, indem optimale Signaleinstellung stufenweise erhalten wird, bis das ganze Netz zum Äquivalent für einen einzelnen Abschnitt verringert worden ist. Diese Methode darf nur in gewissen Straßennetzen angewendet werden, aber in der Praxis ist dies kein bedeutendes Hindernis gewesen.

Ein Grossversuch wurde in Glasgow durchgeführt, wo die Regelung der "Combination" Methode mit jener verglichen wurde, die im bestehenden System von koordinierten und selbständigen verkehrsabhängigen Signalen im Gebrauch ist. Die mittlere Fahrzeit wurde in der Morgenspitzenstunde um 11 Prozent, in der Abendspitzenstunde um 20 Prozent, und während der Zwischenzeit um 8 Prozent vermindert. Wenn diese 12 prozentige Durchschnittsverminderung der mittleren Fahrzeit während der Arbeitsstunden erhalten wäre, würden die geschätzten Ersparnisse in Glasgow ungefähr 600,000 Pfund pro Jahr betragen.

Bei einer alternativen Methode, "TRANSYT", wird die sogenannte "hillclimbing" Technik (Grünzeitversatz) gebraucht, um optimale Festzeitsignalpläne zu ermitteln. Man verwendet ein Verkehrsmodell, worin Rücksicht auf den Verkehrsfluss zwischen anliegenden Straßenschnitten, die Verteilung der Fahrzeugkolonnen und die Verkehrsregelung mit Lichtsignalen oder Vorfahrtskreuzungen genommen wird. Sowohl die Einstellung der Signale als auch die Grünzeitdauer sind aufs beste entwickelt.

Ein Vergleich der "TRANSYT" und "Combination" Methoden fand im Mai-Juni 1968 in Glasgow statt. Ungefähr wie vorhergesagt waren mit der "TRANSYT" Methode die mittleren Fahrzeiten um 4 Prozent vermindert, aber dieser Unterschied war nicht statistisch bedeutend. Einschliesslich dieser Verminderung stellten die Ergebnisse mit "TRANSYT", im Vergleich mit dem bestehenden System, geschätzte Ersparnisse von 750,000 pro Jahr dar.

Es wurde zum Schluss gekommen, dass mit den beiden Methoden wesentlich kürzere Fahrzeiten als mit dem bestehenden handgestellten System von Lichtsignalen in Glasgow erzeugt werden konnten; jedoch gab es ungenügende Auskunft um die Vorteile der beiden Methoden zu bestätigen.

ÜBER ALGORITHMEN FÜR DIE AUFSTELLUNG EINES EINSATZPLANES FÜR PASSAGIERFLUGZEUGE UND IHRE OPERATIVE KORREKTUR

L.D. Atabegow, H.B. Kordonski, W.K. Linis, J.M. Paramonow,
O.R. Frolow (Riga)

Der Algorithmus für die Regelung des Lufttransportnetzes setzt sich aus folgenden Blöcken zusammen: dem Block für die Prognose des Beförderungsbedarfs beim Passagiertransport; dem Block für die Berechnung des Graphen des Transportnetzes und für die Festlegung des Einsatzplanes; dem Rückführungsblock, der zur Korrektur des Planes erforderlich ist, wenn der tatsächliche Bedarf von den Prognosewerten abweicht.

Die Prognose des Beförderungsbedarfs beim Passagiertransport gründet sich auf ein mathematisches Modell des zu erwartenden Bedarfs. Bei der Aufstellung des Modells wird berücksichtigt:

1. die Transportsituation für Paare von Verbindungspunkten (d.h. für je zwei Flughäfen). Hierzu gehören die Verkehrsdichte der Eisenbahnzüge, der Flugzeuge und anderer Verkehrsmittel,
2. das Verhältnis der Fahrpreise bei Benützung der verschiedenen Verkehrsmittel,
3. das Verhältnis der Zeiten, die der Passagier für das Umsteigen zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln benötigt,
4. die Extrapolation des gesamten Passagierstromes aller Verkehrsmittel.

Im Modell wird der Begriff der Vorzungsfunktion benützt.

Ausgeführt wurden Bedarfsberechnungen für die Jahre 1968 - 1970, die der Arbeitsplanung in der staatlichen Luftfahrt zugrunde gelegt wurden.

Bei der Aufstellung des Graphen der Luftverkehrsverbindungen (der nicht sämtliche möglichen Luftlinien berücksichtigt) geht der Graph ein, der sich über viele Jahre entwickelt hat. Dieser Graph wird laufend automatisch korrigiert.

Unter dem Einsatzplan ist die Verteilung des verfügbaren Flugzeugparks auf die einzelnen Luftlinien zu verstehen unter Berücksichtigung der sich im Laufe der Zeit herausgebildeten Praxis der

Stationierung der Flugzeuge und unter Beachtung der Anzahl der Flüge, die auf jeder Linie ausgeführt werden.

Die Berechnung des Planes basiert auf der Lösung des Problems der nichtlinearen Programmierung. Die Lösung wird mittels der Methode der sukzessiven Approximation durchgeführt.

Bei der Aufstellung des Planes ist die automatische Korrektur des Graphen der Luftverkehrsverbindungen möglich bei Kenntnis der Strecken, die freie Beförderungskapazität besitzen (bei denen leere, nicht besetzte Passagierplätze vorhanden sind), und bei Feststellung überfüllter Strecken auf weiteren Luftlinien.

Der Rückführungsblock gewährleistet eine schnelle Umrechnung des Planes, wenn die Nachricht eintrifft, daß der tatsächliche Bedarf vom prognostizierten Wert abweicht. Die Korrektur des Graphen wird in einem kleinen Bereich des Graphen durchgeführt. Der Umfang des Graphen, der der Korrektur zugrunde liegt, ergibt sich aus der Kenntnis der "Abhängigkeit" der Bereiche des Graphen. Die Bereiche des Graphen heißen abhängig, wenn sie einen gleichmäßig zwischen ihnen verteilten Passagierstrom aufweisen.

Der Algorithmus der Regelung wurde in Form eines Programmes auf dem Digitalrechner "Minsk - 22" realisiert und bei der Aufstellung und Korrektur des Einsatzplanes für das Jahr 1968 ausgenutzt.

Anwendung eines Optimierungsverfahrens auf
das Transitionsproblem bei Hubschraubern

D.F. Haines, Ph.D, BSc.(Eng)

Westland Helicopters Ltd.
Yeovil, Somerset, England.

Beim Transitionsproblem hat man es grundsätzlich mit einer Höhenänderung bei gleichzeitiger Geschwindigkeitsänderung zu tun. Gewöhnlich handelt es sich dabei um eine verzögerte Bewegung aus dem Reise- in den Schwebeflug bei geregelter Sinkgeschwindigkeit oder umgekehrt um eine Beschleunigung im Steigflug. Während einer solchen Transition ändert der Hubschrauber seine Flugeigenschaften derart, dass sich mit einem einzigen Steuerungsgesetz keine beste Leistung über den ganzen Höhen-Geschwindigkeitsbereich erzielen lässt. Es lassen sich dagegen Optimalgesetze für jede Transitionsgeschwindigkeit aufstellen, und vorausgesetzt dass das System nicht adaptiv ist, d.h. dass kein sich kontinuierlich änderndes Steuerungsgesetz angewendet wird, muss man ein bestimmtes Gesetz finden, das beste Leistung für den ganzen Flug gibt. Der Auffindung eines derartigen Steuerungsgesetzes wurde eine besondere Untersuchung gewidmet.

Da zwei Eingangsvariable, der periodische Längs-Blatteinstellwinkel und der kollektive Blatteinstellwinkel, zur Steuerung der beiden Ausgangsvariablen, der Vertikalgeschwindigkeit und der Vorwärtsbeschleunigung, zur Verfügung stehen, lassen sich für jede einzelne Geschwindigkeit mehrere Steuerungsgesetze finden, und zwar durch Veränderung der Bewertungsfunktion. Zur ersten vereinfachten Untersuchung wurden die Steuervariablen getrennt und optimale Steuerungsgesetze ermittelt. Mit den erhaltenen Ergebnissen liess sich mit grösserer Leichtigkeit eine näherungsweise Bestimmung der nötigen Bewertungsfunktionen für die Leistungstabelle mit zwei Eingangs- und zwei Ausgangsvariablen durchführen. Anschliessend wurden Gesetze für eine bestimmte Geschwindigkeit aufgestellt und nach Erzielung eines befriedigenden Einschwingverhaltens Gesetze für andere Geschwindigkeiten ermittelt. Jedes einzelne der auf diese Weise erhaltenen Gesetze wurde auf alle Geschwindigkeiten angewendet und seine Brauchbarkeit für den ganzen Geschwindigkeitsbereich untersucht. Hieraus liess sich ein Anhalt zur Auffindung eines Gesetzes gewinnen, das befriedigende Leistung in allen vorkommenden Fällen ergeben könnte. Die ganze Analyse wurde an einem linearisierten Modell ausgeführt, was natürlich die Genauigkeit der Ergebnisse einschränkte; als Vorstudie dürfte dies Optimierungsverfahren jedoch recht nützlich sein.

DIGITALE REGELUNG FÜR EIN FLUGZEUG
MIT VARIABLEN FLUGEIGENSCHAFTEN

D. Bux, G. Schweizer, H. Seelmann

Dornier GmbH Friedrichshafen

Im Rahmen von Forschungsaufgaben wurden Flugzeuge mit variabler Stabilität entwickelt und untersucht. Flugzeuge mit variablen Flugleistungen, die für die neuzeitliche Ausbildung große Vorteile hätten, wurden bis jetzt noch nicht verwirklicht. In dem Bericht werden Realisierungsmöglichkeiten für das Regelungssystem eines solchen Flugzeuges diskutiert. Das Grundproblem ist, die flugmechanischen Eigenschaften des Schulflugzeuges so zu regeln, daß bei vorkommenden Flugruständen alle Zustandsvariablen des nachzubildenden Flugzeugs erreicht werden. Die Regelungsaufgabe stellt sich als ein sehr vermaschtes System dar, das am geeignetsten mit Hilfe eines Prozeßrechners beherrscht werden kann. Die Ableitung der erforderlichen Algorithmen für die Lösung des dynamischen Problems mit Hilfe moderner regelungstechnischer Verfahren wird erläutert.

VERSUCHE MIT EINEM PRÜFTRAGFLÄCHENBOOT MIT GEMISCHTEM
TRAGFLÄCHENSYSTEM UND AUTOPILOT

Y. Ohtsu^X, T. Fujino^X, M. Itoh^X, H. Ohno^X und K. Uchino^{XX}

In diesem Vortrag sind die Ergebnisse der Seereiseversuche eines durch Tragflächen aufrechtgehaltenen Versuchstragflächenbootes, welches mit gemischem Tragflächensystem und Autopilot versehen ist, beschrieben. Es wird auch gezeigt, daß eine Analyse der Längsdynamik des Bootes für den Grundentwurf des Autopilot-Schemas nützlich sein kann.

Beide vordere Tragflächen, sowie am Backbord wie auch am Steuerbord besitzen je eine Drehfläche an der Unterseite und die hintere Tragfläche hat eine Klappe an der Hinterkante. Der Anstellungswinkel der drehbaren Fläche und der Klappenwinkel sind durch hydraulische Servoantriebe eingestellt.

Die Höhe über der Wasserlinie und der Steigungswinkel des Tragflächenbootes werden als Regelgrößen betrachtet, während die Anstell- und Klappen-Winkel als Stellgrößen dienen. Die Längsdynamik des Bootes mit dem gemischten Tragflächensystem, kann als ein Regelungssystem mit gegenseitiger Wechselwirkung, welches zwei Eingänge und zwei Ausgänge besitzt, betrachtet werden. Eine Darstellung des Autopilot-Systems mit gegenseitiger Wechselwirkung der Bootsdynamik wurde mit Hilfe der Wurzelortskurven-Diagramme des Systems, untersucht.

Aus den Ergebnissen der Seeversuche mit einigen Autopilot-Regelungsgesetzen wurde festgestellt, daß die Abweichung der Regelgrößen vom Trimmen des Bootes beträchtlich vermindert wird, wenn ein Gradientensignal (rate signal) der Regelgrößen zurückgeführt wird und daß die Abweichung von den Einstellwerten des Autopiloten vermindert wird, wenn das Stellungssignal zusammen mit dem Gradientensignal zurückgeführt wird.

Außerdem, kann man aus den Ergebnissen dieser Versuche den Schluß ziehen, daß wenn man die Stellung- und Gradient-Signale aller Regelgrößen d.h. der Höhe des Stampfwinkels und des

Schlingernwinkels gleichzeitig rückfährt, die Möglichkeit vorhanden ist, die Abweichung aller Stellgrößen in einem Boot mit gemischem Tragflächensystem ebenso klein wie in einem Boote mit völlig untertauchten Tragflächen zu halten.

Die Autoren^X arbeiten bei Mitsubishi Heavy Industries Ltd.
Der Autor^{XX} arbeitet im College of Naval Architecture of Nagasaki, Nagasaki, Japan.

DIE DYNAMISCHE REGELUNG DES AUTOMOBILVERKEHRS AN EINER
EINTRITTS AUFFAHRT ZUR AUTOBAHN

Dr Harry Nathan Yagoda

OPERATIONSUNTERSUCHUNG- UND SYSTEMANALYSE ABTEILUNG,
POLYTECHNIC INSTITUTE OF BROOKLYN
BROOKLYN, NEW YORK 11201, U.S.A

Die Arbeit, welche in diesem Vortrag dargestellt ist, bezieht sich auf den Entwurf und die Analyse eines dynamischen Regelungssystems zur Überwachung des Verkehrs auf einer Stadt-autobahn. Das behandelte Problem besteht in der Ausnützung eines automatischen Verkehrsreglers, welcher den Eintrittsfluß der Fahrzeuge reguliert, zur Minimierung der gesamten erwarteten Verzögerung aller Fahrzeuge, die auf die Einfahrt warten, mit der Beschränkung, daß die einfahrenden Fahrzeuge keine Unterbrechung im Strom der Fahrzeuge, welche entlang der Autobahn fahren, verursacht.

Dieses Studium ist ein Teil des Golfautobahn-Überwachungs- und Regelungsprojektes, welcher für das Amt der Staatswege der Vereinigten Staaten durch die Texas A und M Universität in Houston, Texas ausgefertigt wurde und alle Experimentaldaten stammen aus diesem Projekt.

Zwei Kriterien wurden für den Vorgang der "Auffahrtsdosierung" in Betracht genommen. Eines beruht in dem Einsatz der einfahrenden Fahrzeuge in Zwischenräume, und das zweite in der Dosierung der Fahrzeuge in den Verkehrsstrom in Zeiträumen, welche dem Margin zwischen dem beobachteten Strom und der Kapazität der Autobahn entsprechen. In beiden Fällen wird ein stochastisches Zustandsmodell benutzt, um das dynamische Verhalten des Regelungssystems zu studieren. Der Zustand des Systems ist durch die Anzahl der Fahrzeuge, die in der Warteschlange auf Einfahrt warten, und durch die An- oder Abwesenheit eines Fahrzeuges, welches am Ende des Mischstreifens stehengeblieben ist, bestimmt. Die Regelung wird durch die Freisetzung der aufgehaltenen und erwartenden Fahrzeuge, gemäß den Anzei-

gen des ständig gemessenen Verkehrsstrom der Autobahn durchgeführt. Der Grundparameter des Systementwurfs ist der Schwellenwert, in welchem das nächste Fahrzeug freigesetzt wird (vorausgesetzt, daß das vorher freigesetzte Fahrzeug sich in den Strom eingemischt hat). Einige Entwürfe wurden untersucht, unter anderen: ein starres Steuerungssystem, mit einer vorgegebenen Schwelle; ein programmiertes Steuerungssystem, in welchem die Schwelle als Funktion der Zeit verändert wird; und ein Regelkreis, in dem die Schwelle als Funktion der mittleren Stromdichtigkeit verändert wird. Die entsprechenden Regelungssysteme wurden oder sind auf der Golf-Autobahn eingeführt und geprüft.

LINEARE DIFFERENTIALSPIELE MIT VÖLLIG OPTIMALEN STRATE-
GIEN UND DEM TRENNUNGSPRINZIP

P. FAURRE

Die vorliegende Mitteilung behandelt die linearen Differentialspiele mit quadratischem Kriterium. Man zeigt direkt das Bestehen von optimalen Strategien in dem Falle, in welchem die assozierte Gleichung von Riccati nur eine Lösung zulässt; darüber hinaus wird gezeigt, dass die erzielten Strategien völlig optimal sind und zwar in dem Sinn, in welchem die Kenntnis der entgegengesetzten Strategie auch zur Anwendung derselben sog. völlig optimalen Strategie führen würde.

Die angewandte direkte Methode wird im stochastischen Fall verallgemeinert, in welchem der Formalismus von stochastischen Differentialgleichungen von Ito eingesetzt wird. Es zeigt sich, dass das Prinzip der Trennung der Beurteilung und der Steuerung sich im Fall von stochastischen Spielen verallgemeinert.

STOCHASTISCHE OPTIMALE STEUERUNG MIT
TEILWEISE BEKANNTEN STÖRUNGEN

T.J. Tarn
Washington University, St. Louis,
Missouri

Untersucht wird die stochastische optimale Steuerung eines linearen, diskreten, skalaren Systems. Es wird eine Methode vorgeschlagen, die übliche Annahme abzuschwächen, daß die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Störungen bekannt sind.

