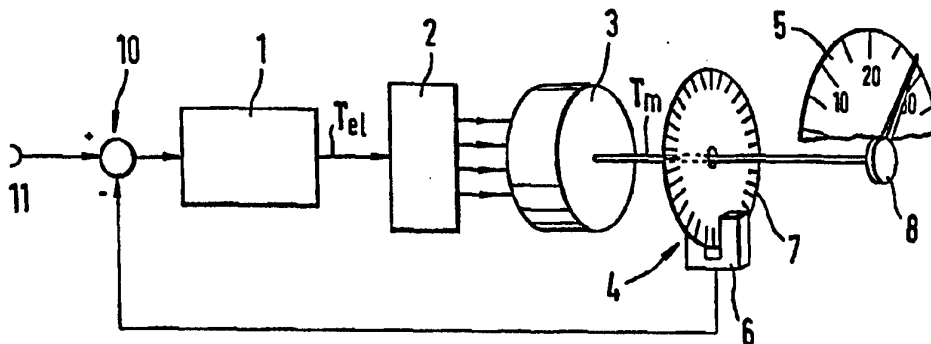


PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G05B 19/23, H02P 8/22	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/18994 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Juli 1995 (13.07.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/00606 (22) Internationales Anmeldedatum: 28. Mai 1994 (28.05.94) (30) Prioritätsdaten: P 44 00 482.6 11. Januar 1994 (11.01.94) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RAUCH, Hans [DE/DE]; Distelweg 11, D-90768 Fuerth (DE). HOVESTADT, Uwe [DE/DE]; Sulzbacher Strasse 5, D-91161 Hilpoltstein (DE). HERZOG, Bernhard [DE/DE]; Mannspergerstrasse 127, D-70619 Stuttgart (DE). EHRMANN, Martin [DE/DE]; Humboldtstrasse 111, D-90459 Nürnberg (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, CZ, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

(54) Title: CORRECTION PROCESS BETWEEN THE ELECTRIC PHASE ANGLE AND MECHANICAL OUTPUT ANGLE OF A STEP MOTOR**(54) Bezeichnung:** KORREKTURVERFAHREN ZWISCHEN DEM ELEKTRISCHEN PHASENWINKEL UND DEM MECHANISCHEN ABTRIEBSWINKEL EINES SCHRITTMOTORS**(57) Abstract**

A process is disclosed for correcting a non-linear relation between the electric phase angle and the mechanical output angle of step motors by using a low resolution encoder or the like. This process represents a compromise between the classical regulation of step motors, that requires a high resolution angle detection, and a purely statistical correction of the characteristic curve. The result is a substantial synchronism improvement, for example when conventional claw pole step motors are used for driving the pointer of a display in a motor vehicle. The micro-step control is carried out with a corrected sine wave form. Coefficients evaluated by simplified Fourier synthesis are essentially used to correct the sine wave form.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren, das die Korrektur eines nichtlinearen Zusammenhanges zwischen elektrischem Phasenwinkel und mechanischem Abtriebswinkel von Schrittmotoren unter Verwendung eines niedrig auflösenden Encoders o.ä. erlaubt. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt einen Kompromiß dar zwischen der klassischen Regelung von Schrittmotoren, die eine hohe Auflösung der Winkelerfassung voraussetzt, und einer rein statischen Korrektur der Kennlinie. Es ergibt sich eine wesentliche Verbesserung des Gleichlaufes z.B. bei der Verwendung konventioneller Klauenpol-Schrittmotoren als Zeigerantrieb für ein Anzeigegerät in einem Kraftfahrzeug. Die Mikroschritt-Ansteuerung erfolgt mit einer korrigierten Sinusform, wobei zur Korrektur im wesentlichen Koeffizienten verwendet werden, die mittels einer vereinfachten Fourier-Synthese ausgewertet werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Korrekturverfahren zwischen dem elektrischen Phasenwinkel und dem mechanischen Abtriebswinkel eines Schrittmotors

Stand der Technik

Für den Antrieb von Zeigerinstrumenten, speziell in Fahrzeugen, wurden bislang neben mechanischen Tachometern, Bimetallinstrumenten und Drehspulinstrumenten vorwiegend Drehmagnet-Quotienten-Meßwerke (DQM) eingesetzt. In neuerer Zeit setzen sich jedoch - speziell in Europa - Schrittmotoren (2-Phasig) als Zeigerantrieb immer mehr durch. Solche Schrittmotoren werden sowohl als Direktantriebe (NMB) wie auch - bevorzugt - als Getriebemotoren (Hersteller switec und VDO) eingesetzt.

Für Direktantriebe werden aus Drehmoment- und Kostengründen bislang ausschließlich Klauenpol- (Tin-Can-) Schrittmotoren eingesetzt. Diese Motoren erfordern bei Schrittwinkeln von typisch $7,5^\circ$ bis 15° für die benötigte Auflösung von ca. $0,1^\circ$ eine Ansteuerung im Mikroschritt-Betrieb. Die derzeit in großen Stückzahlen gefertigten Standard-Typen haben allerdings einen stark nichtlinearen Zusammenhang zwischen elektrischem Phasenwinkel und mechanischem Abtriebswinkel, so daß die klassische Sinus-Ansteuerung einen völlig

...

- 2 -

indiskutablen, ruckelnden Zeigerlauf ergibt. Die Ursache hierfür liegt - unter anderem - im mechanischen Rastmoment der Motoren.

Es existieren nun speziell optimierte Typen, die auch mit Sinus-Ansteuerung akzeptable Gleichlauf-Eigenschaften aufweisen. Diese Motoren haben allerdings bei erhöhtem konstruktiven Aufwand schlechtere mechanische Kenndaten als die entsprechenden Standard-Typen. Dennoch ist das Verhalten über den Temperatur- und Spannungsbereich nicht vollständig zufriedenstellend. Außerdem benötigen sie für die Nullstellung bzw. Positionskontrolle zusätzliche Sensoren, z. B. einen Hall-IC.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ansteuerung eines Schrittmotors mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß durch die Korrektur der Ansteuerimpulse ein besonders einfacher Encoder (digitaler Winkelgeber) aus dem 'lowest-cost'-Bereich verwendbar ist und somit nicht viel mehr kostet als ein Null-Sensor, der die Null-Lage des Schrittmotors erfaßt. Neben der Null-Stellung kann somit auch die Bewegungskontrolle des Schrittmotors erfaßt und vor allem auch zur Korrektur des Mikroschritt-Verhaltens verwendet werden, wobei die erforderliche Auflösung weit unter der liegt, die bei klassischen Regelverfahren erforderlich ist. Dadurch gelingt es, den Schrittmotor beispielsweise mit einer Auflösung von $0,1^\circ$ anzusteuern, obgleich der verwendete Winkelgeber diese hohe Auflösung nicht nachmessen kann.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

...

- 3 -

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein erstes Blockschaltbild nach dem Stand der Technik, Figur 2 zeigt ein erstes Diagramm, Figur 3 zeigt ein zweites Diagramm, Figur 4 zeigt ein zweites Blockschaltbild, Figur 5 zeigt ein drittes Blockschaltbild, Figur 6a und b zeigt jeweils ein zweites Diagramm, Figur 7 zeigt ein viertes Blockschaltbild, Figur 8 zeigt ein fünftes Blockschaltbild, Figur 9 zeigt ein drittes Diagramm, Figur 10 zeigt ein viertes Diagramm und Figur 11 ein fünftes Diagramm.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Das erste Blockschaltbild nach Figur 1 zeigt einen bekannten Schrittmotor 3, auf dessen Welle ein Encoder oder Winkelgeber 4 fest angeordnet ist. Der Winkelgeber 4 hat eine feststehende Lichtschranke 6, an der die Markierung einer Code-Scheibe 7, die mit der Welle des Ankers des Schrittmotors 3 fest verbunden ist, vorbeiläuft. Auf der Welle ist beispielsweise noch ein Zeiger 8 für ein Anzeigeeinstrument befestigt, der einer feststehenden Skalenscheibe 5 zugeordnet ist. Das Anzeigeeinstrument kann in einer Instrumententafel eines Kraftfahrzeuges angebracht sein. Der Schrittmotor 3 wird von einer Endstufe 2 mit Stromimpulsen versorgt, die von einer vorgeschalteten Steuerung 1 erzeugt werden. Die bekannte Steuerung 1 vergleicht an einem Punkt 10 einen Sollwert 11 mit den vom Winkelgeber 4 gemessenen Wert und steuert oder regelt damit den Strom für die Endstufe 2. Dieses Blockschaltbild entspricht dem bekannten Regelverfahren für die Ansteuerung eines Schrittmotors im Mikroschritt-Betrieb.

