PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/10975**
H02P 3/04	**A1**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. März 1999 (04.03.99)

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP98/05395

(22) **Internationales Anmeldedatum:** 25. August 1998 (25.08.98)

(30) **Prioritätsdaten:**

197 36 940.5	25. August 1997 (25.08.97)	DE
197 40 016.7	11. September 1997 (11.09.97)	DE

(71) **Anmelder** *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SEW-EURODRIVE GMBH & CO. [DE/DE]; Ernst-Blickle-Strasse 42, D-76646 Bruchsal (DE).

(72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder** *(nur für US)*: ROTH-STIELOW, Jörg [DE/DE]; Karl-Braun-Strasse 1, D-75015 Bretten (DE). SCHMIDT, Josef [DE/DE]; Erfurter Strasse 8, D-76676 Graben-Neudorf (DE).

(74) **Anwälte:** BOHNENBERGER, Johannes usw.; Meissner, Bolte & Partner, Postfach 86 06 24, D-81633 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten:** AU, BR, CA, CN, JP, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

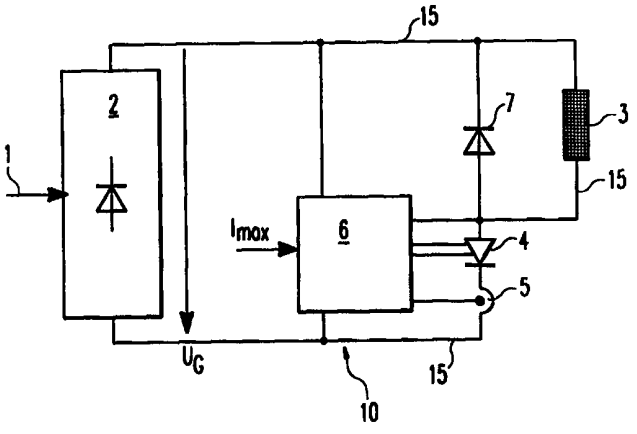
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) **Title:** METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR OPERATING AN ELECTROMAGNETICALLY ACTUATED MECHANICAL BRAKE OF AN ELECTRIC MOTOR

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUM BETRIEB EINER ELEKTROMAGNETISCH BETÄTIGBAREN, MECHANISCHEN BREMSE EINES ELEKTROMOTORS

(57) **Abstract**

Electric motors, especially gear motors, are often equipped with electromagnetically actuated mechanical brakes. According to the invention, a unipolar voltage which varies within a time period is generated by a power supply unit (2) in order to guarantee the operation of an energized coil (3) in alternating voltage systems having different high voltages. The output voltage generated by said power supply unit is positive during a first time period segment, is different from zero and has a maximum value. During a second time period segment, said output voltage is zero or approaching zero. A path of current (15) is provided for an exciting current from the power supply unit to the energized coil, said exciting current being released essentially at the beginning of the first time segment. The path of current (15) is closed again at a given time within the first time segment, whereby the given time is selected in such a way that the exciting current does not exceed a pre-determined maximum value. During a specific time period in which the energized coil (3) is permanently energized or should be energized, the opening and closing of the path of current is repeated in every time period.



(57) Zusammenfassung

Elektromotoren, insbesondere Getriebemotoren werden oftmals mit elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremsen ausgerüstet. Um einen Betrieb einer Erregerspule (3) an Wechselspannungsnetzen verschieden hoher Spannungen zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, eine sich mit einer Zeitperiode ändernde unipolare Spannung durch eine Spannungsquelle (2) zu erzeugen, deren Ausgangsspannung in einem ersten Zeitabschnitt der Zeitperiode positiv und von Null verschieden ist und in diesem ersten Zeitabschnitt einen Maximalwert aufweist und in einem zweiten Abschnitt der Zeitperiode Null ist oder gegen Null geht. Es ist ein Strompfad (15) für einen Erregerstrom von der Spannungsquelle (2) zur Erregerspule (3) vorgesehen, der im wesentlichen zu Beginn des ersten Zeitabschnitts freigegeben wird. Der Strompfad (15) wird zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des ersten Zeitabschnitts wieder gesperrt, wobei der bestimmte Zeitpunkt so gewählt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreitet. Während eines Zeitraums, in welchem die Erregerspule (3) dauerhaft erregt ist bzw. erregt werden soll, wird das Freigeben und Sperren des Strompfads in jeder Zeitperiode wiederholt.

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	Aserbaidschan	**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 Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Verfahren und Schaltungsanordnung zum Betrieb einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Betrieb einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbesondere eines Getriebemotors.

Elektrische Maschinen, insbesondere Elektromotoren lassen sich sehr gut in ihrer Drehzahl steuern. Um die an sich schon gute Steuerbarkeit zu verbessern, ist es bekannt, mechanische Bremsen vorzusehen, die über eine Elektromagnet-Anordnung gelöst bzw. gelüftet werden können. Während des Betriebes des Elektromotors bestromt man eine Erregerspule der elektromagnetisch betätigten, mechanischen Bremse zusammen mit dem Elektromotor. Im unbestromten Zustand wird der Elektromotor aufgrund einer Federkraft, die auf die Bremse wirkt, festgehalten.

Weiterhin ist es bekannt, die Elektromotoren an einem Wechsel- bzw. Drehstromnetz zu betreiben. Bei Verwendung einer mit Gleichstrom zu betreibenden Erregerspule werden daher Umrichter bzw. Gleichrichter eingesetzt. Wegen der weltweit unterschiedlichen Betriebsspannungen von Wechsel- bzw. Drehstromnetzen wird eine Vielzahl von Varianten mit Erregerspulen für unterschiedliche Betriebsspannungen hergestellt und vertrieben. Aus dem gleichen Grund wird auch eine Vielzahl unterschiedlicher Gleichrichter-Schaltungsanordnungen produziert. Um durch größere Produktionszahlen zu einer Kostenreduktion zu kommen, gibt es be-

reits Bestrebungen, eine unter mehreren weltweit üblichen Spannungsklassen betreibbare Gleichrichter-Schaltungsanordnung einzusetzen. Da sich aber die durch die Schaltungsanordnung erzeugte unipolare Spannung in ihrer Höhe nach der Höhe der Wechselspannung richtet, ist die Erregerspule der elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse jeweils genau an die am Einsatzort verfügbare Netzspannung anzupassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung für den Betrieb einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbesondere eines Getriebemotors, dahingehend weiterzubilden, daß derselbe Typ einer Erregerspule an Wechsel- bzw. Drehstromnetzen mit unterschiedlich hohen Spannungen betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Schaltungsanordnung nach Patentanspruch 21 gelöst. Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweils abhängigen Ansprüche.

Bei der Erfindung dreht es sich also um ein Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbesondere Getriebemotors, mit einer Erregerspule zum Betätigen, insbesondere zum Lüften der Bremse, und mit einem Wechselspannungsnetz, das eine Netzspannung mit einer Wechselperiode abgibt, wobei die Erregerspule eine Zeitkonstante entsprechend einem Quotienten aus einer Spuleninduktivität und einem ohmschen Spulenwiderstand aufweist.

Zum Betrieb der Bremse an Netzspannungen eines weiten Spannungsbereiches wird eine sich mit einer Zeitperiode ändernde unipolare Spannung durch eine Spannungsquelle erzeugt.

Die unipolare Spannung ist in einem ersten Zeitabschnitt der Zeitperiode positiv und von Null verschieden und weist in diesem ersten Zeitabschnitt einen Maximalwert auf und ist in einem zweiten Zeitabschnitt der Zeitperiode Null oder geht mindestens gegen Null.

Ein Strompfad für einen Erregerstrom von der Spannungsquelle zur Erregerspule wird im wesentlichen zu Beginn des ersten Zeitabschnittes freigegeben.

Der Strompfad wird zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des ersten Zeitabschnitts wieder gesperrt, wobei der bestimmte Zeitpunkt so gewählt wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreitet.

Während eines Zeitraumes, in welchem die Erregerspule dauerhaft erregt ist bzw. erregt werden soll, wird das Freigeben und Sperren des Strompfades in jeder Zeitperiode wiederholt.

Vorzugsweise wird die unipolare Spannung durch eine Gleichrichtereinheit in der Spannungsquelle aus einer einphasigen Netzspannung des Wechselspannungsnetzes derart erzeugt, daß der erste Zeitabschnitt im wesentlichen die gesamte Wechselperiode überdeckt, so daß der zweite Abschnitt sehr kurz ist, wobei die Zeitperiode der halben Wechselperiode entspricht.

Alternativ können der erste und der zweite Abschnitt jeweils der halben Zeitperiode sowie der halben Wechselperiode entsprechen.

Vorzugsweise wird der Strompfad über Hauptstromelektroden eines elektronischen, über eine Steuerstrecke ein- und ausschaltbaren Einwegventils durch Einschalten des Einwegventils freigegeben und durch Ausschalten des Einwegventils gesperrt, wobei bei ausgeschaltetem Einwegventil ein Entladestrom aus der Erregerspule durch einen parallel zur Erregerspule liegenden Freipfad mit einem Abkling-Zeitverlauf geführt wird, welcher im wesentlichen der Zeitkonstante der Erregerspule entspricht.

Der Strompfad wird dann freigegeben, wenn die unipolare Spannung ausgehend von Null erstmals einen positiven Schwellenwert erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert.

Bei einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird der Erregerstrom gemessen und der Strompfad dann gesperrt, wenn der Erregerstrom einen vorgegebenen ersten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfades von niedrigeren Erregerstromwerten herkommend erreicht.

Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird die unipolare Spannung gemessen und ein von Null ausgehender Integralwert der unipolaren Spannung über den ersten Zeitabschnitt gebildet, wobei der Strompfad dann gesperrt wird, wenn der Integralwert einen vorgegebenen zweiten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfades von niedrigeren Integralwerten herkommend

erreicht, wobei der zweite Schwellenhöchstwert derart vorgegeben wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet.

Bei einer dritten Ausführungsform der Erfindung wird die unipolare Spannung gemessen und über ein Verzögerungsglied erster Ordnung ein erster gewichteter Meßwert der unipolaren Spannung gebildet, wobei der Strompfad dann gesperrt wird, wenn der erste gewichtete Meßwert einen vorgegebenen dritten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Stompfads von niedrigeren gewichteten Meßwerten herkommend erreicht, wobei eine Zeitkonstante des Verzögerungsglieds im wesentlichen entsprechend der Dauer des ersten Zeitabschnitts eingestellt und der dritte Schwellenhöchstwert so vorgegeben werden, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet.

Bei einer vierten Ausführungsform der Erfindung werden eine längs der Erregerspule anstehende Spannung gemessen und über ein Verzögerungsglied erster Ordnung ein gewichteter zweiter Meßwert dieser Spannung gebildet, wobei der Strompfad dann gesperrt wird, wenn der zweite Meßwert einen vorgegebenen vierten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads von kleineren Werten herkommend erreicht, wobei eine Zeitkonstante des Verzögerungsglieds erster Ordnung im wesentlichen entsprechend der Zeitkonstante der Erregerspule gewählt wird und vorzugsweise mindestens doppelt so lang wie die Zeitperiode der unipolaren Spannung ist und wobei der vierte Schwellenhöchstwert derart vorgegeben wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet. Es wird hier sozusagen der durch die Erregerspule fließende Strom

„abgebildet", so daß eine direkte Strommessung nicht notwendig ist. Dies erniedrigt den Schaltungsaufwand.

Durch alle diese Ausführungsformen wird der die Erregerspule durchfließende Strom auf einen Wert eingestellt, welcher den Anforderungen der Bremse entspricht.

Vorzugsweise wird bei den ersten bis vierten Ausführungsformen der vorgegebene Schwellenhöchstwert in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Bremse insbesondere in Abhängigkeit von einem Lüften und einem Halten im gelüfteten Zustand verändert, so daß der Betriebszustand der Bremse (Lüften/Halten) berücksichtigt wird. Hierbei wird vorzugsweise der vorgegebene Schwellenhöchstwert zu Beginn einer erstmaligen Bestromung beim Lüften der Bremse für ein Erhöhungszeitintervall auf einen höheren Wert gesetzt wird als beim Halten, so daß das Lüften beschleunigt wird. Vorzugsweise ist dabei das Erhöhungszeitintervall größer oder gleich der Zeitkonstante der Erregerspule oder mindestens doppelt so lang wie die Zeitperiode der unipolaren Spannung.

Bei Verwendung des Einwegventils wird zum Schutz vor transienten Überspannungen das Einwegventil unabhängig von anderen Steuervorgaben immer dann eingeschaltet, wenn eine Spannung zwischen seinen Hauptstromelektroden bei der transienten Überspannung einen Überspannungsgrenzwert überschreitet, der größer ist als der betriebsmäßig vorgesehene Maximalwert der unipolaren Spannung, so daß die Überspannung über die Erregerspule abgebaut wird.

Weiterhin wird das Einwegventil dann eingeschaltet, wenn an der Steuerstrecke eine positive Spannung anliegt und dann

ausgeschaltet, wenn an der Steuerstrecke eine negative Spannung oder eine Spannung Null anliegt, wobei der Steuerstrecke zum Einschalten des Einwegventils die unipolare Spannung über mindestens einen ohmschern Widerstand zugeführt und die positive Steuerspannung vorzugsweise über einen Zweipol begrenzt wird.

In beiden Fällen wird die Steuerstrecke zum Ausschalten des Einwegventils über mindestens einen ohmschern Widerstand und einen elektronischen Schalter kurzgeschlossen.

