

Studium und Praxis

Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme

Band 3.1

Automatisierung und Steuerungstechnik 1

Vierte, grundlegend neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Prof. Dr.-Ing. E.h. Dr.-Ing. Manfred Weck VDI

I Automatisierbare Funktionen der Fertigungseinrichtungen und ihre Realisierung

| Mechanische Steuerungen

> Grundlagen der Informationsverarbeitung

Elektrische Steuerungen

Numerische Steuerungen

Verarbeitung geometrischer Daten zur Interpolation und Bewegungsführung

VERLAG

Inhalt

Formelzeichen und Abkürzungen	XV
1 Einleitung	1
1.1 Begriffsbestimmung	1
1.2 Geschichtliche Entwicklung und Gründe für die Automatisierung der Werkzeugmaschinen	2
2 Automatisierbare Funktionen der Fertigungseinrichtungen und ihre Realisierung	5
2.1 Steuerung des Funktionsablaufs	7
2.1.1 Funktionsfolgen	7
2.1.2 Elemente der Steuerung, Programmierung und Speicherung	8
2.2 Beispiele automatisierter Funktionen	10
2.2.1 Weg- und Schaltinformationen	10
2.2.1.1 Nocken- und Schalterleisten	10
2.2.1.2 Absolute und inkrementale Drehgeber zur Erfassung der Istposition einer Maschinenbaugruppe und zur Initiierung von Funktionen.	11
2.2.2 Drehzahlverstellung	12
2.2.3 Werkstücktransport und -handhabung	13
2.2.4 Werkzeughandhabung und -speicherung	17
2.2.5 Prozeßüberwachung, Prozeßregelung, Diagnose und Sicherheit	21
2.2.6 Leittechnik	22
2.2.7 Entsorgung	22
3 Mechanische Steuerungen	24
3.1 Einspindeldrehautomat	25
3.1.1 Kurvenscheibenberechnung	31
3.2 Mehrspindeldrehautomat	35
4 Grundlagen der Informationsverarbeitung	46
4.1 Grundlagen	46
4.1.1 Zahlensysteme	46
4.1.2 Datencodes	50

4.1.3	Boolesche Algebra	53
4.1.4	Karnaugh-Veitch-Diagramm	57
4.2	Bausteine	60
4.2.1	Realisierung der Grundfunktionen	60
4.2.2	Erweiterte Funktionen	64
4.2.2.1	Flip-Flop	64
4.2.2.2	Flankengetriggerte Flip-Flops	65
4.2.2.3	1:2-Untersetzer	66
4.2.2.4	Binärzähler	66
4.2.2.5	Halbaddierer	67
4.2.2.6	Volladdierer	67
4.2.2.7	Vergleicher	68
4.2.2.8	Decodierer	68
4.2.2.9	Parityprüfer	70
4.2.2.10	A/D-Wandler	70
4.2.2.11	D/A-Wandler	72
4.2.3	Bedien- und Anzeigeelemente	74
4.3	Rechner	75
4.3.1	Analogrechner	76
4.3.2	Digitalrechner	79
4.3.2.1	Aufbau und Funktion	79
4.3.2.2	Peripherie	83
4.3.2.3	Anwendersoftware	85
5	Elektrische Steuerungen	90
5.1	Aufbau und Einordnung von elektrischen Steuerungen	90
5.1.1	Verknüpfungssteuerungen	93
5.1.2	Ablaufsteuerungen	94
5.2	Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS)	96
5.2.1	Anwendungsgebiete und Aufgaben	96
5.2.2	Anwendungsbeispiele	97
5.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	100
5.3.1	Anwendungsgebiete und Aufgaben	100
5.3.2	Aufbau und Funktionsweise	102
5.3.2.1	Aufbau	102
5.3.2.2	Funktionsweise	105
5.3.3	SPS-Programmierung	107
5.3.3.1	Kontaktplan-Programmierung	109
5.3.3.2	Funktionsplan-Programmierung	110
5.3.3.3	Programmierung mit Anweisungsliste	111
5.3.3.4	Beispiele für komplexere Programmanweisungen	113
5.3.3.4.1	Zeitfunktionen	113
5.3.3.4.2	Zähler	114
5.3.3.4.3	Wortverarbeitung	114
5.3.3.5	Hochsprachen-Programmierung	116

