

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 387/2012
 (22) Anmeldetag: 30.03.2012
 (43) Veröffentlicht am: 15.10.2013

(51) Int. Cl. : **H02M 1/15** (2006.01)
H02M 7/162 (2006.01)
H02J 3/01 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 US 6278626 B1 FR 2922382 A1
 SU 1328904 A1 US 5621634 A

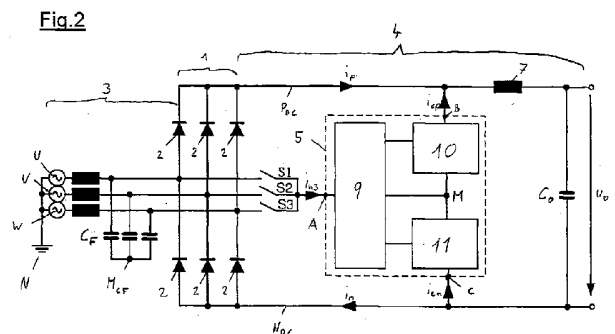
CHUNG-CHUAN HOU: "An AC/DC Power System Consisting of a Diode Rectifier and an Auxiliary Three-Level Converter"; 8th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia; 2011, pages 2087-2091.

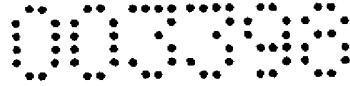
(73) Patentanmelder:
 SCHNEIDER ELECTRIC POWER DRIVES
 GMBH
 1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
 Hartmann Michael Dr.
 Wien (AT)
 Fehringer Rudolf
 Wien (AT)

(54) **Gleichrichterschaltung mit Strominjektion**

(57) Die vorliegend Erfindung bezieht sich auf eine Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung (1) von Halbleiterventilen (2), vorzugsweise einer Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei die Gleichrichtanordnung (1) einen dreiphasigen netzseitigen Eingang (3) und einen gleichstromseitigen Ausgang (4) aufweist, und zumindest eine von drei Phasen (U,V,W) am netzseitigen Eingang (3) mit einem ersten Polanschluss (A) einer dreipoligen Schaltung (5) zum Ableiten eines Injektionsstromes (i_{h3}) in die dreipolige Schaltung (5) verbunden ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass jede Phase (U,V,W) jeweils mit einem Schaltelement (S_1, S_2, S_3) zum ersten Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5) zuschaltbar ist, und ein zweiter und dritter Polanschluss (B,C) der dreipoligen Schaltung (5) jeweils mit einer Ausgangsleitung (P_{DC}, N_{DC}) des gleichstromseitigen Ausganges (4) für Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) verbunden ist, wobei die dreipolige Schaltung (5) steuerbare Halbleiterventile ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$), vorzugsweise IGBTs, zur aktiven Regelung der Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) und/oder des Injektionsstroms (i_{h3}) aufweist, sowie zumindest eine Drossel (7) an einer der Ausgangsleitungen (P_{DC}, N_{DC}) am gleichstromseitigen Ausgang (4) angeordnet ist, und eine zeitlich veränderliche Last (6) am gleichstromseitigen Ausgang (4) vorgesehen ist.





Zusammenfassung:

Die vorliegend Erfindung bezieht sich auf eine Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung (1) von Halbleiterventilen (2), vorzugsweise einer Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei die Gleichrichtanordnung (1) einen dreiphasigen netzseitigen Eingang (3) und einen gleichstromseitigen Ausgang (4) aufweist, und zumindest eine von drei Phasen (U,V,W) am netzseitigen Eingang (3) mit einem ersten Polanschluss (A) einer dreipoligen Schaltung (5) zum Ableiten eines Injektionsstromes (i_{h3}) in die dreipolige Schaltung (5) verbunden ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass jede Phase (U,V,W) jeweils mit einem Schaltelement (S_1, S_2, S_3) zum ersten Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5) zuschaltbar ist, und ein zweiter und dritter Polanschluss (B,C) der dreipoligen Schaltung (5) jeweils mit einer Ausgangsleitung (P_{DC}, N_{DC}) des gleichstromseitigen Ausganges (4) für Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) verbunden ist, wobei die dreipolige Schaltung (5) steuerbare Halbleiterventile ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$), vorzugsweise IGBTs, zur aktiven Regelung der Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) und/oder des Injektionsstroms (i_{h3}) aufweist, sowie zumindest eine Drossel (7) an einer der Ausgangsleitungen (P_{DC}, N_{DC}) am gleichstromseitigen Ausgang (4) angeordnet ist, und eine zeitlich veränderliche Last (6) am gleichstromseitigen Ausgang (4) vorgesehen ist.

Fig. 2



Gleichrichterschaltung mit Strominjektion

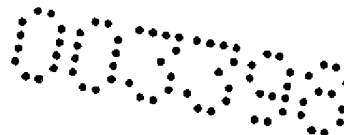
GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung von Gleichrichtventilen, vorzugsweise eine Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei die Gleichrichtanordnung einen dreiphasigen netzseitigen Eingang und einen gleichstromseitigen Ausgang aufweist, und zumindest eine von drei Phasen am netzseitigen Eingang mit einem ersten Polanschluss einer dreipoligen Schaltung zum Ableiten eines Injektionsstromes in die dreipolige Schaltung verbunden ist, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiters auf ein Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen in einen gleichstromseitigen Ausgang einer Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung von Halbleiterventilen, vorzugsweise eine dreipolige Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei ein Injektionsstrom von zumindest einer der drei Phasen an einem netzseitigen Eingang der Gleichrichterschaltung abgezweigt wird, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 18.

STAND DER TECHNIK

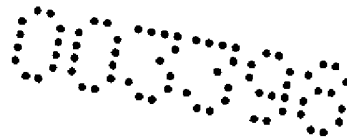
In der modernen Leistungselektronik sind eine Vielzahl an unterschiedlichen Ausführungsformen von passiven, aktiven und Mischformen, sogenannten hybriden Gleichrichterschaltungen bekannt. Die diversen Gleichrichterschaltungen stellen im Wesentlichen aus netzseitigen, sinusförmigen Spannungen am Eingang eine möglichst konstante Gleichspannung am Ausgang der Gleichrichterschaltung bereit. Eine häufig verwendete Gleichrichtanordnung stellt die aus dem Stand der Technik, insbesondere in der Leistungselektronik, bekannte dreiphasige (Sechspuls-) Brückengleichrichtanordnung (B6 Schaltung) von Gleichrichterioden dar. Dabei wird aus einem dreiphasigen



Drehstromnetz (die sogenannte Wechselstromseite der Gleichrichterschaltung) mittels einer Brückenordnung von Dioden nach der Brückenordnung (die sogenannte Gleichstromseite der Gleichrichterschaltung) eine gleichgerichtete Spannung erzeugt.

Zur Reduzierung der durch die Gleichrichterschaltung entstehenden pulsformigen Ströme am wechsellspannungsseitigen Eingang des Gleichrichters und zur Glättung der Gleichrichterausgangsspannung bzw. des Gleichrichterausgangsstromes werden oft gleichspannungsseitig Induktivitäten (Drosseln) zwischen Gleichrichterausgang der Diodenbrücke und Ausgangskondensator geschaltet. Bei gattungsgemäßen Gleichrichterschaltungen wird der Gleichrichterstrom durch eine Drossel, verbunden mit einem Ausgangskondensator parallel zum Ausgang, geführt, um Verzerrungen in den Netzströmen zu reduzieren, und den Verlauf des Gleichrichterstroms zu glätten und eine konstante Ausgangsspannung am Ausgang bzw. dem Ausgangskondensator zur Verfügung zu stellen.

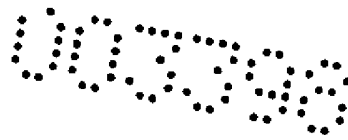
Der netzseitige Stromverlauf einer Gleichrichterschaltung mit Schaltelementen, Induktivitäten und/oder Kapazitäten, auch im Betrieb mit passiver (ohmscher) Last oder einer weiteren elektronischen Schaltung an der Gleichspannungsseite, ist dabei in herkömmlicher Weise nicht sinusförmig. Die nicht-sinusförmigen Ströme verursachen infolge ihres Oberschwingungsgehalts und der Phasenverschiebung gegenüber der Netzgrundschiwingung unerwünschte netzseitige Spannungs- bzw. Stromverzerrungen. Insbesondere bei Gleichrichterschaltungen höherer Leistung sind diese Netzurückwirkungen nicht zu vernachlässigen. Es gilt einen Pegel der summierten Leistung aller Oberschwingungen im Verhältnis zur Leistung der Grundschiwingung einzuhalten (THDi, steht für „Total Harmonic Distortion of currents“ bzw. „gesamte harmonische Verzerrung der Ströme“), wobei die maximalen Verzerrungen der Netzströme und Netzspannungen durch Normen (z.B. IEC61000-3-2) vorgegeben ist.



Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass die Stromformen der Gleichrichterschaltung durch Hinzufügen bzw. Ableiten von Strömen, den sogenannten Injektionsströmen, beeinflusst werden können: Dabei werden durch zusätzlich angeordnete Schaltelemente Ströme vorzugsweise in den stromlosen Phasen der Diodenbrückenströme zusätzlich eingeprägt. Der dazu benötigte Strom besitzt im Wesentlichen eine zur Netzfrequenz dreifache Frequenz wodurch diese Art der Strominjektion zur Verbesserung der durch die Gleichrichterschaltung erzeugenden Netzrückwirkungen in der Literatur mit *third harmonic current injection* bezeichnet wird. Als bekanntester Vertreter solch eines Gleichrichtersystems und Stand der Technik sei hier der sogenannte *Minnesota Rectifier* genannt.

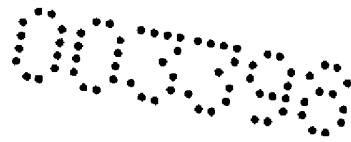
Die im Stand der Technik als *Minnesota Rectifier* bekannte Gleichrichterstruktur verwendet eine Injektion eines Stromes mit einer dritten harmonischen der Netzfrequenz simultan in alle drei Phasen des Wechselstromanschlusses der Gleichrichterschaltung um annähernd sinusförmige Netzströme der Gleichrichterschaltung zu erreichen. Es werden dadurch jene Stromlücken gefüllt, welche aufgrund der sperrenden Wirkung der Gleichrichtenanordnung am netzseitigen Eingang keinen Strom führen würden. Durch geeignete Wahl des Injektionsstromes kann die Verzerrung der Netzströme somit weitestgehend vermieden und somit ein besseres THDi erreicht werden.

Die Schaltung des *Minnesota Rectifiers* zeigt den wesentlichen Nachteil, dass die dazu notwendigen Ströme in alle drei Phasen gleichzeitig eingeprägt werden und dabei niederfrequent belastete Einspeisetransformatoren verwendet werden müssen welche aufgrund der niederfrequenten Belastung mit der dritten harmonischen der Netzfrequenz sowohl ein großes Volumen als auch ein großes Gewicht aufweisen. Die Erzeugung des Injektionsstromes wird bei der Schaltung des *Minnesota Rectifiers* durch zwei, gleichspannungsseitig angeordneten Hochsetzstellerstufen bewerkstelligt. Dadurch



kann eine geregelte Ausgangsspannung, welche durch einen hinreichend großen Ausgangskondensator gefiltert ist, zur Verfügung gestellt werden. Durch die Anwendung der Hochsetzsteller auf der DC-Seite des Gleichrichters werden jedoch zwei Dioden in den primären Leistungsfluss der Gleichrichterschaltung eingefügt, was insbesondere im Bereich hoher Leistungen eine beträchtliche Reduzierung des Wirkungsgrades zur Folge hat. Eine selektive Einprägung des benötigten Injektionsstromes nur in diejenige wechsellspannungsseitige Phase, welche im klassischen 6-puls Gleichrichterbetrieb stromlos bleiben würde ist möglich, benötigt jedoch zusätzliche aktive Schalter zur Auswahl der jeweiligen Phase. Dazu muss der Injektionsstrom der Gleichrichterschaltung jedoch angepasst werden. Solch ein Betrieb ist jedoch mit der Topologie des *Minnesota Rectifiers* nicht möglich.

Andere aus dem Stand der Technik bekannte Gleichrichterschaltungen, welche das Konzept der third harmonic injection verwenden, können nur parallel zur Last der Gleichrichterschaltung und ohne Verwendung der gleichspannungsseitigen Drossel bzw. ohne der Verwendung eines nennenswerten Ausgangskondensators betrieben werden. Bei solch bestehenden Schaltungen wird, um annähernd sinusförmigen Strom zu erhalten, sowohl die pulsierende Ausgangsspannung des Brückengleichrichters als auch eine Konstantleistungslast, also eine Last die unabhängig von der zur Verfügung gestellten Spannungen die benötigte Leistung aufnimmt, benötigt. Gleichrichterschaltungen mit technisch vorteilhafter Drossel und Kapazität am gleichstromseitigen Ausgang können daher nicht verwendet werden können. Für den Betrieb von vielen leistungselektronischen Schaltungen ist eine hinreichend gute Glättung und Stützung der Ausgangsspannung und daher ein hinreichend großer Ausgangskondensator unerlässlich. Topologien dieser Art können daher in solchen Anwendungen nicht eingesetzt werden.



