

Inhaltsverzeichnis

1	Steuern, Regeln, Leiten		3.7	Gefährdungen und Schutzmaßnahmen	87
1.1	Steuern, Steuerung	7	3.7.1	Berührungsschutz	87
1.1.1	Analoge, binäre und digitale Steuerungen	7	3.7.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	88
1.1.2	Verknüpfungssteuerungen und Ablaufsteuerungen	9	3.7.3	Elektrostatische Entladungen (ESD)	90
1.1.3	Verbindungsprogrammierte Steuerungen und speicherprogrammierte Steuerungen	10	3.7.4	Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Fachaufsicht	90
1.2	Regeln, Regelung	10	4	Pneumatik	
1.3	Leiten, Leitung	11	4.1	Aufbau einer Pneumatikanlage	92
2	Mechanische Steuerungen		4.2	Drucklufterzeugung	94
2.1	Allgemeines	12	4.2.1	Verdichter (Kompressoren)	94
2.2	Verstellbare Getriebe	13	4.2.2	Druckluftnetze	97
2.2.1	Stufengetriebe	13	4.2.3	Druckluftaufbereitung	98
2.2.2	Stufenlos verstellbare Getriebe	14	4.3	Antriebsglieder	99
2.3	Getriebe mit ungleichmäßiger Übersetzung	17	4.3.1	Druckluftmotoren	99
2.4	Getriebe mit aussetzender Bewegung	19	4.3.2	Pneumatischer Muskel	101
3	Elektrische und elektronische Steuerungen		4.3.3	Balgantrieb	101
3.1	Elektrische Kontaktsteuerungen	20	4.3.4	Dreh- und Schwenkantrieb	102
3.1.1	Bauelemente und Betriebsmittel	20	4.3.5	Druckluftzylinder	102
3.1.2	Darstellung und Schaltpläne	32	4.3.5.1	Standardzylinder	102
3.1.3	Grundsaltungen	33	4.3.5.2	Sonderbauarten	105
3.2	Elektronische Bauelemente	35	4.3.5.3	Zylinderkennwerte	106
3.3	Binäre und digitale Steuerungen	39	4.3.5.4	Zylinderberechnungen	106
3.3.1	Codierungen	39	4.4	Ventile und Grundsteuerungen	108
3.3.1.1	Dualcode	39	4.4.1	Darstellung der Ventile	108
3.3.1.2	BCD-Codes	40	4.4.2	Einteilung der Ventile	110
3.3.1.3	Barcodes	40	4.4.2.1	Wegeventile	110
3.3.1.4	2D-Codes	40	4.4.2.2	Stromventile	112
3.3.2	Digitale Speicher	41	4.4.2.3	Sperrventile	113
3.3.3	Binäre Verknüpfungen	45	4.4.2.4	Druckventile und Absperrventile	115
3.3.4	Schaltalgebra	48	4.4.2.5	Ventilinseln	116
3.3.5	Kombinatorische Steuerungen	49	4.5	Grafische Darstellung	117
3.3.6	Ablaufsteuerungen	54	4.5.1	Aufbau eines Schaltplans	117
3.3.6.1	Elektromechanische Ablaufsteuerungen	55	4.5.2	Funktionsdiagramme	119
3.3.6.2	Ablaufsteuerungen mit Kippgliedern (Flipflops)	55	4.5.2.1	Wegdiagramm	120
3.3.6.3	Zähler	58	4.5.2.2	Zustandsdiagramm	120
3.4	GRAFSET	61	4.6	Proportionaltechnik	123
3.4.1	Schritte	62	4.6.1	Proportional-Druckregelventile	123
3.4.2	Aktionen	63	4.6.2	Proportional-Wegeventile	124
3.4.3	Transitionen und Ablaufstrukturen	64	4.7	Pneumatische Positioniersysteme	124
3.4.4	Beispiel zu GRAFCET	66	4.8	Beispiele pneumatischer Steuerungen	126
3.5	Wegdiagramm und Zustandsdiagramm	71	4.8.1	Wegplansteuerung einer Biegevorrichtung	126
3.6	Sensoren	68	4.8.2	Taktstufensteuerung	127
3.6.1	Allgemeines	68	4.9	Elektropneumatische Steuerungen	129
3.6.2	Analoge Sensoren	69	4.9.1	Elektropneumatische Betriebsmittel	129
3.6.2.1	Wege, Winkel, Abstände und Dicken	69	4.9.2	Direkte und indirekte Steuerung	130
3.6.2.2	Geschwindigkeiten und Drehzahlen	76	4.9.3	Selbsthalteschaltung	131
3.6.2.3	Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	77	4.9.4	Darstellung	131
3.6.2.4	Beschleunigungen	79	4.9.5	Stetigantrieb	132
3.6.2.5	Temperaturen	80	4.9.6	Ablaufsteuerung	132
3.6.3	Binäre Sensoren	82	5	Hydraulik	
3.6.4	Digitale Sensoren	83	5.1	Allgemeines	134
3.6.4.1	Inkrementale Sensoren	83	5.2	Physikalische Grundlagen	134
3.6.4.2	Codemaßstäbe und Winkelcodierer	85	5.2.1	Hydrostatik	134
3.6.4.3	Drehmelder (Resolver)	86	5.2.2	Hydrodynamik	136
			5.3	Hydraulikflüssigkeiten	137
			5.4	Aufbau hydraulischer Steuerungen	139
			5.4.1	Hydraulikpumpen	140
			5.4.1.1	Zahnradpumpen	140
			5.4.1.2	Kolbenpumpen	141
			5.4.1.3	Flügelzellenpumpe	141

