

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 407 456 B**

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1975/97
(22) Anmeldetag: 21.11.1997
(42) Beginn der Patentdauer: 15.07.2000
(45) Ausgabetag: 26.03.2001

(51) Int. Cl.⁷: **H02M 7/157**

(73) Patentinhaber:
KOLAR JOHANN W.
A-1050 WIEN (AT).
(72) Erfinder:
KOLAR JOHANN W.
WIEN (AT).
WOLBANK THOMAS M.
WIEN (AT).

(54) BIDIREKTIONALES STROMRICHTERSYSTEM ZUR RÜCKWIRKUNGSARMEN NETZKOPPLUNG EINES GLEICHSPANNUNGSZWISCHENKREISPULSWECHSELRICHTERSYSTEMS

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur getakteten, bidirektionalen Umformung einer Dreiphasenwechselspannung (5) in eine vorgebbare, geregelte, zwischen Ausgangsklemmen (6) und (7) auftretende Last-Gleichspannung. Die Konverterstruktur wird durch gleichspannungsseitige Kopplung einer vollgesteuerten Drehstrombrückenschaltung (12) und einer Gleichspannungs-Gleichspannungskonverterstufe (13) gebildet. Durch erfindungsgemäße Anordnung der Schaltelemente von (13) wird erreicht, daß der Leistungsfluß des Systems sowohl für Gleichrichterbetrieb, d.h. Energielieferung aus dem Netz als auch für Wechselrichterbetrieb, d.h. Rücklieferung von Energie aus dem Ausgangskreis in das Netz ohne Erfordernis einer, antiparallel zu (12) liegenden weiteren Drehstrombrückenschaltung beherrscht wird und die Möglichkeit einer bekannten Schaltungserweiterung (40) zur Verringerung der Netzzrückwirkungen besteht.

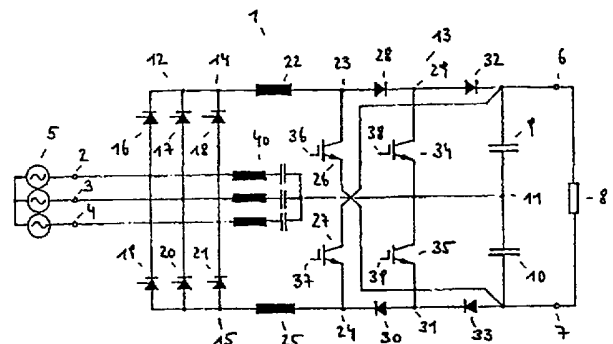


Fig.1

AT 407 456 B

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Speisung des Gleichspannungszwischenkreises eines Pulswechselrichter-Antriebssystems, die auch eine Rücklieferung von Energie aus dem Zwischenkreis in das Netz gestattet, wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

5 Nach dem derzeitigen Stand der Technik wird zur bidirektionalen Speisung des Gleichspannungszwischenkreises eines Pulswechselrichter-Antriebssystems höherer Leistung im einfachsten Fall eine dreiphasige, kreisstromfreie Gegenparallelschaltung vollgesteuerter Drehstrom-(Thyristor)-Brückenschaltungen mit, durch eine gleichspannungsseitige Induktivität und einen Hoch/Tiefsetzsteller eingepprägtem Ausgangsstrom eingesetzt. Dieses System ermöglicht eine
10 Umkehr der Energieflußrichtung unter Beibehaltung einer gegebenen Polarität der Ausgangs- bzw. Zwischenkreisspannung, womit die, bei Bremsvorgängen oder Lastabsenkung (z.B. bei Kranantrieben) seitens des Pulswechselrichters in den Zwischenkreis gelieferte Leistung verlustarm in das Netz zurückgeführt werden kann. Für eine Verringerung der Netzurückwirkungen der Anordnung wird der Ausgangsstrom der Thyristorbrücke mittels eines DC-DC Konverters (Gleichspannungs-Gleichspannungswandlers) mit dreifacher Netzfrequenz moduliert und die so gebildete Wechselkomponente zu gleichen Teilen in die, beiden Thyristorbrücken gemeinsamen wechselspannungsseitigen Anschlußpunkte gespeist. Der resultierende Netzstrom erreicht damit näherungsweise Sinusform, weiters ist durch den DC-DC Konverter die Möglichkeit einer Regelung der Ausgangsspannung gegeben; allerdings ist das System insgesamt durch relativ hohen Realisierungsaufwand gekennzeichnet.

Weiters ist aus der EP 0 193 775 A1 ein Verfahren zur Regelung der Zwischenkreisspannung bei einem Spannungszwischenkreisrichter, der aus einem Zweiquadranten-Thyristorstromrichter und einer, zwischen einer Glättungsdrossel und einem Glättungskondensator angeordneten Rückspeiseschaltung aufgebaut ist, bei der in jeder Stromschiene des Zwischenkreises eine in Durchlaßrichtung geschaltete Diode vorgesehen ist, wobei jeweils die Kathoden und Anoden der Dioden
25 mittels steuerbarer Stromrichterventile miteinander verbunden sind und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bekannt. Es werden für beide Energieflußrichtungen, d.h. Energiezufuhr zur Last und Energierückführung ins Netz, nur die steuerbaren Stromrichterventile der Rückspeiseschaltungen geregelt, der Steuerwinkel des als Gleichrichter oder Wechselrichter arbeitenden Zweiquadranten-Thyristorstromrichters bleibt konstant. Prinzipbedingt weist das System allerdings den für netzgeführte Schaltungen mit eingepprägtem Ausgangsstrom charakteristischen blockförmigen Verlauf des Netzstromes und damit relativ hohe niederfrequente Netzurückwirkungen auf.

