



(11)

EP 1 052 093 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
07.01.2009 Patentblatt 2009/02

(51) Int Cl.:
B41F 13/004 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
26.02.2003 Patentblatt 2003/09

(21) Anmeldenummer: **00116859.0**

(22) Anmeldetag: **23.07.1994**

(54) **Elektrisches Antriebssystem zur Vorstellung von einem oder mehreren dreh- und/oder verschwenkbaren Funktionsteilen in Geräten und Maschinen, Antriebsordnung mit einem Winkellagegeber und Druckmaschine**

Electric drive for positioning one or more adjustable elements in a machine; driving device with an angle indicator and printing machine

Système d'entraînement électrique pour le positionnement d'un ou plusieurs éléments ajustables dans des machines; dispositif d'entraînement avec indicateur d'angle et machine d'impression

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.11.2000 Patentblatt 2000/46

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
94111516.4 / 0 693 374

(73) Patentinhaber: **BAUMÜLLER NÜRNBERG GMBH**
D-90482 Nürnberg (DE)

(72) Erfinder:
• **Götz, Fritz Rainer, Dr.-Ing.**
90522 Oberasbach (DE)
• **Meis, Harold, Ing.(grad)**
90559 Burgthann (DE)

(74) Vertreter: **Götz, Georg Alois et al**
Intellectual Property IP-GÖTZ
Patent- und Rechtsanwälte
Postfach 35 45
90017 Nürnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 693 374	DE-A- 3 138 540
DE-A- 3 228 507	DE-A- 3 919 291
DE-A- 4 104 105	DE-A- 4 138 479
DE-A- 4 214 394	DE-A- 4 344 896
DE-C2- 3 308 988	GB-A- 2 146 801
GB-A- 2 149 149	US-A- 5 309 834
US-A- 5 329 216	

- **"Elektronische Welle mit digitalen intelligenten Antrieben" (HMI/04.93)**
- **PROF. DR. PETER MUTSCHLER: 'Offenes digitales Kommunikationssystem für numerische Steuerung und Antriebe in Werkzeugmaschinen' VORTRAG DER ETG-FACHTAGUNG 09 M{rz 1989 - 10 M{rz 1989, AUGSBURG,**
- **W. LIENKE, M. BÖHM, N. PAUL: 'CNC und digitale Antriebe versprechen schnelle Inbetriebnahme und umfangreiche Diagnosemöglichkeiten' ZEITSCHRIFT NC Juni 1993, ERLANGEN DEUTSCHLAND, Seiten 32 - 36**
- **SIEMENS: 'SIMODRIVE Antriebssysteme für die Automatisierungstechnik Umrichtersysteme SIMODRIVE 611-D und 611-A' KATALOG SD 27 1993, ERLANGEN DEUTSCHLAND,**
- **'NC/CNC Handbuch 93/94', 1993, CARL HANSER VERLAG, MONCHEN DEUTSCHLAND, ISBN 3-446-17464-8 Artikel HANS B. KIEF**
- **DR.-ING. HANS WALCHER: 'Winkel- und Wegmessungen im Maschinenbau', 1985, VDI-VERLAG, DOSSELDORF DEUTSCHLAND, ISBN 3-18-400708-1**
- **W. BOTTNER: 'Digitale Regelungssysteme', 1991, VIEWEG, LEMBERG DEUTSCHLAND, ISBN 3-528-13041-5 Seiten 145 - 168**
- **R. SCHÖNFELD: 'Digitale Regelung elektrischer Antriebe', 1990, HOTHIG BUCH VERLAG, HEIDELBERG DEUTSCHLAND, ISBN 3-7785-1904-2 Seiten 203 - 220**

EP 1 052 093 B2

- HERBERT SCHLITT: 'Regelungstechnik', 1988, VOGEL BUCHVERLAG, WORZBURG DEUTSCHLAND, ISBN 3-8023-0171-4 Seiten 223 - 318
- RICHARD BRONE, W. WEISSLER: 'Antriebe für Werkzeugmaschinen Umrichtersysteme SIMODRIVE 611' ENGINEERING & AUTOMATION 15 Bd. HEFT, Nr. 6, 1993, Seiten 9 - 11
- SIEMENS: 'TransistorPulswechselrichter für Drehstrom-Vorschubantriebe und Drehstrom-Hauptspindelantriebe' HERSTELLER-DOKUMENTATION August 1993, Seiten 3-36 - 3-53
- SIEMENS: 'Automatisierungssysteme für Werkzeugmaschinen, Roboter und Sondermaschinen' CNC REPORT 01 Februar 1994, Seite 1+4
- SIEMENS: 'Automation Systems for Machine Tools, Robots and Special-Purposes Machines' CNC REPORT 02 April 1994, Seiten 1-3 - 10-11

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektrisches Antriebssystem zur Verstellung von einem oder mehreren dreh- und/oder verschwenkbaren Funktionsteilen von Geräten und Maschinen, insbesondere von Druckmaschinen, gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Einsbhägige Antriebssysteme, Antriebsanordnungen bzw. -verfahren und Druckmaschinen sind aus der DE-A-41 38 479 und EP-A-0 621 133 bekannt.

[0003] Nach dem sonstigen Stand der Technik sind die einzelnen Funktionseinheiten von Druckmaschinen, beispielsweise Abrollung/Rollenwechsler, Druckwerke, Druckzylinder, Trockner mit Kühlwalzen, Falzer, Querschneider, Ablage usw. durch mechanische Wellen und/oder Zahnräder miteinander verkoppelt, um deren gegenseitige Winkellageorientierung herbeizuführen. Will man diese Funktionsteile bzw. -komponenten vereinzeln und auf die mechanische Verkopplung verzichten, so sind die einzelnen Funktionsteile mit eigenen Antriebssystemen auszurüsten, die nach der genannten DE-A-41 38 479 als Direktantriebe ausgeführt sind. Zur Erzielung der notwendigen Winkellageorientierung der einzelnen Druckmaschinen-Komponenten untereinander ist eine entsprechende Synchronisation der Antriebssysteme erforderlich.

[0004] Zur Lösung der aufgezeigten Probleme wird in der mutmaßlich im April 1993 veröffentlichten Firmenschrift "Elektronische Welle mit digitalen intelligenten Antrieben für Druckmaschinen" (HMI/04.93) von Mannesmann Rexroth Indramat ein elektrisches Antriebssystem etwa der anfangs genannten Art beschrieben. Es wird dabei als Ersatz für mechanische Koppellemente eine elektronische Welle bzw. ein elektronisches Getriebe mit Einzelantrieben vorgeschlagen, wobei Druckwerke und Walzen flexibel beliebigen Druckprozessen zugeordnet werden können (zum Beispiel Zweibahn-Betrieb). Ferner können dabei einzelne Druckwerke bzw. Walzen flexibel zugeschaltet bzw. stillgesetzt werden. Zur Leitsteuerung lässt sich wahlweise eine reale oder eine virtuelle Leitachse einsetzen. Durch einen modularen Aufbau können beliebig viele Antriebe für einzelne Druckzylinder zusammengeschaltet werden. Über einen optischen Feldbus (sogenanntes SERCOS-Interface) und einen IBM-kompatiblen PC lässt sich eine zentrale Parametrierung, Bedienung und Anzeige durchführen, wobei auch einzelne Antriebsregler mit antriebsinterner Lageregelung für je einen Druckzylinder an den optischen Feldbus angekoppelt sind. Insbesondere wird in der Firmenschrift eine sogenannte Steuerungskarte CLC beschrieben, die dem Datenaustausch zwischen Antriebsreglern, E-/A-Baugruppen, Leitreehner, speicherprogrammierbarer Steuerung und dezentralen Bediengeräten dienen soll. Diese Steuerungskarte ist wahlweise als Optionskarte für Antriebsverstärker, als Einsteckkarte für PC und als Einschubkarte für VME-Bussysteme beschrieben. Zur Ankopplung einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) wird wahlweise eine Parallel-E-/A-

RS232/422/485-Bus, ein PC-Bus oder ein VME-Bus angegeben.

