

Inhalt

| | Seite |
|---|-------|
| 1. Einführung | 11 |
| 1.1 Begriffe | 11 |
| 1.2 Wirkungsplan | 14 |
| 2. Lineare Regelkreise | 17 |
| 2.1 Statisches Verhalten von Regelkreisen | 18 |
| 2.2 Dynamisches Verhalten von Regelkreisen | 24 |
| 2.3 Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion | 26 |
| 2.4 Die wichtigsten linearen Übertragungsglieder | 29 |
| 2.5 Vermaschte Wirkungspläne | 32 |
| 2.6 Störverhalten und Führungsverhalten | 35 |
| 2.7 Charakteristische Gleichung und Stabilität | 36 |
| 2.8 Stabilitätskriterium von Nyquist | 39 |
| 3. Strecken und Regler | 44 |
| 3.1 Einteilung der Regelstrecken | 44 |
| 3.2 Übersicht über die wichtigsten Regler | 45 |
| 3.2.1 P-Regler | 45 |
| 3.2.2 I-Regler | 45 |
| 3.2.3 D-Verhalten im Regler | 46 |
| 3.2.4 PI-Regler | 46 |
| 3.2.5 PD-Regler | 48 |
| 3.2.6 PID-Regler | 50 |
| 3.2.7 PD- T_1 - und PID- T_1 -Regler | 52 |
| 3.3 Anwendung auf eine Niveauregelung | 54 |
| 3.4 Realisierung der Regelverstärker mit Operationsverstärkern | 59 |
| 4 Bode-Diagramm | 62 |
| 4.1 Normierung | 85 |
| 4.2 Reglerdimensionierung nach exakten Bode-Diagrammen | 87 |
| 5. Mehrschleifige Regelkreise | 99 |
| 5.1 Grenzwertsätze | 99 |
| 5.2 Unterlagerte Regelschleifen | 102 |
| 5.3 Mehrfachregelungen | 110 |

| | |
|---|-----|
| 6. Störgrößenaufschaltung | 114 |
| 7. Nichtlineare Regelkreise | 118 |
| 7.1 Begrenzter Linearitätsbereich | 118 |
| 7.1.1 Begriffe | 119 |
| 7.1.2 Auswirkungen auf das Regelverhalten | 119 |
| 7.2 Linearisierung nichtlinearer Kennlinien | 121 |
| 7.3 Beschreibung des dynamischen Verhaltens von Regelkreisen durch Zustandskurven | 128 |
| 7.3.1 Zustandsgrößen und Zustandsraum | 128 |
| 7.3.2 Regelungen mit Zweipunktreglern und ihre Zustandskurven | 136 |
| 7.4 Regelkreise mit nur einer wesentlichen Nichtlinearität | 142 |
| 7.4.1 Beschreibungsfunktion | 143 |
| 7.4.2 Beschreibungsfunktionen einiger oft vorkommender nichtlinearer Übertragungsglieder | 145 |
| 7.4.2.1 Allgemeines Dreipunktglied | 145 |
| 7.4.2.2 Begrenzerkennlinie | 147 |
| 7.4.2.3 Tote Zone | 149 |
| 7.5 Stabilitätsuntersuchungen an nichtlinearen Regelkreisen nach der Methode der Harmonischen Balance | 150 |
| 7.5.1 Zwei-Ortskurven-Verfahren | 154 |
| 7.5.1.1 Ortskurven der Beschreibungsfunk- tionen von Mehrpunktgliedern | 156 |
| 7.5.1.2 P-T _n -Strecken und Mehrpunktregler | 158 |
| 8. Abtastregelungen | 164 |
| 8.1 Problemstellung | 164 |
| 8.2 Differenzengleichungen | 166 |
| 8.3 Weitere Algorithmen | 168 |
| 8.4 Mathematische Behandlung des Abtastvorganges | 169 |
| 8.4.1 Treppenfunktion | 169 |
| 8.4.2 Die z-Transformation | 170 |
| 8.4.3 Rechenregeln | 172 |

| | |
|--|-----|
| 8.4.4 z-Übertragungsfunktion digitaler Übertragungsglieder | 172 |
| 8.4.5 z-Übertragungsfunktion analoger Übertragungsglieder | 174 |
| 8.4.5.1 P-T ₁ -Glieder | 175 |
| 8.4.5.2 I-Glieder | 177 |
| 8.4.6 Kettenschaltung von Übertragungsgliedern | 177 |
| 8.5 Stabilität | 180 |
| 8.5.1 Nyquist-Kriterium | 182 |
| 8.6 Regelkreise mit endlicher Einstellzeit | 184 |
| 8.6.1 Erfassung der Zustandsgrößen | 189 |
| 8.6.2 Regelalgorithmus für endliche Einstellzeit bei beliebiger Auswahl der Zustandsgrößen | 191 |
| 8.6.3 Regelungen mit begrenzter Stellgröße | 193 |
| 8.6.4 Stabilität von Regelkreisen mit endlicher Einstellzeit | 196 |
| 8.6.5 Unvollständige Erfassung der Zustandsgrößen | 197 |
| 8.6.6 Algorithmus mit I-Anteil | 201 |
| Anhang | 204 |
| Laplace-Korrespondenztabelle | 204 |
| Die wichtigsten z-Korrespondenzen | 207 |
| Lösung der Übungsaufgabe von Beispiel 15 | 208 |
| Literatur und Formelzeichen | 210 |
| Sachweiser | 213 |

Verzeichnis der Beispiele

| Nr. | Kurzbezeichnung | Seite |
|-----|---|-------|
| 1 | Wirkungsplan eines belasteten Spannungsteilers | 16 |
| 2 | Elektronische Spannungsregelung | 20 |
| 3 | Übertragungsfunktion eines Serienschwingkreises | 28 |
| 4 | Kapazitiv-ohmscher Spannungsteiler | 31 |
| 5 | Vermaschter Wirkungsplan | 32 |
| 6 | Bode-Diagramm einer Niveauregelung | 69 |
| 7 | Bode-Diagramm einer P-T ₃ -Strecke | 72 |
| 8 | P-T ₃ -Strecke und P-Regler | 73 |