Eine wesentliche, möglichst optimale Gleichrichtung bei gleichzeitiger Vermeidung der Netzverzerrungen ist also bei im Stand der Technik bekannten Gleichrichterschaltungen mit Strominjektion nicht gegeben.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Es ist daher das Ziel dieser Erfindung diese Nachteile zu vermeiden und eine Gleichrichterschaltung mit Strominjektion sowie ein Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen in jener Weise zu verbessern, dass geringe Netzurückwirkungen der Gleichrichterschaltung auftreten, wobei dabei ein möglichst sinusförmiger Eingangsstrom in Phase mit den jeweiligen Netzspannungen vorliegen soll, keine großen magnetische Bauelemente an der Wechselspannungsseite der Gleichrichterschaltung benötigt werden, pulsförmige Injektion des Steuerstroms an den Ausgang der Gleichrichterschaltung vermieden wird, keine großen wechsellspannungs- bzw. gleichspannungsseitigen angeordneten Filterkondensatoren benötigt werden, und der Wirkungsgrad der Gleichrichterschaltung verbessert wird.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Diese Ziele werden durch die Merkmale von Anspruch 1 und Anspruch 18 erreicht.

Anspruch 1 bezieht sich auf eine Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung von Halbleiterventilen, vorzugsweise eine Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei die Gleichrichtanordnung einen dreiphasigen netzseitigen Eingang und einen gleichstromseitigen Ausgang aufweist, und zumindest eine von drei Phasen am netzseitigen Eingang mit einem ersten Polanschluss einer dreipoligen Schaltung zum Ableiten eines Injektionsstromes in die dreipolige Schaltung verbunden ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass jede Phase jeweils mit einem Schaltelement zum ersten Polanschluss der dreipoligen



Schaltung zuschaltbar ist, und ein zweiter und dritter Polanschluss der dreipoligen Schaltung jeweils mit einer Ausgangsleitung des gleichstromseitigen Ausganges für Steuerströme verbunden ist, wobei die dreipolige Schaltung steuerbare Halbleiterventile, vorzugsweise IGBTs, zur aktiven Regelung der Steuerströme und/oder des Injektionsstroms aufweist, sowie zumindest eine Drossel an einer der Ausgangsleitungen am gleichstromseitigen Ausgang angeordnet ist, und eine zeitlich veränderliche Last am gleichstromseitigen Ausgang vorgesehen ist.

Die erfindungsgemäße Schaltung weist neben der bekannten Gleichrichtanordnung eine dreipolige Schaltung zum Einprägen von Injektionsströmen auf. Jede einzelne Phase des Netzes kann mittels Schaltelement mit der dreipoligen Schaltung verbunden werden, wobei dabei der sogenannte Injektionsstrom vom Netz entnommen wird und den Gleichrichterströmen als Steuerstrom hinzugefügt wird. Die erfindungsgemäße Schaltung ermöglicht den Betrieb mit veränderlichen Lasten am gleichstromseitigen Ausgang der Gleichrichterschaltung, da die Steuerströme aus der dreipoligen Schaltung mithilfe von steuerbaren Halbleiterventilen als aktive Bauelemente zur aktiven Regelung in der dreipoligen Schaltung je nach Last geregelt werden können. Passive Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren oder Induktivitäten, wie sie in herkömmlichen Schaltungstopologien von Gleichrichterschaltungen unter der Verwendung des Injektionsprinzips eingesetzt werden, sind dazu nicht in ausreichender Form geeignet. Als aktive Bauelemente sind vorzugsweise steuerbare Halbleiterventile in Form von IGBTs mit antiparallelen Freilaufdioden vorgesehen, wobei jedoch jegliche Art von abschaltbaren Ventilen, welche zur Steuerung der Schaltzustände (z.Bsp. MOSFETs, GTOs,...) verwendet werden können. In der Beschreibung der vorliegenden Erfindung wird der Begriff steuerbare Halbleiterventile stellvertretend für alle steuerbaren Schaltelemente verwendet.

Auch die Verwendung einer gleichstromseitigen Drossel in Kombination mit einem hinreichend großen Ausgangskondensator



zum Erhalt gleichgerichteter, konstanter Ausgangsspannungen ist möglich, ohne dabei die Funktion der Gleichrichterschaltung zu beeinträchtigen und hohe Netzverzerrungen zu erhalten. Die gesamte Leistung der Gleichrichterschaltung wird dabei am gleichstromseitigen Ausgang durch die Drossel geführt. Eine durch die Gleichrichtanordnung entstehende Spannung mit wechselförmigen Anteilen kann an der Drossel abfallen, wobei eine gleichgerichtete Spannung am Ausgang verbleibt und der Last zugeführt werden kann. Insbesondere können herkömmliche Gleichrichterschaltungen mit Drossel und Ausgangskondensator mittels der dreipoligen Schaltung einfach erweitert werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der zweite und dritte Polanschluss der dreipoligen Schaltung jeweils über eine zweite und dritte Induktivität mit einer der beiden Ausgangsleitungen des gleichstromseitigen Ausganges verbunden ist, und zwischen dem zweiten oder dritten Polanschluss und der Last die Drossel vorgesehen ist.

Eine Differenzspannung an den Induktivitäten bildet die Basis für die Regelung der Steuerströme und des Injektionsstroms. Die jeweiligen Ströme, also die Steuerströme und/oder der Injektionsstrom, werden durch Modulation der aktiven Bauelemente in der dreipoligen Schaltung eingestellt. Die Schaltvorgänge zur Modulation von Strömen mittels aktiver Bauelemente sind in der Leistungselektronik an sich bekannt. Durch die Induktivitäten an den Anschlüssen der dreipoligen Schaltung werden die Ströme geglättet und eine Einprägung von pulsförmigen Strömen in den gleichstromseitigen Ausgang kann vermieden werden. Dadurch werden mitunter teure Filterkondensatoren mit großen Kapazitätswerten gespart, die die pulsförmigen Ströme entstehend durch den Schaltvorgang der aktiven Bauelemente in herkömmlicher Weise aufnehmen würden. Die Drossel am gleichstromseitigen Ausgang führt sowohl die Gleichrichterströme als auch die eingepprägten Steuerströme und sorgt für kontinuierliche Verläufe der Ausgangsgrößen.



In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass über eine erste Induktivität der erste Polanschluss mit den Schaltelementen verbunden ist, wobei die drei Induktivitäten mittels 3-Schenkel-Drossel ausgeführt sind. Die Ausführung der drei Induktivitäten mittels einer herkömmlichen 3-Schenkel-Drossel stellt eine besonders platzsparende, günstige und einfach zu implementierende Variante dar, wobei jede Schenkelwicklung der 3-Schenkel-Drossel eine Induktivität bildet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung ist vorgesehen, dass die beiden Ausgangsleitungen am gleichstromseitigen Ausgang mit einem Ausgangskondensator verbunden sind. Dieser Ausgangskondensator dient im Wesentlichen zum Erhalt einer konstanten Ausgangsspannung in Zusammenspiel mit der Drossel, wobei ein vorhandener wechselförmiger Anteil in der Spannungsschleife zwischen Drossel und Ausgangskondensator an der Drossel abfällt, und der Ausgangskondensator eine konstante, gleichgerichtete Ausgangsspannung hält. Ein Ausgangskondensator parallel zum Ausgangsanschluss der Gleichrichterschaltung wird unter anderem auch durch den nachgeschalteten Betrieb von leistungselektronischen Schaltungen wie z.B. einer dreiphasigen Inverterstufe benötigt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass jede der drei Phasen am netzseitigen Eingang jeweils mit einem Filterkondensator verbunden ist, wobei die Filterkondensatoren sternförmig in einem Sternpunkt zusammengeschaltet sind. Des Weiteren ist vorgesehen, dass die dreipolige Schaltung über zumindest einen Ableitkondensator mit dem netzseitigen Eingang verbunden ist. Der Ableitkondensator der dreipoligen Schaltung bildet in Kombination mit den sternförmig angeordneten Filterkondensatoren einen vorteilhaften Strompfad um Ströme,

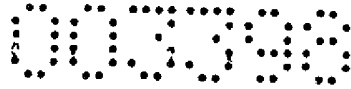


entstehend durch hochfrequente Schaltvorgänge in der dreipoligen Schaltung, abzuleiten.

Des Weiteren ist gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die dreipolige Schaltung drei Konvertersysteme mit steuerbaren Halbleiterventilen und/oder einem bidirektionalem Schalter umfasst, wobei an einem ersten Konvertersystem der erste Polanschluss der dreipoligen Schaltung, an einem zweiten Konvertersystem der zweite Polanschluss der dreipoligen Schaltung, sowie an einem dritten Konvertersystem der dritte Polanschluss der dreipoligen Schaltung vorgesehen ist, und von allen drei Konvertersystemen eine Verbindung zu einem Verzweigungspunkt, einem gemeinsamen Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung, vorgesehen ist.

Die drei Konvertersysteme werden verwendet um bei entsprechender Regelung die beiden Steuerströme und den Injektionsstrom einzuprägen. Jedes der Konvertersysteme stellt einen Freiheitsgrad für die Regelung der drei Ströme, nämlich den beiden Steuerströmen und dem Injektionsstrom, zur Verfügung. Mittels der vorteilhaften Ausführung von steuerbaren Halbliterventilen und/oder eines bidirektionalen Schalters in einer Brückenstruktur können die Freiheitsgrade dazu genutzt werden die Steuerströme zu regeln.

Des Weiteren ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass das erste Konvertersystem als 3-Level Brückenweig vorgesehen ist, wobei das zweite und dritte Konvertersystem als Halbbrücke vorgesehen sind, und die drei Konvertersysteme mittels dreier parallel geschalteter Zweige ausgeführt sind, die mit elektronischen Bauelementen besetzt sind, wobei an einem ersten Zweig der erste Polanschluss der dreipoligen Schaltung ausgeführt ist, und an einem dritten Zweig der zweite und dritte Polanschluss ausgeführt sind, und jeder der Zweige einen Mittelpunktanschluss aufweist, um welche Mittelpunktanschlüsse die Bauelemente der Zweige symmetrisch angeordnet sind, wobei ein erster



Mittelpunktanschluss des ersten Zweigs über einen bidirektionalen Schalter mit einem zweiten Mittelpunktanschluss des zweiten Zweigs verbunden ist, und der zweite Mittelpunktanschluss direkt mit einem dritten Mittelpunktanschluss des dritten Zweigs leitend verbunden ist, wobei der dritte Mittelpunktanschluss als Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung vorgesehen ist. Das erste Konvertersystem ist als an sich bekannter 3-Level Brückenweig ausgeführt, und kann unidirektional oder bidirektional vorgesehen sein, wie im Weiteren erläutert werden wird. Die Konvertersysteme zwei und drei, bestehen aus zwei Halbbrücken können jedoch auch als drei- oder mehrstufigen Brückenweig ausgeführt sein.

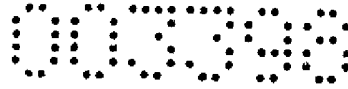
Am ersten Zweig ist der erste Polanschluss vorgesehen und der Injektionsstrom fließt in den ersten Mittelpunktanschluss und damit in die dreipolige Schaltung zu. Die drei derartig parallel geschalteten Zweige stellen gemeinsam die drei Konvertersysteme als Brückenstrukturen dar, mit welchen Brückenstrukturen die Steuerströme und der Injektionsstrom geregelt werden können.

Alternativ ist gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die dreipolige Schaltung zwei Konvertersysteme mit steuerbaren Halbleiterventilen, vorzugsweise angeordnet in einer Brückenstruktur, umfasst, wobei an einem zweiten Konvertersystem der zweite Polanschluss der dreipoligen Schaltung, sowie an einem dritten Konvertersystem der dritte Polanschluss der dreipoligen Schaltung vorgesehen ist, und von beiden Konvertersystemen eine Verbindung zu einem Verzweigungspunkt, einem gemeinsamen Mittelpunkt, vorgesehen ist, und der Mittelpunkt mit dem ersten Polanschluss verbunden ist. Gemäß dieser alternativen Ausführungsform der Erfindung wird das erste Konvertersystem weggelassen und der erste Pol der dreipoligen Schaltung wird direkt mit dem Mittelpunkt der beiden verbleibenden Konvertersysteme leitend verbunden.



Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das zweite und dritte Konvertersystem als Halbbrücke vorgesehen sind, wobei die zwei Konvertersysteme mittels zweier parallel geschalteter Zweige ausgeführt sind, und mit einem zweiten Zweig der erste Polanschluss der dreipoligen Schaltung verbunden ist, und an einem dritten Zweig der zweite und dritte Polanschluss ausgeführt sind, und jeder der Zweige einen Mittelpunktanschluss aufweist, um welche Mittelpunktanschlüsse die Bauelemente der Zweige symmetrisch angeordnet sind, und ein zweiter Mittelpunktanschluss des zweiten Zweigs direkt mit einem dritten Mittelpunktanschluss des dritten Zweigs leitend verbunden ist, wobei der dritte Mittelpunktanschluss als Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung vorgesehen ist. Gemäß dieser Ausführungsform der dreipoligen Schaltung ist kein erster Zweig vorgesehen, der mittels Schalter verbunden ist, sondern nur eine Ausführungsform mit zwei Halbbrücken als Konvertersysteme, womit zwei Freiheitsgrade zur Regelung der Spannungs- und Stromgrößen der Brückenstrukturen vorhanden sind. Die direkte Verbindung des ersten Pols der dreipoligen Schaltung mit dem Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung und damit auch der beiden Konvertersysteme definiert das Potential an ebendiesem Punkt und sowohl die beiden Steuerströme als auch der Injektionsstrom können mit den zwei verbleibenden Konvertersystemen geregelt werden.

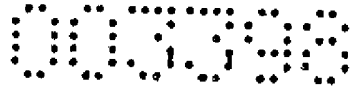
Zur Bauteilbestückung der Zweige ist gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass am zweiten Zweig zwei Pufferkondensatoren in Serie geschaltet sind, wobei der zweite Mittelpunktanschluss zwischen den beiden Pufferkondensatoren angeordnet ist. Des Weiteren ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass im ersten Zweig zwei Brückenventile, vorzugsweise Dioden, in Serie mit derselben Durchlassrichtung geschaltet sind, wobei der erste Mittelpunktanschluss zwischen den beiden Brückenventilen angeordnet ist. Eine derartige Anordnung von Dioden bedeutet eine unidirektionale Ausführung des ersten Konvertersystems. Eine unidirektionale Ausführung des ersten Konvertersystems



erlaubt eine Stromführung aufgrund der Dioden nur in eine Richtung, womit ein Energietransfer vom Netz in die dreipolige Schaltung festgelegt ist. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die beiden Brückenventile als steuerbare Halbleiterventile, vorzugsweise IGBTs, ausgeführt sind. Eine derartige Anordnung von steuerbaren Halbleiterventilen anstatt von Dioden bedeutet eine bidirektionale Ausführung des ersten Konvertersystems. Eine bidirektionale Ausführung des ersten Konvertersystems erlaubt es, bei geeigneter Regelung der drei Konvertersysteme die Spannung an den Pufferkondensatoren zu minimieren, da die benötigten Ströme in der dreipoligen Schaltung nun nicht mehr durch die Flussrichtung der Brückenventile des ersten Konvertersystems begrenzt ist. Dadurch kann die maximale Spannung der Pufferkondensatoren vorteilhaft reduziert werden.

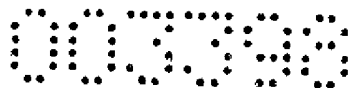
Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass am dritten Zweig die vier steuerbaren Halbleiterventile in Serie geschaltet vorgesehen sind, wobei der Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung in der Verbindung zwischen zwei seriell geschalteten Paaren der steuerbaren Halbleiterventile angeordnet ist, und der zweite Polanschluss zwischen den steuerbaren Halbleiterventilen des ersten Paares vorgesehen ist, und der dritte Polanschluss zwischen den steuerbaren Halbleiterventilen des zweiten Paares vorgesehen ist. An diesen Polanschlüssen fließen die Steuerströme in die gleichstromseitigen Ausgangsleitungen. Die jeweiligen Steuerströme können nun durch die beiden Halbbrücken durch geeignete Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile reguliert werden. Die Spannungen der verwendeten Pufferkondensatoren sind dabei maßgeblich für die Spannungsverhältnisse am zweiten und dritten Polanschluss und daher auch maßgeblich für den auftretenden Rippelstrom in den Induktivitäten.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der zweite Mittelpunktanschluss über eine Spannungsquelle mit dem ersten Polanschluss verbunden ist. Der



zweite Mittelpunktanschluss ist direkt verbunden mit dem Mittelpunkt. Um das Potential des Mittelpunktes der dreipoligen Schaltung dynamisch erhöhen bzw. erniedrigen zu können, kann der Mittelpunkt der Konvertersysteme über eine Spannungsquelle mit dem ersten Polanschluss verbunden werden. Mithilfe einer Potentialerhöhung bzw. -erniedrigung durch die Spannungsquelle können die Ströme der dreipoligen Schaltung auch bei geringen Potentialdifferenzen, wie sie prinzipbedingt bei der direkten Verbindung des ersten Polanschlusses mit dem Mittelpunkt der Konvertersysteme auftreten, ohne Verzerrungen geregelt werden.

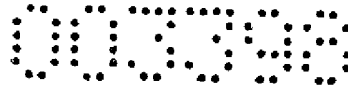
In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung ist vorgesehen, dass das zweite und dritte Konvertersystem der dreipoligen Schaltung mit an sich bekannten bidirektionalen 3-Level Brückenzeigen ausgeführt ist, vorzugsweise zwei sogenannte Three-Level Neutral-Point-Clamped-Converters (3L-NPC), wobei die 3-Level Brückenzeige symmetrisch um einen zu den 3-Level Brückenzeigen parallel geschalteten Mittelpunktzweig angeordnet sind, und der Mittelpunktzweig als zwei in Serie geschaltete Pufferkondensatoren ausgeführt ist, sowie der Mittelpunkt zwischen den beiden Pufferkondensatoren vorgesehen ist, und ein Neutralanschluss des 3-Level Brückenzeigs mit dem Mittelpunkt und dem ersten Polanschluss verbunden ist, sowie ein Wechselspannungsanschluss des 3-Level Brückenzeigs als der zweite Polanschluss und der dritte Polanschluss der dreipoligen Schaltung vorgesehen sind. Die Verwendung zweier 3-Level Brückenzeige stellt eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung dar, da das erste Konvertersystem in dieser Ausführungsform nicht benötigt wird und dadurch der Wirkungsgrad des gesamten Gleichrichtersystems erhöht werden kann und außerdem die Steuerströme möglichst verzerrungsfrei generiert werden können. Die Regelung der Steuerströme kann durch an sich bekannte Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile der 3-Level Brückenzeig bewerkstelligt werden und der Injektionsstrom ergibt sich dabei durch den



Umstand $i_{cp} = i_{h3} + i_{cn}$. Die beschriebene Ausführungsform stellt eine bidirektionale dreipolige Schaltung zur Verfügung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die dreipolige Schaltung mit dem ersten Polanschluss jeweils mit einer Seite von zwei Injektionskondensatoren verbunden ist, welche Verbindung den Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung bildet, wobei die beiden anderen Seiten der Injektionskondensatoren über eine Spannungsquelle verbunden sind und Anschlusspunkte bilden, wobei jeweils von den Anschlusspunkten ausgehend eine Stromschleife mit je einem Pufferkondensator und jeweils ein Paar von steuerbaren Halbleiterventilen vorgesehen ist, und zwischen den jeweils zwei steuerbaren Halbleiterventilen eines Paares der zweite Polanschluss und der dritte Polanschluss vorgesehen ist. Die Regelung der Steuerströme erfolgt nach wie vor durch geeignete Ansteuerung der beiden Halbbrücken. Bei genügend hoher Amplitude der Spannungen der zusätzlichen Spannungsquelle können durch diese Ausführung die beiden Steuerströme weitestgehend verzerrungsfrei geführt werden.

Anspruch 18 bezieht sich auf ein Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen in einen gleichstromseitigen Ausgang einer Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung von Halbleiterventilen, vorzugsweise eine dreipolige Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei ein Injektionsstrom von zumindest einer der drei Phasen an einem netzseitigen Eingang der Gleichrichterschaltung eingepreßt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Injektionsstrom einem ersten Polanschluss einer dreipoligen Schaltung zugeführt wird, und die Regelung des Injektionsstroms und/oder der Steuerströme mithilfe von aktiven Bauelementen, vorzugsweise steuerbaren Halbleiterventilen, in der dreipoligen Schaltung erfolgt, sowie den Gleichrichterströmen an zwei gleichstromseitigen Ausgangsleitungen die Steuerströme über einen zweiten und dritten Polanschluss der dreipoligen Schaltung hinzugefügt werden, und zumindest durch eine am

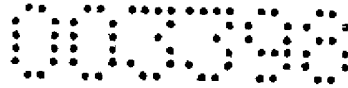


gleichstromseitigen Ausgang angeordnete Drossel geführt werden.

Der Drosselstrom setzt sich aus von der Gleichrichtanordnung gleichgerichteten Strom und Steuerströmen zusammen. Die Drossel in Kombination mit dem Ausgangskondensator glättet den Ausgangsstrom und stellt eine konstante Ausgangsspannung zur Verfügung. Die Zuführung des Injektionsstromes erfolgt nur in diejenige Phase die aufgrund des Betriebes der sechs-pulsigen Gleichrichterschaltung stromlos bleiben würden und ermöglicht bei entsprechender Regelung die Erzeugung von sinusförmigen Gleichrichtereingangsströmen in Phase mit den Netzspannungen was die Netzurückwirkungen der Gleichrichterstruktur erniedrigt. Da die zusätzlich eingebrachte dreipolige Schaltung nur einen Bruchteil der Energie der gesamten Gleichrichterschaltung bearbeitet, kann im Wesentlichen ein besserer Gesamtwirkungsgrad im Vergleich zu herkömmlichen rückwirkungsarmen, aktiven Gleichrichterschaltungen erzielt werden. Insbesondere bietet das erfindungsgemäße Verfahren die Möglichkeit, bestehende herkömmliche Gleichrichterschaltungen zu erweitern und diese mit der Erweiterung rückwirkungsarm am Netz zu betreiben. Ebenso ist es möglich, eine variable Last am gleichstromseitigen Ausgang zu betreiben, indem die Steuerströme je nach Last mit an sich bekannter Ansteuerung der aktiven Bauelemente geregelt werden.

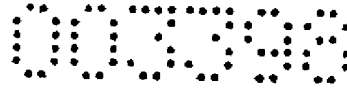
Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Injektionsstrom und/oder die Steuerströme durch zumindest zwei von drei Induktivitäten, vorgesehen an zumindest zwei der drei Polanschlüsse zur Glättung und Steuerung der Ströme, durch Differenzspannungen über den Induktivitäten geführt werden, sowie mittels Regelung von zwei der drei Ströme der dritte Strom eingestellt wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich Gleichrichterschaltungen mit geringen Netzverzerrungen zu betreiben. Die zugeführten Steuerströme sowie der Injektionsstrom werden zunächst von den Induktivitäten



geglättet, ohne dabei pulsformige Ströme von der Gleichrichtanordnung am Ausgang zu erhalten. In gattungsgemäßen Gleichrichterschaltungen übliche, große Kapazitäten zur Filterung der Pulse der Gleichrichtströme sowie eventueller Injektionsströme werden dabei vermieden. Des Weiteren ist die Differenzspannung über den Induktivitäten die Basis, um Ströme durch die Induktivitäten zu führen und damit in die dreipolige Schaltung bzw. aus dieser zu führen. Die Stromsumme der Ströme an den Polanschlüssen der dreipoligen Schaltung der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung ergibt sich zu null. Hochfrequente Schaltvorgänge der aktiven Bauelemente in der dreipoligen Schaltung resultieren, insbesondere wenn alle drei Ströme an den Polanschlüssen geregelt werden, in hochfrequenten Bewegungen einer Mittelpunktspannung der dreipoligen Schaltung. Durch Verwenden zusätzlicher Ableitkondensatoren kann ein zusätzlicher hochfrequenter Strompfad bereitgestellt werden. Bei der gegenständlichen Ausführungsform ist allerdings vorgesehen, dass zwei der drei Ströme an den Polanschlüssen mithilfe aktiver Bauelemente in der dreipoligen Schaltung geregelt werden, wobei sich der dritte Strom aufgrund der Stromsumme null ergibt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Mittelpunktspannung zwischen dem Mittelpunkt der dreipoligen Schaltung und einem Neutralpunkt gemessen wird und ein Mittelwert der Mittelpunktspannung mit einem der Konvertersysteme geregelt wird. Die Messung und Filterung der Mittelpunktspannung, wobei die Mittelpunktspannung in Bezug auf den Neutralpunkt (Masse) des Netzes gemessen wird, erlaubt die aktive Regelung dieses Potentials, was Vorteile bei der Generierung der Steuerströme und des Injektionsstromes mit sich bringt, da dieses Potential die Steuerströme bzw. den Injektionsstrom mitbestimmt. Dabei wird die Potentialdifferenz, insbesondere jene zwischen dem Mittelpunkt und dem gleichstromseitigen Ausgangsleitungen und dem

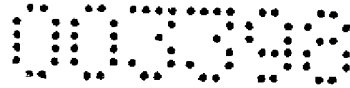


netzseitigem Eingang, mithilfe der aktiven Bauelemente in der dreipoligen Schaltung geregelt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Pufferkondensatorspannung am Pufferkondensator größer geregelt wird als eine Spannung der positiven Ausgangsleitung gegen einen Neutralpunkt, und eine zweite Pufferkondensatorspannung am Pufferkondensator kleiner geregelt wird als eine Spannung der negativen Ausgangsleitung gegen den Neutralpunkt. Die Pufferkondensatorspannungen bestimmen beim Schalten der steuerbaren Halbleiterventile die Differenzspannungen an den Induktivitäten der Polanschlüsse.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Regelung des Mittelwerts der Mittelpunktspannung mittels der steuerbaren Halbleiterventile erfolgt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Mittelwert der Mittelpunktspannung auf null geregelt wird.

