

Schrifttum

- /1/ Hagl, R.;
Philipp, W.: Bauelemente für den Werkzeugmaschinen-
antrieb.
wt Werkstattstechnik 78 (1988), H. 1,
S. 62 - 63.
- /2/ Philipp, W.;
Rudloff, H.: Elemente der elektrischen, hydraulischen
und pneumatischen Antriebstechnik.
wt Werkstattstechnik 77 (1987), H. 7,
S. 389 - 391.
- /3/ Philipp, W.: Antriebstechnik - Berichte über die
Hannovermesse Industrie'89.
wt Werkstattstechnik 79 (1989), H. 7,
S. 392 - 394.
- /4/ Boehringer, A.: Einstellung von Schaltzuständen in
Stellgliedern der Leistungselektronik
durch den unmittelbar gewünschten Ef-
fekt.
etz Archiv, Bd. 11 (1989), H. 12,
S. 381 - 388.
- /5/ Pritschow, G.;
Philipp, W.: Elektrische Direktantriebe für Indu-
strieroboter. In: Fortschritte der
Fertigung auf Werkzeugmaschinen.
Bd. 9, S. 185 - 199.
München, Wien: Hanser-Verlag, 1989.
- /6/ Schneider, M.: Schlitteneinheit und Führungen für
Hochgeschwindigkeitsfräsmaschinen.
4. Darmstädter Fertigungstechnisches
Symposium, Darmstadt 1989.

- /7/ Semrau, H.: Erfahrungen mit einer hochgenauen Laserschneidmaschine. Industrie-Anzeiger (1986) H. 36.
- /8/ Pritschow, G.; Fritz, H.; Philipp, W.; Scholich, W.: Hochdynamische Steuerungs- und Antriebseinheit zur flexiblen Unrundbearbeitung. wt Werkstattstechnik 82 (1992) H. 1.
- /9/ Pritschow, G.; Philipp, W.: Servo-Direktantriebe für Fertigungseinrichtungen. wt Werkstattstechnik 79 (1989), H. 11, S. 643 - 646.
- /10/ Asada, H.; Youcef-Toumi, K.: Direct Drive Robots. Cambridge, London: The MIT Press, 1987.
- /11/ N.N. Anoride - Precision Positioning Tables. Firmenschrift Fa. Anorad, Hauppauge, New York, USA 1988.
- /12/ Carlisle, B. H.: Simplifying Gantry Control with Linear Motors. Maschine Design (1988) H. 8.
- /13/ Budig, P.-A.: Drehstromlinearmotoren. Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag, 1983.
- /14/ Nasur, S.A.; Bolden, I.: Linear Motion Electric Machines. New York, London, Sidney, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

- /15/ Pritschow, G.; Schnurr, B.: Elektrodynamisches Antriebssystem für hochgenaue, kurzhubige Zustellbewegungen mit extrem hohem Beschleunigungsvermögen.
wt Werkstattstechnik 81 (1991) H. 4, S. 234 - 238.
- /16/ Vogt, G.: Digitale Regelung von Asynchronmotoren für numerisch gesteuerte Fertigungseinrichtungen.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1985.
- /17/ Hammann, G.; Renz, B.: Roboter zur Laserbearbeitung.
Im Seminar: Aktuelle Entwicklungen in der Robotersystemtechnik.
FISW GmbH, Mai 1991.
- /18/ Pritschow, G.; Philipp, W.: Elektrische Direktantriebe für Robotergrundachsen.
Robotersysteme 6 (1990) H. 2, S. 89 - 98.
- /19/ Philipp, W. Direktantriebsroboter.
Im Seminar: Entwicklungstendenzen bei Direktantrieben.
FISW GmbH, April 1991.
- /20/ Pritschow, G.; Philipp, W.: Direct Drives for high dynamic machine tool axes.
Annals of CIRP, Vol 39 /1/1990, pp. 413 - 416.
- /21/ Boehring, A.; Stute, G.; Ruppman, C.; Vogt, G.; Würslin, R.: Entwicklung eines drehzahlgesteuerten Asynchronmaschinenantriebs für Werkzeugmaschinen.
wt Werkstattstechnik 69 (1979) H. 9, S. 463 - 467.

