

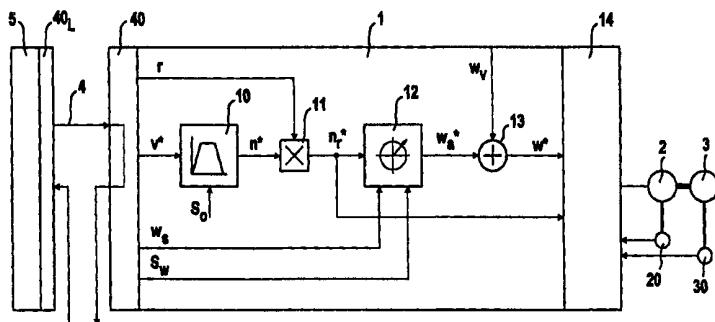
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :<br>H02P 5/50, B41F 13/004                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/01928<br>(43) Internationales<br>Veröffentlichungsdatum: 14. Januar 1999 (14.01.99)                                                               |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01783<br>(22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juni 1998 (29.06.98)<br>(30) Prioritätsdaten:<br>197 27 824.8 30. Juni 1997 (30.06.97) DE<br>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS<br>AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2,<br>D-80333 München (DE).<br>(72) Erfinder; und<br>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): COUTO, Paulo [PT/DE]; Am<br>Brunnen 19, D-85551 Kirchheim (DE). |    | (81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,<br>CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,<br>NL, PT, SE).<br><br>Veröffentlicht<br>Mit internationalem Recherchenbericht. |

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE DECENTRALISED OPERATION OR CONSTRUCTION OF A PRECISE ANGLE SYNCHRO-CONTROL SYSTEM IN A MULTI-MOTOR DRIVE SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DEZENTRALEN BETRIEB BZW. AUFBAU EINER WINKELGENAUEN GLEICHLAUFREGELUNG IN EINEM MEHRMOTORENANTRIEBSSYSTEM

#### (57) Abstract

The invention relates to a method for the decentralised operation of a device for controlling the precise angle synchronism of individual drive mechanisms of a multi-motor drive system linked by a synchronisation bus (4). According to the invention, the set values are processed in such a way that a single drive control device (1) only requires non-time-critical set values. Consequently, the higher-ranking control system available (5) does not have to fulfil any special requirements relating to speed and synchronisation. The control indicator (12) is set statistically and dynamically by means of the control signal ( $S_w$ ), in such a way that the synchro-controlled drive mechanism can be synchronised at any reference point which is predetermined by means of the set angle value ( $w_s$ ), or can be positioned at said reference point. The drive mechanism can be given a speed relation ( $r$ ). The position of said drive mechanism can also be adjusted by a predetermined displacement angle ( $w_v$ ). The invention ensures that in the event that no machine set speed value ( $v^*$ ) is provided, each individual drive mechanism slows down in a synchro-controlled, synchronous manner.



#### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum dezentralen Betrieb einer Einrichtung zur Regelung des winkelgenauen Gleichlaufs einzelner Antriebe eines durch einen Synchronisationsbus (4) vernetzten Mehrmotorenantriebssystems. Die Sollwertverarbeitung soll so gestaltet werden, daß das einzelne Antriebsregelgerät (1) ausschließlich zeitunkritische Sollwerte benötigt. Damit werden an ein vorhandenes, übergeordnetes Leitsystem (5) keine besonderen Geschwindigkeits- und Synchronisationsanforderungen gestellt. Durch das statische wie dynamische Setzen des Leitzeigers (12) mittels des Steuersignals ( $S_w$ ) kann sich der gleichlaufgeregelte Antrieb auf jeden beliebigen Bezugspunkt, der über den Winkelsetzwert ( $w_s$ ) vorgegeben wird, synchronisieren, oder auf diesen Bezugspunkt positioniert werden. Der Antrieb kann einerseits mit einer Drehzahlrelation ( $r$ ) behaftet, andererseits um einen vorgegebenen Versatzwinkel ( $w_v$ ) in seiner Lage verstellt werden. Bei Ausfall des Maschinengeschwindigkeitsollwertes ( $v^*$ ) ist ein gleichlaufgeregeltes, synchrones Abbremsen jedes einzelnen Antriebs gewährleistet.

### **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

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

|    |                              |    |                                      |    |                                                    |    |                                   |
|----|------------------------------|----|--------------------------------------|----|----------------------------------------------------|----|-----------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                              | LS | Lesotho                                            | SI | Slowenien                         |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                             | LT | Litauen                                            | SK | Slowakei                          |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                           | LU | Luxemburg                                          | SN | Senegal                           |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                                | LV | Lettland                                           | SZ | Swasiland                         |
| AZ | Aserbaidshan                 | GB | Vereinigtes Königreich               | MC | Monaco                                             | TD | Tschad                            |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                             | MD | Republik Moldau                                    | TG | Togo                              |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                                | MG | Madagaskar                                         | TJ | Tadschikistan                     |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                               | MK | Die ehemalige jugoslawische<br>Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                      |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                         | ML | Mali                                               | TR | Türkei                            |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                               | MN | Mongolei                                           | TT | Trinidad und Tobago               |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                               | MR | Mauretanien                                        | UA | Ukraine                           |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                               | MW | Malawi                                             | UG | Uganda                            |
| BY | Belarus                      | IS | Island                               | MX | Mexiko                                             | US | Vereinigte Staaten von<br>Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                              | NE | Niger                                              | UZ | Usbekistan                        |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                                | NL | Niederlande                                        | VN | Vietnam                           |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                                | NO | Norwegen                                           | YU | Jugoslawien                       |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                          | NZ | Neuseeland                                         | ZW | Zimbabwe                          |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik<br>Korea | PL | Polen                                              |    |                                   |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                       | PT | Portugal                                           |    |                                   |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                           | RO | Rumänien                                           |    |                                   |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                            | RU | Russische Föderation                               |    |                                   |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                        | SD | Sudan                                              |    |                                   |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                            | SE | Schweden                                           |    |                                   |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                              | SG | Singapur                                           |    |                                   |
| EE | Estland                      |    |                                      |    |                                                    |    |                                   |

