

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. April 2006 (13.04.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/037412 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 1/52 (2006.01) **H02M 7/757** (2006.01)
H02P 1/30 (2006.01) **D01H 4/42** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/009578

(22) Internationales Anmeldedatum:

7. September 2005 (07.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2004 049 250.6

30. September 2004 (30.09.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **MASCHINENFABRIK RIETER AG** [CH/CH];
Klosterstrasse 20, CH-8406 Winterthur (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BERGMANN,**

Michael [DE/DE]; Weiherstrasse 7/1, 73326 Deggen-
gen-Reichenbach (DE). **KINTZLER, Oskar** [DE/DE];
Heinrich-Reinemer-Weg 2, 73312 Geislingen/Steige (DE).

(74) Anwalt: **RUFF, WILHELM, BEIER, DAUSTER &
PARTNER**; Kronenstrasse 30, 70174 Stuttgart (DE).

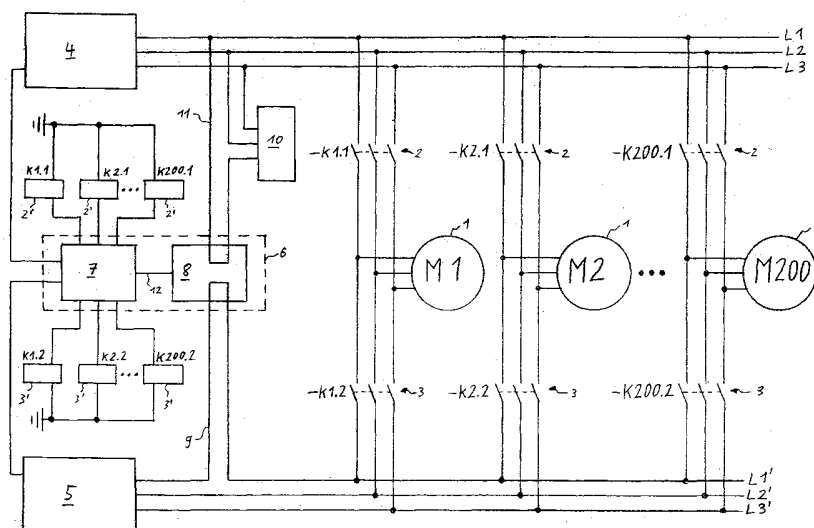
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SYNCHRONOUSLY SWITCHING A MOTOR BETWEEN TWO FREQUENCY
CONVERTERS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SYNCHRONUMSCHALTUNG EINES MOTORS ZWISCHEN
ZWEI FREQUENZUMRICHTERN



(57) Abstract: Disclosed are a method and a device for switching a motor from a starting converter to a main converter in a textile machine comprising a multitude of operating points that are driven by an individual motor. The operating points are jointly fed by a main converter in the normal mode of operation. After breaking down and being disconnected from the main converter, a motor of an individual operating point is started separately by a starting converter and is synchronized with the other operating points that run on the main converter. The motor is switched back from the starting converter to the main converter as soon as the phase angle of the currents in the starting converter and the main converter is substantially identical, the phase angles being preferably synchronized by evaluating a sum signal from the two currents of the main converter and the starting converter.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/037412 A1



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zum Umschalten eines Motors von einem Hochfahrumrichter auf einen Betriebsumrichter in einer Textilmaschine mit einer Vielzahl von einzelmotorisch angetriebenen Arbeitsstellen. In einem normalen Betriebszustand werden die Arbeitsstellen von einem Betriebsumrichter gemeinsam versorgt. Nach einer Betriebsunterbrechung und Trennung vom Betriebsumrichter wird ein Motor einer einzelnen Arbeitsstelle durch einen Hochfahrumrichter separat hochgefahren und mit den anderen, am Betriebsumrichter laufenden Arbeitsstellen synchronisiert. Sobald die Phasenlage der Ströme in dem Hochfahrumrichter und in dem Betriebsumrichter im Wesentlichen gleich ist, wird der Motor von dem Hochfahrumrichter wieder auf den Betriebsumrichter umgeschaltet. Die Synchronisation der Phasenlagen erfolgt dabei vorzugsweise über eine Auswertung eines Summensignals aus den beiden Strömen des Betriebsund des Hochfahrumrichters.

Verfahren und Vorrichtung zur Synchronumschaltung eines Motors zwischen zwei Frequenzumrichtern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umschalten eines Motors von einem Hochfahrumrichter auf einen Betriebsumrichter in einer Textilmaschine mit einer Vielzahl von jeweils von wenigstens einem Motor angetriebenen Arbeitsstellen, von denen wenigstens einige von einem Betriebsumrichter gemeinsam versorgt werden, wobei ein Motor einer einzelnen Arbeitsstelle nach einer Betriebsunterbrechung und Trennung vom Betriebsumrichter durch einen Hochfahrumrichter separat hochgefahren wird, wobei die durch Frequenz und Phasenlage gekennzeichneten Ströme in dem Hochfahr- und dem Betriebsumrichter bezüglich ihrer Frequenzen im Wesentlichen synchronisiert werden, und wobei der Motor nach der Synchronisierung wieder vom Hochfahrumrichter auf den Betriebsumrichter geschaltet wird.

Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des genannten Verfahrens.

Textilmaschinen insbesondere zur Fadenverarbeitung oder Garnherstellung weisen heute oft einzelmotorisch angetriebene Arbeits- bzw. Spinnstellen auf. Im Gegensatz zu dem traditionellen Maschinenkonzept, bei dem in aller Regel eine oder mehrere durch die gesamte Maschine gehenden Wellen oder Riemen zum Antrieb der einzelnen Arbeitsstellen dienten, bieten Einzelmotoren eine größere Flexibilität. Insbesondere lassen sich einzelne Arbeitsstellen bei Störungen, beispielsweise Fadenbrüchen, sehr einfach stillsetzen.

Meist ist es erforderlich, dass die Motoren in definierten Drehzahlverhältnissen zueinander laufen, deshalb werden oft Motoren eingesetzt, die im Wesentlichen synchron zu einer Speise-Eingangsfrequenz rotieren. Besonders gut geeignet sind beispielsweise Reluktanzmotoren. Allerdings können auch Drehstrom-Synchronmotoren oder permanenterregte Synchronmotoren

verwendet werden. Oft ist es vorteilhaft, die Motoren aller Arbeitsstellen durch eine gemeinsame Energiequelle mit einem Strom veränderlicher Frequenz zu versorgen. So ist auf einfache Weise gewährleistet, dass alle Motoren mit derselben Drehzahl laufen. Als Energiequelle kann beispielsweise ein mit Pulsweitenmodulation (PWM) arbeitender Frequenzumrichter eingesetzt werden.