Wir nehmen an, daß das additive Gaußsche weiße Rauschen feste, jedoch unbekannte Parameter hat. Der Hauptgedanke ist, die unbekannten Parameter als Zufallsvariable zu betrachten, deren a-priori-Wahrscheinlichkeitsdichten gegeben sind. Wendet man die Bayessche Filtertheorie an, so besteht die Lösung des Problems aus Rekursionsgleichungen zur sequentiellen Berechnung der a-posteriori-Wahrscheinlichkeitsdichten dieser Zufallsvariablen auf Grund von Messungen. Hieraus können Schätzungen der a-posteriori-Wahrscheinlichkeitsdichten gebildet werden.

Um die Steuerung zu bestimmen, wird der Erwartungswert eines quadratischen Kostenfunktional als Kriteriumsfunktion verwendet. Durch Anwendung der dynamischen Programmierung von Bellman erhalten wir die exakte analytische Lösung für das Regelungsgesetz. Diese Lösung dient als Grundlage für die Berechnung von Näherungslösungen.

**Eine Näherungsmethode für die Schätzung des Zustandes und
die Steuerung von nichtlinearen dynamischen Systemen bei
stochastisch gestörten Beobachtungen**

Yoshifumi Sunahara

Gegenstand dieser Abhandlung ist die Einführung eines Näherungsverfahrens für die Schätzung des Zustandes und die optimale Steuerung von nichtlinearen dynamischen Systemen mit zustandsunabhängigem Rauschen bei stochastisch gestörten Beobachtungen.

Ausgehend von dem Grundbegriff der Zustandsvariablen darstellung in der Regelungstheorie beschreiben wir mathematische Modelle sowohl der dynamischen Systeme als auch des Beobachtungsvorganges näherungsweise durch die nichtlineare stochastische Vektordifferentialgleichung vom Itô-Typ.

Die Beschreibung zerfällt in zwei Hauptteile.

Zuerst wird eine Methode der stochastischen Linearisierung zum Zwecke der Einführung eines Näherungsverfahrens für die Lösung von Filterproblemen nichtlinearer stochastischer Systeme im Markovschen Rahmen dargestellt. Obwohl die Entwicklung einer nichtlinearen Funktion in eine Taylorreihe das bekannteste Verfahren ist, führt der Autor den Leser in dieser Arbeit in eine Methode der stochastischen Linearisierung ein, die, wie gezeigt wird, eine wichtige Rolle beim Schätzen des Zustandes spielen wird und die eine ausgedehnte Anwendung bei der Behandlung von Problemen der nichtlinearen Steuerung finden könnte.

Die Grundlinie des Vorgehens besteht in der Verwandlung der nichtlinearen Funktion in eine lineare Funktion, deren Koeffizienten mit dem Kriterium der kleinsten quadratischen Abweichung bestimmt werden. Die linearisierte Funktion ist spezifiziert durch die Koeffizienten, die sowohl von der Schätzung des Zu-

standes als auch von der Covarianz des Fehlers abhängen. So-
mit wird eine Methode für die gleichzeitige Behandlung der an-
genäherten Struktur der Dynamik von Filtern und der laufenden
Berechnung der Covarianz des Fehlers durch ein linearisiertes
Verfahren gegeben.

Zweitens ist unter Benutzung der erhaltenen Filterdynamik eine
Näherungsmethode der optimalen Steuerung für das quadratische
Kostenfunktional dargestellt.

Abschließend sind detaillierte Diskussionen numerischer Beispie-
le einschließlich vergleichender Diskussionen mit anderen Fil-
terdynamiken angegeben.

REGELUNG MIT STOCHASTISCHEN PROZESSEN BEI GEREGEITER LÄNGE DES
KONTROLLINTERVALLS

A.A. Klementjew, E.P. Maslow, A.M. Petrowski,
A.I. Jaschin

Betrachtet wird die Aufgabe der Synthese eines optimalen Kontroll- und Steuerungsalgorithmus bei einem diskreten zufälligen Prozeß mit unvollständiger Information. Es werden drei Fehlerarten bestimmt: Bezuglich der Abweichung des gesteuerten Prozesses $\{\eta_n\}$ von der gegebenen Arbeitsweise $\{\theta_n\}$, bezuglich der Steuerung des Prozesses $\{\eta_n\}$, bezuglich der Kontrolle des Prozesses $\{\eta_n\}$. Die Zahl der Takte der Realisierung des Prozesses $\{\eta_n\}$ soll endlich und gleich N sein. Als Ergebnis der Operationen der Kontrolle und Steuerung, und auch der Nichtübereinstimmung der Koordinaten y_n und θ_n , $n = 1, 2, \dots, N$, entstehen summierte zufällige Fehler C_x . Der mathematische Erwartungswert der Größe C_x wird durch die Wahl der Zahl und der Lage der Momente der Kontrolle und Steuerung und auch durch die Wahl der Steuerung U_k , $k = 1, 2, \dots$ minimiert. Die Aufgabe wird mit Methoden der dynamischen Programmierung gelöst.

SYNTHÈSE VON KONTINUIERLICHEN STOCHASTISCHEN REGELUNGSSYSTEMEN

I.G. Cumming
Department of Electrical Engineering
University of Toronto
Toronto, Canada

Die analytischen Ergebnisse in der kontinuierlichen stochastischen Regelungstheorie sind normalerweise für Systeme mit weißem Rauschen abgeleitet, wobei die Markov'sche Annahme gewöhnlich in der Ableitung benötigt wird. Dennoch sind alle in der Praxis anzutreffenden Rauschprozesse an farbiges Rauschen gebunden und solche Prozesse müssen durch weiße Rauschprozesse modelliert werden, bevor die Ergebnisse der stochastischen Regelungstheorie angewendet werden kann.

Diese Arbeit bezieht sich auf kontinuierliche farbige und weiße Rauschprozesse in einer geeigneten Zustandsvektorform für den Fall, daß die obere Grenzfrequenz des farbigen Rauschens hoch ist. Das Problem interessiert besonders, wenn das Rauschen nicht-additiv ist, und die Arbeit gibt die maximale Zahl der Parameter des farbigen Rauschens an, die benötigt werden, um die zwei Prozesse in Verbindung zu bringen.

Unter Anwendung dieser Beziehung zeigt die Arbeit, wie einige der modernen stochastischen Regelungstheorien auf praktische Gegebenheiten angewendet werden können. Am Beispiel eines linearen Systems mit einem Rausch-Koeffizienten wird studiert und gezeigt, wie ein unterlagelter Regler projektiert werden kann, wenn das farbige Rauschen nicht vollständig beschrieben ist.

MERkmale STOCHASTISCHER VERFOLGUNGS-AUSWEICH-SPIELE

R.D. Bohn und Y.C. Ho
Harvard University

Verschiedene Merkmale stochastischer Verfolgungs-Ausweich-Spiele werden betrachtet. Das Ergebnis des Spiels wird als Funktion einer Informationsmenge unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung stochastischer Strategien als Brücke zwischen open-loop und closed-loop Strategien untersucht. Das stochastische Spiel bringt ferner Licht in den asymmetrischen Charakter der Rollen von Verfolger und Ausweichenden. Weiterhin wird darauf hingewiesen, daß dann, wenn zwei Spieler unterschiedliche Informationsmengen haben, eine von Null verschiedenes Summenspiel gelöst werden muß.

UNGLEICHUNGEN FÜR DAS LEISTUNGSMASS
VON UNTEROPTIMALEN UNSICHEREN SYSTEMEN

von

H. S. Witsenhausen
Bell Telephone Laboratories
Murray Hill, New Jersey

Das Leistungsmass eines Systemes hängt sowohl von der Auswahl eines Reglers als von unsicheren Grössen, z.B. Störungsgrössen, ab. Jedem Regler entschpricht dann eine Funktion der unsicheren Grössen der eine Zahl zugeordnet wird, z.B. durch Mittelwertbildung. Im allgemeinen ist es schwierig einen Regler zu berechnen der dieser Zahl ihren Mindestwert J^* gibt. Eine unteroptimale Methode besteht darin dass man die Unsicheren Grössen an typischen Werten festgehalten betrachtet und einen Regler bestimmt der unter dieser Annahme optimal wäre. Wenn solch ein Regler ausgewertet wird erhält man eine Zahl $J_0 \geq J^*$. Das Risiko der Methode kan an Hand von Ungleichungen $J_0 \leq kJ^*$ studiert werden, wo k den kleinste möglichen Wert unter gegebenen Annahmen über die Struktur des Problemes hat. Beste k -werte werden für eine Klasse von offenen Regelstrecken mit Normkriterien gefunden. Je nach den Annahmen sind diese Werte $2\sqrt{3}$, $\sqrt{2}$, 2 oder 3. Ungleichungen für zweistufige Probleme mit Rückführung werden auch abgeleitet.

THEORIE DER GYROSKOPISCHEN ZWEIROTOR-
ORBITALBAHN

Doktor der technischen Wissenschaften W.A.Bessekersky

Doktor der technischen Wissenschaften W.G.Gordeew

Kandidat der technischen Wissenschaften J.G.Ostromuchow

Institut für Präzisionsmechanik und Optik

Leningrad

UdSSR

Zur Zeit ist die Theorie der gyroskopischen Einrotor-Orbitalbahn bekannt, die in den künstlichen Satelliten der Erde für die Aufstellung der Ebene ihrer Orbitalbahn verwendet wird. Gemeinsam mit dem Geber der lokalen Vertikalen vom infraroten bzw einem anderen Typ ergibt die gyroskopische Orbitalbahn die Möglichkeit für die Aufstellung am Bord des Satelliten eines laufenden Orbitalbahn-Koordinatensystems, das als Grund - bzw Basiskoordinatensystem bei der Lösung von verschiedenen Aufgaben durch den Satelliten angenommen werden kann.

Es ist das Schema einer gyroskopischen Zweirotor-Orbitalbahn veröffentlicht, die eine Reihe von Vorzügen hinsichtlich der erreichbaren Genauigkeit, eines grossen gyroskopischen Gedächtnisses, einer Manövriertfähigkeit u.s.w. besitzt.

Im Vortrag werden auf Grund der Betrachtung der Ausgangs-Differentialgleichungen für die gyroskopische Zweirotor-Orbitalbahn und des Störungsbestands die grundlegenden theoretischen Beziehungen für den Aufstellungsvorgang des Orbitalbahn-Koordinatensystems im Korrekturzustand (Zustand der normalen Orientierung) angeführt. Als Hauptergebnisse einer solchen Analyse muss die dargestellte Transformation des Störungsspektrums, das durch die Eigendriften der Gyroskopen bestimmt wird, sowie die gegenüber der gyroskopischen Einrotor-Orbitalbahn günstigeren Betriebsbedingungen im Zustand des gyroskopischen Gedächtnisses hervorgehoben werden.

UNTERSUCHUNG KOMPLIZIERTER EIGENSCHWINGUNGEN KOSMISCHER APPARATE

Gauschus, E.W.

Moskau

UdSSR

Betrachtet wird die Dynamik kosmischer Apparate, deren Orientierungssystem mit Impulssteuerung arbeitet. Untersucht werden Schwingungen geringer Amplitude unter Einwirkung eines konstanten Störmoments. Die Aufgabe wird gelöst mit Hilfe der Methode der punktförmigen Umformungen und der Aufspaltungstheorie. Es zeigt sich, daß dynamische Systeme beliebige komplizierte periodische Bewegungen ausführen können. Die Aufgabe der Untersuchung der Dynamik wurde vollständig gelöst: es sind alle möglichen periodischen Bewegungen vorhanden; untersucht wurden ihre Konstanz und ihre Parameterabhängigkeit; die Aufspaltungskurven sind vorhanden; der Energieverbrauch, der für das Steuerungssystem aufgewendet worden ist, wurde bestimmt. Es wird gezeigt, daß der Energieverbrauch quantisiert auftritt, und daß er sich bei konstantgehaltenen Systemparameterwerten auf einem von zwei möglichen Energieniveaus befinden kann, die den Grenzyklen der benachbarten Teile entsprechen. Das betrachtete dynamische System mit einer vielblättrigen Phasenebene ist offenbar das erste Beispiel von Systemen, die beliebig komplizierte periodische Bewegungen ausführen und einer vollständigen analytischen Untersuchung unterzogen wurden.

UNTERSUCHUNG DER DYNAMIK DES SYSTEMS ZUR VORGREIFENDEN
DÄMPFUNG BEI EINEM GRAVITATIONSSTABILEN SPUTNIK UNTER
BERÜCKSICHTIGUNG VON BEGRENZUNGEN DER GEBER UND BIEGE-
SCHWINGUNGEN DES STABILISATORS.

W.I.Popow, W.J.Rutkowski, Moskau, UdSSR

Bisweilen muß ein gravitationsstabilier Sputnik nach der Abtrennung schnell beruhigt werden. Dafür kann man Gas-Rückstoßsysteme zur vorgreifenden Dämpfung (SVD) verwenden.

Die Dynamik von SVD wird in der Phasenebene untersucht, wobei die Begrenzungen der Geber berücksichtigt werden. Betrachtet wird weiter die Frage, wie man die Geberbegrenzungen bei der Formierung nichtlinearer Steuerungsgesetzmäßigkeiten anwenden kann. Es wird gezeigt, daß man bei entsprechender Wahl der Koeffizienten im Regelungsverhalten und der Totzeit im System einen sehr ökonomischen Körper erhält. Untersucht wird das Schwingverhalten im SVD. Zur Verringerung der Schwingungsamplitude im SVD, die Relaisverhalten mit Hysterese der Zweige aufweist, ist eine innere Rückkopplung vorgesehen, die die Totzeit des Reglers kompensiert.

Um einen gravitationsstabilen Sputnik zu erhalten, fügt man ihm einen Stabilisator zu. Nach der Abtrennung des Sputniks von der Trägerrakete muß der Stabilisator geöffnet werden. Es wird das Moment zum Öffnen des Stabilisators ausgewählt.

Dann werden die Gleichungen der ebenen Biegeschwingung des Systems Sputnik-Stabilisator abgeleitet und untersucht. Wenn man nur die natürliche Dämpfung im Gestänge des Stabilisators berücksichtigt, so wird die Energie über ein annehmbares Zeitintervall nicht geschwächt. Bringt man im Gestänge eine künstliche Dämpfung an, so werden die Schwingungen im System sehr schnell gedämpft.

Auf einem Digitalrechner wurden die Biegeschwingungen des Systems Sputnik-Stabilisator beim Betrieb des SVD untersucht. Es zeigte sich, daß im Falle einer Relais-Charakteristik mit Unempfindlichkeitszone des SVD die Biegeschwingungen des Systems Sputnik-Stabilisator während eines annehmbaren Zeitintervalls gedämpft werden können.

EINE 2-ACHS-LAGEREGLUNG DER ROTIERENDEN NUTZLAST-
SPITZE EINER DRALLSTABILISIERTEN TRÄGERRAKETE

H. Roderer, H. Seelmann, H. Woitschella

Dornier GmbH Friedrichshafen

Für wissenschaftliche Experimente sind in mehreren Fällen Nutzlastspitzen notwendig, die mit großer Genauigkeit auf einen Stern oder auf die Sonne ausgerichtet werden. Im Fall von um eine Achse rotierenden Spitzen ergibt sich ein gerätetechnisch sehr einfaches Stabilisierungssystem, dessen Auslegung aber genauer Untersuchungen bedarf.

Ausgehend von einer Optimierungsrechnung für zeitoptimale Regelungsvorgänge wird der Entwurf eines quasioptimalen diskreten Stabilisierungssystems gezeigt. Dabei werden Fragen der Nutzungs- und Präzessionsregelung eingehend behandelt. Die Ergebnisse von vielen Untersuchungen werden gezeigt und verglichen.

Anschließend werden technische Realisierungsmöglichkeiten erläutert. Dabei werden Fragen der Sensoren, der Signalverarbeitung und der Stellsysteme behandelt. Die Möglichkeiten der Simulation von möglichst vielen Echtteilen, die bei dem Entwurf von Raumfahrtsregelungen besonders wichtig sind, werden beschrieben.

ÜBER EINE STEUERUNG ZUR DREHUNG DER KREISBAHNEBENE EINES SPUTNIKS, DIE DEN DURCHGANG DES SPUTNIKS DURCH EINEN GEgebenEN PUNKT GEWÄHRLEISTET

J.P. Guskow, S.W. Bunjakin

UdSSR

Unter Verwendung der bekannten Lösung der Bewegungsgleichung des materialien Punktes im zentralen Feld unter Wirkung einer Kraft, die in Richtung der Binormalen der Bahn wirkt, wird die Möglichkeit des Aufbaues der Steuerung mit Hilfe des Schubes eines gasdynamischen Motors untersucht, der den Durchgang des Sputniks über einem gegebenen Punkt der Erdoberfläche gewährleistet.

Die besondere Eigenart der untersuchten Aufgabe der Flugbahn-Programmierung besteht in der Verknüpfung der Bewegung des Punktes auf der Erdoberfläche mit der Bewegung des Sputniks auf dem aktiven und passiven Teilstück der Flugbahn, wobei das Manöver mit einem Minimum an Antriebwirkung auskommen soll.

Die Forderungen nach Beibehaltung der Parameter der Ausgangsbahn sowie auch der vorgegebenen Endbedingungen bei Einwirkung von Störungen, die mit zeitlichen Bewegungen des Sputniks verbunden sind, zwingen dazu, die automatischen Steuerungssysteme mit Rückführung zu bauen. Im Vortrag wird eines der möglichen Schemata eines solchen Systems betrachtet.

