

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 696 414 A5**

(19)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **H02M 5/451 (2006.01)**
H03K 17/30 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)
G05F 5/00 (2006.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 00169/03

(73) Inhaber:
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich,
Rämistrasse 101
8092 Zürich (CH)

(22) Anmeldedatum: 05.02.2003

(24) Patent erteilt: 31.05.2007

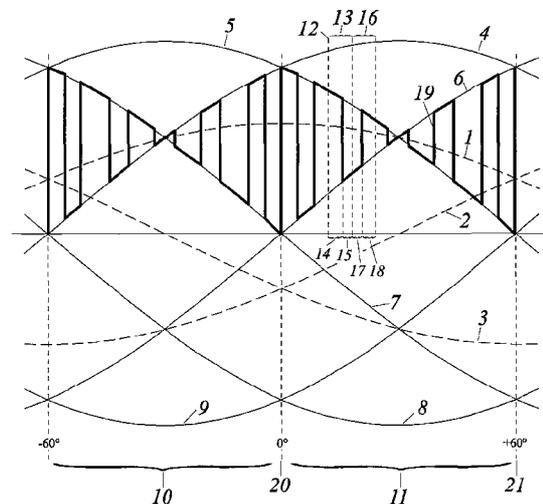
(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.05.2007

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

(54) **Verfahren zur Minimierung der Schaltverluste durch Steuerung eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters bei geringer Amplitude der Ausgangsspannungsgrundschwingung.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verringerung der Schaltverluste der Ausgangsstufe eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters bei kleiner Amplitude der Ausgangsspannungsgrundschwingung. Liegt der Amplitudenwert unter der halben Amplitude der Eingangsphasenspannung, wird erfindungsgemäss in einer bei Zeitpunkt (12) liegenden Pulshalbperiode (13), innerhalb eines ersten Zeitabschnittes (14) die zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung (5) und innerhalb des Restes (15) der Pulshalbperiode (13) die drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung (6) in den Zwischenkreis geschaltet. Während der jeweils nächstfolgenden Pulshalbperiode (16) wird die Reihenfolge der an den Zwischenkreis gelegten positiven verketteten Eingangsspannungen (5, 6) umgekehrt, womit eine geringe Schaltfrequenz der Eingangsstufe resultiert. Die relative Einschaltdauer der zweitgrössten positiven verketteten Eingangsspannung (5) und der drittgrössten positiven verketteten Eingangsspannung (6) in einer Pulshalbperiode (13) wird so gewählt, dass die lokalen Mittelwerte der Eingangsphasenströme einen sinusförmigen, in Phase mit der zugehörigen Netzphasenspannung liegenden Verlauf zeigen. Gegenüber dem Stand der Technik führt das erfindungsgemässe Steuerungsverfahren auf geringere Werte der Zwischenkreisspannung, womit die der Zwischenkreisspannung proportionalen Schaltverluste

te der Ausgangsstufe in erster Näherung halbiert und ein hoher Wirkungsgrad der Energieumformung erreicht werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung zwecks Minimierung der Schaltverluste eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters bei geringer Amplitude der Ausgangsspannungsgrundschiwingung, wie es im Oberbegriff des Patentanspruches beschrieben ist.

