

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Dezember 2007 (27.12.2007)

PCT

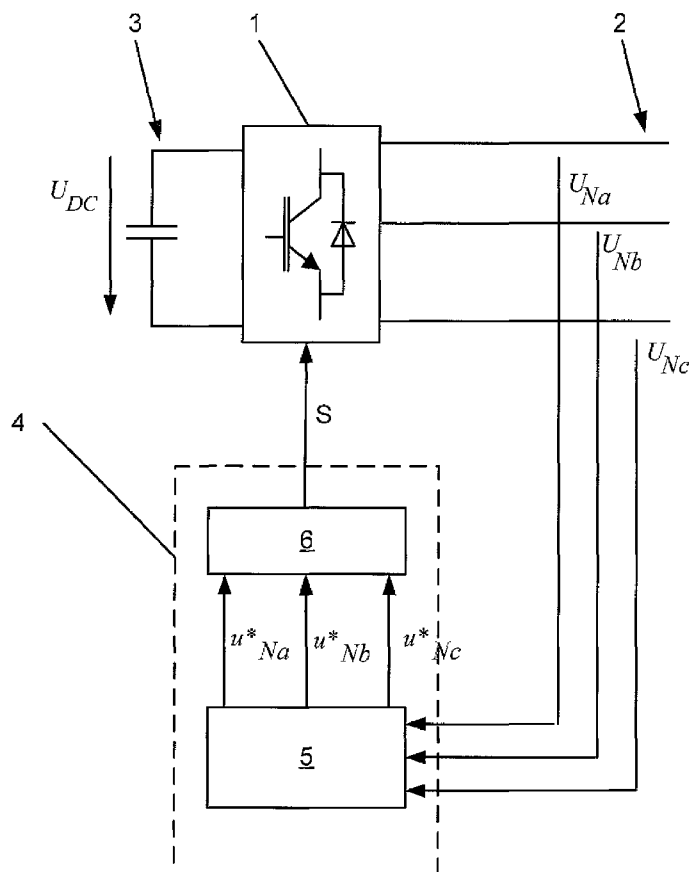
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/147747 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: **Nicht klassifiziert**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/055729
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. Juni 2007 (12.06.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
06405268.1 23. Juni 2006 (23.06.2006) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ABB Schweiz AG** [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 6,
CH-5400 Baden (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CONTICELLI, Fabio**
[IT/CH]; Im Ergel 10, CH-5405 Dättwil (CH). **BOHREN,**
Patrick [CH/CH]; Zelgmatte 5, CH-5600 Lenzburg (CH).
- (74) **Anwalt: ABB Patent Attorneys;** ABB Schweiz AG, In-
tellectual Property (CH-LC/IP), Brown Boveri Strasse 6,
CH-5400 Baden (CH).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,
EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A CONVERTER CIRCUIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER UMRICHTERSCHALTUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating a converter circuit. Said converter circuit comprises a converter unit (1) provided with a plurality of controllable power semiconductor switches and the converter unit (1) is connected, on the alternating current side, to an electric alternating current network (2). According to the invention, the controllable power semiconductor switches are controlled by means of a control signal (S) formed by reference currents (u^*_{Na} , u^*_{Nb} , u^*_{Nc}). In order to operate the converter circuit in a simple and efficient manner, the reference currents (u^*_{Na} , u^*_{Nb} , u^*_{Nc}) are formed from a periodic modulation index ($m(t)$) and a periodic modulation angle ($\theta(t)$). The periodic modulation index ($m(t)$) and the periodic modulation angle ($\theta(t)$) are formed, respectively, from the d-components of the Park-Clarke transformation of the positive sequence of the phase currents (U_{NdP}), from the q-components of the Park-Clarke transformation of the positive sequence of the phase currents (U_{NqP}), from the d-components of the Park-Clarke transformation of the negative sequences of the phase currents (U_{NdN}) and from the q-components of the Park-Clarke transformation of the negative sequence of the phase-currents (U_{NqN}).

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung angegeben, wobei die Umrichterschaltung eine Umrichtereinheit (1) mit einer Vielzahl an ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern aufweist und die Umrichtereinheit (1) wechsellspannungsseitig mit

einem elektrischen Wechsellspannungsnetz

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(2) verbunden ist. Verfahrensmässig werden die ansteuerbaren Leistungshalbleiterschalter mittels eines aus Referenzspannungen (u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^*) ge- bildeten Ansteuersignals (S) angesteuert. Zur Erzielung eines einfachen und effizienten Betriebs der Um-
richterschaltung werden die Referenzspannungen (u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^*) aus einem periodischen Modulationsindex ($m(t)$) und aus einem
periodischen Modulationswinkel ($\theta(t)$) gebildet, wobei der periodischen Modulationsindex ($m(t)$) und der periodischen Modulation-
swinkel ($\theta(t)$) jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndp}),
aus der q-Komponente der Park-Clarke- Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen (U_{Nqp}), aus d-Komponente der
Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndn}) und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Trans-
formation der negativen Sequenz der Phasen- spannungen (U_{Nqn}) gebildet wird.