ÜBER DEN ENTWURF EINES STEUERMOMENT-LAGERREGELUNGSSYSTEMS FÜR
DIE RAUMFAHRT UNTER VERWENDUNG VON KRTISCHEN

Smith, E.G.
IBM-Corporation

Der Vorentwurf eines Lageerkennungs/Rückorientierungs- und Stabilisierungsreglers für Raumfahrtzwecke, bestückt mit einer Reihe von Steuermomentenkreiseln (CMG) mit einem Freiheitsgrad, wird in diesem Bericht beschrieben. Für Fälle der "Bewegung im Großen" sind die Gleichungen, die die Systembewegung beschreiben, stark nichtlinear, was durch die gefährlichen Kreuzkopplungseffekte augenfällig in Erscheinung tritt. Nimmt man an, daß ein Regelungsalgorithmus gefunden wird, der es erlaubt, die dem Stellglied anhaftende Nichtlinearität auszunutzen, ist erstens die Anwendung des klassischen Variations-Kalküls möglich, das zu einem Regelungsgesetz führt, das die Bewegung eines idealen CMG-Reglers beschreibt und zweitens ist die Methode des steilsten Abfalls für die Schaffung eines CMG-Drehmoment-Regelungsgesetzes anwendbar, das zu einer vollständigen Erfassung der idealen CMG-Bewegung zwingt. Einige Ergebnisse der Simulierung mittels Rechner für das vollständige System sind gleichzeitig mit einer Ableitung der für die Simulation verwendeten mathematischen Algorithmen angegeben.

ÜBER DIE SYNTHESE VON SUBOPTIMALEN TRÄGEITSLAGEREGLUNGSSYSTEMEN

W.L. Garrard

Department of Aeronautics and Engineering Mechanics University
of Minnesota, USA

L.G. Clark

Department of Engineering
Mechanics University of Texas
Austin, Texas, USA

Für die Synthese der suboptimalen Systeme werden zwei Techniken angegeben, die motorgetriebene trägeitsbehaftete Wellen als Drehmomentenquelle für dreidimensionale Lageregelungen verwenden. Diese Techniken minimisieren angehähert das Integral einer quadratischen Funktion des Systemfehlers und der Leistung der Regelung und beide Verfahren kompensieren die nichtlineare Verkoppelung der Achsen untereinander. Die Techniken, die in diesem Bericht entwickelt werden, wurden auf den Entwurf eines Lageregelungssystems für einen typischen künstlichen Satelliten angewendet. Die sich ergebenden Regelungsgesetze liegen in Form von Rückführungen vor. Durch Simulation auf einen Rechner wird gezeigt, daß Systeme, die auf der Basis der angegebenen Verfahren entworfen worden sind, schneller und genauer reagieren als solche Systeme, die mit Optimierungsverfahren entworfen wurden, die auf linearisierten Näherungen der Bewegungsgleichungen beruhen.

Allgemeine Fragen zur Theorie der Nachführung

J.A. Fedossow; A.M. Batkow; W.F. Lewitin;
W.A. Skripkin (Moskau)

Zur Projektierung von Steuerungssystemen für Flugkörper wird eine einheitliche Methode vorgeschlagen. Das Aufstellen eines allgemeinen Nachführungsproblems wird erörtert. Es wird gezeigt, daß es gemeinsame Gesichtspunkte bei den Problemen der Fernsteuerung, der Selbstnachführung, der autonomen Nachführung und der Nachführung von Flugkörpern auf bewegliche und unbewegliche Ziele von beweglichen und unbeweglichen Plattformen gibt. Im einzelnen sind das:

- a) Ein einheitliches Kriterium, das die Qualität der Nachführung bestimmt, z.B. in Form des "Vorbeifluges" des Flugkörpers am Ziel;
- b) ein einheitlicher unveränderlicher Teil des Systems, der eine kinematische Gleichung darstellt, die die Parameter des Flugkörpers und des Ziels verknüpft.
- c) Besonderheiten der Steuerorgane und der Flugkörpereigenschaften, sowie das Fehlen der Gesamtinformation über deren Veränderungen;
- d) die Forderung nach Verringerung des zur Führung des Flugkörpers notwendigen Energieaufwandes.

Unterschiede in den Nachführungsproblemen werden hauptsächlich von den Informationsquellen über den Flugkörper und das Ziel und der Eigenart der Kenngrößen des Flugkörpers bestimmt.

Am Beispiel eines linearen Nachführungssystems werden allgemeine Wesenszüge und spezifische Besonderheiten von Fernsteuerungssystemen, Selbstnachführungssystemen und autonomen Nachführungssystemen veranschaulicht. Die Optimierung des Nachführungssystems wird betrachtet. Dabei werden die Besonderheiten der Lösungen bei

verschiedenen Informationsquellen und bei Berücksichtigung verschiedener Arten von "Energiebeschränkungen herausgestellt. Der Einfluß der Gegenwirkung des Ziels auf die Eigenschaften des Nachführungssystems wird untersucht.

Methoden zur Analyse des Nachführungssystems werden dargelegt und zwar unter Berücksichtigung ungenügender Information über die Eigenschaften des Flugkörpers.

ANWENDBARKEIT DER STEUERUNGSTHEORIE BEI DER PERSONALVERTEILUNG
IN AUSBILDUNGSWESEN

P. Alper^X, P. Armitage ^{xx}

Der Bericht betrifft ein wichtiges Problem der Planung im Bildungswesen, und zwar die zukünftige Verteilung der Studenten und Lehrer, und die Anwendbarkeit von Konzepten der Steuerungstheorie. Einige frühere Versuche der Anwendung von Steuerungsbegriffen bei der Personalverteilung im Bildungswesen werden kurz besprochen; in diesen Versuchen wurden solche Begriffe der Steuerungstheorie angewandt, wie der Zustandsraum, Steuerungs- oder Entscheidungsvariable, Pontriagins Maximalprinzip, dynamische Programmierung und Dual-Systeme.

Weiter wird die Aufmerksamkeit formalen Aehnlichkeiten zwischen einem industriellen Verfahren und dem Bildungsprozess zugewandt. Es wird daraufhin gezeigt, dass trotz dieser formalen Aehnlichkeiten eine Reihe sehr realer Probleme weiterhin besteht; der Steuernde ist nur ein "Vorschlagender", die Dynamik des Prozesses ist fast unbekannt und ist ausserdem nichtstationär, so dass die Aufstellung einer objektiven Funktion, die einmütige Zustimmung erlangen könnte, eine fast unmögliche Aufgabe zu sein scheint. Infolge dieser Schwierigkeiten wird festgestellt, dass ein steuertechnischer Rahmen weiteren Ausbau durch tiefe und leider kostspielige Erforschung des Bildungsprozesses an sich, erfordert.

^X UNESCO, Apartado M-8937, Mexico 1, D.F.

^{xx} Department of Education and Science, London, England

DIE VERWENDUNG VON RECHENAUTOMATEN MIT VIELFACHZUGRIFF
FÜR DIE VERWALTUNG UND ÜBERWACHUNG VON FACHLITERATUR

J. Francis Reintjes
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts, USA

Rechner mit Vielfachzugriff eröffnen, wenn in einem On-line-Betrieb gearbeitet wird, bei dem sich die Benutzer und die Maschine unter Echtzeitbedingungen gegenseitig beeinflussen, neue Möglichkeiten für die wirksame Behandlung und Übertragung von Information, die in der Fachliteratur enthalten ist. Wesentlich für die effektive Verwirklichung eines maschinengespeicherten Informationssystems ist das aktive Interesse der Vertreter des betreffenden Faches und ein gewisses Niveau der Standardisierung. Die automatische Regelung und Steuerung ist wegen des weltweiten Zusammenhangs ihrer Fachwelt ein ausgezeichnetes Gebiet für die Ausnutzung dieses Typs eines Informationsübertragungssystems.

Beschrieben wird ein experimentelles Informationsübertragungssystem (Projekt Intrex). Sein Zweck besteht darin, durch analytische und experimentelle Forschung einen Grundstock von Daten zu entwickeln, der sich bei der Festlegung von Spezifikationen künftiger Betriebssysteme als nützlich erweist. Ein herausragendes Merkmal des Entwurfs eines Experimentalsystems ist es, daß er voll den Vorteil ausnutzt, den die Fähigkeiten des Benutzers, des menschlichen Operators, im Mensch-Maschine-Wechselwirkungsprozeß bieten. Das System enthält eine Literaturgrundlage, die aus einem Katalog von mindestens 10^4 Dokumenten besteht, ferner eine Menge von Speichern und Aufrufprogrammen, um den Katalog im Multiaccess-Rechner kompakt speichern und Information aus dem Katalog rasch wiederfinden zu können, sowie ein Voll-Text-Zugriffssystem, das einen schnellen Zugriff zu dem vollständigen Text der katalogisierten Gegenstände an entfernten Speicherplätzen sicherstellt.

Über experimentelle Ergebnisse, die bis jetzt erzielt worden sind, wird berichtet.

KONTROLLE DER LUFTVERUNREINIGUNG DURCH RECHNER

T.Takamatsu, Y.Sawaragi; M.Naito, Y.Akagi,
I.Hashimoto, Y.Ikeda, K.Kawata, T.Mizoguchi

In Japan ist die Belästigung der Bevölkerung durch Verunreinigungen der Luft ein ungeheures Problem geworden. Besonders im Gebiet von Osaka, das viele Industriestädte besitzt, ist es eines der Probleme, die unverzüglich gelöst werden sollten. Deshalb hat die Präfektur Osakas ein Fernmeßsystem installiert, um schnell die Bedingungen für Wetter und Luftverunreinigung in mehreren Kontrollstationen im Gebiet Osakas zu erfassen. Diese Installation ist allein jedoch nicht ausreichend, um Luftverunreinigungen zu verhüten. Die von vielen Verunreinigungsquellen hervorgebrachten Materialien sollten gemäß einer bestimmten Vorgehensweise so kontrolliert werden, daß keine Belästigung der Bevölkerung auftritt. Der Zweck dieser Arbeit ist, eine Methodologie zum Erstellen dieser Vorgehensweise zu entwickeln. Zukünftige Konzentrationen der Luftverunreinigung werden mit Hilfe eines mathematisches Modells vorhergesagt. Liegen die vorhergesagten Werte der zu erwartenden Konzentration über den kritischen Werten, dann muß die von den Quellen ausgesandte Menge so reduziert werden, daß die kritische Konzentration nicht überschritten wird. In diesem Fall kann es wünschenswert sein, daß die gesamte Reduzierung der sozialen und der ökonomischen Aktivität ein Minimum ist. Diese Kontrolle kann durch Verwendung eines elektronischen Rechners zusammen mit vielen modernen Regelungstheorien erfolgen.

Diese Arbeit befaßt sich hauptsächlich mit der Bildung des mathematischen Modells für die Übertragungseigenschaften des Verunreinigungsmaterials in der Luft und mit einigen Berechnungsergebnissen unter Verwendung des Modells.

Um den Übertragungsgrad in horizontaler Richtung zu berechnen, werden Modelle mit stetig verteilten Zustandsparametern verwendet. Für jedes der kleinen Gebiete über den Kontrollstationen wird ein pseudo-vollständiges Mischmodell benutzt. Die Konzentration der höheren

Zone der kleinen Gebiete wird auf Grund der Übertragung in horizontaler Richtung berechnet. Eine Übertragung zwischen dem Gebiet vollständiger Mischung und seiner höheren Zone wird durchgeführt.

Da sich die Werte von vielen Parametern, die im mathematischen System enthalten sind, ändern, sollten darüber hinaus diese Werte nach dem Prinzip der adaptiven Regelung verändert werden, indem die berechneten mit den gemessenen Werten verglichen werden.

DYNAMISCH OPTIMIERTE WIRTSCHAFTS PLANNUNG FÜR EINEN STAAT

A.R.M. Noton

In diesem Beitrag wird eine Methode, die in einem naturwissenschaftlichem Fachgebiet entwickelt wurde, auf ein Problem in einem anderen Fachgebiet, nämlich der sozioökonomischen Wissenschaft angewandt. Obgleich (mathematische) Ekonomisten mit Methoden der Variationsrechnung vertraut sind, wurden Ergebnisse der modernen Regelungstechnik bisher auscheinend noch nicht verwandt um dynamisch optimale Wirtschaftspläne zu ermitteln. Zum Zweck der Illustration wurde die Wirtschaft eines Staates in der Form von Zustandsgleichungen mit elf Veränderlichen dargestellt. Diese Darstellung weissst verschiedene interessante Eigenschaften auf. Es wurde bisher jedoch noch kein ernsthafter Versuch gemacht um die Darstellung mit ekonomischen Daten zu vereinbaren. Die Aufgabe (für diskrete Regelung) wurde im Rahmen der Dynamischen Programmierung formuliert, und die Berechnung erfolgt iterativ nach dem Conjugaten Gradient Verfahren mit Hilfe einer Aufweitung.

ENTWURF VON INFORMATIONSSYSTEMEN FÜR
KOMMERZIELLE ANWENDUNGEN

Ralph R. Duersch
General Electric Company
Schenectady, New York 12305
USA

Dem Prozeß des Entwurfs von Informationssystemen ist in der Vergangenheit zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden, weil das Gewicht auf der Auswahl aus einer verfügbaren Hardware lag. Jedoch gibt es wie bei der Lösung jedes beliebigen Problems auch bei der Gewinnung eines geeigneten Entwurfs für ein Informationssystem mehrere Phasen, und dieser Beitrag beschreibt den Prozeß, um zu solch einem Entwurf zu gelangen. Dieser Prozeß, der von einem Systemanalytiker mit Hilfe von Betriebspersonal und der Verwaltung aller Stufen durchzuführen ist, kann aus der Erfahrung des ~~Rege~~
~~lungs~~
~~technikers~~ Nutzen ziehen.

Es besteht eine starke Ähnlichkeit zwischen Verwaltungsfunktionen und mehrschleifigen Regelungssystemen. Weiterhin kann man zeigen, daß die Verwaltungsfunktionen diejenigen Regelungssaspekte einschließen, die analog bei der Steuerlogik und der Rückkopplung in einem physikalischen System auftreten. Um bessere Informationssysteme zu entwerfen, kann die Umformung und Aufspaltung von Matrizen verwendet werden. Auch die Optimierungstechniken können sich bei der Auswahl von Strategien und bei der Planung durch Betriebsführung als nützlich erweisen.

Erforscht man die Fähigkeiten von Informationssystemen, so wird es offenbar, daß Erfahrungen in der Modellierung und Simulation von Nutzen sind, um Verwaltungsanweisungen des Betriebes in einer quantitativeren Form zu schaffen. Somit können alternierende Handlungsweisen erforscht sowie weitreichende Planungen und das Treffen von Entscheidungen wissenschaftlicher untersucht werden.

EIN NICHTMINIMAL-PHASENINDEX UND SEINE
ANWENDUNG AUF SICH GEGENSEITIG BEEINFLUSSENDE
MEHRVARIABLE REGELUNGSSYSTEME

von
Edward J. Davison

Für ein lineares zeitinvariantes mehrvariables System wird ein Nichtminimalphasen-Index definiert. Dieser wird dann benutzt, um ein Maß für den Schwierigkeitsgrad der Stabilisierung des Systems zu geben, falls zwei oder mehr Regelungssysteme, von denen jedes eine Ausgangsvariable des Systems regelt, gleichzeitig für das System verwendet werden. Der Index ist einfach zu berechnen und wird voraussichtlich auch brauchbar sein, wenn die gegenseitige Beeinflussung in großen mehrvariablen Regelungssystemen auftritt, wie sie in der Prozeßsteuerung vorkommen. Es ist ein numerisches Beispiel für eine Destillationskolonne mit Druck- und Temperaturregelung enthalten.

ERFORSCHUNG EINES MULTIDIMENSIONALEN DÄMPFUNGSKRITERIUMS
VERALLGEMEINERUNG DES KRITERIUMS VON NASLIN

Société ECA Automation, 8 rue Bellini, Paris XVI^e
D. MARCHAND

Société Contrôle Bailey, 32 Blvd. Henri IV, Paris IV^e
M. MENAHEM

Die vorliegende Mitteilung stellt sich hauptsächlich die Aufgabe der Erforschung von normalisierten Matrixpolynomen /die die Differentialoperatoren repräsentieren/, die manche in der eindimensionalen Regelung laufend gebrauchte, bevorzugte Skalarpolynome - wie z.B. die Normalpolynome von Naslin verallgemeinern würden. Es ist bekannt, dass die letztgenannten Polynome zu einem Dämpfungskriterium führten, das von Naslin 1960 vorgeschlagen wurde und dessen praktisches Interesse ist breit, insbesondere in der industriellen Regelung, bestätigt worden. Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit ist einer teilweisen Analyse der Aufbreitung dieses Kriteriums auch auf multidimensionale Regelung gewidmet.

