

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01892/06

(22) Anmeldedatum: 24.11.2006

(24) Patent erteilt: 14.05.2010

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.05.2010

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

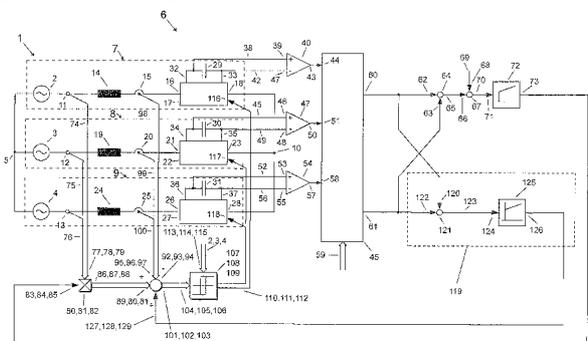
(72) Erfinder:
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)

(74) Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach 1771
8032 Zürich (CH)

(54) Vorrichtung zur Regelung der Phasenzwischenkreisspannungen einer Sternschaltung einphasiger Pulsgleichrichtersysteme.

(57) In einer Vorrichtung zur entkoppelten Regelung der Phasenzwischenkreisspannungen (44, 51, 58) einer Sternschaltung (5) von Einphasen-Pulsgleichrichtersystemen (7, 8, 9) wird durch eine Auswahlschaltung (45) die Phasenzwischenkreisspannung des jeweils den grössten positiven Netz-Phasenspannungsmomentanwert aufweisenden Einphasen-Pulsleichrichtersystems als obere Ausgangsteilspannung (60) eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichters und die Phasenzwischenkreisspannung des momentan die höchste negative Netz-Phasenspannung aufweisenden Einphasen-Pulsleichrichtersystems als untere Ausgangsteilspannung (61) eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems betrachtet. Entsprechend wird dann die Summe dieser beiden Phasenzwischenkreisspannungen als Gesamtausgangsspannung (65) des gedachten Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems gesehen und wird mit dem zweifachen Sollwert (69) der Phasenzwischenkreisspannungen verglichen. Die aus diesem Vergleich resultierende Spannungsregelabweichung (70) wird durch einen Gesamtspannungsregler (72) in einen für alle Einphasen-Pulsleichrichtersysteme (7, 8, 9) gleichen Eingangssollwert (73) umgeformt. Aus diesem werden Sollwerte (86, 87, 88) der Eingangs-Phasenströme gebildet. Weiters wird die Differenz (123) der oberen und der unteren Ausgangsteilspannung (60, 61) einem Symmetrierregler (125) zugeführt, dessen Ausgangssignal (126) zu den Eingangs-Phasenstromsollwerten (86, 87, 88) ad-

diert wird, und so in einer positiven oder negativen Verschiebung der Eingangs-Phasenstromsollwerte resultiert, welche, wie für Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersysteme bekannt, zu einer Anhebung oder Absenkung der oberen oder unteren Ausgangsteilspannung (60, 61) führt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Regelung der Phasenzwischenkreisspannungen einer Dreiphasen-Sternschaltung einphasiger Pulsleichrichtersysteme, wie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Stand der Technik

[0002] Die Stromversorgungsmodule informationsverarbeitender Systeme weisen bei höherer Anschlussleistung einen dreiphasigen Netzanschluss auf und sind dann vorteilhaft als Sternschaltung einphasiger Module (Phasenmodule) mit einem Einphasen-Pulsleichrichtersystem als Eingangsteil und einem nachgeschalteten, potentialtrennendem Gleichspannungs-Gleichspannungswandler (DC/DC-Konverter) als Ausgangsstufe realisiert. Die Höhe der zwischen Einphasen-Pulsleichrichtersystem und DC/DC Konverter auftretenden Zwischenkreisspannung kann so nach der Amplitude der Netzphasenspannung gewählt werden, womit im Gegensatz zur Gleichrichtung mittels dreiphasiger Brückenschaltungen, welche nach der Netzaussenleiterspannung zu bemessen sind, Leistungshalbleiter mit geringerer Sperrspannungsfestigkeit und somit geringeren Durchlassverlusten und höherer Schaltgeschwindigkeit eingesetzt werden können.