Bei einem solchen Maschinenkonzept ist es problemlos möglich, die gesamte Maschine aus dem Stillstand langsam und kontinuierlich hochzufahren, indem an der Energiequelle die Frequenz allmählich erhöht wird. Ein Problem tritt erst dann auf, wenn auf Grund einer Störung oder eines Fadenbruchs eine einzelne Arbeitsstelle durch Trennung von der Energiequelle stillgesetzt wird. Nach der Störungsbehebung ist kein allmähliches Hochfahren der einzelnen Arbeitsstelle mehr möglich, stattdessen muss die gesamte Maschine zuerst stillgesetzt werden. Zur Lösung dieses Problems sind mehrere Druckschriften bekannt: DE-OS 21 16 953, DE 21 18 775 C2 und DE 102 51 443 A1. Alle offenbaren zusätzlich zum bisher beschriebenen Frequenzumrichter für den Dauerbetrieb aller Arbeitsstellen – im Folgenden nur noch als Betriebsumrichter bezeichnet – wenigstens einen zweiten Frequenzumrichter zum Wiederhochfahren einer einzelnen Arbeitsstelle nach einer Betriebsunterbrechung. Dieser zweite Frequenzumrichter ist im Folgenden als Hochfahrumrichter bezeichnet. Betriebsumrichter und Hochfahrumrichter sind so geschaltet, dass jeder Motor wechselweise durch Schütze mit dem einen oder dem anderen Frequenzumrichter verbindbar ist.

Insbesondere aus der DE 102 51 443 A1 ist ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art bekannt, bei dem die Ausgangsfrequenz des Betriebsumrichters und des Hochfahrumrichters synchronisiert werden.

Es wird also eine im Normalbetrieb mit dem Betriebsumrichter verbundene Arbeitsstelle bei einer Störung von diesem getrennt und somit stillgesetzt. Nach Behebung der Störung wird der Motor mit dem Hochfahrumrichter verbunden und dann wird dieser in Betrieb gesetzt. Der Hochfahrumrichter startet zunächst mit niedriger Ausgangsfrequenz, so dass die Arbeitsstelle langsam anläuft. Anschließend wird die Frequenz des Hochfahrumrichters nach und nach auf die Frequenz des die anderen Arbeitsstellen immer noch antreibenden Betriebsumrichters erhöht. Wenn der Hochfahrumrichter diese Frequenz erreicht, wird durch die Schütze der Motor vom Hochfahrumrichter wieder auf den Betriebsumrichter geschaltet. Alle Arbeitsstellen laufen dann wieder synchron und der Hochfahrvorgang ist beendet.

Das bekannte Verfahren hat den Nachteil, dass es trotz synchroner Frequenzen beim Umschalten vom Hochfahrumrichter auf den Betriebsumrichter zu einem kurzzeitigen, aber rapiden Drehzahlabfall des Motors kommen kann. Dies ist insbesondere dann sehr stark ausgeprägt, wenn der Motor mit relativ geringer Drehzahl betrieben wird und die angetriebenen Bauteile nur eine geringe Schwungmasse besitzen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Antriebe zum Beispiel den Eingangs- oder Mittelzylinder eines einzelmotorisch angetriebenen Drei- oder Vier-Zylinder-Streckwerkes antreiben, wie es aus der DE 39 32 614 A1 bekannt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art den rapiden Drehzahlabfall sicher zu vermeiden und den Umschaltvorgang ohne große Drehzahlschwankungen des Motors durchzuführen.

Die Aufgabe wird beim Verfahren dadurch gelöst, dass die Frequenzen der Ströme in dem Hochfahrumrichter und in dem Betriebsumrichter sich kurz vor dem Umschalten um einen relativ geringen, aber dennoch definiert großen Betrag unterscheiden, und dass die Phasenlage der Ströme in dem Hochfahrumrichter und in dem Betriebsumrichter beim Umschalten im Wesentlichen gleich ist.

Bei der Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass analoge Schaltungen wenigstens einen ein Summensignal erzeugenden Stromwandler, wenigstens eine das Summensignal glättende Schaltung, wenigstens eine ein Referenzsignal erzeugende Schaltung sowie wenigstens eine das geglättete Summensignal und Referenzsignal vergleichende und ein Digitalsignal gebende Komparatorschaltung enthält.

Die Anmelderin hat erkannt, dass eine Synchronisation der Frequenz von den Strömen durch den Hochfahr- und den Betriebsumrichter nicht ausreicht, um ein sanftes und ruckfreies Umschalten zu ermöglichen. Vielmehr kann es selbst bei Frequenzgleichheit passieren, dass von den Strömen, die einen sinusähnlichen Verlauf aufweisen, beispielsweise der Strom durch den Hochfahrumrichter gerade einen Wellenberg durchläuft, während der Strom durch den Betriebsumrichter gerade ein Wellental durchläuft, also ein Phasenunterschied von 180° vorliegt. Wird in diesem Moment umgeschaltet, wirkt der Strom des Betriebsumrichters auf den Motor der gerade hochgefahrenen Arbeitsstelle wie ein Bremsstrom. Es kommt zu einem rapiden Drehzahleinbruch dieses Motors.

Dies kann nicht passieren, wenn die Phasenlage der Ströme im Hochfahr- und Betriebsumrichter während der Umschaltung synchronisiert ist. Dem Motor der hochgefahrenen Arbeitsstelle wird vor und nach dem Umschalten ein Strom „in gleicher Richtung“ zugeführt, so dass er die Umschaltung fast nicht „bemerkt“.

Die Phasensynchronisation kann theoretisch auch über die Spannungen erfolgen. Die heute üblichen pulsweiten modulierten Frequenzumrichter erzeugen allerdings hochfrequente Spannungspulse mit mehreren Kilohertz. Diese Spannungssignale sind sehr schwer analysierbar, da kein sinusförmiges Spannungssignal vorliegt. Deshalb ist es vorteilhaft, die Ströme des Hochfahr- und des Betriebsumrichters auszuwerten.

Bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise wird aus den beiden Strömen durch den Hochfahr- und den Betriebsumrichter ein Summensignal erzeugt, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Frequenzen der beiden Ströme um einige wenige Hertz unterscheiden. Die Höhe des Summensignals, welches beispielsweise eine Spannung sein kann, ist proportional zu der Summe aus der momentanen Höhe des sinusähnlichen Stromes durch den Hochfahrumrichter und der momentanen Höhe des Stromes durch den Betriebsumrichter. Vorzugsweise teilt man aus dem relativ hohen Strom durch den Betriebsumrichter einen phasengleichen Teilstrom ab, dessen Amplitude in etwa der des Stromes durch den Hochfahrumrichter entspricht. Dies erleichtert die Auswertung des Summensignals.

Die Bildung eines Summensignals hat im Gegensatz zur direkten Analyse der beiden Phasenlagen den Vorteil, dass sich die Phasengleichheit der Ströme durch den Hochfahr- und den Betriebsumrichter sehr einfach durch Ermittlung des absoluten Maximums des Summensignals feststellen lässt. Man nutzt hierbei den physikalischen Effekt der Schwebung bei der Überlagerung von Wellen beinahe gleicher Frequenz aus. Die sinusförmigen Ströme durch den Hochfahr- und den Betriebsumrichter interferieren destruktiv, solange sie sich außer Phase befinden. Befinden sie sich in Phase, so addieren sie sich konstruktiv und das Summensignal erreicht ein absolutes Maximum.

Das Maximum des sich verändernden Summensignals lässt sich durch Vergleich mit einem Referenzsignal bestimmen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn schon während des Hochfahrens der Arbeitsstelle mehrmals ein solches absolutes Maximum des Summensignals auftritt und man dadurch die Höhe des Referenzsignals bereits festlegen kann. Dies funktioniert besonders gut mit einer erfindungsgemäßen Antriebsvorrichtung.