Bei der oben erwähnten höheren Bestromung beim Lüften der Bremse wird das Erhöhungszeitintervall durch ein Zeitglied derart gesteuert, daß das Erhöhungszeitintervall beginnt, wenn die unipolare Spannung erstmals durch Einschalten der Netzspannung des Wechselspannungsnetzes beim Lüften der Bremse einen vorgegebenen Schwellenwert erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert.

Bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung wird der Integralwert während des zweiten Zeitabschnitts auf Null zurückgesetzt.

Bei der vierten Ausführungsform der Erfindung wird das Verzögerungsglied erster Ordnung während einer Freigabe des Strompfads mit der längs der Erregerspule anstehenden Spannung verbunden und während eines Sperrens des Strompfads eingangsseitig über einen elektronischen Schalter kurzgeschlossen.

Vorrichtungsmäßig dreht es sich bei der Erfindung um eine Schaltungsanordnung zum Betrieb einer elektromechanisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbe-

sondere eines Getriebemotors an Netzspannungen eines weiten Spannungsbereichs, umfasssend

eine Erregerspule mit Anschlußklemmen, die eine Zeitkonstante entsprechend einem Quotienten aus einer Spuleninduktivität und einem ohmschern Spulenwiderstand aufweist, zum Betätigen, insbesondere zum Lüften der Bremse;

ein Wechselspannungsnetz, das eine Netzspannung mit einer Wechselperiode abgibt;

eine Spannungsquelle zum Erzeugen einer sich mit einer Zeitperiode ändernden unipolaren Spannung, die in einem ersten Zeitabschnitt der Zeitperiode positiv und von Null verschieden ist und in diesem ersten Zeitabschnitt einen Maximalwert aufweist und in einem zweiten Zeitabschnitt der Zeitperiode Null ist oder mindestens gegen Null geht;

einen Strompfad für einen Erregerstrom, der von der Spannungsquelle zur Erregerspule und zurück führt;

ein elektronisches Einwegventil mit Hauptstromelektroden, über die der Strompfad zum Freigeben und Sperren des Strompfads führt und mit einer Steuerstrecke zum Ein- und Ausschalten des Einwegventils;

eine Steuerschaltung, die mit der Steuerstrecke verbunden und derart ausgebildet ist, daß das Einwegventil zum Freigeben des Strompfads im wesentlichen zu Beginn des ersten Zeitabschnitts eingeschaltet und zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des ersten Zeitabschnittes zum Sperren des Strompfades ausgeschaltet wird,

wobei die Steuerschaltung weiterhin so ausgebildet ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreitet und während eines Zeitraums, in welchem die Erregerspule dauerhaft erregt ist bzw. erregt werden soll, das ein Ein- und Ausschalten des Einwegventils zum Freigeben und Sperren des Strompfads in jeder Zeitperiode widerholt wird.

Vorzugsweise ist die Spannungsquelle eingangsseitig mit einer einphasigen Netzspannung des Wechselspannungsnetzes verbunden und umfaßt eine Dioden-Brückenschaltung, so daß der erste Zeitabschnitt im wesentlichen die gesamte Wechselperiode umfaßt, so daß der zweite Zeitabschnitt sehr kurz ist und die Zeitperiode im wesentlichen der halben Wechselperiode entspricht.

Alternativ umfaßt die Spannungsquelle eine Dioden-Mittelpunktschaltung, so daß der erste und der zweite Zeitabschnitt jeweils der halben Zeitperiode sowie der halben Wechselperiode entsprechen.

Zusätzlich ist vorzugsweise parallel zu den Anschlußklemmen der Erregerspule ein Freilaufpfad mit einer Schaltungsanordnung zum Entladen der Erregerspule nach Sperren des Strompfades mit einer Entladezeitkonstanten entsprechend der Zeitkonstanten der Erregerspule geschaltet.

Vorzugsweise ist eine Spannungsmeßeinrichtung zur Abtastung der unipolaren Spannung und ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines positiven Schwellenwerts vorgesehen, wobei die Steuereinrichtung das Einwegventil dann zum Freigeben des Strompfads einschaltet, wenn die unipolare Spannung ausge-

hend von Null erstmals den positiven Schwellenwert erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert.

Eine erste Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Strommeßeinrichtung zum Erzeugen eines dem Erregerstrom entsprechenden Stromsignals, ein Schwellenwertglied, zum Vorgeben eines ersten Schwellenhöchstwerts, wobei die Steuerschaltung das Einwegventil zum Sperren des Strompfads dann ausschaltet, wenn das Stromsignal den ersten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads von niedrigeren Stromsignalen herkommend erreicht.

Eine zweite Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Integriereinrichtung zum Bilden eines von Null ausgehenden Integralwerts der unipolaren Spannung über den ersten Zeitabschnitt und ein Schwellenwertglied, zum Vorgeben eines zweiten Schwellenhöchstwerts, der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet, wobei der Steuerschaltung der Integralwert und der zweite Schwellenhöchstwert zugeführt werden zum Ausschalten des Einwegventils und zum Sperren des Strompfads dann, wenn der Integralwert den zweiten Schwellenhöchstwert erstmals und nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads von niedrigeren Integralwerten herkommend erreicht.

Eine dritte Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Spannungsmeßeinrichtung zum Abtasten der unipolaren Spannung und zum Abgeben eines Spannungsmeßwerts entsprechend der unipolaren Spannung, ein Verzögerungsglied erster Ordnung mit einer Zeitkonstanten, welche im wesentlichen der Dauer des ersten Zeitabschnitts entspricht, zum Erzeugen eines

gewichteten Meßwerts aus dem Spannungsmeßwert, ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines dritten Schwellenhöchstwertes, der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet, wobei die Steuerschaltung das Einwegventil dann zum Sperren des Strompfads ausschaltet, wenn der gewichtete Meßwert den dritten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads von einem niedrigeren gewichteten Meßwert herkommend erreicht.

Eine vierte Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Spannungsmeßeinrichtung zum Abtasten einer Spannung an den Anschlußklemmen der Erregerspule und zum Abgeben eines entsprechenden Klemmenspannungsmeßwerts, ein Verzögerungsglied erster Ordnung mit einer Zeitkonstante, die im wesentlichen der Zeitkonstanten der Erregerspule entspricht und vorzugsweise mindestens doppelt so lang ist wie die Zeitperiode der unipolaren Spannung, zum Erzeugen eines gewichteten zweiten Meßwerts aus dem Klemmenspannungsmeßwert, ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines vierten Schwellenhöchstwerts, der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert nicht überschreitet, wobei die Steuerschaltung das Einwegventil dann zum Sperren des Strompfads ausschaltet, wenn der gewichtete zweite Meßwert den vierten Schwellenhöchstwert erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads von kleineren Werten herkommend erreicht. Durch diese Ausgestaltung wird ein „Modell" des Erregerstroms über eine Spannungsmessung nachgebildet.

Vorzugsweise weist bei diesen vier Ausführungsformen die Steuerschaltung Einrichtungen zum Verändern des Schwellenhöchstwerts in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der

Bremse bei einem Lüften und einem Halten in gelüftetem Zustand auf, um dem Betriebszustand der Bremse Rechnung zu tragen. Dabei weist die Steuerschaltung ein Zeitglied auf, um den Schwellenhöchstwert zu Beginn einer erstmaligen Bestromung beim Lüften der Bremse für ein Erhöhungszeitintervall auf einen höheren Wert zu setzen als beim Halten im gelüfteten Zustand. Damit werden das dynamische Verhalten der Bremse verbessert und die Erwärmung verringert.

Eine Überspannungsschutzeinrichtung ist vorgesehen, welche eine Spannung zwischen den Hauptstromelektroden abtastet und das Einwegventil zu dessen Schutz vor transienten Spannungen immer dann einschaltet, wenn die Spannung vorübergehend einen Überspannungsgrenzwert überschreitet, der größer ist als der betriebsmäßig vorgesehene Maximalwert der unipolaren Spannung.

Weiterhin umfaßt die Schaltungseinrichtung eine Schutzeinrichtung, die das Einwegventil dann einschaltet, wenn eine positive Spannung an der Steuerstrecke anliegt und dann ausschaltet, wenn eine negative Spannung oder eine Spannung Null an der Steuerstrecke anliegt. Hierbei umfaßt die Schaltungsanordnung mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden der Steuerstrecke mit der unipolaren Spannung zum Einschalten des Einwegventils und ein Begrenzerzweipol, das parallel zur Steuerstrecke zum Begrenzen einer positiven Steuerspannung geschaltet ist.

Vorzugsweise sind mindestens ein ohmscher Widerstand und ein elektronischer Schalter zum Kurzschließen der Steuerstrecke beim Ausschalten des Einwegventils vorgesehen.

Das Zeitglied umfaßt mindestens einen ohmschen Widerstand zur Spannungsversorgung aus der unipolaren Spannung.

Die zweite Ausführungsform umfaßt mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator zur Bildung der Integriereinrichtung, mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden der Integriereinrichtung mit der unipolaren Spannung während des ersten Zeitabschnitts, einen elektronischen Schalter und einen ohmschen Widerstand zum Zurücksetzen der Integriereinrichtung auf den Wert Null im zweiten Zeitabschnitt.

Bei der dritten Ausführungsform umfaßt das Verzögerungsglied erster Ordnung mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator und ist über mindestens einen ohmschen Widerstand mit der unipolaren Spannung verbunden.

Die vierte Ausführungsform umfaßt mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator zur Bildung des Verzögerungsglieds erster Ordnung, mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden des Verzögerungsglieds erster Ordnung mit der unipolaren Spannung bei freigegebenem Strompfad und einen elektronischen Schalter zum eingangsseitigen Kurzschließen des Verzögerungsglieds erster Ordnung bei gesperrtem Strompfad.

Bevorzugtermaßen ist das Ventil ein Schalt-Transistor, vorzugsweise ein IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Ein IGBT ist dazu in der Lage, bei hohen Betriebsspannungen hohe Ströme zu schalten und kann mit einfachen Mitteln angesteuert werden.

Nachfolgend werden zur Erläuterung der Erfindung Ausführungsbeispiele anhand von Abbildungen beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt.

Hierbei zeigen:

Fig. 1 das Prinzipschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 2 das Prinzipschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 das Schaltbild eines Ausführungsbeispiels mit einer Komparatorschaltung,

Fig. 4 das Schaltbild eines Ausführungsbeispiels mit einer Thyristor-Schaltung

Fig. 5 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf einer unipolaren Spannung und des Erregerstromes darstellt,

Fig. 6 das Prinzipschaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 7 das Schaltbild einer Anordnung zur Verfügungstellung einer unipolaren Spannung,

Fig. 8 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf einer unipolaren Spannung zeigt, die aus der Schaltung nach Figur 7 kommt,

Fig. 9 das Schaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels zur Erzeugung einer unipolaren Spannung,

Fig. 10 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf der unipolaren Spannung aus der Schaltung nach Figur 9 darstellt,

Fig. 11 das Prinzipschaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 12 das Prinzipschaltbild noch eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 13 das Prinzipschaltbild eines letzten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 14 das Schaltbild eines Teils eines Ausführungsbeispiels mit einem Überspannungsschutz für das Einwegventil,

Fig. 15 das Schaltbild einer anderen Ausführungsform der Anordnung gemäß Figur 14,

Fig. 16 ein Teil-Schaltbild zur Verdeutlichung eines Verzögerungsglieds erster Ordnung,

Fig. 17 ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels, bei welchem der Strompfad in Abhängigkeit von der Spannung an der Erregerspule gesperrt wird,

Fig. 18 das Schaltbild einer Anordnung zur Erzeugung einer Einschaltüberhöhung und

Fig. 19 das Schaltbild einer anderen Anordnung zur Realisierung einer Einschaltüberhöhung.

In der nachfolgenden Beschreibung werden für gleiche und gleichwirkende Teile die selben Bezugsziffern verwendet.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Prinzipschaltbild ist mit der Bezugsziffer 1 ein Wechsel- oder Drehstromnetz bezeichnet, das auf eine Spannungsquelle 2 geführt ist, deren gleichgerichtete unipolare Ausgangsspannung U_G zum Betrieb der Erregerspule 3 genutzt wird. Ein Strompfad 15 für den Erregerstrom verbindet die Ausgangsklemmen der Spannungsquelle 2 miteinander. Im Strompfad 15 befinden sich die Erregerspule 3, ein Ventil 4, das als Einwegventil ausgebildet ist, und ein Stromsensor 5, alle zueinander in Reihe geschaltet. Ebenfalls an die Ausgangsklemmen der Spannungsquelle 2 ist die Steuerschaltung 6 angekoppelt, durch die das Ventil 4 in Abhängigkeit einer durch den Stromsensor 5 gelieferten Meßgröße sperrbar ist. Der Erregerspule 3 ist eine Freilaufdiode 7 parallelgeschaltet, durch die der Erregerstrom bei abgeschaltetem Ventil 4 aufgrund der Induktivität der Erregerspule 3 fließen kann. Damit können extreme Schaltspitzen vermieden werden. Die so gebildete Schaltungsanordnung wird entweder ohne oder mit der Erregerspule 3 als eine bautechnische Einheit hergestellt.