...

- 4 -

Figur 2 zeigt ein erstes Diagramm, bei dem die Differenz ΔT_m zwischen dem tatsächlichen und dem idealen mechanischen Winkel T in Form von relativen Schritten über dem elektrischen Winkel T_{el} aufgetragen ist. Bei einer nicht korrigierten Kurve 20 ist erkennbar, daß die Differenz der einzelnen Phasenwinkel T_{el} relativ groß ist. Bei der korrigierten Kurve 21, bei der die Korrektur mittels vier bis fünf Fourier-Koeffizienten durchgeführt wurde, nur eine sehr geringe Differenz auftritt.

Figur 3 zeigt ein zweites Diagramm, bei dem eine gemessene Kennlinie 30 für Winkelfehler ΔT_m mit einer rekonstruierten Kennlinie 31 verglichen wird, die anhand der vier Fourier-Koeffizienten a_2, b_2, a_4, b_4 ermittelt wurde.

Figur 4 zeigt als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung ein zweites Blockschaltbild für den Schrittmotor 3, bei dem die Steuerung eine Korrekturstufe 40 hat. In der Korrekturstufe 40 sind die ermittelten Fourier-Koeffizienten nach der vereinfachten Fourier-Synthese gebildet, deren Gewinnung später noch erläutert wird.

Figur 5 zeigt ein drittes Blockschaltbild, bei dem das Blockschaltbild der Figur 4 um eine adaptive Koeffizientenanpassung 41 ergänzt wird. In dem Summenpunkt 10 werden die Signale des Winkelgebers 4 mit Sollwerten 11 verglichen. Entsprechend dem Ergebnis werden aus dem Koeffizientenspeicher laufend aktuelle Werte ausgelesen, die zur Korrektur in die Korrekturstufe 40 gegeben werden.

Figur 6 zeigt ein zweites Diagramm, bei dem die Bildung von Korrekturwerten dargestellt ist. Die oberste Kurve entspricht der

...

- 5 -

Winkelteilung auf der Codescheibe 7 des Winkelgebers 4. Der Winkelgeber 4 gibt dabei ideale bzw. reale Signale ab, die den beiden darunter dargestellten Kurven entsprechen. In der nächsten Kurve werden aus den gemessenen Signalen des Winkelgebers 4 Korrekturwerte gebildet, die später noch näher erläutert sind. Sie führen über die realen Signale schließlich zu Korrekturwerten, wie sie in der untersten Kurve dargestellt sind.

Im folgenden wird die Funktionsweise des Korrekturverfahrens näher erläutert.

Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt die Annahme zugrunde, daß ein einfacher (evtl. einkanaliger) Encoder (digitaler Winkelgeber) nicht sehr viel mehr Kosten verursacht als ein üblicher Null-Sensor. Er kann jedoch außer zur Nullstellung noch zur Bewegungskontrolle genutzt werden (Eigendiagnose) und vor allem auch zur Korrektur des Mikroschritt-Verhaltens, wobei die erforderliche Auflösung weit unter der liegt, die bei klassischem Regelverfahren (Grundstruktur entsprechend Fig. 1) erforderlich ist.

Aus der geringen Winkelauflösung von "Lowest-Cost"-Encodern ergibt sich zwingend, daß bei langsamen Stellvorgängen die Encoder-Pulse eine wesentlich zu große Periodendauer haben, um als Winkelsignal für eine klassische Regelung zu dienen. Als Abhilfe sind folgende Verfahren denkbar.

A. Erhöhung der Auflösung durch analoge Auswertung der Encoder-Signale entsprechend dem Stand der Technik bei hochwertigen Glasmaßstäben. Dies erfordert eine A/D-Wandlung der Signale und zusätzlich entweder einen relativ genauen Geber oder eine aufwendige (digitale) Korrektur der Signale.

...

- 6 -

Das Encoder-Signal dient dabei nur zur adaptiven Nachführung von Parametern, die die Art der Korrektur beeinflussen, und ist daher bezüglich Zeit- und Winkelauflösung sehr unkritisch. Auch genügt für ein solches Verfahren (im Gegensatz zu A und B) eventuell ein Encoder mit nur einem einzigen Kanal. Als Nachteil ist jedoch anzusehen, daß Störungen der Regelstrecke nur insoweit ausgeglichen werden können, wie sie von den Korrektur-Parametern erfaßt werden können. Dies gilt zwar relativ gut für

- die eingangs erwähnten, elektromagnetisch bedingten Nichtlinearitäten
- Unwucht-bedingte Winkelabweichungen

jedoch nicht für

- stochastische Störungen (z. B. Stick-Slip-Verhalten)
- lokale Störungen ("Hänger")

Die vorliegende Erfindung entspricht dem Verfahren C. Nach den bisherigen Erfahrungen mit Schrittmotor-Direktantrieben dominieren die periodischen Nichtlinearitäten gegenüber allen anderen Störeinflüssen bei weitem, so daß auf eine Ausregelung der anderen Störungen durchaus verzichtet werden kann.

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird belegt, daß der Fehler eines einzelnen Antriebs mit nur 4 bis 5 Fourierkoeffizienten ausreichend genau zu beschreiben ist, so daß nur ein sehr geringer Speicherbedarf (RAM) für Koeffizienten benötigt wird.

...

- 7 -

Die vorliegende Erfindung entspricht dem Verfahren C. Nach den bisherigen Erfahrungen mit Schrittmotor-Direktantrieben dominieren die periodischen Nichtlinearitäten gegenüber allen anderen Störeinflüssen bei weitem, so daß auf eine Ausregelung der anderen Störungen durchaus verzichtet werden kann.

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird belegt, daß der Fehler eines einzelnen Antriebs mit nur 4 bis 5 Fourierkoeffizienten ausreichend genau zu beschreiben ist, so daß nur ein sehr geringer Speicherbedarf (RAM) für Koeffizienten benötigt wird.

1. Es wurden zunächst Messungen der tatsächlich auftretenden Winkelabweichungen von zweiphasigen Klauenpol-Schrittmotoren mit einer anschließenden Fourier-Analyse durchgeführt. Als Ergebnis ist festzustellen, daß bei diesen Abweichungen die 4. Harmonische der Ansteuerfrequenz stark dominiert (bezogen auf elektrische Zyklen, die 4. Harmonische entspricht also der Schrittfrequenz). Diese Abweichungen entsprechen dem Verlauf des Rastmomentes. Eine weitere meßbare Abweichung entspricht der 2. harmonischen Zyklen-Frequenz (halbe Schrittfrequenz), wohl verursacht durch Unsymmetrien zwischen den beiden Magnetkreisen.

Zur Korrektur der so ermittelten periodischen Abweichungen werden demnach nur 4 Fourier-Koeffizienten (a_2, b_2, a_4, b_4) benötigt.

Fig. 3 zeigt beispielhaft eine gemessene Kennlinie (Winkelfehler $\Delta \overline{T}_m$ über Absolutwinkel $\overline{T}_{el}$) und die rekonstruierte Kennlinie anhand der ermittelten 4 Fourier-Koeffizienten.

...

2. Harmonische Korrektur als klassische Steuerung

Diese Koeffizienten können nun z. B. bei der Montage bzw. Kontrolle eines elektromechanischen Systems einmalig bestimmt werden und in die Ansteuerung einprogrammiert werden (Fig. 4). Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, daß die Winkelerfassung nicht notwendigerweise in jedes gefertigte System eingebaut werden muß, sondern kostengünstig vorzugsweise nur einmalig in der Prüfeinrichtung. Als Nachteil steht dem jedoch gegenüber, daß Drifts in den tatsächlichen Koeffizienten (Temperatur, Versorgungsspannung, Alterung) nicht erfaßt werden können.

3. Harmonische Korrektur als adaptive Steuerung

Bei der adaptiven Ausführung für jedes einzelne System ist mindestens ein einfacher Encoder erforderlich (Fig. 5). Das System ist dann mit der geeigneten Software in der Lage, die Koeffizienten selbst anzupassen, wofür in der Praxis maximal eine Zeigerumdrehung erforderlich ist. Sämtliche Drifts der periodischen Störungen werden dann ständig erfaßt und die Korrektur-Koeffizienten entsprechend angepaßt; dadurch ergibt sich eine über die Lebensdauer optimale Korrektur. Über die Auswertung der ständig erfaßten Abweichungen ist vorteilhaft eine gewisse Eigendiagnose des Systems möglich.

