

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Überblick	11
1.1	Prozesse und ihr Verhalten	11
1.2	Regler und Reglerbenennungen	15
1.2.1	Benennung nach Einsatz und Aufbau	16
1.2.2	Benennung nach verwendeten Parameteranteilen	17
1.2.3	Benennung nach verwandelter Regelgröße	22
1.2.4	Benennung nach verwandelter Regelstruktur	23
1.2.5	Benennung nach dem zu regelnden Prozess	24
1.2.6	Benennung nach Art und Quelle des Sollwerts	24
1.3	Verwendete Formelzeichen	25
1.4	Regler und ihre Signale	26
1.4.1	Formen der Eingangssignale an Reglern im Controller	27
1.4.2	Formen der Ausgangssignale an Reglern im Controller	28
2	Planung von Regelungen mit SIMATIC S7 und SIMATIC PCS 7	33
2.1	Übersicht der SIMATIC-Regelprodukte	33
2.2	Auswahl des Regelprodukts	36
2.2.1	Anschlusstechnik	38
2.2.2	Mengengerüst und Dynamik einer Regelung	40
2.2.3	Gütekriterium und Genauigkeit einer Regelung	43
2.2.4	Sicherheitsanforderungen	45
2.2.5	Bedienung und Visualisierung	45
2.2.6	Komplexität und Flexibilität	46
2.2.7	Einstellhilfe: PID Self-Tuner	46
2.2.8	Regler mit integrierter Einstellhilfe	48
2.3	Vorteile von Softwareregulern und FMs	50
3	Aktoren und Sensoren einer Regelung	53
3.1	Einfluss der Stellorgane auf die Regelung	53
3.1.1	Schütze, Relais und Halbleiterrelais	58
3.1.2	Ventile und Schieber	58
3.1.3	Klappen und Drosselklappen	61
3.1.4	Magnetventile	61
3.1.5	Drehzahlveränderbare Pumpen und Motoren	61
3.1.6	Stellglieder der Dosierung	62
3.2	Einfluss der Messtechnik auf die Regelung	63
3.2.1	Messsignale direkt angeschlossener Thermoelemente	64
3.2.2	Messsignale direkt angeschlossener Widerstandsthermometer	67
3.2.3	Standardsignale (0...10 V, 4...20 mA oder 0...20 mA)	69
3.2.4	Messprinzip der Analog erfassung	70
3.2.5	Auflösung, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit	72
3.3	Anschluss der Aktoren und Sensoren an den Controller	73

4	Darstellung von Regelungen	76
4.1	Fließbilder nach DIN 28004	76
4.2	Planunterlagen nach DIN 19227, Teil 1	78
4.3	Regler in der Projektieroberfläche	81
4.3.1	Softwareregelungen in der textuellen Darstellung AWL	81
4.3.2	Modulare Regelungen in der Darstellung CFC	81
4.3.3	Parametrierung kompakter Regelungen	82
4.3.4	Projektierung der PID-Regler in der S7-200/S7-1200	83
4.3.5	Projektierung der PI-Regler im Logikmodul LOGO!	84
4.3.6	Regler-Projektierung in SIMATIC PCS 7	85
4.4	Softwareregler in der Bedienoberfläche	86
4.5	Die Bedienoberfläche der Hardwareregler	89
4.5.1	Die Bedienung der Regel-FMs	89
4.5.2	Die Bedienung des Logikmoduls LOGO!	89
4.5.3	Die Bedienung der SIPART-Regler	90
5	Betriebsarten	91
5.1	Übersicht der Betriebsarten	91
5.2	Die Betriebsarten Hand und Automatik	93
5.2.1	Hand-/Automatikumschaltung mit Stoßfreiheit	93
5.2.2	Automatik-/Handumschaltung mit Stoßfreiheit	94
5.2.3	Hand-/Automatikumschaltung ohne Stoßfreiheit	95
5.2.4	Automatik-/Handumschaltung ohne Stoßfreiheit	96
5.2.5	Automatik-/Sicherheitsstellwertumschaltung	96
5.2.6	SPC- bzw. DDC-/Sicherheitssollwertumschaltung	96
5.3	Anfahren des (Software-)Reglers nach Wiederauf/Neustart der CPU	97
5.3.1	Anfahren des Regelkreises ohne Stoßfreiheit	97
5.3.2	Anfahren des Regelkreises mit Stoßfreiheit	98
5.4	Betriebsweise nach Regler AUS/EIN	99
5.4.1	Gesteuertes Anfahren eines Regelkreises	100
5.4.2	Geregeltes Anfahren eines Regelkreises	101
5.5	Sicherheitsbetriebsarten	102
5.5.1	SPC-Backup	102
5.5.2	DDC-Backup	102
5.5.3	Sicherheitssollwert	103
5.5.4	Sicherheitsstellwert	104
6	Funktionen eines Prozessreglers	105
6.1	Die elementaren Funktionen des Sollwertzweigs	105
6.1.1	Interne Sollwertvorgabe	105
6.1.2	Externe Sollwertvorgabe	106
6.1.3	Sollwertrampe	106
6.1.4	Sollwertbegrenzung	107
6.2	Die elementaren Funktionen des Istwertzweigs	107
6.2.1	Der Filter	107
6.2.2	Die Normierung	108
6.2.3	Die Linearisierung	108
6.2.4	Istwertüberwachung	108