Derselbe Nachteil ist für einen aus der CH 660 936 A5 bekannten kontaktlosen Zweiquadranten Stromrichter mit Bremszweig und einer, hinsichtlich der Topologie des gleichspannungsseitigen Schaltungsteiles der Vorrichtung nach EP 0 193 775 A1 grundsätzlich ähnlichen Struktur gegeben. Ein weiterer Nachteil der Vorrichtung nach CH 660 936 A5 besteht in der Verwendung von Thyristoren anstelle abschaltbarer elektronischer Schalter, womit eine Umschaltung der Energieflußrichtung nur über Einbeziehung des Bremszweiges erfolgen kann und die Regelung
40 kompliziert wird.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zu schaffen, die bei geringer Komplexität, insbesondere des Leistungsteiles eine bidirektionale Energieumformung zwischen einem Dreiphasennetz und einer Zwischenkreis-Gleichspannung sowie deren Regelung erlaubt und geringe Netzurückwirkungen aufweist.

45 Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Der Leistungsteil des erfindungsgemäßen System wird durch eine wechsellspannungsseitig direkt mit dem Dreiphasennetz verbundene, vollgesteuerte Drehstrom-Brückenschaltung gebildet,
50 der eine DC-DC Konverterstufe erfindungsgemäßer Topologie nachgeordnet ist, welche eine symmetrische, i.e. für obere und untere Brückenhälfte idente Struktur aufweist. Der Eingangsstrom des DC-DC Konverters bzw. Ausgangsstrom der Drehstrombrücke wird durch, in der positiven und negativen Spannungsschiene liegende Induktivitäten eingepragt, und die Ausgangsspannung durch zwei in Serie geschaltete Kondensatoren oder elektrochemische Speichern gestützt. Für die
55 Steuerung der Energieumformung bei Gleichrichterbetrieb wird in der oberen Brückenhälfte ein,

emitterseitig und in der unteren Brückenhälfte ein, kollektorseitig gegen den kapazitiven Ausgangsspannungsmittelpunkt geschalteter Leistungstransistor oder allgemein abschaltbarer elektronischer Schalter vorgesehen. In Verbindung mit einer gegen die positive Ausgangsklemme geschalteten und einer gegen die negative Ausgangsspannungsklemme geschalteten Diode und den Eingangsinduktivitäten des DC-DC Konverters realisieren diese Transistoren ein der oberen und ein der unteren Brückenhälfte zugeordnetes (oberes und unteres) Hochsetzsteller-Teilsystem das eine Steuerung der Leistungsaufnahme aus dem Netz, bzw. eine Regelung der Ausgangsspannung erlaubt.

Weiters weist die DC-DC Konverterstufe einen, von der, der Thyristorbrücke abgewandten Klemme der oberen Induktivität emitterseitig gegen die negative Ausgangsspannungsklemme und einen, von der, der Thyristorbrücke abgewandten Klemme der unteren Induktivität kollektorseitig gegen die positive Ausgangsspannungsklemme geschalteten Leistungstransistor auf. Durch den oberen Leistungstransistor wird gemeinsam mit der oberen Eingangsinduktivität und einer zwischen den Kollektoren der Transistoren der oberen Brückenhälfte liegenden, in Richtung des Ausgangs orientierten Diode ein oberes Tiefsetzstellerteilsystem und analog durch den unteren Leistungstransistor gemeinsam mit der unteren Eingangsinduktivität und einer zwischen den Emitteranschlüssen der Transistoren der unteren Brückenhälfte liegenden, in Richtung des Eingangs orientierten Diode ein unteres Tiefsetzstellerteilsystem gebildet, deren Funktion darin besteht, bei Wechselrichterbetrieb der Drehstrombrücke Energie aus dem Ausgangskreis in das Dreiphasennetz zurückzuführen.

Werden geringe Netzrückwirkungen gefordert, kann das erfindungsgemäße System in bekannter Weise durch eine, von den Wechselspannungsklemmen der Drehstrombrückenschaltung abzweigende Sternschaltung identischer LC-Serienschwingkreise, deren Sternpunkt mit dem Ausgangsspannungsmittelpunkt verbunden ist, erweitert werden. Für die weiteren Erläuterungen soll diese, die Funktion der erfindungsgemäßen Schaltung nicht unmittelbar berührende Modifikation jedoch vorerst weggelassen werden.

Wird die Ausgangsspannung der Vorrichtung durch einen Verbraucher belastet, wird durch eine übergeordnete Steuereinheit die Thyristorbrücke in den (vollen) Gleichrichterbetrieb gesteuert, womit die obere Brücken-Ausgangsklemme bezogen auf den Ausgangsspannungsmittelpunkt positives und die untere Ausgangsklemme negatives Potential aufweist und damit der Strom in den Eingangsinduktivitäten des DC-DC Konverters durch Durchschalten der Hochsetzstellertransistoren erhöht werden kann. Demgegenüber führt das Abschalten der Leistungstransistoren zufolge der Entmagnetisierung der Induktivitäten gegen die, über der maximalen Ausgangsspannung der Thyristorbrücke liegende Ausgangsspannung der Vorrichtung zu einer Verringerung des Eingangsstromes, womit die Möglichkeit einer Regelung der Leistungsaufnahme des Systems bzw. der Anpassung an den Leistungsbedarf des Verbrauchers unter Sicherstellung einer konstanten Ausgangsspannung gegeben ist. Eine Regelung der Ausgangsspannung kann beispielsweise vorteilhaft zweischleifig ausgeführt werden. Hierbei wird in einer überlagerten Regelschleife die Ausgangsspannung mit einem Sollwert verglichen und in Abhängigkeit der Spannungsregelabweichung der Sollwert des Eingangsstromes festgelegt und der Stromsollwert im einfachsten Fall durch einen unterlagerten Zweipunktstromregler (Toleranzbandregler) eingestellt.