[0005] Daneben ist aus US-A-5 329 216 eine Fluid-Rotationsvorrichtung mit Mehrwellen-Antrieb bekannt, bei der die Synchronisation der einzelnen Wellen untereinander zentral von einem Pulsgenerator mit für jede Welle nachgeschaltetem Pulsfilter erfolgt, wobei der Pulsgenerator und die Pulsfilter jeweils mit eigens zugeordneter Steuerleitung von einem zentralen Prozessor kontrolliert werden. Von den jeweiligen Pulsfiltern aus erhalten ein erster und ein zweiter Phasenregelkreis sowie ein Winkelregelkreis (jeweils pro anzutreibender Welle vorgesehen) parallel ihre Leitsignale. Die Ausgangssignale der ersten und zweiten Phasenregelkreise sowie des jeweiligen Winkelregelkreises werden einem nachgeordneten Antriebsverstärker wahlweise über jeweilige Durchschalteneinrichtungen zugeführt, welche von dem zentralen Prozessor kontrolliert bzw. angesteuert werden.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem elektrischen Antriebssystem mit einer Vielzahl zu verstellender Funktionsteile und diesen jeweils zugeordneten Antriebsreglern sowie Winkellagegebern eine schnelle, hochdynamische Signalverarbeitung für die Winkellageregelung mit einer maximalen Anzahl von Funktionsteilachsen zu gewährleisten. Zudem sollen die je einem Funktionsteil zugeordneten Regler oder Reihen mit Regelgliedern miteinander verkoppelbar sein.

[0007] Zur Lösung wird das im Patentanspruch 1 angegebene, elektrische Antriebssystem zur Verstellung von mehreren dreh- und/oder verschwenkbaren Funktionsteilen von Geräten und Maschinen vorgeschlagen. Wegen vorteilhafter Ausgestaltungen dieser erfindungsgemäßen Lösung wird auf die abhängigen Ansprüche verwiesen.

[0008] Dabei bildet das Signalverarbeitungsmodul einen konfigurierbaren und parametrierbaren Antriebsregler, mit dem auch komplexe Regel-Algorithmen und/oder mehrere Regelkreise realisiert werden können. Mit der Erfindung ist ein Konzept für eine Vielfachsteuerung einer Mehrzahl von Drehachsen geschaffen, wobei sich das zugehörige Steuerungs- und Regelungssystem modular projektieren lässt. Beim besonderen Anwendungsfall in Druck-, insbesondere Offsetmaschinen, ist das erfindungsgemäße Antriebssystem besonders geeignet, weil damit eine hohe Qualität bzw. Genauigkeit der Winkellageorientierung, wie z. B. zwischen den Druckeinheiten, wo die Rasterpunkte verschiedener Farben in einem engen Toleranzbereich gedruckt werden müssen, erreichbar ist.

[0009] Nach einer baulichen Konkretisierung des erfindungsgemäßen Antriebssystems ist der Rotor des Elektromotors mit dem Funktionsteil, z. B. Druckzylinder, baulich integriert und/oder einstückig ausgeführt. Einerseits kann dies durch Anbau des Rotors an einem Wellenstummel des drehbaren Funktionsteiles erfolgen. Zum anderen kann es vorteilhaft sein, den im erfindungsgemäßen Antriebssystem eingesetzten Elektromotor mit

einem walzen- oder zylinderförmigen Außenläufer oder -rotor auszubilden. Damit ist erreicht, daß die Form des Rotors etwa der zweckmäßig rotationssymmetrischen Form des Funktionsteiles entspricht, und insbesondere darin baulich aufgenommen sein kann.

[0010] Analog dem genannten Direktantrieb des Funktionsteiles liegt im Rahmen der Erfindung eine Direktmessung von dessen Winkellage, -geschwindigkeit, -beschleunigung usw. So ist nach einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung der winkellagegeber direkt am Funktionsteil zur unmittelbaren Messung von dessen Winkel- bzw. Dreh/Schwenkbewegungen angebracht. Vor allem im Zusammenhang mit hochauflösenden, schnellen Winkellagegebern, wie an sich bekannt, kann so eine unmittelbare und mithin äußerst wirklichkeitsgetreue Beobachtung der Regelstrecke, nämlich des zu drehenden oder schwenkenden Funktionsteiles, durchgeführt werden.

[0011] Nach einer alternativen Ausbildung ist dem Elektromotor ein einziger Winkellagegeber zugeordnet, der die Winkelbewegungen des Rotors des Elektromotors aufnimmt; gleichzeitig ist ein in der Regelungstechnik an sich bekanntes Beobachtermodul für Zustandsgrößen des Funktionsteiles eingerichtet, das vorzugsweise in Differenzsignalaufschaltung (in der Regelungstechnik an sich bekannt) mit dem Winkellagegeber und/oder dem Signalverarbeitungsmodul gekoppelt ist. Die Differenzsignalaufschaltung läßt sich auf der Basis der Erfindung auch im Zusammenhang mit wenigstens zwei Winkellagegebern einsetzen, die je am Rotor des Elektromotors und am Funktionsteil zur unmittelbaren Aufnahme von deren Winkelbewegungen angebracht sind.

[0012] Für die Zwecke der Erfindung kommen höchstauflösende, schnelle Winkellagegeber, beispielsweise in der Ausführung als Sinus/Kosinus-Absolutgeber, als Inkrementalgeber mit Rechtecksignalen und Nullimpulssignal und als Inkrementalgeber mit Sinus/Kosinus-Signal nebst Nullimpulssignal in Frage. Um im Betrieb axiale Verstellungen des Funktionsteiles, bei Druckmaschinen beispielsweise die sogenannte Seitenregisterverstellung, zuzulassen, sind als Winkellagegeber im Sinne der Erfindung vor allem Hohlwellengeber mit einer (Zahn-) Teilung aufweisendem Geberrad und einem Geberkopf geeignet. Diese sind über einen Luftspalt voneinander radial beabstandet, und axiale Versetzungen gegeneinander innerhalb eines bestimmten Rahmens beeinträchtigen die Abtastfunktion des Geberkopfes gegenüber dem Geberrad nicht. Der mit dem Einsatz des Hohlwellengebers erzielte Vorteil besteht vor allem darin, daß das Geberrad mit dem (abzutastenden) Funktionsteil baulich integriert und/oder einstückig ausgeführt sein kann, so daß aufgrund dieser Direktverbindung eine unmittelbare Beobachtung bzw. Erfassung von dessen Winkelbewegungen gewährleistet ist.

[0013] Mit Vorteil werden beim erfindungsgemäßen Antriebssystem reaktionsschnelle Leistungsverstärker mit digitalen Phasenstromreglern verwendet. Der Umrichter kann dabei mit Spannungszwischenkreislösung oder mit

Direkteinspeisung und damit hoher Zwischenkreisspannung ausgeführt sein (wie an sich bekannt). Mit letzterer wird eine große zeitliche Stromänderung ermöglicht. Die digitale Phasenstromregelung ist für das erfindungsgemäße Antriebssystem zweckmäßig mit Pulsweitenmodulation hoher Taktfrequenz, schnellen Transistorschaltern und Spannungsvorsteuerung ausgeführt, wobei die Phasenstromsollwerte und/oder die Vorsteuerwerte über störsichere Lichtwellenleiter-Verbindungen vorgegeben werden. Ferner ist eine Rückmeldung der Phasenstromistwerte und/oder -spannungen zur Motorführung sowie eine Vorgabe von Werten zur Konfigurierung und Parametrierung nebst Rückmeldung von Statusinformationen zur Diagnose vorteilhaft.

[0014] Damit für die Kontrolle der Schwenk- oder Drehbewegungen des Funktionsteiles eine hohe Dynamik gewährleistet ist, empfiehlt sich für das erfindungsgemäße Antriebssystem der Einsatz schneller Signalverarbeitung. Diese ist zweckmäßig strukturiert in einen digitalen Signalprozessor und einen damit gekoppelten, separat ausgeführten Achsperipheriemodul. Der Signalprozessor ist als konfigurierbarer und parametrierbarer Antriebsregler mit realisierbaren Abtastzeiten um 100µsec. (auch bei komplexen Regel-Algorithmen und mehreren Regelkreisen) sowie bei Rechenlaufzeiten im Bereich von 50µsec. erhältlich. Die Funktionen des Signalprozessors können die Geberauswertung, die Motorführung, Drehzahlregelung, Winkellageregelung, Feininterpolation der Vorgabewerte und anderes umfassen. Das Achsperipheriemodul ist zweckmäßig mit einer über Lichtwellenleiter laufenden Schnittstelle zu den digitalen Phasenstromreglern und ferner mit einer Schnittstelle zu den Winkellagegebern vorzugsweise in der Ausführung als Sinus/Kosinus-Absolutgeber, als Inkrementalgeber mit Rechtecksignalen und Nullimpulssignal und als Inkrementalgeber mit Sinus/Kosinus-Signal mit Nullimpulssignalen versehen.