- /22/ Harig, K.: Quantisierung im Lageregelkreis numerisch gesteuerter Fertigungseinrichtungen.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1984.
- /23/ Ackermann, J.: Abtastregelung.
Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer-Verlag 1988, 3. Auflage, S. 435 - 442.
- /24/ Pritschow, G.; Philipp, W.: Hochdynamische digitale Regelung von elektrischen Direktantrieben an Fertigungseinrichtungen.
wt Werkstattstechnik 81 (1991) Nr. 4, S. 234 - 238.
- /25/ Franke, D.: Entwurf robuster Regelungssysteme mittels zustandsabhängiger Strukturänderung.
Regelungstechnik 29 (1981) H. 4, S. 119 - 125.
- /26/ Breinl, W.: Entwurf eines parameterunempfindlichen Reglers am Beispiel der Magnetschwebbahn.
Regelungstechnik 28 (1980) H. 3, S. 87 - 92.
- /27/ Heger, F.: Entwurf robuster Regelungen anhand des dynamischen Regelfaktors.
2. Workshop "Robuste Regelungen", Interlaken, 1981.
- /28/ Ackermann, J.: Abtastregelung.
Band II: Entwurf robuster Systeme.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1983.

- /29/ Swoboda, W.: Digitale Lageregelung für Maschinen mit schwach gedämpften schwingungsfähigen Bewegungsachsen. ISW-Bericht 66. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag 1987.
- /30/ Bretschneider, J.: Erstellen eines Rechnerprogramms zur robusten Reglerauslegung nach dem Parameterraumverfahren. 2. Semesterarbeit am ISW Stuttgart, 1990.
- /31/ Isermann, R.: Digitale Regelungssysteme. Band II. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong: Springer-Verlag 1985.
- /32/ Hesselbach, J.: Digitale Lageregelung an numerisch gesteuerten Fertigungseinrichtungen. ISW-Bericht 34. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1981.
- /33/ Stute, G.: Regelung an Werkzeugmaschinen. München, Wien: Hanser Verlag 1981.
- /34/ Fahrbach, Ch.;
Philipp, W.;
Scholich, W.: Vergleich von Verfahren zur Schleppabstandsreduzierung momentengesteuerter, mechanisch steifer Bewegungsachsen. wt Werkstattstechnik 81 (1991) H. 10, S. 592 - 596.
- /35/ Kruk, R. J.;
Scannel, J.: High Performance Digital Motion controller. Proc. MOTOR-CON, June 1988, Vol. 12, Munich, pp. 183 - 196.

- /36/ Pritschow, G.;
Rudloff, H.: Verminderung von Bahnabweichungen bei
Nachfolgeregelungen am Beispiel einer
Nockenwellenschleifmaschine.
wt Werkstattstechnik 77 (1987) H. 8, S.
431 - 434.
- /37/ Rojek, P.: Bahnführung eines Industrieroboters mit
Multiprozessorsystem.
Dissertation, TU Braunschweig, 1987.
- /38/ Pritschow, G.: Methoden zur Reduzierung von Bahnver-
zerrungen bei NC-Maschinen.
5. Feinbearbeitungs-Kolloquium,
Braunschweig 1987.
- /39/ Tomizuka, M.: Zero Phase Error Tracking Algorithm for
Digital Control.
Journal of Dynamic Systems, Measurement
and Control,
Vol. 109/65-68, March 1987.
- /40/ Weck, M.;
Ye, G.: Sharp corner tracking using the IKF
control strategy.
Annals of CIRP, Vol. 39/1/1990,
pp. 437 - 441.
- /41/ Pritschow, G.;
Götz, F.-R.;
Philipp, W.: Linear-Asynchronmotor für hoch-
dynamische Linearbewegungen.
wt Werkstattstechnik 79 (1989) H. 11,
S. 647 - 650.
- /42/ Philipp, W.;
Scholich, W.: Komplexer und genauer -Signalprozessor-
system zur Regelung hochdynamischer
Antriebe.
Technische Rundschau (1991) H. 2,
S. 40 - 44.