Im Unterschied zu der Schaltungsanordnung nach Fig. 1 weist die in Fig. 2 gezeigte Schaltungsanordnung zwei weitere Bauelemente auf. Hierbei ist der Erregerspule 3 eine Reihenschaltung, bestehend aus der Freilaufdiode 7 und einem Varistor 8 parallelgeschaltet, wobei wiederum dem Varistor 8 ein Schaltkontakt 9 parallelgeschaltet ist. Zur Verkürzung der Bremseneinfallzeit, d. h. zur schnellen Betätigung einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse, wird nicht nur das Wechsel- bzw. Drehstromnetz von der Spannungsquelle 2 getrennt, sondern wird zusätzlich die Erregerspule 3 durch den Schaltkontakt 9 direkt abgeschaltet. Zum Schutz des Schaltkontaktes 9 ist diesem der Varistor 8 parallelgeschaltet. Die Einsatzspannung des Varistors 8 ist vorzugsweise so bemessen, daß sie etwas größer als der Scheitelwert der unipolaren Spannung U_G ist.

Anhand von Fig. 5 wird nun beispielhaft eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Einstellung des Erregerstromes einer Erregerspule beschrieben. Dabei wird weiterhin beispielhaft auf das Prinzipschaltbild von Fig. 1 bezug genommen. Zu einem früheren, in Fig. 5 nicht dargestellten Zeitpunkt wird die (Wechsel-)Versorgungsspannung eingeschaltet, d. h. an den Ausgangsklemmen der Spannungsquelle 2 liegt ab diesem Zeitpunkt eine sekundäre, sich im Zeitverlauf periodisch ändernde unipolare Spannung U_G an.

Zu Beginn der ersten Periode der unipolaren Spannung U_G versetzt die Steuerschaltung 6 das Ventil 4 in einen elektrisch leitenden Zustand, so daß ein Teil der unipolaren Spannung U_G, der durch den Innenwiderstand der Erregerspule 3 und die weiteren Widerstände entlang des Strompfades 15 bestimmt ist, an der Erregerspule anliegt. Gedämpft durch die Induktivität der Erregerspule 3 steigt der Erregerstrom

I_E mit der unipolaren Spannung U_G zunächst an. Abhängig von der Dimensionierung der Bauteile der Schaltungsanordnung 10 kann der Erregerstrom I_E auch nach dem Überschreiten des Scheitelpunktes der unipolaren Spannung U_G noch weiter ansteigen. Spätestens nach dem Ablauf einiger Perioden ist der Erregerstrom I_E so weit angestiegen, daß sein über eine Periode gemittelter Wert etwa konstant bleibt.

Insbesondere, wenn die Zeitkonstante τ_B, gebildet durch den Quotienten der Induktivität und des ohmschern Widerstandes R_B der Erregerspule 3, die bevorzugt größer als die Periodendauer ist und wenn der zeitliche Mittelwert der an der Erregerspule 3 anliegenden Spannung größer als das Produkt des ohmschern Widerstandes R_B der Erregerspule 3 und eines vorgegebenen Maximalwertes I_{max} des Erregerstromes I_E ist, erreicht der Erregerstrom I_E den Höchstwert I_{max}. In dem in Fig. 5 gezeigten Fall tritt dies zum Zeitpunkt t1 ein. Anhand der von dem Stromsensor 5 übermittelten Meßgröße wird dieses Ereignis von der Steuerschaltung 6 festgestellt. Daraufhin schaltet die Steuerschaltung 6 das Ventil 4 aus, wodurch der Strompfad 15 gesperrt wird. Der Erregerstrom I_E kommutiert sodann in die Freilaufdiode 7 und fällt infolgedessen ab. Dieser Vorgang setzt sich bis zum Beginn der nächstfolgenden Periode der unipolaren Spannung U_G fort. Anschließend, zum Zeitpunkt t2, schaltet die Steuerschaltung 6 das Ventil 4 wieder ein, so daß der Strompfad 15 freigegeben wird und der Erregerstrom I_E wieder ansteigen kann. Der zeitliche Mittelwert des Erregerstromes I_E liegt daher zumindest geringfügig niedriger als der Höchstwert I_{max}. Der Zeitpunkt t2 folgt vorzugsweise in möglichst kurzem Abstand auf den Zeitpunkt, zu dem die unipolare Spannung U_G ihren Minimalwert (U_{Gmin}) annimmt.

Ist der Scheitelwert der unipolaren Spannung U_G kleiner als das Produkt des ohmschern Widerstandes R_B und des Höchstwertes I_{max}, dann erreicht der Erregerstrom I_E nicht den Höchstwert I_{max}. Bei bestimmten Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist es jedoch auch in diesem Fall möglich, daß das Ventil 4 zeitweise gesperrt ist, nämlich innerhalb eines kurzen Zeitintervalls, in dem die unipolare Spannung U_G annähernd verschwindet. Dieses Zeitintervall ist aber in der Regel wesentlich kürzer als die Periodendauer der unipolaren Spannung U_G.

Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung weist eine Steuerschaltung 6 mit einer Komparatorschaltung 53 auf. Die Steuerschaltung 6 weist weiterhin einen Steuerwiderstand 162 und eine Zenerdiode 163 auf. Die Zenerdiode 163 ist parallel zu der Steuerstrecke eines IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 41 geschaltet und verhindert so eine unzulässig hohe Spannungsbeanspruchung dieser Steuerstrecke. Andererseits ist die Zenerdiode 163 so bemessen, daß die Steuerstrecke sicher durchgeschaltet werden kann. Als Schaltelement weist die Komparatorschaltung 53 einen Operationsverstärker 642 auf, der einen bipolaren Transistor 643 ansteuert, dessen Kollektor mit der einen Klemme der Spannungsquelle 2 über den Steuerwiderstand 162 verbunden ist und dessen Emitter mit der anderen Klemme der Spannungsquelle 2 verbunden ist. Der Steuerwiderstand 162 ist so klein bemessen, daß die Steuerstrecke des IGBT 41 schon dann sicher durchgeschaltet wird, wenn die unipolare Spannung U_G einen kleinen Wert hat, der vorzugsweise mindestens eine Größenordnung (Faktor 0.1) kleiner als der Scheitelwert der unipolaren Spannung U_G ist. Bei einer sich im Zeitverlauf periodisch ändernden unipolaren Spannung U_G wird daher der IGBT 41 bereits zu

Beginn einer Periode in den elektrisch leitenden Zustand versetzt.

Als Steuergröße wird der Steuerschaltung 6 die an dem Sensorwiderstand 5 abfallende Steuerspannung U_T zur Verfügung gestellt. Ein Teil der Steuerspannung U_T wird durch die Komparatorschaltung 53 mit einer durch eine Referenzspannungsquelle 12 erzeugten Referenzspannung verglichen. Die Referenzspannung ist ein Maß für den Höchstwert I_{max} des Erregerstromes. Erreicht der Erregerstrom I_E den Höchstwert I_{max}, dann stimmen die Steuerspannung U_T und die Referenzspannung miteinander überein. Dann kippt die Komparatorschaltung 53, so daß der bipolare Transistor 643 leitend wird und der IGBT 41 in den elektrisch sperrenden Zustand übergeht. Der Erregerstrom I_E kommutiert sodann in die Freilaufdiode 7. Vorzugsweise ist die Referenzspannung der Referenzspannungsquelle 12 von außen verstellbar, beispielsweise durch eine nicht gezeigte Verstelleinrichtung zur Steuerung des Bremsverhaltens.

Ein Hysteresewiderstand 641 zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 642 und dem Verbindungspunkt zwischen der Erregerspule 3 und dem IGBT 41 verhindert ein Zurückkippen der Komparatorschaltung 53, so lange die unipolare Spannung U_G noch nicht wieder auf einen sehr kleinen Wert abgefallen ist, der vorzugsweise mindestens eine Größenordnung kleiner als der Scheitelwert der unipolaren Spannung U_G ist.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Schaltungsanordnung übernimmt die Steuerschaltung 6 die Ansteuerung des IGBT 41. Der Höchstwert I_{max} ergibt sich hierbei aus der Dimensionierung der Elemente der Steuerschaltung 6, des IGBT 41 und des

Sensorwiderstandes 5. Der mit einem Thyristor 161 in Reihe zwischen die Anschlußklemmen der Spannungsquelle 2 geschaltete Steuerwiderstand 162 ist so bemessen, daß die Steuerstrecke des IGBT 41 schon dann sicher durchgeschaltet wird, wenn die unipolare Spannung U_G erst einen kleinen Wert angenommen hat, welcher mindestens eine Größenordnung kleiner als der Scheitelwert der unipolaren Spannung U_G ist. Die der Steuerstrecke des IGBT 41 parallelgeschaltete Zenerdiode 163 ist so bemessen, daß einerseits die Steuerstrecke des IGBT 41 sicher durchgeschaltet werden kann, andererseits aber eine unzulässig hohe Spannungsbeanspruchung dieser Steuerstrecke vermieden wird. Der Wert des Sensorwiderstandes 5 ist so gewählt, daß die an ihm abfallende Spannung U_T der Zündspannung des Thyristors 161 entspricht, wenn durch den Sensorwiderstand 5 ein Strom mit dem Wert des Höchststromes I_{max} fließt. In diesem Fall zündet der Thyristor 161, d. h. er geht in einen elektrisch leitenden Zustand über, mit der Folge, daß die Anschlüsse der Steuerstrecke des IGBT 41 kurzgeschlossen sind. Folglich sperrt der IGBT 41 den Strompfad 15. Der Thyristor 161 verlöscht erst dann wieder, wenn die unipolare Spannung U_G auf den Wert 0 abgefallen ist. Der IGBT 41 wird daher erst wieder etwa zu Beginn eines erneuten Ansteigens der unipolaren Spannung U_G eingeschaltet, d. h. der Strompfad 15 wird freigegeben.

Bei der in Fig. 6 gezeigten Prinzipschaltung ist im Gegensatz zu den Prinzipschaltungen nach den Fig. 1 und 2 kein Stromsensor vorgesehen. Dennoch wird die eingangs genannte Aufgabe auch bei dieser Schaltung gelöst und zwar durch Einstellung desjenigen Zeitabschnittes, über den der Erregerspule 3 Strom zugeführt wird. Dies wird in den nachfolgenden Beispielen näher erläutert.

Zunächst wird auf die Fig. 7 und 8 Bezug genommen, welche eine Ausführungsform der Erfindung zeigen, bei welcher die Spannungsquelle 2 eine Diode 51 im Strompfad 15 aufweist, so daß eine Einweggleichrichtung der aus dem Wechselstromnetz 1 kommenden Wechselspannung bewerkstelligt wird. Zwischen die Klemmen des Wechselstromnetzes 1 ist ein Varistor 50 zum Schutz vor Überspannungen geschaltet.

Die Spannungs- und Stromverläufe sind in Fig. 8 dargestellt. Die Diode 51 läßt lediglich die positiven Halbwellen der Wechselspannung durch, so daß nur zwischen dem Zeitpunkt 0 und dem Zeitpunkt t_A die unipolare Spannung U_G vorliegt. Während des Zeitraumes t_A bis T, also während des zweiten Teils der Wechselspannungsperiode 0-T liegt keine Spannung vor. Im Diagramm nach Fig. 8 sind weiterhin eine untere Schwelle U_{G0} und der Maximalwert U_{Gmax} der unipolaren Spannung U_G gezeigt.

Der Erregerstrom I_E steigt von dem Zeitpunkt, zu welchem die unipolare Spannung U_G die untere Schwelle U_{G0} überschreitet, bis zu einem Zeitpunkt t1 an, zu welchem der Erregerstrom I_E einen Maximalwert I_{max} erreicht und fällt dann wieder ab, bis die unipolare Spannung U_G in der nächsten Periode T-2T die untere Schwelle U_{G0} wieder erreicht. Die Periodendauer des Erregerstromverlaufes entspricht also derjenigen der unipolaren Spannung U_G, ist aber zeitlich etwas verschoben.

Bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform der Spannungsquelle 2 sind vier Dioden 51, 51`, 51`` und 51``` in Brükkenschaltung vorgesehen, so daß die unipolare Spannung U_G den in Fig. 10 gezeigten Verlauf aufweist, wie dies an sich

bekannt ist. Der Erregerstrom I_E steigt auch hier zu dem Zeitpunkt an, zu welchem die unipolare Spannung U_G die untere Schwelle U_{G0} überschreitet, wobei der Anstieg ebenfalls bis zum Zeitpunkt t1 andauert, zu welchem der Erregerstrom I_E den Höchstwert I_{max} erreicht, um dann wieder abzufallen bis zu dem Zeitpunkt, zu welchem die zweite Halbwelle der unipolaren Spannung U_G die untere Schwelle U_{G0} überschreitet. Die Periodendauer ist in diesem Fall halb so lang wie die bei dem zuvor gezeigten Ausführungsbeispiel.

Nachfolgend werden verschiedene Ausführungsformen der Steuerschaltung anhand von Blockschaltungen erläutert.

Die in Fig. 11 dargestellte Ausführungsform weist einen Spannungssensor 54 auf, welcher die unipolare Spannung U_G abtastet. Der Abtast- oder Meßwert wird dem Eingang einer Integriereinrichtung 52 sowie dem Eingang eines Rücksetzschalters 55 zugeführt, dessen Ausgang auf einen Rücksetzeingang der Integriereinrichtung 52 geführt ist. Wenn die vom Spannungssensor 54 abgetastete unipolare Spannung U_G einen vorbestimmten Wert unterschreitet, setzt der Rücksetzschalter 55 den in der Integriereinrichtung 52 gespeicherten Wert auf Null zurück.