Wichtig ist festzuhalten, daß die Tiefsetzstellertransistoren für Hochsetzstellerbetrieb gesperrt und für oberes und unteres Teilsystem außer für die Erweiterung zur Verringerung der Netzrückwirkungen ein identer Stromsollwert vorgegeben wird.

Wird nun die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Speisung des Gleichspannungszwischenkreises eines Pulswechselrichterantriebssystems eingesetzt und seitens einer aktiven Last (z.B. einer hohen, abzubremenden Schwungmasse oder einer abzusenkenden Last) Energie in den Ausgangskreis der Vorrichtung geliefert, muß, um ein Ansteigen der Ausgangs- bzw. Zwischenkreisspannung über einen vorgegeben Grenzwert zu unterbinden, die Drehstrombrücke in den (vollen) Wechselrichterbetrieb gesteuert und Energie, über den Tiefsetzstellerteil der Vorrichtung geregelt, in das Netz zurückgeführt werden. (Die Transistoren des Hochsetzstellerteiles werden dabei durchgeschaltet.) Die hierbei gegebene Funktion des Systems soll im weiteren unter Beschränkung auf eine Brückenhälfte beschrieben werden.

Wird der, kollektorseitig mit der positiven Ausgangsklemme verbundene untere Tiefsetzstellertransistor durchgeschaltet, wird zufolge des Überwiegens der Ausgangsspannung der Vorrichtung

über die Ausgangsspannung der Thyristorbrücke (die untere Ausgangsklemme der Thyristorbrücke weist für Wechselrichterbetrieb gegenüber dem Mittelpunkt der Ausgangsspannung positives Potential auf) der Strom in der unteren Eingangsinduktivität erhöht. Nach Abschalten des Leistungstransistors kommutiert der Strom in die untere Tiefsetzstellerfreilaufdiode und den in
 5 Serie liegenden, wie vorstehend erwähnt durchgeschalteten, unteren Hochsetzstellertransistor, womit die in den Eingangsinduktivitäten gespeicherte magnetische Energie bzw. der Eingangsstrom gegen die Wechselrichterspannung abgebaut wird. Durch entsprechende Wahl des Ein-Ausschaltverhältnisses des Tiefsetzstellertransistors ist somit eine Regelung des Eingangstromes und damit der in das Netz zurückgelieferten Leistung möglich.

Da für Hochsetzstellerbetrieb Eingangsinduktivität, Hochsetzstellertransistor und -diode und der Ausgangskondensator, in den Energie gespeist wird, der gleichen Brückenhälfte, für Tiefsetzstellerbetrieb jedoch zwar Tiefsetzstellertransistor, Tiefsetzstellerdiode und Eingangsinduktivität eines Teilsystems einer Brückenhälfte, der Ausgangsteilkondensator, dem Energie entnommen wird, aber der jeweils anderen Brückenhälfte zugeordnet sind, kann die erfindungsgemäße Vor-
 10 richtung als vorwärts symmetrisch hochsetzend und invers asymmetrisch tiefsetzend bezeichnet werden.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht allgemein darin, daß im Gegensatz zu konventionellen netzgeführten Schaltungen, die, den Ausgangsstrom der Drehstrombrückenschaltung einprägenden Induktivitäten nicht nach einem Glättungserfordernis bei sechsfacher
 20 Netzfrequenz sondern bei der, typisch um eine Faktor 10 bis 100 höher liegenden Pulsfrequenz zu bemessen sind, wodurch eine wesentliche Verringerung der Baugröße und des Gewichts resultiert. Weiters kann die konventionell für eine Umkehr der Energieflußrichtung ohne Umkehr der Polarität der Ausgangsspannung eingangsseitig erforderliche Gegenparallelschaltung von Drehstrombrückenschaltungen entfallen, da erfindungsgemäß für Energierücklieferung in das Netz durch die
 25 Tiefsetzstellertransistoren Querverbindungen zwischen oberer und unterer Brückenhälfte hergestellt werden (bzw. aus Sicht des Netzes die Polarität der Ausgangsspannung umgekehrt wird), womit auch bei Umsteuerung nur einer Thyristorbrücke von Gleich- in Wechselrichterbetrieb bzw. Umkehr der Polarität der Ausgangsspannung der Thyristorbrücke wieder eine Spannung richtiger Polarität für die Steuerung des Leistungsflusses zur Verfügung steht. Ein Übergang von
 30 Gleich- auf Wechselrichterbetrieb kann dann einfach durch Verschieben des Zündwinkels der Thyristorbrücke und entsprechende Änderung der Ansteuerung der Leistungstransistoren des DC-DC Konverterteiles erfolgen. Im Gegensatz zur kreisstromfreien Parallelschaltung von Thyristorbrückenschaltungen muß keine stromlose Pause abgewartet werden, womit eine höhere Regeldynamik gegeben ist.