## Beschreibung

## VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DEZENTRALEN BETRIEB BZW. AUFBAU EINER WINKELGENAUEN GLEICHLAUFREGELUNG IN EINEM MEHRMOTORENANTRIEBSSYSTEM

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum dezentralen Aufbau einer Einrichtung zur Regelung des winkelgenauen Gleichlaufs einzelner, drehzahlveränderbarer Elektroantriebe  
10 eines durch einen Synchronisationsbus vernetzten Mehrmotorenantriebssystem, wobei den Antrieben ein Winkelsollwert eines Leitzeigers vorgegeben wird. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf die zugehörige Vorrichtung zwecks Durchführung dieses Verfahrens.

15

In den letzten Jahren sind die Anstrengungen, mechanische durch elektrische Antriebskomponenten zu ersetzen, besonders in der Druckindustrie stark intensiviert worden. Im Europäischen Patentdokument EP 0 567 741 B1 wird ein auf eine Rotationsdruckmaschine bezogener Aufbau vorgestellt, bei dem  
20 Antriebe und deren Antriebsregler zu Druckstellen- bzw. Antriebsgruppen, die ihre Positionsreferenz direkt vom Falzapparat beziehen, zusammengefaßt und durch ein übergeordnetes Leitsystem verwaltet werden.

25

Das Internationale Patentdokument WO 97/11848 A beschreibt eine wellenlose Rotationsdruckmaschine, bei der die Antriebsgruppen aufgelöst werden und jeder Antrieb als kleinste vollständige Einheit der Rotationsdruckmaschine definiert  
30 wird. Durch die beliebige Zuordenbarkeit jedes einzelnen Antriebs zu unterschiedlichen Falzapparaten erhöht sich die Flexibilität des Antriebskonzeptes.

Weiterhin ist aus der DE 34 11 651 C1 eine Regelanordnung für den Gleichlauf mehrerer Antriebe bekannt, bei dem jedem zu regelnden Antrieb ein Positionsregler vorgegeben ist, dem ein Geschwindigkeitsregler nachgeschaltet ist. Dabei wird also  
5 der Sollwert zentral vorgegeben.

Im Aufsatz „Digitale Antriebe und SERCOS-Interface“ aus „Antriebstechnik“, Band 31 (1992), Nr. 12, Seiten 30 bis 38, werden verschiedene Aufbauten mit digitalen Antrieben vor-  
10 gestellt, die über das serielle Echtzeit-Kommunikationssystem SERCOS-Interface mit einer CNC-Steuerung als übergeordnetes Leitsystem vernetzt sind. Bei diesen Antriebssystemen muß neben der Istwerterfassung, Regelung und Pulsweitenmodulation aller Achsen auch die Sollwertverarbeitung synchronisiert  
15 werden. In der Betriebsart „Lageregelung“ wird von der CNC-Steuerung ein synchronisierter und zeitkritischer Lagesollwert an die digitalen Antriebe gesendet.

Im Aufsatz „Dezentral bringt mehr“ aus der Siemens-Zeitschrift „drive & control“, Nr. 1/96, Seiten 4 bis 6, wird anhand einer Form-, Füll- und Verschleißmaschine für Becher ein dezentrales Antriebssystem vorgestellt, bei dem die einzelnen Antriebe ihre Sollwerte vom jeweiligen, fest zugeordneten Vorgängerantrieb über eine sog. „Peer-to-Peer“-Quer-  
20 kopplung erhalten.  
25

In der industriellen Praxis, insbesondere in der Druckindustrie, kann ein Antrieb mehreren Antriebsverbunden zugeordnet werden, wobei der Lagebezugspunkt nicht ein Falzapparat sein  
30 muß. Aus diesem Grund sind Konzepte, bei denen ein Antrieb festzugeordneten Leitantrieben folgt, nicht unbegrenzt einsetzbar. Moderne, im Einsatz bewährte Systeme besitzen daher eine Sollwertvorgabe, die nach dem Prinzip der „virtuellen

- Leitwelle" (rotierender Leitzeiger) arbeiten, was in der WO 97 11848 A und im Aufsatz „Digitale Antriebe und SERCOS-Interface" im einzelnen beschrieben ist. Alle Antriebe, die zu einem Verbund gehören, synchronisieren sich auf eine imaginäre Leitwelle, die mechanisch nicht existiert. Realisiert wird diese elektrische Leitwelle mit einem Winkelsollwert-generator nach dem Prinzip eines Interpolators oder Sägezahn-generators.
- 10 Ausgehend vom beschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung für eine dezentrale Gleichlaufregelung anzugeben, die in besonderer Weise für direkt angetriebene, wellenlose Verarbeitungsmaschinen der Papier-, Druck-, Verpackungs- und Textil-
- 15 industrie geeignet sind. Eine solche dezentrale Gleichlaufregelung soll auch für relationsbehaftete Antriebe einsetzbar sein und die freie Zuordenbarkeit der einzelnen Antriebe zu unterschiedlichen Antriebsverbunden gewährleisten, bei gleichzeitiger Befreiung des überlagerten Systems von zeit-
- 20 kritischen und synchronisierten Aufgaben.

- Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in jedem Antrieb ein eigener Leitzeiger generiert wird, der aus einem allen Antrieben über den Synchronisationsbus zugeführten
- 25 Drehzahlsollwert dezentral im jeweiligen Antriebsregelgerät gebildet wird. Vorzugsweise wird der Leitzeiger aus dem Drehzahlsollwert in Form eines Sägezahnes erzeugt. Dabei wird der Leitzeiger vorteilhafterweise statisch wie dynamisch auf einen vorgegebenen Winkel gesetzt, wobei der Leitzeiger auf
- 30 jeden beliebigen Bezugspunkt setzbar ist.

Besonders vorteilhaft ist bei der Erfindung, daß der Leitzeiger dezentral jeweils im einzelnen Antriebsregelgerät

untergebracht ist. Damit benötigen die einzelnen Antriebsregelgeräte ausschließlich zeitunkritische Sollwerte, womit an ein vorhandenes, übergeordnetes Leitsystem keine besonderen Geschwindigkeits- und Synchronisationsanforderungen gestellt werden. Vorzugsweise wird jeder Antrieb mit einer individuellen Drehzahlrelation behaftet. Ein solcher relationsbehafteter Antrieb wird gleichlaufgeregelt und hält winkelgenau seine relative Lage ein. Weiterhin kann jeder Antrieb mit einem individuellen Versatzwinkel beaufschlagt und damit in seiner Lage verstellt werden.

Die zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einem übergeordneten Leitsystem, das über einen Synchronisationsbus mit Antriebsregelgeräten verbunden ist, die über Winkelsollwertgeneratoren verfügen, wobei jedes Antriebsregelgerät einen eigenen Winkelsollwertgeber als Leiteizer hat. Die Vorrichtung ist dezentral und kann modular aufgebaut sein. Neben dem jeweils eigenen Leiteizer ist vorzugsweise auch jeweils ein eigener Hochlaufgeber dezentral vorhanden. Vorteilhafterweise ermöglicht der jeweilige Hochlaufgeber, durch Drehzahlsollwertvorgabe „Null“ und Umschaltung auf eine parametrierbare Rücklauftrappe bei Kommunikationsstörung des Synchronisationsbusses jeden einzelnen Antrieb gleichlaufgeregelt und parallel stillzusetzen. Für die Drehzahlrelation ist dabei vorteilhaft, daß sie einen festen Wert besitzt oder vom übergeordneten Leitsystem vorgegeben werden kann.

Entscheidend ist nunmehr die durchgängige Dezentralisierung der Sollwertgabe, wobei die dafür verwendeten Leiteizer dezentral angeordnet sind. Mit der Erfindung wird vorteilhafterweise erreicht, daß einerseits das Antriebsregelgerät

keine zeitkritischen Sollwerte benötigt und daß keine übergeordnete synchronisierte Sollwertbildung in einem Antriebsmaster notwendig ist. Die Funktionalität des Antriebsmasters, die bisher als separates Gerät vorhanden oder im Leitsystem integriert war, kann damit entfallen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen jeweils als Blockschaltbild:

Figur 1 ein System gemäß dem Stand der Technik,  
Figur 2 eine erste Anordnung gemäß der Erfindung und  
15 Figur 3 eine mit erweiterten Funktionalitäten versehene zweite Anordnung gemäß der Erfindung.

Die Figuren 2 und 3 werden teilweise gemeinsam beschrieben. Gleiche bzw. sich entsprechende Teile haben gleiche Bezugszeichen.

Als Stand der Technik kann ein System betrachtet werden, das prinzipiell nach FIG 1 aufgebaut ist. Eine Einrichtung, im folgenden als Antriebsmaster 7 bezeichnet, übernimmt die zeitkritischen Aufgaben und entlastet damit ein üblicherweise vorhandenes, übergeordnetes Leitsystem 5.

Das Leitsystem 5 versorgt den Antriebsmaster 7 mit der Maschinengeschwindigkeit  $v^*$ . Dieser Sollwert wird über einen Hochlaufgeber 10 geführt, der den Drehzahlleitsollwert  $n_L^*$  erzeugt. Der Leitzeiger 12 generiert einen dem Drehzahlleitsollwert  $n_L^*$  entsprechenden Winkelleitsollwert  $w_L^*$ . Diese beiden Sollwerte werden an die Antriebsregelgeräte für den ersten Antrieb  $1_1$  bis zum übernächsten Antrieb  $1_n$  gesendet. Die Anzahl angeschlossener Antriebe kann bis zu etwa 100 betragen.

- Die Antriebsregelungen  $14_1 - 14_n$  bestehen im Wesentlichen aus einer Gleichlauf- und einer Momenten-/Stromregelung, wobei eine Gleichlaufregelung antriebstechnisch als eine Drehzahlregelung mit überlagerter Winkelregelung definiert wird, und laufen komplett in den Antriebsregelgeräten  $1_1 - 1_n$  ab. Jeder Gleichlaufregelkreis wird durch die Zurückführung der Gebersignale aus den hochauflösenden Drehgebern  $20_1 - 20_n$ , die die Lage der Motoren  $2_1 - 2_n$  ermitteln, geschlossen.
- Durch Differentiation der Lage kann die Drehzahl des Motors berechnet werden. Bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit wird die Lage der Arbeitsmaschinen  $3_1 - 3_n$  auch mit den Zusatzgebern  $30_1 - 30_n$  erfaßt.
- Voraussetzung zur Realisierung eines solchen Aufbaus ist das Vorhandensein eines Bussystems zwischen Antriebsmaster 7 und Antriebsregelgeräten  $1_1 - 1_n$ , der einerseits einen schnellen Datendurchlauf ermöglicht, aber darüber hinaus alle Teilnehmer über eine interruptgesteuerte, zentrale Taktvorgabe synchronisieren kann. Aus diesem Grund wird ein solches Bussystem, in der EP 0 567 741 B1 Antriebsbus genannt, im folgenden als Synchronisationsbus 4 bezeichnet. Dieser Synchronisationsbus 4 gewährleistet, daß alle Antriebe ihre Winkelwerte zum gleichen Zeitpunkt und in gleichen Zeitabständen, d.h. zeitäquidistant, ermitteln. Dieser Zeitabstand entspricht der Zeitbasis, die für die Bildung der Winkelinkremente gilt. Daher muß die Bildung des Winkelsollwerts im Antriebsmaster 7 im Takt der Interrupterzeugung des Synchronisationsbusses 4 gerechnet werden.
- Das bekannte SERCOS-Interface oder das neu vorgestellte optische System SIMOLINK<sup>®</sup> entsprechend Siemens Produktinformation SIMOVERT MASTER DRIVES Motion Control erfüllen die Bedingungen, die an ein Synchronisationsbus im obigem Sinn gestellt werden.

