



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **698 150 B1**

(51) Int. Cl.: **H02M 5/44** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01044/04

(73) Inhaber:  
ETH Zürich, ETH transfer, Rämistrasse 101  
8092 Zürich (CH)

(22) Anmeldedatum: 21.06.2004

(24) Patent erteilt: 29.05.2009

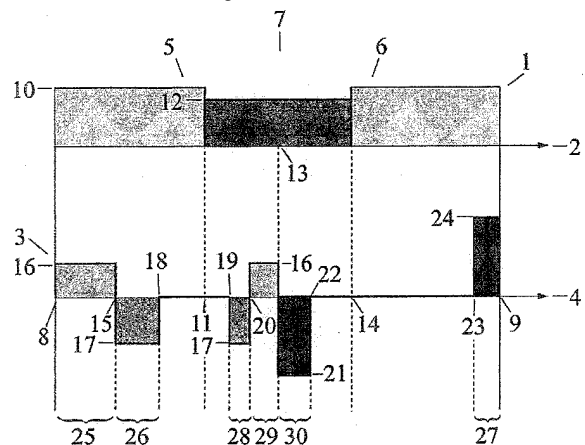
(72) Erfinder:  
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)  
Frank Schafmeister, 8057 Zürich (CH)

(45) Patentschrift veröffentlicht: 29.05.2009

(54) **Verfahren zur Steuerung eines indirekten Matrixkonverters**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines indirekten Matrixkonverters, das eine Nutzung eines rein reaktiven Ausgangs- bzw. Laststromes zur Bildung von Eingangsblindstrom bzw. Eingangsblindleistung erlaubt. Die Bildung der geforderten Ausgangsspannung des Konverters erfolgt in an sich bekannter Weise innerhalb der ersten Hälfte (5) einer Pulsperiode (7) durch Anlegen der verketteten Eingangsspannung mit dem grössten Momentanwert (10) und unmittelbar darauf folgendem Anlegen der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung, wobei kein resultierender Eingangsstrom gebildet wird. Die Eingangsstrombildung erfolgt in der zweiten Pulshalbperiode (6), wobei die im Mittel über die Pulshalbperiode kein Beitrag zur Ausgang resultiert. Während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung (12) am Zwischenkreis wird der Schaltzustand der Ausgangsstufe eingestellt, der auf einen maximalen Wert des Zwischenkreisstromes (Maximalstromschaltzustand) führt. Darauf folgend wird die Ausgangsstufe in den Freilauf geschaltet und nach Anlegen der grössten verketteten Eingangsspannung (10) an den Zwischenkreis anfangs der Freilaufzustand fortgesetzt und dann in den inversen Maximalstromschaltzustand gewechselt. Das Verhältnis der Einschalt Dauern des Maximalstrom- und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird dabei gleich dem Kehrwert des Verhältnisses der, während der Schaltzustände vorliegenden Zwischenkreisspannungen (12) und (10) gewählt. Im Mittel über die zweite Pulshalbperiode (6) tritt damit kein Wirkleistungsfluss auf bzw. wird keine Ausgangsspannung gebildet. Der Absolutwert der relativen

Einschaltdauern des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird durch das Verhältnis des eingangsseitig zu bildenden Blindstromes und des, für den Maximalstromschaltzustand auftretenden Zwischenkreisstromes bestimmt. Für die Bildung eines kapazitiven Eingangsblindstromes werden der Maximalstrom- und der inverse Maximalstromschaltzustand getauscht.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines indirekten Matrixkonverters mit dreiphasigem Eingang und dreiphasigem Ausgang welches eine Nutzung des ausgangsseitigen Blindstromes zur Erzeugung von Eingangsbildstrom erlaubt wie es im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

## Stand der Technik

[0002] Nach dem derzeitigen Stand der Technik wird zur direkten leistungselektronischen Umformung eines dreiphasigen Spannungssystems mit gegebener Amplitude und Frequenz in ein System mit vorgebbare Amplitude und Frequenz vorteilhaft ein indirekter Matrixkonverter eingesetzt, welcher durch einen eingangsseitigen Pulsleichrichter und einen ausgangsseitigen Pulswechselrichter gebildet wird, wobei die beiden Konverter über einen energiespeicherfreien Gleichspannungszwischenkreis gekoppelt sind. Hierbei sind am Eingang des Pulsleichrichters Filterkondensatoren angeordnet und am Ausgang des Pulswechselrichters wird eine stromeinprägende Last gespeist. Die Leistungsumformung kann bidirektional erfolgen, d.h. es kann Wirkleistung aus dem Netz an die Last geführt oder von der Last in das Netz zurückgespeist werden. Beide Leistungsflussrichtungen sind gleichwertig, es kann also auch eine spannungseinprägende Last aus einem stromeinprägenden Netz, d.h. einem Netz mit induktiver innerer Impedanz versorgt werden.