- /43/ N.N. Pumasyn Drehstromregelantriebe.
Arnold Müller Kirchheim (AMK) 1987.
- /44/ Philipp, W.; Fließkomma-Signalprozessor-System für
Scholich, W.: komplexe Regelungen.
Elektronik Entwicklung (1990) H. 7-8,
S. 29 - 33.
- /45/ N.N. Third Generation TMS 320 User's Guide.
Texas Instruments 1989.
- /46/ N.N. LM-System Linearführungen.
Katalog Nr. 75-1AG, THK Co, LTD. Tokyo,
Japan 1987.
- /47/ Pritschow, G. Lageregelung an numerisch gesteuerten
u.a.: Maschinen.
Umdruck zum Seminar, FISW GmbH,
September 1987.

Anhang

Modell eines elektrischen Direktantriebs

Im folgenden wird das detaillierte Modell eines Direktantriebs nach Bild 3.1 näher beschrieben.

Abtast-/Halteglied

Bei digitalen Regelungen wird in der Regel der Abtaster und das Halteglied der Regelung zugeschlagen /23/. Im vorliegenden Fall wird die durch die Abarbeitung des Regelalgorithmus im Regelungsrechner entstehende Rechenzeit T_R ebenfalls der Regelstrecke zugeordnet. Das Stellsignal wird jeweils zum Zeitpunkt $kT + T_R$ an das Halteglied ausgegeben.

Stellglied und Stromregler

Zur Ansteuerung von Servomotoren werden heute fast ausschließlich getaktete Transistorverstärker (Pulsrichter) eingesetzt (Bilder A.1 und A.2).

Bei getakteten Transistorverstärkern beschränken sich die Steuermöglichkeiten darauf, daß die Anschlüsse des Verbrauchers wahlweise auf das konstante Potential der positiven oder negativen Schiene des Gleichspannungszwischenkreises gebracht werden können.

In Bild A.3 ist eine einphasige Ersatzschaltung skizziert, bei welcher der Freiheitsgrad in der Stellung des mechanischen Schalters zum Ausdruck kommt. Befindet sich dieser in Stellung a, so liegt an den beispielhaft als Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes und einer Drossel dargestellten Verbrauchers die Spannung bei $U_v = +U_z/2$ und der Strom i nimmt stetig zu. Umgekehrt nimmt der Strom stetig ab, wenn sich der Schalter in Stellung b befindet und die Verbraucherspannung infolgedessen den Wert $U_v = -U_z/2$ aufweist.

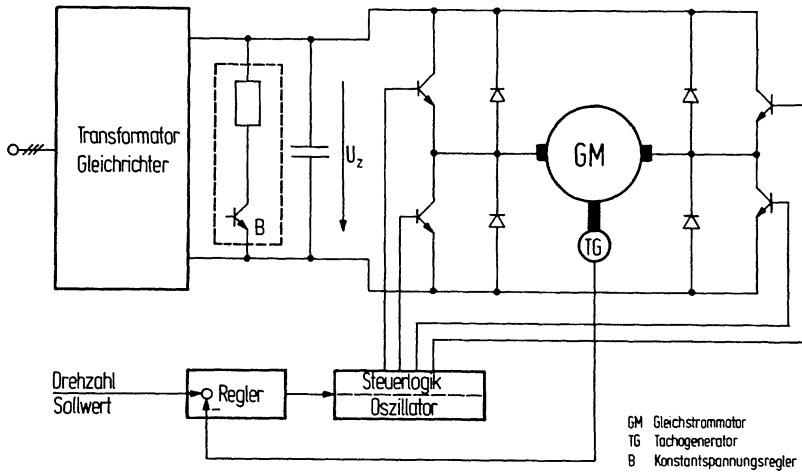
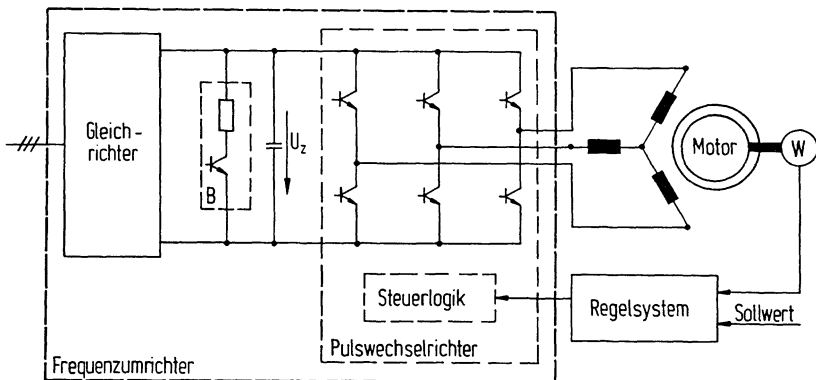