[0015] Durch diese Struktur für das erfindungsgemäß eingesetzte Signalverarbeitungsmodul läßt sich durch simultane Vorgabe der Sollwerte entsprechend dem Prinzip der Lagesteuerung ein winkellageorientierter Betrieb für die relevanten Drehmassen bzw. einzelne Funktionsteile eines Gerätes oder einer Maschine, insbesondere Druckmaschine, realisieren. Dabei können im Signalverarbeitungsmodul die Sollwerte unter Beachtung der Begrenzungen im Ruck, in der Beschleunigung, in der Geschwindigkeit generiert werden. Es läßt sich insbesondere eine Aufschaltung bzw. Vorsteuerung der Winkellage-Geschwindigkeit, -beschleunigung und des -rucks herbeiführen.

[0016] Reiben mehrere Funktionsteile bei ihrer Drehung aufeinander, stellen sie über Reibschlupf verkoppelte Drehmassen dar. Bei Druckmaschinen-Zylinder bezeichnet man aufeinanderreibende, blanke Mantelabschnitte, die wegen Druck aufeinanderliegen, als sogenannte Schmitz-Ringe. Dem Problem der über Reibschlupf verkoppelten Drehmassen wird durch eine besondere Ausbildung der Erfindung begegnet, nach der

die mehreren, je einem Funktionsteil zugeordneten Regler oder Reihen mit mehreren Regelgliedern des Signalverarbeitungsmoduls miteinander über zusätzliche, gewichtete Rückführungen verkoppelt sind. Zweckmäßig ist eine Kreuzverkopplung realisiert.

[0017] Beim Anwendungsfall "Druckmaschinen" tritt bei den rotierenden Druckzylindern als Störgröße der an sich bekannte "Kanalschlag" auf, der auf eine Längsrille im Zylinder zum Aufziehen eines Gummituchs oder einer Druckplatte beruht. Die an der Manteloberfläche zu Tage tretende Rille führt zu einer sich ändernden Normalkraft und damit zu einem sich ändernden Drehmoment. Diesem Phänomen des "Kanalschlags" läßt sich im Rahmen des erfindungsgemäßen Antriebssystems zweckmäßig durch Bewertung der Istwerte mit Kennliniengliedern und Störgrößenaufschaltung begegnen.

[0018] Im Hinblick auf die eingangs genannte Problematik ist bei Druckmaschinen anzustreben, deren dreh- oder schwenkbare Funktionsteile zuverlässig beobachten und entsprechende Zustandagrößen einem geregelten Antriebssystem zuführen zu können. Dabei sollen Verfälschungen des Meßergebnisses möglichst ausgeschlossen bzw. eine möglichst verlustlose Kopplung mit maximaler Kraftschlüssigkeit in Kraft- bzw. Drehmomentübertragungsrichtung zwischen den anzutreibenden Zylindern und dem Meßwertgeber ermöglicht sein. Dazu ist es zweckmäßig, daß die Zylinder zur unmittelbaren Messung ihrer Winkelgrößen mit je einem Winkel- lagegeber direkt verbunden sind, der ausgangsseitig an das Antriebssystem angeschlossen ist. Der Winkel- lagegeber bildet damit einen Direkt-Beobachter für das Funktionsteil im Rahmen einer Antriebs-Steuerungskette oder eines Antriebs-Regelkreises, der insbesondere die Umfangsregistervstellung herbeiführt. Mit dieser Direktbeobachtung kann für jedes Funktionsteil, nämlich Zylinder- bzw. Druckwerkswalze, ein spielfreier, trägheitsarmer und mechanisch steifer Meßstrang bzw. Meßkette aufgebaut werden. Dies ergibt eine hohe Regelgenauigkeit und -dynamik, so daß sich exakte Bahnführung, konstante Bahnspannung und gleichbleibende Farbgebung über die so ermöglichte, hochpräzise Registersteuerung und Druckanstellung erreichen lassen. Die relevanten Drehmassen (beispielsweise Platten- und Gummituch- Zylinder in einem Druckwerk) werden erfindungsgemäß direkt, ohne dazwischen angeordnete Feder-, Dämpfungs-, Reibungsglieder usw., erfaßt, so daß unter Ausschluß von Elastizitäten, Nachgiebigkeiten und Spielen das Bewegungsverhalten des in der Druckmaschine zu beobachtendem Funktionsteiles originalgetreu im Regelungssystem weitergegeben werden kann. Dabei ist es zweckmäßig, auch das Abtastorgan des Winkel- lagegebers an einer stationären Wandung, beispielsweise der Druckmaschinenwand, elastizitäts- und spielfrei zu fixieren.

[0019] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie den Zeichnungen. Diese zei-

gen in:

Fig. 1 das Schema eines erfindungsgemäßen Direkt- Antriebsystems teilweise in Längsansicht,

Fig. 2 im teilweisen Längsschnitt, einen mit einem zu drehenden Zylinder gekoppelten Direktantrieb,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Signalverarbeitungs- moduls des erfindungsgemäßen Antriebssy- stems,

Fig. 4 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen, modularen Antriebssystems zur Steuerung und Regelung einer Mehrzahl von Funktionsteile- Achsen, und

Fig. 5 das dynamische Verhalten eines Ausführungs- beispiels der Erfindung anhand eines Struktur- blockschemas.

[0020] Gemäß Figur 1 besteht das Druckwerk einer Rollenoffset-Maschine aus den vier Platten- bzw. Gummituchzylindern D1, D2, D3 und D4 (schematisch dargestellt), die über Lager 40 an der ortsfesten Wandung H (vgl. Figur 6) der Maschine drehbar sind. Zu ihrer Drehung ist ihnen jeweils ein Elektromotor mit einem Rotorpaket F und einem Statorpaket G zugeordnet. Der Achsstummel 41 des Rotors F ist unmittelbar mit dem Achsstummel 42 des Zylinders D verbunden; mit anderen Worten, beide sind miteinander so baulich integriert, daß sie ineinander übergehen und dabei eine Antriebsverbindung bilden, die etwa so drehsteif wie eine einstückige Stahlwelle ist. Die an den freien Stirnseiten der Elektromotoren F,G herausragenden Achsstummel 43 sind mit Sinus/Kosinus-Absolut-Winkel- lagegebern 44, versehen. Am entgegengesetzten Ende stehen Achsstummel 45 von den Zylindern D1 - D4 vor, die ebenfalls je mit einem gleichartigen Absolut-Winkel- lagegeber 46 versehen sind. Die Elektromotoren F,G sind konstruktiv als Einbaumotoren ausgeführt. Sie können mit Drehstrom-Servomotoren in synchroner Bauart mit Permanentmagneten ausgeführt sein. Diese werden von einem Leistungsblock 47 jeweils mit digitalem Stromregler 48 angesteuert. Der Leistungsblock 47 wird von einer Zwischenkreis-Versorgung 49 aus mit elektrischer Energie versorgt. Die digitalen Stromregler 48 kommunizieren jeweils über störsichere Lichtwellenleiter 50 mit einem Achs-Peripheriemodul AP. Die Achs-Peripheriemodule weisen ferner jeweilige Schnittstellen 44a, 46a einerseits für je einen der an den Elektromotoren F,G angebrachten Winkel- lagegeber 44 als auch für je einen der auf den entgegengesetzten Wellenenden bzw.

[0021] Achsstummeln 45 an den freien Stirnseiten der Zylinder D1 - D4 befindlichen Winkel- lagegeber 46 auf. Die Achs-Peripheriemodule AP werden von einem gemeinsamen, digitalen Signal-Prozessor 51 kontrolliert. Dieser ist als Antriebsregler für eine maximale Anzahl

von Achsen mit Lageregler, Drehzahlregler, Motorführung und Geberauswertung konfigurierbar.