Der Encoder kann gleichzeitig für die Detektion des Nullpunktes genutzt werden, z. B. in Verbindung mit einem Anschlag.

4. Korrektur der Hysterese

Der beschriebene Schrittmotor-Typ hat prinzipbedingt eine gewisse Hysterese, typisch etwa 1°. Diese Hysterese kann bei beiden

...

- 9 -

Korrektur-Prinzipien berücksichtigt werden, wobei eine eventuelle Überkompensation bei der klassischen Steuerung zu extrem unruhigem Zeigerlauf führt. Bei der adaptiven Steuerung kann auch die Hysterese ständig nachgemessen und entsprechend korrigiert werden.

In jedem Fall könnte es zweckmäßig sein, die reale Abhängigkeit der Hysterese vom Reversierwinkel - bedingt durch die magnetische Hysterese - durch ein einfaches mathematisches Modell nachzubilden.

5. Praktische Realisierungsmöglichkeiten

Die beschriebenen Korrekturverfahren wurden für einen Mikrocontroller programmiert und in Verbindung mit einer Pulsweitenmodulation (PWM-Ansteuerung) für die Ansteuerung des Schrittmotors verwendet. Für die Umsetzung der Verfahren mit der begrenzten Rechenleistung preiswerter Prozessoren empfehlen sich einige softwareseitige Maßnahmen:

- Abbildung der Abweichungen und Korrekturkoeffizienten auf Integer-Größen mit max. 8 bit Wortbreite durch geeignete Skalierung
- Berechnung der Winkelfunktionen über entsprechende Tabellen
- Berechnung der Fourier-Koeffizienten und daraus der Korrekturwerte für einen kompletten elektrischen Zyklus nur in größeren Zeit- bzw. Winkelintervallen (z. B. 100 ms oder 15°), Ablegen der Korrekturwerte in einer Tabelle
- evtl. lineare Interpolation innerhalb bestimmter Winkelbereiche

...

- 10 -

- Bei großen Winkelgeschwindigkeiten kann die adaptive Komponente deaktiviert werden. Damit wird zum einen Rechenzeit gespart, die mit steigender Winkelgeschwindigkeit zunehmend kritisch wird; zum anderen ist die Gültigkeit der statischen Korrektur-Kennlinie bei hohen Winkelgeschwindigkeiten nicht mehr ausreichend gewahrt.

- Bei sehr hohen Winkelbeschleunigungen sollte die adaptive Komponente ebenfalls deaktiviert werden, weil wiederum die Gültigkeit der Kennlinie beeinträchtigt ist.

Ergänzende Überlegungen

Bei den vorgesehenen einfachen Encodern besteht prinzipiell noch das Problem, daß auch deren Signale mit systematischen Fehlern behaftet sind, die zudem mit der Temperatur und Alterung stark driften. Zur Kompensation dieser Fehler wären folgende Verfahren verwendbar:

A. Verwendung der Mittelwerte zweier benachbarter Schaltpunkte SP eines Encoder-Kanals A statt der Schaltpunkte selbst; dadurch wird der größte Teil der (symmetrischen!) Drifts in einfacher Weise eliminiert (Fig. 6a). Dieses Verfahren wäre bei einer klassischen Regelung nicht anwendbar, weil der korrigierte Meßwert (Mittelwert einer vergangenen und einer zukünftigen Messung) erst zeitlich versetzt ermittelt werden kann. Als Winkelbasis für die Mitteilung kann z. B. der elektrische Winkel $T_{2\ell}$ verwendet werden, dessen Auflösung im Sinne der Erfindung wesentlich über der des Encoders liegt. Die Anwendung dieses Verfahrens setzt voraus, daß die Teilung des Encoders nicht der Periode einer Abweichung oder einem Vielfachen davon entspricht.

...

- 11 -

B. Dieses Verfahren kann dahingehend modifiziert werden, daß aus der gemittelten Länge der High- bzw. Low-Perioden des Encoder-Signals ein Korrekturwert für die Flanken bestimmt und jeweils bei der Auswertung berücksichtigt wird (Figur 6b).

C. Als Verallgemeinerung dieser beiden einfachen Verfahren könnte bei geeigneter Abstimmung der Encoder-Teilung auf die Schrittwinkel des Motors ein Korrelationsverfahren angewendet werden, das aus einem überstrichenen Winkelbereich sowohl die Fehler des Schrittmotors als auch die des Encoders berechnet.

Theoretische Betrachtungen zum Ausführungsbeispiel

Im folgenden werden die theoretischen Grundlagen der Kompensation von periodischen Abweichungen bei Regelstrecken allgemein dargelegt.

Die Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion F_s setzt sich hier zusammen aus dem Schrittmotor 3 mit der Ansteuerung 2 und dem mechanischen System aus Welle, Zeiger 8 und Codescheibe 6 (vgl. Figur 1). Dabei resultieren die zu kompensierenden Nichtlinearitäten praktisch ausschließlich aus der Übertragungsfunktion des Motors 3.

Kennt man die Streckenübertragung F_s hinreichend genau, kann theoretisch durch Vorschalten der inversen Streckenübertragung F_s^{-1} die angestrebte Gesamt-Übertragung $T_m / T'_{el} \cong 1$ erzeugt werden. (Sofern nichts anderes angegeben, werden die Winkel T'_{el} , T'_{el} in den Einheiten des mechanischen Winkels T_m (esteps) ausgedrückt).

Unter den oben gemachten Voraussetzungen ist eine Regelung im Grenzfall also nicht notwendig.

...

- 12 -

Da aber

- die Streckenübertragung nicht beliebig genau ermittelt werden kann
- unabhängig davon die inverse Streckenübertragung F_s^{-1} nicht analytisch bestimmt bzw. zwar bestimmt, aber nicht exakt realisiert werden kann, die Eigenschaften von F_s und damit von F_s^{-1} sich zeitlich ändern können (z. B. Temperatureinflüsse, Alterung), wird in der praktischen Anwendung eine Rückführung notwendig, die im weitesten Sinn als Regelung bezeichnet werden kann (Fig. 8):

Daraus kann folgendes Vorgehensschema abgeleitet werden:

- 1) Aufnahme der Streckeneigenschaften
- 2) (Näherungsweise) Berechnung der inversen Streckenübertragung F_s^{-1}
- 3) Nachführung der Parameter von F_s^{-1} anhand der Regelabweichung $T'_{el} - T_m$ im Betrieb mittels eines geeigneten Algorithmus.

Für den betrachteten Dynamikbereich genügt eine hinreichend genaue Erfassung der statischen Winkelabweichung. Diese Kennlinie muß also erfaßt, daraus eine modifizierte Ansteuerung berechnet und ein Algorithmus zur Veränderung dieser Modifikation aus dem Betriebsverhalten angegeben werden.

Eine wichtige Randbedingung ist dabei, daß die modifizierte Ansteuerung F_s^{-1} eine ausreichend geglättete Funktion ist, daß also zufällige Fehler ausgemittelt werden, da der Zeigerlauf sonst unnötig unruhig wird (Fig. 8).

...

- 13 -

Zur Erfüllung dieser Bedingungen wird die Fouriertransformierte der Winkelabweichung nach Fig. 12 berechnet. Da die Periodendauer der Grundschiwingung und der Oberwellen bekannt ist, genügt die Entwicklung der Abweichung $\Delta \overline{T}_m$ in eine Fourier-Reihe. Für eine Entwicklung bis zur K-ten Oberschiwingung sind $(2K + 1)$ Abtastwerte erforderlich. In einem Rechenprogramm werden $N = 64$ Abtastwerte pro elektrischer Periode aufgenommen, obwohl die Fourier-Reihe nur bis zur fünften Oberschiwingung entwickelt wird. Dadurch wird eine Approximation der Kurve im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate erzielt (Mittelung). Ein weiterer Grund für $N = 64$ liegt in der Reduzierung der erforderlichen Multiplikationen/Divisionen während des Programmablaufs. Der Fehler wird dabei in der Einheit 'esteps' angegeben. Aus der Abtastung einer elektrischen Periode wurde z. B. folgender Abtastsatz ermittelt:

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\Delta \overline{T}_m$	13	12	10	8	6	6	7	7	8	9	11	12	13	13	11	10

n	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
$\Delta \overline{T}_m$	8	5	3	2	0	0	1	3	5	8	9	11	13	14	15	15

n	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
$\Delta \overline{T}_m$	15	14	12	10	8	7	7	8	10	11	12	14	14	14	13	10

n	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
$\Delta \overline{T}_m$	8	7	3	1	0	0	1	2	5	7	9	12	14	15	15	14

(Für beide Drehrichtungen des Motors ist je ein Abtastsatz zu ermitteln).