Der Ausgang der Integriereinrichtung 52 ist auf einen Komperator 53 geführt, welcher den Wert des in der Integriereinrichtung 52 gebildeten Integrals der unipolaren Spannung U_G über die Zeit mit einem vorgegebenen Schwellenhöchstwert F_{max} vergleicht. Der Vergleichswert wird über eine Ansteuerschaltung 56 (entsprechend einem Schmitttrigger) zugeführt, dessen Ausgang auf der Steuerstrecke des elektronischen Einwegventils 4 liegt. Überschreitet der Inte-

gralwert den Schwellenhöchstwert F_{max}, so wird das Einwegventil 4 ausgeschaltet.

Nachfolgend wird die Funktionsweise dieser Anordnung beschrieben. Hierbei wird Bezug auf den Verlauf der unipolaren Spannung U_G gemäß Fig. 8 oder Fig. 10 genommen.

Wenn die Spannung U_G bei Null ist (Zeitpunkt 0), so hält der Rücksetzschalter 55 den Integralwert in der Integriereinrichtung 52 auf Null. Wenn die Spannung nun ansteigt, gibt der Rücksetzschalter 55 den Rücksetzeingang der Integriereinrichtung 52 frei, so daß diese die Spannung U_G über die Zeit integriert. Der Integralwert wird mit dem Schwellenhöchstwert F_{max} verglichen. Dann, wenn der Integralwert den Schwellenhöchstwert erreicht, dies ist zu dem in Fig. 8 und Fig. 10 mit t1 bezeichnetem Zeitpunkt der Fall, wird das bisher angeschaltete Ventil 4 ausgeschaltet, so daß der Strompfad 15 nunmehr gesperrt ist. Zum Zeitpunkt t_A, bei welchem die unipolare Spannung U_G den Wert Null erreicht, wird der Integralwert in der Integriereinrichtung 52 wieder auf Null gesetzt und dort gehalten, bis die Spannung U_G wieder ansteigt, so daß dieser Vorgang von vorne beginnt.

Die in Fig. 12 gezeigte Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich von der nach Fig. 11 dadurch, daß anstelle der Integriereinrichtung 52 mit dem Rücksetzschalter 55 die unipolare Spannung U_G mittels eines Verzögerungsglieds erster Ordnung 57 (Tiefpaß) gewichtet wird. Der Strompfad 15 wird durch Ausschalten des Ventils 4 dann geöffnet, wenn der gewichtete Wert der unipolaren Spannung U_G einen Schwellenhöchstwert U_{max} überschreitet. Dieser Schwellenhöchstwert U_{max} ist ebenso wie der zuvor genannte Schwellen-

höchstwert F_{max} so eingestellt, daß der Zeitpunkt t1 zum Umschalten bei Erreichen des Höchstwertes des Erregerstroms I_{max} eingehalten wird.

Die in Fig. 13 gezeigte Anordnung unterscheidet sich von der nach Fig. 12 dadurch, daß nicht die unipolare Spannung U_G, sondern die an den Klemmen der Erregerspule 3 anstehende Spannung U_E gemessen und dem Verzögerungsglied 57 zugeleitet wird. Ansonsten ist die Funktion dieselbe. Wenn die Zeitkonstante des Verzögerungsglieds erster Ordnung 57 so gewählt wird wie die Zeitkonstante τ_E der Erregerspule 3, so entspricht der Verlauf der Ausgangsspannung des Verzögerungsglieds erster Ordnung 57 am Punkt S exakt dem Erregerstrom I_E, bildet diesen also ab.

Bei der in Fig. 14 gezeigten Schaltung sind der Komperator 53, die Ansteuerschaltung 56 und das Einwegventil 4 realisiert. Der in Fig. 14 gezeigte Punkt S kann also mit dem entsprechenden Punkt S der Anordnung nach einer der Fig. 11 bis 13 verbunden werden, so daß die dort symbolisch angeordneten Baugruppen 53 und 56 durch die Schaltung nach Fig. 14 realisiert sind.

Der Punkt S ist mit einer Reihenschaltung bestehend aus einer Zenerdiode 65 und einem Widerstand 66 verbunden. Der Verbindungspunkt zwischen der Zenerdiode 65 und dem Widerstand 66 liegt auf dem Gate eines Thyristors 61, der mit einem Widerstand 62 eine Reihenschaltung bildet, welche mit den Klemmen der Spannungsquelle 2 verbunden ist. Der Verbindungspunkt zwischen dem Thyristor 61 und dem Widerstand 62 ist über einen Widerstand 64 auf das Gate eines Ventils 41 geführt, das mit dessen Emitter über eine Zenerdiode 63 und mit dessen Kolektor über eine Reihenschaltung bestehend

aus einer Zenerdiode 67 und einer Diode 68 verbunden ist. Das Ventil 41 entspricht dem in den Fig. 11 bis 13 gezeigten Ventil 4.

Das Ventil 41 wird dann eingeschaltet, wenn die unipolare Spannung U_G erstmals den Wert U_{G0} erreicht. Das Ventil 41 schaltet dann aus, wenn das Signal am Eingang S (aus der Integriereinrichtung 52 bzw. dem Verzögerungsglied erster Ordnung 57) den Schwellenwert (U_{max} bzw. F_{max}) erreicht, der gegeben ist durch die Summe der Zündspannung des Thyristors 61 und der Zenerspannung der Zenerdiode 65. Nach dem Zünden des Thyristors 61 bleibt dieser unabhängig vom Signal an S leitend, bis die unipolare Spannung U_G wieder zu Null wird. Durch die Diode 68 und die Zenerdiode 67 ist ein Überspannungsschutz für das Ventil 41 realisiert, da die Zenerdiode 67 ab einer gewissen Spannung Strom zum Durchschalten des Ventils 41 durchläßt. Die Zenerdiode 63 wiederum schützt die Steuerstrecke des Ventils 41.

Bei der in Fig. 15 gezeigten Schaltung wird im wesentlichen dieselbe Funktion realisiert wie bei der Schaltung nach Fig. 14. Der Einrast-Mechanismus, also das Beibehalten des Zustands des Thyristors 61 nach dessen Zünden wird bei der in Fig. 15 gezeigten Schaltung durch den Selbsthaltemechanismus eines Transistors 611 erreicht, der statt des in Fig. 14 gezeigten Thyristors 61 vorgesehen ist. Dies wird über den Widerstand 69 der Schaltung nach Fig. 15 erreicht, welcher den Punkt S mit dem Kollektor des Ventils 41 verbindet, wenn die Spannung am Punkt S den Schwellenwert (U_{max}, F_{max}) erreicht, der durch die Zenerdiode 65 zuzüglich der Basisspannung des Transistors 611 definiert ist. Bei Erreichen dieses Schwellenwertes schaltet der Transistor 611 ein. Damit wird die Basispannung des Transistors 41

heruntergezogen, so daß der Transistor 41 sperrt. Dann liegt der Kollektor im wesentlichen auf der unipolaren Spannung U_G (wenn der Spannungsabfall über die Erregerspule 3 zunächst nicht berücksichtigt wird). Daher fließt über den Widerstand 69 und die Zenerdiode 65 ein zusätzlicher Steuerstrom für den Transistor 611 vom Kollektor des Transistors 41.

Die Schaltung nach Fig. 16 umfaßt eine Reihenschaltung aus einem Widerstand 71 und einem Kondensator 73, dem wiederum ein Widerstand 72 parallel geschaltet ist. Der Verbindungspunkt zwischen dem Widerstand 71 und dem Kondensator 73 ist in Fig. 16 als Punkt S bezeichnet. Diese Schaltung bildet eine einfache Form einer Integriereinrichtung 52, so daß der Punkt S mit dem ebenso benannten Punkt S einer der Schaltungen nach Fig. 14 oder Fig. 15 zur Bildung einer vollständigen Steuerschaltung 6 verbunden werden kann. Bei einer entsprechenden Bemessung der Kapazität des Kondensators 73 bzw. der Widerstände 71 und 72 wird ein Verzögerungsglied mit einer Zeitkonstante von ca. 10 ms gebildet, das zu Beginn des Spannunganstiegs in jeder Netzperiode eine näherungsweise Realisierung einer Integriereinrichtung darstellt.

Bei der in Fig. 17 gezeigten Variante der Erfindung handelt es sich um eine Schaltung, bei welcher der durch die Erregerspule 3 fließende Strom durch eine entsprechende Dimensionierung des Verzögerungsglieds erster Ordnung gebildet aus dem Widerstand 71 und dem Kondensator 73 (mit parallelgeschaltetem Widerstand 72) abgebildet wird und als Spannung U_{EV} am Punkt S erscheint. Das Ventil 41 schaltet dann ein (und gibt den Strompfad 15 frei), wenn an der Erregerspule 3 die Spannung U_G anliegt. Die Spannung U_{EV} (am Punkt

S) folgt verzögert. Wenn das Ventil 41 ausschaltet, so liegt an der Erregerspule 3 die Spannung Null an. Die Spannung U_{EV} folgt wiederum verzögert. Hierbei muß der in Fig. 17 gezeigte Widerstand 71 des Verzögerungsglieds erster Ordnung sehr viel größer sein als der Widerstand 72. Dieser wiederum muß größer sein als der Widerstand 74. Die übrigen Schaltungselemente sind der Fig. 17 direkt zu entnehmen.

Bei der in Fig. 18 gezeigten Schaltung wird eine Einschaltüberhöhung realisiert, durch welche ein höherer Erregerstrom I_E durch die Erregerspule 3 beim Lüften fließt als während des Haltens der Bremse im gelüfteten Zustand. Dies wird dadurch erreicht, daß das Verzögerungsglied erster Ordnung 57, durch welches der Meßwert der Spannung U_G gewichtet wird, während eines Zeitintervalls T_E (beim Lüft-Vorgang) verringert wird und zwar durch Einschalten eines Hilfstransistors 77, der als selbstleitender Transistor ausgebildet ist. Dieser Transistor 77 bildet zusammen mit einem Widerstand 76 eine Reihenschaltung, die parallel zum Kondensator 73 und zu dem Widerstand 72 liegt.

Fig. 19 zeigt eine Schaltung zur Erzeugung des Signals, welches den Transistor 77 gemäß Fig. 18 steuert. Mit der in Fig. 19 gezeigten Zenerdiode 93 und dem Kondensator 92 wird eine stabilisierte Gleichspannung U_H erzeugt. Das oben genannte Zeitintervall T_E wird im wesentlichen durch die Kapazität des Kondensators 81 und den Wert des Widerstands 82 bestimmt. Zu Beginn ist der Verbindungspunkt des Kondensators 81 und des Widerstands 82 nahezu auf dem Niveau von U_H. Vom Kollektor des Transistors 84 fließt Strom zur Basis des Kollektors 85 bzw. zu dessen Kollektor. Dadurch werden die Transistoren 84 und 85 gleitend. Die Spannung U_{TE} am Punkt E wird damit in etwa zu Null, so daß der Transistor

77 (siehe Fig. 18) leitend wird. Wenn nun der Kondensator 81 über den Widerstand 82 auf im wesentlichen die Spannung U_H aufgeladen ist, liegt der Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator 81 und dem Widerstand 82 nahezu auf Null. Also fließt kein Strom mehr über den Widerstand 82 an den Kollektor 84. Daher sperren die Transistoren 84 und 85, so daß der Transistor 77 ebenfalls gesperrt wird. Die Spannung U_{TE} steigt über den Spannungsteiler gebildet aus den Widerständen 86 und 87 auf die Spannung U_H an. Die Diode 83 entlädt den Kondensator 81, wenn die unipolare Spannung U_G über längere Zeit, d.h. über viele Netzperioden Null ist. Somit weist die Schaltung gemäß Fig. 19 ein bistabiles Verhalten auf.

Aus obigen Ausführungen ergibt sich, daß eine Vielzahl von schaltungstechnischen Realisierungsmöglichkeiten für die eingangs beschriebenen Verfahren für den hier tätigen Fachmann gegeben ist. In der industriellen Produktion werden jedoch möglichst einfache und kostengünstige Varianten gesucht, bei denen zur Erzielung genauer charakteristischen Zeitkonstanten auf die relativ gute Fertigungsgenauigkeit von Kondensatoren, Widerständen oder Zenerdioden zurückgegriffen werden kann, ohne daß ein allzu großer Schaltungsaufwand betrieben werden muß.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung bzw. aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es nunmehr möglich, denselben Typ einer Erregerspule innerhalb eines großen Bereiches von Versorgungsspannungen zu betreiben. Dadurch steigt die Stückzahl mit der ein bestimmter Typ einer Erregerspule hergestellt wird. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Kosten für Entwicklung, Rohmaterial und Werk-

zeuge, Fertigungseinrichtungen, Prüfeinrichtungen, Lagerlogistik sowie Vertriebslogistik aus.