[0022] In Figur 3 ist die jeweilige interne Struktur des Signal-Prozessors 51 als auch der Achs-Peripheriemodule AP vergrößert dargestellt und mit dem Fachmann geläufigen Abkürzungen bezeichnet, so daß sich weitere Erläuterungen grundsätzlich erübrigen. Mit SCC ist ein sogenannter serieller Kommunikations-Steuerbaustein bezeichnet.

[0023] In Figur 4 ist die Einbindung des erfindungsgemäßen Antriebssystems gemäß Figur 1 - 3 in ein globales Konzept für eine Vielfachsteuerung mit projektierbaren, modularen Steuerungs- und Regelungseinheiten veranschaulicht. Neben einem Leitrechner IPC-486 sind Bausteine CPU-68-3 zur speicherprogrammierbaren Steuerung und zur Sollwertgenerierung vorgesehen. An diese sind die Signalprozessoren 51 über einen Systembus angekoppelt.

[0024] Das Blockscheema gemäß Figur 5 stellt ein beispielhaftes, erfindungsgemäßes Antriebssystem für zwei über Reibschlupf (Schmitz-Ringe) verkoppelte, lageregelte Achsen I, II dar. Aus einer Sollwert-Generierung (beispielsweise gemäß Figur 4) werden jeder Achse I, II zu ihrer Lagesteuerung Winkellagesollwerte $\phi_{\text{soll I}}$, $\phi_{\text{soll II}}$ vorgegeben. Nach Vergleich mit dem über die Winkellagegeber 46 jeweils erhaltenen Istwerten $\phi_{\text{ist I}}$, $\phi_{\text{ist II}}$ wird die jeweilige Regeldifferenz einem Lageregler $K_{V\text{I}}$, $K_{V\text{II}}$ zugeführt. Dessen jeweiliger Ausgangswert wird einer Differenzbildung 52I, 52II mit dem differenzierten Winkellage-Istwert, d.h. der jeweiligen Ist-Winkelgeschwindigkeit Ω_{IstI} , Ω_{IstII} der Achsen I, II unterworfen. Der daraus jeweils resultierende Differenzwert wird einem Drehzahlregler $K_{p\text{I}}$, $K_{p\text{II}}$ zugeführt, dessen jeweiliger Ausgang auf ein Summierglied 53I, 53II trifft. Jedem dieser Summierglieder 53I, 53II ist zur Bildung einer Störgrößenaufschaltung der Ausgang eines Kennliniengliedes $f(\phi_{\text{I}})$, $f(\phi_{\text{II}})$ als Funktion der Winkellage ϕ_{I} , ϕ_{II} zugeführt. Demgemäß ist jedes Kennlinienglied eingangsseitig mit dem Ausgang des entsprechenden Winkellagegebers 46I, 46II verbunden. Den Summiergliedern 53I, 53II sind ferner die jeweiligen Ausgänge proportionaler Rückführungsglieder $K_{\text{I,II}}$, $K_{\text{II,I}}$ zugeführt, welche kreuzweise in die Ist-Winkelgeschwindigkeit $\Omega_{\text{Ist II}}$ bzw. $\Omega_{\text{Ist I}}$ am jeweils entsprechenden Differenzierglied 54II, 54I abgreifen. Die Eingänge der Differenzierglieder 54I, 54II sind jeweils mit dem Ausgang der entsprechenden Winkellagegeber 46I bzw. 46II verbunden. Diese Kreuzverkopplung mittels der Proportionalglieder $K_{\text{I,II}}$ bzw. $K_{\text{II,I}}$ wirkt auf die beispielsweise über die Schmitz-Ringe verkoppelten Regelstrecken/Achsen I bzw. II entkoppelnd.

[0025] Die jeweiligen Ausgänge der Summierglieder 53I und 53II münden direkt in jeweilige Proportionalglieder K^{-1}_{SI} , K^{-1}_{SII} , welche u.a. auf die Drehmassen der die Achsen I, II umfassenden Funktionsteile bezogene Faktoren darstellen. Danach folgen Stromregelungskreise 55I, 55II, die die eingangsseitigen Stromsollwerte I_{sollI} , I_{sollII} in Ist-Stromwerte I_{IstI} , I_{IstII} umwandeln. Die Stromregelkreise 55I, 55II verhalten sich nach außen näherungsweise

wie in der Regelungstechnik an sich bekannte PT_2 -Glieder. Die jeweiligen Ist-Stromwerte I_{IstI} , I_{IstII} sind Proportionalgliedern K_{TI} , K_{TII} zugeführt, welche die Elektromotor-Konstante zur Umwandlung von Strom in ein Motor-Drehmoment M_{MotI} , M_{MotII} darstellen. Nach Verknüpfung mit dem jeweiligen Proportionalglied I^{-1}_{I} , I^{-1}_{II} entsprechend der jeweiligen Drehmasse der Achse I, II und unmittelbar nachfolgender Aufintegration der Winkelbeschleunigung β_{I} , β_{II} mittels des Integrations-Gliedes 56I, 56II ergibt sich die Winkelgeschwindigkeit Ω_{I} , Ω_{II} , mit denen die Drehmassen/Funktionsteile um ihre jeweiligen Drehachsen I, II rotieren. Nach Integration mit einem weiteren Integrationsglied 57I, 57II läßt sich in Verbindung mit den jeweiligen Winkellagegebern 46I, 46II der Winkellage-Istwert ϕ_{IstI} , ϕ_{IstII} ermitteln und den jeweiligen Vergleichen 58I, 58II am Eingang des Blockschaltbildes gemäß Figur 5 zum Soll-Istwert-Vergleich zuführen.

[0026] Zu berücksichtigen ist noch, daß im Anwendungsfall bei Platten-/Gummizylindern eines Druckwerks einer Rollenoffset-Maschine (vgl. Figur 1) die jeweiligen Zylinder D1, D2 bzw. D3, D4 mit Schlupf aufeinander reiben, woraus ein Störmoment resultiert. Dies ist in Figur 5 im Ausgangsbereich des Blockschemas bzw. der Antriebsstruktur durch die paarweise übereinstimmenden und parallel liegenden Proportionalglieder R_{I} (entsprechend dem Halbdurchmesser bzw. Radius der die Achse I umfassenden Drehmasse) einerseits und R_{II} (entsprechend dem Radius bzw. Halbmesser, der die Achse II umfassenden Drehmasse) andererseits zum Ausdruck gebracht. Die jeweiligen Bahngeschwindigkeiten v_{I} , v_{II} der beiden Drehmassen I, II errechnen sich nach je einem ersten bzw. äußeren der beiden Proportionalglieder-Paare R_{I} bzw. R_{II} , die die jeweiligen Winkelgeschwindigkeiten Ω_{I} , Ω_{II} der beiden Drehmassen als Eingangsgröße haben. Die Bahngeschwindigkeiten V_{I} , V_{II} werden im Rahmen einer Differenzbildung 70 voneinander subtrahiert. Der Schlupf s ergibt sich durch den Quotienten aus dieser Differenz und einer der beiden Umfangsbahn-Geschwindigkeiten V_{I} , V_{II} der beiden Drehmassen, wie durch das Dividierringlied 59 verdeutlicht. Das diesem nachfolgende Kennlinienglied 60 repräsentiert die spezifische Reibungscharakteristik beim Aufeinanderrollen von Zylinder-Mantelflächen und ergibt als Funktionswert den Reibungskoeffizienten μ_{R} . Wird diese mit der Normalkraft F_{N} entsprechend dem Anpressdruck der Zylinder aufeinander multipliziert, ergibt sich die störende Reibungskraft in Zylinder-Tangential- bzw. Umfangsrichtung. Diese multipliziert mit dem jeweiligem zweiten bzw. inneren Radius-Proportionalglied R_{I} bzw. R_{II} jedes Parallel-Proportionalgliedpaares ergibt den Drehmomenteneinfluß, der jedem vom zugeordneten Antriebsmotor erzeugten Drehmoment M_{MotI} bzw. M_{MotII} aufgrund der Schlupfreibung entgegenstehend wie durch das jeder Achse I bzw. II zugeordnete Vergleichsglied 61I bzw. 61II veranschaulicht.