Antriebsmaster 7 und Antriebsregelgeräte  $1_1 - 1_n$  müssen mit entsprechenden Schnittstellen  $40_M$  bzw.  $40_1 - 40_n$  für den Synchronisationsbus 4 ausgerüstet sein. Für den obengenannten

5 SIMOLINK<sup>®</sup> stehen entsprechend Siemens-Produktinformation Schnittstellen für das Regelsystem SIMADYN D<sup>®</sup> auf der Antriebsmasterseite  $40_M$  und für die Umrichterregelgeräte der Familie SIMOVERT<sup>®</sup> Master Drives auf der Seite der Antriebsregelgeräte  $40_1 - 40_n$  zur Verfügung.

10

Zeitunkritische Sollwerte, Istwerte, Parameter, sowie Steuer- und Zustandssignale werden normalerweise über einen separaten Steuer- und Parametrierbus, der in FIG 1 nicht dargestellt ist, ausgetauscht. Ein solcher Bus wird in der WO 97 11848 A  
15 im einzelnen beschrieben. Zur Realisierung einer solchen Kommunikation kann z.B. PROFIBUS DP verwendet werden.

An die Kommunikation 6 zwischen Leitsystem 5 und Antriebsmaster 7 werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Im  
20 Einsatz befindet sich z.B. der Datenbus PROFIBUS-FMS. Sowohl das Regelgerät SIMADYN D<sup>®</sup> als Antriebsmaster 7 als auch die Automatisierungsgeräte SIMATIC<sup>®</sup> S5/S7 als Leitsystem 5 entsprechend Siemens-Produktinformation verfügen über entsprechende Schnittstellen  $60_M$  bzw.  $60_L$ . Die Funktionalität des  
25 Antriebsmasters kann aber auch im Leitsystem integriert sein.

Bezeichnend für die bisher bekannten Systeme ist die zentrale Generierung mindestens eines Winkelsollwerts, und damit einer zeitkritischen und synchronisierten Prozeßgröße. Ein solches  
30 Konzept besitzt den Nachteil, daß der Antriebsmaster 7 auf den Bustakt des Synchronisationsbusses 4 synchronisiert werden muß. Außerdem muß der Antriebsmaster 7 innerhalb jedes Bustaktes einen aktuellen Winkelleitsollwert  $w_L^*$  berechnen.

Weitere Schwierigkeiten kommen hinzu, wenn der Winkelleit-  
sollwert  $w_L^*$  für jeden Antrieb individuell verändert wird,  
etwa durch die Addition eines antriebsbezogenen Winkelver-  
satzes:

- 5 - Antriebsmaster 7 muß innerhalb des kurzen Bustaktes die  
Winkelsollwerte für alle Antriebe bilden.
- Geringe Modularität des Antriebsmasters 7, der in Abhän-  
gigkeit der Antriebsanzahl individuelle Sollwerte bilden  
10 muß.
- Schnelle Überbelastung des Antriebsmasters 7 bei steigender  
Antriebsanzahl.
- Zusätzliche Realisierung einer Drehzahlrelation im An-  
triebsmaster 7 nur mit hohem Aufwand und hoher Prozessor-  
15 belastung möglich.

Ausgehend von einem solchen bekannten System würde die An-  
ordnung gemäß Figuren 2 und 3 weiter entwickelt. Gemeinsam  
und wesentlich ist bei beiden Anordnungen gemäß Figur 2 und  
20 3, daß die Winkelsollwertgeneratoren 12 als Leitzieger de-  
zentral in das jeweilige Antriebsregelgerät  $1_1$  bis  $1_n$  liegen.  
Dabei ist in Figur 2 noch ein Antriebsmaster 7 mit Hochlauf-  
geber 10 vorhanden, der aus dem Maschinengeschwindigkeits-  
sollwert  $v^*$  den Drehzahlsollwert  $n^*$  erzeugt.

25 Die Anordnung gemäß Figur 3 bezieht sich auf einen voll-  
ständig dezentralen Aufbau, der alle Anforderungen an einen  
gleichlaufgeregelter Antrieb in einem durch einen Synchro-  
nisationsbus 4 vernetzten Mehrmotorenantriebssystem erfüllt,  
30 ohne dabei einem übergeordneten Leitsystem spezielle Anfor-  
derungen zu stellen.

Zur besseren Übersicht wird in FIG 2 und 3 nur ein einzelner  
Antrieb dargestellt. Gleiche Komponenten besitzen in FIG 1

sowie 2 und 3 gleiche Bezeichnungen, wobei in FIG 2 und 3 auf die Antriebsnummerierung 1 - n als Index verzichtet wird.