...

- 14 -

Berechnung der Fourierkoeffizienten a_k, b_k (= Fourieranalyse):

$$\overline{T}_{el}(n) = n * 32 (\overline{T}_{el} \text{ in ssteps, sin-Auflösung: 2048 ssteps})$$

$$a_k = 2/N * \sum_{n=0}^{N-1} \overline{T}_{el}(n) * \cos(k * \overline{T}_{el}(n)) \text{ für } k = 0, 1..K$$

$$b_k = 2/N * \sum_{n=0}^{N-1} \overline{T}_{el}(n) * \sin(k * \overline{T}_{el}(n)) \text{ für } k = 1..K$$

N: Zahl der Abtastwerte

K: max. Oberwellenindex

Aus dem Beispielabtastsatz folgt damit:

k	0	1	2	3	4
a_k	17,63	-0,3880	2,871	0,2139	2,250
b_k	0,0	-0,3914	2,337	-0,1496	-4,675
k	5	6	7	8	9
a_k	-0,1199	0,2904	-0,1558	0,2225	-0,07786
b_k	-0,1392	0,4147	-0,1018	0,1547	-0,03751

Zur Veranschaulichung ist in Figur 9 die Amplitude

$$c_k = \sqrt{(a_k^2 + b_k^2)} \text{ aufgetragen.}$$

Die Rekonstruktion der periodischen Funktion $\Delta \overline{T}_m(\overline{T}_{el})$ ermöglicht Glchg. (4.2.1) (= Fouriersynthese):

$$\Delta \overline{T}_m(\overline{T}_{el}) = a_0/2 + \sum_{k=1}^K a_k * \cos(k * \overline{T}_{el}) + \sum_{k=1}^K b_k * \sin(k * \overline{T}_{el})$$

(4.2.1)

...

- 15 -

Für eine ausreichend genaue Rekonstruktion genügen dabei die Koeffizienten für die k-Werte 0, 2, 4, wie ein Vergleich der ursprünglichen mit der so rekonstruierten Abweichung (Figur 3) zeigt: Die gesamte Abweichungsinformation ist damit in den 5 Koeffizienten enthalten, die bei einer Realisierung als Programm entsprechend wenig RAM-Speicherplatz benötigen (5 Bytes bei Abspeicherung als signed char).

Ausgehend von der Abweichung kann nun eine modifizierte Ansteuerung (F_s^{-1}) angegeben werden:

Drückt man voraussetzungsgemäß den elektrischen Winkel in esteps aus, ergibt sich Gleichung (4.2.2):

$$\overline{T}_m = \overline{T}_{el} + \Delta \overline{T}_m (\overline{T}_{el}) \quad (4.2.2)$$

Gewünscht wird ein Gesamtverhalten des Motors, das beschrieben werden kann durch

$$\overline{T}_m = \overline{T}'_{el} \quad (4.2.3)$$

also ein proportionaler Zusammenhang zwischen dem (vorzugebenden) Winkel $\overline{T}'_{el}$ und dem resultierenden Winkel $\overline{T}_m$.

$$\overline{T}'_{el} = \overline{T}_{el} + \Delta \overline{T}_m (\overline{T}_{el}) \quad (4.2.4)$$

...

- 16 -

Aus einem vorzugebenden Winkel T'_{el} müßte also aus (4.2.4) die tatsächliche Ansteuerung F_{el} ermittelt werden, dann wäre Gleichung (4.2.3) erfüllt. Dies erfordert die Berechnung der Umkehrfunktion zu (4.2.4).

$$T'_{el} = f(T_{el}) \rightarrow T_{el} = f^{-1}(T'_{el})$$

Die UF existiert zwar, (Eineindeutigkeit), kann aber analytisch nicht bestimmt werden.

Eine Näherungslösung könnte z. B. mit iterativen Verfahren berechnet werden.

Im Hinblick auf eine Realisierung ist dieses rechen- und damit zeitintensive Verfahren wenig geeignet. Günstiger erscheint deshalb eine Näherungslösung, bei der gesetzt wird:

$$\Delta T_m(T_{el}) \approx \Delta T_m(T'_{el}) \quad (4.2.5)$$

damit folgt aus Glchg. (4.2.4)

$$T'_{el} = T_{el} + \Delta T_m(T'_{el})$$

(4.2.6)

Bei gegebenem T'_{el} kann damit der Ansteuerwert T_{el} auf einfache Weise berechnet werden. Da für diese Ansteuerung aber nicht die UF berechnet wird, erzeugt dieses Verfahren einen prinzipiellen Restfehler:

Glchg. (4.2.2):

$$T_m = T_{el} + \Delta T_m(T_{el})$$

...

Einsetzen von Glchg. (4.2.6):

$$\overline{T}_m = \overline{T}'_{el} - \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el}) + \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el} - \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el})) \quad (4.2.7a)$$

also:

$$\overline{T}_m = \overline{T}'_{el} + rf(\overline{T}'_{el}) \quad (4.2.7b)$$

neben dem gewünschten Proportionalterm $\overline{T}'_{el}$ tritt also auf der rechten Seite der Glchg. (4.2.7) noch der Restfehler $rf(\overline{T}'_{el})$ auf:

$$rf(\overline{T}'_{el}) = -\Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el}) + \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el} - \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el}))$$

$rf(\overline{T}'_{el})$ kommt also dadurch zustande, daß die Fehlerfunktion $\Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el})$ einerseits an der Stelle $\overline{T}'_{el}$, andererseits an der modifizierten Stelle $\overline{T}'_{el} - \Delta \overline{T}_m (\overline{T}'_{el})$ ausgewertet und die Differenz der beiden Funktionswerte gebildet wird.

$$\rightarrow rf(\overline{T}'_{el}) \ll \Delta \overline{T}_m (\Delta \overline{T}'_{el}),$$

womit die prinzipielle Tauglichkeit des Verfahrens gezeigt ist. Aufschlüsse über die Güte des Verfahrens können mit Hilfe einer Simulation gewonnen werden. In den Figuren 10 und 11 sind die Matrix-Simulationsergebnisse für den Winkelfehler sowie für die Winkelgeschwindigkeit ($\omega_{soll} = 0,5 \text{ rad/s}$) bei korrigierter und nicht-korrigierter Ansteuerung aufgetragen.

...

Adaptive Komponente

Das zuletzt besprochene Verfahren geht von der Annahme aus, daß die Winkelfehlerkennlinie - auch über längere Zeiträume - konstant bleibt. Bei einem realen Motor besteht jedoch die Möglichkeit, daß sich die Kurve infolge verschiedener Einflüsse (z. B. Temperatur, Alterung) ändert. Um die Ansteuerung immer optimal zu halten, muß diese Änderung berücksichtigt werden. Dafür bieten sich prinzipiell 2 Möglichkeiten an.

- 1) gesteuerte Nachführung der Koeffizienten a_k , b_k

Kennt man alle relevanten Einflüsse sowie die Abhängigkeit der Fehlerkurve von diesen Einflüssen, kann eine gesteuerte Nachführung der Koeffizienten a_k , b_k durch Sensordaten erfolgen (z. B. Temperaturfühler), die eventuell ohnehin vorliegen.

- 2) Echtzeiterfassung und -verarbeitung der verbleibenden Fehlerkurve, die sich bei Ansteuerung mit den korrigierten Werten ergibt, wodurch eine ständige Modifikation der Koeffizienten a_k , b_k erfolgt.

Vorschlag 2 entspricht der vorliegenden Erfindung gemäß Figur 5, die regelungstechnische Struktur zeigt (Figur 8). Bei der Realisierung müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden:

- 1) Es ist im Betrieb nicht möglich, periodisch eine Neuaufnahme der Fehlerkennlinie durchzuführen, da dies die Ansteuerung mit nicht korrigierten Werten bedeuten würde.