Aufgrund des Umstandes, dass sich die Summe aller drei Ströme der dreipoligen Schaltung zwingend zu null ergeben müssen, ist es ausreichend, wenn nur zwei Konvertersysteme zur Regelung der Steuerströme und des Injektionsstromes verwendet werden, da sich der dritte Strom zwingend ergibt. Dadurch kann in vorteilhafter Weise das übrig bleibende Konvertersystem verwendet werden, um die Mittelpunktsspannung im Mittel zu regeln. Wegen der zeitlichen Modulation, also Schaltung, der steuerbaren Halbleiterventile ist der Mittelwert der Mittelpunktspannung heranzuziehen. Der Mittelwert der Mittelpunktspannung kann mittels der aktiven Bauelemente in der dreipoligen Schaltung geregelt werden. Die Methoden zur Ansteuerung der aktiven Bauelemente bzw. Änderung deren Schaltzuständen ist dabei an sich bekannt. Wird die Mittelpunktspannung im Mittel auf null im Bezug auf den Neutralpunkt des Netzes geregelt, müssen die Beträge der jeweiligen Spannungen an den Pufferkondensatoren größer bzw. kleiner sein als jene an den gleichstromseitigen



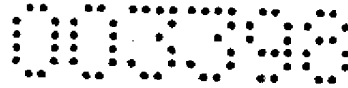
Ausgangsleitungen gegenüber diesem Mittelpunkt entsprechend eingepreßt werden können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass eine erste Pufferkondensatorspannung am Pufferkondensator minimiert wird, und eine zweite Pufferkondensatorspannung am Pufferkondensator minimiert wird, wobei die Mittelpunktspannung auf den negativen halben Wert einer Injektionsspannung geregelt wird, und die Injektionsspannung zwischen dem ersten Polanschluss und dem Neutralpunkt anliegt. Die Spannungen der beiden Pufferkondensatoren werden dabei minimiert, wobei die Mittelpunktspannung gegengleich zur am ersten Polanschluss der dreipoligen Schaltung auftretenden Spannung gegen den Neutralpunkt, geregelt werden muss. Dazu ist jedoch eine bidirektionale Ausführung der ersten Konverterstufe nach Anspruch 15 notwendig, da Strom und Spannung dieses Konvertersystems bei dieser Ausführungsform nicht in Phase sind.

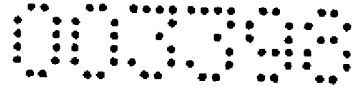
In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist für Gleichrichterschaltungen nach Anspruch 11 oder 17 vorgesehen, dass mithilfe der Regelung der Spannungsquelle das Potential der Mittelpunktspannung gegenüber einer der beiden Ausgangsleitungen erhöht bzw. erniedrigt wird. Dies ist vorgesehen, um ausreichend große Potentialdifferenzen zur Regelung der Steuerströme an den Polanschlüssen zu erhalten. Dadurch kann ein verzerrungsfreies Führen der Steuerströme und des Injektionsstromes sichergestellt werden, was in weiterer Folge zu verzerrungsfreien Eingangsströmen der Gleichrichterschaltung führt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mithilfe der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen hierbei die



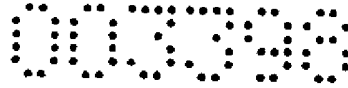
- Fig. 1 eine herkömmliche Ausführungsform einer Gleichrichterschaltung mit Drossel,
- Fig. 2 eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit drei Konvertersystemen,
- Fig. 3 eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit zwei Konvertersystemen,
- Fig. 4 eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel,
- Fig. 4a den Verlauf der dreiphasigen Netzströme am netzseitigen Eingang der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4b den Verlauf einer Ausgangsspannung sowie einer gleichgerichteten Spannung am gleichstromseitigen Ausgang einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4c den Verlauf eines positiven Gleichrichterstroms der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4d den Verlauf eines Injektionsstroms der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4e den Verlauf eines negativen Gleichrichterstroms der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,



- Fig. 4f den Verlauf eines Drosselstroms einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4g den Verlauf eines Steuerstroms einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 4h den Verlauf eines Steuerstroms einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4,
- Fig. 5 eine Ausführungsform der dreipoligen Schaltung der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel,
- Fig. 6 eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel,
- Fig. 6a den Verlauf des Mittelwerts einer Mittelpunktspannung der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 6 bei erfindungsgemäßer Einprägung eines Steuerstroms,
- Fig. 7 eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel,
- Fig. 8 eine weitere Ausführungsform der dreipoligen Schaltung der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel, sowie
- Fig. 9 eine weitere Ausführungsform der dreipoligen Schaltung der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung mit Drossel.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

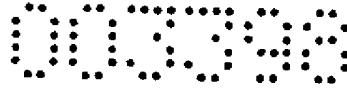
Die Fig. 1 zeigt eine bekannte Gleichrichterschaltung mit einer Gleichrichtanordnung 1 von Halbleiterventilen 2, eine



(Sechspuls-) Brückengleichrichtanordnung mit Dioden, sowie mit einer gleichstromseitigen Drossel 7. Die Gleichrichterschaltung umfasst einen netzseitigen Eingang 3 und einen gleichstromseitigen Ausgang 4, wobei am netzseitigen Eingang 3 die Phasen U, V, W ausgeführt sind, und am gleichstromseitigen Ausgang 4 eine positive Ausgangsleitung P_{DC} und eine negative Ausgangsleitung N_{DC} . An der Gleichrichtanordnung 1 liegt eine gleichgerichtete Spannung U_{rec} an, wobei am Ausgang eine konstante Ausgangsspannung U_0 entsteht.

In der Figur 1 ist netzseitig ein Neutralpunkt N , das Massenpotential des Netzes, dargestellt. Am gleichstromseitigen Ausgang 4 ist mit den Ausgangsleitungen P_{DC}, N_{DC} eine Last 6, dargestellt als variabler Widerstand, verbunden, die eine zeitlich veränderliche Leistung $P_0(t)$ aufnimmt. Des Weiteren ist am gleichstromseitigen Ausgang 4 zwischen den Ausgangsleitungen P_{DC}, N_{DC} üblicherweise ein Ausgangskondensator C_0 vorgesehen. Die Last 6 wird in den weiteren Figuren nicht dargestellt, da der Anschluss an der jeweiligen selben Stelle wie in Figur 1 erfolgt. Die Last 6 kann auch eine weitere elektronische Schaltung, etwa ein weiterer Stromrichter, sein, wobei die dargestellte Gleichrichterschaltung dann als sogenannter Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis verwendet wird. Die gesamte Leistung der Last 6 wird über die Drossel 7 vom Netz zum Gleichrichterausgang transportiert, wobei die für die dargestellte dreiphasige Diodenbrücke mit Halbleiterventilen 2 typischen Halbwellen der Ausgangsspannung durch eine Drossel 7 in Kombination mit einem Ausgangskondensator C_0 geglättet wird.

Die in Figur 1 dargestellte Gleichrichterschaltung weist jedoch eine bezüglich Netzurückwirkungen nachteilige Ausführung auf. Die Gleichrichterschaltung weist, je nach Dimensionierung der angeordneten Drossel 7, mehr oder weniger pulsförmige Eingangsströme mit stromlosen Lücken am netzseitigen Eingang 3 und verursachen daher unerwünschte Netzurückwirkungen wobei ein

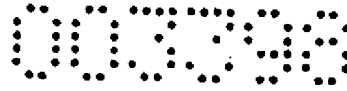


etwaig geforderter THDi der Eingangsströme meist nicht erreicht werden kann.

Um das THDi zu verbessern, ist eine erfindungsgemäße Gleichrichterschaltung gemäß Figur 2 und Figur 3 vorgesehen. Die erfindungsgemäße Gleichrichterschaltung mit einer Gleichrichtanordnung 1 weist zusätzlich eine dreipolige Schaltung 5 auf. Die dreipolige Schaltung 5 weist einen ersten Polanschluss A, einen zweiten Polanschluss B und einen dritten Polanschluss C auf. Der erste Polanschluss A ist mit Schaltelementen S_1, S_2, S_3 zumindest zu je einer Phase U, V, W am netzseitigen Anschluss zuschaltbar. Der zweite Polanschluss B ist mit der positiven Ausgangsleitung P_{DC} verbunden, und zwar noch bevor die Drossel 7 die Verbindung zur Last 6 herstellt. Der dritte Polanschluss C ist mit der negativen Ausgangsleitung N_{DC} verbunden.

In Figur 2 ist eine erfindungsgemäße Gleichrichterschaltung mit einem ersten Konvertersystem 9, einem zweiten Konvertersystem 10 und einem dritten Konvertersystem 11 dargestellt. Die dreipolige Schaltung 5 ist mit Konvertersystemen 9, 10, 11 aufgebaut, wobei das erste Konvertersystem 9 mit dem Polanschluss A, einem zweiten Konvertersystem 10, einem dritten Konvertersystem 11, und einem Mittelpunkt M, verbunden ist. Das zweite Konvertersystem 10 ist mit dem Polanschluss B und dem Mittelpunkt M verbunden, wobei das dritte Konvertersystem 11 mit dem Polanschluss C und dem Mittelpunkt M verbunden ist. Zumindest zwei der Konvertersysteme 9, 10, 11 weisen steuerbare Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ zur aktiven Regelung von Steuerströmen i_{cp}, i_{cn} und/oder eines Injektionsstroms i_{h3} auf. Das erste Konvertersystem 9 ist als unidirektionaler oder bidirektionaler 3-Level Brückenweig ausgeführt, wobei das zweite und dritte Konvertersystem 10, 11 als Halbbrücken ausgeführt sind.

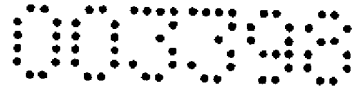
In Figur 3 ist eine erfindungsgemäße Gleichrichterschaltung 1 mit einem zweiten Konvertersystem 10 und einem dritten



Konvertersystem 11 dargestellt. Ein erstes Konvertersystem 9 ist nicht vorgesehen, sondern der erste Polanschluss A ist direkt mit dem Mittelpunkt M verbunden. Die Konvertersystem 10,11 weisen steuerbare Halbleiterventile $S_{CP+}, S_{CP-}, S_{CN+}, S_{CN-}$ zur aktiven Regelung von Steuerströmen i_{CP}, i_{CN} und/oder eines Injektionsstroms i_{h3} auf.

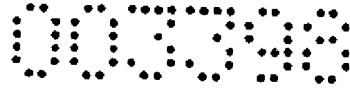
Mit den Schaltelementen S_1, S_2, S_3 wird jeweils eine Phase U, V, W mit dem Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 5 verbunden, wobei ein Strompfad für die einen Injektionsstrom i_{h3} zur Verfügung gestellt wird. Über die Polanschlüsse B, C fließen Steuerströme i_{CP}, i_{CN} an den gleichstromseitigen Ausgang 4. Am netzseitigen Eingang 3 werden durch die Einprägung des Injektionsstroms i_{h3} Netzverzerrung vermieden. Der für sinusförmige Eingangsströme erforderliche Injektionsstrom setzt sich wie in den Figuren 4a bis 4e ersichtlich aus Abschnitten der gewünschten sinusförmigen Eingangsströmen zusammen und weist wie in der Figur 4d dargestellt annähernd dreiecksförmigen Verlauf auf.