Patentansprüche

1. Elektrisches Antriebssystem zur Verstellung von mehreren dreh- und/oder verschwenkbaren Funktionsteilen (D1-D4) von Geräten und Maschinen, insbesondere von Druckmaschinen, in ihrer Winkellage ($\emptyset$ istl, $\emptyset$ istll), mit mehreren Elektromotoren (F, G), deren jeweiliger Rotor (F) zur steifen und direkten Verbindung mit dem Funktionsteil (D1-D4) ausgebildet ist, mit mehreren Winkellagegebern (44, 46), die Winkelbewegungen des jeweiligen Elektromotor-Rotors und/oder Funktionsteiles (D1-D4) aufnehmen, mit mehreren Signalverarbeitungsmodulen (51, AP), die eingangsseitig zur Aufnahme der Winkellagesignale ($\emptyset$ istl, $\emptyset$ istll) als Istwerte mit den Winkellagegebern (44, 46) verbunden sind und mehrere, je einem Funktionsteil (D1-D4; I, II) zugeordnete Regler oder Reihen mit mehreren Regelgliedern aufweisen, die zur simultanen Aufnahme von je einem Funktionsteil (D1-D4; I, II) zugeordneten Sollwerten ($\emptyset$ soll) und zu deren Vergleich mit den Istwerten ausgebildet sind, und mit mehreren, von den Signalverarbeitungsmodulen (51, AP) kontrollierten Leistungsverstärkern (47, 48), die ausgangsseitig mit dem jeweiligen Elektromotor (F, G) zu dessen Ansteuerung verbunden sind, wobei das Antriebssystem ferner einen bidirektionalen Systembus aufweist, über den mehrere, jeweils die Regler oder Reihen von Regelgliedern enthaltende Signalverarbeitungsmodule (51, AP) mit einem Prozessor (CPU-68-3) zur Sollwertgenerierung verbunden sind, wobei die Regler oder Regelglieder zur simultanen Aufnahme von je einem Funktionsteil (D1-D4) zugeordneten Sollwerten ausgebildet sind,
gekennzeichnet durch
einen Lokalbus, über den die Regler oder Reihen mit mehreren Regelgliedern des Signalverarbeitungsmoduls (51, AP) mit Achsperipheriemodulen (AP) als Schnittstellen (44a, 46a, 50) zu den Leistungsblöcken (47) der Elektromotoren (F, G) und zu den Winkellagegebern (44, 46) verbunden sind.
2. Antriebssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Rotor (F) mit dem Funktionsteil (D1 - D4) baulich integriert und/oder einstückig ausgeführt ist.
3. Antriebssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Elektromotor (F, G) zum Anbau an einem Wellenstummel eines drehbaren Funktionsteiles (D1 - D4) ausgebildet ist.
4. Antriebssystem nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Elektromotor mit einem walzen- oder zylinderförmigen Außenläufer oder -rotor gebildet ist, dessen Form der des Funktionsteiles entspricht, insbesondere zur Aufnahme darin ausgeführt ist.
5. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Elektromotor ein einziger Winkellagegeber (44) zugeordnet ist, der am Rotor (F) des Elektromotors (F, G) zur unmittelbaren Aufnahme von dessen Winkelbewegungen ($\emptyset$ istl, $\emptyset$ istll) angebracht ist, wobei das Signalverarbeitungsmodul (51, AP) und/oder der Winkellagegeber (44) mit einem Beobachtermodul für Zustandsgrößen des Funktionsteiles vorzugsweise in Differenzsignalaufschaltung gekoppelt ist.
6. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Elektromotor (F, G) wenigstens zwei Winkellagegeber (44, 46) zugeordnet sind, die je am Rotor (F) des Elektromotors (F, G) und am Funktionsteil (D1 - D4) zur unmittelbaren Aufnahme von deren Winkelbewegungen ($\emptyset$ istl, $\emptyset$ istll) angebracht sind, wobei die Signalausgänge (44a, 46a) dieser beiden Geber mit dem Signalverarbeitungsmodul (51, AP) vorzugsweise in Differenzsignalaufschaltung gekoppelt sind.
7. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkellagegeber als Sinus/Cosinus-Absolutgeber, Inkrementalgeber mit Rechtecksignalen und Nullimpulssignal, als Inkrementalgeber mit Sinus/Cosinus-Signal nebst Nullimpulssignal oder als Hohlwellengeber mit Geberkopf (46) und die Winkelteilung aufweisendem Geberrad (63) ausgeführt ist.
8. Antriebssystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Geberrad (63) mit dem Funktionsteil (D1 - D4) baulich integriert und/oder einstückig ausgeführt ist.
9. Antriebssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Geberkopf (66) und das Geberrad (63) entsprechend der Dreh- oder Schwenkachse des Funktionsteiles (D1 - D4) axial gegeneinander verschiebbar sind.
10. Antriebssystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Geberkopf (66) an oder gegenüber dem stationären Teil des Elektromotors (F, G), insbesondere dem Stator (G) oder dessen Gehäuse, fixiert beziehungsweise abgestützt ist.
11. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Leistungsverstärker (47) mit Umrichter mit Spannungszwischenkreis (49) und/oder mit Direkteinspeisung ausgeführt ist.
12. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Leistungsverstärker (47) mit digitaler Phasenstromregelung (48) auf der Basis von Pulsbreitenmodulation

hoher Taktfrequenz, schneller Transistorschalter, Spannungsvorsteuerung und/oder Vorgabe der Phasenstromsollwerte und/oder der Vorsteuerwerte über Lichtwellenleiter-Verbindungen (50) realisiert ist.

13. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Signalverarbeitungsmodul (51, AP) ein digitaler Signalprozessor (51) angeordnet ist, mit dem Funktionen zur Geberauswertung, Motorsteuerung, Drehzahlregelung, Winkeltageregelung und/oder Feininterpolation der Soll- oder Vorgabewerte implementiert sind.
14. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regler oder Reihen mit mehreren Regelgliedern miteinander über zusätzliche, gewichtete Rückführungen (KI, II, KII, I), vorzugsweise über Kreuz, verkoppelt sind.
15. Antriebssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regler und/oder Reihen von Regelgliedern mit einem eingangsseitig Istwerte (Φ_{istI} , Φ_{istII}) aufnehmenden Kennlinienglied zur Störgrößenaufbuchtung (53I, 53II) verknüpft sind.

Claims

1. Electric driving system for adjusting a plurality of rotatable and/or pivotable functional parts (D1-D4) of appliances and machines, in particular of printing machines, in their angular position (Φ_{istI} , Φ_{istII}), with a plurality of electric motors (F,G), the respective rotor (F) of which is formed for rigid and direct connection to the functional part (D1-D4), with a plurality of angular position encoders (44,46) which register angular movements of the respective electric motor rotor and/or functional part (D1-D4), with a plurality of signal processing modules (51, AP) which are connected on the input side to the angular position encoders (44,46) to register the angular position signals (Φ_{istI} , Φ_{istII}) as actual values and comprise a plurality of regulators or rows with a plurality of regulating elements, which are associated with a respective functional part (D1-D4; I,II) and are formed to simultaneously register desired values (Φ_{soll}) associated with a respective functional part (D1-D4; I, II) and to compare them with the actual values, and with a plurality of power amplifiers (47,48) which are controlled by the signal processing modules (51, AP) and are connected on the output side to the respective electric motor (F,G) to activate the latter, wherein the driving system also comprises a bidirectional system bus, via which a plurality of signal processing modules (51, AP), which each contain the regulators or rows of regulating elements, are connected to a processor (CPU-68-3) for desired value generation, wherein the regulators or regulating elements are formed to simultaneously register desired values associated with a respective functional part (D1-D4), **characterised by** a local bus via which the regulators or rows with a plurality of regulating elements of the signal processing module (51, AP) are connected to axial peripheral modules (AP) as interfaces (44a, 46a,50) with the power blocks (47) of the electric motors (F,G) and with the angular position encoders (44, 46).
2. Driving system according to Claim 1, **characterised in that** the rotor (F) is structurally integrated and/or integral with the functional part (D1-D4).
3. Driving system according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the electric motor (F,G) is formed for attachment to a shaft stub of a rotatable functional part (D1-D4).
4. Driving system according to Claim 1, 2 or 3, **characterised in that** the electric motor is formed with a roll-shaped or cylindrical external rotor, the shape of which corresponds to that of the functional part, being in particular constructed to be held therein.
5. Driving system according to any one of the preceding Claims, **characterised in that** a single angular position encoder (44) is associated with the electric motor, which angular position encoder is fastened to the rotor (F) of the electric motor (F,G) to directly register the angular movements (Φ_{istI} , Φ_{istII}) thereof, wherein the signal processing module (51, AP) and/or the angular position encoder (44) is/are coupled to an observer module for state variables of the functional part, preferably with differential signal feedforward.
6. Driving system according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** at least two angular position encoders (44,46) are associated with the electric motor (F,G), which angular position encoders are each fastened to the rotor (F) of the electric motor (F, G) and to the functional part (D1-D4) to directly register the angular movements (Φ_{istI} , Φ_{istII}) thereof, wherein the signal outputs (44a,46a) of these two encoders are coupled to the signal processing module (51, AP), preferably with differential signal feedforward.
7. Driving system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the angular position encoder is constructed as a sine/cosine absolute encoder, incremental encoder with square-wave signals and zero pulse signal, as an incremental encoder with sine/cosine signal together with zero pulse signal or as a hollow shaft encoder with encoder

head (66) and encoder wheel (63) having angular division.