Durch die erfindungsgemäße Schaltung wird sichergestellt, dass das Referenzsignal immer einen kleinen Betrag unterhalb des absoluten Maximums des Summensignals liegt. Sobald das Summensignal das Referenzsignal übersteigt, steht die Phasengleichheit unmittelbar bevor und der Umschaltvorgang kann eingeleitet werden.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, das aus den Strömen des Hochfahr- und Betriebsumrichters erzeugte, aber immer noch mit nahezu derselben Frequenz wie die Ströme schwingende Summensignal zu glätten und die Schwingungen im Wesentlichen auf die Frequenz der Schwebung zu verringern, bevor der Maximalwert bestimmt wird. Das geglättete Summensignal lässt sich wesentlich einfacher mit einem Referenzsignal vergleichen.

In Praxisversuchen hat sich gezeigt, dass es für das Umschaltverhalten vorteilhaft ist, wenn der Hochfahrumrichter bei der Synchronisierung und vor dem Umschalten mit der geringfügig höheren Frequenz läuft als der Betriebsumrichter und wenn nach Auftreten des absoluten Maximums des Summensignals noch ein kurze Verzögerungszeit abgewartet wird, bevor die Umschaltung stattfindet. Durch den mit höherer Frequenz am Hochfahrumrichter laufenden Motor der hochzufahrenden Arbeitsstelle wird dem Effekt entgegengewirkt, dass dieser Motor im Moment des Umschaltens kurzzeitig ohne Stromversorgung läuft und dadurch tendenziell schon Geschwindigkeit verliert. Dies kann durch das Abwarten einer minimalen Verzögerungszeit unterstützt werden. Ein Umschalten kurz nach dem Auftreten des absoluten Maximums des Summensignals bedeutet anschaulich nichts anderes, als dass der Motor der hochzufahrenden Arbeitsstelle gerade beginnt, die Motoren der anderen Arbeitsstellen zu „überholen“.

Die Erfindung ist allerdings nicht auf synchron laufende Motoren bechränkt. Es lässt sich ebenfalls gut für das Umschalten eines Asynchronmotors von einem auf einen anderen Frequenzumrichter einsetzen. Auch ohne Synchronlauf lässt sich dabei ein ruckfreies Umschalten weitgehend ohne Drehzahlabfall erreichen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Figur 1 einen teilweise schematischen Schaltplan für eine Antriebsvorrichtung in einer Textilmaschine mit vielen Arbeitsstellen,

Figur 2 ein schematisches Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Schaltung,

Figur 3 zwei alternative Schaltungen zur Erzeugung eines Summensignals,

Figur 4 Diagramme von Spannungsverläufen über der Zeit, die in den erfindungsgemäßen Schaltungen auftreten,

Figur 5 ein Diagramm mit mehreren Spannungsverläufen über der Zeit zur Darstellung der Schaltzeitpunkte,

Figur 6 einen Schaltplan einer erfindungsgemäßen Schaltung.

Figur 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer Antriebsvorrichtung für eine Textilmaschine mit einer Vielzahl von einzelmotorisch angetriebenen Arbeitsstellen. Es kann sich beispielsweise um eine Spinn-, Zwirn- oder Texturiermaschine handeln. Insbesondere ist die gezeigte Ausführung für eine Spinnmaschine mit einem Drei-Zylinder-Streckwerk geeignet, bei dem an jeder Spinnstelle alle Unterzylinder durch jeweils einen separaten Motor angetrieben werden, wie sie aus der DE 39 32 614 A1 bekannt ist. Beispielsweise sind in Figur 1 die Motoren 1 zum Antrieb der Eingangsunterzylinder an einer Maschine mit 200 Spinnstellen gezeigt. Hierbei bezeichnet M1 den Motor 1 für den Eingangsunterzylinder der ersten Spinnstelle und M200 denjenigen für die 200ste Spinnstelle. Die Motoren zum Antrieb der Mittelunterzylinder und der Ausgangsunterzylinder sind nicht dargestellt, können jedoch nach demselben Prinzip geschaltet sein.

Als Synchronmotoren 1 sind Reluktanzmotoren gut geeignet, da sie ohne Drehzahlrückführung im Wesentlichen synchron laufen. Die Motoren 1 sind über Schütze 2,3 mit zwei mit Pulsweitenmodulation arbeitenden Frequenzumrichtern 4,5, nämlich einem so genannten Betriebsumrichter 4 und einem so genannten Hochfahrumrichter 5, verbindbar. Der Betriebsumrichter 4 ist von seiner Größe so dimensioniert, dass seine Leistung ausreicht, um alle Motoren 1 gleichzeitig parallel zu betreiben. Der Hochfahrumrichter 5 dagegen kann wesentlich kleiner dimensioniert sein, da er immer nur einen Motor 1 versorgen muss. Die beiden Frequenzumrichter 4,5 sind mit einer in einer Steuereinheit 6 enthaltenen, programmierbaren

Steuerung 7 verbunden. Außerdem sind sie in üblicher, nicht dargestellter Weise an die öffentliche Elektrizitätsversorgung angeschlossen.

Bei einer Maschine mit sehr vielen Arbeitsstellen ist es auch möglich, nicht alle Arbeitsstellen mit einem Betriebsumrichter 4 zu verbinden, sondern für mehrere Gruppen von Arbeitsstellen – beispielsweise die Arbeitsstellen auf einer Maschinenseite - separate Betriebsumrichter vorzusehen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dafür ebenfalls gut geeignet.

Die programmierbare Steuerung 7 ist mit Aktoren 2' der Schütze 2 sowie mit Aktoren 3' der Schütze 3 verbunden und kann so das Öffnen und Schließen jedes Schützes 2,3 einzeln steuern. Die Schütze 2,3 und die zugehörigen Aktoren 2',3' sind für jede Arbeitsstelle mit einer entsprechenden Bezeichnung versehen, beispielsweise K1.1 für das Schütz 2, das den als M1 bezeichneten Motor 1 der ersten Arbeitsstelle mit dem Betriebsumrichter 4 verbindet. Die Schütze 4 sind so ausgeführt, dass sie die drei Phasen L1, L2 und L3 vom Betriebsumrichter 4 zu den Motoren 1 gleichzeitig schalten können. Die Schütze 3 können die Phasen L1', L2' und L3' des Hochfahrumrichters 5 ebenfalls gleichzeitig auf die Motoren 1 schalten.

Bei Inbetriebnahme der Maschine können die Motoren 1 aller Arbeitsstellen durch Schließen der Schütze 2 mit dem Betriebsumrichter 4 verbunden werden. Anschließend kann die Ausgangsfrequenz des Betriebsumrichters 4 gemäß des gewünschten Hochlaufverhaltens mehr oder weniger schnell auf die Soll-Frequenz erhöht werden, so dass die Motoren 1 gleichmäßig auf ihre Betriebsdrehzahl beschleunigen.

Tritt nun eine Betriebsstörung an einer einzelnen Arbeitsstelle auf, beispielsweise ein Fadenbruch an der zweiten Spinnstelle, so wird M2 dieser Spinnstelle durch Trennen des als K2.1 bezeichneten Schützes 2 vom Betriebsumrichter 4 getrennt und stillgesetzt. Alle anderen Arbeitsstellen bleiben mit dem Betriebsumrichter 4 verbunden und produzieren weiter.