Bild A.1: Gleichstromantrieb mit getaktetem Transistorverstärker



W Winkelmeßsystem B getakteter Bremswiderstand zur Spannungsconstanzhaltung

Bild A.2: Drehstromantrieb mit Pulsumrichter

Der zeitliche Mittelwert der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstroms wird über das Verhältnis der Zeit, in der sich der Schalter in Stellung a und b befindet, eingestellt.

In Bild A.3 ist die prinzipielle Wirkungsweise eines Zwei-Punkt-Stromreglers mit zeitdiskreter Schaltzustandsänderung skizziert /4, 21, 43/. Je nachdem ob die Regeldifferenz $i_{soll} - i_{ist}$ positiv oder negativ ist, wird der Schalter S beim nächsten Takt in die Stellung a oder b gebracht. Der Stromwert schwankt ständig um den Sollwert. Die Schwan-
kungsbreite nimmt mit steigender Taktfrequenz ab.

Übliche Taktfrequenzen liegen im Bereich von 50 - 100 kHz. Der Mittelwert des Stroms folgt um eine halbe Taktperiode verzögert dem Sollwert. Die Taktperiode ist um den Faktor 10...100 kleiner als die des Lagereglers. Die Verzögerung des Stromreglers kann somit vernachlässigt bzw. der Rechentotzeit T_R zugerechnet werden /20/. Die Stromwelligkeit führt zu einer

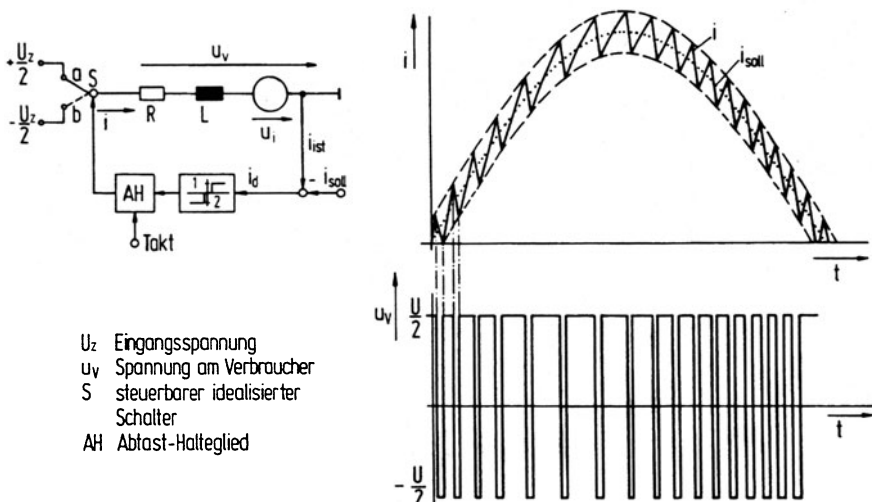


Bild A.3: Zur Erläuterung der Funktion eines Pulswechselrichters

Schwankung des Motormoments. Ihr Einfluß ist im Vergleich zu der durch die Nutung verursachten Momentenwelligkeit vernachlässigbar /21/.