Stand der Technik

[0002] Gemäss dem Stand der Technik werden zur Umformung eines dreiphasigen Wechselspannungssystems konstanter Frequenz und Amplitude in ein dreiphasiges Spannungssystem vorgebarter Frequenz und Amplitude vorteilhaft quasi-direkte Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichter eingesetzt. Derartige Systeme werden durch gleichspannungsseitige Kopplung eines eingangsseitigen Dreiphasen-Pulsleichrichtersystems (Eingangsstufe) und eines ausgangsseitigen Dreiphasen-Pulswechselrichtersystems (Ausgangsstufe) gebildet und weisen im Gleichspannungszwischenkreis keine Speicherelemente auf. Durch die induktive Last, z.B. eine Drehstrommaschine, wird der Ausgangsstrom eingepreßt, womit entsprechend dem Schaltzustand der Ausgangsstufe ein abschnittsweise eingepreßter, durch Ausschnitte der Lastströme gebildeter Zwischenkreisstrom resultiert, welcher durch die Eingangsstufe in diskontinuierliche Eingangsphasenströme umgeformt wird, die nach Unterdrückung schaltfrequenter Oberschwingungen durch ein, im einfachsten Fall durch Filterkondensatoren und die innere Netzinduktivität gebildetes Eingangfilter einen sinusförmigen, der jeweiligen Phasenspannung proportionalen Verlauf zeigen. Die Lastspannung wird dabei durch Pulsbreitenmodulation der Ausgangsstufe aus der jeweils anliegenden Zwischenkreisspannung gebildet, welche sich aus Ausschnitten der durch die Filterkondensatoren eingepreßten verketteten Eingangsspannungen bestimmt, welche durch die Eingangsstufe in den Zwischenkreis geschaltet werden.

[0003] Im Detail erfolgt die Steuerung so, dass, um einen möglichst weiten Ausgangsspannungsbereich zu erreichen, innerhalb jeder Pulshalbperiode aufeinanderfolgend die jeweils grösste positive (d.h. den grössten Momentanwert aufweisende) und die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung an den Zwischenkreis gelegt werden. Hierdurch wird auch ein positives Vorzeichen der Zwischenkreisspannung sichergestellt, was aufgrund der, mit der Topologie eines konventionellen dreiphasigen Spannungszwischenkreis-Pulswechselrichters identischen Ausgangsstufe ein Grunderfordernis des Betriebes darstellt. Innerhalb des Einschaltintervalles der jeweils grössten positiven verketteten Eingangsspannung und innerhalb des Einschaltintervalles der jeweils zweitgrössten positiven verketteten Eingangsspannung liegt für die Ausgangsstufe eine näherungsweise konstante Zwischenkreisspannung vor. In jedem dieser Intervalle wird die Ausgangsstufe aufeinanderfolgend in einen ersten aktiven, d.h. eine verkettete Ausgangsspannung ungleich Null bildenden Schaltzustand, einen zweiten aktiven Schaltzustand und einen Freilaufzustand, für den die Ausgangsklemmen keine Spannungsdifferenz aufweisen, geschaltet. Die relative Einschaltzeit der Schaltzustände der Ausgangsstufe wird dabei in beiden Intervallen gleich und derart gewählt, dass im Mittel über beide Intervalle die zu bildenden Sollwerte der verketteten Ausgangsspannungen resultieren.

[0004] Weiters wird in jeder zweiten Pulshalbperiode die Reihenfolge des Anlegens der verketteten Eingangsspannungen umgekehrt, um eine minimale Zahl von Umschaltungen der Eingangsstufe zu erreichen. Die Zahl der Umschaltungen der Ausgangsstufe wird dadurch minimiert, dass in jedem zweiten Einschaltintervall der Eingangsstufe die Schaltzustandsfolge der Ausgangsstufe umgekehrt wird, wobei der Freilaufzustand jeweils an das Ende eines Einschaltintervalles der Eingangsstufe gelegt wird bzw. entsprechend der vorgehenden Beschreibung am Anfang des unmittelbar folgenden Einschaltintervalles der Eingangsstufe zu liegen kommt. Die Umschaltung der Eingangsstufe erfolgt damit bei Freilauf der Ausgangsstufe, d.h. für Zwischenkreisstrom gleich Null, es treten somit vorteilhaft keine Schaltverluste der Eingangsstufe auf.

[0005] Die Schaltverluste der Ausgangsstufe werden durch die jeweils anliegende Zwischenkreisspannung bestimmt. Wie vorgehend beschrieben, werden stets die grösste und die zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung als Zwischenkreisspannung angelegt. Muss nur ein Ausgangsspannungssystem kleiner Amplitude der Grundschiwingungen gebildet bzw. nur eine kleine Ausgangsleistung abgegeben werden, führt dies, da die Schaltverluste der Ausgangsstufe in erster Näherung der Zwischenkreisspannung proportional sind, zu relativ hohen Schaltverlusten und damit zu einem geringen Wirkungsgrad der Energieumformung.

Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Steuerverfahren zu schaffen, das die Schaltverluste der Ausgangsstufe eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters bei kleiner Grundschiwingungsamplitude des durch die Ausgangsstufe zu erzeugenden Spannungssystems minimiert und den Wirkungsgrad der Energieumformung verbessert.

[0007] Dies wird erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches erreicht.

[0008] Die Eingangsstufe des Dreiphasen-Hybrid-AC/AC-Pulsumrichters kann durch zwei dreipolige Umschalter ersetzt gedacht werden, wobei der Wurzelpunkt des oberen Umschalters mit der positiven Zwischenkreisschiene und die drei Schalterpole des oberen Umschalters mit den Phasen des speisenden Netzes verbunden sind, dessen verkettete Spannungen durch Filterkondensatoren gestützt werden und der Wurzelpunkt des unteren Umschalters mit der negativen Zwischenkreisschiene verbunden ist und die drei Schalterpole ebenfalls an die Phasen des Netzes gelegt werden. Die

Ausgangsstufe des Dreiphasen-Hybrid-AC/AC-Pulsrichters zeigt die Struktur eines bekannten Spannungszwischenkreis-Pulswechselrichters und weist damit die Funktion von drei Umschaltern zwischen der positiven und negativen Zwischenkreisschiene auf, deren Wurzelpunkte direkt die Ausgangsklemmen des Systems bilden. Die bei jeder Schaltzustandsänderung der Ausgangsstufe auftretenden Schaltverluste werden durch die anliegende Zwischenkreisspannung bestimmt.

[0009] Erfindungsgemäss werden daher bei kleinem Sollwert der Amplitude der Grundschiwingung der Ausgangsphasenspannungen seitens der Eingangsstufe möglichst kleine Spannungen an den Zwischenkreis gelegt. Grundsätzlich können durch die Eingangsstufe die drei verketteten Eingangsspannungen mit positivem oder negativem Vorzeichen in den Zwischenkreis geschaltet werden. Da die Zwischenkreisspannung aufgrund der schaltungstechnischen Realisierung der Ausgangsstufe ein positives Vorzeichen aufweisen muss, sind jedoch nur jeweils die drei positiven (d.h. einen positiven Momentanwert aufweisenden) verketteten Spannungen als Zwischenkreisspannung zulässig. Weiters ist zu beachten, dass die durch die Ausgangsstufe in den Zwischenkreis geschalteten Ausschnitte der Lastströme so auf die Eingangsphasen verteilt werden müssen, dass den Eingangsphasenspannungen proportionale Eingangsphasenströme resultieren und so ohmsches Grundschiwingungsnetzverhalten erreicht wird. Es sind daher aufeinanderfolgend jedenfalls zwei der drei möglichen positiven verketteten Spannungen in den Zwischenkreis zu schalten.

[0010] Erfindungsgemäss werden innerhalb jeder Pulshalbperiode aufeinanderfolgend die jeweils zweitgrösste positive und die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet, wobei nach jeder Pulshalbperiode die Reihenfolge der Spannungen umgekehrt und so eine minimale Zahl von Umschaltungen der Eingangsstufe erreicht wird.

[0011] Die Sinusform der Eingangsphasenströme bzw. deren Proportionalität zu den zugeordneten Eingangsphasenspannungen wird dabei dadurch erreicht, dass jedes der Einschaltintervalle der Eingangsstufe für die Ausgangsstufe als Pulshalbperiode angesehen wird, innerhalb dessen die Ausgangsstufe zwei aktive Schaltzustände und einen Freilaufzustand annimmt und für beide in einer Pulshalbperiode liegende Einschaltintervalle der Eingangsstufe dieselbe relative Einschaltzeit der Schaltzustände der Ausgangsstufe bzw. derselbe Modulationsindex der Ausgangsstufe gewählt wird, und so im Mittel über eine Pulshalbperiode die gewünschte Ausgangsspannung gebildet wird.