DIE ANWENDUNG VON GENERALISIERTEN MOHR-KREISEN BEI DER
GESTALTUNG MULTIVARIAEELER REGLER

A.G.J. MacFarlane und N. Munro

CONTROL SYSTEMS CENTRE,
UNIVERSITY OF MANCHESTER INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
GROSS BRITANNIEN

Es wird ein Gestaltungsverfahren für mehrschleifige, multivariable, lineare, proportionale Regler dargestellt. Das Verfahren beruht auf der Anwendung von generalisierten Mohr-Kreisen. Die Mohr-Kreiskonstruktion wurde erstmalig 1882 von Otto Mohr eingeführt, um die von Koordinatenachsenrehung auf Beanspruchungs- und Spannungstensoren ausgeübten Effekte zu zeigen. Der Hauptzweck dieses Artikels besteht darin, die möglichen Anwendungen ähnlicher Konstruktionen bei der Gestaltung multivariable Rückschlusssysteme darzustellen. Die bekannte komplexe Frequenzebene wird benutzt, was einen Zusammenhang zwischen dem hier entwickelten Verfahren und der konventionellen Kontrollsystemtheorie ergibt.

Zwei einfache Beispiele dieses Gestaltungsverfahrens werden dargestellt. Von diesen eines-für die Regulierung der Flüssigkeitshöhe in einem dreistufigen Vermischungstanksystem - repräsentativ für eine Gruppe von Anwendungen zwecks der Verarbeitungskontrolle.

EINE TRANSFORMATIONSMETHODE FÜR DIE ANALYSE UND SYNTHESE
VON MEHRVARIABLEN REGELUNGSSYSTEMEN MITTELS DIGITALER
RECHENAUTOMATEN

J. Gyürki

Forschungsinstitut für Automatisierung der Ungarischen
Akademie der Wissenschaften Budapest, Ungarn

Die Analyse- und Synthesemethoden der Regelungstheorie setzen voraus, daß für das zu untersuchende System eine geeignete mathematische Beschreibung verfügbar ist. Im allgemeinen werden sich jedoch die Modelle, die man durch mathematische Ableitungen unter Verwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten und durch Auswertung von Messungen mit Hilfe eines Kennwertermittlungsverfahrens erhält, voneinander unterscheiden.

Die Arbeit behandelt ein allgemeines Verfahren zur Ermittlung einer geeigneten mathematischen Struktur, die für eine Analyse und Synthese auf der Grundlage des Blockdiagrammes notwendig ist.

Im ersten Teil wird ein Verfahren zur Aufstellung der Zustandsgleichungen erläutert. Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Transformationsmethode zur Umwandlung der Zustandsmatrix eines Systems in eine kinematisch ähnliche Matrix, die eine kanonische Form besitzt. Auf diese Weise wird die Vereinfachung des unverfälschten Blockdiagrammes unter Beachtung der ursprünglichen Eingangssignale und Ausgangsvariablen ausgeführt.

Damit wird die Information verfügbar, die sowohl in den Zustandsgleichungen als auch in einem einzelnen Übertragungsglied zwischen je einen Eingangs- und Ausgangssignal enthalten ist. Die Synthese- und Analysemethoden, die sich auf die Zustandsmatrix oder auf die Übertragungsfunktion zwischen

je einen Eingangs- und Ausgangssignal gründen, sind direkt anwendbar.

Das gesamte Verfahren, das in der Arbeit zusammen mit einigen klassischen Analyse-Methoden beschrieben wird, ist für einen Digitalrechner programmiert worden.

EINE METHODE DER DIREKten DIGITALREGELUNG
WOBEI GEWICHTSFUNKTIONEN VERWENDET WERDEN

H.A. Barker und A. Hepburn

Universität von Glasgow

Glasgow, Schottland.

Die vorliegende Methode der direkten Digitalregelung eines Mehrfachregelsystems ist anwendbar wenn eine Linearisierung um den Arbeitspunkt eine realistische Annäherung zur Systemdynamik liefert. Mittels eines Korrelationsverfahrens werden erstens die dynamischen Eigenschaften durch die Anwendung binäres auf die Systemeingänge überlagertes Pseudorauschen dauernd festgestellt, und zweitens die aus falschen Korrelationen stammenden Fehler annährungsweise eliminiert. Der so erhaltene Satz von Gewichtsfolgen dient als Basis für den Aufbau von unabhängig voneinander wirkenden und auf einem neuen rekursiven Verfahren arbeitenden Vorwärtswirkungs- und Rückführungsreglern. Diese Regler gewährleisten, daß die Einflüsse messbaren und unmessbaren Störungen die geregelten Ausgänge des Systems nicht erreichen. Die anhand eines simulierten Systems gefundene Resultate werden mitgeteilt.

ZUR SYNTHESE OPTIMALER REGELUNGSSYSTEME BEI
VORGEGEBENER ZUVERLÄSSIGKEIT

W.A.Bodner, K.B.Alexew, R.A.Sakirow, Moskau, UdSSR

Für eine Klasse von Regelungssystemen mit begrenzten energetischen Hilfsquellen gilt als Optimalkriterium das Minimum an Energieverbrauch für die Regelung bei zulässiger Regelzeit und anderen Gütekennwerten der Regelung. Die vorgeschriebene Zuverlässigkeit wird erst im letzten Stadium der Projektierung des Systems bei der konkreten Schaltung eingehalten. Diese Syntheseprozedur moderner Regelungssysteme ergibt sich, weil ein allgemeines Optimierungskriterium, das die Gütekennwerte und die Zuverlässigkeit des Systems einschließt, fehlt.

Im Vortrag wird der Versuch unternommen, für eine angeführte Klasse von Systemen ein Verfahren zu ihrer Synthese zu formulieren, das die Forderungen einer vorgeschriebenen Zuverlässigkeit schon im Anfangsstadium der Projektierung berücksichtigt. Unter Verwendung dieses Verfahrens werden die Realisierungen des optimalen Systems aus den Bedingungen seiner maximalen Strukturzuverlässigkeit abgeleitet. Ein Maß dafür ist der Grad der Strukturänderung des Steuerteils des Systems, wenn die optimalen Steuerungsgesetzmäßigkeiten realisiert werden.

Die Zuverlässigkeit der Schaltung des Systems, wofür als Kennwert die Wahrscheinlichkeit eines havariefreien Betriebes gilt, wird gleichzeitig mit der Minimierung des Gütfunktionalen mit einbezogen.

Die grundsätzlichen Züge des Verfahrens werden am Beispiel von Objekten mit verschiedenen dynamischen Strukturen, sowohl im Teil der Realisierung des optimalen Systems mit maximaler Strukturzuverlässigkeit, als auch bei der Erreichung der verlangten Wahrscheinlichkeit eines zuverlässigen Betriebes, illustriert.

OPTIMALE REGELUNG EINER KLASSE DISKRETER SYSTEME
Ole A. Solheim und Freddy Pöhner

ABTEILUNG DER AUTOMATISCHEN REGELUNG
TECHNISCHE UNIVERSITÄT NORWEGENS
TRONDHEIM, NORWEGEN

Diese Abhandlung befasst sich mit optimaler Regelung von Prozessen in welchen man die Regelgröße nur in diskreten Zeitabständen ändern kann.

Solche Probleme findet man beispielsweise in einem durch ein Rechengerät gesteuertem System. Eine wirksame Methode für die Lösung solcher Steuerungsprobleme ist der "discrete maximum" Grundsatz. Ein elementarer Beweis dieses Grundsatzes wird gegeben.

Es wurden einige rechnerische Gesichtspunkte des Regelungsproblem besprochen, wobei der lineare Prozess besonders betrachtet wurde.

Endlich werden einige Beispiele gegeben um die Methode vorzuführen und um den Einfluss der Abtastfrequenz auf das Verhalten des Systems zu zeigen.

Johannes Moik

Institut für Angewandte Mathematik
Technische Hochschule Graz, Austria

Die Arbeit beschreibt die Bestimmung optimaler Steuerungen für nichtlineare diskrete Systeme mit Einschränkungen in den Zustandsvariablen. Es wird gezeigt, daß dieses optimale Steuerungsproblem als Aufgabe der mathematischen Programmierung formuliert werden kann. Durch Linearisierung der nichtlinearen Systemgleichungen und mit Hilfe der Alternativsätze für Systeme von linearen Gleichungen und Ungleichungen werden notwendige Bedingungen für eine optimale Lösung erhalten. Für lineare Systeme mit einer konvexen Zielfunktion sind diese Bedingungen notwendig und hinreichend. Weiters wird gezeigt, daß die erhaltenen Ergebnisse ein diskretes Maximumprinzip, welches auch Einschränkungen für die Zustandsvariablen berücksichtigt, darstellen.

KETTENMODELLE ALS INERTIALLOSE OPTIMALE REGLER

FÜR MEHRDIMENSIONALE REGELSTRECKEN

Konstanty KURMAN /Polen/

Das Referat behandelt eine neue, perspektivische Optimalisierungsmethode mittels Kettenmodelle. Bei den bisher bestehenden Methoden wachsen die Auslagen für Optimalisation mit Quadrat der Dimension des Problems oder schneller; bei der hier besprochenen Methode wachsen sie linear. Das Wesentliche der Methode besteht darin, dass das dynamische Problem auf ein statisches zurückgeführt wird, sowie dass die physikalische Variationsgesetze beim Modellieren ausgenutzt werden.

Für das Problem der statischen Optimalisation wird ein elektrisches "energetisches Modell" der Lagrange-Funktion geschaffen, in Ahlehnung an die modifizierte Dennis-Analogie: die Knotenpotentiale stellen Desisionsvariablen und Lagrange-Multiplikatoren dar, wobei die Leistungsaufnahme den Wert der Lagrange-Funktion repräsentiert. Auf Grund des modifizierten Maxwellprinzips der minimalen Leistung, die Gleichungen des ersten Kirchhoff'schen Gesetzes stellen "Optimalitätsrelationen" dar, wobei das Modell "selbstoptimierende" Eigenschaften besitzt, welche bei entsprechender Behandlung der Beschränkungen und anderer Nichtlinearitäten des Problems nicht untergraben werden. Das Modell ist theoretisch inertiallose; praktisch realisiert es die Gradientenmethode von Arrow-Hurwicz, wobei sich die Lösungszeit von Sekundenbruchteilen ergibt. Das Modell eines Problems der optimalen Steuerung hat eine spezifische Kettenstruktur; es kann als ein optimaler Regler für eine breite Klasse von Regelstrecken angewendet werden.

ANFÄNGE EINER INFORMATIONSTHEORIE DER STEUERUNG

B. N. Petrow, W. W. Petrow, G. M. Ulanow, V. M. Ageew,
A. V. Zaporozec, A. S. Uskow (Moskau),
I. L. Kocubiewskij (Wladiwostok)

Wenn man ein großes System in hierarchische Organisationsebenen unterteilt, kann man an Steuerungsprozesse vom Standpunkt der Informationstheorie und statistischen Physik herangehen.

Zu diesem Zweck werden auf jeder Ebene die informationstheoretischen Charakteristiken von Steuerungsprozessen allgemeiner Art studiert. Der Ableitung der informationstheoretischen Charakteristiken werden die von den Autoren eingeführten Unterscheidbarkeitsschwellen der Zustände eines Steuerungssystems - auf seiner betrachteten Organisationsebene - zugrunde gelegt.

Die informationstheoretischen Charakteristiken gestatten eine Bewertung der möglichen Arbeitsweisen von Steuerungssystemen, darunter auch der Dynamik determinierter und nichtstationärer Prozesse.

Auf der Grundlage des Entropiebegriffes wird die Aufgabe der statistischen Stabilität verallgemeinert, und für Steuerungssysteme werden spezifische, notwendige Bedingungen formuliert. Weiterhin werden Analogie und Zusammenhang zwischen der statistischen Stabilität und der klassischen Stabilitätsaufgabe nach Ljapunov gezeigt.

Die informationstheoretischen Bedingungen stellen die notwendigen Realisierbarkeitsforderungen für die Steuerung eines gegebenen Systems mit vorgegebener Güte dar. Gestellt wird die Aufgabe über die erreichbaren, in informationstheoretischer Hinsicht optimalen Grenzen eines Steuerungssystems.

Die potentiellen Grenzen von Steuerungssystemen hängen mit der Kanalkapazität von Element und Steuerungssystem zusammen. In bezug auf die Besonderheiten von Steuerungssystemen wird das Spezifische des Begriffes "Kanalkapazität" gezeigt. Für die Bestimmung der Kanalkapazität werden die grundlegenden Gleichungen angegeben.

In der Arbeit werden die informationstheoretischen Bedingungen grundlegender Arbeitsweisen von Steuerung und Regelung untersucht, darunter auch Stabilisierung (Aufrechterhaltung) der Zustände eines Steuerungssystems, Reproduzieren geforderter Zustände und informationstheoretische Bedingungen der Invarianz (absolute und ε -Invarianz). Für das Entropie-Gleichgewicht werden allgemeine Gleichungen aufgestellt, die den grundlegenden Arbeitsweisen einer Steuerung entsprechen, und zwischen Problemen der statistischen Physik und Informationsprozessen bei der Steuerung wurden allgemeine Analogien gefunden. Zur Berechnung von Steuerungssystemen nach den vorgelegten Methoden werden Beispiele angegeben.

MONTE CARLO METHODEN FUER DIE VORAUSSAGE UND FILTERUNG

NICHTLINEARER STOCHASTISCHER PROZESSE

J. E. Handschin (Schweiz), Centre for Computing and Automation, Imperial College of Science and Technology, University of London, London, S.W. 7. (U.K.)

Es wird gezeigt, wie Monte Carlo Methoden für die numerische Lösung nichtlinearer Voraussage- und Filterprobleme gebraucht werden können. Nichtlineare, zeit-diskrete, dynamische Systeme werden simuliert und Daten gesammelt, um die wichtigen Parameter der Wahrscheinlichkeitsdichten, die den Zustand des Systems beschreiben, schätzen zu können. Varianz-Reduktionsmethoden werden entwickelt, um den Wirkungsgrad der Stichprobenerhebung zu verbessern. Die Methode der antithetischen Zufallsvariablen und eine neue zweistufige Methode mit Referenzzufallsvariablen werden für das nichtlineare Voraussage-Problem entwickelt. Bayes' Methode wird für das Filterproblem benutzt. Die Verbindung analytischer Annäherungen nichtlinearer Filtergleichungen mit statistischen Methoden führt zu einer neuen Methode mit Referenzzufallsvariablen für die Schätzung des bedingten Mittelwertes. Einfache, aber erläuternde Beispiele zeigen, wie die verschiedenen Stichprobenverfahren benutzt werden.

EINFÜHRUNG ZUM MEHRKANAL STOCHASTISCHEN RECHNUNGSVERFAHREN UND ZUR REGELUNG

G.A. Ferraté, L. Puigjaner, J. Agulló

Die Wissenschaft des Stochastischen Rechnungsverfahrens, welche die Wahrscheinlichkeitsrechnung als analoge Größe einführt, hat eine grosse Zukunft obwohl bis heute wenig über Entwicklungen berichtet wurde, so ergeben sich doch auf Grund der zwischen analogen und digitalen Rechnungsverfahren liegenden Eingeschalten interessante Anwendungsmöglichkeiten für das Gebiet der Prozesssteuerungen.

Einer Einführung in das Konzept der im Zeitraster gebundenen willkürlichen Pulskodierung von Variablen folgt eine Diskussion der Präzisionsanalyse. Wahrscheinlichkeit ist nicht direkt messbar und statistische Methoden werden erforderlich, um durch Mittelwertbildung Pulsketten Werte zu bestimmen. Die dynamischen Eigenschaften verschiedener Mittelwertbildungsverfahren werden miteinander verglichen, und somit die Zusammenhänge zwischen Pulskettenlinie, Zeitfrequenz und Bandpass aufgezeigt.

Die Erstellung stochastischer Reihen mit vorgegebener Pulsketten-Wahrscheinlichkeit benutzt hierzu Stichproben aus digitalen oder analogen Rauschvorgängen, deren Wahrscheinlichkeitsdichte Funktion rechteckig ist. Die Methode wie derartige Rauschvorgänge aus willkürlichen oder Pseudo-willkürlichen binären Pulsketten gewonnen werden wird gleichfalls besprochen.

Um den dynamischen Bereich der Variablen zu erhöhen, schlagen die Verfasser vor, eine verallgemeinerte stochastische Kodierung vorzunehmen und dieses mithilfe mathematischer Erwartung durch die Anwendung logarithmisch bewerteter Wahrscheinlichkeiten.

Die damit erzielte willkürliche stochastische Gleitkomma Kodierung ergibt sehr interessante Konsequenzen.

Die bisher entwickelten Geräte wurden dahingehend geändert, dass sie den Forderungen der Mehrkanal verallgemeinerten Stochastischen Kodierung rechnungstragen. Nach einer besondere Methode die Störquellen erhält.

KORREKTHEIT, REGULARISIERUNG UND PRINZIP EINER
MINIMALEN KOMPLIZIERTHEIT IN DER STATISTISCHEN
DYNAMIK VON REGELUNGSSYSTEMEN

W.W.Soledownikow, W.L.Lenski, Moskau, UdSSR

Die Lösung von Optimierungsaufgaben in der statistischen Dynamik von Regelungssystemen führt auf ein System von Integralgleichungen, die im Sinne von A.N.Tichonow inkorrekt sind. Deshalb kann die Lösung dieser Aufgaben mit Hilfe des Digitalrechners mit großen Fehlern behaftet sein und optimale Systeme sind nicht realisierbar.

Inkorrekt im gleichen Sinne ist auch die bekannte Integralgleichung, die den statistischen Methoden der Identifizierung zugrunde liegt.