[0003] Die Funktion des Pulsleichrichters kann durch zwei, durch Leistungshalbleiter realisierte dreipolige Umschalter dargestellt werden, wobei der Wurzelpunkt des ersten Umschalters mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene und der Wurzelpunkt des zweiten Umschalters mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene verbunden ist und beide Umschalter zwischen den drei Eingangs- bzw. Netzphasen schalten, also jede verkettete Netzspannung als Zwischenkreisspannung, d.h. als Spannung zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene angelegt werden kann, wobei mit Rücksicht auf die unipolare Sperrfähigkeit der Leistungshalbleiter des Pulswechselrichters i.a. nur jene drei verketteten Spannungen gewählt werden, welche auf eine positive Zwischenkreisspannung führen. Der ausgangsseitige Pulswechselrichter wird durch drei zweipolige Umschalter gebildet, wobei je ein Wurzelpunkt eine Ausgangsphasenklemme bildet und die Umschaltung zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene erfolgt.

[0004] Die Steuerung des indirekten Matrixkonverters wird derart vorgenommen, dass innerhalb der ersten Hälfte einer Pulsperiode die den grössten Momentanwert und darauf folgend die den zweitgrössten Momentanwert aufweisende verkettete Netzspannung (im Weiteren kurz als grösste und zweitgrösste verkettete Spannung bezeichnet) in den Zwischenkreis geschaltet wird. In der darauffolgenden Pulshalperiode wird die Sequenz der angelegten Spannungen umgekehrt, d.h. vorerst die zweitgrösste verkettete Spannung als Zwischenkreisspannung belassen und dann auf die grösste verkettete Zwischenkreisspannung zurückgeschaltet. Ausgangsseitig werden während des Anliegens der grössten verketteten Netzspannung entsprechend der zu bildenden Lastspannung aufeinanderfolgend ein erster und ein zweiter aktiver, d.h. verkettete Ausgangsspannungen bildender Schaltzustand und ein Freilaufzustand angenommen und diese Schaltzustandssequenz in umgekehrter Reihenfolge während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Netzspannung wiederholt, womit am Ende der Pulshalperiode wieder der erste aktive Schaltzustand auftritt. In der zweiten Hälfte des Pulsintervalls wird im Sinne minimaler Schaltfrequenz die Schaltzustandssequenz des ersten Pulshalbintervalls in umgekehrter Reihenfolge wiederholt.

[0005] Für die aktiven Schaltzustände der Ausgangsstufe treten im Zwischenkreis Ausschnitte der Lastphasenströme auf, die über die Umschalter der Eingangsstufe in das Netz weitergeschaltet werden und nach Filterung der schaltfrequenten Oberschwingungen die Netzphasenströme bilden.

[0006] Die Einschaltzeiten der ein- und ausgangsseitigen Umschalter werden i.a. so gewählt, dass die Ausgangsspannungen und die Eingangsströme sinusförmige lokale Mittelwerte aufweisen, wobei die Phasenbeziehung zwischen Eingangsstrom und Eingangsspannung grundsätzlich unabhängig von der, durch die Last definierten Phasenbeziehung von Ausgangsspannung und Ausgangsstrom vorgegeben werden kann. Ein- und Ausgangsteil weisen bei Vernachlässigung von Verlusten einzig denselben Wirkleistungsfluss auf.

[0007] Liegt nun eine rein reaktive Last vor, tritt z.B. für den ersten aktiven Schaltzustand ein positiver und für den zweiten aktiven Schaltzustand ein negativer Zwischenkreisstrom auf, für den Freilaufzustand zeigt der Zwischenkreisstrom den Wert Null. Da kein Wirkleistungsfluss an die Last auftritt, ist auch der Leistungsfluss über den Zwischenkreis innerhalb jedes Einschaltintervalls einer verketteten Netzspannung gleich Null, d.h. die positive und die negative Stromzeitfläche weisen gleichen Betrag auf. Damit wird auch der lokale Mittelwert des Netzstromes zu Null, d.h. es kann bei reaktiver Last eingangsseitig nicht nur kein Wirkstrom sondern auch kein reaktiver Strom gebildet und somit z.B. bei rein induktiver Last (Speisung einer leer laufenden Asynchronmaschine) auch nicht die durch die Eingangsfilterkondensatoren verursachte kapazitive Blindleistung durch den Matrixkonverter kompensiert werden.

## Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Steuerung eines indirekten Matrixkonverters zu schaffen das eine Nutzung eines rein reaktiven Ausgangs- bzw. Laststromes zur Bildung von Eingangsbildstrom bzw. Eingangsbindleistung erlaubt.