An der stillstehenden Arbeitsstelle wird die Störung beseitigt und der als M2 bezeichnete Motor 1 wird durch das als K2.2 bezeichnete Schütz 3 mit dem Hochfahrumrichter 5 verbunden. Die stillgesetzte Arbeitsstelle wird nun vom Hochfahrumrichter 5 wieder in Betrieb gesetzt und hochgefahren. Dabei kann es für das Hochlaufverhalten vorteilhaft sein, die Phasen L1', L2' und L3' des Hochfahrumrichters 5 mit höherer Spannung zu betreiben als die des Betriebsumrichters 4. Dies hat keine nachteilige Wirkung auf die Synchronisation.

Bei dem bekannten Verfahren nach dem Stand der Technik DE 102 51 443 A1 wird die Frequenz des Hochfahrumrichters 5 auf die Frequenz (Soll-Frequenz) des Betriebsumrichters 4, der in Betrieb ist, erhöht. Wenn die Frequenz des Hochfahrumrichters 5 die Soll-Frequenz erreicht, wird die Arbeitsstelle wieder auf den Betriebsumrichter 4 umgeschaltet, indem K2.2 geöffnet und K2.1 geschlossen wird. Die Wiederinbetriebsetzung ist damit beendet und alle Synchronmotoren 1 laufen wieder synchron.

Das bekannte Verfahren hat den Nachteil, dass es beim Umschalten der hochgefahrenen Arbeitsstelle vom Hochfahrumrichter 5 zum Betriebsumrichter 4 zu großen Drehzahlschwankungen führen kann. Insbesondere bei den hier gezeigten Antrieben für die Eingangsunterzylinder eines Streckwerkes, kommt es zu einem extremen Drehzahleinbruch auf bis zu 30% der Soll-Drehzahl. Da diese Antriebe von Haus aus langsam laufen und wenig Schwungmasse besitzen, wirkt sich hier eine Phasendifferenz des Stroms durch den Hochfahrumrichter 5 zu dem Strom durch den Betriebsumrichter 4 stark aus. Beträgt die Phasendifferenz beispielsweise 180° , so erfährt der Motor 1 quasi einen Bremsstrom und seine Drehzahl sinkt rapide ab.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dagegen die M2 speisende Frequenz des Hochfahrumrichters 5 auf einen Wert leicht abweichend von der Frequenz des Betriebsumrichters 4 eingestellt. Anschließend wird eine kurze Zeit abgewartet, bis die Phasenlage der beiden Ströme im Hochfahrumrichter 5 und im Betriebsumrichter 4 im Wesentlichen synchron ist. Dann erst wird M2 durch Öffnen von K2.2 und Schließen von K2.1 wieder auf den Betriebsumrichter 4 umgeschaltet. So kann der Drehzahleinbruch minimiert werden.

Gemäß Figur 1 sind analoge Schaltungen 8 vorgesehen, die die Ströme des Betriebsumrichters 4 und des Hochfahrumrichters 5 analysieren. Hierzu ist es ausreichend, eine der drei Phasen L1', L2' oder L3' des Hochfahrumrichters 5 mit der entsprechenden Phase L1, L2 oder L3 des Betriebsumrichters 4 zu vergleichen, wobei darauf zu achten ist, dass die analysierten Phasen – hier beispielsweise L1' und L1 – an der selben Klemme des Motors 1 angeschlossen sind. Die Phase L1' wird über das Kabel 9 vom Hochfahrumrichter 5 durch die analogen Schaltungen 8 geführt, bevor sie zu den Schützen 3 gelangt. Der durch den jeweiligen hochzufahrenden Motor 1 fließende Strom lässt sich dadurch exakt auswerten. Beim Betriebsumrichter 4 ist der Gesamtstrom in der Phase L1 wesentlich höher, da vom Betriebsumrichter 4 alle übrigen 199 Motoren 1 versorgt werden. Es ist deshalb vorteilhaft, eine dauernd vom Betriebsumrichter 4 versorgte, induktive Ersatzlast 10 anzuschließen und nur das Kabel 11 von L1 des Betriebsumrichters 4 zur induktiven Ersatzlast 10 durch die analogen Schaltungen 8 zu führen. Die

induktive Ersatzlast 10 ist so zu wählen, dass der Strom durch das Kabel 11 phasengleich mit dem Strom der Phase L1 ist. Besonders einfach ist dies, wenn der Strom durch das Kabel 11 in etwa derselben Größenordnung wie der Strom durch das Kabel 9 liegt, und wenn als induktive Ersatzlast 10 ein zusätzlicher Motor, der zum Beispiel baugleich zu den Motoren 1 ist, verwendet wird.

Die analogen Schaltungen 8 werten nun die Ströme durch die Kabel 9 und 11 auf ihre Phasenlage zueinander aus und geben ein Signal über eine Leitung 12 an die programmierbare Steuerung 7 zum Umschalten von Hochfahrumrichter 5 auf Betriebsumrichter 4, sobald die Phasenlagen im Wesentlichen gleich sind.

Anhand der Figuren 2 bis 5 wird nachfolgend die Funktion der analogen Schaltungen 8 detailliert erläutert.

In Figur 2 ist anhand eines schematischen Blockdiagramms der Funktionsablauf dargestellt. Die beiden Kabel 11 und 9 mit den Strömen von Betriebsumrichter 4 und Hochfahrumrichter 5 werden in eine Summensignal erzeugende Schaltung 13 geführt. Am Ausgang liegt das Summensignal MP0 vor.

Voraussetzung dafür, dass das Summensignal MP0 für die weitere Auswertung geeignet ist, ist eine leicht unterschiedliche Frequenz der Ströme in dem Betriebsumrichter 4 und in dem Hochfahrumrichter 5, da der physikalische Effekt der Schwebung ausgenutzt wird. Das Summensignal MP0 ist in Figur 4a in seinem Verlauf dargestellt. Es schwingt nahezu mit der Frequenz der Ströme durch Betriebsumrichter 4 bzw. Hochfahrumrichter 5 und verändert seine Amplitude mit dem Frequenzunterschied zwischen Betriebsumrichter 4 und Hochfahrumrichter 5. Diesem Frequenzunterschied entspricht ein geringer Drehzahlunterschied der Motoren 1. Der Drehzahlunterschied sollte im Vergleich zur absoluten Drehzahl klein, aber dennoch definiert sein und sich vorzugsweise nicht ändern. Der hochzufahrende Motor 1 – beispielsweise M2 – kann mit einem Drehzahlunterschied von 1 bis 20 min^{-1} laufen, wenn zum Beispiel alle anderen Motoren 1 mit einer Drehzahl von 1800 min^{-1} rotieren. Vorteilhafterweise läuft M2 schneller als die anderen Motoren 1, da er beim Umschaltvorgang tendenziell etwas Geschwindigkeit verliert.