Um die Leistungshalbleiter zu schützen, wird der Strom im Stellglied auf einen Maximalwert begrenzt. Durch die endliche Zwischenkreisspannung und Motorinduktivität ist die mögliche Stromanstiegsgeschwindigkeit begrenzt. Die im gesamten Arbeitsbereich sicher erreichbare Stromanstiegsgeschwindigkeit ergibt sich zu

$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{\max} = \frac{U_z - I_{\max} R - U_{i,\max}}{2 L} . \quad (\text{A.1})$$

Die Begrenzung der Stromanstiegsgeschwindigkeit kann im Blockschaltbild durch ein Differenzierglied mit anschließendem Begrenzungselement und nachfolgendem Integrierer beschrieben werden.

Wird die maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit von der Stellgröße nicht überschritten, hebt sich die Wirkung des Differenzierers und des Integrierers auf.

Motor

Für einen idealen Gleichstrommotor ergibt sich ein direkter Zusammenhang zwischen Ankerstrom und innerem Motordrehmoment /33/.

$$M = K_a I \quad (\text{A.2})$$

Bei Drehstrommotoren wird durch entsprechende Entkopplungsschaltung /16, 21/ ein entsprechendes Verhalten erreicht.

Bei realen Antrieben ergeben sich zusätzliche Effekte, die diesem idealen Verhalten überlagert sind. Durch die Erwärmung

des Motors bzw. durch Symmetriefehler beim Einbau des Rotors kann der Luftspalt und somit die Motorkonstante K_a im Betrieb schwanken. Durch partielle Sättigungseffekte kann es bei hohen Strömen zusätzlich zu einem Rückgang der Motorkonstante kommen /47/.

Die Nutung von Rotor und Stator bewirkt Diskontinuitäten in der Fluß- und Strombelagsverteilung im Luftspalt /13, 47/. Dies führt zu einer Schwankung des Motormoments (Momentenwelligkeit). Die Momentenwelligkeit ist bei permanent erregten Motoren eine Funktion des Drehwinkels und des Motorstroms. Bei Asynchronmotoren kommt als weiterer Einflußfaktor der Motorschlupf hinzu.

Ein weiterer Effekt, der durch den mechanischen Aufbau verursacht wird, sind Rastkräfte /1, 2/.

Die auf die Trägheitsmasse wirkende Kraft F_b ergibt sich aus der Summe der inneren Kraft F_i , der Rastkraft F_{Rast} , der Störkraft F_s^* und der Reibkraft F_R .

$$F_b = F_i + F_{Rast} + F_s^* - F_R \quad (A.3)$$

Die Motorbeschleunigung a ergibt sich zu

$$a = F/m \quad (A.4)$$

Die Geschwindigkeit und die Position ergeben sich aus den Beziehungen

$$a = \frac{dx_1}{dt} ; \quad x_2 = \frac{dx_1}{dt} \quad (A.5)$$

Reibung

Die Reibkraft F_R setzt sich aus Anteilen trockener, viskoser und stochastisch verteilter Reibung zusammen (vgl. S. 103, /47/).

$$F_R = F_{R,t} + F_{R,v} + F_{R,G} \quad (\text{A.6a})$$

$$F_{R,v} = r_v x_2 \quad (\text{A.6b})$$

$$F_{R,t} = F_t \text{ sign } \{x_2\} \quad (\text{A.6c})$$

Meßsystem

Die Motorposition x_1 wird über ein inkrementelles Wegmeßsystem mit der Quantisierung Q_L praktisch verzögerungsfrei erfaßt /22/.

ISW Forschung und Praxis

Berichte aus dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart

Herausgegeben bis Band 57 von Prof. Dr.-Ing. G. Stute †
ab Band 58 Prof. Dr.-Ing. G. Pritschow