[0003] Um einen möglichst geringen Realisierungsaufwand zu erreichen wird bei Verbindung der Stromversorgungsmodule mit dem Dreiphasennetz kein Neutralleiter ausgeführt, womit der Sternpunkt der Einphasen-Pulsleichrichtersysteme nicht mit dem Neutralleiter verbunden werden kann und die symmetrische Aufteilung der Aussenleiterspannungen zwischen den Modulen bzw. die Sicherstellung konstanter Zwischenkreisspannungen der Phasenmodule (Phasenzwischenkreisspannungen) über eine Regelung zu erfolgen hat. Weiters muss durch die Regelung ein sinusförmiger Verlauf der Eingangphasenströme erreicht werden.

[0004] Die Regelung einer Phasenzwischenkreisspannung erfolgt über entsprechende Vorgabe der Amplitude des zugeordneten Eingangphasenstromes. Aufgrund des offenen Sternpunktes können grundsätzlich nur zwei Netzphasenströme frei eingestellt werden. Eine dem Stand der Technik entsprechende Vorgabe aller drei Phasenströme durch drei unabhängige Zwischenkreisspannungsregelungen führt aufgrund der zu Null erzwungenen Summe der Eingangphasenströme zu einer Verkopplung der Regelungen; durch den Eingriff eines Zwischenkreisspannungsreglers wird also nicht nur die jeweilige Zwischenkreisspannung beeinflusst, sondern es werden auch die Zwischenkreisspannungen der beiden anderen Phasen gestört, was in einer Instabilität des Gesamtsystems resultieren kann.

Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung für die Regelung der Phasenzwischenkreisspannungen zu schaffen, für welche keine Querkopplung der Regelkreise der Phasenmodule auftritt.

[0006] Erfindungsgemäss wird dies durch die Vorrichtung nach Patentanspruch 1 erreicht.

[0007] Grundgedanke der Erfindung ist, die Sternschaltung von Einphasen-Pulsleichrichtersystemen als Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichter zu betrachten, welcher eine, für alle Phasen gemeinsame Serienschaltung von zwei Teilspannungen gleichen Wertes als Ausgangsspannung aufweist, wobei die obere Teilspannung einseitig mit der positiven Ausgangsspannungsklemme und die untere Teilspannung einseitig mit der negativen Ausgangsspannungsklemme verbunden ist. Die Teilspannungen treten über einem oberen und einem unteren Ausgangskondensator auf, der beiden Kondensatoren gemeinsame Schaltungspunkt, d.h. der Mittelpunkt der Gesamtausgangsspannung (Summe von oberer und unterer Teilspannung) wird über Leistungshalbleiter mit den Brückenweigen des Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichters verbunden, womit eine Regelung des Potentials des Mittelpunktes möglich ist. Gemäss dem Stand der Technik wird dann die Summe der Teilspannungen über entsprechende Vorgabe der Amplitude der Eingangphasenströme des Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichters geregelt, d.h. es wird durch einen Gesamtausgangsspannungsregler abhängig von der Abweichung der Teilspannungssumme vom Sollwert der Gesamtausgangsspannung ein für alle Phasen gleicher Eingangssollwert gebildet, welcher durch Multiplikation mit den Netzphasenspannungen auf die Sollwerte der Eingangphasenströme führt, welche im einfachsten Fall über unterlagerte Phasenstrom-Zweipunktregler eingestellt werden. Die Eingangphasenströme zeigen somit einen zur zugehörigen Netzphasenspannung proportionalen, sinusförmigen Verlauf und ergänzen sich zu Null, d.h. es wird kein Neutralleiteranschluss benötigt bzw. tritt bei fehlendem Neutralleiteranschluss keine Beeinflussung der Regelung auf.

[0008] Eine Unsymmetrie bzw. Differenz der oberen und unteren Teilspannung wird über einen Offset, d.h. eine gleiche Verschiebung aller Eingangphasenstromsollwerte beeinflusst, wobei ein positiver Offset zu einer Erhöhung der unteren und zu einer Verringerung der oberen Teilspannung und ein negativer Offset zu einer Verringerung der unteren und zu einer Erhöhung der oberen Teilspannung führt. Auf die Gesamtausgangsspannung nimmt der Offset keinen Einfluss, andererseits wird die Spannungsaufteilung durch eine Änderung des Solleingangswertes nicht beeinflusst, womit insgesamt eine entkoppelte Regelung der oberen und unteren Teilspannung möglich ist.