8. Driving system according to Claim 7, **characterised in that** the encoder wheel (63) is structurally integrated and/or integral with the functional part (D1-D4). 5
9. Driving system according to Claim 8, **characterised in that** the encoder head (66) and the encoder wheel (63) can be axially displaced with respect to one another according to the rotational or pivot axis of the functional part (D1-D4). 10
10. Driving system according to Claim 8 or 9, **characterised in that** the encoder head (66) is fixed or supported to or with respect to the stationary part of the electric motor (F,G), in particular the stator (G) or the frame thereof. 15
11. Driving system according to any one of the preceding Claims, **characterised in that** the power amplifier (47) is constructed with a converter with intermediate voltage circuit (49) and/or with direct feed. 20
12. Driving system according to any one of the preceding Claims, **characterised in that** the power amplifier (47) is implemented with digital phase current regulation (48) on the basis of pulse-width modulation with high clock frequency, high-speed transistor switches, voltage precontrol and/or predetermination of the phase current desired values and/or the precontrol values via optical-fibre links (50). 25
13. Driving system according to any one of the preceding Claims, **characterised in that** a digital signal processor (51) is disposed in the signal processing module (51, AP) for implementing functions relating to encoder evaluation, motor control, rotational speed regulation, angular position regulation and/or fine interpolation of the desired or predetermined values. 30
14. Driving system according to any one of the preceding Claims, **characterised in that** the regulators or rows with a plurality of regulating elements are coupled together via additional, weighted feedback elements (K1, II, KII, I), preferably crosswise. 35
15. Driving system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the regulators and/or rows of regulating elements are linked to a characteristic element, which registers actual values (Φ_{IstI} , Φ_{IstII}) on the input side, for feedforward control (53I, 53II). 40

Revendications

1. Système d'entraînement électrique pour régler, dans leur position angulaire ($\Phi_{réellI}$, $\Phi_{réellII}$), plusieurs pièces fonctionnelles (D1-D4) rotatives et/ou pivotantes d'appareils et de machines, notamment de machines à imprimer, comprenant plusieurs moteurs électriques (F, G) dont le rotor respectif (F) est conçu pour une liaison directe et rigide avec la pièce fonctionnelle (D1-D4), comprenant plusieurs capteurs de position angulaire (44, 46) qui relèvent les mouvements angulaires du rotor du moteur électrique respectif et/ou de la pièce fonctionnelle respective (D1-D4), comprenant plusieurs modules de traitement de signal (51, AP) qui sont reliés, côté entrée, aux capteurs de position angulaire (44, 46) pour la réception des signaux de position angulaire ($\Phi_{réellI}$, $\Phi_{réellII}$) en tant que valeurs réelles, et comportent plusieurs régulateurs ou rangées avec plusieurs organes de régulation, associés respectivement à une pièce fonctionnelle (D1-D4 ; I, II) et conçus pour la réception simultanée de valeurs de consigne (Φ_{cons}) associées respectivement à une pièce fonctionnelle (D1-D4 ; I, II) et leur comparaison avec les valeurs réelles, et comprenant plusieurs amplificateurs de puissance (47, 48) qui sont commandés par les modules de traitement de signal (51, AP), et sont reliés, côté sortie, au moteur électrique respectif (F, G) pour sa commande, le système d'entraînement comprenant, par ailleurs, un système de bus bidirectionnel par l'intermédiaire duquel plusieurs modules de traitement de signal (51, AP) englobant respectivement les régulateurs ou rangées d'organes de régulation, sont reliés à un processeur (CPU-68-3) pour la fourniture de valeurs de consigne, et les régulateurs ou organes de régulation étant conçus pour la réception simultanée de valeurs de consigne associées respectivement à une pièce fonctionnelle (D1-D4), **caractérisé par** un bus local par l'intermédiaire duquel les régulateurs ou rangées avec plusieurs organes de régulation du module de traitement de signal (51, AP) sont reliés à des modules périphériques d'axe (AP) en tant qu'interfaces (44a, 46a, 50) vers les blocs de puissance (47) des moteurs électriques (F, G) et vers les capteurs de position angulaire (44, 46). 5
2. Système d'entraînement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rotor (F) est intégré, sur le plan de la construction, à la pièce fonctionnelle (D1-D4) et/ou réalisé d'un seul tenant avec celle-ci. 10
3. Système d'entraînement selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le moteur électrique (F, 15

- G) est conçu pour être rapporté à un embout d'arbre ou tourillon d'arbre d'une pièce fonctionnelle (D1-D4) rotative.
4. Système d'entraînement selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le moteur électrique est réalisé avec un induit ou rotor extérieur en forme de cylindre ou de tambour, dont la forme correspond à celle de la pièce fonctionnelle, et est notamment conçue pour être reçue dans cette dernière. 5
 5. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moteur électrique est associé un seul capteur de position angulaire (44) qui est placé sur le rotor (F) du moteur électrique (F, G) pour le relevé direct de ses mouvements angulaires ($\Phi_{réell}$, $\Phi_{réellII}$), le module de traitement de signal (51, AP) et/ou le capteur de position angulaire (44) étant couplés à un module d'observation pour des grandeurs d'état de la pièce fonctionnelle, de préférence selon une mise en circuit du signal différentiel. 10
 6. Système d'entraînement selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**au moteur électrique (F, G) sont associés au moins deux capteurs de position angulaire (44, 46) qui sont placés respectivement sur le rotor (F) du moteur électrique (F, G) et sur la pièce fonctionnelle (D1-D4) pour relever directement leurs mouvements angulaires ($\Phi_{réell}$, $\Phi_{réellII}$), les sorties de signal (44a, 46a) de ces deux capteurs étant couplées, de préférence selon une mise en circuit du signal différentiel, au module de traitement de signal (51, AP). 15
 7. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le capteur de position angulaire est réalisé en tant que capteur absolu sinus/cosinus, capteur incrémental avec signaux rectangulaires et signal d'impulsion zéro, capteur incrémental avec signal sinus/cosinus en plus du signal d'impulsion zéro, ou en tant que capteur d'arbre creux avec une tête de capteur (66) et une roue de capteur (63) présentant la division angulaire. 20
 8. Système d'entraînement selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la roue de capteur (63) est intégrée sur le plan de la construction à la pièce fonctionnelle (D1-D4) et/ou réalisée d'un seul tenant avec celle-ci. 25
 9. Système d'entraînement selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la tête de capteur (66) et la roue de capteur (63) peuvent coulisser axialement l'une par rapport à l'autre conformément à l'axe de rotation ou de pivotement de la pièce fonctionnelle (D1-D4). 30
 10. Système d'entraînement selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la tête de capteur (66) est fixée ou appuyée sur la pièce stationnaire du moteur électrique (F, G), notamment le stator (G) ou son carter. 35
 11. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'amplificateur de puissance (47) est réalisé avec un mutateur avec un circuit intermédiaire de tension (49) et/ou avec une alimentation directe. 40
 12. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'amplificateur de puissance (47) est réalisé avec une régulation numérique du courant de phase (48) sur la base d'une modulation de largeur d'impulsion de fréquence élémentaire élevée, de commutateurs à transistors rapides, d'une commande primaire de tension et/ou d'une prescription des valeurs de consigne du courant de phase et/ou des valeurs de commande primaire par l'intermédiaire de liaisons par guides d'ondes lumineuses ou fibres optiques (50). 45
 13. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans le module de traitement de signal (51, AP) est disposé un processeur de signal numérique (51) avec lequel sont mises en oeuvre des fonctions pour le traitement d'exploitation du capteur, la commande des moteurs, la régulation de la vitesse de rotation, la régulation de la position angulaire et/ou l'interpolation de précision des valeurs de consigne ou valeurs prescrites. 50
 14. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les régulateurs ou rangées avec plusieurs organes de régulation sont couplés mutuellement par l'intermédiaire de branches de rétroaction supplémentaires ($K_{I,II}$, $K_{II,I}$) pondérées, de préférence en croix. 55
 15. Système d'entraînement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les régulateurs et/ou les rangées d'organes de régulation sont combinés à un organe de courbe caractéristique recevant, côté entrée, des valeurs réelles ($\Phi_{réell}$, $\Phi_{réellII}$), pour la mise en circuit de grandeurs parasites (53I, 53II).