Das Summensignal MP0 erreicht zu den Zeitpunkten t_m ein absolutes Maximum 14, und zwar immer dann, wenn die Ströme durch den Betriebsumrichter 4 und den Hochfahrumrichter 5 phasengleich sind. Bei Phasengleichheit tritt nämlich der Maximalstrom im Kabel 11 zeitgleich mit

dem Maximalstrom im Kabel 9 auf und somit ergibt sich auch für das Summensignal MP0 das absolute Maximum 14. Zu allen anderen Zeitpunkten addieren sich die Ströme mehr oder weniger destruktiv.

Das Summensignal MP0 lässt sich, wie in Figur 3a gezeigt, durch zwei übliche Stromwandler 15 erzeugen, deren Ausgangsspannungen durch einen Operationsverstärker 16 in Summenschaltung addiert werden. Zur Einsparung von Bauteilen ist es jedoch vorteilhaft, die Ströme der beiden Kabel 11 und 9 zusammen durch einen geeigneten Stromwandler 17 zu leiten wie in Figur 3b gezeigt.

Das Summensignal MP0 wird nun gemäß Figur 2 durch eine Verstärkerschaltung 18 weiterverarbeitet. Die Verstärkerschaltung 18 verschiebt die Nulllage des Summensignals MP0 nach unten, schneidet die unteren Halbwellen ab und verstärkt die oberen Halbwellen. Es entsteht das in Figur 4b dargestellte Signal MP1.

Das Signal MP1 geht nachfolgend über einen Entladeschutz 19 in eine das Summensignal MP0 glättende Schaltung 20. Hier wird das in Figur 4c dargestellte geglättete Summensignal MP2 erzeugt. Das geglättete Summensignal MP2 ist eine, sich mit dem Frequenzunterschied von Hochfahrumrichter 5 zu Betriebsumrichter 4 relativ langsam verändernde Spannung. Die Maxima 21 des geglätteten Summensignals MP2 treten zu den gleichen Zeitpunkten t_m auf, wie die absoluten Maxima 14 des Summensignals MP0. Allerdings wurde die hochfrequente Schwingung herausgefiltert, so dass die weitere Auswertung wesentlich vereinfacht ist.

Das geglättete Summensignal MP2 wird jetzt auf der einen Seite direkt einer Komparatorschaltung 22 zugeführt. Auf der anderen Seite wird es über ein Entkopplungsglied 23 in eine Referenzsignal erzeugende Schaltung 24 geleitet. Dort wird das geglättete Summensignal MP2 im Prinzip noch weiter glättet, bis eine nahezu konstante Gleichspannung entsteht, nämlich das Referenzsignal MP3. Der Verlauf des Referenzsignals MP3 ist in Figur 4d dargestellt. Die Höhe des Referenzsignals MP3 soll so gewählt werden, dass sie einen definierten Betrag unterhalb der Maxima 21 des geglätteten MP2 liegt. Die Höhe dieses Differenzbetrages beträgt vorzugsweise einige Zehntel Volt. Es ist vorteilhaft das Referenzsignal MP3 aus dem Summensignal MP0 zu erzeugen anstatt es – wie prinzipiell auch möglich – separat festzulegen, weil es dann – auch bei von Hochfahrvorgang zu Hochfahrvorgang schwankender Höher der absoluten Maxima 14 – immer in der richtigen Höhe vorliegt. Bei der Verwendung von Reluktanzmotoren als Motoren 1

entsteht das Referenzsignal MP3 sogar schon am Anfang des Hochfahrvorganges, da hier die Stromstärke im Wesentlichen unabhängig von der Drehzahl ist.

Das Referenzsignal MP3 wird dann ebenfalls der Komparatorschaltung 22 zugeführt. Sobald das geglättete Summensignal MP2 das Referenzsignal MP3 überschreitet, wird ein Digitalsignal MP4 ausgegeben und so lange gehalten, bis das geglättete Summensignal MP2 wieder unter das Referenzsignal MP3 sinkt. Der Verlauf des Digitalsignals MP4 ist in Figur 4e dargestellt.

Abschließend durchläuft das Digitalsignal noch eine Flimmerschutzschaltung 25. Diese verhindert ein – „Flimmern“ genanntes – mehrmaliges, schnelles Ein- und Ausschalten im Digitalsignal MP4, das durch eventuelle hochfrequente Störungen oder Schwankungen in den Spannungsverläufen verursacht werden kann, so dass die programmierbare Steuerung 7 unter allen Umständen ein sauberes Digitalsignal MP4 über die Leitung 12 übermittelt bekommt. Eine daraus resultierende, minimale Verzögerungszeit fällt praktisch nicht ins Gewicht.

Figur 5 zeigt die Signale MP2, MP3 und MP4 in einem Diagramm. Hier wird deutlich, dass das Digitalsignal MP4 bereits zum Zeitpunkt t_a kurz vor dem Erreichen der Maxima 21 des geglätteten Summensignals MP2 ansteht und bis zu dem Zeitpunkt t_b kurz danach erhalten bleibt. Durch eine geeignete Auswahl des Entkopplungsgliedes 23 und der daraus resultierenden Differenzspannung zwischen den Maxima 21 des geglätteten Summensignals MP2 und dem Referenzsignal MP3, sowie durch die Wahl des Frequenzunterschiedes zwischen Betriebsumrichter 4 und Hochfahrumrichter 5 lässt sich die Dauer des anstehenden Digitalsignals MP4 beeinflussen. Da diese Zeitspanne von t_a bis t_b in einer einmal festgelegten Schaltungsanordnung im Wesentlichen konstant bleibt, ist es in der programmierbaren Steuerung sehr einfach möglich, nach Auftreten des Digitalsignals MP4 in der Leitung 12 zum Zeitpunkt t_a noch eine gewisse Verzögerungszeit abzuwarten, die im Wesentlichen der Hälfte der oben genannten Zeitspanne entspricht, um dann genau zum Zeitpunkt t_m vom Hochfahrumrichter 5 auf den Betriebsumrichter 4 umzuschalten.

Bei dem genannten Drei-Zylinder-Streckwerk ist es außerdem vorteilhaft, die Verzögerungszeit nach dem Zeitpunkt t_a so zu wählen, dass erst kurz nach Überschreiten des Maximums 21 des geglätteten Summensignals MP2 vom Hochfahrumrichter 5 auf den Betriebsumrichter 4 zurückgeschaltet wird. Es hat sich gezeigt, dass so Verzugsfehler im Garn weitestgehend vermieden werden können.

Figur 6 zeigt ein konkretes Ausführungsbeispiel für die analogen Schaltungen 8 zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens. Sofern dieselben Komponenten dargestellt sind, sind auch dieselben Bezugszeichen wie in den oben beschriebenen Figuren verwendet. Mit den gestrichelten Linien sind die Bauteile umfasst, die zusammen eine funktionale Gruppe bilden, wie beispielsweise die Summensignal MP0 erzeugende Schaltung 13 oder die Verstärkerschaltung 18. Die einzelnen Bauteile sind folgendermaßen gekennzeichnet: R1 bis R8 bezeichnen Widerstände, C1 bis C6 Kondensatoren und D1 und D2 Dioden. IC1, IC2 und IC3 sind Operationsverstärker.