...

- 19 -

2) Im Betrieb ist ständig eine Drehrichtungsumkehr möglich, d. h. es kann auch bei korrigierter Ansteuerung nicht davon ausgegangen werden, daß eine elektrische Periode vollständig durchlaufen und daraus eine Gesamt-Korrektur errechnet werden kann.

Vielmehr müssen einzelne, isolierte Meßwerte der 'Regelabweichung' so verarbeitet werden, daß sich eine Nachführung der Ansteuerkorrektur ergibt.

Dazu wird folgendes Verfahren vorgeschlagen:

Wenn im Betrieb ein elektrischer Winkel angesteuert wird, bei dem bei der ursprünglichen Aufnahme der Fehlerkurve ein Abtastwert gebildet wurde, wird zunächst die Regelabweichung $\text{diff} = \tau_{el} - \tau_m$ (in esteps) gebildet. Sei n der Index des Abtastwertes, l die Laufvariable für den Zustand nach der l -ten Änderung, dann gilt:

$$\Delta \tau_m(n)^{l+1} \approx \Delta \tau_m(n)^l + \text{diff}(n)$$

entsprechend obigen Überlegungen.

Daraus folgt die Modifikation des k -ten Koeffizienten durch den n -ten Abtastwert:

$$a_k^{l+1} = a_k^l +$$

$$\begin{aligned} & 2/N * (-\Delta \tau_m(n)^l * \cos(k * \tau_{el}(n)) + \Delta \tau_m(n)^l * \cos(k * \tau_{el}(n))) \\ & = \\ & a_k^l + 2/N * \text{diff}(n) * \cos(k * \tau_{el}(n)) \end{aligned} \quad (4.2.8a)$$

...

- 20 -

entsprechend gilt für b_k^{i+1} :

$$b_k^{i+1} = b_k^i + \frac{1}{2} \text{diff}(n) * \sin(k * T_{el}(n)) \quad (4.2.8b)$$

Die Kenntnis des letzten Fehlerwertes $\Delta T_{el}(n)^1$ ist also nicht notwendig.

Damit sind einfache Verfahren zur Modifikation der Koeffizienten a_k , b_k , gefunden.

Durch günstige Wahl von Parametern und Skalierungsfaktoren können im Programm ADAP zwei der drei in Glchg. (4.2.8a, b) vorhandenen Multiplikationen sowie die Division eingespart werden. Zum Nachweis der Tauglichkeit des Verfahrens können im Programm alle Koeffizienten a_k , b_k sowie alle Abtastwerte mit 0 vorbelegt werden, wodurch sich anfänglich eine Ansteuerung mit nicht korrigierter Kurve ergibt. Im Verlauf des Durchfahrens einiger elektrischer Perioden werden die Koeffizienten a_k , b_k und damit die modifizierte Ansteuerung F_s^{-1} vom Programm selbsttätig ermittelt, der Zeigerlauf ist dann identisch wie bei Durchführung des ursprünglichen Verfahrens, bei dem zunächst die Fehlerkurve insgesamt abgetastet und fouriertransformiert wurde und damit das Adaptationsverfahren erst bei Ansteuerung mit bereits korrigierten Werten wirksam werden konnte.

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß grundlegend das betrachtete Adaptationsverfahren für einen niedrigeren Dynamikbereich verwendbar ist. Wird der Motor in einem höheren Dynamikbereich betrieben, gewinnen die dynamischen Momente zunehmend Einfluß auf das Motorverhalten und dürfen deshalb nicht mehr unberücksichtigt bleiben. Für diesen Bereich sollte deshalb der adaptive Teil des Verfahrens stillgelegt werden.

Ansprüche

1. Verfahren zur Mikroschrittansteuerung eines Schrittmotors, vorzugsweise eines Klauenpol-Schrittmotors, mit einer Steuerung, die Strom- bzw. Spannungsimpulse als Impulsfolge mit sinusähnlichem Verlauf an den Schrittmotor abgibt, wodurch der Rotor des Schrittmotors sich in Mikroschritten weiterdreht, dadurch gekennzeichnet, daß der mechanische Drehwinkel ($\overline{T}_m$) des Schrittmotors (3) mittels eines Winkelgebers (Encoders) (4) erfaßt wird, daß die Steuerung (1) die Differenz ($\Delta \overline{T}_m$) zwischen dem elektrischen Phasenwinkel ($\overline{T}_e$) und dem mechanischen Drehwinkel ($\overline{T}_m$) des Schrittmotors (3) bildet und daß die Steuerung (1) aus der Differenz ($\Delta \overline{T}_m$) nach einem vorgegebenen Algorithmus ein korrigiertes Signal für den Schrittmotor (3) bildet, das für den weiteren Betrieb des Schrittmotors (3) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Winkelgeber (4) mit einer relativ geringen Auflösung verwendbar ist.

...

-22 -

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung das korrigierte Signal aus den Fourier-Koeffizienten der Winkeldifferenz ($\Delta \overline{\theta}$) bildet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung einen Speicher (41) für Fourierkoeffizienten aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten einmalig bestimmt und in den Speicher der Steuerung (1) abgelegt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelgeber (4) die mechanischen Drehwinkel ($\overline{\theta}_m$) während des Betriebs des Schrittmotors (3) laufend erfaßt und daß die Steuerung aus den erfaßten Drehwinkeln entsprechende Korrektur-Koeffizienten bildet und in einen Koeffizientenspeicher (41) schreibt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelgeber (4) einen Nullpunkt des Schrittmotors (3) erfaßt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung Korrektur-Koeffizienten für die Kompensation der Hysterese des Schrittmotors (3) enthält.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur-Koeffizienten für die Hysterese unter Verwendung der Meßdaten des Winkelgebers (4) im Betrieb verändert werden.

...

- 23 -

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrittmotor (3) für ein Anzeigegerät vorzugsweise in einem Kraftfahrzeug verwendbar ist.