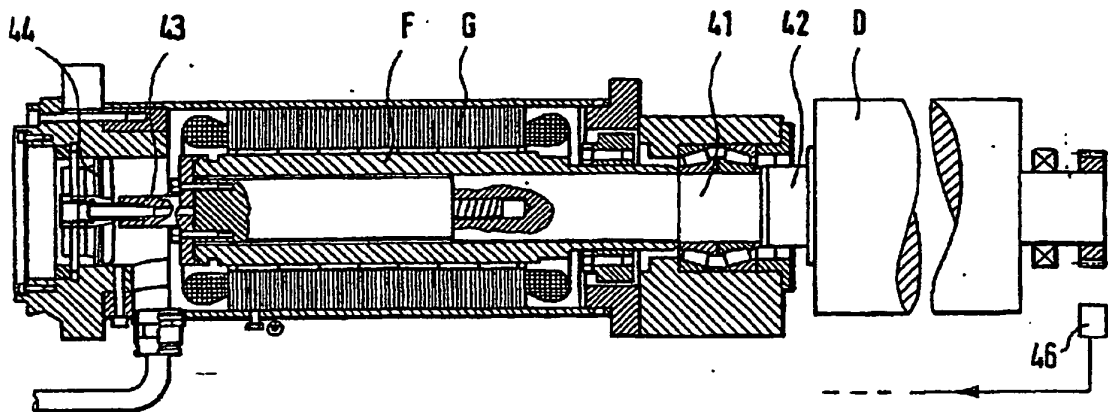
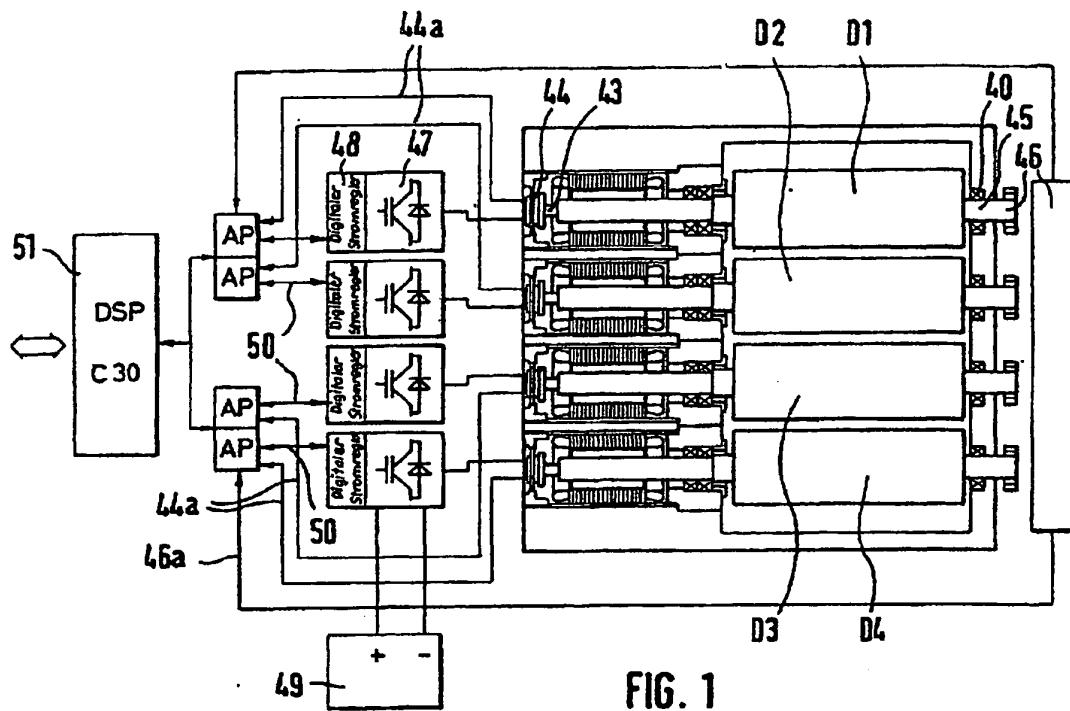