Nunmehr wird jedes dezentrale Antriebsregelgerät 1 mit einem  
5 Hochlaufgeber 10 und einem Leitzieger 12 ausgerüstet. Über  
den Synchronisationsbus 4 wird jeder Antrieb mit dem zu  
seinem Maschinenverbund gehörenden Maschinengeschwindigkeits-  
sollwert  $v^*$  versorgt. Nach dem Verteilen der Sollwerte wird  
ein Interrupt an alle Antriebe gesendet. Durch diese Syn-  
10 chronisation wird gewährleistet, daß alle Teilnehmer eines  
Antriebsverbunds ihre Rechenzyklen immer mit dem gleichen,  
aktuellen Maschinengeschwindigkeitssollwert  $v^*$  abarbeiten. Da  
digitale Systeme eine exakt gleiche Berechnung garantieren,  
kann jeder Antrieb für sich selbst die Drehzahl- und Winkel-  
15 sollwerte ermitteln.

Der größte Vorteil des Aufbaus gemäß Figur 2 und 3 besteht  
darin, daß keine Winkelsollwerte oder Winkelabweichungen bei  
jedem Bustakt im Antriebsmaster gebildet werden müssen. Die  
20 Maschinengeschwindigkeit  $v^*$  bzw. die Drehzahl  $n^*$  wird direkt  
vom entsprechenden Bedienungssystem weitergeleitet und  
braucht nicht bei jedem Buszyklus aktualisiert werden. Damit  
können die Antriebsregelgeräte 1 direkt an das übergeordnete  
Leitsystem 5, das von zeitkritischen und synchronisierten  
25 Aufgaben befreit ist, angeschlossen werden.

Darüber hinaus wird die Abhängigkeit von der Antriebsanzahl  
modular in die Antriebsregelgeräte 1 verlagert. Einzige  
Bedingung ist, daß das Leitsystem 5 über eine Schnittstelle  
30 zum Synchronisationsbus 4 verfügt. Die Implementierung einer  
SIMOLINK<sup>®</sup>-Schnittstelle in das Siemens Automatisierungsgerät  
SIMATIC<sup>®</sup> S7 ist bereits realisiert.

Durch die geringe Belastung des Synchronisationsbusses 4, der  
35 nur den gemeinsamen Maschinengeschwindigkeitssollwert  $v^*$  und

die Interrupts verteilen muß, ist auch ein Anschluß von ca. 200 Antrieben an ein Leitsystem vorstellbar. Zur Entlastung des Synchronisationsbusses 4 empfiehlt es sich, asynchrone Sollwerte, wie die Relation  $r$  oder den Versatzwinkel  $w_v$ , über  
5 den separaten Steuer- und Parametrierbus zu senden.

Durch die nunmehr erfolgte Verlagerung des Hochlaufgebers 10 in das Antriebsregelgerät 1 kann die wichtige Funktionalität des gleichlaufgeregelten Anhaltens bei Busstörung auf einfache Weise verwirklicht werden. Bei Störung der Kommunikation mit dem Leitsystem 5, und damit Ausfall des Maschinengeschwindigkeitssollwertes  $v^*$ , kann der Hochlaufgeber 10 mittels des internen Steuersignals "Hochlaufgeber Null setzen  $S_0$ " mit Sollwert gleich Null beaufschlagt werden. Gleichzeitig  
15 wird die Rücklaufzeit des Hochlaufgebers 10 auf eine bei allen Antrieben gleich parametrierte Bremsrampe umgeschaltet. Auf diese Weise können sich die einzelnen Antriebe gleichlaufgeregelt und damit parallel stillsetzen. Die entsprechenden Busüberwachungsmechanismen sind im oben erwähnten  
20 SIMOLINK<sup>®</sup> implementiert.

Ein weiterer Vorteil des dezentralen Aufbaus besteht darin, daß modular eine Drehzahlrelation  $r$  realisiert werden kann, was speziell in Figur 3 zusätzlich implementiert ist. Diese  
25 Relation  $r$  entspricht dem Übersetzungsverhältnis eines mechanischen Getriebes und kann dabei einen festen Wert besitzen oder vom Leitsystem 5 vorgegeben werden. Der Relationswert  $r$  wird mittels des Multiplikators 11 mit dem Drehzahlsollwert  $n^*$  multipliziert.

30

Der vorstehend anhand der Figuren 2 und 3 im einzelnen beschriebene Aufbau ermöglicht es somit, einen relationsbehafteten Antrieb winkelgenau gleichlaufzuregeln. Obwohl ein Antrieb mit Übersetzungsverhältnis ungleich 'Eins' naturgemäß  
35 nicht im absoluten Gleichlauf zu anderen Antrieben fährt, die

ein anderes Übersetzungsverhältnis besitzen, muß es aber trotzdem Winkelfehler, die durch Sollwert- oder Lastsprünge entstehen, ausregeln und damit einen relativen Gleichlauf einhalten. Um diese Funktionalität zu verwirklichen, muß also  
5 jeder relationsbehafteter Antrieb mit einem eigenen Leit-  
zeiger 12 ausgerüstet werden, der aus dem relationsbehafteten Drehzahlsollwert  $n_r^*$  einen antriebsbezogenen Winkelsollwert  $w_a^*$  berechnet. Dies bedeutet, daß jeder Antrieb über eine eigene "virtuelle Welle" als Bezugspunkt verfügt.

10

Mittels des Steuersignals "Winkel setzen  $S_w$ " kann der Leit-  
zeiger 12 statisch oder dynamisch auf einen vorgegebenen Winkelsetzwert  $w_s$  gesetzt werden. Damit läßt sich der Antrieb auf einen beliebigen Bezugspunkt positionieren oder synchro-  
15 nisieren.