5

10 **Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung**

BESCHREIBUNG

15 **Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie geht aus von einem Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

20

Stand der Technik

Herkömmliche Umrichterschaltungen umfassen eine Umrichtereinheit mit einer Vielzahl an
25 ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern, welche in bekannter Weise zur Schaltung von
mindestens zwei Schaltspannungsniveaus verschaltet sind. Wechselspannungsseitig ist die
Umrichtereinheit mit einem elektrischen Wechselspannungsnetz verbunden. Ferner ist ein
kapazitiver Energiespeicher mit der Umrichtereinheit verbunden, welcher gängigerweise
durch einen oder mehrere Kondensatoren gebildet ist. Für den Betrieb der Umrichterschalt-
30 tung ist eine Ansteuervorrichtung vorgesehen, welche verfahrensmässig beim Betrieb der
Umrichterschaltung die ansteuerbaren Leistungshalbleiterschalter mittels eines Ansteuer-
signals angesteuert. Das Ansteuersignal wird typischerweise aus Referenzspannungen ge-
bildet, wobei zur Bildung des Ansteuersignals eine Zuordnungseinheit vorgesehen ist, wel-
che den Referenzspannungen entsprechende Ansteuersignalwerte zugeordnet. Die ent-

- 2 -

sprechende Referenzspannung ist die Spannung, die am zugehörigen Phasenausgang der Umrichtereinheit von der Umrichtereinheit eingestellt wird und entspricht typischerweise der zugehörigen Phasenspannung, so dass die Umrichtereinheit an ihren Phasenausgängen Spannungen entsprechend den Phasenspannungen des elektrischen Wechselspannungsnetzes einstellt. Dabei ist es unerheblich, ob symmetrische oder unsymmetrische Phasenspannungen vorliegen. Unsymmetrische Phasenspannungen liegen beispielsweise bei unterschiedlichen Phasenwinkeln der Phasenspannungen zueinander und/oder bei unterschiedlichen Amplituden der Phasenspannungen zueinander und/oder bei unterschiedlichen Frequenzen der Phasenspannungen zueinander vor. Jede Referenzspannung wird gemäss dem Stand der Technik aus einem ihr zugeordneten konstanten Modulationsindex und einem ihr zugeordneten konstanten Modulationswinkel gebildet. Somit sind beispielsweise bei einem dreiphasigen elektrischen Wechselspannungsnetz mit drei Phasenspannungen auch drei Referenzspannungen notwendig und damit auch drei unabhängige konstante Modulationsindexe sowie drei unabhängige konstante Modulationswinkel, wobei diese konstanten Modulationsindexe und diese konstanten Modulationswinkel typischerweise durch Berechnung gebildet werden, wodurch ein enormer Rechenaufwand entsteht. Demzufolge ist der Betrieb der Umrichterschaltung sehr aufwendig, uneffizient, teuer und fehleranfällig, wodurch die Verfügbarkeit der Umrichterschaltung massiv sinkt und sich die Wartung der Umrichterschaltung signifikant erhöht.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung anzugeben, mittels welchem die Umrichterschaltung sehr einfach und effizient betrieben werden kann.

Beim erfindungsgemässen Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung weist die Umrichterschaltung eine Umrichtereinheit mit einer Vielzahl an ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern auf, wobei die Umrichtereinheit wechselspannungsseitig mit einem elektrischen Wechselspannungsnetz verbunden ist und die ansteuerbaren Leistungshalbleiterschalter mittels eines aus Referenzspannungen gebildeten Ansteuersignals angesteuert werden. Erfindungsgemäss werden die Referenzspannungen aus einem periodischen Modulationsin-

- 3 -

5 dex und aus einem periodischen Modulationswinkel gebildet, wobei der periodischen Modulationsindex und der periodischen Modulationswinkel jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen, aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen, aus d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen gebildet wird. Dadurch, dass die Referenzspannungen lediglich aus einem, insbesondere aus einem einzigen, periodische Modulationsindex sowie aus einem, insbesondere aus einem einzigen, periodischen Modulationswinkel gebildet werden, 10 welcher periodische Modulationsindex und periodische Modulationswinkel jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen, aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen, aus d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen gebildet wird, ist mit Vorteil nur ein sehr geringer Rechenaufwand zur Bildung der Referenzspannungen notwendig. Die Umrichterschaltung lässt sich mit dem erfindungsgemässen Verfahren somit besonders einfach und effizient betreiben, wobei zudem eine geringe Fehleranfälligkeit und damit eine hohe Verfügbarkeit der Umrichterschaltung einhergehend mit einem geringen Wartungsaufwand erreicht 20 werden kann.

Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich. 25

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigt:

30 Fig. 1 eine Ausführungsform einer Umrichterschaltung, welche mit dem erfindungsgemässen Verfahren betrieben wird.

Die in der Zeichnung verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in der Figur gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die beschriebene Ausführungsform ist als Beispiel zu verstehen hat keine beschränkende Wirkung.