1/6

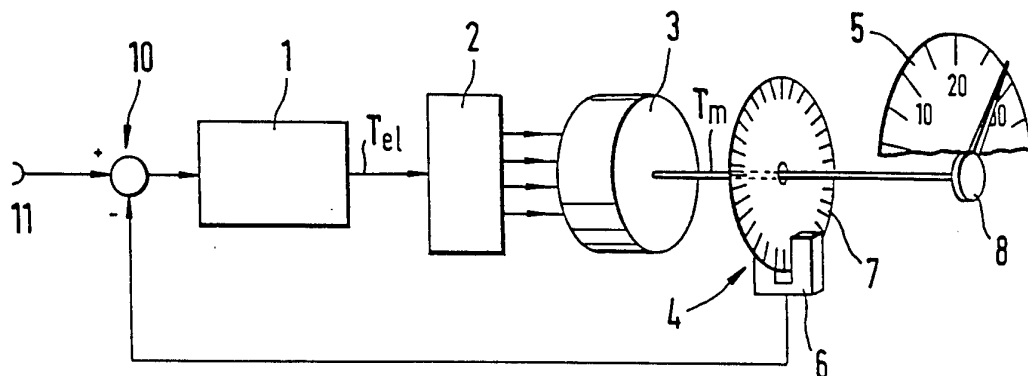


Fig.1

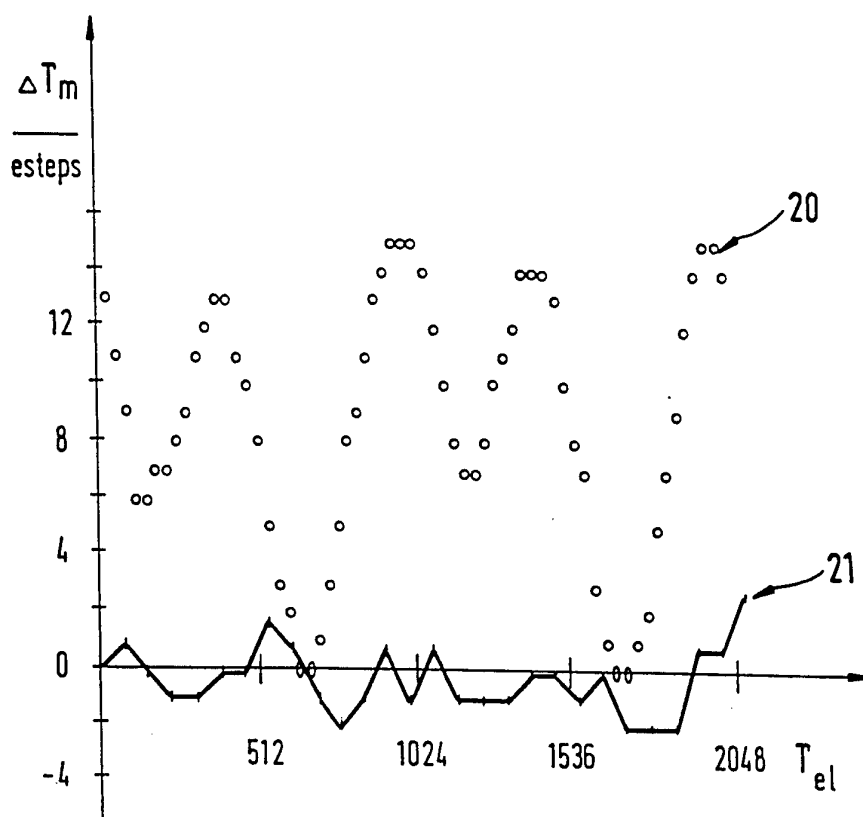


Fig.2

2/6

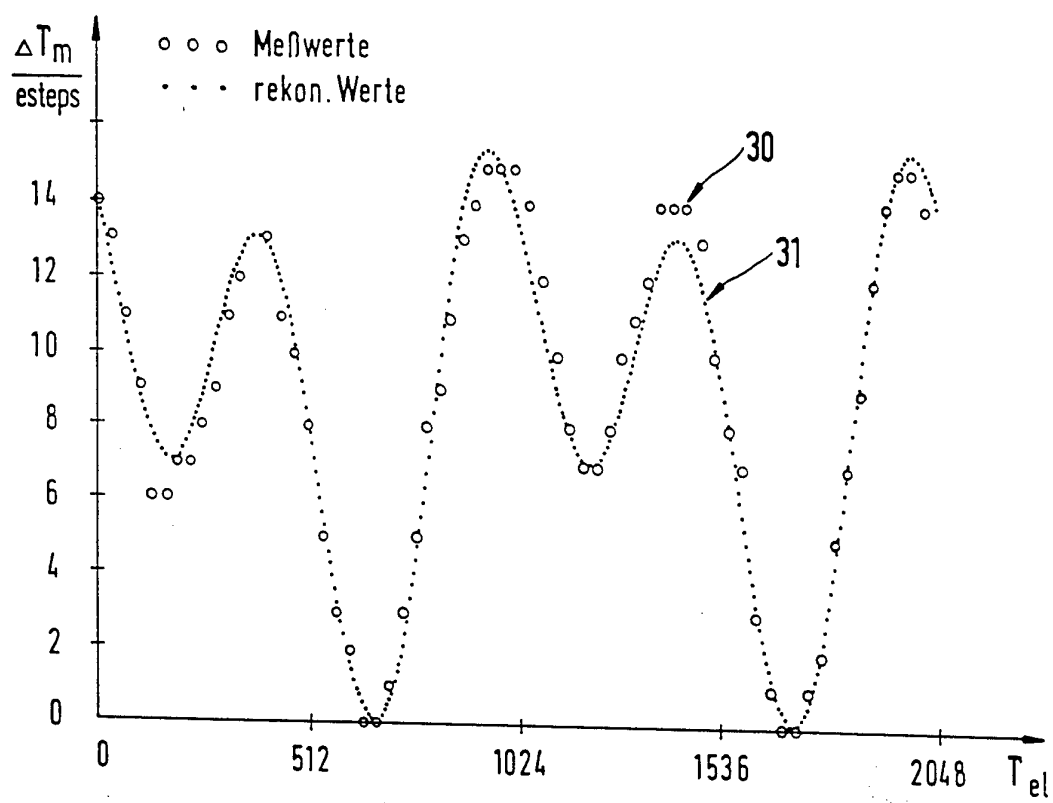


Fig.3

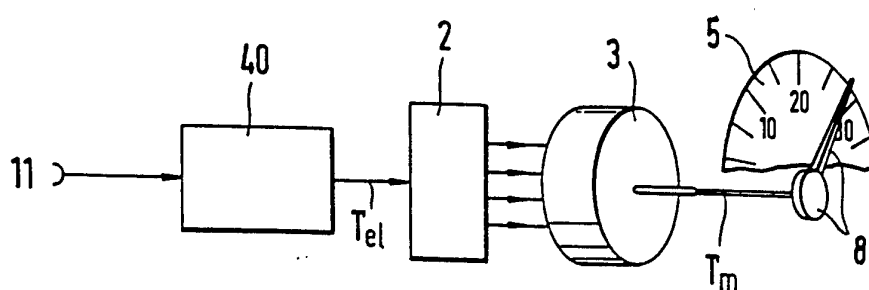


Fig.4

3 / 6

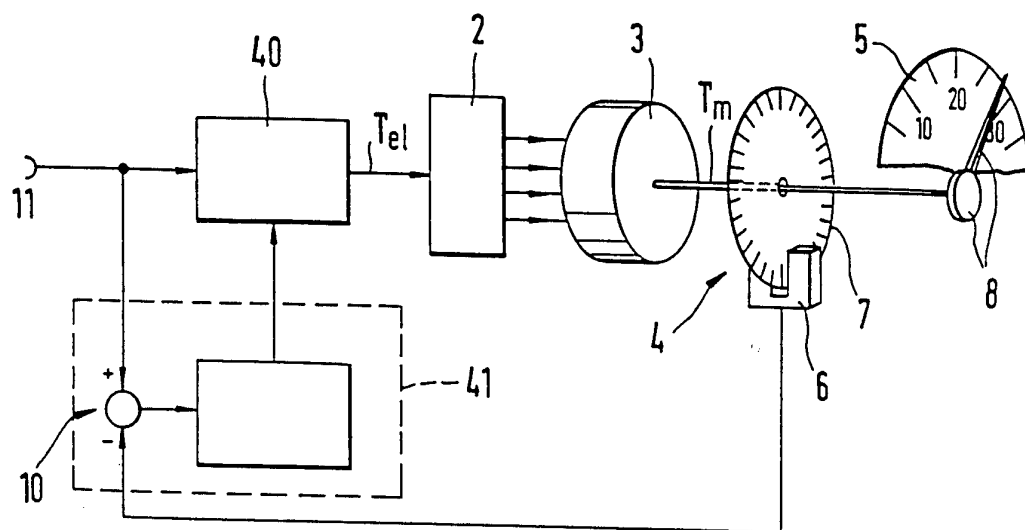


Fig. 5

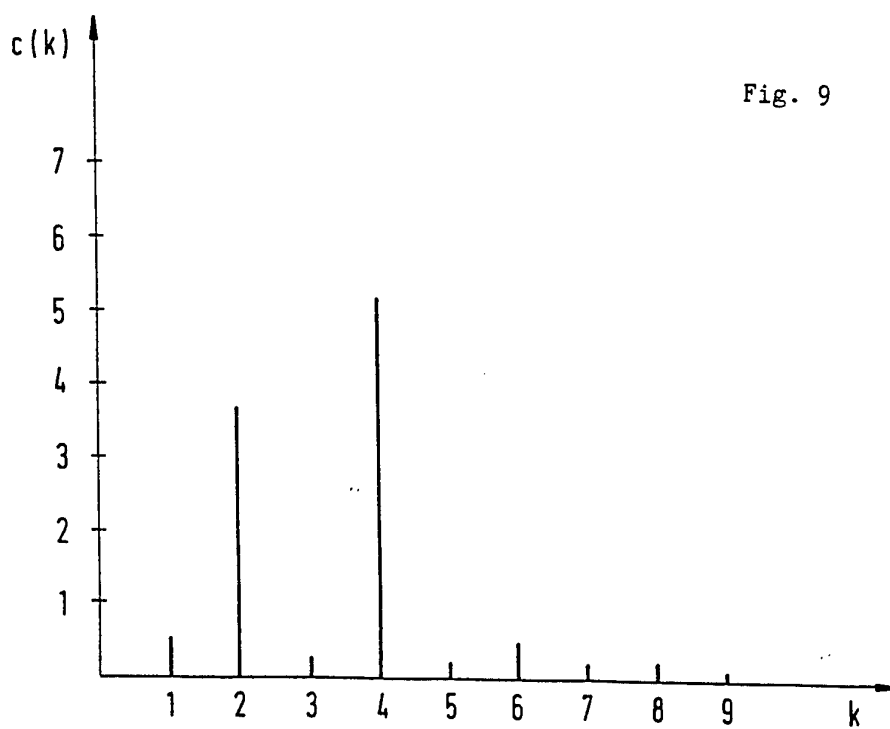


Fig. 9

4/6

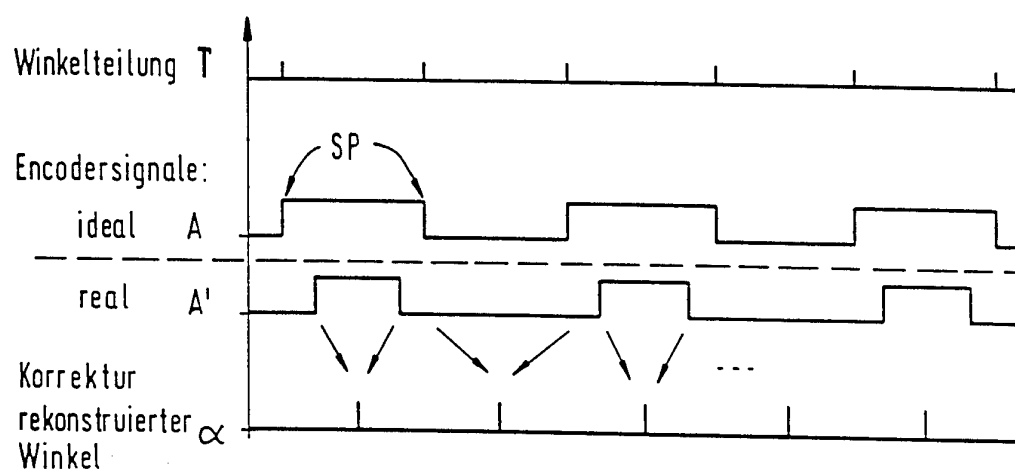


Fig.6a

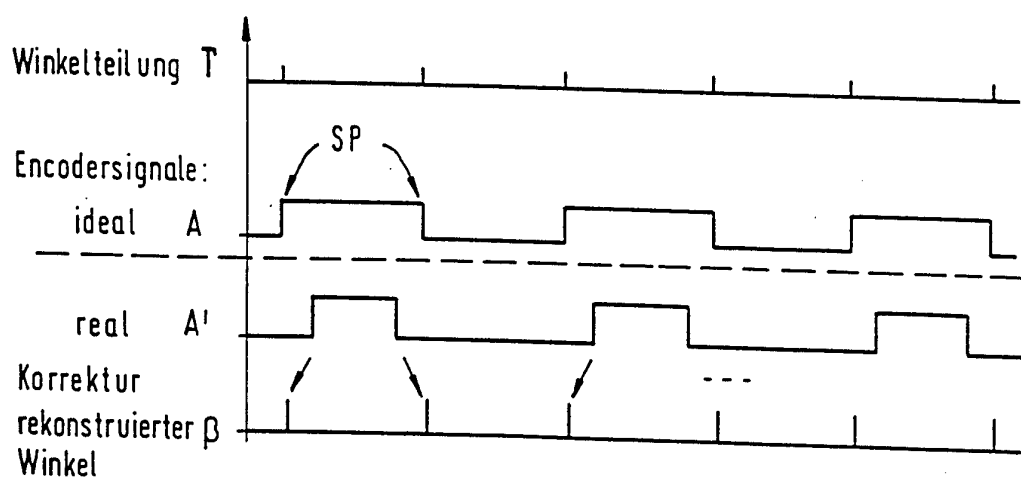


Fig.6b

5/6

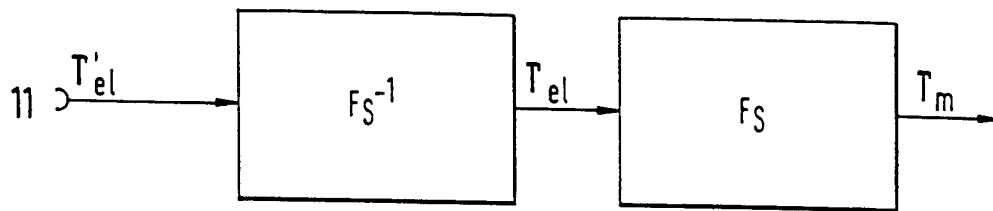


Fig. 7

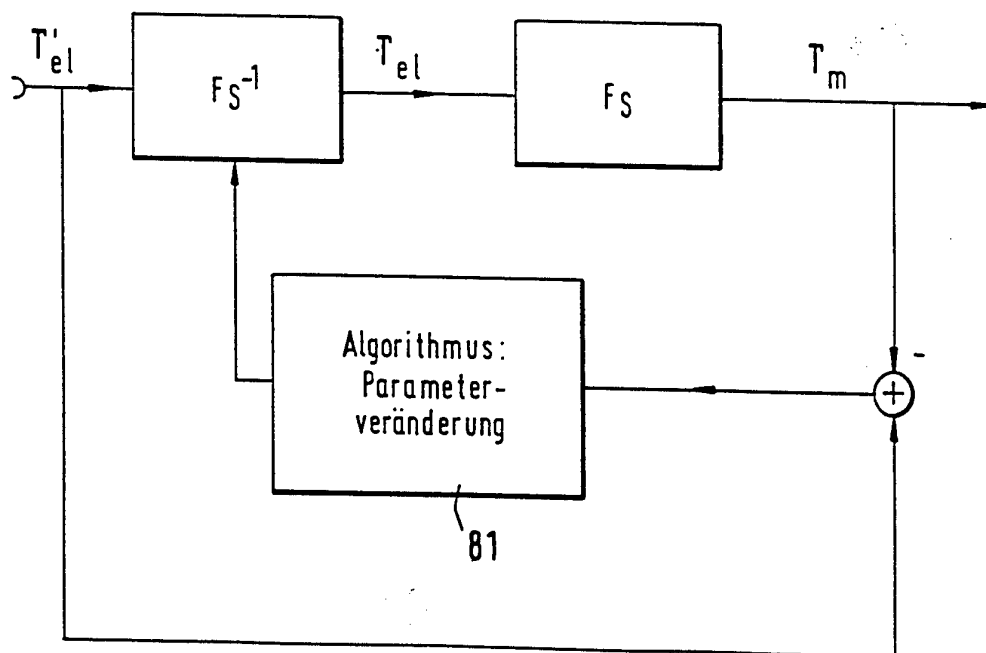


Fig. 8

6/6

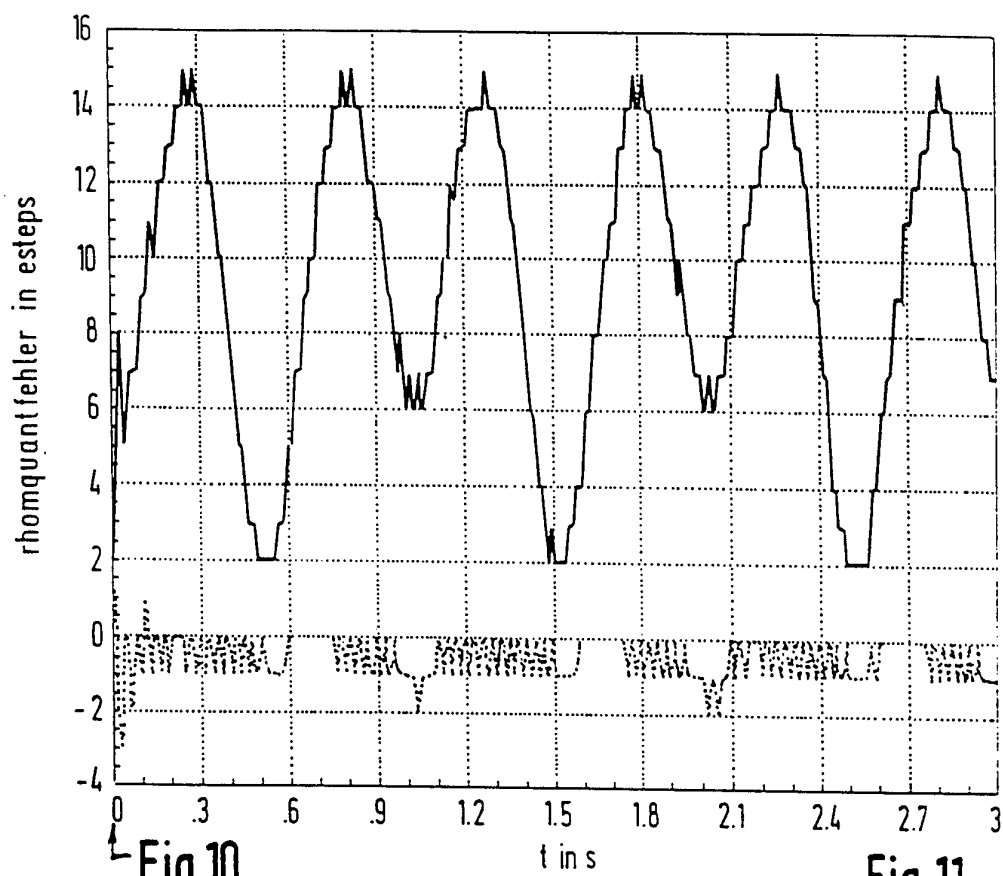
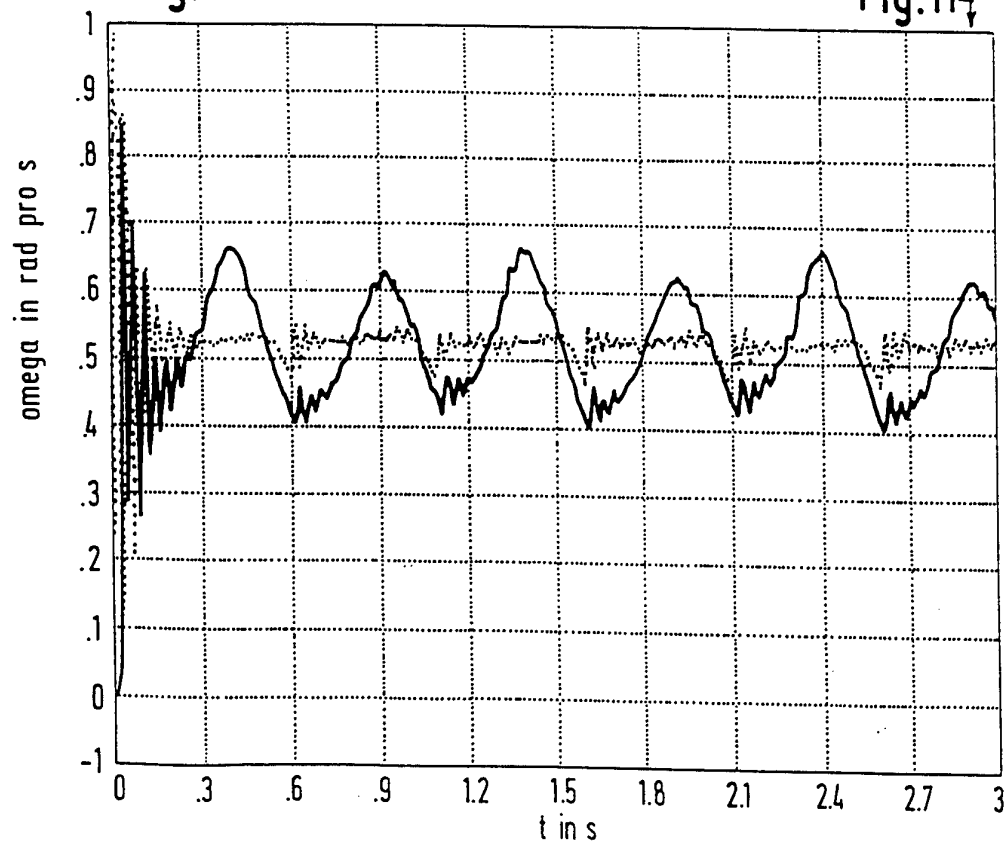


Fig.11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 94/00606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G05B19/23 H02P8/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G05B H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 571 759 (ROBERT BOSCH GMBH) 1 December 1993	1,10
Y	see column 4, line 9 - line 52	3,7
A	---	5
X	EP,A,0 189 794 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 6 August 1986	1
Y	see page 5, line 29 - line 36	3,7
	see page 6, line 24 - line 29	
	see page 14, line 6 - page 15, line 19	
X	WO,A,91 07009 (SIEMENS AKTIENGESELLCHAFT) 16 May 1991	1,2
Y	see claim 3	3,7

	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 1994

Date of mailing of the international search report

09.09.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bourbon, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/DE 94/00606

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE,A,28 50 539 (GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELFORSCHUNG MBH) 29 May 1980	1
Y	see page 5	3,7
A		5

X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 451 (E-0984) 27 September 1990 & JP,A,02 179 298 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 12 July 1990	1