Der antriebsbezogene Winkelsollwert  $w_a^*$  kann speziell in Figur 3 mit einem Addierer 13 zusätzlich mit dem Versatzwinkel  $w_v$  beaufschlagt werden. Damit kann der einzelne An-  
20 trieb in seiner Lage verstellt, und so die Funktionalität einer Register- oder Passerverstellung verwirklicht werden. Der Versatzwinkel  $w_v$  kann von dem Leitrechner 5 oder von einer externen Einrichtung, wie z.B. einer Registerregelung, vorgegeben werden. Der aus der Addition resultierende Winkel-  
25 sollwert  $w^*$  wird, zusammen mit dem relationsbehafteten Drehzahlsollwert  $n_r^*$ , an die Gleichlaufregelung 14 weitergeleitet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum dezentralen Betrieb einer Einrichtung zur  
Regelung des winkelgenauen Gleichlaufs einzelner, drehzahl-  
5 veränderbarer Elektroantriebe eines durch einen Synchronisa-  
tionsbus vernetzten Mehrmotoren-Antriebssystems, wobei den  
Antrieben ein Winkelsollwert eines Leitzeigers vorgegeben  
wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
in jedem Antrieb ein eigener Leitzeiger (12) generiert wird,  
10 der aus einem allen Antrieben über den Synchronisationsbus (4)  
zugeführten Drehzahlsollwert dezentral im jeweiligen An-  
triebsregelgerät ( $1_1-1_n$ ) gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
15 z e i c h n e t , daß der Leitzeiger (12) aus dem Drehzahl-  
sollwert in Form eines Sägezahns ( $n^*$ ) erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß der Leitzeiger (12) statisch wie  
20 dynamisch auf einen vorgegebenen Winkel ( $w_s$ ) gesetzt wird,  
wobei der Leitzeiger (12) auf jeden beliebigen Bezugspunkt  
setzbar ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
25 z e i c h n e t , daß jeder Antrieb dezentral mit einer  
individuellen Drehzahlrelation ( $r$ ) beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß der relationsbehaftete Antrieb mit-  
30 tels des jeweils eigenen Leitzeigers (12) gleichlaufgeregelt  
wird und winkelgenau seine relative Lage einhält.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 5, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß jeder Antrieb dezentral  
35 mit einem individuellen Versatzwinkel ( $w_v$ ) beaufschlagt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß jeweils ein dezentraler Hochlaufgeber  
(10) verwendet wird, der es ermöglicht, durch Drehzahlsoll-  
5 wertvorgabe 'Null' und Umschaltung auf eine parametrierbare  
Rücklauftrampe, bei Kommunikationsstörungen des Synchronisa-  
tionsbusses (4) jeden einzelnen Antrieb gleichlaufgeregelt  
und parallel stillzusetzen.
- 10 8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch  
1 oder einem der Ansprüche 2 bis 7, mit einem übergeordneten  
Leitsystem (1), das über einen Synchronisationsbus (4) mit  
Antriebsregelgeräten ( $1_1-1_n$ ) verbunden ist, die über Winkel-  
sollwertgeneratoren ( $12_1-12_n$ ) verfügen, wobei jedes einzelne  
15 Antriebsregelgerät ( $1_1-1_n$ ) einen eigenen Winkelsollwertgeber  
als Leitzieger (12) hat.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß Multiplizierer (11) vorhanden  
20 sind, mit denen die dem Leitzieger (12) zugeführte Drehzahl  
( $n^*$ ) mit einer Drehzahlrelation (r) multipliziert, wobei die  
Drehzahlrelation (r) einen festen Wert besitzt oder vom über-  
geordneten Leitsystem (5) vorgegeben wird.
- 25 10. Vorrichtung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß in jedem dezentralen An-  
triebsregelgerät ( $1_1-1_n$ ) jeweils ein eigener Hochlaufgeber  
(10) vorhanden ist.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß Addierer (14) vorhanden sind,  
mit denen der Versatzwinkel ( $w_v$ ) dezentral dem jeweiligen  
Winkelsollwert ( $w^*$ ) aufaddierbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der Versatzwinkel ( $w_v$ ) sowohl  
vom übergeordneten Leitsystem (5) oder von einer externen  
Registerverstellung bzw. -regelung vorgebbar ist.