- 1 D. Schmid, Numerische Bahnsteuerung, 89 S., 1973
- 2 H. Schwegler, Fräsbearbeitung gekrümmter Flächen, 111 S., 1972
- 3 J. Eisinger, Numerisch gesteuerte Mehrachsenfräsmaschinen, 90 S., 1972
- 4 R. Nann, Rechnersteuerung von Fertigungseinrichtungen, 125 S., 1972
- 5 G. Augsten, Zweiachsige Nachformeinrichtungen, 140 S., 1972
- 6 B. Karl, Die Automatisierung der Fertigungsvorbereitung durch NC-Programmierung, 121 S., 1972
- 7 H. Eitel, NC-Programmiersystem, 117 S., 1973
- 8 E. Knorr, Numerische Bahnsteuerung zur Erzeugung von Raumkurven auf rotationssymmetrischen Körpern, 131 S., 1973
- 9 S. Bumiller, Viskohydraulischer Vorschubantrieb, 123 S., 1974
- 10 K. Maier, Grenzregelung an Werkzeugmaschinen, 139 S., 1974
- 11 J. Waelkens, NC-Programmierung, 159 S., 1974
- 12 E. Bauer, Rechnerdirektsteuerung von Fertigungseinrichtungen, 138 S., 1975
- 13 H. König, Entwurf und Strukturtheorie von Steuerungen für Fertigungseinrichtungen, 206 S., 1976
- 14 H. Damsohn, Fünfachsiges NC-Fräsen, 143 S., 1976
- 15 H. Jetter, Programmierbare Steuerungen, 141 S., 1976
- 16 H. Henning, Fünfachsiges NC-Fräsen gekrümmter Flächen, 179 S., 1976
- 17 K. Boelke, Analyse und Beurteilung von Lagesteuerungen für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, 106 S., 1977
- 18 F.-R. Götz, Regelsystem mit Modellrückkopplung für variable Streckenverstärkung, 116 S., 1977
- 19 H. Tränkle, Auswirkungen der Fehler in den Positionen der Maschinenachsen beim fünfachsiges Fräsen, 103 S., 1977
- 20 P. Stof, Untersuchungen über die Reduzierung dynamischer Bahnabweichungen bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, 118 S., 1978
- 21 R. Wilhelm, Planung und Auslegung des Materialflusses flexibler Fertigungssysteme, 158 S., 1978
- 22 N. Kappen, Entwicklung und Einsatz einer direkten digitalen Grenzregelung für eine Fräsmaschine mit CNC, 123 S., 1979
- 23 H. G. Klug, Integration automatisierter technischer Betriebsbereiche, 124 S., 1978
- 24 D. Binder, Interpolation in numerischen Bahnsteuerungen, 132 S., 1979

- 25 O. Klingler, Steuerung spanender Werkzeugmaschinen mit Hilfe von Grenzregel-einrichtungen (ACC), 124 S., 1979
- 26 L. Schenke, Auslegung einer technologisch-geometrischen Grenzregelung für die Fräsbearbeitung, 113 S., 1979
- 27 H. Wörn, Numerische Steuersysteme-Aufbau und Schnittstellen eines Mehr-prozessorsteuersystems, 141 S., 1979
- 28 P. B. Osofisan, Verbesserung des Datenflusses beim fünfachsigem NC-Fräsen, 104 S., 1979
- 29 J. Berner, Verknüpfung fertigungstechnischer NC-Programmiersysteme, 101 S., 1979
- 30 K.-H. Böbel, Rechnerunterstützte Auslegung von Vorschubantrieben, 113 S., 1979
- 31 W. Dreher, NC-gerechte Beschreibung von Werkstücken in fertigungstechnisch orientierten Programmiersystemen, 105 S., 1980
- 32 R. Schurr, Rechnerunterstützte Projektsteuerung hydrostatischer Anlagen, 115 S., 1981
- 33 W. Sielaff, Fünfachsiges NC-Umfangfräsen verwundener Regelflächen. Beitrag zur Technologie und Teileprogrammierung, 97 S., 1981
- 34 J. Hesselbach, Digitale Lageregelung an numerisch gesteuerten Fertigungs-einrichtungen, 111 S., 1981
- 35 P. Fischer, Rechnerunterstützte Erstellung von Schaltplänen am Beispiel der automatischen Hydraulikplanzeichnung, 111 S., 1981
- 36 U. Ackermann, Rechnerunterstützte Auswahl elektrischer Antriebe für spanende Werkzeugmaschinen, 118 S., 1981
- 37 W. Döttling, Flexible Fertigungssysteme – Steuerung und Überwachung des Fertigungsablaufs, 105 S., 1981
- 38 J. Firnau, Flexible Fertigungssysteme – Entwicklung und Erprobung eines zentralen Steuersystems, 112 S., 1982
- 39 A. Herrscher, Flexible Fertigungssysteme – Entwurf und Realisierung prozeßnaher Steuerungsfunktionen, 103 S., 1982
- 40 U. Spieth, Numerische Steuersysteme – Hardwareaufbau und Ablaufsteuerung eines Mehrprozessorsteuersystems, 115 S., 1982
- 41 A. Schimmele, Rechnerunterstützter Entwurf von Funktionssteuerungen für Fertigungseinrichtungen, 106 S., 1982
- 42 M. Sanzenbacher, NC-gerechte Beschreibung von Werkstücken mit gekrümmten Flächen, 105 S., 1982
- 43 W. Walter, Interaktive NC-Programmierung von Werkstücken mit gekrümmten Flächen, 112 S., 1982
- 44 J. Huan, Bahnregelung zur Bahnerzeugung an numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, 95 S., 1982
- 45 H. Erne, Taktile Sensorführung für Handhabungseinrichtungen – Systematik und Auslegung der Steuerungen, 111 S., 1982
- 46 D. Plasch, Numerische Steuersysteme – Standardisierte Softwareschnittstellen in Mehrprozessor-Steuersystemen, 112 S., 1983
- 47 Z. L. Wang, NC-Programmierung – Maschinennaher Einsatz von fertigungstechnisch orientierten Programmiersystemen, 103 S., 1983
- 48 J. Schwager, Diagnose steuerungsexterner Fehler an Fertigungseinrichtungen, 121 S., 1983
- 49 P. Klemm, Strukturierung von flexiblen Bediensystemen für numerische Steuerungen, 113 S., 1984