[0012] Wie eine nähere Analyse zeigt, ist bei Umschaltung von der jeweils zweitgrössten verketteten Eingangsspannung auf die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung der Schaltzustand des mit der positiven und des mit der negativen Zwischenkreisschiene verbundenen dreipoligen Umschalters der Eingangsstufe zu ändern. Da die Schaltzustandsänderungen innerhalb des Freilaufintervalls der Ausgangsstufe, d.h. bei stromlosem Zwischenkreis stattfinden, treten hierbei jedoch keine Schaltverluste auf. Allerdings kann für vor der Schalthandlung positiven Zwischenkreisstrom auch die Eingangsstufe die Schaltverluste für Überführung der Ausgangsstufe in einen (passiven) Freilaufzustand übernehmen und so ein Teil der Schaltverluste der Ausgangsstufe an die Eingangsstufe verschoben werden. («In an sich bekannter Weise» eliminiert (mehrfach).)

[0013] Erfindungsgemäss ergänzen sich die relativen Einschaltdauern des Schaltzustandes, für den die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung als Zwischenkreisspannung auftritt (erster Eingangsschaltzustand) und des Schaltzustandes, für den die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung als Zwischenkreisspannung auftritt (zweiter Eingangsschaltzustand) innerhalb jeder Pulshalbperiode zu Eins, wobei die relative Einschaltdauer des ersten Eingangsschaltzustandes zum Erreichen ohmschen Grundschiwingungsnetzverhaltens erfindungsgemäss gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig grössten Eingangsphasenspannung und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung gewählt wird und die relative Einschaltzeit des zweiten Eingangsschaltzustandes einer Pulshalbperiode gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig zweitgrössten Eingangsphasenspannung und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung ist.

[0014] Bei kleinen Ausgangsspannungen wird hierdurch in erster Näherung eine Halbierung der Schaltverluste der Ausgangsstufe gegenüber konventioneller Steuerung erreicht. Weiters werden die schaltfrequenten Oberschwingungen der Ausgangsstufe aufgrund der geringen Zwischenkreisspannungswerte gegenüber konventioneller Steuerung verringert und damit z.B. die Oberschwingungsverluste einer gespeisten Drehstrommaschine bzw. deren thermische Belastung verringert. Die mittels des erfindungsgemässen Steuerverfahrens maximal erzeugbare Amplitude der Ausgangsphasenspannung ist auf den halben Wert der Amplitude der Eingangsphasenspannungen beschränkt. Es wird also etwa die untere Hälfte des Aussteuerbereiches eines dem Stand der Technik entsprechenden Steuerverfahrens abgedeckt werden, für welches die maximal erzeugbare Amplitude der Ausgangsphasenspannung gleich dem $\sqrt{3}/2$ -fachen der Amplitude der Eingangsphasenspannung ist.

[0015] Wie vorstehend erwähnt, werden innerhalb jeder Pulshalbperiode die jeweils zweitgrösste positive und die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet. Hierbei weist bei symmetrischer dreiphasiger Eingangsspannung die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung jeweils im Abstand von 60° el. einen Nulldurchgang auf. Um sicherzustellen, dass nicht infolge eines Messfehlers ein negativer Wert der Zwischenkreisspannung auftritt, der durch die Freilaufdioden der Ausgangsstufe kurzgeschlossen und zu hohen Kurzschlussströmen führen würde, wird erfindungsgemäss vorteilhaft für einen kurzen Zeitraum nach Anfang sowie für einen kurzen Zeitraum vor Ende dieses 60° -Intervalls, also für jene Zeiträume, in dem der Momentanwert der jeweils drittgrössten verketteten Eingangsspannung unterhalb eines durch die Messgenauigkeit bestimmten Schwellwertes grösser Null liegt, die dem Stand

der Technik entsprechende Steuerung eingesetzt, also die jeweils grösste positive und die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet, womit hohe positive Werte der Zwischenkreisspannung vorliegen und keine Gefahr eines Auftretens einer negativen Zwischenkreisspannung gegeben ist. Im verbleibenden Teil des 60°-Intervalles wird dann das erfindungs-gemässe Steuerverfahren zur Anwendung gebracht. Da die relative Einsatzdauer der konventionellen Steuerung gering ist, werden die Schaltverluste des Konverters dadurch nicht massgeblich erhöht.