In der vorstehend beschriebenen Form weist die Vorrichtung den, für vollgesteuerte Drehstrombrückenschaltungen mit eingepprägtem Ausgangsstrom typischen, (abhängig von der Energieflußrichtung in Phase oder näherungsweise in Gegenphase zur Netzspannung liegenden) blockförmigen Verlauf des Netzstromes auf. Eine Verringerung der damit relativ hohen Netzurückwirkungen ist in bekannter Weise durch gegenphasige Modulation des oberen und unteren DC-DC-
 40 Konvertereingangstromes mit dreifacher Netzfrequenz möglich. Der Rückschluß der dritten Harmonischen erfolgt dann über die vorstehend erwähnte, zwischen Ausgangsspannungsmittelpunkt und Netzklemmen der Drehstrombrücke liegende Sternschaltung von, auf dreifache Netzfrequenz abgestimmten LC-Serienschwingkreisen wobei aufgrund deren Symmetrie eine Aufteilung des Gesamtstromes in drei gleichphasige Teilströme identier Amplitude erfolgt, die in die
 45 Eingangsklemmen der Thyristorbrücke gespeist werden. Im Zusammenwirken mit den, über die oberen oder die unteren Thyristoren fließenden Phasenströmen ergibt sich dann ein näherungsweise sinusförmiger Verlauf des Netzstromes bzw. werden die Netzurückwirkungen signifikant verringert.

Eine weitere Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschreibt der Kennzeichenteil des Patentanspruches 2. Hierbei werden die für die Ausführung nach Anspruch 1 für Gleichrichterbetrieb im Hauptstrompfad liegenden Tiefsetzstellerdioden in Serie zu den jeweiligen Hochsetzstellertransistoren angeordnet, wodurch die Leitverluste der Vorrichtung verringert werden. Das Betriebsverhalten wird durch diese Schaltungsmodifikation nicht beeinflusst. Eine nähere Behandlung kann daher unter Verweis auf die Beschreibung in Verbindung mit Patent-
 55 anspruch 1 unterbleiben.

Die im Kennzeichenteil von Anspruch 3 beschriebene vorteilhafte Ausführungsvariante kann aus der Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch abgeleitet werden, daß die Leistungsdioden durch, in Sperrichtung der Dioden orientierte Leistungstransistoren und die Leistungstransistoren durch invers orientierte Leistungsdioden sowie auch die Thyristoren der Drehstrombrückenschaltung durch, entgegen der bisherigen Stromflußrichtung orientierte Elemente ersetzt werden. Wie durch die Theorie leistungselektronischer Systeme gestützt und auch unmittelbar einzusehen, wird dadurch allgemein eine Hochsetzstellerstruktur in eine Tiefsetzstellerstruktur mit inverser Energieflußrichtung bzw. eine Tiefsetzstellerstruktur in eine inverse Hochsetzstellerstruktur übergeführt. Es liegt dann eine asymmetrisch hochsetzende und symmetrisch tiefsetzende DC-DC Konverterstruktur vor, bzw. steht wieder für jede Energieflußrichtung ein Systemteil zur Regelung des Leistungsflusses zur Verfügung bzw. ist, wie eine nähere Analyse zeigt, die Funktion der so erhaltenen Vorrichtung ident mit der unter Anspruch 1 beschriebenen. Insbesondere werden wieder für Gleichrichter- bzw. Hochsetzstellerbetrieb die Tiefsetzstellertransistoren gesperrt und für Tiefsetzstellerbetrieb die Hochsetzstellertransistoren durchgeschaltet und die Regelung des Eingangsstromes in bekannter Weise über die relative Einschaltdauer der jeweiligen Leistungstransistoren vorgenommen. Einzig ist nun für Hochsetz- und nicht (wie für die Vorrichtungen nach Patentanspruch 1 und 2) für Tiefsetzstellerbetrieb der Ausgangskondensator der unteren Brückenhälfte als den aktiven Ventilen der oberen Brückenhälfte und der Ausgangskondensator der oberen Brückenhälfte als dem Tiefsetzsteller der oberen Brückenhälfte zugeordnet zu sehen.

Hinsichtlich des erfindungsgemäßen, im Kennzeichenteil von Patentanspruch 4 beschriebenen Grundkonzeptes einer Steuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 1 bis 3 ist, unter Bezugnahme auf die Ausführungen in Verbindung mit Anspruch 1 festzuhalten, daß für Hochsetzstellerbetrieb stets beide Tiefsetzstellertransistoren gesperrt und die eingangsseitige Drehstrombrückenschaltung vorteilhaft in (vollen) Gleichrichterbetrieb gesteuert wird. Für Tiefsetzstellerbetrieb werden beide Hochsetzstellertransistoren durchgeschaltet und die Drehstrombrücke in (vollen) Wechselrichterbetrieb gesteuert, wobei die Regelung des Eingangsstromes in beiden Betriebsarten in bekannter Weise durch entsprechende Wahl des Ein- und Ausschaltverhältnisses der jeweils aktiven Transistoren durch die gleiche übergeordnete Steuer- und Regeleinrichtung erfolgen kann.