[0009] Erfindungsgemäss wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

**[0010]** Grundgedanke der Erfindung ist, die Bildung der Ausgangsspannung und des Eingangsstromes des Konverters zu entkoppeln, d.h. innerhalb einer Pulsperiode für die erste Pulshalbperiode die Steuerung gemäss dem Stand der Technik zu belassen und so eine geforderte Ausgangsspannung zu bilden und innerhalb der zweiten Pulshalbperiode den reaktiven Laststrom zur Bildung eines induktiven Eingangsstromes zu verwenden, wobei im Mittel über die zweite Pulshalbperiode keine Ausgangsspannung gebildet wird und am Beginn der zweiten Pulshalbperiode, d.h. während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis jener aktive Schaltzustand des Pulswechselrichters eingestellt wird, für den der grösste Lastphasenstrom positiv als Zwischenkreisstrom auftritt (Maximalstromschaltzustand). Anschliessend wird der Pulswechselrichter in den Freilauf geschaltet, womit der Zwischenkreisstrom zu Null wird. Während des darauffolgenden Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis wird anfangs der Freilaufzustand fortgesetzt und dann in den, gegenüber dem vorgehenden aktiven Schaltzustand inversen Schaltzustand des Pulswechselrichters gewechselt, für den der grösste Lastphasenstrom negativ als Zwischenkreisstrom auftritt (inverser Maximalstromschaltzustand). Das Verhältnis der Einschalt Dauern des Maximalstrom- und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird dabei gleich dem Kehrwert des Verhältnisses der, während der Schaltzustände vorliegenden Zwischenkreisspannungen gewählt, womit auch im Mittel über die zweite Pulshalbperiode kein Wirkleistungsfluss über den Zwischenkreis auftritt und keine Ausgangsspannung gebildet wird. Der Absolutwert der relativen Einschalt Dauern des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird durch das Verhältnis des eingangsseitig zu bildenden Blindstromes und des für den Maximalstromschaltzustand auftretenden Zwischenkreisstromes bestimmt.

**[0011]** Gegenüber konventioneller Modulation tritt für diese Steuerung während des Anliegens der zweitgrössten und der grössten verketteten Netzspannung am Zwischenkreis jeweils nur ein unidirektionaler Zwischenkreisstrom auf, womit in den Eingangsphasen im (lokalen) Mittel über eine Pulsperiode ein sinusförmiger Blindstromanteil gebildet wird. Dies erklärt sich daraus, dass für Durchschalten der grössten und der zweitgrössten verketteten Spannung in den Zwischenkreis einer der dreipoligen Umschalter seine Stellung innerhalb der Pulsperiode beibehält und der zweite dreipolige Umschalter der Eingangsstufe zwischen den beiden anderen Phasen geschaltet wird. Demgemäss tritt in der Phase, auf welcher der dreipolige Umschalter während der gesamten Pulsperiode verbleibt, ein der Differenz der Zwischenkreisstromzeitflächen des Maximalstrom- und des inversen Maximalstromschaltzustandes entsprechender lokaler Strommittelwert auf. Der lokale Blindstrommittelwert in den beiden anderen Phasen wird direkt durch die Zwischen kreisstromzeitfläche des Maximalstromschaltzustandes bzw. die Zwischenkreisstromzeitfläche des inversen Maximalstromschaltzustandes definiert.

**[0012]** Die Bildung eines kapazitiven Eingangsblindstromes ist durch Vertauschen des Maximalstrom- und des inversen Maximalstromschaltzustandes möglich, d.h. während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis wird der inverse Maximalstromschaltzustand und während des Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis der Maximalstromschaltzustand des Pulswechselrichters gewählt.

**[0013]** Um eine minimale Zahl von Umschaltungen und damit minimale Schaltverluste zu erhalten, wird im jeweils nächstfolgenden Pulsintervall die Schaltzustandsequenz des vorhergehenden Pulsintervalls in umgekehrter Reihenfolge eingenommen.

**[0014]** Eine weitere vorteilhafte Variante der erfindungsgemässen Steuerung des Dreiphasen-Pulsleichrichters wird beschrieben. Für Steuerung nach Patentanspruch 1 erfolgt unter Annahme einer rein reaktiven Last während einer Pulshalbperiode nur eine Ausgangsspannungsbildung, jedoch keine Eingangsstrombildung, und während der zweiten Hälfte einer Pulshalbperiode eine Eingangsstrombildung, jedoch keine Ausgangsspannungsbildung. Damit wird die im lokalen Mittel über eine Pulsperiode gegenüber dem Stand der Technik erreichbare Ausgangsspannung reduziert bzw. auch der reaktive Eingangsstrom verringert. Erfindungsgemäss kann dies dadurch verhindert werden, dass die Schaltzustände beider Pulshalbperioden in einer Pulshalbperiode vereint werden, wobei jeweils die während des Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis und die während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis verwendeten Schaltzustände so zusammengefasst werden, dass die Zwischenkreisstromzeitflächen unverändert bleiben und einer der drei aktiven Schaltzustände des Pulswechselrichters eliminiert wird.

**[0015]** Wird wieder eine rein reaktive Last angenommen, tritt bei der Steuerung nach Patentanspruch 1 am Beginn einer Pulshalbperiode während des Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis ein erster aktiver Schaltzustand der Ausgangsstufe mit z.B. positivem Zwischenkreisstrom, gefolgt von einem zweiten aktiven Schaltzustand der Ausgangsstufe mit negativem Zwischenkreisstrom auf. Am Ende der Pulsperiode wird wieder die grösste positive verkettete Eingangsspannung an den Zwischenkreis gelegt, wobei für erfindungsgemässe induktive Eingangsstrombildung der inverse Maximalstromschaltzustand eingeschaltet ist und ein negativer Zwischenkreisstrom auftritt.

