

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	7	3.6.3.2	Codemaßstäbe und Winkelcodierer	90
1.1	Steuern, Steuerung	7	3.6.3.3	Drehmelder (Resolver)	91
1.1.1	Analoge, binäre und digitale Steuerungen	7	3.6.4	Sensoren zur Sicherheitstechnik	92
1.1.2	Verknüpfungssteuerungen und Ablaufsteuerungen	9	3.6.5	Störungen in Sensorleitungen	95
1.1.3	Verbindungsprogrammierte Steuerungen und speicherprogrammierte Steuerungen	10	3.7	Gefährdungen und Schutzmaßnahmen	97
1.2	Regeln, Regelung	10	3.7.1	Berührungsschutz	97
1.3	Leiten, Leitung	11	3.7.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	98
1.4	Entwicklungsphasen industrieller Technik	12	3.7.3	Elektrostatische Entladungen (ESD)	100
1.5	Industrie 4.0	14	3.7.4	Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Fachaufsicht	100
1.6	Cyber Physische Systeme (CPS)	15	4	Pneumatik	100
2	Mechanische Steuerungen	16	4.1	Aufbau einer Pneumatikanlage	101
2.1	Allgemeines	16	4.2	Druckluftherzeugung	104
2.2	Verstellbare Getriebe	17	4.2.1	Verdichter (Kompressoren)	104
2.2.1	Stufenge triebe	17	4.2.2	Druckluftnetze	107
2.2.2	Stufenlos verstellbare Getriebe	18	4.2.3	Druckluftaufbereitung	108
2.3	Getriebe mit ungleichmäßiger Übersetzung	21	4.3	Antriebsglieder	109
2.4	Getriebe mit aussetzender Bewegung	23	4.3.1	Druckluftmotoren	109
3	Elektrische und elektronische Steuerungen	24	4.3.2	Pneumatischer Muskel	111
3.1	Elektrische Kontaktsteuerungen	24	4.3.3	Balgantrieb	111
3.1.1	Bauelemente und Betriebsmittel	24	4.3.4	Dreh- und Schwenkantriebe	112
3.1.2	Darstellung und Schaltpläne	38	4.3.5	Druckluftzylinder	112
3.1.3	Grundschaltungen	39	4.3.5.1	Standardzylinder	112
3.2	Elektronische Bauelemente	41	4.3.5.2	Sonderbauarten	115
3.3	Binäre und digitale Steuerungen	45	4.3.5.3	Zylinderkennwerte	116
3.3.1	Codierungen	45	4.3.5.4	Zylinderberechnungen	116
3.3.1.1	Dualcode	45	4.4	Ventile und Grundsteuerungen	118
3.3.1.2	BCD-Codes	46	4.4.1	Darstellung der Ventile	118
3.3.1.3	Barcodes	46	4.4.2	Einteilung der Ventile	120
3.3.1.4	2D-Codes	46	4.4.2.1	Wegeventile	120
3.3.2	Digitale Speicher	47	4.4.2.2	Stromventile	122
3.3.3	Binäre Verknüpfungen	51	4.4.2.3	Sperrventile	123
3.3.4	Schaltalgebra	54	4.4.2.4	Druckventile und Absperrventile	125
3.3.5	Kombinatorische Steuerungen	55	4.4.2.5	Ventilinseln	126
3.3.6	Ablaufsteuerungen	60	4.5	Grafische Darstellung	127
2.3.6.1	Elektromechanische Ablaufsteuerungen	61	4.5.1	Aufbau eines Schaltplans	127
3.3.6.2	Ablaufsteuerungen mit Kippgliedern (Flipflops)	61	4.5.2	Funktionsdiagramme	129
3.3.6.3	Zähler	64	4.5.2.1	Wegdiagramm	130
3.4	GRAFCET	67	4.5.2.2	Zustandsdiagramm	130
3.4.1	Schritte	68	4.6	Proportionaltechnik	133
3.4.2	Aktionen	69	4.6.1	Proportional-Druckregelventile	133
3.4.3	Transitionen und Ablaufstrukturen	70	4.6.2	Proportional-Wegeventile	134
3.4.4	Beispiel zu GRAFCET	72	4.7	Pneumatische Positioniersysteme	134
3.5	Wegdiagramm und Zustandsdiagramm	73	4.8	Beispiele pneumatischer Steuerungen	136
3.6	Sensoren	74	4.8.1	Wegplansteuerung einer Biegevorrichtung	136
3.6.1	Allgemeines	74	4.8.2	Taktstufensteuerung	137
3.6.2	Analoge Sensoren	75	4.9	Elektropneumatische Steuerungen	139
3.6.2.1	Wege, Winkel, Abstände und Dicken	75	4.9.1	Elektropneumatische Betriebsmittel	139
3.6.2.2	Geschwindigkeiten und Drehzahlen	82	4.9.2	Direkte und indirekte Steuerung	140
3.6.2.3	Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	83	4.9.3	Selbsthalteschaltung	141
3.6.2.4	Beschleunigungen	84	4.9.4	Darstellung	141
3.6.2.5	Temperaturen	86	4.9.5	Stetigantrieb	142
3.6.3	Digitale Sensoren	88	4.9.6	Ablaufsteuerung	142
3.6.3.1	Inkrementale Sensoren	88	5	Hydraulik	144
			5.1	Allgemeines	144
			5.2	Physikalische Grundlagen	144
			5.2.1	Hydrostatik	144
			5.2.2	Hydrodynamik	146
			5.3	Hydraulikflüssigkeiten	147
			5.4	Aufbau hydraulischer Steuerungen	149
			5.4.1	Hydraulikpumpen	150

5.4.1.1	Zahnradpumpen	150	7.4.8	Zustandsautomaten	232
5.4.1.2	Kolbenpumpen	151	7.5	Analogwertverarbeitung	234
5.4.1.3	Flügelzellenpumpe	151	7.6	Programmieren mit strukturiertem Text (ST)	237
5.6	Hydraulikspeicher	152	7.6.1	Digitale Regelung	237