In den Zeichnungen und in der Beschreibung haben die Bezugszeichen folgende Bedeutung:

1	Wechsel- bzw. Drehstromnetz
2	Spannungsquelle
3	Erregerspule
4	Einweg-Ventil
41	IGBT
5	Stromsensor
6	Steuerschaltung
161	Thyristor
611	Transistor
162	Steuerwiderstand
163	Zenerdiode
641	Hysteresewiderstand
642	Operationsverstärker
643	bipolarer Transistor
7	Freilaufdiode/Freilaufpfad
8	Varistor
9	Schaltkontakt
10	Schaltungsanordnung
12	Referenzspannungsquelle
15	Strompfad
20	Schaltungsanordnung
I_{max}	(erster) Schwellenhöchstwert
F_{max}	(zweiter) Schwellenhöchstwert
U_{max}	(dritter/vierter) Schwellenhöchstwert
I_E	Erregerstrom
I_{max}	Höchstwert des Erregerstromes
R_B	ohmscherr Widerstand der Erregerspule

U_G	unipolare Spannung
U_{Gmin}	Minimalwert der unipolaren Spannung U_G
U_{Gmax}	Maximalwert der unipolaren Spannung U_G
U_{G0}	untere Schwelle
U_T	Steuerspannung
τ_B	Zeitkonstante der Erregerspule
T_W	Wechselperiode des Wechselspannungsnetzes
50	Varistor
51-51```	Diode
52	Integriereinrichtung
53	Komparator
54	Spannungssensor
55	Rücksetzschalter
56	Ansteuerschaltung
57	Verzögerungsglied
61	Tyristor
62	Widerstand
63	Zenerdiode
64	Widerstand
65	Zenerdiode
66	Widerstand
67	Zenerdiode
68	Diode
69	Widerstand
71	Widerstand
72	Widerstand
73	Kondensator
74	Widerstand
75	Diode
76	Widerstand
77	Transistor
81	Kondensator
82	Widerstand

83	Diode
84	Transistor
85	Transistor
86	Widerstand
87	Widerstand
91	Widerstand
92	Kondensator
93	Zenerdiode

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbesondere Getriebemotors,
mit einer Erregerspule (3) zum Betätigen, insbesondere zum Lüften der Bremse,
mit einem Wechselspannungsnetz (1), das eine Netzspannung mit einer Wechselperiode (T_W) abgibt,
wobei die Erregerspule (3) eine Zeitkonstante (τ_B) entsprechend einem Quotienten aus einer Spuleninduktivität und einem ohmschen Spulenwiderstand aufweist,
wobei

- zum Betrieb der Bremse an Netzspannungen eines weiten Spannungsbereiches eine sich mit einer Zeitperiode (T) ändernde unipolare Spannung (U_G) durch eine Spannungsquelle (2) erzeugt wird,

- die unipolare Spannung (U_G) in einem ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) der Zeitperiode (T) positiv und von Null verschieden ist und in diesem ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) einen Maximalwert
- (U_{Gmax}) aufweist und in einem zweiten Zeitabschnitt (t_A bis T) der Zeitperiode (T) Null ist oder mindestens gegen Null geht,

- ein Strompfad (15) für einen Erregerstrom von der Spannungsquelle (2) zur Erregerspule (3) im wesentlichen zu Beginn des ersten Zeitabschnittes (0 bis t_A) freigegeben wird,

- der Strompfad (15) zu einem bestimmten Zeitpunkt ($t_1 \leq t_A$) innerhalb des ersten Zeitabschnitts (0 bis t_A) wieder gesperrt wird, wobei der bestimmte Zeitpunkt ($t_1 \leq t_A$) so gewählt wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Maximalwert (I_{max}) nicht überschreitet, und wobei

- während eines Zeitraumes, in welchem die Erregerspule (3) dauerhaft erregt ist bzw. erregt werden soll, das Freigeben und Sperren des Strompfades (15) in jeder Zeitperiode (T) wiederholt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die unipolare Spannung(U_G) durch eine Gleichrichtereinheit in der Spannungsquelle (2) aus einer einphasigen Netzspannung des Wechselspannungsnetzes (1) derart erzeugt wird, daß der erste Zeitabschnitt (0 bis t_A) im wesentlichen die gesamte Wechselperiode (T_W) überdeckt, so daß der zweite Abschnitt (t_A bis T) sehr kurz ist, und wobei die Zeitperiode (T) der halben Wechselperiode (T_W) entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der erste und der zweite Abschnitt (0 bis t_A; t_A bis T) jeweils der halben Zeitperiode (T) sowie der halben Wechselperiode (T_W) entsprechen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Strompfad (15) über Hauptstromelektroden eines elektronischen, über eine Steuerstrecke ein- und ausschaltbaren Einwegventils (4, 41) durch Einschalten des Einwegventils (4, 41) freigegeben und durch Ausschalten des Einwegventils (4, 41) gesperrt wird und

wobei bei ausgeschaltetem Einwegventil (4, 41) ein Entladestrom aus der Erregerspule (3) durch einen parallel zur Erregerspule (3) liegenden Freipfad (7) mit einem Abkling-Zeitverlauf geführt wird, welcher im wesentlichen der Zeitkonstante (τ_B) der Erregerspule (3) entspricht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Strompfad (15) dann freigegeben wird, wenn die unipolare Spannung (U_G) ausgehend von Null erstmals einen positiven Schwellenwert (U_{G0}) erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert (U_{Gmax}).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Erregerstrom gemessen und der Strompfad (15) dann gesperrt wird, wenn der Erregerstrom einen vorgegebenen ersten Schwellenhöchstwert (I_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfades (15) von niedrigeren Erregerstromwerten herkommend erreicht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die unipolare Spannung (U_G) gemessen und ein von Null ausgehender Integralwert der unipolaren Spannung (U_G) über den ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) gebildet wird und wobei der Strompfad (15) dann gesperrt wird, wenn der Integralwert einen vorgegebenen zweiten Schwellenhöchstwert (F_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfades (15) von niedrigeren Integralwerten herkommend erreicht, wobei der zweite Schwellenhöchstwert (F_{max}) derart vorgegeben wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die unipolare Spannung (U_G) gemessen und über ein Verzögerungsglied erster Ordnung ein erster gewichteter Meßwert der unipolaren Spannung (U_G) gebildet wird und wobei der Strompfad (15) dann gesperrt wird, wenn der erste gewichtete Meßwert einen vorgegebenen dritten Schwellenhöchstwert (U_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Stompfads (15) von niedrigeren gewichteten Meßwerten herkommend erreicht, wobei eine Zeitkonstante des Verzögerungsglieds im wesentlichen entsprechend der Dauer des ersten Zeitabschnitts (0 bis t_A) eingestellt und der dritte Schwellenhöchstwert (U_{max}) so vorgegeben werden, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine längs der Erregerspule (3) anstehende Spannung (U_E) gemessen und über ein Verzögerungsglied erster Ordnung ein gewichteter zweiter Meßwert dieser Spannung gebildet wird und wobei der Strompfad (15) dann gesperrt wird, wenn der zweite Meßwert einen vorgegebenen vierten Schwellenhöchstwert (U_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads (15) von kleineren Werten herkommend erreicht, wobei eine Zeitkonstante des Verzögerungsglieds erster Ordnung im wesentlichen entsprechend der Zeitkonstante (τ_B) der Erregerspule (3) gewählt wird und vorzugsweise mindestens doppelt so lang wie die Zeitperiode (T) der unipolaren Spannung (U_G) ist und wobei der vierte Schwellenhöchstwert (U_{max}) derart vorgegeben wird, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei der vorgegebene Schwellenhöchstwert (I_{max}, F_{max}, U_{max}) in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Bremse insbesondere in Abhängigkeit von einem Lüften und einem Halten im gelüfteten Zustand verändert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der vorgegebene Schwellenhöchstwert (I_{max}, F_{max}, U_{max}) zu Beginn einer erstmaligen Bestromung beim Lüften der Bremse für ein Erhöhungszeitintervall (T_E) auf einen höheren Wert gesetzt wird als beim Halten.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Erhöhungszeitintervall (T_E) größer oder gleich der Zeitkonstante (τ_B) der Erregerspule (3) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Erhöhungszeitintervall (T_E) mindestens doppelt so lang wie die Zeitperiode (T) der unipolaren Spannung (U_G) ist.

14. Verfahren nach Anspruch 4, wobei zum Schutz vor transienten Überspannungen das Einwegventil (4, 41) unabhängig von anderen Steuervorgaben immer dann eingeschaltet wird, wenn eine Spannung zwischen seinen Hauptstromelektroden bei der transienten Überspannung einen Überspannungsgrenzwert (U_{Grenz}) überschreitet, der größer ist als der betriebsmäßig vorgesehene Maximalwert (U_{Gmax}) der unipolaren Spannung (U_G).

15. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Einwegventil (4, 41) dann eingeschaltet wird, wenn an der Steuerstrecke eine positive Spannung anliegt und dann ausgeschaltet

wird, wenn an der Steuerstrecke eine negative Spannung oder eine Spannung Null anliegt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Steuerstrecke zum Einschalten des Einwegventils (4, 41) die unipolare Spannung (U_G) über mindestens einen ohmschern Widerstand zugeführt und die positive Steuerspannung vorzugsweise über einen Zweipol begrenzt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, wobei die Steuerstrecke zum Ausschalten des Einwegventils (4, 41) über mindestens einen ohmschern Widerstand und einen elektronischen Schalter (161; 611; 643) kurzgeschlossen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Erhöhungszeitintervall (T_E) durch ein Zeitglied derart gesteuert wird, daß das Erhöhungszeitintervall (T_E) beginnt, wenn die unipolare Spannung (U_G) erstmals durch Einschalten der Netzspannung des Wechselspannungsnetzes (1) beim Lüften der Bremse einen vorgegebenen Schwellenwert (U_{GI}) erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert (U_{Gmax}).

19. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Integralwert während des zweiten Zeitabschnitts (t_A-T) auf Null zurückgesetzt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Verzögerungsglied erster Ordnung während einer Freigabe des Strompfads (15) mit der längs der Erregerspule (3) anstehenden Spannung (U_G) verbunden und während eines Sperrens des

Strompfads (15) eingangsseitig über einen elektronischen Schalter kurzgeschlossen ist.

21. Schaltungsanordnung zum Betrieb einer elektromechanisch betätigbaren, mechanischen Bremse eines Elektromotors, insbesondere eines Getriebemotors an Netzspannungen eines weiten Spannungsbereichs, umfasssend

eine Erregerspule (3) mit Anschlußklemmen, die eine Zeitkonstante (τ_B) entsprechend einem Quotienten aus einer Spuleninduktivität und einem ohmschern Spulenwiderstand aufweist, zum Betätigen, insbesondere zum Lüften der Bremse;

ein Wechselspannungsnetz (1), das eine Netzspannung mit einer Wechselperiode (T_W) abgibt;

eine Spannungsquelle (2) zum Erzeugen einer sich mit einer Zeitperiode (T) ändernden unipolaren Spannung (U_G), die in einem ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) der Zeitperiode (T) positiv und von Null verschieden ist und in diesem ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) einen Maximalwert (U_{Gmax}) aufweist und in einem zweiten Zeitabschnitt (t_A bis T) der Zeitperiode Null ist oder mindestens gegen Null geht;

einen Strompfad (15) für einen Erregerstrom, der von der Spannungsquelle (2) zur Erregerspule (3) und zurück führt;

ein elektronisches Einwegventil (4, 41) mit Hauptstromelektroden, über die der Strompfad (15) zum Freigeben und Sperren des Strompfads (15) führt und mit

einer Steuerstrecke zum Ein- und Ausschalten des Einwegventils (4, 41);

eine Steuerschaltung (6), die mit der Steuerstrecke verbunden und derart ausgebildet ist, daß das Einwegventil (4, 41) zum Freigeben des Strompfads (15) im wesentlichen zu Beginn des ersten Zeitabschnitts (0 bis t_A) eingeschaltet und zu einem bestimmten Zeitpunkt ($t_1 \leq t_A$) innerhalb des ersten Zeitabschnittes (0 bis t_A) zum Sperren des Strompfades (15) ausgeschaltet wird,

wobei die Steuerschaltung (6) weiterhin so ausgebildet ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Maximalwert (I_{max}) nicht überschreitet und während eines Zeitraums, in welchem die Erregerspule (3) dauerhaft erregt ist bzw. erregt werden soll, das ein Ein- und Ausschalten des Einwegventils (4, 41) zum Freigeben und Sperren des Strompfads (15) in jeder Zeitperiode (T) widerholt wird.

22. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, wobei die Spannungsquelle (2) eingangsseitig mit einer einphasigen Netzspannung des Wechselspannungsnetzes (1) verbunden ist und eine Dioden-Brückenschaltung (51-51```) umfaßt, so daß der erste Zeitabschnitt (0 bis t_A) im wesentlichen die gesamte Wechselperiode (T_W) umfaßt, so daß der zweite Zeitabschnitt (t_A bis t_W) sehr kurz ist und die Zeitperiode (T) im wesentlichen der halben Wechselperiode (T_W) entspricht.

23. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, wobei die Spannungsquelle (2) eine Dioden-Mittelpunktschaltung um-

faßt, so daß der erste und der zweite Zeitabschnitt (0 bis t_A; t_A bis T) jeweils der halben Zeitperiode (T) sowie der halben Wechselperiode (T_W) entsprechen.

24. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, wobei parallel zu den Anschlußklemmen der Erregerspule (3) ein Freilaufpfad (7) mit einer Schaltungsanordnung zum Entladen der Erregerspule (3) nach Sperren des Strompfades (15) mit einer Entladezeitkonstanten entsprechend der Zeitkonstanten (τ_B) der Erregerspule (3) geschaltet ist.

25. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Spannungsmeßeinrichtung (54) zur Abtastung der unipolaren Spannung (U_G) und ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines positiven Schwellenwerts (U_{G0}), wobei die Steuereinrichtung (6)das Einwegventil (4, 41) dann zum Freigeben des Strompfads (15) einschaltet, wenn die unipolare Spannung (U_G) ausgehend von Null erstmals den positiven Schwellenwert (U_{G0}) erreicht, der wesentlich niedriger ist als der Maximalwert (U_{Gmax}).

26. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Strommeßeinrichtung (5) zum Erzeugen eines dem Erregerstrom entsprechenden Stromsignals, ein Schwellenwertglied, zum Vorgeben eines ersten Schwellenhöchstwerts (I_{max}), wobei die Steuerschaltung (6) das Einwegventil (4, 41) zum Sperren des Strompfads (15) dann ausschaltet, wenn das Stromsignal den ersten Schwellenhöchstwert (I_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads (15) von niedrigeren Stromsignalen herkommend erreicht.

27. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Integriereinrichtung (52) zum Bilden eines von Null ausgehenden Integralwerts der unipolaren Spannung (U_G) über den ersten Zeitabschnitt (0 bis t_A) und ein Schwellenwertglied, zum Vorgeben eines zweiten Schwellenhöchstwerts (F_{max}), der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet, wobei der Steuerschaltung (6) der Integralwert und der zweite Schwellenhöchstwert (F_{max}) zugeführt werden zum Ausschalten des Einwegventils (4, 41) und zum Sperren des Strompfads (15) dann, wenn der Integralwert den zweiten Schwellenhöchstwert (F_{max}) erstmals und nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads (15) von niedrigeren Integralwerten herkommend erreicht.

28. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Spannungsmeßeinrichtung (54) zum Abtasten der unipolaren Spannung (U_G) und zum Abgeben eines Spannungsmeßwerts entsprechend der unipolaren Spannung (U_G), ein Verzögerungsglied erster Ordnung (57) mit einer Zeitkonstanten, welche im wesentlichen der Dauer des ersten Zeitabschnitts (0 bis t_A) entspricht, zum Erzeugen eines gewichteten Meßwerts aus dem Spannungsmeßwert, ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines dritten Schwellenhöchstwertes (U_{max}), der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet, wobei die Steuerschaltung (6) das Einwegventil (4, 41) dann zum Sperren des Strompfads (15) ausschaltet, wenn der gewichtete Meßwert den dritten Schwellenhöchstwert (U_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads

(15) von einem niedrigeren gewichteten Meßwert herkommend erreicht.

29. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Spannungsmeßeinrichtung (54) zum Abtasten einer Spannung an den Anschlußklemmen der Erregerspule (3) und zum Abgeben eines entsprechenden Klemmenspannungsmeßwerts, ein Verzögerungsglied erster Ordnung (57) mit einer Zeitkonstante, die im wesentlichen der Zeitkonstanten (τ_B) der Erregerspule (3) entspricht und vorzugsweise mindestens doppelt so lang ist wie die Zeitperiode (T) der unipolaren Spannung (U_G), zum Erzeugen eines gewichteten zweiten Meßwerts aus dem Klemmenspannungsmeßwert, ein Schwellenwertglied zum Vorgeben eines vierten Schwellenhöchstwerts (U_{max}), der so eingestellt ist, daß der Erregerstrom einen vorgegebenen Höchstwert (I_{max}) nicht überschreitet, wobei die Steuerschaltung (6) das Einwegventil (4, 41) dann zum Sperren des Strompfads (15) ausschaltet, wenn der gewichtete zweite Meßwert den vierten Schwellenhöchstwert (U_{max}) erstmals nach einer vorausgegangenen Freigabe des Strompfads (15) von kleineren Werten herkommend erreicht.

30. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, wobei die Steuerschaltung (6) Einrichtungen (77) zum Verändern des Schwellenhöchstwerts (I_{max}, F_{max}, U_{max}) in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Bremse bei einem Lüften und bei einem Halten in gelüftetem Zustand aufweist.

31. Schaltungsanordnung nach Anspruch 30, wobei die Steuerschaltung (6) ein Zeitglied (71-73; 76, 77) auf-

weist, um den Schwellenhöchstwert (I_{max}, F_{max}, U_{max}) zu Beginn einer erstmaligen Bestromung beim Lüften der Bremse für ein Erhöhungszeitintervall (T_E) auf einen höheren Wert zu setzen als beim Halten im gelüfteten Zustand.

32. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Überspannungsschutzeinrichtung (67, 68), welche eine Spannung zwischen den Hauptstromelektroden abtastet und das Einwegventil (4, 41) zu dessen Schutz vor transienten Spannungen immer dann einschaltet, wenn die Spannung vorübergehend einen Überspannungsgrenzwert (U_{Grenz}) überschreitet, der größer ist als der betriebsmäßig vorgesehene Maximalwert (U_{Gmax}) der unipolaren Spannung (U_G).

33. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, umfassend eine Schutzeinrichtung (63), die das Einwegventil (4, 41) dann einschaltet, wenn eine positive Spannung an der Steuerstrecke anliegt und dann ausschaltet, wenn eine negative Spannung oder eine Spannung Null an der Steuerstrecke anliegt.

34. Schaltungsanordnung nach Anspruch 33, umfassend mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden der Steuerstrecke mit der unipolaren Spannung (U_G) zum Einschalten des Einwegventils (4, 41) und ein Begrenzerzweipol, das parallel zur Steuerstrecke zum Begrenzen einer positiven Steuerspannung geschaltet ist.

35. Schaltungsanordnung nach Anspruch 33, umfassend mindestens einen ohmschen Widerstand und einen elektronischen Schalter (61, 611, 643) zum Kurzschließen der

Steuerstrecke beim Ausschalten des Einwegventils (4, 41).

36. Schaltungsanordnung nach Anspruch 31, umfassend mindestens einen ohmschen Widerstand (91) zur Spannungsversorgung des Zeitglieds aus der unipolaren Spannung (U_G).

37. Schaltungsanordnung nach Anspruch 27, umfassend mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator zur Bildung der Integriereinrichtung, mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden der Integriereinrichtung mit der unipolaren Spannung (U_G) während des ersten Zeitabschnitts (0 bis t_A), einen elektronischen Schalter und einen ohmschen Widerstand zum Zurücksetzen der Integriereinrichtung auf den Wert Null im zweiten Zeitabschnitt (t_A-T).

38. Schaltungsanordnung nach Anspruch 28, wobei das Verzögerungsglied erster Ordnung mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator umfaßt und über mindestens einen ohmschen Widerstand mit der unipolaren Spannung (U_G) verbunden ist.

39. Schaltungsanordnung nach Anspruch 29, umfassend mindestens einen ohmschen Widerstand und einen Kondensator zur Bildung des Verzögerungsglieds erster Ordnung, mindestens einen ohmschen Widerstand zum Verbinden des Verzögerungsglieds erster Ordnung mit der unipolaren Spannung (U_G) bei freigegebenem Strompfad (15) und einen elektronischen Schalter zum eingangsseitigen Kurzschließen des Verzögerungsglieds erster Ordnung bei gesperrtem Strompfad (15).