**[0016]** Überwiegt die Einschaltdauer des inversen Maximalstromschaltzustandes die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes, kann nun erfindungsgemäss der erste aktive Schaltzustand weggelassen und die Einschaltdauer des zweiten aktiven Schaltzustandes auf die Gesamtdauer des ersten und des zweiten Schaltzustandes erweitert werden, wobei um die Stromzeitfläche unverändert zu belassen weiters die Einschaltdauer des inversen Maximalstromschaltzustandes um die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes verkürzt wird. Der gebildete lokale Mittelwert der Ausgangsspannung bleibt dabei unbeeinflusst.

**[0017]** Überwiegt die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes die Einschaltdauer des inversen Maximalstromschaltzustandes, kann erfindungsgemäss die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes um die Einschaltdauer des inversen Maximalstromschaltzustandes verkürzt und die Einschaltdauer des zweiten aktiven Schaltzustandes um die

Dauer des inversen Maximalstromschaltzustandes verlängert werden, womit die gebildete Zwischenkreisstromzeitfläche bzw. der lokale Eingangsstrommittelwert und auch der gebildete lokale Ausgangsspannungsmittelwert grundsätzlich unverändert bleiben.

**[0018]** Während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Spannung am Zwischenkreis treten innerhalb der ersten Pulshalbperiode dieselben aktiven Schaltzustände wie während des Anliegens der grössten verketteten Spannung auf. Eine Zusammenfassung der beiden aktiven Schaltzustände und des Maximalstromschaltzustandes kann unter Beibehaltung der Zwischenkreisstromzeitfläche sinngemäss gleich wie vorstehend für die grösste verkettete Spannung beschrieben erfolgen.

**[0019]** Eine vorteilhafte Ausführung der erfindungsgemässen Steuerung eines indirekten Matrixkonverters zur Nutzung des Ausgangsblindstromes zur Bildung von Eingangsblindstrom kann weiters erfolgen. Hierbei wird wie für Patentanspruch 1 innerhalb der ersten Hälfte einer Pulsperiode die dem Stand der Technik entsprechende Steuerung beibehalten, d.h. vorerst die grösste verkettete Spannung und darauffolgend die zweitgrösste verkettete Spannung in den Zwischenkreis geschaltet. Am Beginn des zweiten Pulshalbintervalls wird vorerst die zweitgrösste verkettete Spannung als Zwischenkreisspannung beibehalten und darauffolgend die kleinste positive verkettete Spannung (drittgrösste verkettete Spannung) in den Zwischenkreis geschaltet.

**[0020]** Zur Bildung von induktivem Eingangsblindstrom wird am Beginn der zweiten Hälfte der Pulsperiode während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Spannung der ausgangsseitige Konverter in den Maximalstromschaltzustand geschaltet und anschliessend wieder der Freilaufzustand angenommen. Das Anlegen der drittgrössten verketteten Spannung an den Zwischenkreis erfolgt damit bei stromlosem Zwischenkreis bzw. unter Vermeidung von Schaltverlusten der Eingangsstufe. Darauffolgend wird der Freilaufzustand vorerst beibehalten und anschliessend die Ausgangsstufe bis zum Ende der Pulsperiode in den inversen Maximalstromschaltzustand geschaltet.

**[0021]** Das Verhältnis der relativen Einschalt Dauern des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird gleich dem Kehrwert des Verhältnisses der während der Schaltzustände vorliegenden Zwischenkreisspannungen, d.h. der zweitgrössten und der drittgrössten verketteten Spannung gewählt, sodass innerhalb der zweiten Hälfte der Pulsperiode resultierend keine Wirkleistung über den Zwischenkreis übertragen und keine Ausgangsspannung gebildet wird. Der Absolutwert der Einschalt Dauern des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustandes wird durch das Verhältnis des eingangsseitig zu bildenden Blindstromes und des für den Maximalstromschaltzustand auftretenden Zwischenkreisstromes bestimmt.

**[0022]** Die Bildung eines kapazitiven Eingangsblindstromes ist durch Vertauschen des Maximalstrom- und des inversen Maximalstromschaltzustandes möglich, d.h. während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis wird der inverse Maximalstromschaltzustand und während des Anliegens der drittgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis der inverse Maximalstromschaltzustand der Ausgangsstufe gewählt.

**[0023]** Um eine minimale Zahl von Umschaltungen und damit minimale Schaltverluste zu erhalten, wird im jeweils nächstfolgenden Pulsintervall die Schaltzustandsequenz des vorhergehenden Pulsintervalls in umgekehrter Reihenfolge eingenommen.