FIG. 2

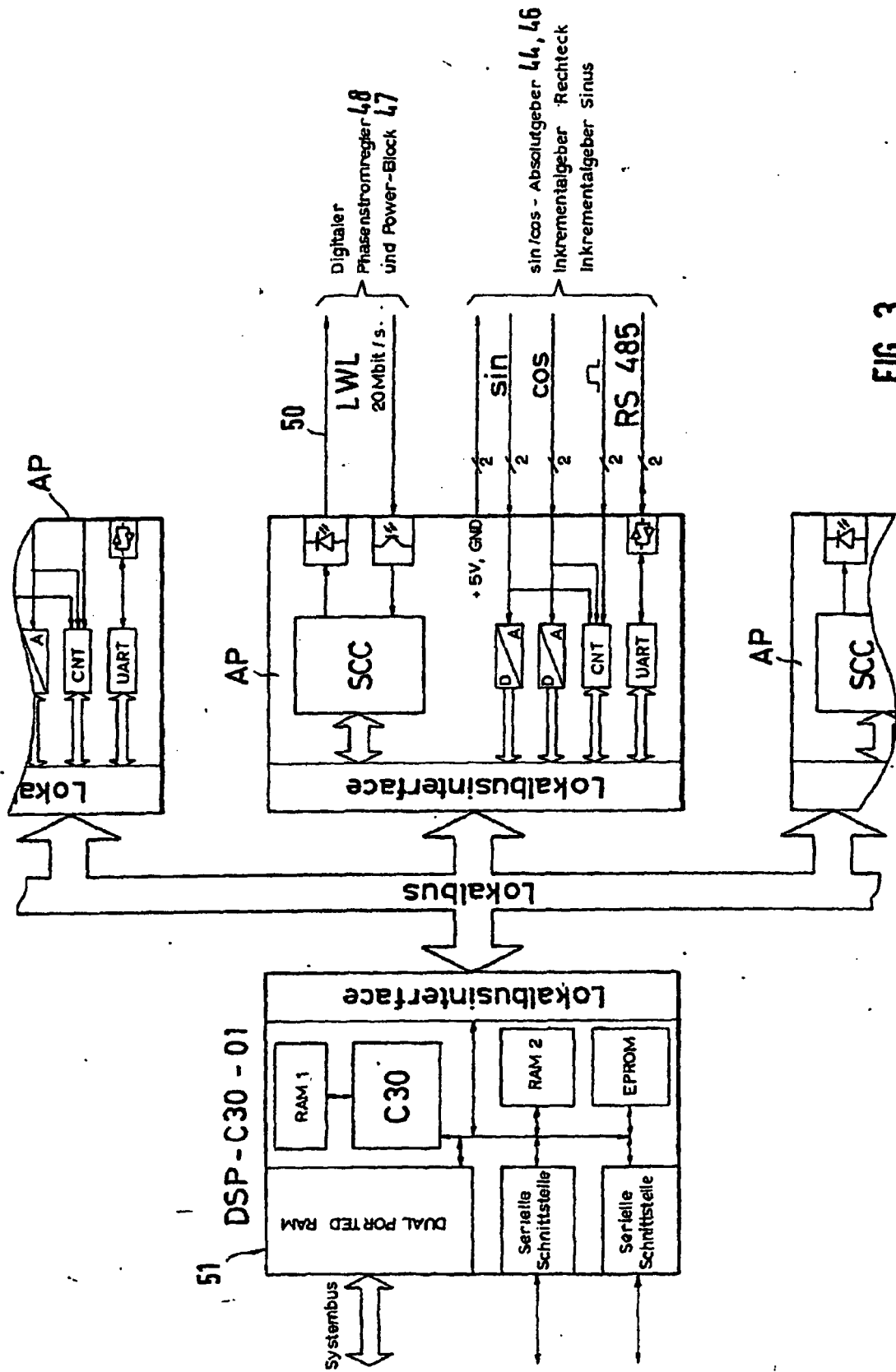


FIG. 3

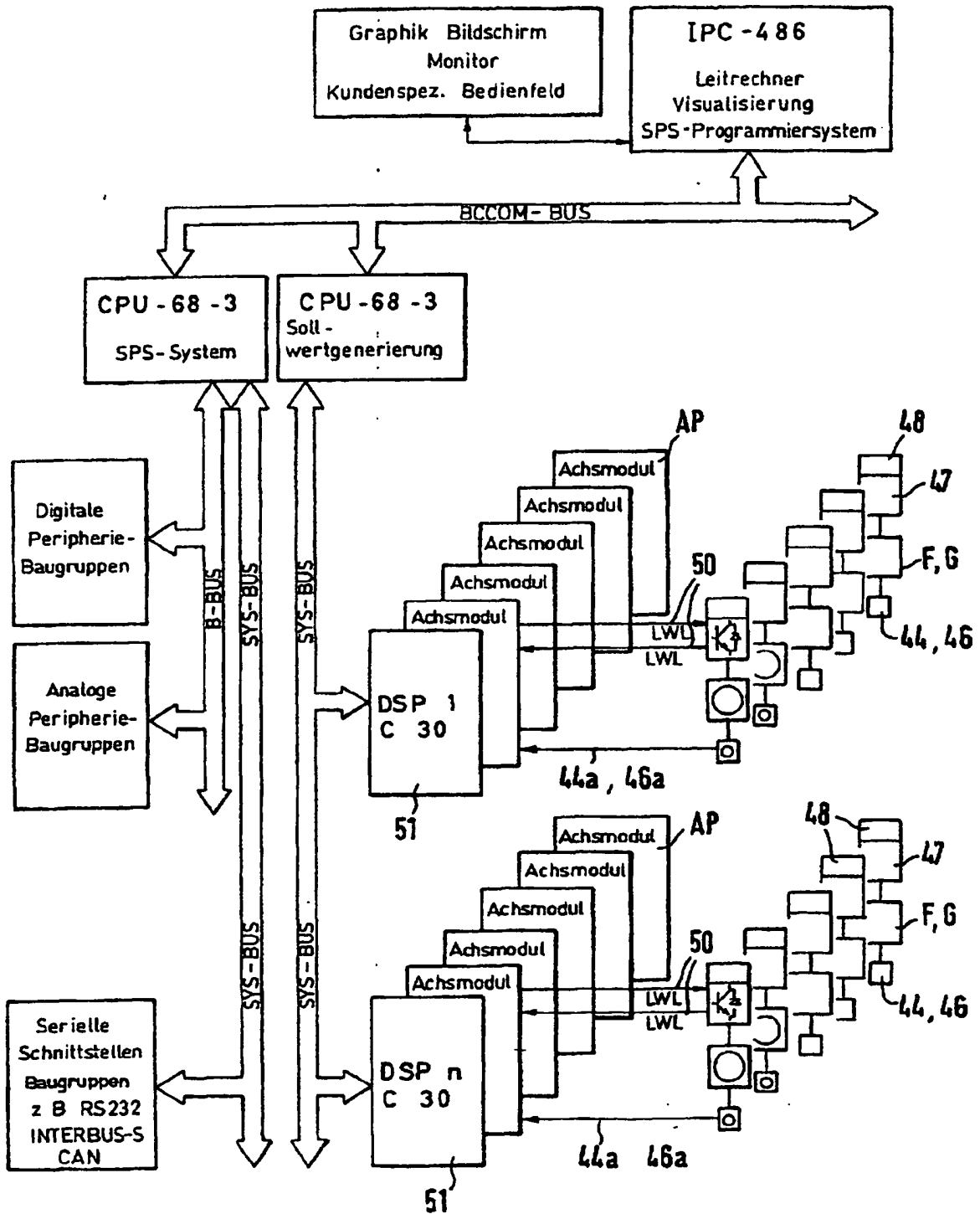


FIG. 4

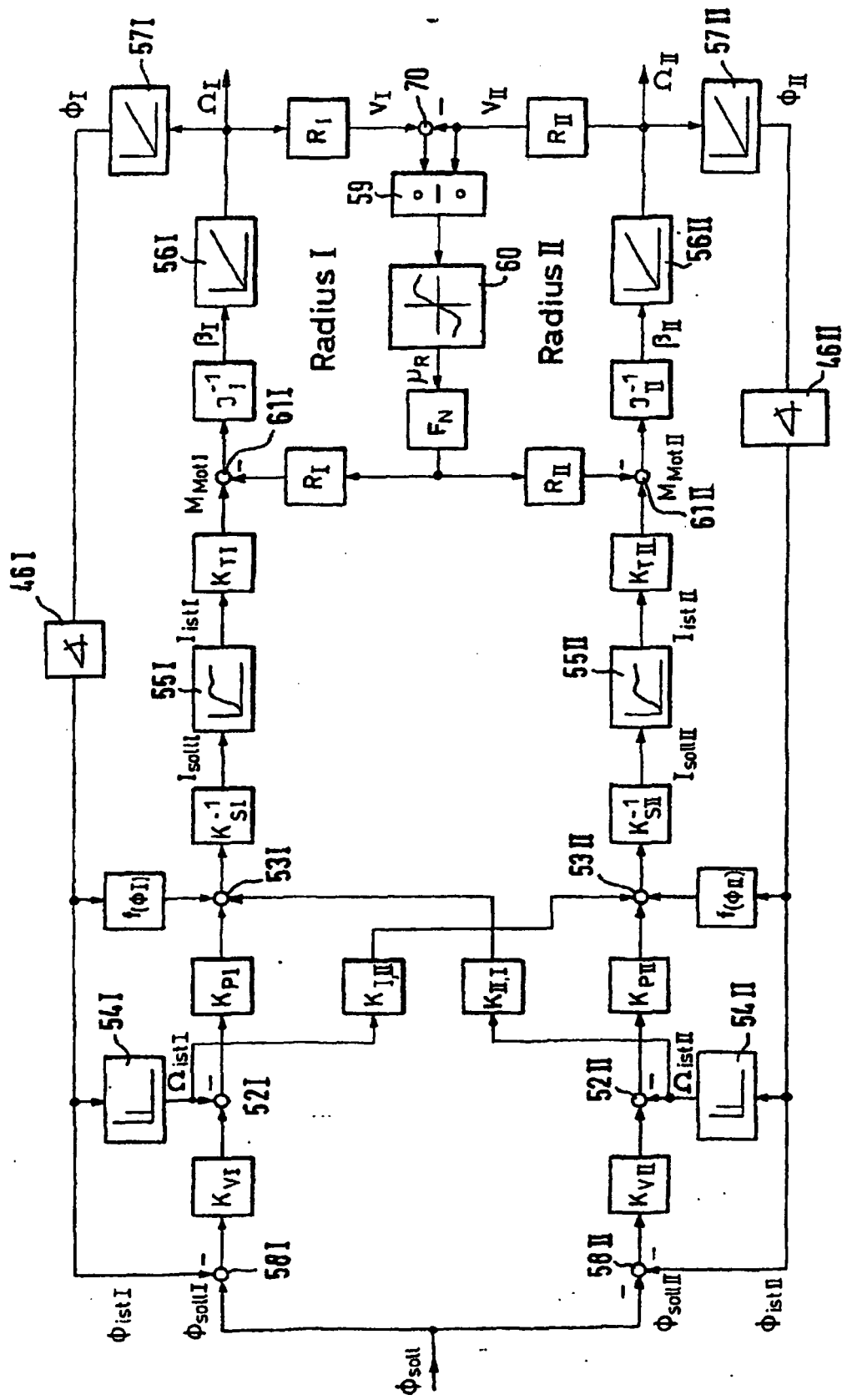


FIG. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4138479 A [0002] [0003]
- EP 0621133 A [0002]
- US 5329216 A [0005]