

Dipl.-Ing. Rüdiger Kutzner, Erlangen

**Integrierte Regelung
eines Gasturbosatzes
unter Berücksichtigung
von Nichtlinearitäten
und veränderlichen
Netzparametern**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **639**

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	X
1 Übersicht	1
2 Einleitung	2
2.1 Stand der Technik	2
2.2 Ziele der Arbeit	4
3 Modell des Gasturbosatzes	5
4 Echtzeitsimulation	10
4.1 Gasturbosatz-Simulator	10
4.2 Netzsimulator	12
4.2.1 Netzelemente	14
4.2.1.1 Gasturbosatz	14
4.2.1.2 Vereinfachte Kraftwerksmodelle	16
4.2.1.3 Passive RL-Lasten	17
4.2.1.4 Asynchronmaschine	18
4.2.1.5 Leitungen	19
4.2.1.6 Starres Netz	21
4.2.2 Kopplung der Komponenten	22

4.2.2.1	Jacobimatrizen der Netzelemente	24
4.2.2.2	Modifiziertes Verfahren von Cholesky	25
4.2.3	Numerische Integration	27
4.2.3.1	Ausgewählte Integrationsverfahren	28
4.2.3.2	Eigenschaften der Integrationsverfahren	30
4.2.4	Anfangswertberechnung	32
4.2.4.1	Gasturbosatz	33
4.2.4.2	Vereinfachte Kraftwerksmodelle	34
4.2.4.3	Asynchronmaschine	35
4.2.4.4	Lastflußrechnung	36
4.2.5	Hardware-Konstellation	37
5	Integrierte Turbosatzregelung	40
5.1	Streckendifferenzen	42
5.2	Entwurf robuster H_∞ -Regler	45
5.2.1	Normen	46
5.2.2	Übertragungsfunktionen im Regelkreis	49
5.2.3	Modellabweichungen	51
5.2.4	Wichtungsfunktionen	52
5.2.5	Entwurfsproblem	56
5.3	Robuster Turbosatzregler	57
5.3.1	Formulierung der Entwurfsaufgabe	57
5.3.2	Analyse der aktuellen Regler	60
5.3.3	Wahl der Wichtungsfunktionen	63
5.3.4	Optimierungsergebnis	64
5.3.5	Simulationen	67
5.4	Zusammenfassung	77

6	Begrenzungskonzept	78
6.1	Stellgrößenbegrenzungen	79
6.1.1	Gegenmaßnahmen	80
6.1.2	Formale Analyse linearer <i>AW</i> -Maßnahmen	81
6.1.3	Untersuchung gängiger <i>AW</i> -Maßnahmen	85
6.1.3.1	Integratornachführung	86
6.1.3.2	<i>High Gain Conventional anti-windup</i>	87
6.1.3.3	Regler in Zustandsreglerstruktur	90
6.1.3.4	Erweiterung der <i>Conditioning Technique</i>	94
6.1.3.5	Weitere Verfahren	96
6.1.4	Diskreter <i>AW</i> -Regler	98
6.1.5	Turbosatzregler mit <i>anti-windup</i>	99
6.1.5.1	Sollwertsprung	100
6.1.5.2	Kurzschluß im Netz	102
6.1.5.3	Lastabwurf auf Leerlauf	103
6.2	Begrenzungsregelung	108
6.3	Reglerumschaltung	110
7	Regelung eines Modellkraftwerks	117
7.1	Aufbau des Netzmodells	118
7.2	Prozeßerfassung und Prozeßsteuerung	118
7.3	Identifizierung des Modellkraftwerks	121
7.3.1	Modellbildung	122
7.3.2	Parameterschätzung	126
7.4	Regelung des Modellkraftwerks	135
7.4.1	Herkömmliche Kraftwerksregelung	135
7.4.2	Integrierte Regelung	137

7.4.3	Vergleich der Reglerkonzepte	141
7.5	Zusammenfassung	146
8	Zusammenfassung	150
A	Daten des Turbosatzreglers	152
A.1	Linearisierte Streckenmodelle	152
A.1.1	Starres Netz	152
A.1.2	Lastinsel	153
A.1.3	Entfernte Netzknoten	154
A.1.4	Lange Leitung	155
A.2	TSR-Wichtungsfunktionen	157
A.2.1	Starres Netz	157
A.2.2	Lastinsel	157
A.2.3	Entfernte Netzknoten	157
A.2.4	Lange Leitung	158
A.3	Matrizen des Turbosatzreglers	158
B	Optimierungsstrategie	159
C	Modellkraftwerk	164
C.1	Maschinendaten	164
C.1.1	Mechanik	164
C.1.2	Steller	164
C.1.3	Gleichstrommotor	164
C.1.4	Vierpolige Schenkelpol-Synchronmaschine	165
C.1.5	Leitungsnachbildung	165
C.2	Linearisierte Streckenmodelle	165
C.2.1	Starres Netz	166

C.2.2	Lastinsel	167
C.3	Wichtungsfunktionen	168
C.3.1	Starres Netz	168
C.3.2	Lastinsel	168
C.4	Integrierter Regler	169
Literaturverzeichnis		170