Vorteilhaft kann eine Realisierung der Stromregelung neben einer einfachen Toleranzbandregelung und synchronen Taktung der jeweils beteiligten Transistoren in bekannter Form auch derart vorgenommen werden, daß beide Hochsetzsteller (oder Tiefsetzsteller) mit gleicher, konstanter Frequenz jedoch um eine halbe Pulsperiode versetzt getaktet werden. Die effektive, für die Dimensionierung der Eingangsinduktivitäten maßgebliche Schaltfrequenz wird dadurch verdoppelt und somit bei gleichen Schaltverlusten der Teilsysteme eine wesentliche Verringerung des schaltfrequenten Rippels des Eingangsstromes erreicht bzw. kann für einen vorgegebenen Maximalwert des Eingangsstromrippels der Induktivitätswert der Eingangsinduktivitäten verringert werden.

Die Erfindung sowie vorteilhafte Ausgestaltungen werden im weiteren anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig.1 Die Grundstruktur (vereinfachte schematische Darstellung) des Leistungsteiles des erfindungsgemäßen bidirektionalen, dreiphasigen, symmetrisch hochsetzenden und asymmetrisch tiefsetzenden Stromrichtersystems.

Fig.2 Die Grundstruktur (vereinfachte schematische Darstellung) des Leistungsteiles des erfindungsgemäßen bidirektionalen, dreiphasigen, asymmetrisch hochsetzenden und symmetrisch tiefsetzenden Stromrichtersystems.

In Fig. 1 ist der Leistungsteil des erfindungsgemäßen Konvertersystems 1 gezeigt, dessen Grundfunktion in der Umformung einer, an Eingangsklemmen 2,3,4 anliegenden Dreiphasen-Wechselspannung 5 in eine, zwischen Ausgangsklemmen 6,7 auftretende, einen Verbraucher 8 speisende Gleichspannung besteht, die durch eine Serienschaltung von Kondensatoren 9,10 mit gemeinsamem, einen kapazitiven Ausgangsspannungsmittelpunkt bildenden Schaltungspunkt 11 gestützt wird. Die Vorrichtung wird durch gleichspannungsseitige Kopplung einer vollgesteuerten Drehstrom-Thyristor-Brückenschaltung 12 und einer DC-DC Konverterstufe 13 gebildet, wobei die Verschaltung an einem, bei Gleichrichterbetrieb der Thyristorbrücke gegenüber Schaltungspunkt 11 positiven Schaltungspunkt 14 und einem negativen Schaltungspunkt 15 erfolgt und die Brücken-

schaltung 12 durch anodenseitig an den Klemmen 2,3,4 und katodenseitig an Schaltungspunkt 14 liegende Thyristoren 16,17,18 und anodenseitig an Schaltungspunkt 15 und katodenseitig an den Klemmen 2,3,4 liegende Thyristoren 19,20,21 gebildet wird. An der Eingangsseite des DC-DC Konverters wird ausgehend von Schaltungspunkt 14 eine Induktivität 22 nach Schaltungspunkt 23 und ausgehend von Schaltungspunkt 24 eine Induktivität 25 nach Schaltungspunkt 15 gelegt und
 5 weiters abzweigend von Schaltungspunkt 23 ein Leistungstransistor oder allgemein abschaltbarer elektronischer Schalter 26 emitterseitig mit der negativen Ausgangsklemme 7 der Vorrichtung 1 verbunden und abzweigend von der positiven Ausgangsklemme 6 ein Leistungstransistor 27 emitterseitig an den Schaltungspunkt 24 gelegt und von Schaltungspunkt 23 ausgehend eine
 10 Diode 28 in Stromflußrichtung nach Schaltungspunkt 29 und eine Diode 30 in Stromflußrichtung von Schaltungspunkt 31 nach Schaltungspunkt 24 geschaltet und weiters Schaltungspunkt 29 über eine Diode 32 in Stromflußrichtung mit der positiven Ausgangsklemme 6 und die negative Ausgangsklemme 7 über eine Diode 33 in Stromflußrichtung mit Schaltungspunkt 31 verbunden und abzweigend von Schaltungspunkt 29 ein Leistungstransistor 34 emitterseitig mit dem Aus-
 15 gangsspannungsmittelpunkt 11 und abzweigend von Schaltungspunkt 11 ein Leistungstransistor 35 emitterseitig mit der negativen Ausgangsklemme 7 verbunden.

Für Gleichrichterbetrieb der Vorrichtung 1, d.h. Speisung des Verbrauchers 8 aus dem Dreiphasennetz 5, werden die Leistungstransistoren 26 und 27 über entsprechende, durch eine übergeordnete Steuer- und Regeleinrichtung an die Steueranschlüsse 36 und 37 gelegte Signale
 20 gesperrt und nur die Leistungstransistoren 34 und 35 mit Steueranschlüssen 38 und 39 getaktet und die Drehstrombrückenschaltung 12 vorteilhaft in vollen Gleichrichterbetrieb gesteuert. Bezogen auf den Ausgangsspannungsmittelpunkt 11 weist dann Schaltungspunkt 14 positives und Schaltungspunkt 15 negatives Potential auf. Die Regelung des Leistungsflusses kann dabei für Festwertregelung der, über dem Spitzenwert der verketteten Netzspannung liegenden Ausgangs-
 25 spannung in bekannter Weise so erfolgen, daß durch einen, die Ausgangsspannungsregelabweichung bildenden und dynamisch bewertenden Ausgangsspannungsregler ein Sollwert des Stromes durch die Induktivitäten 22 und 25 vorgegeben und zur Einstellung dieses Stromsollwertes eine Toleranzbandregelung eingesetzt, bzw. der Eingangstrom des DC-DC-Konverters zwischen einer oberen und einer unteren Schaltschwelle geführt wird. Für Sperrzustand der Transistoren 34
 30 und 35 erfolgt der Stromfluß, abhängig vom betrachteten Zeitpunkt innerhalb einer Netzperiode über einen der Thyristoren 16, 17 oder 18, die Induktivität 22, Diode 28, Diode 32, die Ausgangskondensatoren 9 und 10 bzw. den Verbraucher 8 und weiters die Dioden 33 und 30 und die Induktivität 25 und einen der Thyristoren 19, 20 oder 21 und das Dreiphasenspannungssystem 5 und wird entsprechend der, die jeweils zwischen 14 und 15 anliegende verkettete Netzspannung
 35 überwiegenden Ausgangsspannung verringert. Bei Unterschreiten der unteren Schaltschwelle des Zweipunktreglers werden im einfachsten Fall beide Transistoren 34 und 35 durchgeschaltet und damit die, verkettete Netzspannung direkt an die Induktivitäten 22 und 25 geschaltet, und somit der Eingangsstrom wieder erhöht bzw. in das Toleranzband zurückgeführt.