**[0024]** Wie für Patentanspruch 1 wird also die erste Hälfte einer Pulsperiode für die Bildung von Ausgangsspannung herangezogen, wobei resultierend kein lokaler Mittelwert des Stromes in den Eingangsphasen gebildet wird. Die zweite Hälfte der Pulshalbperiode dient demgegenüber der Blindstrombildung, wobei nun gegenüber Patentanspruch 1 ein weiterer Freiheitsgrad in der Steuerung besteht, da nicht dieselben Phasenkombinationen wie für die Spannungsbildung für die Formung von Blindstrom herangezogen werden müssen. Die eine nähere Analyse zeigt, erlaubt dies bei kleinen Aussteuerungen für gegebenen Ausgangsstrom einen höheren Eingangsblindstrom zu bilden, weiters kann die Belastung der Eingangskondensatoren bei gleichem Eingangsblindstrom reduziert werden, da ein kleiner Phasenblindstromwert (lokaler Mittelwert) nicht durch Stromblöcke verschiedenen Vorzeichens, sondern durch einen Stromblock geringer Einschaltdauer gebildet werden kann.

**[0025]** Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens wird beschrieben. Hierbei werden die für die drei für die zweitgrösste verkettete Spannung auftretenden Schaltzustände der Ausgangsstufe unter Beibehaltung der Zwischenkreisstromzeitfläche durch nur zwei aktive Schaltzustände realisiert und somit die Schaltverluste der Ausgangsstufe reduziert.

**[0026]** Für rein reaktive Last tritt in der ersten Pulshalbperiode während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung an den Zwischenkreis ein erster aktiver Schaltzustand der Ausgangsstufe mit z.B. positivem Zwischenkreisstrom, gefolgt von einem zweiten aktiven Schaltzustand der Ausgangsstufe mit negativem Zwischenkreisstrom auf. Am Anfang der zweiten Hälfte der Pulsperiode tritt dann bei erfindungsgemässer Steuerung der Maximalstromschaltzustand mit z.B. negativem Zwischenkreisstrom auf.

**[0027]** Überwiegt nun die Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustands kann erfindungsgemäss der erste aktive Schaltzustand weggelassen und die Einschaltdauer des zweiten aktiven Schaltzustandes um die ursprüngliche Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes erhöht werden und die Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes um die ursprüngliche Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes verringert werden. Damit bleibt die während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis

schenkreis auftretenden Stromzeitfläche und damit die Blindstrombildung am Eingang wie auch die Ausgangsspannungsbildung grundsätzlich unverändert.

**[0028]** Überwiegt die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes die Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes, kann erfindungsgemäss der Maximalstromschaltzustand weggelassen und die Einschaltdauer des ersten aktiven Schaltzustandes um die Dauer des Maximalstromschaltzustandes, verringert und die Einschaltdauer des zweiten aktiven Schaltzustandes um die Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes erhöht werden, womit die während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis gebildete Zwischenkreisstromzeitfläche und damit die Blindstrombildung am Eingang wie auch die Ausgangsspannungsbildung grundsätzlich unverändert bleiben.

**[0029]** Innerhalb der nächstfolgenden Pulsperiode wird im Sinne minimaler Schaltfrequenz die Schaltzustandssequenz von Ein- und Ausgangsstufe der jeweils vorgehenden Pulsperiode in umgekehrter Reihenfolge wiederholt.

### Aufzählung der Zeichnungen

**[0030]** Die Erfindung wird im Weiteren anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt den Zeitverlauf der Zwischenkreisspannung und des Zwischenkreisstromes für eine Pulsperiode bei erfindungsgemässer Steuerung nach Patentanspruch 1.

Fig. 2 zeigt den Zeitverlauf der Zwischenkreisspannung und des Zwischenkreisstromes für eine Pulshalbperiode bei erfindungsgemässer Steuerung nach einer vorteilhaften Variante.

### Ausführung der Erfindung

**[0031]** In Fig. 1 sind der Zeitverlauf 1 der Zwischenkreisspannung mit Zeitachse 2 und der zugehörige Zeitverlauf 3 des Zwischenkreisstromes mit Zeitachse 4 für eine, aus einer ersten Pulshalbperiode 5 und einer zweiten Pulshalbperiode 6 gebildeten Pulsperiode 7 mit Beginn 8 und Ende 9 dargestellt. Durch entsprechende Steuerung der Umschalter des Eingangsteiles des indirekten Matrixkonverters wird ausgehend von Beginn 8 innerhalb der ersten Pulshalbperiode 5 die grösste verkettete Eingangsspannung mit Momentanwert 10 in den Zwischenkreis geschaltet und anschliessend in Zeitpunkt 11 auf die zweitgrösste verkettete Eingangsspannung mit Momentanwert 12 gewechselt. Im Sinne einer Minimierung der Zahl der Umschaltungen wird diese Spannung 12 über die Mitte 13 der Pulsperiode 7 bzw. über das Ende der ersten Pulshalbperiode 5 hinaus beibehalten und anschliessend im Zeitpunkt 14 wieder auf die grösste verkettete Eingangsspannung 10 zurückgeschaltet und diese bis zum Ende 9 der Pulsperiode 7 beibehalten.