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Schaltungen sind noch zwei spannungsreduzierende Schaltungen 26, 27 vorgesehen, die die beiden Spannungsregler IC4 und IC5 enthalten. Die spannungsreduzierende Schaltung 26 ist erforderlich, wenn die Gleichspannungsversorgung der analogen Schaltungen 8 über das Kabel 28 größeren Spannungsschwankungen unterliegt. Die analogen Schaltungen 8 benötigen zum ordnungsgemäßen Arbeiten eine möglichst konstante Spannungsversorgung. Die spannungsreduzierende Schaltung 27 ist in diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, da der Stromwandler 17 eine Versorgungsspannung benötigt, die wesentlich kleiner als die Spannung in den übrigen Schaltungen ist.

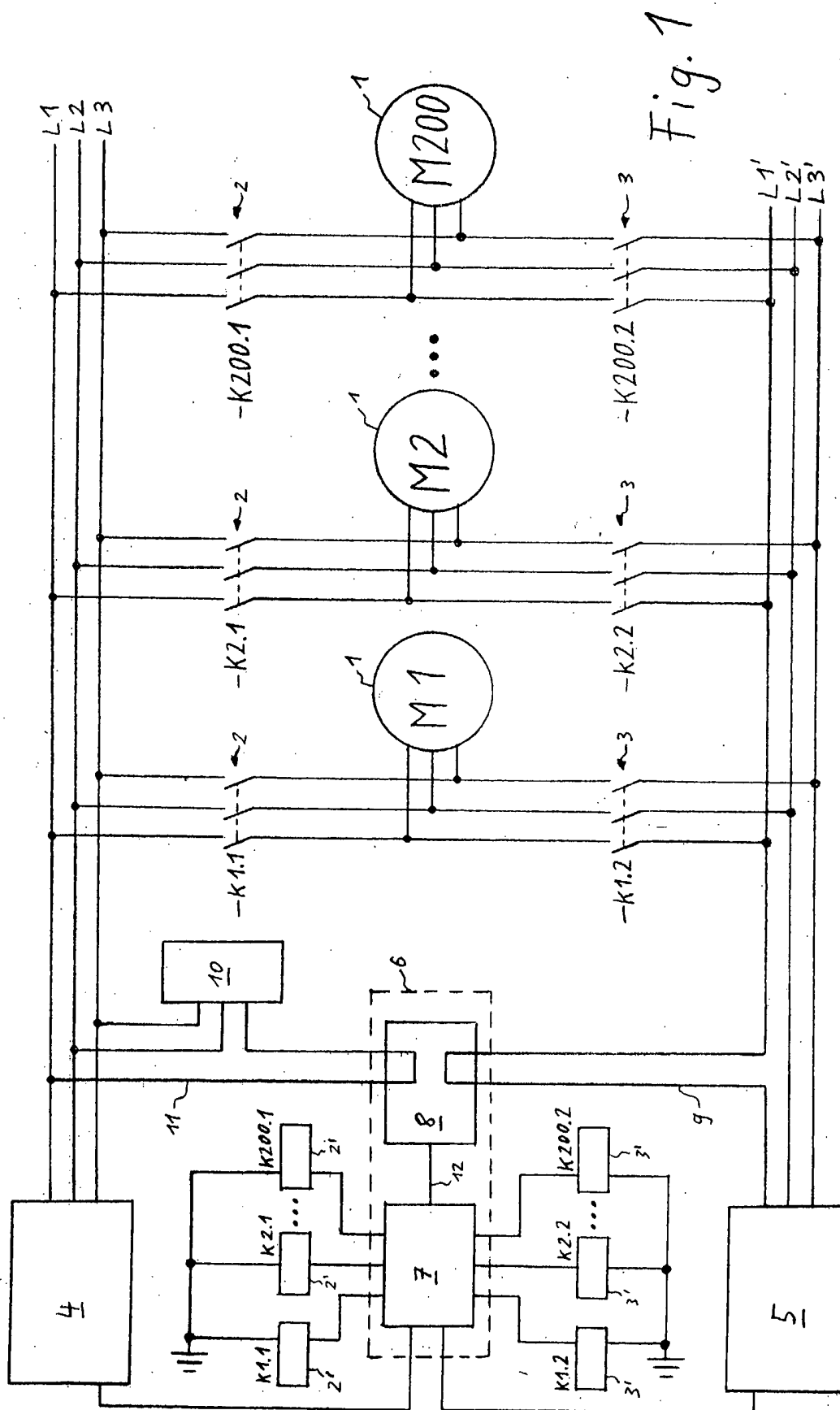
Des Weiteren sind die Messpunkte MP0, MP1, MP2, MP3 und MP4 an den Stellen angezeichnet, an denen die entsprechenden – in Figur 4 dargestellten – Signale vorliegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umschalten eines Motors von einem Hochfahrumrichter auf einen Betriebsumrichter in einer Textilmaschine mit einer Vielzahl von jeweils von wenigstens einem Motor angetriebenen Arbeitsstellen, von denen wenigstens einige von einem Betriebsumrichter gemeinsam versorgt werden, wobei wenigstens ein Motor einer einzelnen Arbeitsstelle nach einer Betriebsunterbrechung und Trennung vom Betriebsumrichter durch einen Hochfahrumrichter separat hochgefahren wird, wobei die durch Frequenz und Phasenlage gekennzeichneten Ströme in dem Hochfahr- und dem Betriebsumrichter bezüglich ihrer Frequenzen im Wesentlichen synchronisiert werden, und wobei der Motor nach der Synchronisierung wieder vom Hochfahrumrichter auf den Betriebsumrichter geschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzen der Ströme in dem Hochfahrumrichter und in dem Betriebsumrichter sich kurz vor dem Umschalten um einen relativ geringen, aber dennoch definiert großen Betrag unterscheiden, und dass die Phasenlage der Ströme in dem Hochfahrumrichter und in dem Betriebsumrichter beim Umschalten im Wesentlichen gleich ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des Stromes in dem Hochfahrumrichter kurz vor dem Umschalten höher ist als die Frequenz des Stromes in dem Betriebsumrichter.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ströme des Betriebs- und des Hochfahrumrichters analysiert werden und ein Summensignal aus beiden Strömen erzeugt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Wesentlichen während des Vorliegens des absoluten Maximums des Summensignals umgeschaltet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass kurz nach Durchlaufen des absoluten Maximums des Summensignals umgeschaltet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das absolute Maximum des Summensignals durch Vergleich eines geglätteten Summensignals mit einem Referenzsignal ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Referenzsignal in einem Hochfahrvorgang jeweils in seiner Höhe selbsttätig einstellt, wobei die Höhe um einen

vorgegebenen Betrag unterhalb des absoluten Maximums des Summensignals liegt.

8. Antriebsvorrichtung einer Textilmaschine zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit wenigstens einem wechselseitig mit einem Betriebsumrichter (4) und einem Hochfahrumrichter (5) verbindbaren Motor (1) und mit einer analogen Schaltung (8) enthaltenden Steuereinheit (6), dadurch gekennzeichnet, dass die analoge Schaltung (8) wenigstens einen ein Summensignal (MP0) erzeugenden Stromwandler (15;17), wenigstens eine das Summensignal (MP0) glättende Schaltung (20), wenigstens eine ein Referenzsignal (MP3) erzeugende Schaltung (24) sowie wenigstens eine ein geglättetes Summensignal (MP2) und Referenzsignal (MP3) vergleichende und ein Digitalsignal (MP4) gebende Komparatorschaltung (22) enthält.