Die dreipolige Schaltung 5 gemäß der bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung nach Figur 4 verwendet zur Implementierung des ersten Konvertersystems 9 einen unidirektionalen 3-Level Brückenweig bestehend aus den beiden Gleichrichterdiode D_{h3+} und D_{h3-} auf einem ersten Zweig Z_1 und einem bidirektionalen Schalter S_{h3} von einem ersten Mittelpunktanschluss M_1 zu einem zweiten Mittelpunktanschluss M_2 , wobei die Dioden D_{h3+}, D_{h3-} den ersten Mittelpunktanschluss M_1 mit den positiven und negativen Anschlüssen der Pufferkondensatoren C_{CP}, C_{CN} verbinden, welche Pufferkondensatoren am zweiten Zweig Z_2 vorgesehen sind. Durch den bidirektionalen Schalter S_{h3} wird der erste Mittelpunktanschluss M_1 durch einschalten des bidirektionalen Schalters S_{h3} mit dem zweiten Mittelpunktanschluss M_2 und damit über eine leitende Verbindung auch mit dem Mittelpunkt M der dreipoligen Schaltung 5 verbunden. Das zweite Konvertersystem 10 sowie das dritte Konvertersystem 11 sind durch zwei Halbbrücken mit den vier steuerbaren Halbleiterventilen



$S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ vorgesehen wobei die positiven, und negativen Anschlüsse der beiden Halbbrücken mit den Pufferkondensatoren C_{cp}, C_{cn} verbunden sind. Die Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ sind an einem dritten Zweig Z3 vorgesehen. Die Ausführung einer derartigen Verschaltung von steuerbaren Halbleiterventilen $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ ist insbesondere mit einer bekannten, am Markt erhältlichen und damit günstig zu realisierenden sogenannten „3-Level-Topologie“ von IGBTs mit Freilaufdioden möglich, wobei dabei auch ein Mittelpunkt M vorgesehen ist. Die Pufferkondensatoren C_{cp}, C_{cn} sind sowohl Bestandteil des 3-Level Brückenzeigs des ersten Konvertersystems 9, als auch der Halbbrücken des zweiten und dritten Konvertersystems 9,10. Die Polanschlüssen B und C der dreipoligen Schaltung sind zwischen jeweils einem ersten Paar S_{cp+}, S_{cp-} und einem zweiten Paar S_{cn+}, S_{cn-} von steuerbaren Halbleiterventilen vorgesehen. Durch geeignete Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ der beiden Halbbrücken und des 3-Level Brückenzeigs können die Ströme i_{h3}, i_{cp}, i_{cn} geregelt werden.

Des Weiteren weist die bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung gemäß Figur 4 am netzseitigen Eingang 3 mit den Phasen U,V,W verbundene, sternförmig angeordnete Filterkondensatoren C_F auf. Die Filterkondensatoren C_F sind sternförmig um einen Sternpunkt M_{CF} angeordnet. Der Sternpunkt M_{CF} ist weiters mit einem Ableitkondensator C_{BF} mit einem Mittelpunkt M der dreipoligen Schaltung 5 verbunden. Diese Verbindung des netzseitigen Eingangs 3 mit einem Ableitkondensator C_{BF} über die Filterkondensatoren C_F , erlaubt hochfrequente Fehlerströme i_f , entstehend durch die hochfrequenten Schaltvorgänge in der dreipoligen Schaltung 5, abfließen zu lassen, was insbesondere Vorteile aufweist, wenn alle drei Ströme i_{h3}, i_{cp} , und i_{cn} der dreipoligen Schaltung 5 mit eigens ausgeführten Regler geregelt werden. Der Anschluss des Ableitkondensator C_{BF} wird jedoch nicht als weiterer, vierter Polanschluss der dreipoligen Schaltung 5 angesehen, da die abgeleiteten



Fehlerströme i_f hochfrequent und vergleichsweise klein gegenüber den Strömen in den Polanschlüssen A,B,C sind.

Jeder der Polanschlüsse A,B,C ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in Figur 4 mit einer Induktivität L_{h3}, L_{cp}, L_{cn} verbunden, welche zum Führen der beiden Steuerströme i_{cp}, i_{cn} und des Injektionsstromes i_{h3} verwendet werden. Es werden auf diese Weise mindestens zwei der drei Ströme i_{h3}, i_{cp}, i_{cn} geregelt, wobei sich der dritte Strom aufgrund der zwingenden Stromsumme null ergibt.

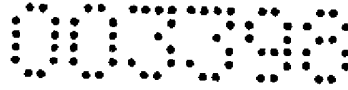
Die Figur 4a zeigt den Stromverlauf der Phasen U,V,W am netzseitigen Eingang 3. Die Phasenströme i_u, i_v, i_w sind entsprechend eines Drehstromnetzes phasenverschoben.

Die Fig. 4b zeigt zunächst die gleichgerichtete Spannung U_{rec} die zwischen den beiden Ausgangsleitungen P_{DC}, N_{DC} nach der Gleichrichtanordnung 1 anliegt. Die gleichgerichtete Spannung U_{rec} weist zusätzlich zu einer Ausgangsspannung U_0 sinusförmige Kuppen auf. Durch Filterung der gleichgerichteten Spannung U_{rec} mit der Drossel 7 und dem Ausgangskondensator C_0 wird eine konstante Ausgangsspannung U_0 erreicht.

Die Figur 4c zeigt den Verlauf eines positiven Gleichrichterstroms i_p , der sich durch geeignete Zuführung eines Steuerstromes i_{cp} in die positive Ausgangsleitung P_{DC} des Brückengleichrichters, ergibt. Die dargestellten Sinuskuppen entsprechen den jeweiligen Ausschnitten der sinusförmigen Eingangsströme i_u, i_v, i_w .

In Figur 4d ist der Injektionsstrom i_{h3} dargestellt, welcher den dreiecksförmigen Anteilen der Netzströme i_u, i_v, i_w entspricht. Mit der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung wird dieser Injektionsstrom i_{h3} der dreipoligen Schaltung 5 zugeführt.

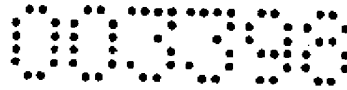
Der Drosselstrom i_L ist in Figur 4f dargestellt und besitzt einen konstanten Ausgangsstrom i_0 welcher direkt der Last 6



zugeführt wird, und einen überlagerten Wechselanteil, der sich aufgrund der Spannungsdifferenz der Gleichrichterausgangsspannung U_{rec} und der annähernd konstanten Ausgangsspannung U_0 ergibt. Der Verlauf der benötigten Steuerströme i_{cp} , i_{cn} ist in den Figuren 4g und 4h dargestellt. Die Steuerströme i_{cp} , i_{cn} sind vorzugsweise gemäß der Figur 4g und Figur 4h zu regeln.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform können ein zweites und drittes Konvertersystem 9,10 der dreipoligen Schaltung 5 vorgesehen sein. Das erste Konvertersystem 9 ist durch eine direkte Verbindung mit dem Polanschluss A über den Mittelpunkt M verbunden. Das zweite und dritte Konvertersystem 10,11 wird, wie bereits in Figur 4 beschrieben, vorteilhaft durch Halbbrücken mit steuerbaren Halbleiterventilen S_{cp+} , S_{cp-} , S_{cn+} , S_{cn-} und Pufferkondensatoren ausgeführt. Durch die direkte Verbindung des Mittelpunktes M mit dem Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 5 ist das Potential des Mittelpunktes M definiert und zeigt keine hochfrequenten Spannungssprünge. Dabei werden die beiden Steuerströme i_{cp} , i_{cn} durch geeignete Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile der beiden Halbbrücken und geregelt, wobei sich der Injektionsstrom i_{h3} aufgrund der Stromsumme von null der dreipoligen Schaltung 5 ergibt. Eine Verbindung der dreipoligen Schaltung 5 mittels Ableitkondensators C_{BF} zurück zum Netz ist gemäß der Ausführungsform der Gleichrichterschaltung nach Fig. 3 nicht vorgesehen.

In Figur 5 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der drei Induktivitäten L_{h3} , L_{cp} , L_{cn} mit einer Drei-Schenkel-Drossel angedeutet, wobei die Wicklungssinne mit Punkten an den einzelnen Drosseln eingetragen wird, was vorteilhaft eine wesentliche Reduzierung des Bauvolumens und Gewichts der magnetischen Bauelemente und somit des gesamten erfindungsgemäßen Gleichrichtersystems zur Folge hat.



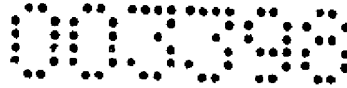
Des Weiteren ist in der Figur 5 eine Ausführungsform des bidirektionalen Schalters S_{h3} eines unidirektionalen 3-Level Brückenzweigs des ersten Konvertersystems 9 einer dreipoligen Schaltung 5 dargestellt, bei der zwei gegeneinander geschaltete IGBTs mit antiparallelen Freilaufdioden verwendet werden, wobei alternativ auch andere Schalterelemente wie zum Beispiel MOSFETs verwendet werden können. Diese Ausführung von bidirektionalen Schaltern S_{h3} ist an sich bekannt, soll jedoch hier im Zusammenspiel mit der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung illustriert werden, wobei in Zusammenschau des bidirektionalen Schalters S_{h3} mit der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen die Regelung einer Mittelpunktspannung U_{MN} erklärt werden soll.

Die Mittelpunktspannung U_{MN} , dargestellt in Figur 5 und Figur 6, beeinflusst die Erzeugung der Differenzspannungen U_{L3}, U_{Lp}, U_{Ln} über den Induktivitäten L_{h3}, L_{cp}, L_{cn} um die Steuerströme und/oder den Injektionsstrom zu regeln. Die erste Differenzspannung U_{L3} ergibt sich über der ersten Induktivität L_{h3} usw. Eine Injektionsspannung U_{h3} ergibt sich aus dem Potential des ersten Polanschlusses A gegenüber dem Netz, also gegenüber dem Neutralpunkt N.

Im Folgenden seien zusammengefasst Möglichkeiten zum Regeln der erfindungsgemäßen Einprägung von Steuerströmen aufgeführt:

-) Es werden alle drei Ströme i_{h3}, i_{cp}, i_{cn} simultan mit drei Konvertersystemen 9,10,11 auf einen gewünschten Verlauf geregelt. Eine Regelung der Mittelpunktspannung U_{MN} ist dabei nicht möglich, da alle Freiheitsgrade der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung bereits zur Regelung verwendet werden. Bei eventuell auftretenden Regelfehlern treten Potentialsprünge der Mittelpunktspannung U_{MN} in Erscheinung die vorteilhaft durch eine Ausführung mit Ableitkondensator C_{BF} eingefangen werden können.

-) Es werden jeweils nur zwei der drei Ströme i_{h3}, i_{cp}, i_{cn} mit den jeweiligen Konvertersystemen 9,10,11 geregelt, wobei z.B.

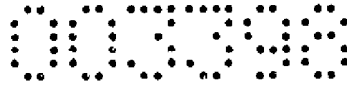


das Konvertersystem 9 den Injektionsstrom i_{h3} und das Konvertersystem 10 den Steuerstrom i_{cp} regelt. Aufgrund des prinzipgedingten Umstandes, dass die Stromsumme der dreipoligen Schaltung null ist, wird das dritte Konvertersystem 11 vorteilhaft dazu verwendet um den Mittelwert der Mittelpunktspannung U_{MN} zu regeln.

-) Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist eine Minimierung der Pufferkondensatorspannungen U_{cp}, U_{cn} möglich, indem der Mittelwert der Mittelpunktspannung U_{MN} gegengleich zur am ersten Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 5 auftretenden Injektionsspannung U_{h3} geregelt wird. Es werden wieder jeweils nur zwei der drei Ströme i_{h3}, i_{cp}, i_{cn} mit den jeweiligen Konvertersystemen 9,10,11 geregelt, wobei z.B. das Konvertersystem 11 den Injektionsstrom i_{h3} und das Konvertersystem 9 den Steuerstrom i_{cp} regelt, wobei das dritte Konvertersystem 10 dann zur Regelung des Mittelwertes der Mittelpunktspannung U_{MN} herangezogen wird. Beispielhaft ist in Figur 6a solch eine, gegengleich zur Spannung am ersten Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 6 geregelte Mittelwert der Mittelpunktspannung U_{MN} eingezeichnet, wobei in Figur 6a nur die über eine Schaltperiode der Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}, S_{h3}, S_{h3+}, S_{h3-}$ gemittelte Mittelpunktspannung, dargestellt ist.

Während für die ersten beiden Regelungsverfahren das erste Konvertersystem 9 mit einem unidirektionalen 3-Level Brückenweig ausgeführt werden kann, ist für das dritte Regelungsverfahren eine bidirektionale Ausführung des 3-Level Brückenweigs des ersten Konvertersystems 9 unbedingt erforderlich.

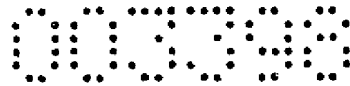
In Figur 6 ist eine bevorzugte Ausführungsform der dreipoligen Schaltung 5 mit bidirektionalem 3-Level Brückenweig im ersten Konvertersystem 9 dargestellt. Dabei werden die Gleichrichterioden D_{h3+}, D_{h3-} am ersten Zweig Z_1 , wie in Figur 4 dargestellt, durch aktive steuerbare Halbleiterbauelemente S_{h3+}, S_{h3-} , z.B. wie in Figur 6 dargestellt durch IGBTs mit antiparallelen Freilaufioden, ersetzt. Dadurch können Ströme



auch gegenphasig zur Injektionsspannung U_{h3} am ersten Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 5 eingeprägt werden.