6.3	Elementare Funktionen der Regeldifferenzbildung	110
6.3.1	Die Ansprechschwelle	110
6.3.2	Die Verhältnisbildung eines Verhältnisreglers	110
6.4	Die elementaren Funktionen des PID-Algorithmus	111
6.4.1	Standard-PI- oder PID-Algorithmus mit D-Anteil im Vorwärtszweig	111
6.4.2	PI- oder PID-Algorithmus mit D- und/oder P-Anteil im Rückführungszweig (Strukturzerlegung)	112
6.4.3	PI-Algorithmus mit D-Anteil im Störzweig	113
6.4.4	P-Algorithmen	114
6.4.5	Quasi-kontinuierliche und inkrementelle PID-Algorithmen	115
6.4.6	Parallele und seriell-interaktive PID-Struktur	116
6.5	Elementare Funktionen der Signalausgabe	117
6.5.1	Die Stellwertbegrenzung im Automatikbetrieb	117
6.5.2	Handstellwertbegrenzung	117
6.5.3	Pulsbreitenmodulation	117
6.5.4	Schrittregler mit und ohne Stellungsrückmeldung	119
7	PID-Regelstrukturen und Advanced Process Control	121
7.1	Störgrößenaufschaltung	121
7.2	Vorsteuerregelung	124
7.3	Verhältnisregelung	124
7.4	Kaskadenregelung	126
7.5	Splitrange-Regelung	131
7.6	Hilfsgrößenregelung	132
7.7	Ablöse- oder Auswahlregelung (Override-Regelung)	133
7.8	PID Gain-Scheduling für nichtlineare Prozesse	136
7.9	PID mit Smith-Prädiktor für Totzeitprozesse	137
7.10	Mehrgrößenregelung	139
7.10.1	Grundlagen zu Gegenkopplung, Mitkopplung, Entkopplung	140
7.10.2	Modellbasierte Prädiktivregelung: Grundlagen	142
7.10.3	Modellbasierte Prädiktivregelung: Realisierungsalternativen	145
7.10.4	Leitsystem-intergrierte Prädiktivregelung	146
7.10.5	Ankopplung externer APC-Softwarepakete	149
7.11	Vorgehensweise zur Auswahl des geeigneten Regelungsverfahrens	151
8	Der Aufruf von Softwareregeln im Controller	154
8.1	Zeitalarmebenen und Abtastzeiten	154
8.2	Aufrufe in SIMATIC STEP 7	154
8.2.1	Aufteilung von zyklischen und Weckalarm-gesteuerten Programmteilen	154
8.2.2	Zeittaktverteilung und Abtastzeiten der Funktionsglieder	155
8.2.3	Zeittaktverteilung mit dem Baustein LP_SCHED	156
8.2.4	Aufbau einer modularen Regelung	157
8.3	Aufrufe in S7-200	159
8.4	Aufrufe in LOGO	160
8.5	Aufrufe in SIMATIC PCS 7	160

9	Inbetriebnahme von Prozessreglern	162
9.1	Erste Schritte	162
9.1.1	Installation und Überprüfung der Signalverbindungen	162
9.1.2	Wirksinn eines Prozessreglers	162
9.1.3	Vorbesetzung der Regelparameter	163
9.1.4	Linearisierung von Prozesswerten	164
9.1.5	Einstellungen der Pulsformerstufen	166
9.1.6	Einstellungen eines Kaskadenreglers	168
9.2	Aufnahme der Sprungantwort des Prozesses	170
9.2.1	Checkliste der Vorbereitungen	171
9.2.2	Erste Aufnahme	172
9.2.3	Strecken mit reinem Verzögerungsverhalten	172
9.2.4	Temperaturstrecken mit aktivem Heizen und passivem Kühlen	174
9.2.5	Temperaturstrecken mit aktivem Heizen und aktivem Kühlen	176
9.3	Einstellregeln – Auswahl, Grenzen und Bewertung	177
9.3.1	Einstellung der Abtastzeit bei Softwareregelungen	179
9.3.2	Einstellung nach Chien/Hrones/Reswick	180
9.3.3	Einstellregeln totzeitbehafteter Strecken nach Ziegler/Nichols	181
9.3.4	Einstellregel nach der Anstiegs geschwindigkeit	181
9.3.5	Einstellregel für empirisches Nachoptimieren	183
9.4	Umrechnung von S5 nach S7	185
9.5	Inbetriebnahme mit PID Self-Tuner	186
9.6	PCS 7 PID-Tuner	188
9.7	Inbetriebnahme der S7-200/S7-1200 mit dem integrierten Autotuner	192
9.8	Überwachung von Regelkreisen (Control Performance Monitoring)	194
10	Beispiele	196
	Literaturverzeichnis	197
	Normen, Vorschriften, Berichte und Links	198
	Verwendete Abkürzungen	199
	Stichwortverzeichnis	203