- 50 W. Runge, Simulation des dynamischen Verhaltens elektrohydraulischer Schaltungen – Einsatz von geräteorientierten, universellen Simulationsbausteinen, 132 S., 1984
- 51 H. Steinhilber, Planung und Realisierung von Werkzeugversorgungssystemen für die NC-Bearbeitung, 126 S., 1984
- 52 R. Ohnheiser, Integrierte Erstellung numerischer Steuerdaten für flexible Fertigungssysteme, 115 S., 1984
- 53 M. Keppeler, Führungsgrößenerzeugung für numerisch bahngesteuerte Industrieroboter, 125 S., 1984
- 54 P. Kohler, Automatisiertes Messen mit NC-Werkzeugmaschinen, 129 S., 1985
- 55 K.-H. Rieger, Rechnerunterstützte Projektierung der Hardware und Software von Speicherprogrammierten Steuerungen, 123 S., 1985
- 56 G. Vogt, Digitale Regelung von Asynchronmotoren für numerisch gesteuerte Fertigungseinrichtungen, 126 S., 1985
- 57 S. Chmielnicki, Flexible Fertigungssysteme – Simulation der Prozesse als Hilfsmittel zur Planung und zum Test von Steuerprogrammen, 120 S., 1985
- 58 W. Renn, Struktur und Aufbau prozeßnaher Steuergeräte zur Verkettung in flexiblen Fertigungssystemen, 137 S., 1986
- 59 K. Harig, Quantisierung im Lageregelkreis numerisch gesteuerter Fertigungseinrichtungen, 113 S., 1986
- 60 H. Frank, Programmier- und Überwachungsfunktionen für teileartbezogene NC-Werkzeugmaschinen, 115 S., 1986
- 61 H. Möller, Integrierte Überwachungs- und Diagnose-Systeme für numerische Steuerungen, 131 S., 1986
- 62 H. Fink, Einsatz speicherprogrammierbarer Steuerungen in der Fertigungstechnik, 126 S., 1986
- 63 J. Fleckenstein, Zustandsgraphen für SPS – Grafikunterstützte Programmierung und steuerungsunabhängige Darstellung, 139 S., 1987
- 64 E. Wagner, Steuerungen von Koordinatenmeßgeräten mit schaltenden und messenden Tastsystemen, 133 S., 1987
- 65 W. Grimm, Diagnosesystem für steuerungssperiphäre Fehler an Fertigungseinrichtungen, 143 S., 1987
- 66 W. Swoboda, Digitale Lageregelung für Maschinen mit schwach gedämpften schwingungsfähigen Bewegungsachsen, 141 S., 1987
- 67 G. Gruhler, Sensorgeführte Programmierung bahngesteuerter Industrieroboter, 119 S., 1987
- 68 B. Walker, Konfigurierbarer Funktionsblock Geometriedatenverarbeitung für numerische Steuerungen, 125 S., 1987
- 69 J. Mayer, Werkzeugorganisation für flexible Fertigungszellen und -systeme, 126 S., 1988
- 70 R. Lederer, Programmierung von NC-Drehmaschinen mit mehreren Werkzeugschlitten, 120 S., 1988
- 71 G. Häberle, NC-Musterprogrammierung für die rechnerintegrierte Textilfertigung, 127 S., 1988
- 72 D. Pfeiffer, Kompensation thermisch bedingter Bearbeitungsfehler durch prozeßnahe Qualitätsregelung, 135 S., 1988
- 73 W. Schmidt, Grafikunterstütztes Simulationssystem für komplexe Bearbeitungsvorgänge in numerischen Steuerungen, 141 S., 1988
- 74 M. Egner, Hochdynamische Lageregelung mit elektrohydraulischen Antrieben, 147 S., 1988

