

	Seite		
Vorwort	3	3.3.5	PI-Regler und PI-Regelung..... 96
1 Grundlagen	7	3.3.5.1	Der PI-Regler..... 96
1.1 Steuern und Regeln im Alltag.....	7	3.3.5.2	Die Regelung mit einem PI-Regler 98
1.2 Steuern und Regeln in der Normung	9	3.3.6	Stabilität der Regelung
1.2.1 Steuern, Steuerung (nach DIN IEC 60050-351) .	9	3.3.7	Reglereinstellung..... 104
1.2.2 Regeln, Regelung (nach DIN IEC 60050-351).....	9	3.3.8	PD-Regler und PD-Regelung..... 108
1.3 Steuerungs- und Regelungsarten	13	3.3.8.1	Der PD-Regler
1.4 Der Wirkungsplan	14	3.3.8.2	Die Regelung mit einem PD-Regler..... 112
1.5 Der Wirkungsplan der Steuerung und Regelung (nach DIN IEC 60050-351)	17	3.3.9	PID-Regler und PID-Regelung
1.6 Grafische Symbole und Kennbuchstaben in der Prozessleittechnik.....	21	3.3.9.1	Der PID-Regler..... 116
2 Glieder des Regelkreises	26	3.3.9.2	Die Regelung mit einem PID-Regler 119
2.1 Der Regelkreis im Wirkungsplan	26	3.3.10	Konzeption einer Regelung..... 123
2.2 Das Verhalten von Regelkreisgliedern	29	3.3.11	Stabilität und Optimierung von Regelungen..... 125
2.2.1 Das dynamische Verhalten (Zeitverhalten).....	32	3.4	Praxisaspekte..... 135
2.2.2 Das statische Verhalten (Beharrungsverhalten) .	48	3.4.1	Empirische Reglerparametrierung..... 135
3 Der Regelkreis	55	3.4.2	Reglerparameter stetiger Regler..... 139
3.1 Normsignale und PLT-Stellenplan.....	55	3.4.3	Anfahren und Umschaltung von Reglern
3.1.1 Normsignale	55	3.4.4	Anti Windup..... 141
3.1.2 PLT-Stellenplan (Loop-Diagramm).....	58	3.4.5	Wirkungssinn des Reglers..... 142
3.2 Regelungen mit unstetigen Reglern	60	3.5	Regelungskonzepte..... 143
3.2.1 Zweipunkt-Regler und Zweipunkt-Regelung	60	4 Reglerausführungen	155
3.2.1.1 Der Regler mit Zweipunktverhalten (Zweipunkt-Regler).....	60	4.1	Analogregler
3.2.1.2 Die Regelung mit einem Zweipunkt-Regler.....	61	4.2	Digitalregler
3.2.1.3 Der Zweipunkt-Regler mit Rückführung.....	65	4.3	SPS-Regler..... 162
3.2.2 Der Dreipunkt-Regler.....	67	5 Mess- und Stelltechnik	164
3.2.3 Der Dreipunkt-Schrittregler.....	68	5.1	Messwerterfassung
3.2.4 Eigenschaften industrieller (Schalt-)Regler	69	5.2	Temperaturmesstechnik..... 168
3.3 Regelungen mit stetigen Reglern.....	74	5.2.1	Berührungslose Temperaturmessung..... 169
3.3.1 P-Regler und P-Regelung.....	75	5.2.2	Berührende Temperaturmessung..... 170
3.3.1.1 Der Regler mit Proportionalverhalten (P-Regler)	75	5.2.2.1	Mechanische Berührungsthermo- meter
3.3.1.2 Die Regelung mit einem P-Regler.....	79	5.2.2.2	Elektrische Berührungsthermometer 170
3.3.2 Bewertung von Regelungen.....	85	5.3	Füllstandsmesstechnik..... 188
3.3.3 I-Regler und I-Regelung.....	87	5.4	Stelleinrichtung
3.3.3.1 Der Regler mit Integrationsverhalten (I-Regler).....	87	5.4.1	Stellglied
3.3.3.2 Die Regelung mit einem I-Regler.....	90	5.4.2	Stellantrieb, Steller
3.3.4 D-Glied	94	6 Projektaufgaben	203
		6.1	Füllstand- oder Standregelung..... 203
		6.1.1	Aufgabenstellung
		6.1.2	Vorüberlegungen zum Verhalten der Füllstandstrecke
		6.1.3	Entwicklung des Simulationsmodells der Füllstandstrecke
		6.1.4	Beispielhafte Regelungen des Füllstandes..... 213

6.2	Zweipunktregelung (Simulation) mit einem Arduino-Board.....	218
6.2.1	Das ARDUINO-UNO-Board	218
6.2.2	Aufgabenstellung	219
6.2.3	Hardware und Programmierung	219
6.3	PI-Regelung mit SIMATIC S7-1200, SIMATIC Step7 (TIA-Portal V13) und KTP900.....	220
6.3.1	Aufgabenstellung	220
6.3.2	Stromlaufplan (Ausschnitt)	221
6.3.3	Programmierung der PI-Regelung	222
7	Regeln im Frequenzbereich	228
7.1	Testfunktionen	228
7.1.1	Sprungantwortverfahren	228
7.1.2	Sinusantwortverfahren (Frequenzgangverfahren).....	229
7.2	Umrechnung komplexer Größen.....	231
7.3	Grundstrukturen der Übertragungsglieder im Regelkreis	233
7.3.1	Reihen- oder Kettenstruktur.....	234
7.3.2	Parallelstruktur	234
7.3.3	Kreisstruktur	235
7.3.4	Frequenzgang des Regelkreises	235
7.4	Das BODE-Diagramm	236
7.5	Stabilität von Regelungen.....	242
8	Anhang	250
8.1	Tabellen	250
8.1.1	Reglerauswahl (Strukturierung)	250
8.1.2	Reglereinstellung (Parametrierung).....	251
8.1.3	Identifikation von Regelstrecken	253
8.2	Kennbuchstaben und Symbole für die EMSR-Technik (P&IDs) DIN EN 62424	256
8.3	Normwerte für Widerstandsfühler (RTD) und Thermoelemente (TC)	258
8.3.1	Grundwerte für Pt 100	258
8.3.2	Grundwerte für Ni 100	259
8.3.3	Bezeichnung und Kennzeichnung von Thermoelementen.....	260
8.3.4	Auswahlkriterien für Thermoelemente.....	260
8.3.5	Eisen-Konstantan (Fe-CuNi) Typ J	260
8.3.6	Nickel/Chrom-Nickel (NiCr-Ni) Typ K	261
8.4	Frequenzverhalten	262
8.4.1	Regelungstechnische Übertragungsglieder.....	262
8.4.2	Vorlage: BODE-Diagramm und Phasenlineal.....	265
	Stichwortverzeichnis	266
	Formelzeichen und Bezeichnungen.....	268
	Dictionary	270
	Literatur	273
	Bildquellenverzeichnis	274