[0009] Erfindungsgemäss wird nun für die Regelung der Zwischenkreisspannungen der Phasenmodule die Zwischenkreisspannung des, jeweils den grössten positiven Eingangsstrom aufweisenden Phasenmoduls als obere Teilausgangsspannung eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichters und die Zwischenkreisspannung des, den höchsten negativen Eingangsphasenstrom führenden Phasenmoduls als untere Teilausgangsspannung eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems gesehen. Entsprechend bildet dann die Summe dieser beiden Phasenzwischenkreisspannungen

die Gesamtausgangsspannung des gedachten Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems und wird demgemäss mit dem zweifachen Sollwert der Phasenzwischenkreisspannungen verglichen. Die aus diesem Vergleich resultierende Regelabweichung wird durch einen Gesamtausgangsspannungsregler dynamisch bewertet und in einen für alle Phasenmodule gleichen Eingangssollwert umgeformt, welcher über Multiplikation mit der jeweiligen Netzphasenspannung (oder Eingangsphasenspannung) auf den Sollwert der Eingangsphasenströme führt, welche im einfachsten Fall über Zweipunktregler eingestellt werden. In weiterer erfindungsgemässer Übertragung des Regelverfahrens eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems auf die Sternschaltung der Einphasenpulsleichrichtersysteme, wird die Differenz der beiden als obere und untere Teilausgangsspannung interpretierten Phasenzwischenkreisspannungen einem Symmetrierregler zugeführt und durch diesen dynamisch bewertet. Das Ausgangssignal des Symmetrierreglers wird zu den Eingangsphasenstromsollwerten addiert, resultiert also in einer positiven oder negativen Verschiebung sämtlicher Eingangsphasenstromsollwerte, welche, wie für das Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystem zu einer Anhebung oder Absenkung der als obere Teilausgangsspannung interpretierten Phasenzwischenkreisspannung und zu einer Absenkung oder Anhebung der als untere Teilausgangsspannung interpretierten Phasenzwischenkreisspannung führt. Die dritte, einen kleinen positiven oder kleinen negativen Eingangsstrom aufweisende Phase wird hierdurch ebenfalls beeinflusst, allerdings bleibt die Beeinflussung der zugehörigen Phasenzwischenkreisspannung aufgrund des geringen Eingangsstromwertes gering.

[0010] Zusammenfassend ist also für die Regelung aller drei Phasenzwischenkreisspannungen nur ein Gesamtspannungsregler und ein Symmetrierregler vorzusehen. Jede Phasenzwischenkreisspannung wird während zwei Drittel einer Netzperiode geregelt. Da die Festlegung der Kapazität der die Phasenzwischenkreisspannungen stützenden Kondensatoren so zu erfolgen hat, dass die prinzipbedingte Schwankung der seitens der Einphasen-Pulsleichrichtersysteme in die zugehörigen Zwischenkreise gelieferten Leistung mit zweifacher Netzfrequenz nur zu einer geringen Schwankung der Zwischenkreisspannungen führt, ist somit eine enge Führung der Phasenzwischenkreisspannungen gegeben.

[0011] Anzumerken ist, dass anstelle der Summe der als obere und untere Teilausgangsspannung interpretierten Phasenzwischenkreisspannungen auch der arithmetische Mittelwert dieser Phasenzwischenkreisspannungen, d.h. die durch einen Faktor Zwei geteilte Summe dieser Phasenzwischenkreisspannungen geregelt werden kann. Als Sollwert ist dann direkt der Sollwert der Phasenzwischenkreisspannungen heranzuziehen; die Abschwächung um einen Faktor zwei kann einfach über eine entsprechende Erhöhung der Regelverstärkung des Gesamtspannungsreglers ausgeglichen werden.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des oben dargelegten Grundkonzeptes der erfindungsgemässen Steuerung wird anstelle des arithmetischen Mittelwertes der als obere und untere Teilausgangsspannung interpretierten Phasenzwischenkreisspannungen der arithmetische Mittelwert der Zwischenkreisspannungen aller drei Phasenmodule, d.h. die durch einen Faktor Drei geteilte Summe der Phasenzwischenkreisspannungen geregelt. Es ist damit eine engere Führung der Phasenzwischenkreisspannungen nach dem Sollwert gegeben, da in jedem Zeitpunkt die Istwerte sämtlicher Phasenzwischenkreisspannungen Einfluss auf die Festlegung des Eingangssollwertes nehmen.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Aufzählung der Zeichnungen

[0014]

Fig. 1 zeigt den Leistungsteil einer Sternschaltung einphasiger Pulsleichrichtersysteme und das Konzept der erfindungsgemässen Regelvorrichtung in Form eines Blockschaltbildes.