Die Figur 7 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gleichrichterschaltung, wobei das erste Konvertersystem 9 durch eine direkte Verbindung des ersten Polanschlusses A mit dem Mittelpunkt M der dreipoligen Schaltung 5 ersetzt wird, und sowohl das zweite Konvertersystem 10 als auch das dritte Konvertersystem 11 durch einen 3-Level Brückenweig ausgeführt ist, wobei in Figur 7 der an sich bekannte *Three-Level Neutral-Point-Clamped-Converter 3L-NPC* ausgeführt ist, wobei auch gattungsgleiche Brückenweige eingesetzt werden können. Die beiden 3-Level Brückenweige sind jeweils symmetrisch um einen Mittelpunktzweig Z_m angeordnet, wobei der Mittelpunktzweig mit den Gleichspannungsanschlüssen der 3-Level Brückenweige verbunden ist. Der Mittelpunktzweig Z_m ist mit Pufferkondensatoren C_{CP}, C_{CN} vorgesehen, und über die Schaltelemente S_1, S_2, S_3 direkt an den Mittelpunkt M des Mittelpunktzweiges Z_m mit dem netzseitigen Eingang 3 zuschaltbar verbunden. Ein Neutralanschluss N_3 der 3-Level Brückenweige ist dabei mit dem Mittelpunkt M und dem ersten Polanschluss A verbunden. Ein Wechselspannungsanschluss AC_3 des 3L-NPCs ist über die Induktivitäten L_{CP}, L_{CN} jeweils mit den Polanschlüssen B, C verbunden. In dieser Ausführung werden die Steuerströme i_{cp}, i_{cn} durch geeignete Ansteuerung der Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ der 3-Level Brückenweige geregelt, wobei sich der Injektionsstrom i_{h3} automatisch ergibt. Da der Mittelpunkt M direkt über die Schalter S_1, S_2, S_3 mit den Netzphasen U, V, W verbunden ist erübrigt sich eine Regelung der Mittelspannung U_{MN} . Da die Steuerströme i_{cn}, i_{cp} sowohl positives als auch negatives Vorzeichen bei stets positivem bzw. negativem Spannungsniveau am Mittelpunkt M aufweisen, müssen bidirektionale Brückenstrukturen in den beiden Konvertersystemen 10, 11 verwendet werden.

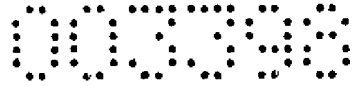
Die Figur 8 zeigt eine weitere Ausführungsform der dreipoligen Schaltung 5, wobei am Stromzweig des Injektionsstromes i_{h3} zusätzlich eine Spannungsquelle U_x vorgesehen ist. Die



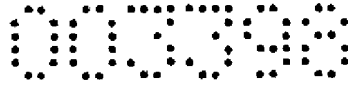
Steuerströme i_{cp}, i_{cn} werden dabei durch geeignete Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ der Konvertersysteme 10,11 geregelt, wobei sich der Injektionsstrom i_{h3} automatisch ergibt. Die Spannungsquelle U_x prägt erfindungsgemäß im Zweig zwischen dem Polanschluss A und dem Mittelpunkt M der dreipoligen Schaltung eine zeitlich veränderliche Spannung ein, die eine Erhöhung bzw. Reduzierung der Mittelpunktspannung U_{MN} zur Folge hat und eine verzerrungsarme Führung der Steuerströme i_{cp}, i_{cn} ermöglichen.

In Figur 9 ist eine weitere Ausführungsform einer dreipoligen Schaltung 5 mit Spannungsquelle U_x dargestellt, welche zwischen dem zweiten und dritten Konvertersystem 10,11 der dreipoligen Schaltung vorgesehen ist, wobei es sich bei der Spannungsquelle U_x gemäß Figur 9 um eine Gleichspannungsquelle handelt. Parallel zur Spannungsquelle sind zwei Injektionskondensatoren C_{h3p}, C_{h3n} vorgesehen, deren Verbindung mit dem Polanschluss A der dreipoligen Schaltung 5 verbunden ist. Die Steuerströme i_{cp}, i_{cn} werden dabei durch geeignete Ansteuerung der steuerbaren Halbleiterventile $S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$ geregelt, wobei sich der Injektionsstrom i_{h3} aufgrund der Stromsumme null automatisch ergibt. Durch die zusätzlich eingefügte Spannungsquelle U_x wird das negative Potential des zweiten Konvertersystems 10 vorteilhaft erniedrigt bzw. das Potential des positiven Anschlusses des dritten Konvertersystems 11 vorteilhaft angehoben was in weiterer Folge eine weitestgehend verzerrungsfreie Führung der beiden Steuerströme i_{cn}, i_{cp} ermöglicht.

Es ist damit unmittelbar ersichtlich, dass eine Gleichrichterschaltung mit Strominjektion sowie ein Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen in jener Weise verbessert wurde, dass geringe Netzurückwirkungen der Gleichrichterschaltung auftreten, wobei dabei ein möglichst sinusförmiger Eingangsstrom in Phase mit den jeweiligen Netzspannungen vorliegen soll, keine großen magnetische Bauelemente an der Wechselspannungsseite der

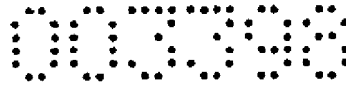


Gleichrichterschaltung benötigt werden, pulsformige Injektion des Steuerstroms an den Ausgang der Gleichrichterschaltung vermieden wird, keine großen wechselfspannungs- bzw. gleichspannungsseitigen angeordneten Filterkondensatoren benötigt werden, und der Wirkungsgrad der Gleichrichterschaltung verbessert wird.

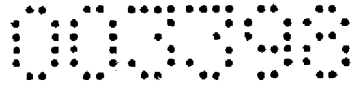


Patentansprüche:

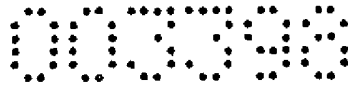
1. Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichtanordnung (1) von Halbleiterventilen (2), vorzugsweise einer Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei die Gleichrichtanordnung (1) einen dreiphasigen netzseitigen Eingang (3) und einen gleichstromseitigen Ausgang (4) aufweist, und zumindest eine von drei Phasen (U,V,W) am netzseitigen Eingang (3) mit einem ersten Polanschluss (A) einer dreipoligen Schaltung (5) zum Ableiten eines Injektionsstromes (i_{h3}) in die dreipolige Schaltung (5) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Phase (U,V,W) jeweils mit einem Schaltelement (S_1, S_2, S_3) zum ersten Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5) zuschaltbar ist, und ein zweiter und dritter Polanschluss (B,C) der dreipoligen Schaltung (5) jeweils mit einer Ausgangsleitung (P_{DC}, N_{DC}) des gleichstromseitigen Ausganges (4) für Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) verbunden ist, wobei die dreipolige Schaltung (5) steuerbare Halbleiterventile ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$), vorzugsweise IGBTs, zur aktiven Regelung der Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) und/oder des Injektionsstroms (i_{h3}) aufweist, sowie zumindest eine Drossel (7) an einer der Ausgangsleitungen (P_{DC}, N_{DC}) am gleichstromseitigen Ausgang (4) angeordnet ist, und eine zeitlich veränderliche Last (6) am gleichstromseitigen Ausgang (4) vorgesehen ist.
2. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite und dritte Polanschluss (B,C) der dreipoligen Schaltung (5) jeweils über eine zweite und dritte Induktivität (L_{cp}, L_{cn}) mit einer der beiden Ausgangsleitungen (P_{DC}, N_{DC}) des gleichstromseitigen Ausganges (4) verbunden ist, und zwischen dem zweiten oder dritten Polanschluss (B,C) und der Last (6) die Drossel (7) vorgesehen ist.
3. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass über eine erste Induktivität (L_{h3}) der



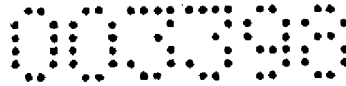
- erste Polanschluss (A) mit den Schaltelementen (S1,S2,S3) verbunden ist, wobei die drei Induktivitäten (L_{h3}, L_{cp}, L_{cn}) mittels 3-Schenkel-Drossel ausgeführt sind.
4. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Ausgangsleitungen (P_{DC}, N_{DC}) am gleichstromseitigen Ausgang (4) mit einem Ausgangskondensator (C_0) verbunden sind.
 5. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede der drei Phasen (U,V,W) am netzseitigen Eingang (3) jeweils mit einem Filterkondensators (C_F) verbunden ist, wobei die Filterkondensatoren (C_F) sternförmig in einem Sternpunkt (M_{CF}) zusammengeschaltet sind.
 6. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dreipolige Schaltung (5) über zumindest einen Ableitkondensator (C_{BF}) mit dem netzseitigen Eingang (3) verbunden ist.
 7. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dreipolige Schaltung drei Konvertersysteme (9,10,11) mit steuerbaren Halbleiterventilen ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$) und/oder einem bidirektionalem Schalter (S_{h3}), vorzugsweise angeordnet in einer Brückenstruktur, umfasst, wobei an einem ersten Konvertersystem (9) der erste Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5), an einem zweiten Konvertersystem (10) der zweite Polanschluss (B) der dreipoligen Schaltung (5), sowie an einem dritten Konvertersystem (11) der dritte Polanschluss (C) der dreipoligen Schaltung (5) vorgesehen ist, und von allen drei Konvertersystemen (9,10,11) eine Verbindung zu einem Verzweigungspunkt, einem gemeinsamen Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5), vorgesehen ist.



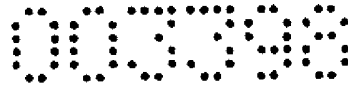
8. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Konvertersystem (9) als 3-Level Brückenweig vorgesehen ist, wobei das zweite und dritte Konvertersystem (10,11) als Halbbrücke vorgesehen sind, und die drei Konvertersysteme (9,10,11) mittels dreier parallel geschalteter Zweige (Z_1, Z_2, Z_3) ausgeführt sind die mit elektronischen Bauelementen besetzt sind, wobei an einem ersten Zweig (Z_1) der erste Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5) ausgeführt ist, und an einem dritten Zweig (Z_3) der zweite und dritte Polanschluss (B,C) ausgeführt sind, und jeder der Zweige (Z_1, Z_2, Z_3) einen Mittelpunktanschluss (M_1, M_2, M_3) aufweist, um welche Mittelpunktanschlüsse (M_1, M_2, M_3) die Bauelemente der Zweige (Z_1, Z_2, Z_3) symmetrisch angeordnet sind, wobei ein erster Mittelpunktanschluss (M_1) des ersten Zweigs (Z_1) über einen bidirektionalen Schalter (S_{h3}) mit einem zweiten Mittelpunktanschluss (M_2) des zweiten Zweigs (Z_2) verbunden ist, und der zweite Mittelpunktanschluss (M_2) direkt mit einem dritten Mittelpunktanschluss (M_3) des dritten Zweigs (Z_3) leitend verbunden ist, wobei der dritte Mittelpunktanschluss (M_3) als Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5) vorgesehen ist.
9. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dreipolige Schaltung zwei Konvertersysteme (10,11) mit steuerbaren Halbleiterventilen ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$), vorzugsweise angeordnet in einer Brückenstruktur, umfasst, wobei an einem zweiten Konvertersystem (10) der zweite Polanschluss (B) der dreipoligen Schaltung (5), sowie an einem dritten Konvertersystem (11) der dritte Polanschluss (C) der dreipoligen Schaltung (5) vorgesehen ist, und von beiden Konvertersystemen (10,11) eine Verbindung zu einem Verzweigungspunkt, einem gemeinsamen Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5), vorgesehen ist, und der Mittelpunkt (M) mit dem ersten Polanschluss (A) verbunden ist.



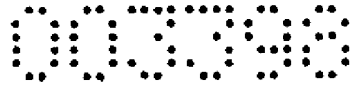
10. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite und dritte Konvertersystem (10,11) als Halbbrücke vorgesehen sind, wobei die zwei Konvertersysteme (10,11) mittels zweier parallel geschalteter Zweige (Z_2, Z_3) ausgeführt sind, und mit einem zweiten Zweig (Z_2) der erste Polanschluss (A) der dreipoligen Schaltung (5) verbunden ist, und an einem dritten Zweig (Z_3) der zweite und dritte Polanschluss (A,B) ausgeführt sind, und jeder der Zweige (Z_2, Z_3) einen Mittelpunktanschluss (M_2, M_3) aufweist, um welche Mittelpunktanschlüsse (M_2, M_3) die Bauelemente der Zweige (Z_2, Z_3) symmetrisch angeordnet sind, und ein zweiter Mittelpunktanschluss (M_2) des zweiten Zweigs (Z_2) direkt mit einem dritten Mittelpunktanschluss (M_3) des dritten Zweigs (Z_3) leitend verbunden ist, wobei der dritte Mittelpunktanschluss (M_3) als Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5) vorgesehen ist.
11. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Mittelpunktanschluss (M_2) über eine Spannungsquelle (U_x) mit dem ersten Polanschluss (A) verbunden ist.
12. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Zweig (Z_1) zwei Brückenventile (D_{h3+}, D_{h3-}), vorzugsweise Dioden, in Serie mit derselben Durchlassrichtung geschaltet sind, wobei der erste Mittelpunktanschluss (M_1) zwischen den beiden Brückenventilen (D_{h3+}, D_{h3-}) angeordnet ist.
13. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass am zweiten Zweig (Z_2) zwei Pufferkondensatoren (C_{CP}, C_{CN}) in Serie geschaltet sind, wobei der zweite Mittelpunktanschluss (M_2) zwischen den beiden Pufferkondensatoren (C_{CP}, C_{CN}) angeordnet ist.



14. Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass am dritten Zweig (Z_3) die vier steuerbaren Halbleiterventile ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$) in Serie geschaltet vorgesehen sind, wobei der Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5) in der Verbindung zwischen zwei seriell geschalteten Paaren der steuerbaren Halbleiterventile ($S_{cp+}, S_{cp-}, S_{cn+}, S_{cn-}$) angeordnet ist, und der zweite Polanschluss (B) zwischen den steuerbaren Halbleiterventilen (S_{cp+}, S_{cp-}) des ersten Paares vorgesehen ist, und der dritte Polanschluss (C) zwischen den steuerbaren Halbleiterventilen (S_{cn+}, S_{cn-}) des zweiten Paares vorgesehen ist.
15. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Brückenventile (D_{h3+}, D_{h3-}) als steuerbare Halbleiterventile (S_{h3+}, S_{h3-}), vorzugsweise IGBTs, ausgeführt sind.
16. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite und dritte Konvertersystem (10,11) der dreipolige Schaltung (5) mit an sich bekannten bidirektionalen 3-Level Brückenweigen ausgeführt sind, vorzugsweise zwei sogenannte Three-Level Neutral-Point-Clamped-Converters (3L-NPC), wobei die 3-Level Brückenweige symmetrisch um einen zu den 3-Level Brückenweigen parallel geschalteten Mittelpunktzweig (Z_m) angeordnet sind, und der Mittelpunktzweig (Z_m) als zwei in Serie geschaltete Pufferkondensatoren (C_{cp}, C_{cn}) ausgeführt ist, sowie der Mittelpunkt (M) zwischen den beiden Pufferkondensatoren (C_{cp}, C_{cn}) vorgesehen ist, und ein Neutralanschluss (N_8) des 3-Level Brückenweigs mit dem Mittelpunkt (M) und dem ersten Polanschluss (A) verbunden ist, sowie ein Wechselspannungsanschluss (AC_8) des 3-Level Brückenweigs jeweils als der zweite Polanschluss (B) und der dritte Polanschluss (C) der dreipoligen Schaltung (5) vorgesehen sind.



17. Gleichrichterschaltung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dreipolige Schaltung (5) mit dem ersten Polanschluss (A) jeweils mit einer Seite von zwei Injektionskondensatoren (C_{h3p} , C_{h3n}) verbunden ist, welche Verbindung den Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5) bildet, wobei die beiden anderen Seiten der Injektionskondensatoren (C_{h3p} , C_{h3n}) über eine Spannungsquelle (U_x) verbunden sind und Anschlusspunkte (M_p , M_N) bilden, wobei jeweils von den Anschlusspunkten (M_p , M_N) ausgehend eine Stromschleife mit je einem Pufferkondensator (C_{cp} , C_{cn}) und jeweils ein Paar von steuerbaren Halbleiterventilen (S_{cp+} , S_{cp-} , S_{cn+} , S_{cn-}) vorgesehen ist, und zwischen den jeweils zwei steuerbaren Halbleiterventilen (S_{cp+} , S_{cp-} , S_{cn+} , S_{cn-}) eines Paares der zweite Polanschluss (B) und der dritte Polanschluss (C) vorgesehen ist.
18. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp} , i_{cn}) in einen gleichstromseitigen Ausgang (4) einer Gleichrichterschaltung mit einer dreiphasigen Gleichrichteranordnung (1) von Halbleiterventilen (2), vorzugsweise eine dreipolige Brückengleichrichterschaltung von Dioden, wobei ein Injektionsstrom (i_{h3}) von zumindest einer der drei Phasen (U, V, W) an einem netzseitigen Eingang (3) der Gleichrichterschaltung abgezweigt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektionsstrom (i_{h3}) einem ersten Polanschluss (A) einer dreipoligen Schaltung (5) zugeführt wird, und die Regelung des Injektionsstroms (i_{h3}) und/oder der Steuerströme (i_{cn} , i_{cp}) mithilfe von aktiven Bauelementen, vorzugsweise steuerbaren Halbleiterventilen (S_{cp+} , S_{cp-} , S_{cn+} , S_{cn-}), in der dreipoligen Schaltung (5) erfolgt, sowie den Gleichrichterströmen (i_p , i_n) an zwei gleichstromseitigen Ausgangsleitungen (P_{DC} , N_{DC}) die Steuerströme (i_{cn} , i_{cp}) über einen zweiten und dritten Polanschluss (B, C) der dreipoligen Schaltung (5) hinzugefügt werden, und zumindest durch eine am gleichstromseitigen Ausgang (4) angeordnete Drossel (7) geführt werden.



19. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp}, i_{cn}) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektionsstrom (i_{h3}) und/oder die Steuerströme (i_{cp}, i_{cn}) durch zumindest zwei von drei Induktivitäten (L_{h3}, L_{cp}, L_{cn}), vorgesehen an zumindest zwei der drei Polanschlüsse (A, B, C) zur Glättung und Steuerung der Ströme (i_{h3}, i_{cp}, i_{cn}), durch Differenzspannungen (U_{L3}, U_{Ln}, U_{Lp}) über den Induktivitäten (L_{h3}, L_{cp}, L_{cn}) geführt werden, sowie mittels Regelung von zwei der drei Ströme (i_{h3}, i_{cn}, i_{cp}) der dritte Strom (i_{h3}, i_{cn}, i_{cp}) eingestellt wird.
20. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp}, i_{cn}) nach einem der Ansprüche 18 bis 19 mit einer Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 7, 8 oder 12 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mittelpunktspannung (U_{MN}) zwischen dem Mittelpunkt (M) der dreipoligen Schaltung (5) und einem Neutralpunkt (N) gemessen wird und ein Mittelwert der Mittelpunktspannung (U_{MN}) mit einem der Konvertersysteme (9, 10, 11) geregelt wird.
21. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp}, i_{cn}) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mittelwert der Mittelpunktspannung (U_{MN}) auf null geregelt wird.
22. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp}, i_{cn}) nach Ansprüchen 20 oder 21 mit einer Gleichrichterschaltung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Pufferkondensatorspannung (U_{cp}) am Pufferkondensator (C_{cp}) größer geregelt wird als eine Spannung der positiven Ausgangsleitung (P_{DC}) gegen einen Neutralpunkt (N), und eine zweite Pufferkondensatorspannung (U_{cn}) am Pufferkondensator (C_{cn}) kleiner geregelt wird als eine Spannung der negativen Ausgangsleitung (N_{DC}) gegen dem Neutralpunkt (N).
23. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp}, i_{cn}) nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Regelung des Mittelwerts der Mittelpunktspannung (U_{MN}) mittels der steuerbaren Halbleiterventile (S_{cp+} , S_{cp-} , S_{cn+} , S_{cn-} , S_{h3+} , S_{h3-}) erfolgt.

25. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp} , i_{cn}) nach Anspruch 19 bis 24 mit einer Gleichrichterschaltung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Pufferkondensatorspannung (U_{cp}) am Pufferkondensator (C_{cp}) minimiert wird, und eine zweite Pufferkondensatorspannung (U_{cn}) am Pufferkondensator (C_{cn}) minimiert wird, wobei die Mittelpunktspannung (U_{MN}) auf den negativen halben Wert einer Injektionsspannung (U_{h3}) geregelt wird, und die Injektionsspannung (U_{h3}) zwischen dem ersten Polanschluss (A) und dem Neutralpunkt (N) anliegt.
26. Verfahren zum Einprägen von Steuerströmen (i_{cp} , i_{cn}) nach einem der Ansprüche 19 bis 25 mit einer Gleichrichterschaltung nach Anspruch 11 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass mithilfe der Regelung der Spannungsquelle (U_x) das Potential der Mittelpunktspannung (U_{MN}) gegenüber einer der beiden Ausgangsleitungen (P_{DC} , N_{DC}) erhöht bzw. erniedrigt wird.