Wird die einfache Zweipunkt-Stromregelung durch einen kontinuierlich arbeitenden Stromregler
 40 mit nachgeschaltetem Spannungssteuersatz ersetzt, kann die Ansteuerung der Transistoren 34 und 35 entsprechend dem Stand der Technik vorteilhaft auch mit konstanter Schaltfrequenz und um eine halbe Taktperiode versetzt erfolgen, womit auch der Ausgangsspannungsmittelpunkt 11 in die Systemfunktion eingebunden wird und drei (und nicht nur zwei - wie für synchrone Steuerung der Transistoren) Spannungsniveaus für die Stromregelung zur Verfügung stehen und die für die
 45 Bildung des Rippels des Eingangsstromes maßgebliche Frequenz um einen Faktor 2 erhöht wird. Dies resultiert in einer entsprechenden Verringerung der schaltfrequenten Oberschwingungen des Netzstromes, die für eine Verringerung des Filteraufwandes zur Unterdrückung leitungsgebundener Störbeeinflussungen anderer, am gleichen Netz betriebener Verbraucher und/oder, bei gegenüber synchroner Taktung gleichem Störpegel, des Induktivitätswertes der Eingangsinduk-
 50 tivitäten 22 und 23 und/oder der Taktfrequenz genutzt werden kann.

Für die Rückspeisung der, seitens einer aktiven Last in den Ausgangskreis der Vorrichtung 1 gelieferten Leistung in das Netz wird die Drehstrombrücke 12 vorteilhaft in vollen Wechselrichterbetrieb gesteuert, womit der Schaltungspunkt 14 gegenüber dem Mittelpunkt 11 der Ausgangs-
 55 spannung negatives und Schaltungspunkt 15 gegenüber 11 positives Potential annimmt. Es verbleiben nun die Leistungstransistoren 34 und 35 durchgeschaltet, die Transistoren 26 und 27

werden getaktet. Im Einschaltzustand der Transistoren wird zufolge der, die Netzspannung über-
 wiegenden Ausgangsspannung, der dann, ausgehend von der positiven Ausgangsklemme 6 über
 den Leistungstransistor 27 und die Induktivität 25, die Drehstrombrückenschaltung 12 und Netz 5
 und über Schaltungspunkt 14, Induktivität 22 und Leistungstransistor 26 in die negative Klemme
 5 des Ausgangskreises gespeiste Strom erhöht bzw. dem Ausgangskreis der Vorrichtung 1 Leistung
 entnommen und entsprechend dem Stromfluß gegen die, zwischen den Schaltungspunkten 15 und
 14 physikalisch positiv anliegende verkettete Netzspannung in das Netz zurückgeliefert. Ein
 Abschalten der Transistoren 26 und 27 führt zu einer Verringerung des Stromflusses, da dann eine
 Entmagnetisierung der Induktivitäten 22 und 23 über die Dioden 28, die Leistungstransistoren 34
 10 und 35 und die Diode 30 gegen die, jeweils zwischen den Schaltungspunkten 15 und 14 auftre-
 tende verkettete Netzspannung erfolgt.

Zur Regelung des Strom- bzw. Leistungsflusses kann die für Gleichrichterbetrieb eingesetzte
 Steuereinheit herangezogen werden, wobei nun, wie vorstehend erwähnt, jedoch die Ansteuer-
 befehle an die Steueranschlüsse 36 und 37 der Transistoren 26 und 27 zu legen, und die Transis-
 15 toren 34 und 35 zu sperren sind. Auch kann in völlig analoger Weise das, vorstehend in
 Verbindung mit Gleichrichterbetrieb näher beschriebene Konzept einer versetzten Taktung der
 Transistoren 26 und 27 Anwendung finden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist im einfachsten Fall in Gleich- und Wechselrichter-
 betrieb den, für Drehstrombrückenschaltungen mit eingprägtem Ausgangsstrom charak-
 20 tistischen, blockförmigen Verlauf auf. Zur Verringerung der dadurch bedingten Netzurückwirkungen
 kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in bekannter Weise durch eine, abzweigend von den
 Wechsellspannungsklemmen 2,3,4 angeordnete und als Sternpunkt den Ausgangsspannungs-
 mittelpunkt 11 aufweisende Sternschaltung 40 von, auf dreifache Netzfrequenz abgestimmten
 25 LC-Serienschwingkreisen erweitert werden. Hierbei ist durch die Stromreglung der Strom in den
 Induktivitäten 22 und 23 gegenphasig mit gleicher Amplitude und dreifacher Netzfrequenz zu
 modulieren, der Rückschluß der Summe der dritten Harmonischen des oberen und unteren
 Eingangsstromes erfolgt dann zu gleichen Teilen über die Phasen der Sternschaltung 40 zu den
 Eingangsklemmen. Damit werden stromlose Pausen eines Netzphasenstromes unterbunden,
 weiters wird dadurch, wie eine genauere Analyse zeigt, eine Korrektur des rechteckförmigen
 30 Stromverlaufes in Richtung eines näherungsweise sinusförmigen Stromverlaufes erreicht bzw.
 werden die niederfrequenten Oberschwingungen des Netzstromes und damit die Netzurück-
 wirkungen des erfindungsgemäßen Systems signifikant verringert.