Ausführung der Erfindung

[0015] In Fig. 1 ist das speisende Dreiphasennetz 1 durch drei in Stern geschaltete Phasenspannungsquellen 2, 3, 4 mit Netzsternpunkt 5 dargestellt. Dem, als Sternschaltung 6 von Einphasen-Pulsleichrichtermodulen 7, 8, 9 mit Sternpunkt 10 gebildeten Leistungsteil eines Telekom-Stromversorgungsmoduls wird die Netzspannung über Phasenspannungsklemmen oder Eingangsklemmen 11, 12, 13 zugeführt. Die Sternschaltung 6 der Einphasen-Pulsleichrichtermodule 7, 8, 9 weist in jeder Phase gleiche Struktur auf.

- Entsprechend ist abzweigend von einer ersten Phasenspannungsklemme 11 eine Vorschaltinduktivität 14 über eine erste Phasenstrommessung 15 an den ersten Wechselspannungseingang 16 einer ersten Pulsleichrichterstufe 17 gelegt, deren zweiter Wechselspannungseingang 18 mit dem Sternpunkt 10 verbunden ist.
- Weiters ist abzweigend von der zweiten Phasenspannungsklemme 12 eine Vorschaltinduktivität 19 über eine zweite Phasenstrommessung 20 an den ersten Wechselspannungseingang 21 einer zweiten Pulsleichrichterstufe 22 gelegt, deren zweiter Wechselspannungseingang 23 ebenfalls am Sternpunkt 10 liegt und
- schliesslich ist abzweigend von der dritten Phasenspannungsklemme 13 eine Vorschaltinduktivität 24 über eine dritte Phasenstrommessung 25 an den ersten Wechselspannungseingang 26 einer dritten Pulsleichrichterstufe 27 gelegt, deren zweiter Wechselspannungseingang 28 ebenfalls an den Sternpunkt 10 geführt ist.

[0016] Die Ausgangsspannungen der Pulsleichrichterstufen 17, 22, 27 werden durch Ausgangs- bzw. Zwischenkreiskondensatoren 29, 30, 31 gestützt,

- wobei der erste Zwischenkreiskondensator 29 zwischen der positiven Ausgangsklemme 32 und der negativen Ausgangsklemme 33 der ersten Pulsleichrichterstufe 17 angeordnet ist,

- der zweite Zwischenkreiskondensator 30 zwischen der positiven Ausgangsklemme 34 und der negativen Ausgangsklemme 35 der zweiten Pulsleichrichterstufe 22 liegt und
- der dritte Zwischenkreiskondensator 31 zwischen der positiven Ausgangsklemme 36 und der negativen Ausgangsklemme 37 der dritten Pulsleichrichterstufe 27 geschaltet ist.

[0017] Die von den, zwischen den positiven und negativen Ausgangsklemmen 32, 33 und 34, 35 und 36, 37 der Pulsleichrichterstufen 17, 22, 27 auftretenden Spannungen gespeisten, potentialgetrennten DC/DC Konverter sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeichnet. Erfindungsgemäss wird nun

- das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme 32 der ersten Pulsleichrichterstufe 17 über eine erste Messleitung 38 abgegriffen und mit dem positiven Eingang 39 eines ersten Differenzverstärkers 40 verbunden, an dessen negativen Eingang 41 über eine zweite Messleitung 42 das Potential der negativen Ausgangsklemme 33 der ersten Pulsleichrichterstufe geführt ist, womit am Ausgang 43 des ersten Differenzverstärkers 40, der an den ersten Eingang 44 einer Auswahlschaltung 45 geführt wird, die über dem ersten Zwischenkreiskondensator 29 liegende Spannung, also die erste Phasenzwischenkreisspannung, auftritt.

[0018] Für die Messung der Spannung des zweiten und dritten Zwischenkreiskondensators 30 und 31 sind gleichartige Schaltungen vorgesehen, d.h.