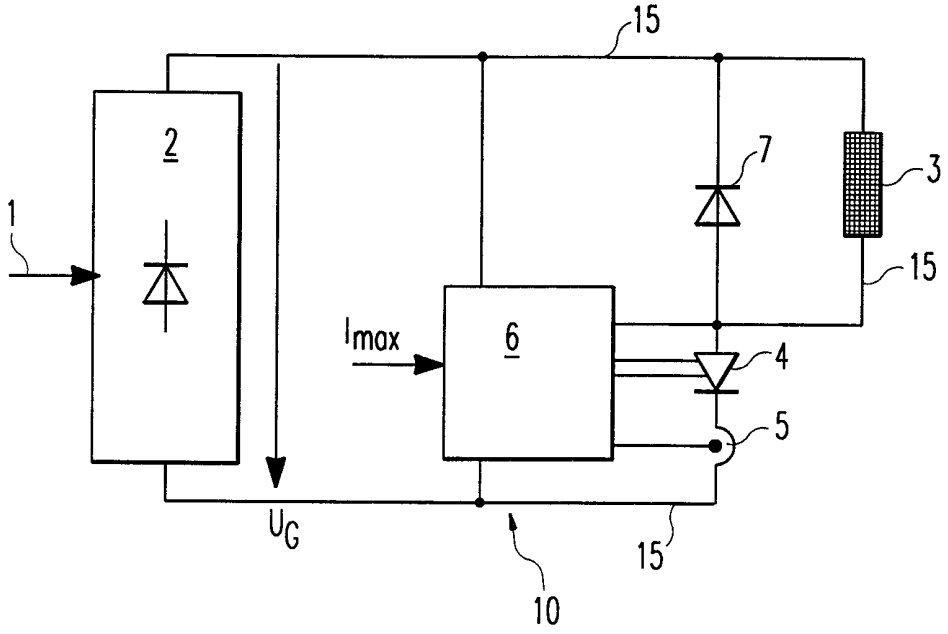


Fig. 1

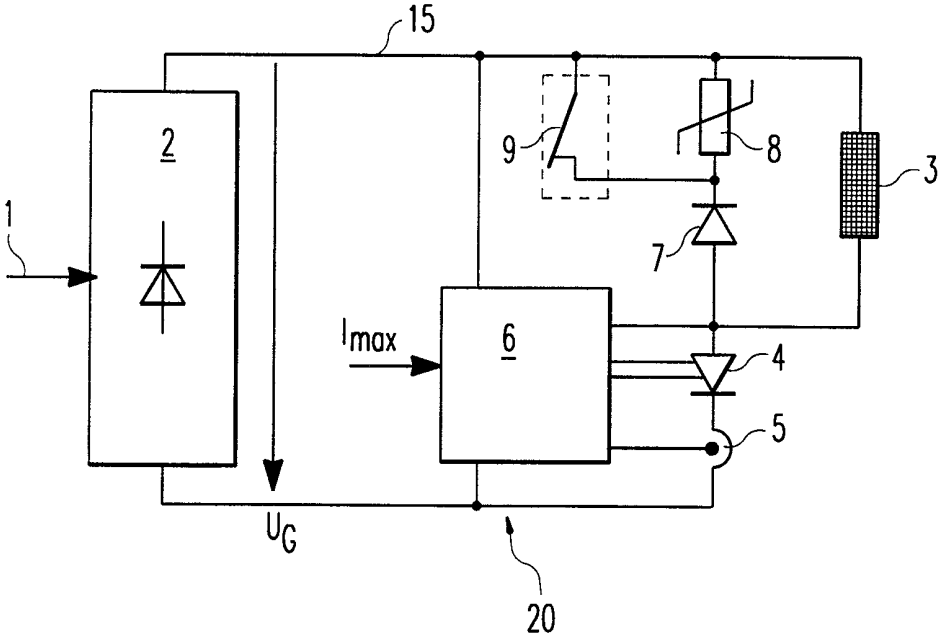


Fig. 2

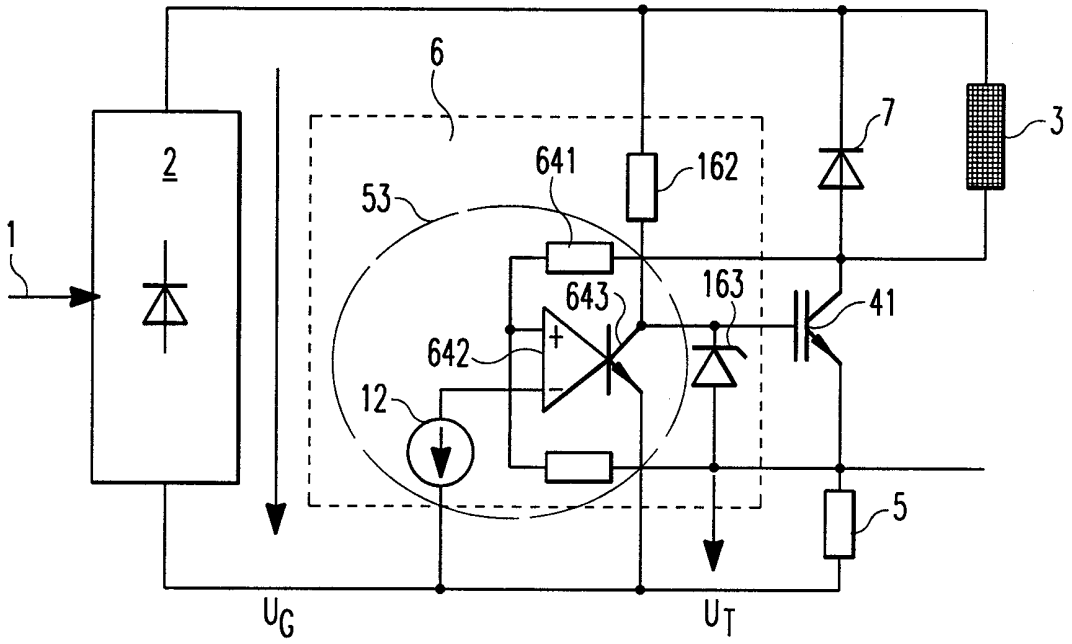

6
7
3
2
641
162
53
1
643
163
41
642
12
5
U_G
U_T

Fig. 3

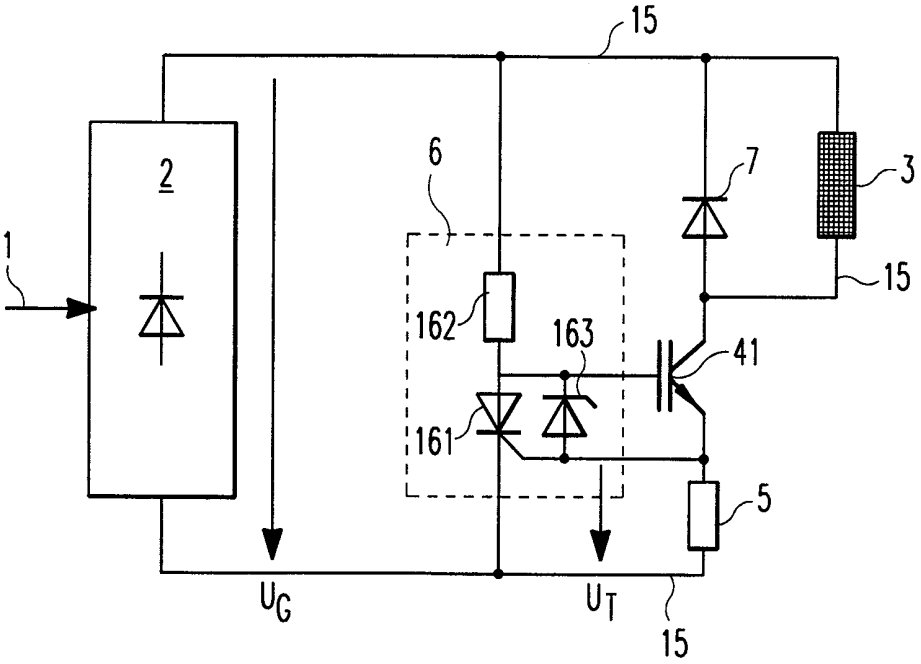

15
2
6
7
3
1
15
162
163
41
161
5
U_G
U_T
15

Fig. 4

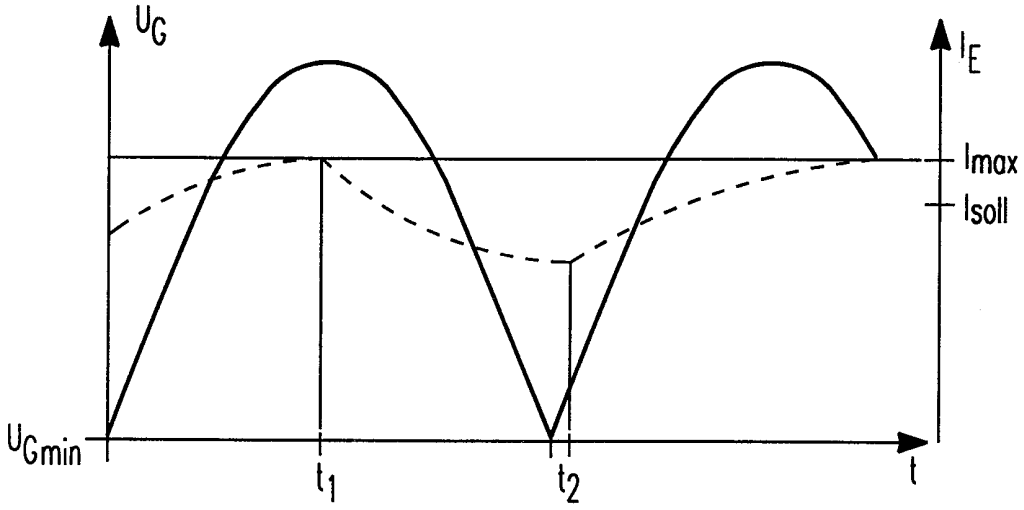


Fig. 5

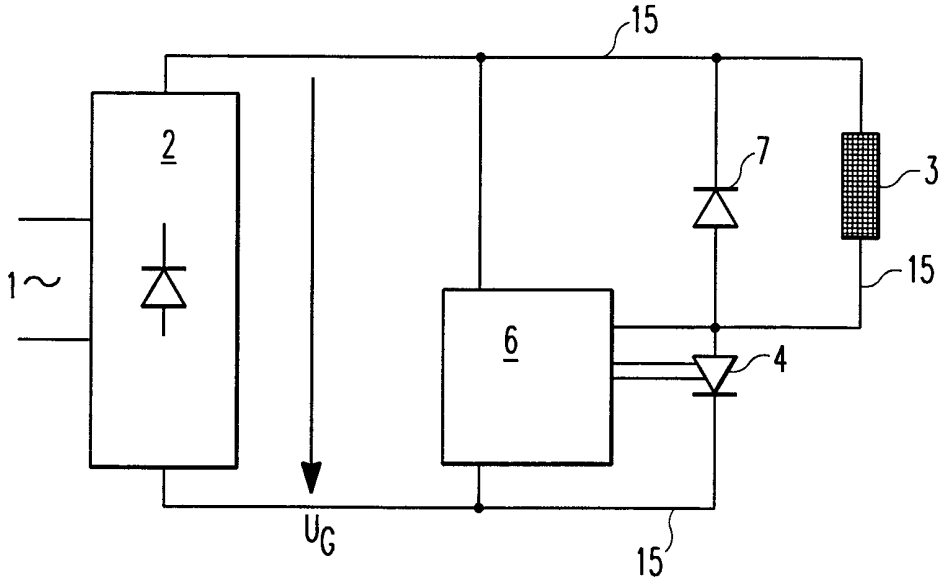


Fig. 6

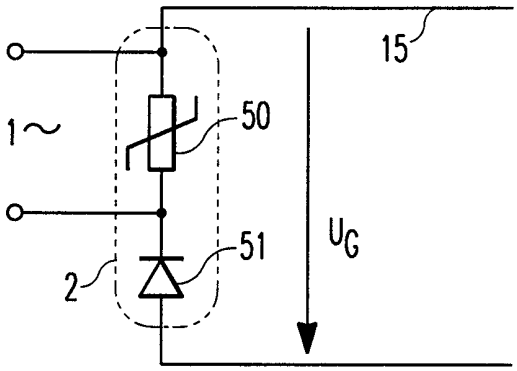


Fig. 7

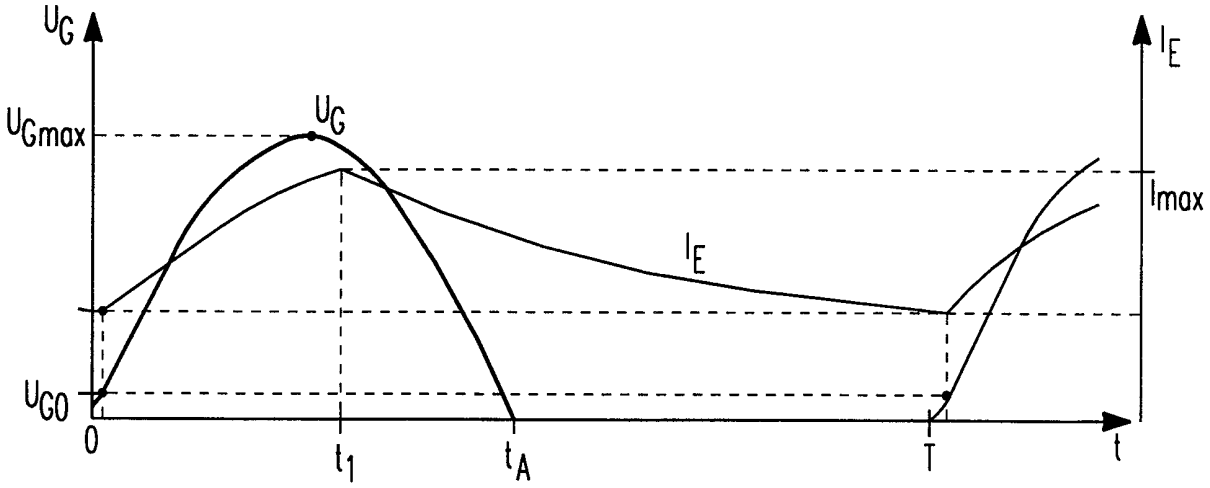


Fig. 8

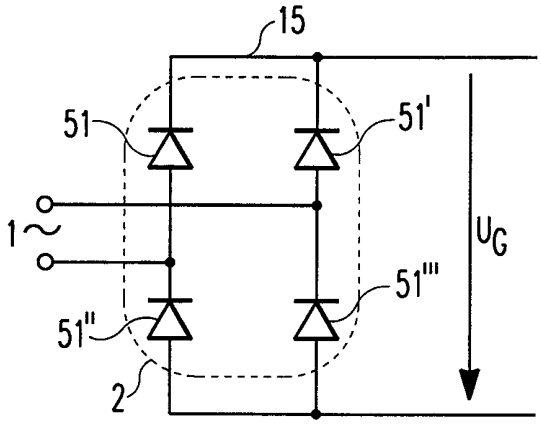


Fig. 9

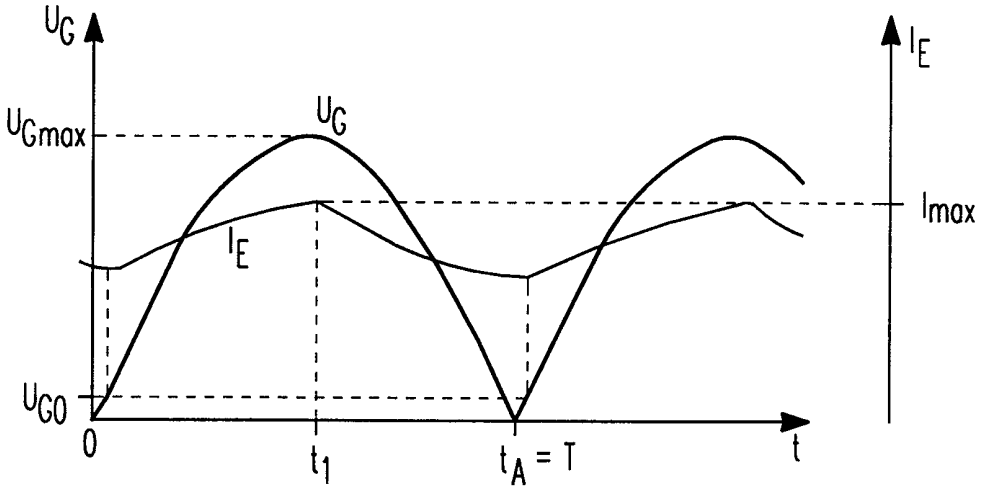


Fig. 10

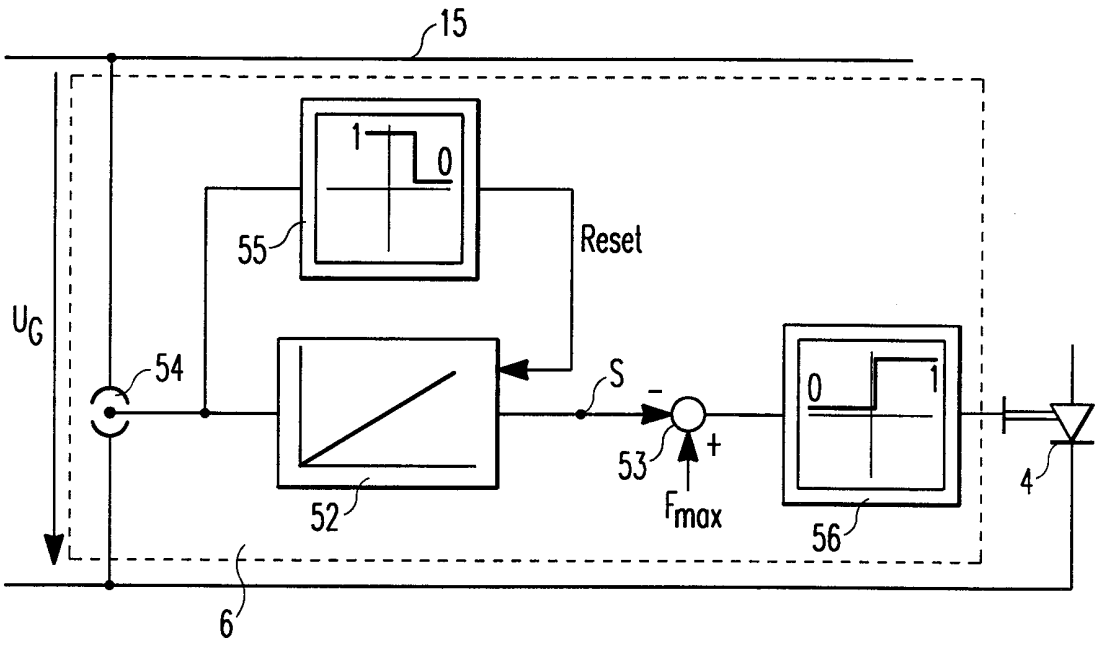

15
1
0
55
Reset
U_G
54
S
52
53
F_{max}
0
1
56
4
6

Fig. 11

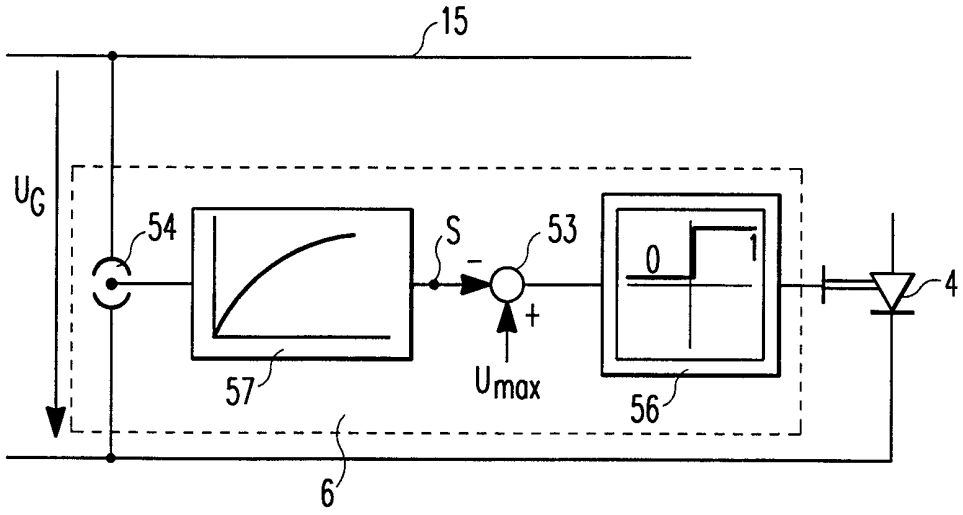

15
U_G
54
S
53
0
1
4
57
U_{max}
56
6

Fig. 12

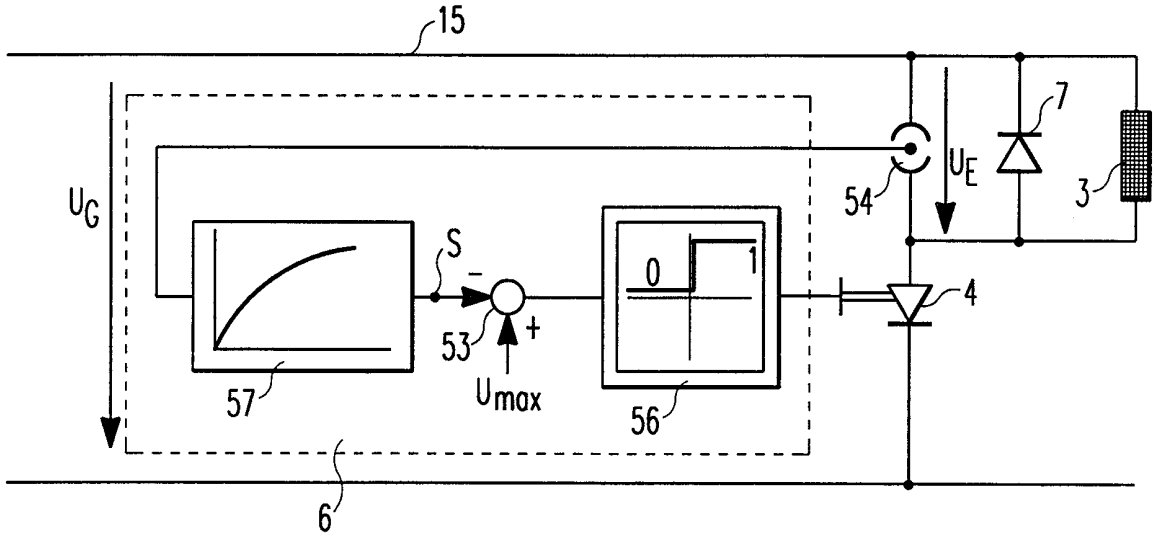


Fig. 13

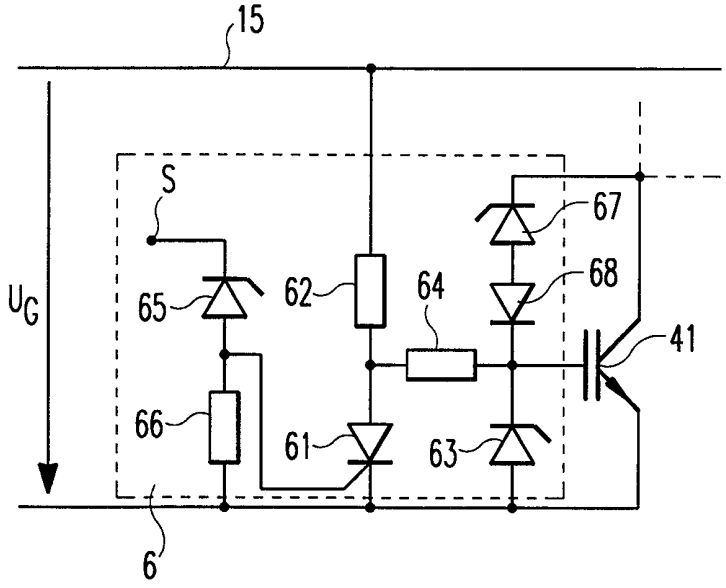


Fig. 14

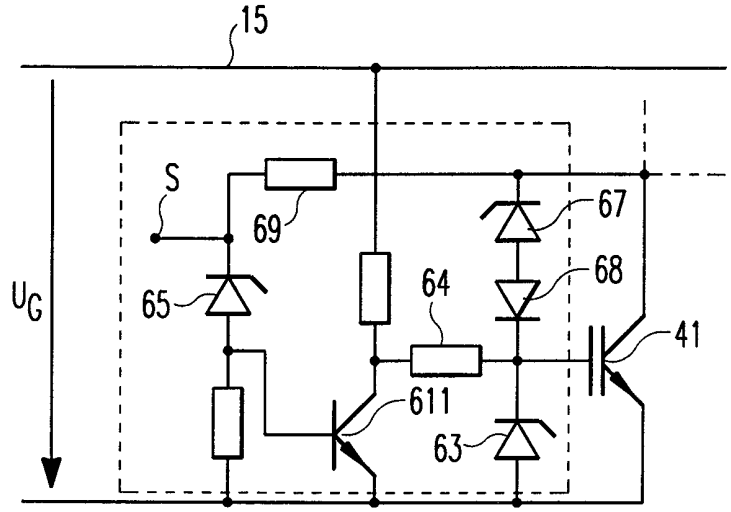


Fig. 15

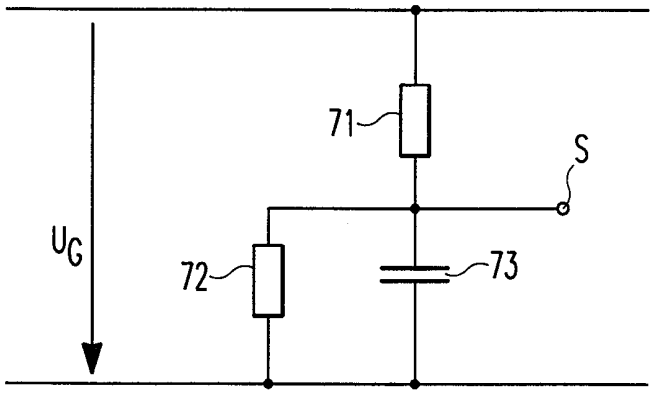


Fig. 16

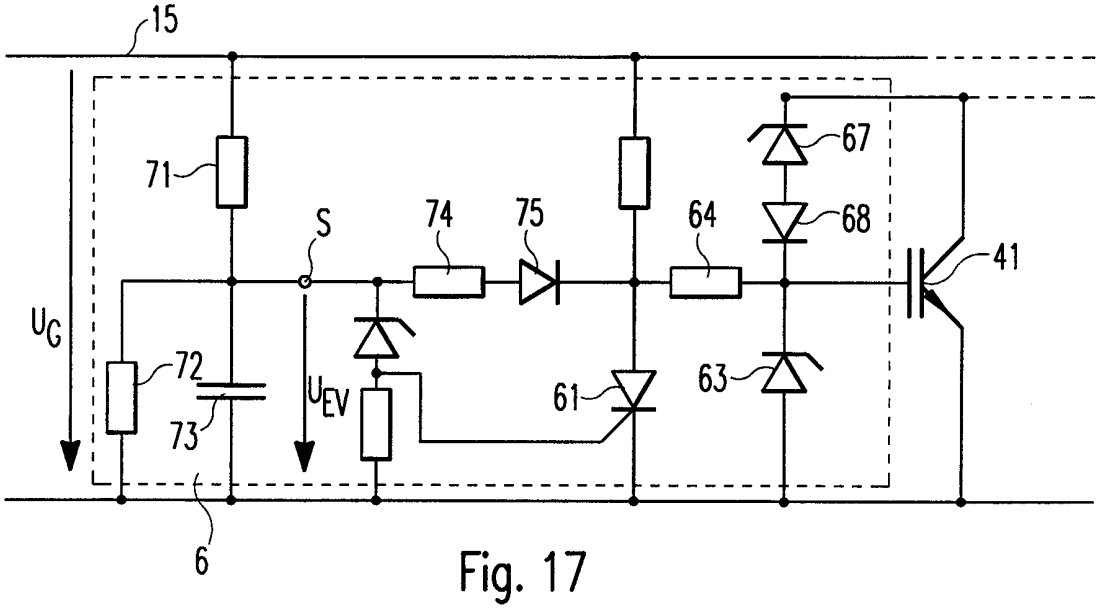


Fig. 17

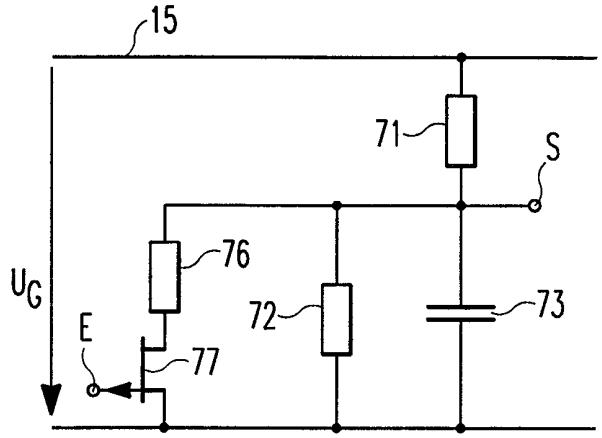


Fig. 18

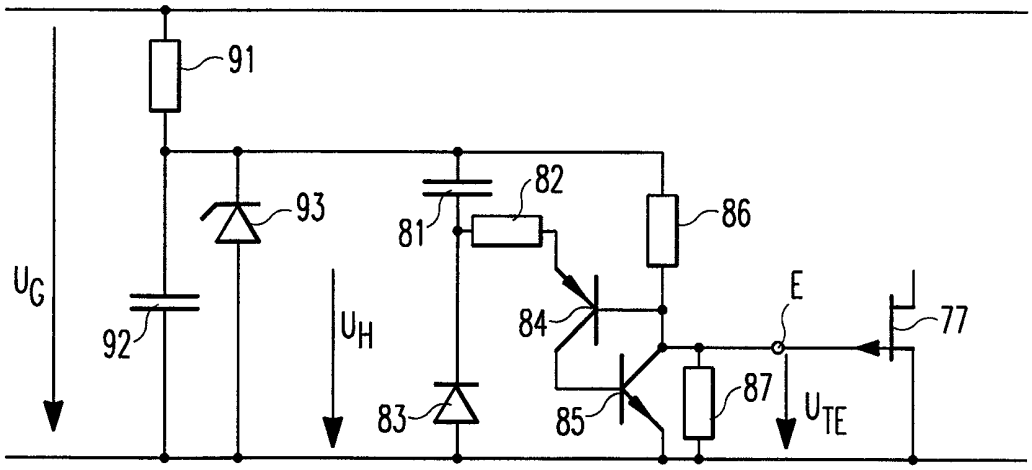


Fig. 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No
PCT/EP 98/05395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H02P3/04

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

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 0 575 023 A (MANNESMANN AG) 22 December 1993 see abstract; figure 1	1,21
A	EP 0 242 671 A (SEW EURODRIVE GMBH & CO) 28 October 1987 see abstract; figure 1	1,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 121 (E-732), 24 March 1989 & JP 63 290179 A (TOSHIBA CORP), 28 November 1988 see abstract	1,21

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
17 December 1998	28/12/1998

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
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	Beyer, F

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte ional Application No
PCT/EP 98/05395

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 009 (E-090), 20 January 1982 & JP 56 132191 A (STAR SEIKI:KK), 16 October 1981 see abstract -----	1,21