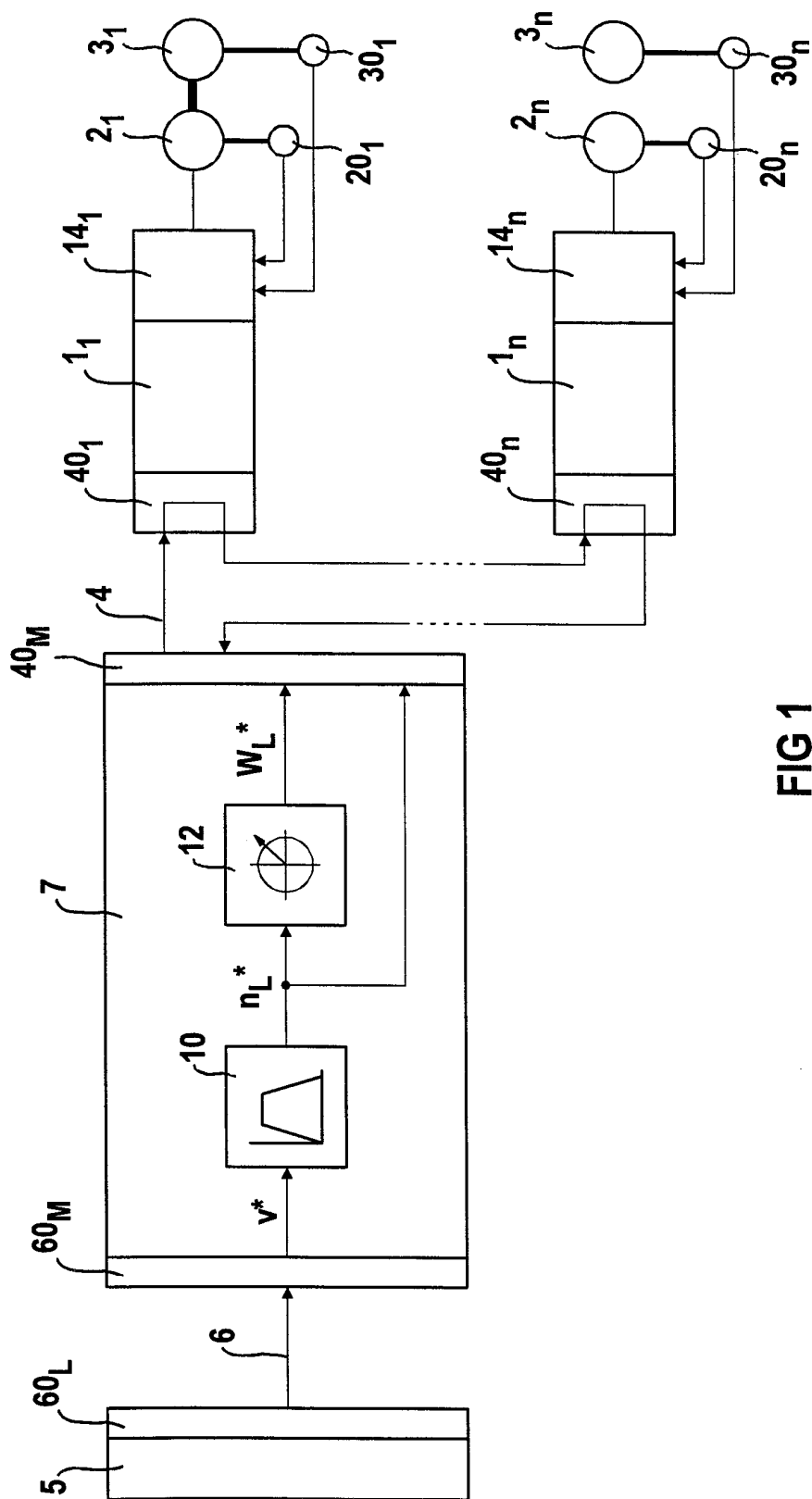


FIG 1

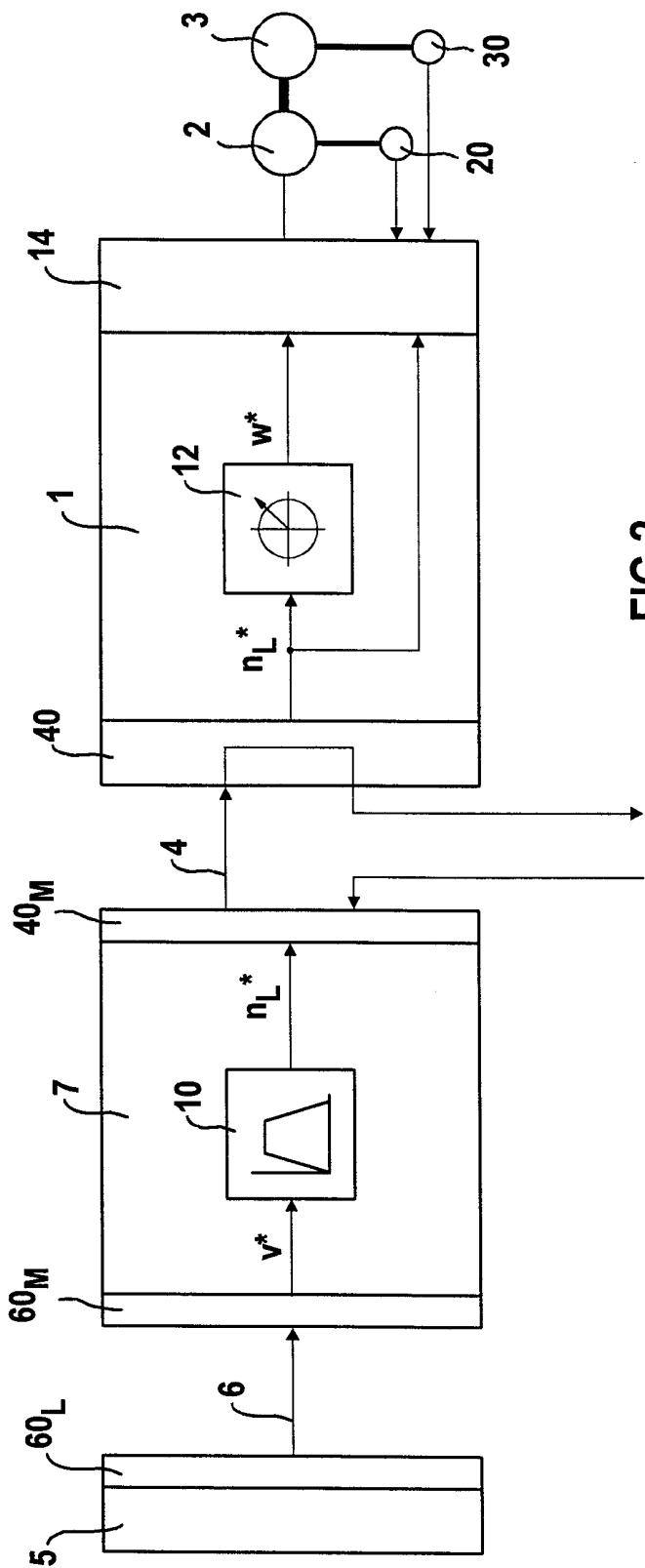


FIG 2

3/3

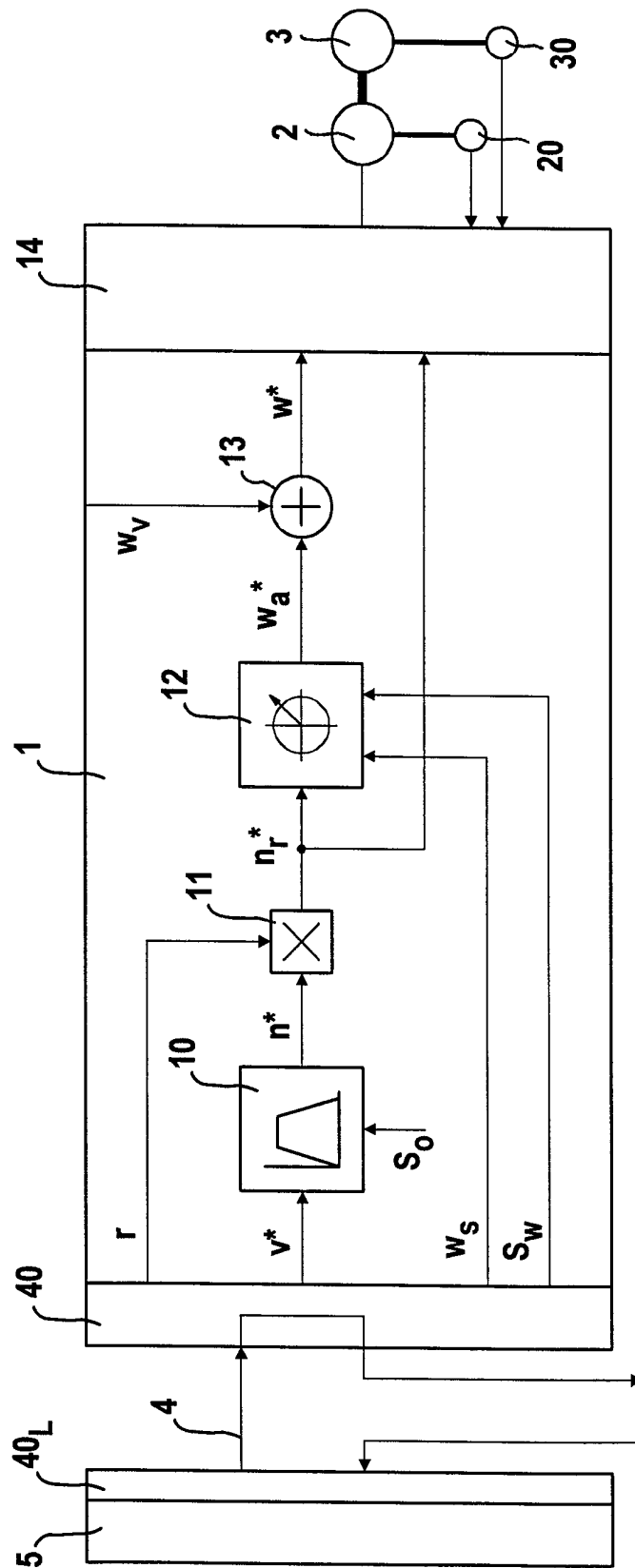


FIG 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01783

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H02P5/50 B41F13/004

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 H02P B41F

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. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A          | EP 0 698 572 A (LICENTIA GMBH)<br>28 February 1996<br>see abstract; figure 1<br>----                                                                                | 1,8                   |
| A          | WO 97 11848 A (SIEMENS AG ;BOHRER WOLFGANG<br>(DE); MOELLER NEHRING WALTER (DE); ZIM)<br>3 April 1997<br>cited in the application<br>see abstract; figure 4<br>---- | 1,8                   |
| A          | EP 0 567 741 A (ASEA BROWN BOVERI)<br>3 November 1993<br>cited in the application<br>see abstract; figure 1<br>-----                                                | 1,8                   |

☐ 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

7 October 1998

Date of mailing of the international search report

16/10/1998

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Beyer, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01783

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                  | Publication<br>date                                                                            |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EP 0698572 A                              | 28-02-1996          | DE 4430550 A<br>FI 954009 A                                                                                 | 29-02-1996<br>28-02-1996                                                                       |
| WO 9711848 A                              | 03-04-1997          | EP 0852538 A                                                                                                | 15-07-1998                                                                                     |
| EP 0567741 A                              | 03-11-1993          | DE 4214394 A<br>AT 139935 T<br>CA 2094742 A<br>DE 59303108 D<br>FI 931942 A<br>JP 6047905 A<br>US 5309834 A | 04-11-1993<br>15-07-1996<br>31-10-1993<br>08-08-1996<br>31-10-1993<br>22-02-1994<br>10-05-1994 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 98/01783