Eine vorteilhafte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in Fig.2 gezeigt.
 Für hinsichtlich Funktion gleiche Elemente und Schaltungspunkte werden dabei gleiche
 35 Bezeichnungen wie in Fig.1 verwendet. Die Schaltung nach Fig.2 kann aus Fig.1 einfach durch
 Ersetzung von Dioden durch Leistungstransistoren mit entgegen der Diodendurchlaßrichtung
 orientierter Stromflußrichtung (des Leistungstransistors 34 durch eine anodenseitig am Ausgangs-
 spannungsmittelpunkt 11 liegende Diode 30) und der Leistungstransistoren durch, entgegen der
 Stromflußrichtung der Transistoren orientierte Dioden, (z.B. der Diode 32 durch einen kollektor-
 40 seitig an der positiven Ausgangsklemme 6 liegenden Leistungstransistor 27) gebildet werden.
 Durch diese Schaltungsmodifikation wird allgemein ein Hochsetzsteller in einen Tiefsetzsteller mit
 inverser Energieflußrichtung bzw. ein Tiefsetzsteller in einen inversen Hochsetzsteller übergeführt,
 entsprechend sind auch die Thyristoren der Brückenschaltung 12 durch Thyristoren mit entgegen-
 gesetzter Stromflußrichtung zu ersetzen.

Die Funktion der so erhaltenen Vorrichtung ist ident mit der in Fig.1 gezeigten. Wieder sind für
 Gleichrichterbetrieb und entsprechende Aussteuerung der Drehstrombrücke 12 die Transistoren 26
 und 27 zu sperren und für die Regelung des Eingangsstromes die Transistoren 34 und 35 heran-
 zuziehen; für Wechselrichterbetrieb bzw. Rückspeisung von Energie in das Netz verbleiben die
 Transistoren 34 und 35 im eingeschalteten Zustand und die Regelung des Eingangsstromes erfolgt
 50 bei Wechselrichteraussteuerung der Thyristorbrücke 12 über die Transistoren 26 und 27. Auch
 hinsichtlich der Möglichkeit einer Verringerung der Netzurückwirkungen mittels einer Schaltungs-
 erweiterung 40 ist die in Verbindung mit Fig.1 angegebene Beschreibung gültig.

Bezüglich einer praktischen Realisierung sei darauf hingewiesen, daß ein Vorteil dieser Aus-
 führungsvariante darin besteht, daß die Transistoren 27 und 35 und 34 und 26 vorteilhaft in Form
 55 von Halbbrücken-Leistungsmodulen realisiert werden können, wodurch eine Verringerung des

Montageaufwandes erreicht wird. Für die Schaltung nach Fig.1 ist diese Möglichkeit nur für die Transistoren 34 und 35 gegeben.

PATENTANSPRÜCHE:

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1. Vorrichtung (1) zur getakteten, bidirektionalen Umformung einer dreiphasigen, an Eingangsklemmen (2,3,4) anliegenden Wechselspannung in eine, zwischen Ausgangsklemmen (6,7) auftretende Gleichspannung, die eine vollgesteuerte Drehstrom-Thyristorbrücke (12) und eine gleichspannungsseitig an diese gekoppelte Gleichspannungs-Konverterstufe (13) aufweist, in deren positiver und negativer Eingangsleitung Induktivitäten (22) und (25) mit den Ausgangsklemmen (6) und (7) zugewandten Klemmen (23) und (24) liegen und zwischen deren positiver und negativer Spannungsschiene sich elektronische Schalter befinden **dadurch gekennzeichnet**, daß abzweigend von Schaltungspunkt (23) ein Leistungstransistor (26) emitterseitig mit der negativen Ausgangsklemme (7) der Vorrichtung (1) verschaltet und abzweigend von der positiven Ausgangsklemme (6) ein Leistungstransistor (27) emitterseitig mit Schaltungspunkt (24) verbunden wird und, von Schaltungspunkt (23) ausgehend, eine Diode (28) in Stromflußrichtung nach Schaltungspunkt (29) und eine Diode (30) in Stromflußrichtung von Schaltungspunkt (31) nach Schaltungspunkt (24) gelegt wird und Schaltungspunkt (29) über eine Diode (32) in Stromflußrichtung mit der positiven Ausgangsklemme (6) und die negative Ausgangsklemme (7) über eine Diode (33) in Stromflußrichtung mit Schaltungspunkt (31) verbunden ist und weiters abzweigend von Schaltungspunkt (29) ein Leistungstransistor (34) emitterseitig mit dem Ausgangsspannungsmittelpunkt (11) und weiters abzweigend von (11) ein Leistungstransistor (35) emitterseitig mit Schaltungspunkt (31) verbunden ist und die erzeugte Ausgangsgleichspannung durch eine Serienschaltung von Kondensatoren (9,10) mit gemeinsamem, einen kapazitiven Ausgangsspannungsmittelpunkt bildendem Schaltungspunkt (11) gestützt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß Diode (28) zwischen Schaltungspunkt (29) und Leistungstransistor (34) und Diode (30) zwischen Leistungstransistor (35) und Schaltungspunkt (31) angeordnet und die Schaltungspunkte (23) und (29), sowie die Schaltungspunkte (24) und (31) direkt verbunden werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß sämtliche Dioden durch Leistungstransistoren mit entgegen der Diodendurchlaßrichtung orientierter Stromflußrichtung, d.h. die Dioden (28,30,32,33) durch Transistoren (35,34,27,26) und sämtliche Leistungstransistoren durch, entgegen der Stromflußrichtung der Transistoren orientierte Dioden, d.h. die Transistoren (26,27,34,35) durch Dioden (33,32,30,28) und die Thyristoren der Brückenschaltung (12) durch Thyristoren mit entgegengesetzter Durchlaßrichtung ersetzt werden.
4. Verfahren zur Steuerung einer der Vorrichtungen nach Anspruch 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet**, daß für Gleichrichterbetrieb der Drehstrombrückenschaltung (12) die Transistoren (26) und (27) gesperrt und für Wechselrichterbetrieb die Leistungstransistoren (34) und (35) durchgeschaltet werden und durch eine übergeordnete Steuer- und Regelungseinrichtung in an sich bekannter Weise die Regelung der aus dem Netz bezogenen und in die, die Netzspannung überwiegende Ausgangsspannung gespeisten Leistung durch Taktung der Leistungstransistoren (34) und (35) und einer in das Netz zurückzuspeisenden Leistung durch Taktung der Transistoren (26) und (27) erfolgt.

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

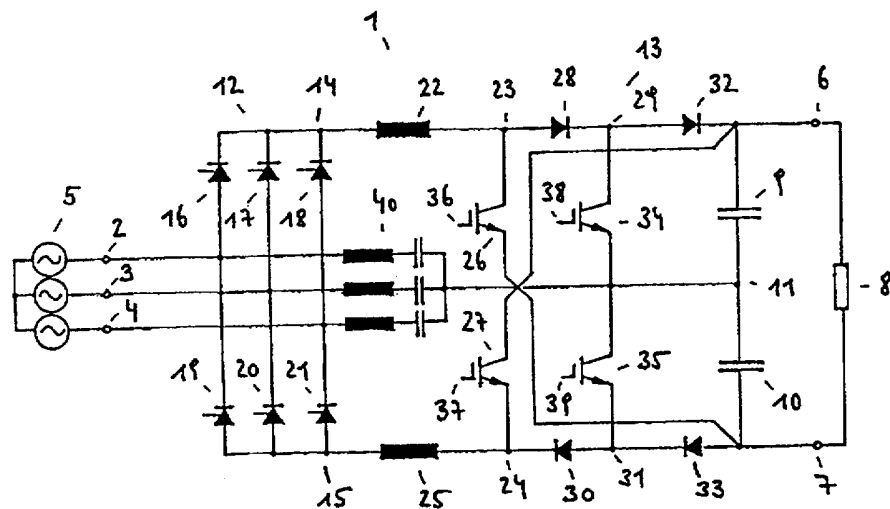


Fig.1 Erfindungsgegenstand: Bidirektionales Stromrichtersystem zur rückwirkungsarmen Netzkopplung eines Gleichspannungszwischenkreis-Pulswechselrichtersystems
Erfinder: Johann W. KOLAR und Thomas M. WOLBANK

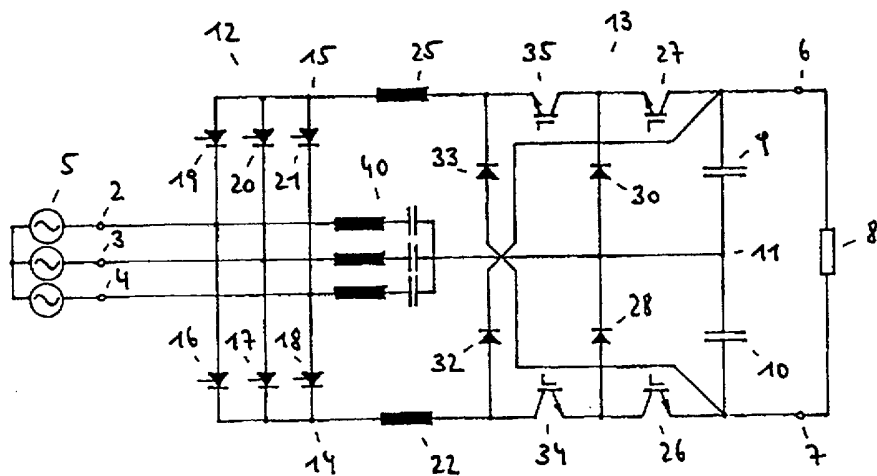


Fig.2 Erfindungsgegenstand: Bidirektionales Stromrichtersystem zur rückwirkungsarmen Netzkopplung eines Gleichspannungszwischenkreis-Pulswechselrichtersystems
Erfinder: Johann W. KOLAR und Thomas M. WOLBANK