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int ional Application No
PCT/EP 98/05395

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0575023 A	22-12-1993	DE 4220122 A	23-12-1993
		AT 143753 T	15-10-1996
		DE 59304020 D	07-11-1996
		ES 2092753 T	01-12-1996
EP 0242671 A	28-10-1987	DE 3613294 A	22-10-1987
		AU 602685 B	25-10-1990
		AU 7176887 A	22-10-1987
		BR 8701854 A	26-01-1988
		CA 1290387 A	08-10-1991
		DE 3780850 A	10-09-1992
		DK 189087 A	20-10-1987
		FI 871579 A,B,	20-10-1987
		US 5278483 A	11-01-1994
		ZA 8702751 A	06-10-1987

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter ›nales Aktenzeichen
PCT/EP 98/05395

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H02P3/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 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 0 575 023 A (MANNESMANN AG) 22. Dezember 1993 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1,21
A	EP 0 242 671 A (SEW EURODRIVE GMBH & CO) 28. Oktober 1987 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 121 (E-732), 24. März 1989 & JP 63 290179 A (TOSHIBA CORP), 28. November 1988 siehe Zusammenfassung --- -/--	1,21

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Dezember 1998	28/12/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
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	Beyer, F

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 98/05395

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 009 (E-090), 20. Januar 1982 & JP 56 132191 A (STAR SEIKI:KK), 16. Oktober 1981 siehe Zusammenfassung -----	1,21

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 98/05395

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0575023 A	22-12-1993	DE 4220122 A	23-12-1993
		AT 143753 T	15-10-1996
		DE 59304020 D	07-11-1996
		ES 2092753 T	01-12-1996
EP 0242671 A	28-10-1987	DE 3613294 A	22-10-1987
		AU 602685 B	25-10-1990
		AU 7176887 A	22-10-1987
		BR 8701854 A	26-01-1988
		CA 1290387 A	08-10-1991
		DE 3780850 A	10-09-1992
		DK 189087 A	20-10-1987
		FI 871579 A,B,	20-10-1987
		US 5278483 A	11-01-1994
		ZA 8702751 A	06-10-1987