Y	see abstract	3,7

X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 227 (P-388) 13 September 1985 & JP,A,60 085 474 (HITACHI SEISAKUSHO KK) 14 May 1985	1
Y	see abstract	3,7

Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 534 (M-1334) 4 November 1992 & JP,A,04 201 059 (NISSAN MOTOR CO LTD) 22 July 1992 see abstract	3

Y	SOVIET PATENTS ABSTRACTS Section EI, Week 8724, 24 June 1987 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class T06, AN 87-169510 & SU,A,1 267 360 (AS UKR HARDMATERIALS) 30 October 1986 see abstract	7

A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 293 (E-645) 10 August 1988 & JP,A,63 069 497 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO) 29 March 1988 see abstract	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 94/00606

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0571759	01-12-93	DE-A- 4217557	02-12-93
EP-A-0189794	06-08-86	US-A- 4618808	21-10-86
		CA-A- 1223632	30-06-87
		JP-A- 61177191	08-08-86
WO-A-9107009	16-05-91	US-A- 5015937	14-05-91
		CA-A- 2070413	27-04-91
		DE-D- 69008184	19-05-94
		EP-A- 0497844	12-08-92
		JP-T- 4505095	03-09-92
DE-A-2850539	29-05-80	SE-A- 7908189	23-05-80

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/00606

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G05B19/23 H02P8/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G05B H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 571 759 (ROBERT BOSCH GMBH) 1. Dezember 1993	1,10
Y	siehe Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 52	3,7
A	---	5
X	EP,A,0 189 794 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 6. August 1986	1
Y	siehe Seite 5, Zeile 29 - Zeile 36 siehe Seite 6, Zeile 24 - Zeile 29 siehe Seite 14, Zeile 6 - Seite 15, Zeile 19	3,7
X	WO,A,91 07009 (SIEMENS AKTIENGESSELLCHAFT) 16. Mai 1991	1,2
Y	siehe Anspruch 3	3,7