**[0032]** Durch entsprechende Taktung der Ausgangsstufe des indirekten Matrixkonverters wird nun innerhalb des ersten Pulshalbintervalls 5 während des Anliegens der grössten verketteten Netzspannung 10, ausgehend vom Beginn 8 der Pulsperiode 7 entsprechend der zu bildenden Lastspannung bis zum Zeitpunkt 15 ein erster aktiver Schaltzustand eingestellt, womit z.B. der Momentanwert 16 eines ersten Phasenstromes positiv im Zwischenkreis auftritt. Unmittelbar darauf folgend wird in einen zweiten aktiven Schaltzustand der Ausgangsstufe gewechselt, womit z.B. der negative Momentanwert 17 eines zweiten Ausgangsphasenstromes als Zwischenkreisstrom resultiert, bis in Zeitpunkt 18 die Ausgangsstufe in den Freilaufzustand wechselt und diesen, durch einen Zwischenkreisstrom Null gekennzeichneten Schaltzustand über das Ende 11 des Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung 10 hinaus beibehält, bis in Zeitpunkt 19, also während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung 12 am Zwischenkreis wieder der zweite aktive Schaltzustand der Ausgangsstufe angenommen wird, womit wieder ein Zwischenkreisstrom 17 auftritt und anschliessend in Zeitpunkt 20 wieder auf den ersten aktiven Schaltzustand der Ausgangsstufe mit Zwischenkreisstrom 16 gewechselt wird und dieser Schaltzustand bis zum Ende 13 der ersten Pulshalbperiode verbleibt.

**[0033]** Erfindungsgemäss wird nun am Beginn 13 der zweiten Pulshalbperiode die Ausgangsstufe in den Maximalstromschaltzustand geschaltet, womit der den maximalen Betrag des Momentanwertes 21 aufweisende Ausgangsphasenstrom als Zwischenkreisstrom auftritt, bis in Zeitpunkt 22 die Ausgangsstufe in den Freilauf geschaltet wird, womit der Zwischenkreisstrom zu Null wird und dieser Schaltzustand über das Ende 14 des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung 12 hinaus beibehalten wird, womit das eingangsseitige Zurückschalten auf die grösste verkettete Eingangsspannung 10 stromlos, d.h. ohne Schaltverluste erfolgt. Schliesslich wird in Zeitpunkt 23 der inverse Maximalstromschaltzustand der Ausgangsstufe eingestellt, womit der den maximalen Betrag des Momentanwertes aufweisende Ausgangsphasenstrom negativ, d.h. mit Wert 24 bis zum Ende 9 der Pulsperiode als Zwischenkreisstrom auftritt.

**[0034]** Resultierend somit innerhalb einer Pulsperiode 7 in jenen Zeitabschnitten, in denen die grösste verkettete Eingangsspannung 10 die Zwischenkreisspannung bestimmt innerhalb eines Zeitintervalls 25 ein erster aktiver Schaltzustand und unmittelbar darauffolgend innerhalb eines Zeitintervalls 26 ein zweiter aktiver Schaltzustand vor und es wird unmittelbar vor Ende 9 des Pulsintervalls der inverse Maximalstromschaltzustand der Ausgangsstufe für ein Zeitintervall 27 angenommen. Weiters ist innerhalb des Abschnittes der Pulsperiode 7, in dem die zweitgrösste verkettete Eingangsspannung die Zwischenkreisspannung bestimmt, eine Einschaltdauer 28 des zweiten und eine Einschaltdauer 29 des ersten aktiven Schaltzustandes der Ausgangsstufe gegeben und es wird der Maximalstromschaltzustand unmittelbar nach Beginn 13 der zweiten Pulshalbperiode 6 für ein Zeitintervall 30 eingenommen.

**[0035]** Die Bildung der Ausgangsspannung und des Eingangsstromes des Konverters ist somit entkoppelt, d.h. innerhalb der ersten Pulshalbperiode 5 mit an sich bekannter Steuerung wird die geforderte Ausgangsspannung gebildet und innerhalb der zweiten Pulshalbperiode 6 der reaktive Laststrom zur Bildung eines induktiven Eingangsstromes verwendet, wobei im Mittel über die zweite Pulshalbperiode 6 kein lokaler Mittelwert der Ausgangsspannung gebildet wird bzw. kein Wirkleistungsfluss über den Zwischenkreis auftritt, da das Verhältnis der Einschaltdauer 29 des Maximalstromschaltzustandes und der Einschaltdauer 26 des inversen Maximalstromschaltzustandes gleich dem Kehrwert des Verhältnisses des Momentanwertes 12 der zweitgrössten verketteten Spannung und des Momentanwertes 10 der grössten verketteten Spannung gewählt wird. Der Absolutwert der relativen Einschaltdauer 29 des Maximalstromschaltzustandes bzw. der Einschaltdauer 26 des inversen Maximalstromschaltzustandes wird dabei durch das Verhältnis des eingangsseitig zu bildenden Blindstromes und des für den Maximalstromschaltzustand auftretenden Zwischenkreisstromes bestimmt.