- das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme 34 der zweiten Pulsleichrichterstufe 22 wird über eine dritte Messleitung 45 abgegriffen und mit dem positiven Eingang 46 eines zweiten Differenzverstärkers 47 verbunden, an dessen negativen Eingang 48 über eine vierte Messleitung 49 das Potential der negativen Ausgangsklemme 35 der zweiten Pulsleichrichterstufe 22 geführt ist, womit am Ausgang 50 des zweiten Differenzverstärkers 47, der an einen zweiten Eingang 51 der Auswahlschaltung 45 geführt wird, die über dem zweiten Zwischenkreiskondensator 30 liegende Spannung, also die zweite Phasenzwischenkreisspannung, auftritt.
- Weiter wird das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme 36 der dritten Pulsleichrichterstufe 27 über eine fünfte Messleitung 52 abgegriffen und mit dem positiven Eingang 53 eines dritten Differenzverstärkers 54 verbunden, an dessen negativen Eingang 55 über eine sechste Messleitung 56 das Potential der negativen Ausgangsklemme 37 der dritten Pulsleichrichterstufe 27 geführt ist, womit am Ausgang 57 des dritten Differenzverstärkers 54, der an einen dritten Eingang 58 der Auswahlschaltung 45 geführt wird, die über dem dritten Zwischenkreiskondensator 31, also die dritte Phasenzwischenkreisspannung, liegende Spannung auftritt.

[0019] Der Auswahlschaltung 45 wird über weitere Eingänge 59 Information über die Momentanwerte, d.h. die momentanen Grössenverhältnisse und Vorzeichen der an den Eingangsklemmen 11,12,13 des Telekom-Stromversorgungsmoduls 6 anliegenden Netzphasenspannungen der Phasenspannungsquellen 2, 3, 4 (auch Eingangphasenspannungen genannt) zugeführt.

[0020] Erfindungsgemäss wird die Auswahlschaltung 45 so realisiert, dass jeweils aus dem ersten, zweiten und dritten Eingang 44, 51, 58 die Zwischenkreisspannung jener Phase, welche den höchsten positiven Spannungsmomentanwert aufweist, ausgewählt und an einen oberen Ausgang 60 durchgeschaltet wird; weiters wird an einen unteren Ausgang 61 der Auswahlschaltung 45 jeweils die aus dem ersten, zweiten und dritten Eingang 44, 51, 58 ausgewählte Zwischenkreisspannung jener Phase, welche den negativen Spannungsmomentanwert höchsten Betrages aufweist, durchgeschaltet. Für ein symmetrisch dreiphasiges Netzspannungssystem mit Phasenspannungsquellen 2, 3, 4 tritt somit alle 60° ein Wechsel des oberen Ausgangs 60 oder unteren Ausgangs 61 auf.

[0021] Wie eingangs beschrieben, wird nun erfindungsgemäss das obere Ausgangssignal 60 als obere Ausgangsteilspannung und das untere Ausgangssignal 61 der Auswahlschaltung 45 als untere Ausgangsteilspannung eines Dreiphasen-Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems interpretiert. Entsprechend werden das obere Ausgangssignal 60 und das untere Ausgangssignal 61 an die Eingänge 62 und 63 eines Addiergliedes 64 gelegt, und so an dessen Ausgang eine Gesamtausgangsspannung 65 gebildet wird, welche an den negativen Eingang 66 eines Soll-Ist-Vergleichselementes 67 gelegt wird, an dessen positivem Eingang 68 der für alle Phasen gleiche zweifache Sollwert 69 der Phasenzwischenkreisspannungen liegt, womit an seinem Ausgang 70 die Regelabweichung der Gesamtausgangsspannung 65 auftritt und an den Eingang 71 eines Gesamtspannungsreglers 72 angelegt wird, der an seinem Ausgang den durch eine entsprechende Eingangsstromregelung zu realisierenden Eingangssollwert 73 der Einphasen-Pulsleichrichtersysteme 7, 8, 9 bildet.

[0022] Zur Bildung der Phasenstromsollwerte werden dann die über Messleitungen 74, 75, 76 erfassten Phasenspannungswerte der Phasenspannungsquellen 2, 3, 4 jeweils an erste Eingänge 77, 78, 79 von Multipliziergliedern 80, 81, 82 gelegt (für alle Phasen gleiche Schaltverbindungen sind in Doppellinien zusammengefasst), an deren zweiten Eingängen 83, 84, 85 der Eingangssollwert 73 liegt, womit an den Ausgängen 86, 87, 88 der Multiplizierglieder 80, 81, 82 die Eingangs-Phasenstromsollwerte auftreten und an die positiven Eingänge 89, 90, 91 von weiteren Subtrahiergliedern 92, 93, 94 gelegt werden, an deren negativen Eingängen 95, 96, 97 die von den Eingangs-Phasenstrommessungen 15, 20, 25 gelieferten zugehörigen Eingangs-Phasenstromwerte 98, 99, 100 angelegt werden, womit an den Ausgängen 101, 102, 103 der weiteren Subtrahierglieder 92, 93, 94 die Regelabweichungen der Eingangsphasenströme auftreten und an die Eingänge 104, 105, 106 von Phasen-Hystereseschaltgliedern 107, 108, 109 gelegt werden, welche an ihren Ausgängen 110, 111, 112 unter Kenntnis der aktuellen Netzspannungssituation, welche in Form der Phasenspannungen der Phasenspannungsquellen 2, 3, 4 über Eingänge 113, 114, 115 ebenfalls den Phasen-Hystereseschaltgliedern 107, 108, 109 zugeführt werden, die Ansteuersignale der Leistungstransistoren der Phasen-Pulsleichrichterstufen 17, 22, 27