5.7	Antriebsselemente	154	7.6.2	Zweipunktreger	238
5.7.1	Hydraulikzylinder	154	7.6.3	PID-Reglerbaustein	239
5.7.2	Hydraulikmotoren	155	7.7	Bedienen und Beobachten von Produktionsprozessen	241
5.8	Hydraulikventile	157	7.8	Schnelle Zählvorgänge	242
5.8.1	Allgemeines	157	7.9	Kleinststeuerung LOGO!	244
5.8.2	Druckventile	158	8	Elektrische Antriebe	248
5.8.3	Wegeventile	161	8.1	Einführung	248
5.8.4	Sperrventile	162	8.2	Rechnerische Grundlagen	250
5.8.5	Stromventile	163	8.3	Gleichstrommotoren (DC-Motoren)	253
5.8.6	Ventilaufbauarten	166	8.4	Drehstromasynchronmotor	255
5.8.7	Stetigventile	168	8.4.1	Aufbau des Kurzschlussläufers	255
5.8.8	Proportionalventiltechnik	169	8.4.2	Das Drehfeld	256
5.8.9	Servoventile	175	8.4.3	Funktionsweise	257
6	Regelungstechnik	177	8.4.4	Anlasssteuerungen	258
6.1	Grundbegriffe	177	8.4.5	Drehrichtungsumkehr	259
6.2	Regelungsarten	178	8.4.6	Betriebsarten und Fahrprofile	259
6.3	Regelkreisglieder	180	8.4.7	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung	260
6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	180	8.4.7.1	Allgemeines und Einteilung	260
6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	181	8.4.7.2	U/f-Steuerung	261
6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied), Schwingungsglied	182	8.4.7.3	Vektorregelung	262
6.3.4	Integralglied (I-Glied)	185	8.5	Drehstromsynchronmotor	264
6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	186	8.5.1	Servuantriebe	264
6.3.6	Totzeitglied (T _f -Glied)	186	8.5.2	Direktantriebe	265
6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder	188	8.5.2.1	Torquemotoren	265
6.4	Regler und Regelkreise	189	8.5.2.2	Linearmotoren	267
6.4.1	Schaltende Regler	189	8.6	Schrittmotoren	267
6.4.2	Analoge Regler	190	8.7	Lageregelung (Positionierantriebe)	268
6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler)	192	8.7.1	Kaskadenregelung	268
6.4.3.1	Digitalisierung und Signalabtastung	192	8.7.2	Geschwindigkeitsvorsteuerung	269
6.4.3.2	Regelungsalgorithmus	193	8.7.3	Analoger und digitaler Drehzahlregelkreis	270
6.4.4	Regelung von P-Strecken	196	9	Computergesteuerte Maschinen	271
6.4.5	Regelung von I-Strecken	197	9.1	CNC-Werkzeugmaschinen	271
6.4.6	Einstellen eines Reglers	198	9.1.1	Der Produktionsprozess	271
6.4.7	Selbstoptimierende Regler	199	9.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	274
7	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	200	9.1.3	CNC-Programmierung	276
7.1	Aufbau und Funktionsweise	200	9.1.3.1	DIN-Programmierung	276
7.2	Programmierung	203	9.1.3.2	Werkstattorientiertes Produzieren (WOP)	286
7.2.1	Programmiersprachen	203	9.1.4	Interpolation	287
7.2.2	Programmaufbau	206	9.1.5	Leistungsfähigkeit	290
7.3	Funktionen und Operationen	210	9.1.6	Offene CNC-Steuerung	292
7.3.1	Binäre Abfragen und Verknüpfungen	210	9.2	3D-Druck – Additive Fertigungsverfahren	293
7.3.2	SR/RS-Speicherfunktionen	213	9.2.1	Allgemeines	293
7.3.3	Flankenbewertung	215	9.2.2	AM-Verfahren	294
7.3.4	Zeitfunktionen	216	9.2.3	Die Informationskette und Prozesskette	296
7.3.5	Zählfunktionen	218	9.3	Robotertechnik	297
7.3.6	Arithmetische und numerische Funktionen	220	9.3.1	Einteilung	297
7.3.7	Übertragungsfunktionen und Programmsteuerungsfunktionen	220	9.3.2	Der kinematische Aufbau	299
7.3.8	Digitale Operationen	221	9.3.3	Roboterantriebe	302
7.4	Ablaufsteuerungen	223	9.3.4	Greifer	303
7.4.1	Gliederung und Darstellung	223	9.3.5	Roboterprogrammierung	304
7.4.2	Beispiel für eine Ablaufsteuerung	224	9.3.5.1	Programmierverfahren	304
7.4.3	Programmierung in Ablaufsprache	227	9.3.5.2	Koordinatensysteme	307
7.4.4	Betriebsartensignale	229	9.3.6	Robotersteuerung	309
7.4.5	Funktionsbaustein für Betriebsarten	230	9.3.6.1	Die Bewegungserzeugung	309
7.4.6	Funktionsbaustein für Schrittketten	231	9.3.6.2	Achsstellungen	310
7.4.7	Funktionsbaustein für die Befehlsausgabe	232	9.3.6.3	Interpolation	311
			9.3.6.4	Überschleifen und Pendeln	312
			9.3.6.5	Robotersensorführung	313
			9.3.6.6	Kollaborierende Roboter	315
			9.3.7	Schutzmaßnahmen	316