Um stabile Lösungsalgorithmen für die Aufgaben der statistischen Dynamik zu bekommen, verwendet man zweckmäßig die Regularisierungsmethode für inkorrekte Aufgaben nach A.N.Tichonow.

Im Vortrag wird gezeigt, daß man bei entsprechender Wahl des zu regularisierenden Funktionalen dieser Art mit dem Ansatz zur Lösung der Syntheseaufgabe nicht nur korrekte Algorithmen sondern auch noch Systeme minimaler Kompliziertheit erhält.

Formuliert werden Begriffe und Prinzipien minimaler und begrenzter Kompliziertheit.

Die Anwendung der Prinzipien der Kompliziertheit wird an einer Reihe von Beispielen illustriert, speziell am Beispiel der Synthese eines nichtlinearen diskreten Filters mit endlichem Speicher.

BERECHNUNG DER OPTIMALEN STEUERUNG FÜR EINEN
ROBOTER IN EINER TEILWEISE UNEBENÄNTEN UMWELT

W. G. Keckler und R. E. Larson
Stanford Research Institute
Menlo Park, California, USA

Die Optimierung von Systemen, in denen stochastische Effekte auftreten, sind von einer Reihe von Forschern umfassend studiert worden, Extrem allgemein ist dieses Problem von Meier als kom-biniertes Problem der optimalen Steuerung und Schätzung bezeichnet worden. Die Lösung dieses Problems wurde mit Hilfe der dynamischen Programmierung formuliert. Auch wenn verschiedene theoretische Arbeiten darüber vorliegen, so wurden doch sehr wenige Beispiele für beliebige Fälle - außer für das lineare Gaußsche Problem - gelöst.

Diese Arbeit beschreibt zunächst die Anwendung der durch dynamische Programmierung gefundenen Lösung auf das Problem der optimalen Steuerung eines mit Sinnesorganen ausgerüsteten Roboters, der in einer unbekannten Umgebung arbeitet. Für die Formulierung einer Klasse von stochastischen Steuerungsproblemen, bei denen es sowohl informationelle, den Grad der Kenntnis über den physikalischen Systemzustand angebende Variable als auch physikalische Variable von einem Typ gibt, dem man in den meisten Anwendungen der Steuerung begegnet, wird eine Methodik vorgelegt. Diese Probleme treten in einer Anzahl von Bereichen auf. Das hier diskutierte Roboterbeispiel ist verwandt mit dem allgemeinen Problem der unbemannten Erforschung einer feindlichen, unzugänglichen Umwelt; indessen ist eine andere Formulierung dieses Typs für Probleme der Betriebszuverlässigkeit entwickelt worden. Die detaillierten Rechnungen, die beim Beschreiten dieses Weges erforderlich sind, werden ebenfalls beschrieben. Es wird gezeigt, daß die dynamische Programmierung durchgeführt werden kann für die Behandlung von Systemgleichungen, Leistungskriterien sowie Beschränkungen, die gleichzeitig physikalische und informationelle

Variablen enthalten. Die Beziehung von Begriffen aus der Systemtheorie, wie duale Steuerung und Wert der Information, zu dem kombinierten Problem der optimalen Steuerung und Schätzung werden auch demonstriert.

Bei dem Roboterproblem wächst die rechnerische Komplexität mit der Zahl der physikalischen und informationellen Zustandsvariablen exponentiell an. Folglich sind viele interessierende Probleme zu unhandlich, um auf einem heutigen Rechenautomaten in strenger Form gelöst zu werden. Um diese Probleme in Angriff zu nehmen, ist eine heuristische Methode ersonnen worden, die auf dem Optimierungsalgorithmus beruht. Somit wird es in dieser Arbeit möglich, die Relation zwischen den heuristischen Methoden und den Optimierungsverfahren für ein konkretes Beispiel zu analysieren. Die Ergebnisse der heuristischen Methoden werden auch mit der Leistung des Menschen in einigen repräsentativen Fällen verglichen.

STATISTISCHE PROBLEME DES INFORMATIONSFLUSSES
IN GROSSEN SYSTEMEN

Juliusz Lech Kulikowski

Instytut Automatyki, PAN, Warszawa, Polen

Der Artikel stellt den Anriß der Ansichten des Autors auf das statistische Herantreten zur Theorie der Informations- systeme. Die Informationssysteme wurden als Subsysteme grosser Regelungssysteme behandelt. Die Organisation des Informations- systems wurde als ein Komplex von Raumstruktur, Funktional- struktur sowie der Grundlagen operativer Wirkung des Systems, charakterisiert. Vorgeschlagen wurde ein Mass des Informations- gebrauchwertes (Formel (1)), das auf dem Begriff des halb- geordneten, linearen, Raumes basiert und eine Verallgemeiner- ung des von A.A. Charkiewicz eingeführten Masses darstellt. Es wurden wichtigere Eigenschaften stochastischer Prozesse der Markow-klasse, die zur Analyse der in Informationssystemen stattfindenden Prozesse Anwendung finden, besprochen, grundle- gende, die statistischen Eigenschaften solcher Prozesse be- schreibenden Gleichung (Formel (14)) abgeleitet. Besprochen wurde die Möglichkeit angenäherte Lösungen der Gleichung zu bekommen, die nötigen Bedingungen stochastischer Stabilität eines Informationssystems wurden abgeleitet.

ÜBER EIN SYSTEM ZUR AUTOMATISCHEN STEUERUNG VON FERTIGUNGS-
PROZESSEN FÜR MIKROSCHALTKEKREISE

Gluschkow, W.M.; Derkatsch, W.P.; Makarow, G.T.
Kiew, UdSSR

Im vorliegenden Bericht werden die wesentlichen Eigenschaften der technologischen Verfahren für die Herstellung von Schaltkreisen unter dem Gesichtspunkt einer einfachen Automatisierung dieser Prozesse angegeben. Es wird gezeigt, daß die Elektronenstrahltechnologie eine der aussichtsreichsten Technologien ist. Mit Hilfe von Elektronen- und Ionenbündeln kann man p-n-Übergänge herstellen, Mikroschweißungen ausführen, die Komponenten der Mikroschaltkreise verbinden, verdampfen, polymerisieren, leichtflüchtige Verbindungen zerlegen zum Zwecke der lokalen Einsetzung chemischer Elemente, hermetisch abschließen, Fotowiderstandsschichten belichten, filmartige Schichten herstellen, hochgenaue Schablonen schaffen, Kenngrößen der technologischen Prozesse und der Erzeugnisse messen und kontrollieren, chemische Zusammensetzungen feststellen, d.h. eine Vielzahl wichtiger Operationen ausführen, die für die Formierung der Mikroschaltkreise notwendig sind.

Es werden weiterhin die Bedingungen untersucht, unter denen solche Elektronenstrahlprozesse durchgeführt werden können, die eine hohe Reproduzierbarkeit der Schaltkreisparameter, eine große Packungsdichte der Elemente, eine vergleichsweise einfache Steuerung der Schaltkreisherstellung u.a. gewährleisten. Die Elektronenstrahltechnik ist einer der neuen Bereiche der Technik, die ohne die Ausnutzung der Kybernetik für Steuerungszwecke undenkbar wären.

Es werden die Schwierigkeiten beschrieben, die bei der Schaffung von Systemen mit geschlossenem Wirkungskreis auftraten. Mit diesen Systemen soll die Fertigung der Mikroschaltkreise vollständig automatisiert werden. Außerdem werden Beispiele für die Aufgaben angegeben, die gelöst werden müssen, um die genannten Schwierigkeiten zu überwinden. Forderungen an Steuerungssysteme mit offenem Wirkungskreis mit Elektronenstrahl-anlagen für die Materialbearbeitung werden begründet. Schließlich werden Kenngrößen digitaler Steuereinrichtungen angegeben,

die am Institut für Kybernetik der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR erarbeitet worden sind. Diese digitalen Steuereinrichtungen sind zur Steuerung von Elektronenstrahlprozessen bei der Herstellung von Mikroschaltkreisen bestimmt. Die angegebenen Kenngrößen enthalten hinsichtlich der verwendeten Algorithmen, der Struktur, der Konstruktion und anderer Eigenschaften verschiedene Besonderheiten. Einige Beispiele aufgestellter Programme werden angeführt.

EIN MIKROMUSTER-POSITIONIERUNGSSYSTEM

Y. Oshima und B.S. Chang

Institut für Betriebswissenschaft der
Universität Tokio
Tokio, Japan

Das Mikromuster-Positionierungssystem ist für die automatische Montage von Transistoren und integrierten Schaltungen notwendig. Diese Arbeit beschreibt das Mikromuster-Positionierungssystem, das für die automatische Befestigung der Anschlußdrähte an die Transistorplättchen entwickelt wurde.

In diesem System wird die Erkennung der Muster durch ein spezielles photoelektrisches Mikroskop durchgeführt, dessen optisches System L-förmige Schlitze, Photomultiplizierer und Differentialverstärker enthält. Wenn das Muster mit einer Ausdehnung von mehreren Hundert Mikron in X- oder Y-Richtung bewegt wird, so liefert das photoelektrische Mikroskop einen Ausgangsimpuls an der bestimmten Position, abhängig vom optischen Muster. Der Tisch, auf dem die Transistorplättchen liegen, wird mit Hilfe von Mikrometerschrauben, Schnellführungsmechanismen und Schrittmotoren in X- und Y-Richtung bewegt. Schaltkreise, bestehend aus Zählern und logischen Schaltungen, steuern die Auffeinanderfolge von Operation und Positionierung.

Der erste Schritt der Positionierung ist eine schnelle Bewegung in Y-Richtung. Dann wird durch die optische Markierung auf Feinbewegung mittels Schrittmotor umgeschaltet. Die Ausgangsimpulse des photoelektrischen Mikroskop starten den Zähler, der die Schritte des Motors in Y-Richtung zählt. Die Bewegung in Y-Richtung wird gestoppt, wenn die Position mit dem eingestellten Zählerstand übereinstimmt. Anschließend beginnt die Feinbewegung in Y-Richtung. Die Ausgangsimpulse des photoelek-

trischen Mikroskops bei Bewegung in X-Richtung stoppen den Tisch.

Experimente über den Einfluß der Lage der Transistorplättchen, der Dejustierung der Schlitze, des Typs der Transistorplättchen, der Beleuchtung und Rotationsverlagerung der Plättchen wurden angestellt. Die experimentellen Ergebnisse lieferten eine Genauigkeit der Positionierung von besser als $\pm 5\mu$.

H. Bühler

Stromrichter weisen ein typisches unstetiges Verhalten auf. Es ist daher angebracht, den Stromrichter als Abtastsystem zu betrachten. Es wird gezeigt, wie sich das Verhalten eines Stromrichters bei kleinen Zündwinkeländerungen auf ein normales Abtastsystem mit Dirac-Impulsen zurückführen lässt. Ebenso kann auch der Einfluss der Kommutierung berücksichtigt werden. Das Blockschaltbild des Stromrichters mit Zündwinkeländerung als Eingangsgröße und Stromänderung als Ausgangsgröße weist dann die Struktur eines rückgekoppelten Abtastsystems auf. Zur Bestimmung des Übergangsverhaltens kann daher die diskrete Laplace-Transformation verwendet werden.

Anschliessend wird gezeigt, wie sich ein Stromregelkreis untersuchen lässt. Das Blockschaltbild kann ebenfalls auf ein normales rückgekoppeltes Abtastsystem zurückgeführt werden, so dass alle bei Abtastsystemen bekannten Verfahren insbesondere auch für die Stabilitätsuntersuchung verwendet werden können. In vielen Fällen ist es erwünscht, anstelle der diskreten Übertragungsfunktion des geschlossenen Stromregelkreises mit der gewöhnlichen Übertragungsfunktion zu arbeiten. Hierzu steht die D^{-1} -Transformation zur Verfügung. Es wird nun gezeigt, wie mit der Näherung $e^q = (2 + q)/(2 - q)$ die gewöhnliche Übertragungsfunktion mit genügender Genauigkeit als rationale Funktion dargestellt werden kann.

Abschliessend wird als Anwendungsbeispiel kurz auf die Resultate hingewiesen, die bei der Untersuchung eines Stromregelkreises bei einem Gleichstrommotor mit Stromrichterspeisung gefunden wurden.

SCHNELLE STEUERUNGSSYSTEME MIT FREQUENZGEBERN

Krug, E.K.; Legowitsch, E.A.

Moskau, UdSSR

Schnelle Steuerungssysteme, deren Eingangssignale von Frequenzgebern stammen, besitzen eine Reihe Besonderheiten: die Meßzeit hat grundsätzlich einen endlichen Wert, der mit anderen zeitlichen Kennwerten des Systems verglichen werden kann; das Frequenzsignal erlaubt es, sowohl analoge als auch digitale Methoden für die Messung und Meßwertwandlung zu benutzen; eine Einrichtung, die in Analogtechnik aufgebaut ist, hat eine begrenzte Genauigkeit, die statische und dynamische Fehler hervorruft; die Anwendung der Zeit- und der Amplitudenquantisierung führt auch bei Einsatz digitaler Methoden zu einer begrenzten Genauigkeit der Steuerungs- und Regelungseinrichtungen.

Im folgenden werden Ergebnisse der Genauigkeitsanalyse bezüglich der Wiedergabe korrigierender Einflüsse verschiedener Art in Abhängigkeit vom Aufbau der Steuerungssysteme angegeben. Es werden ferner Empfehlungen über den prinzipiellen Aufbau von Systemen für verschiedene Steuerungsalgorithmen und Frequenzsignalkennlinien gegeben. Diese Empfehlungen beruhen auf der Bewertung der möglichen Genauigkeit, mit der vorgegebene Steuerungsalgorithmen realisiert werden können (wobei berücksichtigt wird, daß die erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit gewährleistet sein muß), und auf der Bewertung der Kompliziertheit des apparativen Aufbaus der Systeme.

OPTIMALE KALIBRIERUNG VON TRAEGHEITSKOMPONENTEN

George T. Schmidt
Instrumentation Laboratory, Massachusetts Institute
of Technology, Cambridge, Mass.

Methoden zur Verbesserung der Kalibrierung von Traegheitsinstrumenten auf der Ebene der Komponenten, des Systems oder des Fahrzeugs mit Hilfe moderner statistischer Filterungsverfahren werden aufgezeigt. Voraussetzung hierzu ist, dass geeignete Modelle der beteiligten dynamischen Vorgaenge sowie Methoden zur Beherrschung des ungeheuren Rechenaufwandes gefunden werden. Kalibrierungsverfahren unter Verwendung statistischer Filter werden in allgemeiner Form beschrieben zusammen mit Methoden zur Vereinfachung des Rechenaufwandes. In einer ersten Anwendung werden die Messergebnisse eines Kreiselpruefverfahrens mit Hilfe der beschriebenen Methode behandelt und die Ergebnisse mit denen einer Fourieranalyse verglichen. In einer zweiten Anwendung wird ein System zur Ausrichtung und Kalibrierung der Traegheitsplattform des Apollo Flugfuehrungs-, Navigations- und Regelsystems entworfen und in seiner Ausfuehrung gemeinsam mit Testverfahren beschrieben. Die Plattform ist dabei innerhalb der Traegerrakete montiert, die vom Wind verursachte Schwankungen ausfuehrt.

DIE ENTWICKLUNG DER FARBREGELUNG
EINER PAPIERMASCHINE

Henry Chao und Warren Wickstrom
Consolidated Papers, Inc.
Wisconsin Rapids, Wisconsin, USA

In dem Vortrag werden theoretische und praktische Hinweise einer Farbregelung nach dem On-line-Prinzip erläutert, die bei einer Papiermaschine der Consolidated Papers, Inc. erfolgreich angewandt wurden. Der Aufbau von digitalen Regel- einrichtungen wird angegeben. Über Ergebnisse von Modelldar- stellungen und des Prozesses wird berichtet.

DER ENTWURF EINES STEUERUNGSSYSTEMS FÜR EINE
PAPIERMASCHINENBUTTE

Teil 1 - Analytische Betrachtungen

J.K. Lee, H. Chao, I.B. Sanbourn, J.G. Bollinger
H.L. Harrison

Man betrachtet die Synthese eines mehrschleifigen Regelkreises für eine Papiermaschinenbütte. Ein allgemeiner Steuerungsalgorithmus ist aus den Betrachtungen des stationären Zustandes gewählt worden.

Reglerverstärkung u.s.w. wurden an Hand eines Systems der Übergangsfunktionen mit Hilfe eines speziell modifizierten Wurzelortskurveverfahrens ermittelt.

Die vorgeschlagenen Steuerungsparameter wurden im Betriebe geprüft.

Ein mathematisches Modell für Betrieb und Steuerung einer
Rübenzuckerfabrik.

R.M. Withers, R.J. Bass, M.F. Branch

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Aufstellung eines für die Praxis anwendbaren mathematischen Modells für die Optimierung der Diffusions- und Reinigungsarbeiten und der Erzeugung von Nebenprodukten in einer Zuckerfabrik. Die Entwicklung dieses Modells nahm ihren Ausgang von rein theoretischen Gleichungen von denen das gegenwärtige Prozesarechner-Programm abgeleitet ist; letzteres ist eine genaue Darstellung einer Folge von miteinander verflochtenen Prozessen welche laufend aus dem On- und Off-Line Betrieb revidiert werden.