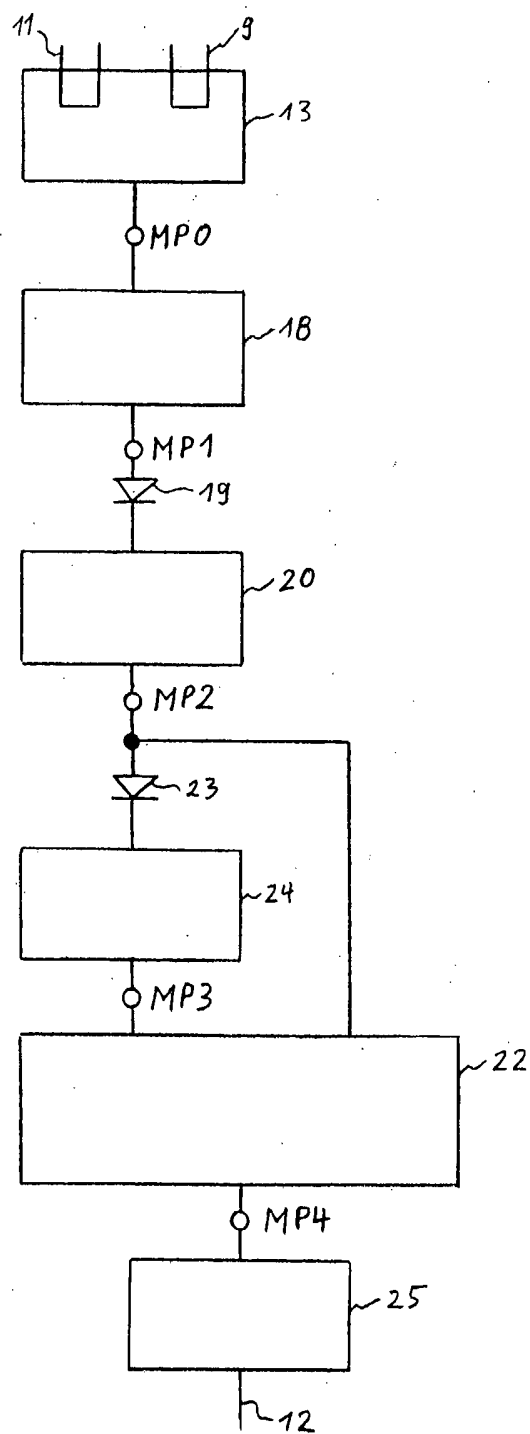


Fig. 2

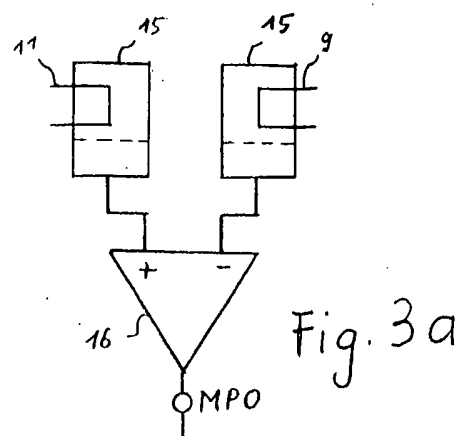


Fig. 3a

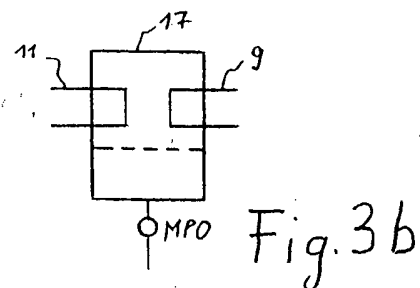
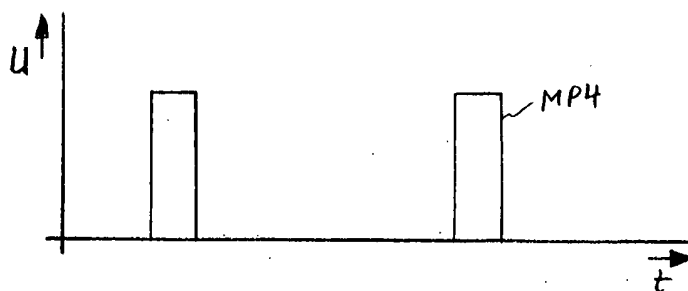
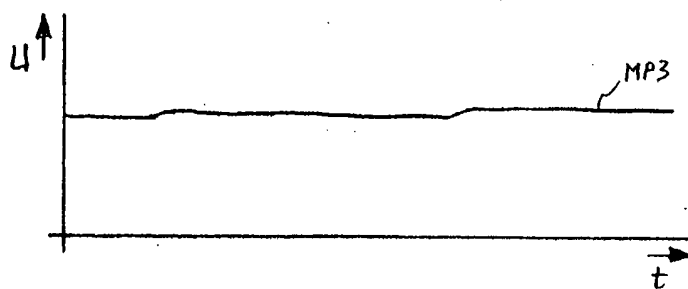
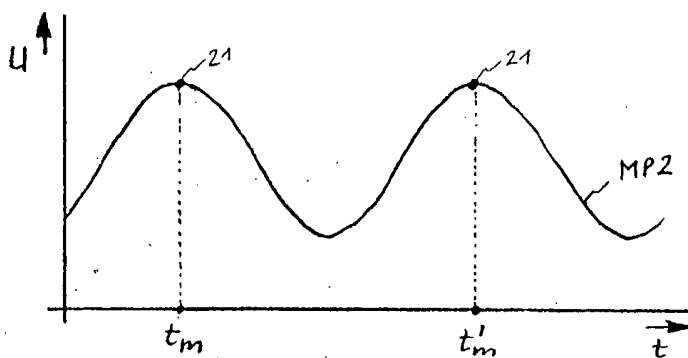
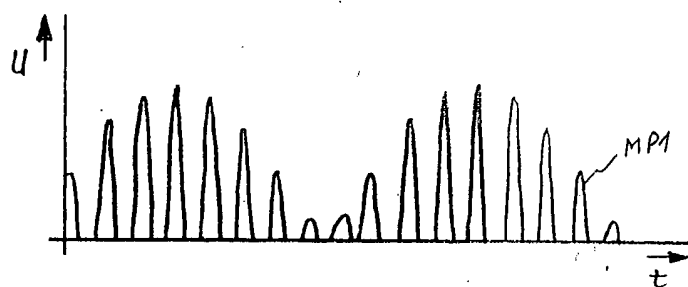
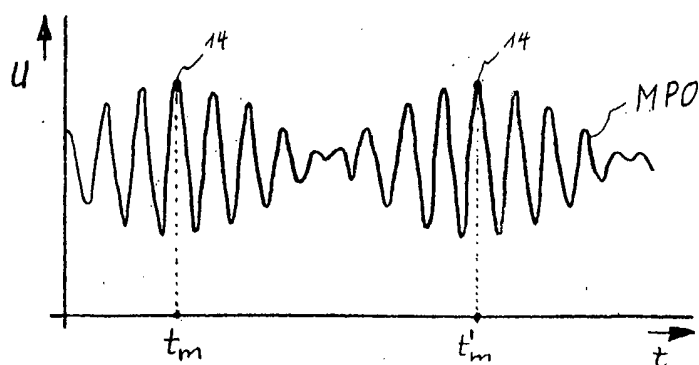