	---/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. August 1994

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09.09.94

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bourbon, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE,A,28 50 539 (GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELFORSCHUNG MBH) 29. Mai 1980	1
Y	siehe Seite 5	3,7
A	---	5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 451 (E-0984) 27. September 1990 & JP,A,02 179 298 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 12. Juli 1990	1
Y	siehe Zusammenfassung	3,7
X	---	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 227 (P-388) 13. September 1985 & JP,A,60 085 474 (HITACHI SEISAKUSHO KK) 14. Mai 1985	1
Y	siehe Zusammenfassung	3,7
Y	---	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 534 (M-1334) 4. November 1992 & JP,A,04 201 059 (NISSAN MOTOR CO LTD) 22. Juli 1992 siehe Zusammenfassung	3
Y	---	
Y	SOVIET PATENTS ABSTRACTS Section EI, Week 8724, 24. Juni 1987 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class T06, AN 87-169510 & SU,A,1 267 360 (AS UKR HARDMATERIALS) 30. Oktober 1986 siehe Zusammenfassung	7
A	---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 293 (E-645) 10. August 1988 & JP,A,63 069 497 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO) 29. März 1988 siehe Zusammenfassung	8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter. Aktenzeichen

PCT/DE 94/00606

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0571759	01-12-93	DE-A- 4217557	02-12-93

EP-A-0189794	06-08-86	US-A- 4618808	21-10-86
		CA-A- 1223632	30-06-87
		JP-A- 61177191	08-08-86

WO-A-9107009	16-05-91	US-A- 5015937	14-05-91
		CA-A- 2070413	27-04-91
		DE-D- 69008184	19-05-94
		EP-A- 0497844	12-08-92
		JP-T- 4505095	03-09-92

DE-A-2850539	29-05-80	SE-A- 7908189	23-05-80