[0016] Die Erfindung wird im Weiteren anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0017] In Fig. 1 ist ein 120°el. breiter Ausschnitt des Zeitverlaufes der Eingangsphasenspannungen, der verketteten Eingangsspannungen und des bei erfindungsgemässer Steuerung resultierenden Zeitverlaufes der Zwischenkreisspannung eines quasi-direkten-Dreiphasen- AC/AC-Pulsumrichtersystems dargestellt, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit eine sehr tiefe Schaltfrequenz angenommen ist.

Ausführung der Erfindung

(«Eingangsphasenspannung» und «verkettete Eingangsspannung» einheitlich verwendet)

[0018] Gemäss Fig. 1 zeigen die Eingangsphasenspannungen 1, 2, 3, eines symmetrischen Dreiphasen-Spannungssystems, das für die weiteren Überlegungen als am Eingang eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters liegend gedacht wird, gleiche Amplitude und eine Phasenversetzung von 120°el. Die verketteten Eingangsspannungen werden als Differenz von jeweils zwei Eingangsphasenspannungen, 1, 2 oder 2, 1 oder 1, 3 oder 3, 1 oder 2, 3 oder 3, 2 erhalten. Hierbei weisen jeweils drei der sechs möglichen Kombinationen 4, 5, 6, 7, 8, 9 innerhalb eines 60°el. breiten Intervalles, z.B. 10 oder 11, der Eingangsspannungsperiode einen positiven Momentanwert und drei verkettete Spannungen einen negativen Momentanwert auf. Der Beginn bzw. das Ende eines 60°-Intervalles wird dabei durch den Nulldurchgang einer der positiven verketteten Spannungen definiert.

[0019] Innerhalb des im Weiteren beispielhaft betrachteten Intervalles 11 – die Verhältnisse in den übrigen Intervallen können einfach durch Analogieüberlegungen gewonnen werden – zeigen die verketteten Eingangsspannungen 4, 5, 6 einen positiven Wert, wobei am Beginn des Intervalles 11 (bzw. Ende des vorhergehenden Intervalles 10) die verkettete Eingangsspannung 6 und am Ende des Intervalles 11 die verkettete Eingangsspannung 5 durch Null tritt. Die drei positiven verketteten Eingangsspannungen 4, 5, 6 können grundsätzlich als Zwischenkreisspannung eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichtersystems herangezogen werden. Bei Steuerung gemäss dem Stand der Technik werden (für Zeitpunkt 12 des 60°-Intervalles 11) aufeinanderfolgend die jeweils grösste positive verkettete Eingangsspannung 4 und die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung 5 als Zwischenkreisspannungen gewählt. Bei erfindungsgemässer Steuerung wird demgegenüber in jeder Pulshalbperiode 13, innerhalb eines ersten Zeitabschnittes 14 (erster Eingangsschaltzustand) die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung 5 (für Zeitpunkt 12 des 60°-Intervalles 11) und innerhalb des Restes 15 (zweiter Eingangsschaltzustand) der Pulshalbperiode 13 die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung 6 (für Zeitpunkt 12) durch die Eingangsstufe des quasidirekten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters in dessen Zwischenkreis geschaltet. In der nächstfolgenden Pulshalbperiode 16 wird in an sich bekannter Weise die Reihenfolge der Eingangsschaltzustände bzw. der an den Zwischenkreis gelegten positiven verketteten Eingangsspannungen 5, 6 umgekehrt, womit während eines ersten Zeitabschnittes 17 am Beginn der Pulshalbperiode 16 die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung 6 (gültig für Zeitpunkt 12) und während des Restes 18 der Pulshalbperiode 16 die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung 5 (gültig für Zeitpunkt 12) als Zwischenkreisspannung vorliegt. Hierdurch ist bei Wechsel von Pulshalbperiode 13 auf Pulshalbperiode 16 keine Umschaltung der Eingangsstufe erforderlich bzw. resultiert eine geringe Schaltfrequenz der Eingangsstufe. Der sich damit ergebende Zeitverlauf 19 der Zwischenkreisspannung ist in Fig. 1 eingetragen.