Die Untersuchungen wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe befasst sich mit der Überprüfung bzw. Modifizierung der mathematischen Beziehungen. Die zweite Gruppe besteht aus Versuchen und deren Ausführungsweise zur Aufstellung von neuen Beziehungen in denjenigen Phasen des Prozesses für die zur Zeit nur wenig oder keine Angaben vorliegen.

Die für die Datenerfassung und Bearbeitung verwendeten Apparaturen und Überlegungen werden besprochen. Es folgt eine Beschreibung der Versuche und Erfahrungen mit der Datenerfassung von On-Line Instrumenten und deren Primärsignalen und Signalumwandlungen, zusammen mit dem angewandten Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungssystem mittels Telefon an den Fernprozesarechner.

Die nicht-linearen Eingriffe zur Optimierung des Modells und seiner Maximalausnutzung, besonders in Hinsicht auf die Einschaltung von Befehlareduktionen welche auf Grund der physikalischen und praktischen Begrenzungen der Anlage selbst erforderlich sind, werden besprochen.

Ferner wird die Darstellung der Ergebnisse dieses Programmes zusammen mit den Daten von anderen Off-Line Steuerungsprogrammen und deren Integrierung auf ein kombiniertes Prozesarechner-Steuerungssystem erläutert.

Zum Abschluss wird kurz über die weitere Entwicklung der Apparaturen und das für eine neue, zur Zeit noch im Bau befindliche, englische Zuckerfabrik geplante Steuerungssystem berichtet. Diese Fabrik wird täglich 7 500 t Rüben verarbeiten und wird neben einem hochentwickelten, konventionellen Prozessregelungssystem ebenfalls mit einem Digital-Prozesarechner ausgerüstet sein der einen grossen Teil der in diesem Aufsatz diskutierten Aufgaben mit umfangreicheren On-Line-Einrichtungen, einschliesslich einer On-Line Kontrollschaltung, bewältigen wird.

MEHRLAGIGE OPTIMALISATION UND DYNAMISCHE
KOORDINATION DES MASSEDURCHFLUSSES IN
DER ROHSTOFFABTEILUNG EINER ZUCKERFABRIK

Władysław FINDEISEN, Jerzy PUŁACZEWSKI, Andrzej MANITIUS

/Polen/

Qualitätsschwankungen der Zuckerrüben, Ungenauigkeiten in der Dosierung des Energiestroms und der Hilfsmaterialien, ständige Änderungen der Intensität der Masseströmung - dies sind in der Zuckerindustrie die Hauptursachen für auftretende Verluste. Um diese Verluste zu vermindern wurde ein mehrlagiges Steuersystem für die Rohstoffabteilung in Zuckerfabriken entworfen.

Die niedrigste Lage bilden konventionelle Stabilisations-Regelungskreise, deren Sollwerte durch lokale statische Optimalisatoren bestimmt werden. Die komplizierten technologischen Prozesse bedürfen eines übergeordneten statischen Optimalisierungssystems, welches die Produktionskosten auf der ganzen Linie durch Einwirken auf die einzelnen lokalen Optimalisatoren minimalisiert.

Die Information über die für den gegebenen Tag gewünschten Wert der Zuckerrübenverarbeitung werden dem übergeordneten statischen Optimalisator durch das System der dynamischen Produktionsoptimalisierung geliefert. Wenn aus irgendwelchen Gründen eine vorübergehende Störung in der Zuckerrübenverar-

beitung eintreten sollte /z.B. ein Ausfall von einer Pumpe für mehrere Minuten/, so wird die Leitung der technologischen Linie durch ein System der Massedurchflusskoordinierung übernommen, welches die durch die Störung hervorgerufenen Verluste auf einem minimalen Niveau wehält und nach Beendigung der Störung die Auffüllung der Behälter und den Durchfluss wieder auf die gewünschten Werte bringt. Nach Erfüllung dieser Aufgabe schaltet sich das Durchflusskoordinierungssystem wieder ab und die Steuerung der technologischen Linie erfolgt wieder durch das System der statischen Optimalisierung.

Im Referat wird die Arbeitsweise des mehrlagigen Steuersystems näher erklärt.

DURCHFÜHRUNG DER RECHNERSTEUERUNG EINES DREHOFENS MITTELS
KENNWERTERMITTlung

Tsuneo Otomo and Toichiro Nakagawa
Chichibu Cement Co. Ltd., Tokyo, Japan

Hirotugu Akaike

The Institut of Statistical Mathematics, Tokyo, Japan

1963 wurde die on-line Rechnersteuerung in die Kumagaya-Anlage der Chichibu Cement Company, Japan, eingeführt. Zuvor wurden Experimente zur Ermittlung der Übergangscharakteristiken des Ofens durch künstliche Änderungen verschiedener Steuereingänge durchgeführt, und es wurde ein Modell entworfen. Auf der Grundlage dieses Modells wurde ein Rechnerprogramm für die Ofensteuerung entwickelt. Ferner wurde ein anderes Rechnerprogramm für die gemischte Steuerung entworfen. Dieses Programm arbeitete befriedigend. Später, als der Produktionsumfang vergrößert wurde, änderte sich das dynamische Verhalten des Ofens beträchtlich und das ursprüngliche Programm der Ofensteuerung konnte die Änderungen nicht abfangen. Weiterhin wurde ermittelt, daß es unmöglich war, einen charakteristischen künstlichen Eingang an den Ofen anzubringen, um den Übergangsvorgang zu beobachten, da das stationäre Verhalten des Ofens nur durch menschlichen Eingriff aufrecht zu erhalten war. Auf diese Weise zeigte sich, daß nicht nur das Programm selbst, sondern auch der Grundgedanke der Programmentwicklung vollständig überprüft werden mußte. 1965 wurde der ziemlich lange Weg der Kennwertermittlung begonnen.

Umfangreiche Spektralanalysen des Ofens wurden unter normalen Arbeitsbedingungen durchgeführt, aber die Kreuz-Spektralmethode

ließ kein eindeutiges Ergebnis über diese Art von Systemen mit Rückführungsschleife zu. Verschiedene andere Annäherungen wurden geprüft, die aber zu unbefriedigenden Ergebnissen führten.

Während dieser numerischen Analysen wurden verschiedene typische Leistungsschwankungen ausführlich studiert und ein qualitatives Modell des Ofenverhaltens aufgestellt. Bei der Entwicklung dieses groben Ofenmodells wurde von dem Prinzip ausgegangen, daß das Modell die besonderen Situationen in der Leistung begründen sollte. Auf der Basis dieses Modells wurde ein Versuchsprogramm entwickelt und ausführlich geprüft, damit keine Verschlechterung des Ofenzustandes eintreten konnte. Das Ergebnis der Anwendung des Programms war befriedigend.

MODELLIERUNG EINES PYRITVERHÜTTUNGSPROZESSES

T. Talonen, Outokumpu Oy, Kokkola, Finland
A. Niemi, University of Oulu, Oulu, Finland

Eine Gasgemischatmosphäre ergibt sich, wenn Schwefel aus feinkörnigem Pyrit mit der Flammen-Schmelz-Methode ("Flash-Smelting") gewonnen wird. Der Prozeß wird gegenwärtig mit Hilfe einer Kombination von handelsüblichen Analogrechengeräten geregelt. Das mathematische Modell des Schmelzprozesses gründet sich auf dem thermodynamischen Gleichgewicht der Gasphase, die durch eine Anzahl algebraischer Gleichungen beschrieben wird. Nach erfolglosen Versuchen mit der Methode von Newton-Raphson und der Methode des steilsten Anstiegs gelang die Lösung mit der Methode von Rosenbrock. Sekundär wurden das Wärmegleichgewicht und die Mischungsverhältnisse von Rohmaterial und Gas dem Modell eingegeben. Ein im on-line-Betrieb arbeitender Rechner wird bei Verwendung dieses Modells für die Regelung benötigt, damit eine maximale Gewinnung des reinen Produkts erzielt werden kann.

SYNTHESE VON VERMASCHTEN REGELUNGSSYSTEMEN

M.W.Mejerow, P.T.Januschewski, Moskau, UdSSR

Für die Synthese von vermaschten Regelungssystemen ist die Wahl ihrer rationalen Struktur von erstrangiger Bedeutung. In zahlreichen Arbeiten wurde festgestellt, daß die Autonomie im allgemeinen Falle keine notwendige Eigenschaft für vermaschte Systeme ist und daß es häufig nicht begründet ist, Autonomie anzustreben. In der vorliegenden Arbeit erfolgt die Auswahl der Struktur eines linearen vermaschten Systems aufgrund der Minimierung des integralen quadratischen Gütefunktionalen aus der Differenz der vorgegebenen und der geregelten Größen und aus den Führungsgrößen in den Gleichungen des vermaschten Objektes (wobei seine Gewichts- oder Übertragungs-Matrix gegeben ist) bei willkürlichen Anfangsbedingungen und bei Berücksichtigung der auf das Objekt einwirkenden Störungen. Die betrachtete Aufgabe hängt unmittelbar mit den optimalen Filtern, mit analytischer Konstruktion usw. zusammen, unterscheidet sich aber davon durch eine allgemeinere Aufgabenstellung. Gleichzeitig werden sowohl willkürliche Anfangsbedingungen der Koordinaten des Objektes, die der Führungsgröße folgen, und die an das Objekt angreifenden Störungen berücksichtigt. Wie die Syntheseaufgabe, so besteht die vorliegende Aufgabe im Bau von Systemen, die den am Objekt angreifenden Störungen maximal entgegenwirken (betrachtet wird der Fall, daß die Störung durch die Messung beeinflußt wird oder daß sie nicht unmittelbar gemessen werden kann), wobei die Wirksamkeit der Störabwehr von den Koeffizienten des Ausdrucks unter dem Integral des Gütefunktionalen abhängt. Die Aufgabe wird in der komplexen Ebene gelöst. Betrachtet wird die Struktur des optimalen Systems und es werden Ausdrücke für die Übertragungsmatrix des synthetisierten Systems angegeben; der Einfluß der Koeffizienten des Gütefunktionalen auf die Eigenschaften des Systems wird untersucht. Weiter wird der Zusammenhang des synthetisierten linearen vermaschten Systems mit den Strukturen, die bei unbegrenzter Vergrößerung des Verstärkungsfaktors stabil sind, hergestellt. Für vermaschte Objekte mit innerer Symmetrie wird eine Zerlegungsmethode vorgeschlagen, mit der man die eigentliche Aufgabe in eine Reihe einfacher Optimalaufgaben zerlegt.

REDUKTION DER KOMPLEXITÄT EINES LINEAREN, ZEITINVARIANTEN DYNAMISCHEN SYSTEMS

D. Mitra

Gegeben ist ein lineares zeitinvariantes System X mit n Zustandsvariablen, das Problem ist die analytische Synthese eines ähnlichen Systems X_r mit $(n - m)$ Zustandsvariablen, dessen lineare Ausgänge in einem bestimmten Sinn gute Approximationen der Ausgänge von X sind.

Zwei prinzipielle Fälle von Eingängen werden betrachtet - (i) gewichtete Impulse und (ii) weißes Gaußsches Rauschen. Als entsprechende Fehlerfunktionen sind angenommen

$$(i) \quad E = \int_0^T e^t Q' e dt$$

und für

$$(ii) \quad M[E] ,$$

die mathematische Erwartung von E . Der Fehlervektor e ist die Differenz der Ausgänge von X und X_r ; Q' ist eine positiv definite Matrix. Unter anderen Variationen für (i) wird auch das Fehlerfunktional $E = \int f(t) e^t Q' e dt$ betrachtet, wobei $f(t)$ eine laplaceumformierbare Funktion ist.

Die Gramsche Matrix $W(T)$ ist grundlegend für die Analyse. Es wird gezeigt, daß gewisse algebraische Differentialgleichungen gelöst werden können, um $W(T)$ zu erhalten.

Der Reduktionsprozeß besteht, wie gezeigt wird, im allgemeinen aus zwei Etappen

steuerbares angenäherte nichtsteuer- strenge reduziertes
System X Reduktion bares System X Reduktion System X_r

Die strenge Reduktion ist mit den bekannten Gedanken der Zerlegung des Zustandsraumes verknüpft.

Der steuerbare Unterraum X hat die Dimension $(n - m)$. Der Fehlervektor beim angenäherten Reduktionsvorgang enthält "Spur"- und "Projektions"-Komponenten. Nur die Projektionen auf einen Unterraum, der invariant ist bezüglich der Matrix des dynamischen Systems, enthalten einen "Spur"-Vektor, der identisch gleich Null ist. Es wird eine Methode entwickelt, um die optimale Projektion auf einen invarianten Unterraum zu erhalten.

Die Anwendung der Theorie der entkoppelten Regelung auf ein
stetiges mehrvariables System

Planchard, J.A.; Law, V.J.

Zahlreiche empirische Methoden für die Bestimmung von Reglerparametern sind in der Vergangenheit entwickelt worden und haben eine weitverbreitete Anwendung gefunden. Wenn diese Methoden, die für einläufige Regelungssysteme entwickelt worden sind, jedoch auf stark gekoppelte mehrvariable Systeme angewendet werden, so ist häufig ein ungenügendes Systemverhalten die Folge.

Innerhalb der letzten zehn Jahre ist ein großer Teil der Theorie der mehrvariablen Systeme entwickelt worden. Vieles dieser Theorie betraf einen besonderen Gesichtspunkt bei der Mehrfachregelung, nämlich die entkoppelte Regelung. Trotz des großen Umfanges der vorhandenen Theorie hat deren praktische Anwendung auf dem Gebiet der Prozeßregelung nur geringe Aufmerksamkeit gefunden. Gegenstand dieser Arbeit war die physikalische Realisierung der entkoppelten Regelung eines mehrvariablen Systems, dessen mathematisches Modell Nichtlinearitäten, Totzeit und Glieder höherer als erster Ordnung enthält. Dieses System besteht aus drei in Serie geschalteten Rührkesseln, zu denen zwei Zuläufe mit unterschiedlichen festen Temperaturen führen. Die interessierenden Ausgangsvariablen waren die Temperatur und die Ausflußgeschwindigkeit des dritten Kessels.

Die Methoden der Entkopplung, die auf diese spezielle Strecke anwendbar sind, wurden dann benutzt um eine Anzahl von Regelungssystemen aufzubauen. Weil beinahe alle diese Methoden auf lineare, zeitinvariable Regelungssysteme ohne Totzeit zugeschnitten sind, war es zunächst notwendig, das Modell dieser Strecke in eine solche Form zu bringen. Eine Digitalrechnersimulation wurde durchgeführt, um eine vorläufige Berechnung dieses Systems zu er-

halten. Die Wirkungen der nichtlinearen Gleichungen und der Totzeit auf das Verhalten des entkoppelten Reglers ergaben sich als Wirkung gewisser Parameter, die für jede Konstruktion des Reglers spezifisch sind. Auch ein konventionelles Zweifachregelungssystem wurde zum Zwecke des Vergleiches konstruiert.

Drei repräsentative Regelungssysteme wurden dann unter Benutzung des Analogrechners TR-48 für die on-line-Regelung physikalisch realisiert.

Diese Studie zeigte, daß eine ziemlich gute entkoppelte Regelung erreicht werden kann, trotz der Nichtlinearitäten, der Totzeit und der ungenauen Modellbeschreibung. Diejenigen Methoden, bei denen der Regler in dem Regelkreis gerade vor der Regelstrecke wirkt, sind entschieden besser als jene Methoden, bei denen der Regler in der Rückführung angebracht ist.

Schließlich waren alle untersuchten entkoppelten Regelsysteme dem konventionellen Zweifachregelungssystem bedeutend überlegen.

VORSCHLAGE ZUR KONZIPIERUNG EINFACHER ENTKOPPLUNGSSCHALTUNGEN
UND ENTKOPPLUNGSELEMENTE FUER LINEARE ZWEIGROESSENREGELUNGEN
UND EINSTELLREGELN FUER DIE ANWENDUNG

W. Kraemer
Dr.-Ing.
AG BROWN BOVERI & CIE
Baden/Schweiz

Es wird gezeigt, dass in den meisten Zweigrössenregelsystemen mit teilweisen Entkopplungen, d.h. mit nur einer zusätzlichen Querverbindung in der Regeleinrichtung, bessere Regelergebnisse erzielt werden können als mit totalen Entkopplungen, d.h. mit zwei kreuzweisen Querverbindungen in der Regeleinrichtung. Es werden Grundregeln dafür abgeleitet, wie technisch relativ einfach zu verwirklichende teilweise und unexakte Entkopplungen zweckmässig ausgelegt werden sollten, damit auch bei geringem Aufwand eine wesentlich verbesserte Wirkung gegenüber dem nichtentkoppelten Fall gewährleistet ist. Es wird gezeigt, dass mit Hilfe eines einzigen Entkopplungselementes, entsprechend ausgewählt aus drei vorgeschlagenen Grundtypen, schon sehr gute Ergebnisse erzielt werden können. Es werden ausserdem praktikable Einstellregeln dafür angegeben, wie solche Entkopplungselemente in der Anlage optimiert werden sollten.