5.6	Hydraulikspeicher	142	7.5	Analogwertverarbeitung	224
5.7	Antriebselemente	144	7.6	Programmieren mit strukturiertem Text (ST)	227
5.7.1	Hydraulikzylinder	144	7.6.1	Digitale Regelung	227
5.7.2	Hydraulikmotoren	145	7.6.2	Zweipunktregler	228
5.8	Hydraulikventile	147	7.6.3	PID-Reglerbaustein	229
5.8.1	Allgemeines	147	7.7	Bedienen und Beobachten von Fertigungsprozessen	231
5.8.2	Druckventile	148	7.8	Schnelle Zählvorgänge	232
5.8.3	Wegeventile	151			
5.8.4	Sperrventile	152	8	Elektrische Antriebe	
5.8.5	Stromventile	153	8.1	Einführung	234
5.8.6	Ventilaufbauarten	156	8.2	Rechnerische Grundlagen	236
5.8.6.1	Blockbauweise	156	8.3	Gleichstrommotoren (DC-Motoren)	239
5.8.6.2	Patronentechnik	157	8.4	Drehstromasynchronmotor	241
5.8.7	Stetigventile	158	8.4.1	Aufbau des Kurzschlussläufers	241
5.8.8	Proportionalventiltechnik	159	8.4.2	Das Drehfeld	242
5.8.9	Servoverventile	165	8.4.3	Funktionsweise	243
			8.4.4	Anlasssteuerungen	244
6	Regelungstechnik		8.4.5	Drehrichtungsumkehr	245
6.1	Grundbegriffe	167	8.4.6	Betriebsarten und Fahrprofile	245
6.2	Regelungsarten	168	8.4.7	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung	246
6.3	Regelkreisglieder	170	8.4.7.1	Allgemeines und Einteilung	246
6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	170	8.4.7.2	U/f-Steuerung	247
6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	171	8.4.7.3	Vektorregelung	248
6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied)	172	8.5	Drehstromsynchronmotor	250
6.3.4	Integralglied (I-Glied)	175	8.5.1	Servoantriebe	250
6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	176	8.5.2	Direktantriebe	251
6.3.6	Totzeitglied (T _T -Glied)	176	8.5.2.1	Torquemotoren	251
6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder	178	8.5.2.2	Linearmotoren	253
6.4	Regler und Regelkreise	179	8.6	Schrittmotoren	253
6.4.1	Schaltende Regler	179	8.7	Lageregelung (Positionierantriebe)	254
6.4.2	Analoge Regler	180	8.7.1	Kaskadenregelung	254
6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler)	182	8.7.2	Geschwindigkeitsvorsteuerung	255
6.4.3.1	Digitalisierung und Signalabtastung	182	8.7.3	Analoger und digitaler Drehzahlregelkreis	256
6.4.3.2	Regelungsalgorithmus	183			
6.4.4	Regelung von P-Strecken	186	9	Computergesteuerte Maschinen	
6.4.5	Regelung von I-Strecken	187	9.1	CNC-Werkzeugmaschinen	257
6.4.6	Einstellen eines Reglers	188	9.1.1	Der Produktionsprozess	257
6.4.7	Selbstoptimierende Regler	189	9.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	260
7	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)		9.1.3	CNC-Programmierung	262
7.1	Aufbau und Funktionsweise	190	9.1.3.1	DIN-Programmierung	262
7.2	Programmierung	193	9.1.3.2	Werkstatorientiertes Produzieren (WOP)	272
7.2.1	Programmiersprachen	193	9.1.4	Interpolation	274
7.2.2	Programmaufbau	196	9.1.5	Leistungsfähigkeit	276
7.3	Funktionen und Operationen	200	9.1.6	Offene CNC-Steuerung	278
7.3.1	Grundfunktionen	200	9.2	Additive Fertigungsverfahren/3D-Druck	279
7.3.2	Binäre Abfragen und Verknüpfungen	200	9.2.1	Allgemeines	279
7.3.3	SR/RS-Speicherfunktionen	203	9.2.2	AM-Verfahren	280
7.3.4	Flankenbewertung	205	4.2.2.1	Stereolithography (SL)	280
7.3.5	Zeitfunktionen	206	5.2.2.2	3D Printing (3DP)	280
7.3.6	Zählfunktionen	208	6.2.2.3	Selective Laser Sintering (SLS) und Selective Laser Melting (SLM)	281
7.3.7	Arithmetische und numerische Funktionen	210	7.2.2.4	Selective Mask Sintering (SMS)	281
7.3.8	Übertragungsfunktionen und Programmsteuerungsfunktionen	210	8.2.2.5	Fused Deposition Melting (FDM)	281
7.3.9	Digitale Operationen	211	9.2.2.6	Laser Laminated Manufacturing (LLM)	282
7.4	Ablaufsteuerungen	213	9.2.3	Die Informations- und Prozesskette	282
7.4.1	Gliederung und Darstellung	213	9.3	Robotertechnik	283
7.4.2	Beispiel für eine Ablaufsteuerung	214	9.3.1	Einteilung	283
7.4.3	Programmieren in Ablaufsprache	217	9.3.2	Der kinematische Aufbau	285
7.4.4	Betriebsartensignale	219	9.3.3	Roboterantriebe	288
7.4.5	Funktionsbaustein für Betriebsarten	220	9.3.4	Greifer	289
7.4.6	Funktionsbaustein für Schrittketten	221	9.3.5	Roboterprogrammierung	290
7.4.7	Funktionsbaustein für die Befehlsausgabe	221	9.3.5.1	Programmierverfahren	290
7.4.8	Zustandsautomaten	222	9.3.5.2	Koordinatensysteme	293
			9.3.6	Robotersteuerung	295
			9.3.6.1	Die Bewegungserzeugung	295
			9.3.6.2	Achsstellungen	296
			9.3.6.3	Interpolation	297