- 75 W. Schittenhelm, Konfigurierbares Bedienungssystem für Steuerungen an Fertigungseinrichtungen, 136 S., 1988
- 76 D. Scheifele, Grafisch dynamische Simulation des Bearbeitungsvorgangs für Doppelschlittendrehmaschinen, 121 S., 1988
- 77 G. Keuper, Automatisierte Identifikation der Streckenparameter servohydraulischer Vorschubantriebe, 152 S., 1989
- 78 K.-H. Kayser, Kollisionserkennung in numerischen Steuerungen mit der Distanzfeldmethode, 131 S., 1989
- 79 R. Viefhaus, Fräsergeometriekorrektur in Numerischen Steuerungen, 157 S., 1989
- 80 J. Zirbs, Fertigungsgerechte Aufbereitung von Flächenverbänden bei der NC-Programmierung im Formenbau, 130 S., 1989
- 81 W. Ruoff, Optische Sensorsysteme zur On-line-Führung von Industrierobotern, 123 S., 1989
- 82 M. Jantzer, Bahnverhalten und Regelung fahrerloser Transportsysteme ohne Spurbindung, 131 S., 1990
- 83 H. Schumacher, Einheitliche Programmierung von Automatisierungskomponenten roboterbestückter Bearbeitungs- und Montagezellen, 116 S., 1991
- 84 J. Schimonyi, NC-Programmierung für das Werkzeugschleifen, 122 S., 1991
- 85 K.-H. Wurst, Flexible Robotersysteme – Konzeption und Realisierung modularer Roboterkomponenten, 164 S., 1991
- 86 R. Hagl, Erhöhung der Verfügbarkeit von Vorschubantrieben mit selbstanpassender Lageregelung, 126 S., 1991
- 87 G. Krebser, Betriebssystem für NC mit einheitlichen Schnittstellen, 130 S., 1992
- 88 W.-T. Lei, Flächenorientierte Steuerdatenaufbereitung für das fünfachsiges Fräsen, 134 S., 1992
- 89 G. Diehl, Steuerungsexperipheres Diagnosesystem für Fertigungseinrichtungen auf Basis überwachungsgerechter Komponenten, 140 S., 1992
- 90 U. Nepustil, Offene NC-Schnittstellen zur Korrektur von Fertigungsfehlern, 133 S., 1992
- 91 M. Bauder, Konfigurierbare Robotersteuerung mit allgemeiner Transformation, 120 S., 1992
- 92 W. Philipp, Regelung mechanisch steifer Direktantriebe für Werkzeugmaschinen, 118 S., 1992

Die Bände ISW 1 bis ISW 76 sind vergriffen.

Die Bände sind im Erscheinungsjahr und in den folgenden drei Kalenderjahren zu beziehen durch den örtlichen Buchhandel oder durch Lange & Springer, Otto-Suhr-Allee 26-28, 1000 Berlin 10.