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H02P5/50 B41F13/004

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H02P B41F

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. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | EP 0 698 572 A (LICENTIA GMBH)<br>28. Februar 1996<br>siehe Zusammenfassung; Abbildung 1<br>---                                                                                 | 1,8                |
| A          | WO 97 11848 A (SIEMENS AG ;BOHRER WOLFGANG<br>(DE); MOELLER NEHRING WALTER (DE); ZIM)<br>3. April 1997<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe Zusammenfassung; Abbildung 4<br>--- | 1,8                |
| A          | EP 0 567 741 A (ASEA BROWN BOVERI)<br>3. November 1993<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe Zusammenfassung; Abbildung 1<br>-----                                               | 1,8                |



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 allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder 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

7. Oktober 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/1998

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

Beyer, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern: .les Aktenzeichen

PCT/DE 98/01783

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EP 0698572                                         | A                             | 28-02-1996                        | DE 4430550 A 29-02-1996<br>FI 954009 A 28-02-1996                                                                                                                                        |
| WO 9711848                                         | A                             | 03-04-1997                        | EP 0852538 A 15-07-1998                                                                                                                                                                  |
| EP 0567741                                         | A                             | 03-11-1993                        | DE 4214394 A 04-11-1993<br>AT 139935 T 15-07-1996<br>CA 2094742 A 31-10-1993<br>DE 59303108 D 08-08-1996<br>FI 931942 A 31-10-1993<br>JP 6047905 A 22-02-1994<br>US 5309834 A 10-05-1994 |