ÜBER DIE OPTIMALE AUSFÜHRUNG VON MEHRVARIABLEN
DISKREten LINEAREN SYSTEMEN

E.Biondi; L.Divieti; C.Reveda; R.Schmid⁺⁾

Diese Arbeit befaßt sich mit dem Problem der optimalen Ausführung von mehrvariablen diskreten linearen Kompensatoren. Die objektive Funktion, die minimiert werden muß, ist eine Linearkombination der Zahl der erforderlichen Verzögerungselemente und der mittleren quadratischen Abrundungsfehler in den Kompensatorausgängen. Auf diesem Wege wird sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Genauigkeit garantiert. Betrachtet man die parallele Synthesemethode und macht von vier Grundstrukturen Gebrauch, so wird an das Optimierungsproblem in der Sprache der Graphentheorie herangegangen. Dies entspricht der Bestimmung des optimalen Baumes in einem speziellen azyklischen Graphen. Schließlich wird dieses Optimierungsproblem mit Hilfe der dynamischen Programmierung gelöst.

⁺⁾ Die Autoren sind Mitarbeiter vom "Instituto di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Milano", Mailand, Italien

EMPFINDLICHKEITSSYNTHESSE OPTIMALER REGELUNGEN
UNTER VERÄNDERUNGEN DER SYSTEMORDNUNG

Y. Sawaragi, K. Inoue und T. Ohki
Faculty of Engineering, Kyoto University
Kyoto, Japan

Diese Arbeit bezweckt die Einführung eines praktischen Gesichtspunktes in die gegenwärtige Theorie der optimalen Regelung, um die Kluft zwischen der Theorie und ihrer Anwendung zu überbrücken. Bei der Synthese optimaler Regelungen wird der Begriff der λ -Empfindlichkeit eingeführt, wenn das zu regelnde System Veränderungen der Systemordnung unterworfen wird.

Zuerst wird der Begriff des λ -kombinierten Systems entwickelt, das aus dem Modell eines physikalischen Systems und seinen λ -Empfindlichkeits-Gleichungen besteht.

Als zweites wird die Regelbarkeit des λ -kombinierten Systems diskutiert. Die Möglichkeit der Kompensation unerwünschter Effekte, die durch die Veränderungen der Systemordnung entstehen, hängt völlig von der Regelbarkeit des λ -kombinierten Systems ab.

Schließlich wird eine neue Methode für die Empfindlichkeitssynthese von optimalen Regelungen aus dem Problem der minimalen Energie mit Beschränkungen im Hinblick darauf entwickelt, die Beschränkungen gegenüber den Veränderungen der Systemordnung unempfindlicher zu machen. An einem erläuternden Beispiel wird der Vorteil der Methode der Empfindlichkeitssynthese gegenüber der herkömmlichen Methode gezeigt.

EINHEITLICHE AUFFASSUNG DER EMPFINDLICHKEITSANALYSE OPTIMALER STEUERUNGSSYSTEME.

Andrzej WIERZBICKI /Polen/

Das Referat beschäftigt sich mit einer einheitlichen Auffassung der Empfindlichkeitsanalyse optimaler Steuerungssysteme, die einen effektiven Vergleich der verschiedenen Strukturen dieser Systeme ermöglicht. Der ideale Empfindlichkeitskoeffizient eines Problems der optimalen Steuerung, der durch Dorato eingeführt und in einer Reihe von Arbeiten ausgenutzt wurde, ist unabhängig von der Struktur des optimalen Steuerungssystems. Im Zusammenhang damit wird im Referat ein neuer Begriff des Masses der Empfindlichkeit, sowie ein Begriff der lokalen Unempfindlichkeit bzw. vollen Empfindlichkeit des optimalen Steuerungssystems mit gegebener /offener, geschlossener, oder anderer/ Struktur. Lokale Empfindlichkeitskoeffizienten werden besprochen, sowie die mit deren Bestimmung verbundenen Variationsmethoden, die sich auf die zweite Variation des Qualitätsfunktional stützen. Globale Empfindlichkeitsindexe werden eingeführt. Methoden der numerischen Berechnungen werden kurz diskutiert, die zur Bestimmung des Empfindlichkeitsmasses in einem allgemeinen Fall unentbehrlich sind. Das Referat ist mit Ergebnissen der Empfindlichkeitsanalyse illustriert, die in einer Reihe von Beispielen erzielt wurden.

NEUE METHODEN ZUR ANALYTISCHEN KONSTRUKTION
VON STEUERUNGSSYSTEMEN

A.A.Krassowski, Moskau, UdSSR

Dargelegt werden Methoden zur Synthese optimaler Steuerungen linearer und nichtlinearer Objekte, wenn Begrenzungen sowohl der Steuergröße als auch gewisser Funktionen der Phasenkoordinaten (die im Optimalsystem die Bedeutung von Signalen an den Eingängen der Stellglieder haben) vorliegen.

Wenn ein lineares Objekt

$$\dot{x}_i + \sum_{k=1}^n a_{ik}(t)x_k = u_i$$

gegeben ist, so sind die Optimalgleichungen, die das Funktional

$$I = \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i,k=1}^n \beta_{ik} x_i x_k dt + \sum_{i,k=1}^n \gamma_{ik}(t_2) x_i(t_2) x_k(t_2)$$

minimieren, von der Form

$$u_i = -k_i \left(\sum_{k=1}^n \gamma_{ik} x_k \right)^{q-1}, \quad \text{sign } u_i = -\text{sign} \sum_{k=1}^n \gamma_{ik} x_k$$

Dabei ist $\sum_{i,k=1}^n \beta_{ik}(t) x_i x_k$ eine gegebene nicht negative quadratische Form; $\gamma_{ik}(t)$ sind die Koeffizienten, die die Lösungen des Systems der inhomogenen Differentialgleichungen

$$\dot{x}_i = \sum_{p=1}^n (\gamma_{ip} a_{pk} + \gamma_{kp} a_{pi}) - \beta_{ik} \quad (i, k = 1, 2, \dots, n)$$

aus der Klasse der Gleichungen nach den Bedingungen

$$\int_{t_1}^{t_2} |u_i|^p dt \leq c_i; \quad \int_{t_1}^{t_2} \left| \sum_{k=1}^n \gamma_{ik} x_k \right|^q dt \leq D_i; \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1; \quad p > 1$$

darstellen.

Es wurde eine spezielle Methode erarbeitet, um die Gleichungen der optimalen Koeffizienten (I) auf analytischem Wege mit Analog- oder Digitalrechnern zu lösen. Diese Methodik fußt auf den integralen quadratischen Abschätzungen der Gewichtsfunktionen des Objektes mit "eingefrorenen" Koeffizienten und nachfolgender Anwendung der iterativen Methode für nichtstationäre Objekte und Funktionale.

Wenn das nichtlineare Objekt

$$\dot{x}_i + F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = u_i$$

gegeben ist und eine Ljapunow-Funktion $V(x_1, \dots, x_n)$ existiert, deren Ableitung \dot{V} infolge des ungesteuerten Objektes ($u_i = 0$) gleich der Funktion $W(x_1, \dots, x_n)$ ist, so ist aus der Klasse der Gleichungen, die der Beschränkung

$$\int_{t_1}^{t_2} |u_i|^p dt = c_i; \quad \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{\partial V}{\partial x_i} \right|^q dt = D_i; \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1; \quad p > 1$$

unterliegen, eine Gleichung der Form

$$u_i = \pm k_i \left(\frac{\partial V}{\partial x_i} \right)^{q-1}; \quad \text{sign } u_i = \text{sign } \frac{\partial V}{\partial x_i}$$

optimal im Sinne des Minimums des Funktionals

$$I = \int_{t_1}^{t_2} w(x_1, \dots, x_n) dt + v[x_1(t_2), \dots, x_n(t_2)]$$

Für passive, insbesondere für konservative Objekte kann man als Funktion v das erste Integral der Gleichungen des ungesteuerten Objektes, das Energieintegral, oder eine Funktion dieses Integrals verwenden.

Beispiele für eine praktische Verwendung der erarbeiteten Methode werden angeführt. Die erhaltenen optimalen linearen Gleichungen lassen eine unbegrenzte Vergrößerung der Verstärkungsfaktoren der Kanäle k_i ohne Stabilitätsverluste zu, und die optimalen Relaissteuerungen sind invariant gegenüber einer Begrenzung der Amplitude der Störungen, die am Objekt angreifen.

LINEARE UND NICHT-LINEARE LÖSUNGEN DES LTOV-KALMAN-
SCHEN PROBLEMS DER OPTIMAL-SYNTHESE MIT
ANWENDUNGEN BEI LINEAREN ANLAGEN

K. Bela
Buchares, Rumänien

Im ersten Teil des Berichts wird ein Algorithmus für die Synthese von zeitoptimalen Steuerungsgesetzen linearer Anlagen mit variablen oder konstanten Zeitparametern vorgeschlagen. Zum Zweck der Synthese wird der Zustandsraum, als ein Raum der Ausgangszustände der Anlage betrachtet, in Mannigfaltigkeiten zerlegt, die der Anzahl der Schaltvorgänge entsprechen. Um die den Mannigfaltigkeiten entsprechenden Schaltmomente zu bestimmen, werden transzendentale Gleichungen abgeleitet, deren Lösungen bestimmten Bedingungen entsprechen müssen. Nach Erfüllung der letzteren wird ein Steuergesetz als nichtlineare Charakteristik bestimmt, wobei die Anpassung an den Ausgangszustand mit Hilfe von Werten, die von einer besonderen Digitaleinrichtung berechnet werden, geschieht. Der Algorithmus der Wertheinstellung wird durch ein Flusßbild dargestellt. Die nichtlineare Charakteristik für konstante Anlagen ist in analytischer Form gegeben, die auf die bekannten Eigenschaften des beigefügten Gleichungssystems gestützt ist.

Im zweiten Teil wird ein Verfahren für die Synthese optimaler, nichtlinearer Steuergesetze für ganze konvexe Leistungsindices dargestellt. Wie im vorigen Fall werden die Eigenschaften des beigefügten Systems ausgenutzt. Das Problem der Äquivalenz verschiedener Arten, ein optimales System zu beschreiben, insbesondere die optimale Steuerung, wird untersucht. Eine ziegt die Beziehungen zwischen dem beigefügten System von Differentialgleichungen und einer Riccati-Matrix Differentialgleichung, sowie auch die Möglichkeit, die Lösung der letzteren als Funktion der Lösung der ersten auszudrücken.

Eine "singulare Störungsmethode" zum nahezu optimalen Entwurf
nichtlinearer Regelungssysteme höherer Ordnung

P. Sannuti; P. Kokotovic ^{X)}

Department of Electrical Engineering
and Coordinated Science Laboratory
University of Illinois, Urbana, Illinois, USA

Dieser Artikel dient der weiteren Ausdehnung der "singularen Störungsmethode", die in einem früheren Artikel des gleichen Autors behandelt wurde.

Für eine Klasse nichtlinearer Systeme wird eine hinreichende Bedingung angegeben, bei der die optimale Regelung stetig und differenzierbar hinsichtlich einer Störung ist, die den Grad des Systems ändert ("singulare Störung"). Danach wird ein nahezu optimaler Entwurf für ein System höherer Ordnung nach einem Ansatz niedrigerer Ordnung entwickelt. Das $2(n + m)$ dimensionale Grenzwertproblem wird auf ein $2n$ dimensionales reduziert, wobei das so erhaltene Ergebnis dem Optimum sehr nahe kommt.

Ein Beispiel für den nahezu optimalen Entwurf eines nichtlinearen Systems fünfter Ordnung wird angeführt.

^{X)} P. Kokotovic gehört dem Papin Forschungsinstitut Belgrad, Jugoslawien, an

ZEITOPTIMALE SCHALTGESETZE FÜR SYSTEME 2. ORDNUNG MIT PERIODISCHER RÜCKSTELLKRAFT

G. Schmidt und F. Fischer-Uhrig
Technische Hochschule Darmstadt
Bundesrepublik Deutschland

Die Arbeit behandelt zeitoptimale Steuergesetze für das System $\ddot{\varphi} + f(\dot{\varphi}) + \sin \varphi = u$, $|u| \leq K$. Es werden bekannte Teiluntersuchungen wesentlich erweitert, indem drei verschiedene Dämpfungsfälle und alle möglichen Beschränkungen der Steuergroße zugelassen werden. Zielpunkt der zeitoptimalen Bewegung soll die stabile Gleichgewichtslage ($\varphi(T) = \pm 2\pi n$, $\dot{\varphi}(T) = 0$) sein.

Zur Lösung der Aufgabe wird das Pontrjaginsche Maximumprinzip herangezogen. Eine allgemeine analytische Lösung ist jedoch nicht möglich. Deshalb wird auf die Methode der Rückwärtsintegration des kanonischen Systems zurückgegriffen. Die zusätzliche Konstruktion des Isochronenfeldes führt schließlich auf eindeutige Steuergesetze, die durch Schalt- und Indifferenzkurven in der Zustandsebene charakterisiert sind. Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Optimierung des exakten nichtlinearen Systems anstelle einer linearisierten Behandlung wesentliche Vorteile mit sich bringt.

EINE APPROXIMATIONS TECHNIK FÜR BESONDERE STEUERPROBLEME

Gerald Cook
Frank J. Seiler Research Laboratory

U.S. Air Force Academy
Colorado
USA

Eine Methode wird vorgeschlagen, die die Lösung besonderer Steuerprobleme durch Approximation eines nicht-normalen Systems durch ein normales System ermöglicht. Es wird gezeigt, daß die Approximation beliebig genau gemacht werden kann. Die optimale Steuerung des approximierten Systems wird dann bestimmt und bei dem wirklichen System angewandt. Fehlergrenzen unter Randbedingungen werden festgestellt und der Grad der Suboptimalität wird vermittelst dieser Technik bestimmt. Die Methode ist gültig für Minimalzeit - und Minimumbrennstoffprobleme bei linearen, konstanten Einrichtungen. Beispiele werden angeführt.

Eine Methode zur Adaptivsteuerung

G. Stein

G. N. Saridis

Die Regelung eines linearen, stochastischen Systemes mit unbekannten Parametern wird durch die Anwendung einer ungefahren Losung der Funktionalgleichung des Dynamischen Programmierens ausgeföhrt. Die erreichten Stellgrossen sind lineare Funktionen einer statistischen Abschätzung der Zustandsvariablen mit Koeffizienten die von einer Kennwertermittlung der unbekannten Parametern abhangig sind.

ENTWURF MODELLADAPTIVER REGELUNGSSYSTEME UNTER VERWENDUNG DER
METHODE VON LJAPUNOW UND DER METHODE DER INVERSEN BESCHREIBUNGSK
FUNKTION

H. Feikema, H.B. Verbruggen
Technological University, Department of Electrical Engineering,
Control Engineering Laboratory, Delft, The Netherlands

In diesem Bericht werden zwei Methoden für den Entwurf modelladaptiver Regelungssysteme mitgeteilt:

1. Die zweite Methode von Ljapunow
2. Eine Methode unter Verwendung der inversen Beschreibungsfunktion

Der Entwurf betrifft die Realisierung eines nichtlinearen adaptiven Reglers, der so arbeitet, daß die Reaktion des Systems einer erwünschten Reaktion auf ein deterministisches Signal gleicht (d.h. Modell-Reaktion), unabhängig von Parameterveränderungen im System.

Die Anwendung dieser beiden Methoden garantiert die Stabilität des adaptiven Systems. Mit Hilfe der Ljapunow-Methode wurde ein adaptiver Regler entwickelt, der gewöhnlich viel komplexer ist als der Regler, der mittels der Methode der inversen Beschreibungsfunktion entwickelt wird. In manchen Fällen kann ersterer jedoch vereinfacht werden. In beiden Fällen ist das Ergebnis ein Regler, dessen Phase und Verstärkung unabhängig voneinander eingestellt werden können. Diese beiden Regler werden geprüft und in verschiedenen modelladaptiven Systemen miteinander verglichen.

Nichtlineare Filterung und Erweiterungen der Methode der kleinsten Quadrate und Anwendungen der Theorie der Quasi- linearisierung

V.S. Levadi

Die Methode der Quasilinearisierung für nichtlineare kleinste Quadrate von Bellman und anderen wird erweitert, so daß auch Störungen, die in das System und nichtlinear und nichtquadratisch in das Gütemaß eingehen, mit eingeschlossen werden. Unter gewissen Bedingungen erhält man eine von Null verschiedene Abschätzung für die Störung. Schranken in integraler Form können für die Störung vorgegeben werden. Die Formulierung schließt ein das statistische Abschätzungsproblem für "farbiges" Rauschen als Gegenstück der Methode der kleinsten Quadrate und das System mit zufällig veränderlichem Parameter.

Das Problem der adaptiven Regelung wird in Form von zwei Optimierungsproblemen formuliert. Diese werden gleichzeitig gelöst unter Benutzung des Sequentialverfahrens der Quasilinearisierungsmethode. Die Methode ist allgemein und kann meist A-priori-Kenntnis über die Parameterveränderungen und Störungen, die auf das System wirken, einschließen. Es gibt keine ungünstige Wechselwirkung zwischen der Parameterabschätzung und den Parameter-einstellungsverfahren. Für ein einfaches Beispiel werden die Ergebnisse dargestellt.

Einstellung der Adaptivsteuerung von Prozessen mittels
Digitalrechner.

F. Schneider
Technische Hochschule München

Sind bei Prozessen einzelne oder mehrere Parameter abhängig von bestimmten Zustands- oder Eingangsgrößen des Prozesses, so lässt sich häufig die Regelung des Prozesses durch eine adaptive Steuerung der Reglerkennwerte entscheidend verbessern. Dann ist es notwendig, das Steuergesetz zwischen den messbaren Zustands- oder Eingangsgrößen und den in Bezug auf ein Kriterium optimalen Reglerkennwerten zu kennen. Dieses Steuergesetz wird mit Hilfe eines Digitalrechners ermittelt. Dabei sind die Eingriffe in die Anlage auf ein Minimum reduziert.