Fig.3

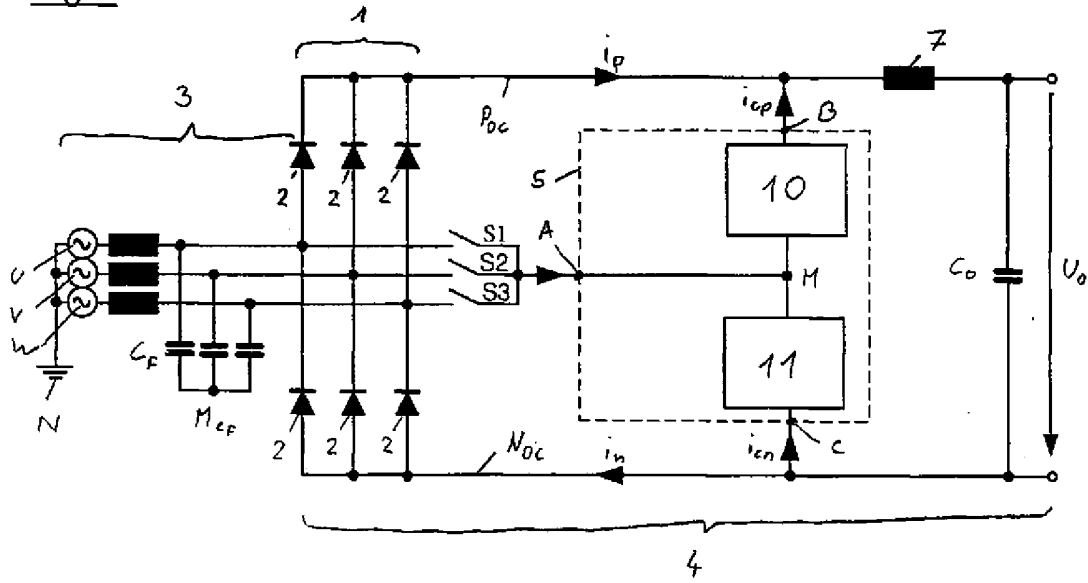


Fig.4

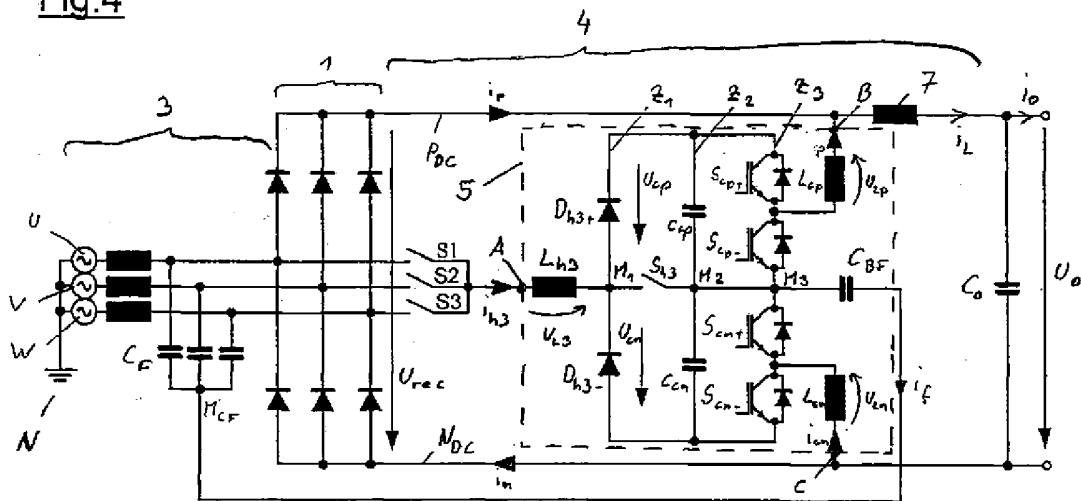


Fig.4a

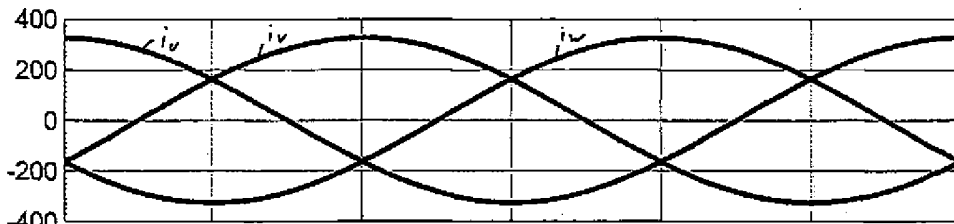


Fig.4b

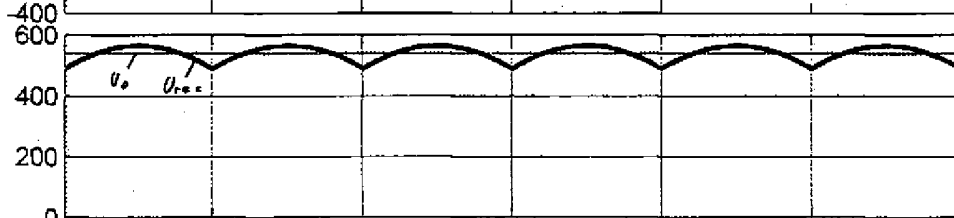


Fig.4c

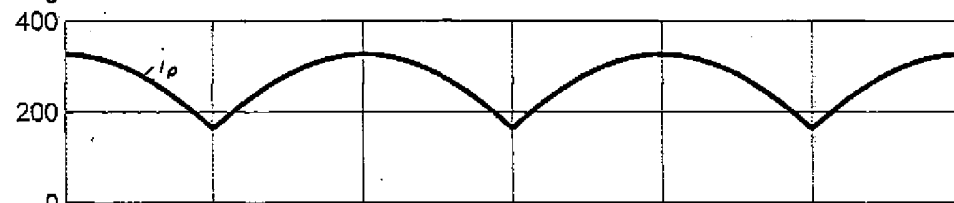


Fig.4d

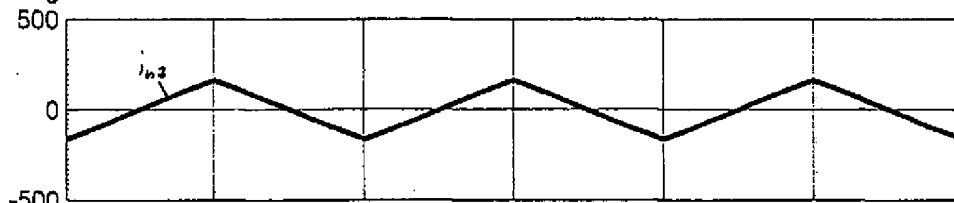


Fig.4e

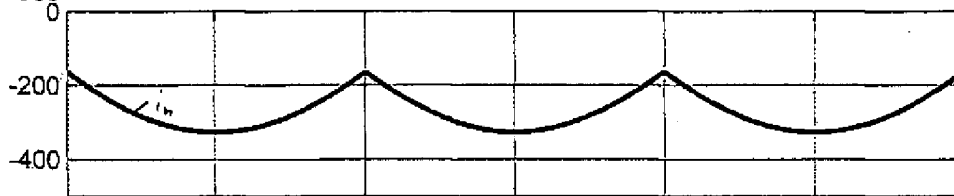


Fig.4f

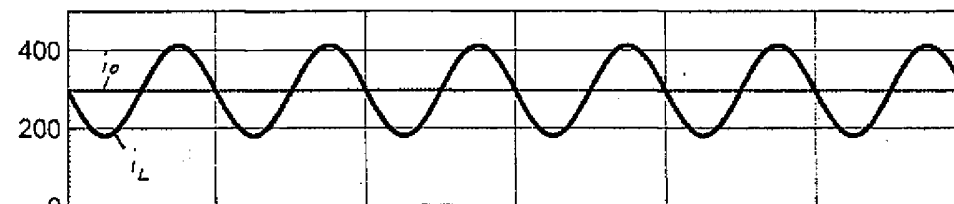


Fig.4g

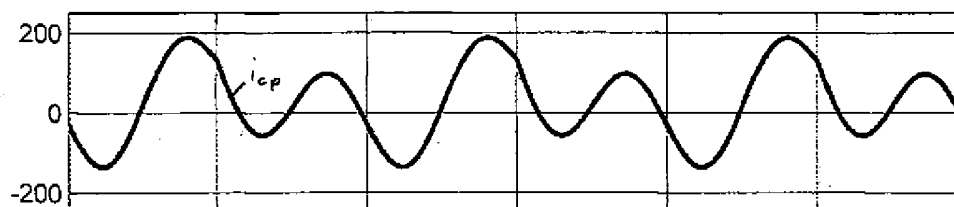
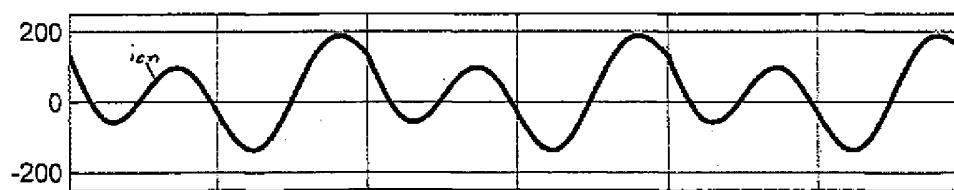


Fig.4h



0 3.33ms 6.66ms 10ms 13.33ms 16.66ms 20ms
t (ms)

Fig.5

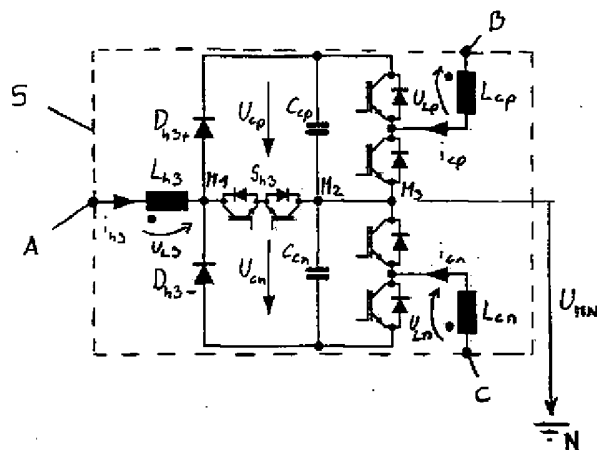


Fig.6

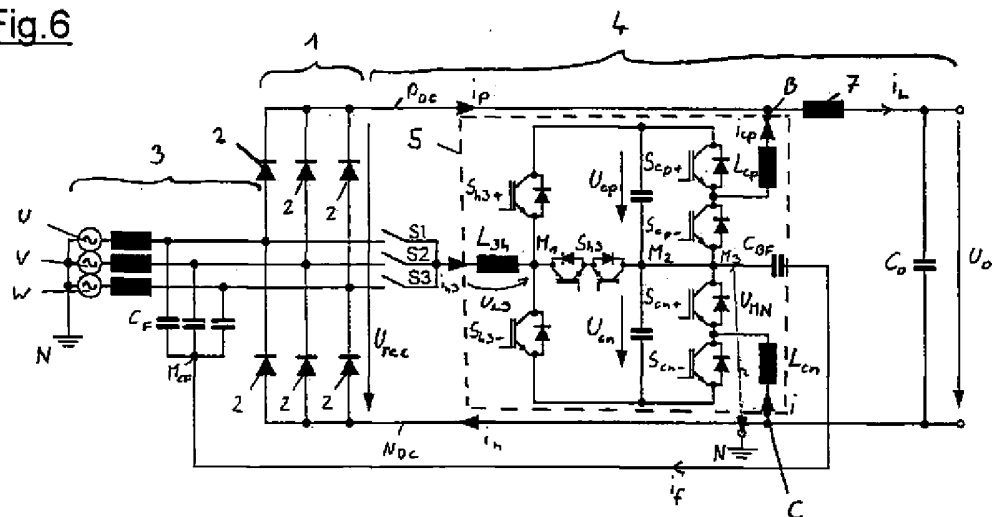


Fig.6a

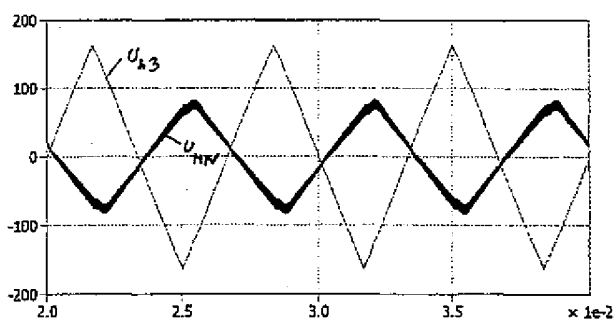


Fig.7

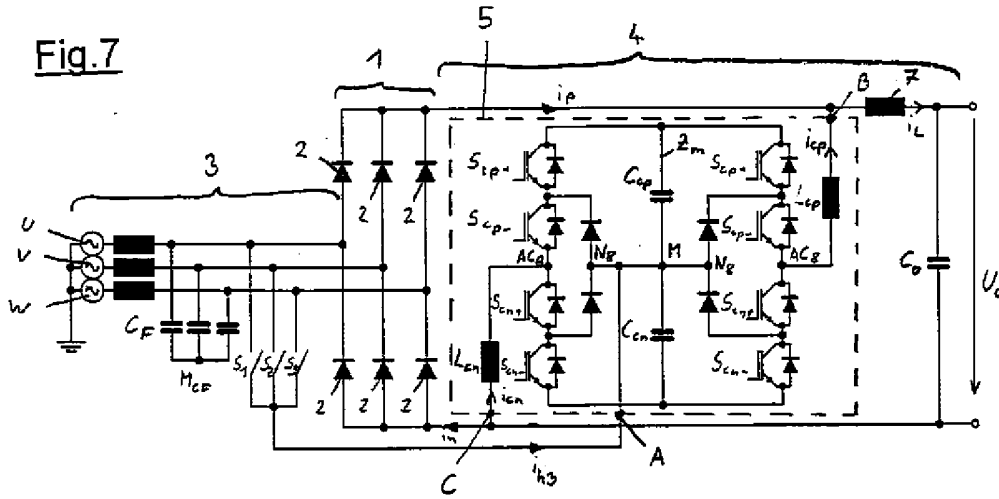


Fig.8

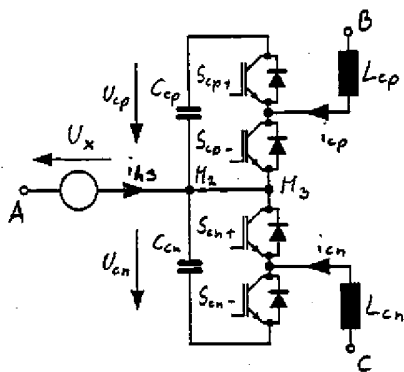
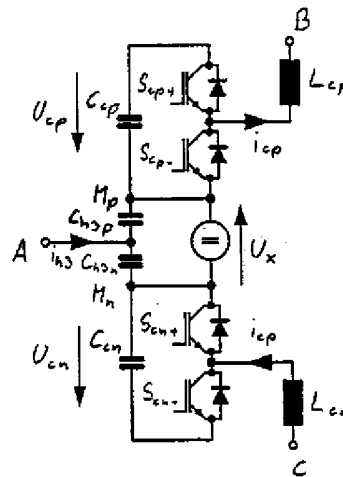


Fig.9





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H02M 1/15 (2006.01); H02M 7/162 (2006.01); H02J 3/01 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H02M 1/15; H02M 7/162C1; H02J 3/01
Recherchiertes Prüfstoﬀ (Klassifikation): H02J, H02M
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, IEEE
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 30. März 2012 eingereichten Ansprüchen 1-26 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	CHUNG-CHUAN HOU: "An AC/DC Power System Consisting of a Diode Rectifier and an Auxiliary Three-Level Converter"; 8th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia; 2011, pages 2087-2091. 03. Juni 2011 (03.06.2011) Chapter II.	1, 3, 4, 9, 18 - 26
Y		2, 5, 7, 8, 10 - 17
Y	US 6278626 B1 (TEICHMANN RALPH) 21. August 2001 (21.08.2001) Spalte 6, Zeile 41 - Spalte 7, Zeile 3; Fig. 1, 9, 10.	7, 8, 10 - 17
A		1
Y	FR 2922382 A1 (CONVERTEAM SAS SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE, CONVERTEAM SAS) 17. April 2009 (17.04.2009) Fig. 1.	2, 5
A		1
A	SU 1328904 A1 (MO ENERGETICHESKIJ IVNI PK T I ELEKTROTERMICHESKOGO OBORUDOVANIYA) 07. August 1987 (07.08.1987) Zusammenfassung; Fig. 1	1, 18 - 26
A	US 5621634 A (SATO, SHINJI) 15. April 1997 (15.04.1997) Zusammenfassung; Fig. 1, 6, 10.	1 - 17

Datum der Beendigung der Recherche: 26. November 2012	<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): MEHLMAUER A.
--	---	-----------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:	
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
	E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
	& Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.