bilden. Entsprechend werden die Ausgangsansteuersignale 110, 11, 112 an die Steuereingänge 116, 117, 118 der Phasen-Pulsgleichrichterstufen 17, 22, 17 geführt.

[0023] Durch die Phasen-Hystereseschaltglieder 107, 108, 109 werden die Schaltentscheidungen 110, 111, 112 so getroffen, dass die Eingangs-Phasenströme in symmetrisch um die Eingangs-Phasenstromsollwerte 86, 87, 88 liegenden Toleranzbänder geführt werden, deren Breite durch die Hysterese der Phasen-Hystereseschaltglieder 107, 108, 109 bestimmt werden. Anzumerken ist, dass diese Zweipunktregelung der Eingangs-Phasenströme auch durch den lokalen Eingangs-Phasenstrommittelwert regelnde Eingangs-Phasenstromregler ersetzt werden können, wobei der Vorteil einer konstanten Schaltfrequenz gegeben ist, welcher jedoch über eine geringere Regeldynamik erkauft wird.

[0024] Die Symmetrierung der oberen und unteren Ausgangsteilspannung 60, 61 erfolgt durch eine Symmetrierregelung 119, wobei die obere Ausgangsteilspannung 60 an den positiven Eingang 120 eines Subtrahiergliedes 121 gelegt wird, an dessen negativem Eingang 122 die untere Ausgangsteilspannung 61 liegt, womit am Ausgang 123 des Subtrahiergliedes 121 eine, eine Unsymmetrie der Ausgangsteilspannungen 60, 61 anzeigende Differenz auftritt, welche an den Eingang 124 eines Symmetrierreglers 125 gelegt wird, welcher an seinem Ausgang 126 eine Stellgrösse bildet, welche an zweite positive Eingänge 127, 128, 129 der weiteren Subtrahierglieder 92, 93, 94 geführt und so als Offset der Eingangs-Phasenstromsollwerte 86, 87, 88 wirksam wird. Wie eine nähere Analyse zeigt, bleibt dieser Offset 126 aufgrund des freien Sternpunktes 10 ohne Einfluss auf den Zeitverlauf der Phasenströme, beeinflusst jedoch die Auswahl der zur Eingangs-Phasenstromregelung herangezogenen Schaltentscheidungen, womit für einen positiven Offset 126 die untere Ausgangsteilspannung 61 erhöht und die obere Ausgangsteilspannung 60 verringert wird, und für einen negativen Offset die obere Ausgangsteilspannung 60 erhöht und die untere Ausgangsteilspannung 61 verringert wird.