5.3.3.6	Ablaufsprache	. . . . .	.118
5.3.4	Vorgehensweise zur systematischen Entwicklung von komplexen SPS-Programmen	. . . . .	.119
5.3.4.1	Spezifikation der Steuerungsaufgabe	. . . . .	.119
5.3.4.2	Programmwurf und Programmierung	. . . . .	.123
5.3.4.3	Programmtest	. . . . .	.123
5.3.5	Feldbussysteme für SPS	. . . . .	.126
5.4	Sicherheitssteuerungen	. . . . .	.129
5.4.1	Zweikanalige, fehlererkennende Steuerungsstruktur	. . . . .	.130
5.4.2	Dreikanalige, fehlertolerante Steuerungsstruktur	. . . . .	.131
5.4.3	Konventionelle Sicherheitsschaltung in Relais-technik	. . . . .	.132
5.4.4	Fehlertolerante Prozeßkopplung	. . . . .	.133
5.4.4.1	Sichere Auswertung von Prozeßeingängen	. . . . .	.134
5.4.4.2	Fehlertolerante und fehlertolerante Prozeßausgänge	. . . . .	.137
6	Numerische Steuerungen	. . . . .	.139
6.1	Geschichtliche Entwicklung numerischer Steuerungen	. . . . .	.139
6.2	Aufbau und Funktionsbeschreibung numerischer Steuerungen	. . . . .	.141
6.2.1	Allgemeine Funktionsbeschreibung	. . . . .	.141
6.2.2	Hardware und Schnittstellen einer NC-Steuerung	. . . . .	.144
6.2.2.1	Komponenten	. . . . .	.144
6.2.2.2	Interner Aufbau	. . . . .	.144
6.2.2.3	Externe Schnittstellen	. . . . .	.148
6.2.3	Software einer NC-Steuerung	. . . . .	.150
6.2.4	Funktionsweise einer NC-Steuerung	. . . . .	.152
6.2.5	Funktionsumfang moderner NC-Steuerungen	. . . . .	.156
6.2.5.1	Standard-Funktionen	. . . . .	.156
6.2.5.2	Funktionen zur Steuerung automatisierter Produktionszellen	. . . . .	.164
6.2.6	Entwicklungstendenzen bei numerischen Steuerungen	. . . . .	.169
6.2.6.1	Neuentwicklungen und Handlungsbedarf	. . . . .	.169
6.2.6.2	Tendenz zu offenen Steuerungssystemen	. . . . .	.171
6.2.6.2.1	Motivation und Ziele offener Systeme	. . . . .	.171
6.2.6.2.2	Realisierung offener Steuerungen	. . . . .	.173
6.3	Programmierung von NC-Werkzeugmaschinen	. . . . .	.178
6.3.1	Aufbau eines NC-Programms	. . . . .	.178
6.3.2	Koordinatensysteme und Bezugspunkte	. . . . .	.181
6.4	Programmierverfahren	. . . . .	.184
6.4.1	Manuelle Programmierung	. . . . .	.185
6.4.1.1	Grundlagen und Vorgehensweise	. . . . .	.185
6.4.1.2	Programmierbeispiel	. . . . .	.188
6.4.1.3	Zusätzliche Befehle zur Programmeingabe	. . . . .	.190
6.4.1.4	Grenzen der Programmiersprache nach DIN 66025	. . . . .	.193
6.4.2	Maschinelle Programmierung	. . . . .	.195
6.4.2.1	CAD/CAP/CAM-Kopplung	. . . . .	.199
6.4.2.2	Programmierbeispiel anhand des EXAPT-Systems	. . . . .	.212

6.4.3	Werkstatorientierte Programmierung	221
6.4.4	Werkstattnahe Programmierung mit manueller Prozeßführung	226
6.4.5	Kostenvergleich der Programmierverfahren.	228
6.5	Benutzerschnittstellen an NC-Werkzeugmaschinen	230
6.5.1	Bedientafel an NC-Werkzeugmaschinen	230
6.5.2	Manuelle Prozeßführung	232
6.5.2.1	Allgemeine Übersicht	232
6.5.2.2	Bedienelemente zur Prozeßführung	232
6.5.2.3	Möglichkeiten für die Realisierung einer benutzerorientierten Prozeßführung	234
6.5.2.4	Entwicklungstendenzen	237
6.5.3	Benutzerorientierte Darstellung prozeß- und systembezogener Kenngrößen	238
6.5.3.1	Ausgangssituation	238
6.5.3.2	Benutzergerechte Vermittlung der Kenngrößen	239
6.5.3.3	Technische Realisierungen und Anwendungsbeispiele	240
7	Verarbeitung geometrischer Daten zur Interpolation und Bewegungsführung	244
7.1	Interpolation	245
7.1.1	Funktionen zur satzorientierten Geschwindigkeits- und Beschleunigungsführung einfacher Bahnen	247
7.1.1.1	Beschleunigungs- und Verzögerungsphase	250
7.1.1.2	Konstantgeschwindigkeitsphase	253
7.1.1.3	Bremseinsatzpunkterkennung	253
7.1.2	Funktionen zur satzübergreifenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungsführung einfacher Bahnen	255
7.1.2.1	Satzübergänge	255
7.1.2.2	Vorausschauende Geschwindigkeitsführung	256
7.1.3	Interpolation einfacher Bahnen	258
7.1.3.1	Geradeninterpolation	259
7.1.3.2	Kreisinterpolation	261
7.1.4	Interpolation von Splines	265
7.1.4.1	Polynomermittlung	266
7.1.4.2	Spline-Interpolation	270
7.1.5	Sonstige Verfahren	273
7.2	Geometrische Transformationen	273
7.2.1	Nullpunktverschiebungen	273
7.2.2	Werkzeugkorrekturen	275
7.2.3	Achstransformationen für die fünf achsige Fräsbearbeitung	277
7.3	Externe Lage- und Geschwindigkeitsbeeinflussung	278
7.3.1	Kompensation geometrischer Fehler	278
7.3.1.1	Kompensation geometrischer Fehler von Vorschubantrieben	278
7.3.1.1.1	Messung der Positionierunsicherheit nach VDI/DGQ 3441	278
7.3.1.1.2	Umkehrspanne	279

7.3.1.1.3 Spindelsteigungsfehler.	280
7.3.1.2 Kompensation statischer Prozeßlasten.	280
7.3.1.3 Kompensation thermischer Verlagerungen.	284
7.3.1.3.1 Direkte Kompensation.	285
7.3.1.3.2 Indirekte Kompensation.	286
7.3.1.4 Meßregelung für Schleifprozesse.	289
7.3.1.5 Statistische Prozeßregelung.	290
7.3.2 Vorschub-Override und externe Geschwindigkeitsbeeinflussung . . .	292
7.4 Referenzpunktfahrt	294
Schrifttum	297
Sachwörterverzeichnis	305