Es werden zwei Identifizierungsverfahren angegeben, die beide keine Information über die Streckenstruktur benötigen. Durch diese wird für jeden Betriebspunkt eine Modellstrecke bestimmt, an der die Optimierung der Reglerkennwerte in Bezug auf die zeitbeschwerde quadratische Regelfläche durchgeführt wird.

Bei Systemen ohne Totzeit geschieht dies durch ein mehrdimensionales Newtonverfahren, ist Totzeit vorhanden durch ein numerisches Optimierungsverfahren. Identifizierung und Optimierung werden für genügend viele Betriebszustände wiederholt und die erhaltenen Werte durch Kurvenanpassung in analoge Beziehungen umgewandelt. Nach der Anfahrphase arbeitet also die Anlage als normale Adaptivsteuerung der Reglerkennwerte.

Die Methode ist geeignet für kontinuierliche und diskrete Systeme mit oder ohne Totzeit.

EXTREMWERT-REGELSYSTEM MIT EXTRAPOLATION

H. G. JACOB

C. MIRA

LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE
et de ses Applications Spatiales du CNRS
TOULOUSE - France

Im Vergleich zu den klassischen Systemen benötigt das in dieser Mitteilung beschriebene Extremwertregelsystem eine grössere Menge "a priori-Information" (Form der nichtlinearen statischen Kennlinie, von der man annimmt, dass sie sich unter dem Einfluss der Störungen nicht zu sehr deformiert: Kenntnisse über das dynamische Verhalten der zu regelnden Anlage) und bewahrt seine Stabilität in Gegenwart einer schnellen Drift der statischen Kennlinie (\mathcal{C}).

Zwei Arten der Extrapolation kommen zur Anwendung:

- Eine lineare Extrapolation der Drift von (\mathcal{C}), die während eines konstanten Zeitintervalls gemessen wird.
- Eine parabolische Extrapolation, die zwei bekannte Punkte einer Parabel (P) benützt, deren Parameter durch die "a priori-Information" über (\mathcal{C}) bestimmt ist. Der Parameter wird derart gewählt, dass sich im Mittel die Parabel (P) der Kennlinie (\mathcal{C}) am besten annähert.

Der Extremwert von (\mathcal{C}) wird vom vorgeschlagenen Regelungssystem in einer oder mehreren Optimierungsfolgen erreicht. Eine Optimierungsfolge besteht aus vier Schritten:

- Ein "Mess-Schritt" konstanter Dauer, der die Drift des Arbeitspunktes misst. Diese Drift wird während der Optimierungsfolge linear extrapoliert.
- Ein "Such-Schritt" veränderlicher Dauer, zur Bestimmung zweier Punkte von (\mathcal{C}), durch die man (P) legt.
- Ein "Steil-Schritt" veränderlicher Dauer, der das Ergebnis einer Rechnung ist, welche die Position des Extremwertes von (P) ergibt.
- Ein "Ruhe-Schritt" konstanter Dauer, um das Übergangsverhalten zum Abschluss zu bringen.

Die Grundprinzipien des Extremwertreglers werden analysiert. Das Stabilitätsproblem wird im Hinblick auf die Abweichungen, die sich aus der Wahl des Parameters der Parabel (P), aus der Bestimmung des dynamischen Verhaltens der geregelten Anlage und auf Grund der Drift von (\mathcal{C}) ergeben, angeschnitten.

EIN OPTIMALES EXTREMAL-REGELUNGSSYSTEM

O.L.R. Jacobs und S.M. Langdon

Für ein vereinfachtes zeitdiskretes Extremalsystem mit einem Eingang, in dem die Wirkungen der Meßstörungen und der dynamischen Verzögerungen vernachlässigt werden, wird das optimale Regelungsgesetz abgeleitet. Die Herleitung benutzt eine Formulierung der dynamischen Programmierung, die nicht ohne weiteres auf allgemeinere Klassen von Extremalregelungen ausgedehnt werden kann. Das resultierende optimale Regelungsgesetz deutet die allgemeine Struktur von optimalen Extremal-Regelungsgesetzen an und gibt ein Maß für die beste Arbeitsweise, die für das untersuchte vereinfachte Problem erreicht werden kann.

SELBSTORGANISIERENDE EXTREMALSYSTEME

A.G. Iwachnenko, N.W. Chruschtschewa, W.I. Neschodowski

Kiew

Im Vortrag wird der Begriff "selbstorganisierend" definiert und gezeigt, daß in selbsteinstellenden Systemen mit vereinheitlichten "elementaren Algorithmen" und "integraler Wirkung" keine mehrdimensionale Objektfunktion auftritt ("unerwünschte mehrdimensionale Funktion"). Es werden Beispiele zur Ermittlung verallgemeinelter Stör- und Steuergrößen angeführt. Die Begriffe Zustand und Situation des Objektes, das der Erkennung unterliegt, werden definiert. Das System wird zur Steuerung stochastischer Objekte nach folgendem kombinierten Prinzip verwendet: Es dient als Korrekturglied in einem schnellwirkenden offenen Steuerkreis. Die Selbstorganisation geht in eine selbttätig ausgewählte Verschiebung der Prototypen (Pole) des Erkennungssystems im Koordinatenraum des Objektes über. Anfangs wird einer der möglichen Algorithmen zur Selbstorganisation dreier Pole gezeigt. Weiter wird beim Übergang zu vielen Polen ein Theorem über die Stabilität adaptiver Prozesse zur Selbstorganisation eines Pol-Kontinuums formuliert. Eine Modellierung der Prozesse der Selbsteinstellung der Prototypen (Pole) des Erkennungssystems bestätigte die Gültigkeit des oben erwähnten Theorems.

DIE FUNKTIONELLE KONTROLLE DER AUGENFOLGEBEWEGUNG UND IHRE
DIGITALE SIMULATION

Gerhard Vossius und Jürgen Werner
J.W.Goethe-Universität, Frankfurt/Main, Deutschland

Aufgrund der mathematischen Analyse umfangreicher biologischer Experimente wurde eine klare Vorstellung der funktionellen Organisation des informationsverarbeitenden Systems der Augenfolgebewegung entwickelt. Das Gesamtsystem kann in ein kontinuierliches und ein diskontinuierliches Teilsystem unterteilt werden. Die mittels spezieller Versuchsanordnungen vorgenommene getrennte Analyse der beiden Verarbeitungszweige ergab neue Hinweise hinsichtlich der Adaptations- und Vorhersageeigenschaft des Gesamtsystems. Insbesondere konnte der Adaptationsvorgang des diskontinuierlichen Systems bei experimenteller Abänderung der Rückkopplungsbedingungen aufgeklärt werden.

Die vielfältigen dem Organismus zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Extrapolation und der Vorhersage wurden in einem mathematischen Modell generalisiert, nicht nur, um die Leistungsfähigkeit dieser Regelungsanordnung aufzuzeigen und durchschaubar zu machen, sondern um über spezielle Aussagen hinaus eine bessere Einsicht in die in biologischen Systemen verwirklichten Funktionsprinzipien zu bekommen. Die Anwendbarkeit dieses allgemeinen funktionellen Konzepts wurde anhand der Simulation des Systems der Augenfolgebewegung überprüft.

EINFACHSTER SUCHMECHANISMUS ZUR STEUERUNG DER
MUSKELTÄTIGKEIT

M.A.Aisermann, E.A.Andrejewa, Moskau, UdSSR

Hier werden die experimentellen Arbeiten hinsichtlich der allgemeineren Prinzipien und Gesetze im Gehirn bei der Steuerung der Muskeln zusammengestellt. Die Untersuchungen erfolgten an Ratten, Kaninchen und Menschen. Mit einer speziellen Methode, bei der lebende Organismen in einem Kreis mit äußeren Rückkopplungen eingeschleift werden, entstand ein künstliches Verhalten, bei dem das Gehirn von außen zu einer Suchaufgabe genötigt wird, wobei man nur ein oder zwei Muskeln verwendet. Untersucht wurde die Steuerung beim Auffinden des Minimums einer Schmerzreizung mit Hilfe eines Muskels oder zweier voneinander unabhängiger Muskeln und bei der Arbeit eines antagonistischen Muskelpaares.

Aufbauend auf diesen Experimenten entstand eine Modellvorstellung der Steuergesetze, die bei den oben angeführten Suchbewegungen realisiert sind.

Das "on-line" Parameterabschaetzungsverfahren der Uebertragungsfunktion eines menschliches Fahrradfahrers.

A. van Lunteren

H.G. Stassen

Man berichtet ueber das Stabilisierungsverhalten eines Fahrradfahrers.

Die Arbeit begann mit der Konstruktion eines Fahrradsimulators, bei dem die Vortbewegung fehlt. Der Wirkung der Vortbewegung auf das dynamische Verhalten des Simulators wird jedoch rechenschaft geleistet. Man betrachtete besonders den Winkel zwischen dem Fahrradgestell und der Senkrechten als die meist ausschlaggebende Variable um die Information ueber den Zustand des Simulators zum Fahrer zu uebertragen.

Zwei Taetigkeiten des Fahrradfahrers, mit Namen die Bewegungen des Oberkoerpers und die der Lenkstange werden als die Taetigkeiten des Fahrradfahrers auf dem Simulator angesehen.

Die menschliche Uebertragungsfunktion wird bestimmt mittels eines Parameterabschaetzungsverfahrens. Das mathematische Modell des Verhaltens des Fahrers ist betrachtet als waere es ein System zweiter Ordnung und eine Zeitverzoegerung mit Zeitanhaengigen Parametern. Diese unbekannten Parameter des linearen Modells sind "on-line" beruektigt, gemaess einem kwadratischen Qualitaetskriterium. Das Abschaetzungsverfahren zur Modellbestimmung ist mit Hilfe einer kleinen digitalen Rechenmaschine Verwirklicht.

Es wird gezeigt, dass das obengenannte Verfahren fuer das "on-line" Bestimmen der Kennzeichen des menschlichen Fahrers beim Balancieren des Fahrradsimulators sehr gut brauchbar ist.

DIE DYNAMIK DES REGELUNGSSYSTEMS "FAHRER/FAHRZEUG" FÜR
DIE LENKUNG DES FAHRZEUGES

David H. Weir, Principle Research Engineer
Duane T. McRuer, Technical Director
System Technology, Inc. Hawthorne, Calif., U.S.A.

Die Gesichtspunkte und Prinzipien der Führungs- und Regelungstheorie bilden die Grundlage zur Untersuchung der Dynamik der Fahrer-Lenkungsregelung bei Kraftwagen. Die Elemente des resultierenden Fahrer/Fahrzeugsystems sind die Bewegungsgleichungen des Fahrzeuges, die experimentell ermittelten Modelle, die das Reaktionsverhalten des Fahrers charakterisieren, sowie Beschreibungen der Fahrbahnverhältnisse. Eine Vielfalt von ein- und mehrschleifigen Systemen wird aufgebaut und untersucht, um verschiedene gute, einfache und wahrscheinliche veränderbare Strukturen auszuwählen:

- 1) Die zeitlich fort schreitende seitliche Ablenkung, wobei die seitliche Position vornehmlich außenschleifig zurückgeführt und mit der Führungsgröße verglichen wird, die durch die wahrnehmbare voraussichtliche Spur des Fahrzeuges festgelegt ist.
- 2) Der Kurswinkel zuzüglich der seitlichen Ablenkung, die durch die Trägheit verursacht wird, wobei der Kurswinkel innerschleifig und die seitliche Ablenkung außenschleifig zurückgeführt wird.
- 3) Der Steuerwinkel zuzüglich der durch die Trägheit verursachten seitlichen Ablenkung, wobei sowohl der Winkel als auch die Ablenkung positioniert zurückgeführt werden.

Obwohl zur Einhaltung der Forderungen an das Leit- und Regelungssystem noch weitere mehrvariable Systeme denkbar wären, sorgen die angeführten Strukturen für ein gutes Führungsverhalten und eine günstige Ausregelung der Störgrößen, sowie für eine

Unempfindlichkeit gegenüber Schwankungen der dynamischen Anpassung des Fahrers und für dessen vertrauensvolle Grund-einstellung. Sie gestatten auch die Verwendung von Daten, die aus früheren Fahrversuchen ermittelt wurden. Die erhaltenen Modelle ergeben ein neues Rahmensystem zur Ausarbeitung zukünftiger Experimente und können auch beim Entwurf von Fahrzeugen und Autobahnen von Nutzen sein.

ÜBER EIN ALS GEÖFFNETER WIRKUNGSKREIS GEDUFTETES NEUROMUSKULÄRSYSTEM, BEI DEM KRÄFTE ALS STÖRGRÖSSEN WIRKEN, UND ÜBER ANGABEN BEZÜGLICH TREMOR^{*}

Magdalenc, R.E. und McRuer, D.I.
Systems Technologie, Inc.
Hawthorne, Californien, USA

Kürzlich wurde ein adaptives Modell zur Beschreibung kleiner Störwirkungen von neuromuskulären Betätigungsystemen entwickelt. Dieses Modell ist sowohl mit den Daten der physiologischen Komponente als auch mit den Daten der Beschreibungsfunktion des menschlichen Operateurs verträglich. Der Zweck dieses Berichts ist es, dieses Modell zur Erklärung der durch Kräfte gestörten Regelungskennwerte und der Angaben über Gliedertremor als Phänomene mit geschlossenem Wirkungskreis zu benutzen. Die Daten über Kraftstörungen, die in der Literatur zu finden sind, gelten für weitgehende Vernachlässigung der Trägheit und für verschiedene Werte des Muskeltonus. Die Reaktion auf einen Drehimpuls besitzt eine dominierende Komponente zweiter Ordnung, die mit der Komponente dritter Ordnung unverträglich ist. Ein solches Verhalten wird vom Muskelbelastungsmodell mit offenem Wirkungskreis vermutet. Die Muskelspindelrückkopplung durch innere Muskeldehnung führt jedoch zu einer Zähler-Nullstelle in der Gliederreaktions/Kraft-Stör-Beschreibungsfunktion. Diese Nullstelle verschiebt sich bei einer bestimmten Spannung in eine Lage, die fast die gleiche ist wie die des reellen Poles des Systems mit belastetem Muskel. Diese angenäherte Pol/Nullstellen-Kompensierung ergibt also ein System von im wesentlichen zweiter Ordnung, dessen Parameter sich mit der Spannung ändern. Dadurch wird ein qualitativer Vergleich der Kennwerte möglich

*Dieser Bericht enthält Ergebnisse von Forsch.-Arbeiten, die durch das Ames Research Center, Man-Machine Integration Branch, NASA, Moffett Field, Californien, unter Vertrag NASA-2624, unterstützt wurden.

Die Angaben über die Gliedertremorfrequenz, die in der Literatur zu finden sind, gelten für Änderungen der Federsteifigkeit und des Muskeltonus (ohne zusätzliche Trägheit) und für Änderungen der Trägheit und des Muskeltonus (ohne Feder). Die Spindelrückkopplung infolge der inneren Muskeldehnung erzeugt einen Frequenzzwang auf die leicht gedämpfte hochfrequente Hauptkomponente. Die Veränderungen dieser Komponente mit dem Muskeltonus und mit den vom Impulssender erzwungenen Werten stimmen mit den Daten der Gliedertremorfrequenzänderung überein.

EIN STUDIUM DER DYNAMIK DES STOFFWECHSELS DER PLASMAPROTEIN

C.D. Barr, E.R. Carson, L. Finkelstein

ABTEILUNG DER AUTOMATIK
THE CITY UNIVERSITY, LONDON, E.C.1, U.K.

E.A. Jones

MEDIZINISCHE ABTEILUNG
ROYAL FREE HOSPITAL, LONDON, W.C.1, U.K.

Man erhielt ein mathematisches dynamisches Modell des Albumin- und Harnstoff-Wechsels im menschlichen Körper. Das Modell wurde linearisiert, verkleinert und mit dynamischen Versuchen an Patienten verglichen.

Der Vergleich zeigte, dass das verkleinerte Modell mit den biologischen Messungen innerhalb der Versuchstoleranzen, übereinstimmt.

Diese Untersuchung beweist die Anwendungsmöglichkeit der Methode der dynamischen Analyse in Medizinorschungen.

Die Dynamik des Augenbewegungssystems: Elektromyographik und
Einschwingverhalten bei einer Katze

B.L. Zuber, Ph. D.

Department of Information Engineering
University of Illinois at Chicago Circle
and

Department of Biomedical Engineering
Presbyterian-St. Luke's Hospital
Chicago, Illinois, U. S. A.

Die Augenbewegungen wurden durch Injektion einer frequenzmodulierten Impulsfolge in den Augenbewegungsnerv einer Katze angeregt. Die Augenbewegungen (Systemausgang) und das Elektromyogramm des medial rectus Muskels (Zwischengröße) wurden unter Verwendung sinus- und sprungförmiger Eingangsfunktionen gemessen. Der Muskel scheint sich in jeder Hinsicht normal zu verhalten. Es konnte nicht festgestellt werden, daß die das Elektromyogramm erzeugenden Prozesse dem Phasenminimumverhalten bezüglich des Systemausgangs entgegenkommen. Bei der Anwendung einer Rechteckimpulseingangsfunktion ergeben sich starke saccadische (sprungartige) Augenbewegungen. So kann die innenwohnende Systemtrügheit überwunden werden.