[0025] Zusammenfassend wird durch Multiplikation der Netzphasenspannungen (deren Werte an den Messleitungen 74, 75, 76 auftreten) mit demselben Eingangssollwert 126 ein nullsystemfreies Eingangs-Phasenstromsystem sichergestellt, das zu keinen niederfrequenten Kopplungen der Einphasen-Pulsgleichrichtersysteme 7, 8, 9 führt. Gleiches gilt für die Symmetrierung der oberen und unteren Ausgangsteilspannung 60, 61 über den Offset 126 der Eingangs-Phasenstromsollwerte.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung von Phasenzwischenkreisspannungen eines Stromversorgungsmoduls (6), wobei das Stromversorgungsmodul (6) drei bezüglich eines Sternpunktes (10) in Stern geschaltete Einphasen-Pulsgleichrichtermodule (7, 8, 9) aufweist, wobei jedes der Einphasen-Pulsgleichrichtermodule (7, 8, 9),
 - eine Pulsgleichrichterstufe (17, 22, 27) mit einem Zwischenkreiskondensator (29, 30, 31) aufweist, und
 - mit einer Vorschaltinduktivität (14, 19, 24) zwischen den Sternpunkt (10) und eine Eingangsklemme (11, 12, 13) geschaltet ist, wobei
 - die Eingangsklemme (11, 12, 13) an eine Phasenspannungsquelle (2, 3, 4) eines Dreiphasensystems (1) angeschlossen ist, und
 - eine Eingangs-Phasenstrommessung (15, 20, 25) vorliegt, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorrichtung zur Regelung der Phasenzwischenkreisspannungen des Stromversorgungsmoduls (6)
 - das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme (32) der ersten Pulsgleichrichterstufe (17) über eine erste Messleitung (38) abgegriffen und mit dem positiven Eingang (39) eines ersten Differenzverstärkers (40) verbunden ist, an dessen negativen Eingang (47) über eine zweite Messleitung (42) das Potential der negativen Ausgangsklemme (33) der ersten Pulsgleichrichterstufe geführt ist, womit am Ausgang (43) des ersten Differenzverstärkers (40), der an einen ersten Eingang (44) einer Auswahlhaltung (45) geführt ist, die über dem ersten Zwischenkreiskondensator (29) liegende erste
 - Phasenzwischenkreisspannungswert auftritt, und
 - für die Messung der Spannung des zweiten und dritten Zwischenkreiskondensators (30, 31) gleichartige Schaltungen vorgesehen sind, also
 - das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme (34) der zweiten Pulsgleichrichterstufe (22) über eine dritte Messleitung (45) abgegriffen und mit dem positiven Eingang (46) eines zweiten Differenzverstärkers (47) verbunden ist, an dessen negativen Eingang (48) über eine vierte Messleitung (49) das Potential der negativen Ausgangsklemme (35) der zweiten Pulsgleichrichterstufe (22) geführt ist, womit am Ausgang (50) des zweiten Differenzverstärkers (47), der an einen zweiten Eingang (51) der Auswahlhaltung (45) geführt ist, die über dem zweiten Zwischenkreiskondensator (30) liegende zweite Phasenzwischenkreisspannungswert auftritt, und weiters
 - das Potential der positiven Ausgangsspannungsklemme (36) der dritten Pulsgleichrichterstufe (27) über eine fünfte Messleitung (52) abgegriffen und mit dem positiven Eingang (53) eines dritten Differenzverstärkers (54) verbunden ist, an dessen negativen Eingang (55) über eine sechste Messleitung (56) das Potential der negativen Ausgangsklemme (37) der dritten Pulsgleichrichterstufe (27) geführt ist, womit am Ausgang (57) des dritten Differenzverstärkers (54), der an einen dritten Eingang (58) der Auswahlhaltung (45) geführt ist, die über dem dritten Zwischenkreiskondensator (31) liegende dritte Phasenzwischenkreisspannungswert auftritt, und der Auswahlhaltung (45) über weitere Eingänge (59) Information über die momentanen Grössenverhältnisse und Vorzeichen der an den Eingangsklemmen (11, 12, 13) des Stromversorgungsmoduls (6) als Eingangsspannungen

anliegenden Netzphasenspannungen der Phasenspannungsquellen (2, 3, 4) zugeführt ist, und die Auswahlschaltung (45) so realisiert ist, dass

- jeweils aus dem ersten, zweiten und dritten Eingang (44, 51, 58) die Zwischenkreisspannung jener Eingangsphase, welche den höchsten positiven Spannungsmomentanwert aufweist, ausgewählt und an den oberen Ausgang als oberes Ausgangssignal (60) der Auswahlschaltung (45) durchgeschaltet ist, und

- jeweils aus dem ersten, zweiten und dritten Eingang (44, 51, 58) die Zwischenkreisspannung jener Eingangsphase, welche den negativen Spannungsmomentanwert höchsten Betrages aufweist, ausgewählt und an den unteren Ausgang als unteres Ausgangssignal (61) der Auswahlschaltung (45) durchgeschaltet ist, und

- entweder das obere Ausgangssignal (60) und das untere Ausgangssignal (61) an die Eingänge (62, 63) eines Ad-diergliedes (64) gelegt sind, womit an dessen Ausgang eine Gesamtausgangsspannung (65) gebildet ist, welche an den negativen Eingang (66) eines Soll-Ist-Vergleichselementes (67) gelegt ist, an dessen positivem Eingang (68) der zweifache Sollwert (69) der Phasenzwischenkreisspannungen liegt, womit an seinem Ausgang (70) die Regelabweichung der Gesamtausgangsspannung (65) auftritt, welche an den Eingang (71) eines Gesamtspannungsreglers (72) angelegt ist,