Fig. 3b



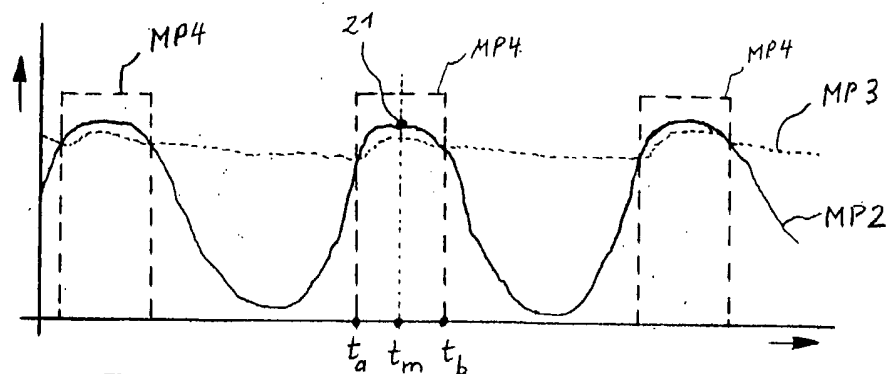


Fig. 5

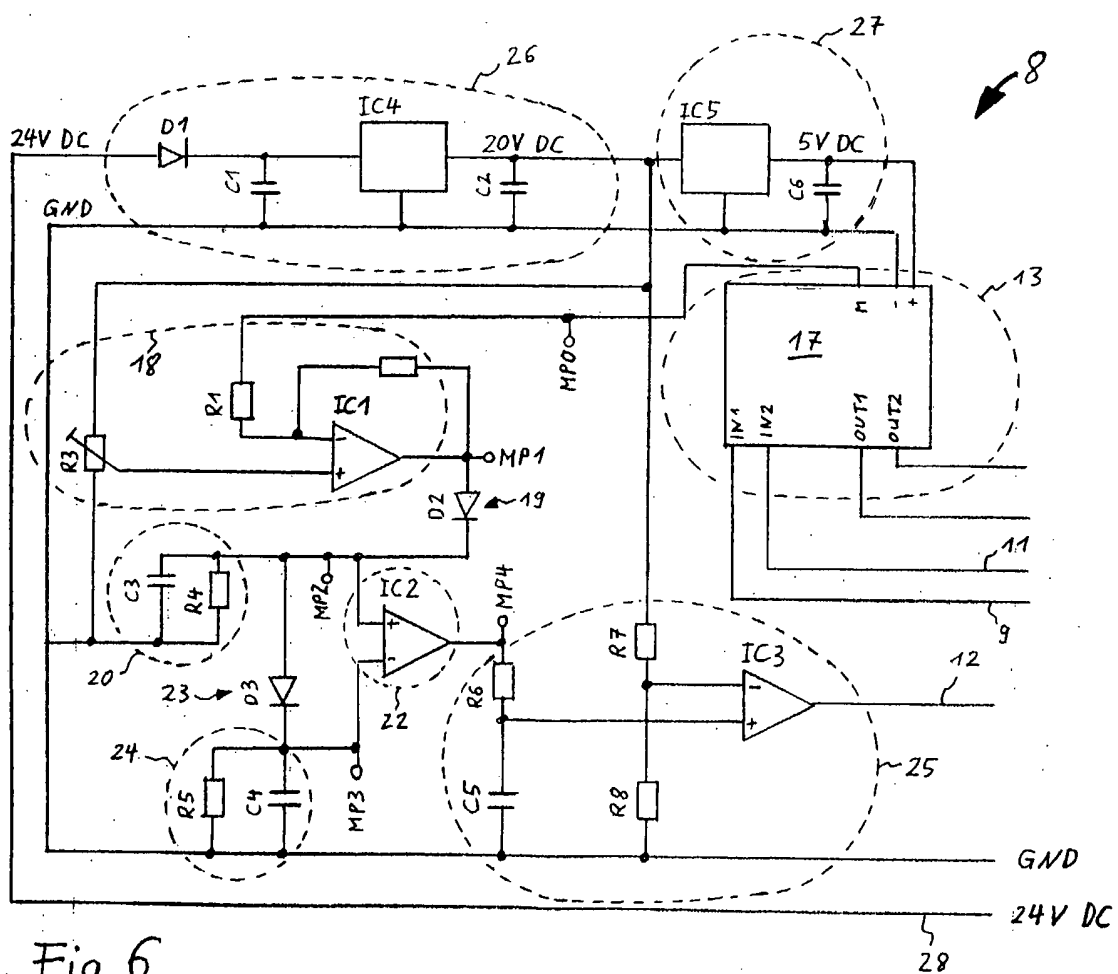


Fig. 6

Internal Application No
PC 11-1 P2005/009578

Internal Application No
PC 11-P2005/009578

H02P1/52 H02P1/30 H02M7/757 D01H4/42

B. FIELDS SEARCHED

H02P H02M D01H

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
------------	--	-----------------------

X DE 34 36 505 A1 (LICENTIA
PATENT-VERWALTUNGS-GMBH; LICENTIA
PATENT-VERWALTUNGS-GMBH, 60)
10 April 1986 (1986-04-10)
page 5, lines 24-37; figures 1,3
page 6, lines 10-25
page 1, lines 18-31
page 12, lines 12-21
page 8, lines 21-24
X page 11, lines 1-14
page 11, lines 16-20; figure 3
page 10, lines 17-28
page 9, line 24 - page 10, line 28

1.8

2-7

— / —

☒ 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

9 December 2005

Date of mailing of the international search report

22/12/2005

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 _____

Kanelis, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/009578

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 23 65 111 A1 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH, 6000 FRANKFURT; LICENTIA PATENT-VERW) 26 June 1975 (1975-06-26) figure 1	1,8
A	US 2004/107688 A1 (WUEST OLIVIER ET AL) 10 June 2004 (2004-06-10) figures 2-4	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/009578

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3436505	A1	10-04-1986	NONE	
DE 2365111	A1	26-06-1975	NONE	
US 2004107688	A1	10-06-2004	CN 1490445 A	21-04-2004
			EP 1398402 A2	17-03-2004
			JP 2004107870 A	08-04-2004

Internales Aktenzeichen

D01H4/42

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Januar 2004)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen
PCT/EP2005/009578

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 23 65 111 A1 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH, 6000 FRANKFURT; LICENTIA PATENT-VERW) 26. Juni 1975 (1975-06-26) Abbildung 1	1,8
A	US 2004/107688 A1 (WUEST OLIVIER ET AL) 10. Juni 2004 (2004-06-10) Abbildungen 2-4	1,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PC 17 EP 2005/009578

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3436505	A1	10-04-1986	KEINE
DE 2365111	A1	26-06-1975	KEINE
US 2004107688	A1	10-06-2004	CN 1490445 A 21-04-2004
		EP 1398402 A2	17-03-2004
		JP 2004107870 A	08-04-2004