[0020] Die Ausgangsstufe nimmt innerhalb jedes der Abschnitte 14, 15 der Pulshalbperiode 13 und jedes der Abschnitte 17, 18 der Pulshalbperiode 16 entsprechend der zu bildenden Ausgangsspannung zwei aktive Schaltzustände und einen Freilaufzustand an. In an sich bekannter Weise wird dabei die Schaltzustandssequenz der Ausgangsstufe so gewählt, dass jeder nächstfolgende Schaltzustand der Ausgangsstufe durch Änderung des Schaltzustandes nur eines Phasenumschalters realisiert werden kann und der Freilaufzustand am Ende des ersten Zeitabschnittes 14 oder 17 einer Pulshalbperiode 13 oder 16 auftritt. Weiters wird die Schaltzustandssequenz der Ausgangsstufe im jeweils zweiten Teil (Rest) 15 oder 18 einer Pulshalbperiode 13 oder 16 umgekehrt, womit der Freilaufzustand der Ausgangsstufe ungeachtet der bei Wechsel von Zeitabschnitt 14 auf 15 oder von Zeitabschnitt 17 auf 18 vorzunehmenden Änderung des Schaltzustandes der Eingangsstufe bestehen bleiben kann und so die Schaltzustandswechsel der Eingangsstufe bei stromlosem Zwischenkreis bzw. mit vernachlässigbaren Schaltverlusten erfolgen.

[0021] Um einen sinusförmigen Verlauf der lokalen, über eine Pulshalbperiode erstreckten Mittelwerte der Eingangsphasenströme zu erhalten und ohmsches Grundschnwingungsnetzverhalten des quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters sicherzustellen, wird die relative Einschaltzeit des ersten Eingangsschaltzustandes erfindungsgemäss jeweils gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig grössten Eingangsspannung 1 und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung 4 gewählt und die relative Einschaltzeit des zweiten Eingangsschaltzustandes gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig zweitgrössten Eingangsspannung 3 und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung 4 gewählt.