- oder die Summe der drei Phasenzwischenkreisspannungswerte gebildet und an den negativen Eingang (66) eines Soll-Ist-Vergleichselementes (67) gelegt ist, und an dessen positiven Eingang (68) der dreifache Wert des Sollwertes der Phasenzwischenkreisspannungen liegt, und der Ausgang (70) des Soll-Ist-Vergleichselementes (67) an den Eingang (71) eines Gesamtspannungsreglers (72) angelegt ist

und der Gesamtspannungsregler (72) an seinem Ausgang den Eingangssollleitwert (73) der Phasenpulsgerichter-systeme (7, 8, 9) bildet,

wobei zur Bildung der Eingangs-Phasenstromsollwerte für jede Phase gilt, dass

- der über eine Messleitung (74, 75, 76) erfasste Phasenspannungswert der Phasenspannungsquelle (2, 3, 4) an einen ersten Eingang (77, 78, 79) eines Multipliziergliedes (80, 81, 82) gelegt ist, an deren zweiten Eingang (83, 84, 85) der Eingangssollleitwert (73) anliegt, womit an dem Ausgang (86, 87, 88) des Multipliziergliedes (80, 81, 82) der Eingangs-Phasenstromsollwert auftritt, und

- dieser an den positiven Eingang (89, 90, 91) eines weiteren Subtrahiergliedes (92, 93, 94) gelegt ist, an dessen negativen Eingang (95, 96, 97) der von der Eingangs-Phasenstrommessung (15, 20, 25) gelieferte zugehörige Eingangs-Phasenstromwert (98, 99, 100) angelegt ist, womit an dem Ausgang (101, 102, 103) des weiteren Subtrahiergliedes (92, 93, 94) die Regelabweichung des Eingangs-Phasenstroms auftritt, und

- diese an den Eingang (104, 105, 106) eines Phasen-Hystereseschaltgliedes (107, 108, 109) gelegt ist, welches an seinem Ausgang (110, 111, 112) unter Kenntnis der aktuellen Eingangsspannungssituation, welche in Form eines Wertes der Eingangsphasenspannung über einen Eingang (113, 114, 115) ebenfalls dem Phasen-Hystereseschaltglied (107, 108, 109) zugeführt ist, die Ansteuersignale von Leistungstransistoren der Pulsgerichterstufe (17, 22, 27) bildet, und

- das Signal vom Ausgang (110, 111, 112) des Phasen-Hystereseschaltgliedes (107, 108, 109) an den Steuereingang (116, 117, 118) der Pulsgerichterstufe (17, 22, 27) geführt und das Ausgangssignal (110, 111, 112) des Phasen-Hystereseschaltgliedes (107, 108, 109) so gebildet ist, dass der Eingangs-Phaseneingangsstrom in einem symmetrisch um den Eingangs-Phasenstromsollwert (86, 87, 88) liegenden Toleranzband geführt ist, dessen Breite durch die Hysterese des Phasen-Hystereseschaltgliedes (107, 108, 109) bestimmt ist,

und schliesslich

- die Symmetrierung der oberen und unteren Ausgangssignale (60, 61) durch eine Symmetrierregelung (119) erfolgt, wobei das obere Ausgangssignal (60) an den positiven Eingang (120) eines Subtrahiergliedes (121) gelegt ist, an dessen negativem Eingang (122) das untere Ausgangssignal (61) liegt, womit am Ausgang (123) des Subtrahiergliedes (121) eine, eine Unsymmetrie der oberen und unteren Ausgangssignale (60, 61) anzeigende Differenz auftritt, welche an den Eingang (124) eines Symmetrierreglers (125) gelegt ist, welcher an seinem Ausgang (126) eine Stellgrösse bildet, welche an die zweiten positiven Eingänge (127, 128, 129) der weiteren Subtrahierglieder (92, 93, 94) für jede Phase geführt und so als Offset der jeweiligen Eingangs-Phasenstromsollwerte (86, 87, 88) für jede Phase wirksam ist, wobei für einen positiven Offset (126) das untere Ausgangssignal (61) erhöht und das obere Ausgangssignal (60) verringert, und für einen negativen Offset das obere Ausgangssignal (60) erhöht und das untere Ausgangssignal (61) verringert ist.