**[0036]** In Fig. 2 sind der Zeitverlauf der Zwischenkreisspannung mit Zeitachse 2 und der zugehörige Zeitverlauf des Zwischenkreisstromes mit Zeitachse 4 für eine Pulshalbperiode 5 bei Steuerung des indirekten Matrixkonverters nach Patentanspruch 2, d.h. bei Zusammenfassung der drei, für Patentanspruch 1 während des Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis auftretenden Schaltzustände der Ausgangsstufe in zwei aktive Schaltzustände geänderter Einschaltdauer, und Zusammenfassung der drei, für Patentanspruch 1 während des Anliegens der zweitgrössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis auftretenden Schaltzustände der Ausgangsstufe in zwei aktive Schaltzustände geänderter Einschaltdauer gezeigt. Gegenüber Fig. 1 gleiche Kennwerte sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

**[0037]** Die Steuerung des Eingangsteiles erfolgt in an sich bekannter Weise in der betrachteten Pulshalbperiode gleich wie für Anspruch 1, wobei am Beginn einer Pulshalbperiode die grösste verkettete Netzspannung 10 und unmittelbar darauffolgend bis zum Ende 13 die zweitgrösste verkettete Eingangsspannung 12 als Zwischenkreisspannung gewählt wird.

**[0038]** Überwiegt, wie in Fig. 1 gezeigt, die Einschaltdauer 25 des auf einen negativen Wert 16 des Zwischenkreisstromes führende Einschaltdauer des zweiten aktiven Schaltzustandes die Einschaltdauer 26 des auf einen positiven Wert 23 des Zwischenkreisstromes führenden inversen Maximalstromschaltzustandes, kann, da die Summe der für den ersten aktiven Schaltzustand, den zweiten aktiven Schaltzustand und den inversen Maximalstromschaltzustand auftretenden Zwischenkreisstrommomentanwerte den Wert Null ergibt, die durch den inversen Maximalstromschaltzustand gebildete Zwischenkreisstromzeitfläche auch durch Verkürzung der Einschaltdauer 25 des zweiten aktiven Schaltzustandes um die Dauer 26 des inversen Maximalstromschaltzustandes auf eine resultierende Dauer 36 gebildet und der inverse Maximalstromschaltzustand weggelassen und damit die Schaltverluste des Konverters reduziert werden. Die Einschaltdauer 24 des ersten aktiven Schaltzustandes ist dabei um die Dauer 26 des inversen Maximalstromschaltzustandes auf eine Einschaltzeit 32 zu verlängern.

**[0039]** In analoger Form kann bei Anliegen der zweitgrössten verketteten Spannung am Zwischenkreis bei Überwiegen der Einschaltdauer 29 des auf einen negativen Wert 21 des Zwischenkreisstromes führenden Maximalstromschaltzustandes über die Einschaltdauer 28 des auf einen positiven Wert 15 des Zwischenkreisstromes führenden ersten aktiven Schaltzustandes der erste aktive Schaltzustand weggelassen und die Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes von 29 um 28 auf 36 verringert und die Einschaltdauer des auf einen negativen Zwischenkreisstrom 16 führenden ersten aktiven Schaltzustandes von 27 um 28 auf 35 erhöht werden.

**[0040]** Damit gelingt eine Realisierung des für Patentanspruch 1 innerhalb der gesamten Pulsperiode 7 gebildeten Zwischenkreisstromes bzw. der lokalen Mittelwerte der reaktiven Eingangsströme innerhalb einer Pulshalbperiode mit jeweils nur zwei Schaltzuständen, womit aufgrund des geringeren Mittelungszeitraumes eine Erhöhung des bei gegebener Amplitude des reaktiven Ausgangsstromes maximal erreichbaren Eingangsblindstromes resultiert.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines indirekten Matrixkonverters zur Nutzung eines reaktiven Ausgangsstromes zur Bildung eines Eingangsblindstromes, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der geforderten Ausgangsspannung des Konverters innerhalb einer ersten Pulshalbperiode (5) einer Pulsperiode (7) dadurch erfolgt, dass eine verkettete Eingangsspannung mit dem grössten Momentanwert (10) und unmittelbar darauf folgend eine zweitgrösste verkettete Eingangsspannung angelegt wird und innerhalb einer zweiten Pulshalbperiode (6) ein reaktiver Laststrom zur Bildung eines induktiven Eingangsstromes verwendet wird, wobei im Mittel über die zweite Pulshalbperiode (6) eine Ausgangsspannung mit Wert Null gebildet wird und am Beginn (13) der zweiten Pulshalbperiode, d.h. während die zweitgrösste verkettete Eingangsspannung (12) an einem Zwischenkreis anliegt, ein Maximalstromschaltzustand eingestellt wird, und darauf folgend eine Ausgangsstufe des indirekten Matrixkonverters in einen Freilauf geschaltet wird, womit ein Zwischenkreisstrom zu Null wird und während des darauf folgenden Anliegens der grössten verketteten Eingangsspannung am Zwischenkreis innerhalb der zweiten Pulshalbperiode (6) anfangs der Freilaufzustand fortgesetzt und dann in einen gegenüber dem vorgehenden aktiven Schaltzustand inversen Schaltzustand, also einen inversen Maximalstromschaltzustand eines Pulswechselrichters gewechselt wird, für den ein grösster Lastphasenstrom negativ als Zwischenkreisstrom auftritt, wobei das Verhältnis der Einschaltdauer des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustandes gleich dem Kehrwert des Verhältnisses der während der