[0022] Am Beginn 20 des betrachteten 60°-Intervalles 11 zeigt die verkettete Eingangsspannung 6, am Ende 21 des 60°-Intervalles 11 die verkettete Eingangsspannung 5 den Wert Null. Würde z.B. das Ende 21 des 60°-Intervalles z.B. aufgrund eines Offsets der Messung der verketteten Eingangsspannungen nicht richtig detektiert werden, d.h. eine tatsächlich bereits negative verkettete Eingangsspannung noch als positiv gemessen und in den Zwischenkreis geschaltet, würde über die Freilaufdioden der Ausgangsstufe ein hoher Kurzschlussstrom auftreten, der u.U. zu einer thermischen Überlastung der Leistungshalbleiter und damit zu deren Zerstörung führen könnte. Erfindungsgemäss wird daher, wenn z.B. im 60°-Intervall 11 die drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung 5 oder 6 unterhalb eines kleinen positiven Schwellwertes liegt, von der erfindungsgemässen Steuerung auf konventionelle Steuerung gewechselt und aufeinanderfolgend die jeweils grösste positive und die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet. Beide verketteten Eingangsspannungen weisen auch am Beginn 20 und Ende 21 eines 60°-Intervalles 11 hohe positive Werte auf, womit das vorstehend beschriebene Problem des Auftretens negativer Zwischenkreisspannungswerte sicher vermieden wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters bei geringer Amplitude der Ausgangsspannungsgrundschwingung zwecks Minimierung der Schaltverluste, wobei der quasi-direkte Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichter einen Gleichrichter-Eingangsteil, einen aus positiver Zwischenkreisschiene und negativer Zwischenkreisschiene gebildeten Zwischenkreis und einen Pulswechselrichter-Ausgangsteil aufweist, derart, dass durch die Eingangsstufe innerhalb jeder Pulshalbperiode (13) aufeinanderfolgend zwei Aussenleiterspannungen des an den Eingangsklemmen des Gleichrichter-Eingangsteiles anliegenden speisenden Netzes für Zeitabschnitte (14; 15) in den Zwischenkreis geschaltet werden und der Pulswechselrichter-Ausgangsteil innerhalb des ersten Zeitabschnittes (14) aufeinanderfolgend zwei aktive Schaltzustände und am Ende des ersten Zeitabschnittes (14) einen Freilaufzustand annimmt und innerhalb des Restes (15) dieser Pulshalbperiode (13) die Reihenfolge der Schaltzustände der Ausgangsstufe umgekehrt wird und die Aussteuerung des Ausgangsteiles so gewählt wird, dass im Mittel über die Pulshalbperiode (13) die gewünschten Ausgangs-Phasenspannungswerte gebildet werden, dadurch gekennzeichnet, dass, falls der Momentanwert der jeweils drittgrössten positiven verketteten Eingangsspannung oberhalb eines positiven Schwellwertes liegt, in jeder Pulshalbperiode (13), innerhalb eines ersten Zeitabschnittes (14) die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung und innerhalb des Restes (15) dieser Pulshalbperiode (13) die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet wird und in der jeweils nächstfolgenden Pulshalbperiode (16) die Reihenfolge der beiden Eingangsschaltzustände und somit der an den Zwischenkreis gelegten positiven verketteten Eingangsspannungen umgekehrt wird, womit während eines ersten Zeitabschnittes (17) am Beginn der Pulshalbperiode (16) die jeweils drittgrösste positive verkettete Eingangsspannung und während des Restes (18) dieser Pulshalbperiode (16) die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung als Zwischenkreisspannung vorliegt, womit bei Wechsel von Pulshalbperiode (13) auf die jeweils nächstfolgende Pulshalbperiode (16) keine Umschaltung der Eingangsstufe erforderlich ist und eine geringe Schaltfrequenz des Gleichrichter-Eingangsteiles resultiert, und, um einen sinusförmigen Verlauf der lokalen, über eine Pulshalbperiode (13) erstreckten Mittelwerte der Eingangsströme zu erhalten und ohmsches Grundschwingungsnetzverhalten des quasi-direkten Dreiphasen-AC/AC-Pulsumrichters sicherzustellen, die relative Einschaltzeit der jeweils zweitgrössten positiven verketteten Eingangsspannung innerhalb einer Pulshalbperiode (13) gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig grössten Eingangsphasenspannung und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung gewählt wird und die relative Einschaltzeit der jeweils drittgrössten positiven verketteten Eingangsspannung gleich dem Verhältnis des Betrages der betragsmässig zweitgrössten Eingangsphasenspannung und der grössten positiven verketteten Eingangsspannung gewählt wird und für beide Schaltzustände des Gleichrichter-Eingangsteiles innerhalb einer Pulshalbperiode dieselbe relative Einschaltzeit der Schaltzustände des Pulswechselrichter-Ausgangsteiles bzw. derselbe Modulationsindex des Pulswechselrichter-Ausgangsteiles gewählt wird, und so im Mittel über eine Pulshalbperiode die gewünschte Ausgangsspannung gebildet wird, und, falls der Momentanwert der jeweils drittgrössten positiven verketteten Eingangsspannung unterhalb eines positiven Schwellwertes liegt, innerhalb einer Pulshalbperiode (13) während eines ersten Zeitabschnittes (14) die jeweils grösste positive verkettete Eingangsspannung und innerhalb des Restes (15) dieser Pulshalbperiode (13) die jeweils zweitgrösste positive verkettete Eingangsspannung in den Zwischenkreis geschaltet wird und in der jeweils nächstfolgenden Pulshalbperiode (16) die Reihenfolge der Eingangsschaltzustände und somit der jeweils in den Zwischenkreis durchgeschalteten positiven verketteten Eingangsspannungen umgekehrt wird und die relative Einschaltzeit der jeweils grössten positiven verketteten Eingangsspannung und der jeweils zweitgrössten positiven verketteten Eingangsspannung so gewählt wird, dass die lokalen Mittelwerte der Eingangsphasenströme einen sinusförmigen, in Phase mit den zugehörigen Eingangsphasenspannungen liegenden Verlauf zeigen.

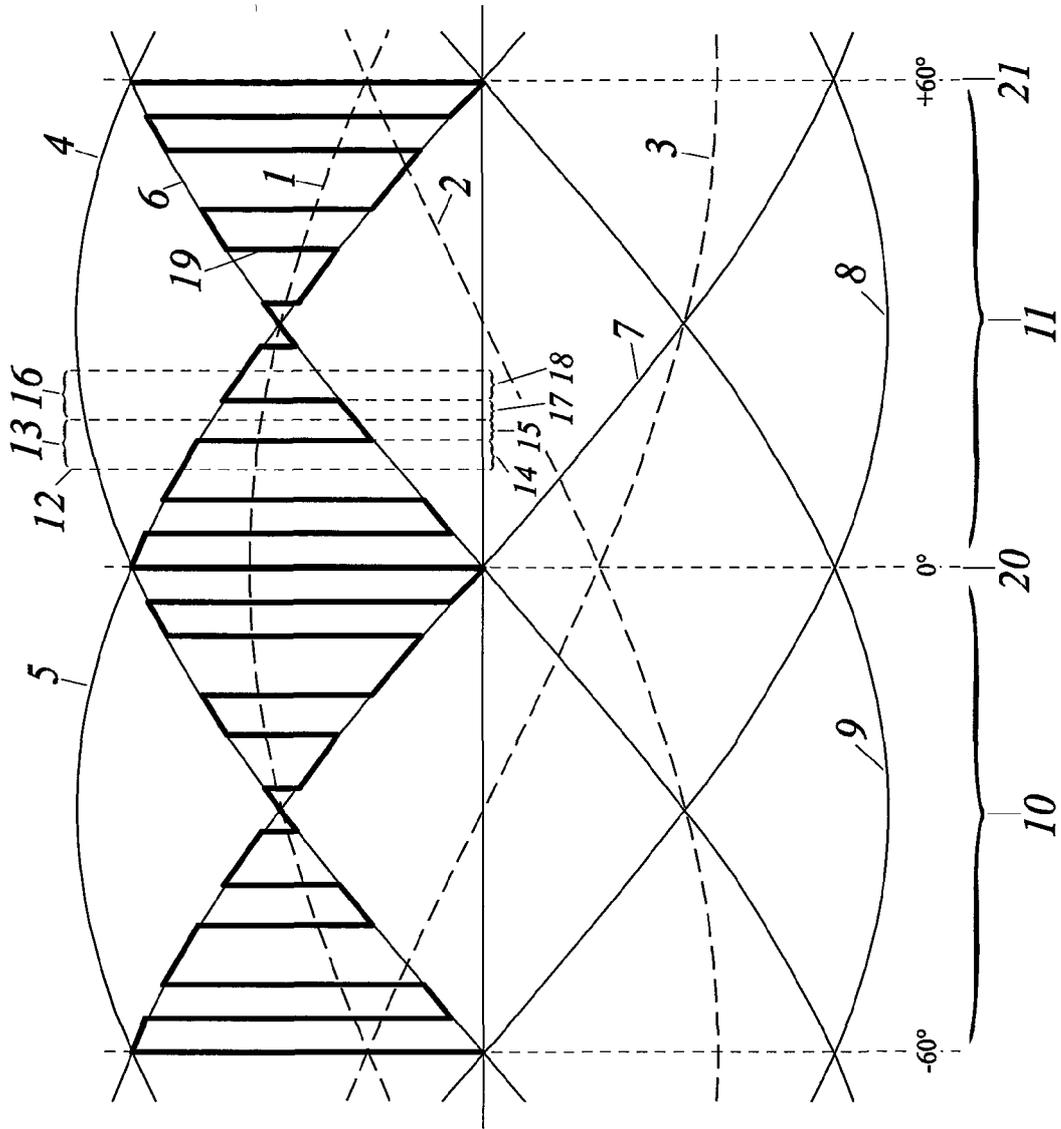


Fig.1