## CH 698 150 B1

Schaltzustände vorliegenden Zwischenkreisspannungen gewählt wird, womit auch im Mittel über die zweite Pulshalperiode kein Wirkleistungsfluss über den Zwischenkreis auftritt und keine Ausgangsspannung gebildet wird, und die in den Eingangsphasen gebildeten Blindstrommomentanwerte durch die relativen Einschalt Dauern des Maximalstromschaltzustandes und des inversen Maximalstromschaltzustands definiert werden, und für die Bildung eines kapazitiven Eingangsblindstromes der Maximalstrom- und der inverse Maximalstromschaltzustand gegeneinander getauscht werden und, um eine minimale Zahl von Umschaltungen und damit minimale Schaltverluste zu erhalten, in einer jeweils nächstfolgenden Pulsperiode die Schaltzustandsequenz einer vorhergehenden Pulsperiode in umgekehrter Reihenfolge angenommen wird.

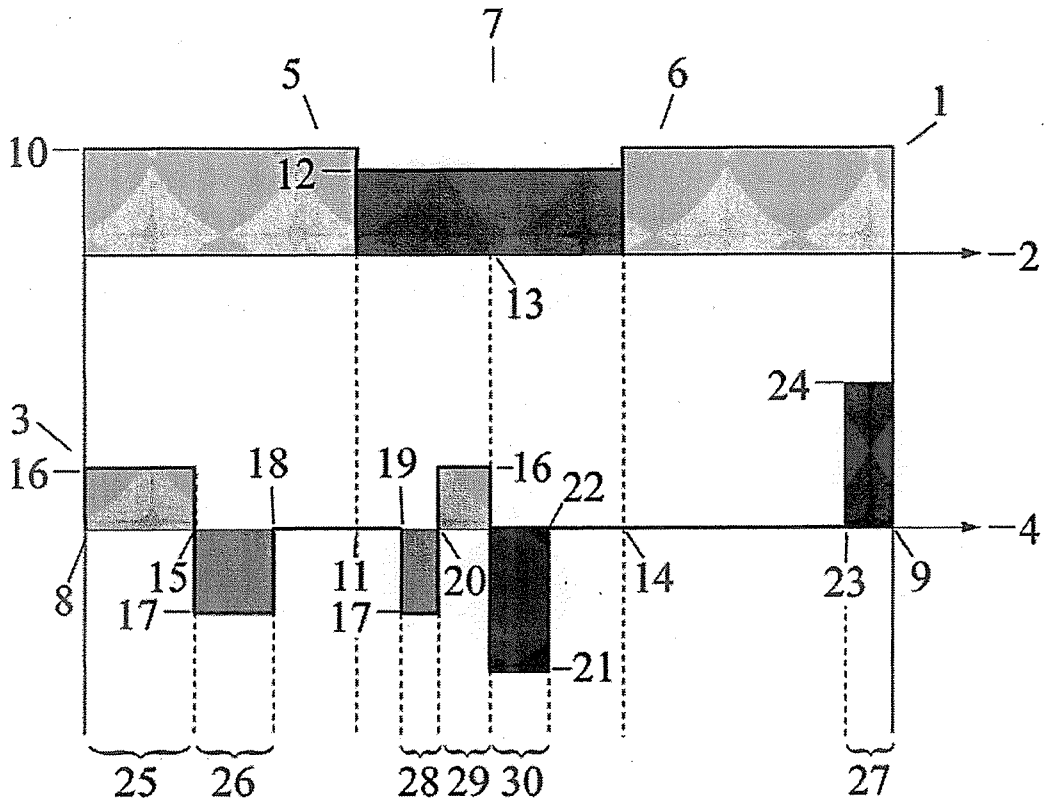


Fig.1

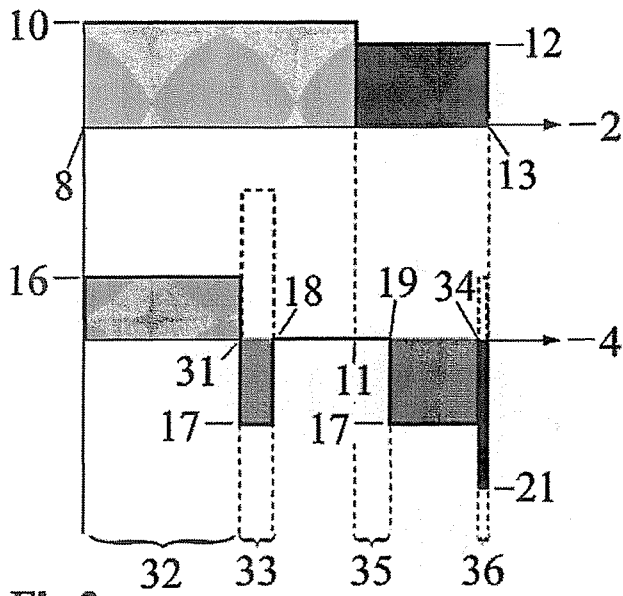


Fig.2