5

Wege zur Ausführung der Erfindung

Eine gängige Ausführungsform einer Umrichterschaltung ist in Fig. 1 gezeigt. Die Umrichterschaltung umfasst eine Umrichtereinheit 1 zur Schaltung von mindestens zwei Schaltspannungsniveaus. Wechsellspannungsseitig ist die Umrichtereinheit 1 mit einem elektrischen Wechsellspannungsnetz 2 verbunden. Desweiteren ist ein kapazitiver Energiespeicher 3 mit der Umrichtereinheit 1 verbunden, welcher typischerweise durch einen oder mehrere Kondensatoren gebildet ist. Für den Betrieb der Umrichterschaltung ist eine Ansteuervorrichtung 4 vorgesehen, welche verfahrensmässig beim Betrieb der Umrichterschaltung die ansteuerbaren Leistungshalbleiterschalter mittels eines Ansteuersignals S angesteuert. Das Ansteuersignal S wird typischerweise aus Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* gebildet, wobei zur Bildung des Ansteuersignals S eine Zuordnungseinheit 6 vorgesehen ist, welche den Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* entsprechende Ansteuersignalwerte zugeordnet.

20

Bezüglich des erfindungsgemässen Verfahrens zum Betrieb einer solchen Umrichterschaltung werden die Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* aus einem periodischen Modulationsindex $m(t)$ und aus einem periodischen Modulationswinkel $\theta(t)$ gebildet. Demnach ist sowohl der periodische Modulationsindex $m(t)$ als auch der periodische Modulationswinkel $\theta(t)$ eine Funktion der Zeit t und damit insbesondere zeitabhängig. Der periodische Modulationsindex $m(t)$ und der periodische Modulationswinkel $\theta(t)$ wird jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndp} , aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqp} , aus d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndn} und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqn} gebildet. Dadurch, dass die Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* lediglich aus einem, insbesondere aus einem einzigen, periodische Modulationsindex $m(t)$ sowie aus einem, insbesondere aus einem einzigen, periodischen Modu-

30

- 5 -

lationswinkel $\theta(t)$ gebildet werden und der periodische Modulationsindex $m(t)$ und auch der periodischen Modulationswinkel $\theta(t)$ jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndp} , aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqp} , aus d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndn} und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqn} gebildet wird, ist vorteilhaft nur ein sehr geringer Rechenaufwand zur Bildung der Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* notwendig. Die Umrichterschaltung lässt sich mit dem erfindungsgemässen Verfahren demzufolge sehr einfach und effizient betreiben, wobei ferner eine geringe Fehleranfälligkeit und damit eine hohe Verfügbarkeit der Umrichterschaltung einhergehend mit einem geringen Wartungsaufwand erreicht werden kann. Gegenüber dem Stand der Technik müssen beispielsweise bei einem dreiphasigen elektrischen Wechselspannungsnetz nicht mehr drei unabhängige konstante Modulationsindexte sowie drei unabhängige konstante Modulationswinkel gebildet werden sondern lediglich nur noch ein periodischer Modulationsindex $m(t)$ und ein periodischer Modulationswinkel $\theta(t)$.

Der periodische Modulationsindex $m(t)$ und der periodische Modulationswinkel $\theta(t)$ werden insbesondere in der Ansteuervorrichtung 4 wie folgt, insbesondere durch Berechnung, gebildet

$$m(t) = \frac{\sqrt{(U_{Ndp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Ndn} + \sin(2\omega t) \cdot U_{Nqn})^2 + (U_{Nqp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Nqn} - \sin(2\omega t) \cdot U_{Ndn})^2}}{U_{DC} / 2}$$

$$\theta(t) = \arctan\left(\frac{U_{Nqp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Nqn} - \sin(2\omega t) \cdot U_{Ndn}}{U_{Ndp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Ndn} + \sin(2\omega t) \cdot U_{Nqn}}\right)$$

wobei U_{DC} die Spannung am kapazitiven Energiespeicher 3 ist und wobei $\omega = 2\pi F_{nom}$ ist und F_{nom} die Nominalfrequenz des elektrischen Wechselspannungsnetzes 2 ist, beispielsweise $F_{nom} = 50$ Hz bei einem gängigen elektrischen Verbundwechselspannungsnetz oder $F_{nom} = 16 \frac{2}{3}$ Hz bei einem elektrischen Bahnwechselspannungsnetz. Zur Ermittlung des Phasenwinkels ωt umfasst die Ansteuervorrichtung 4 vorzugsweise einen Phasenregelkreis (Phase locked loop).

- Vorzugsweise folgt die Umrichtereinheit 1 den Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} , insbesondere auch wenn unsymmetrische Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} vorliegen, d.h. die Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* entsprechen den Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} . Im Park-Clarke-Bezugssystem (dq-Bezugssystem) ergibt sich die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Referenzspannungen u_d^* und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Referenzspannungen u_q^* zu

$$u_d^* = m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2$$

$$u_q^* = m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2$$

- 10 Mittels der inversen Park-Clarke-Transformation, d.h. durch die Rücktransformation in den Zeitbereich ergeben sich dann die Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* zu

$$u_{Na}^* = (m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \sin(\omega t) + (m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \cos(\omega t)$$

$$u_{Nb}^* = \sqrt{3} \cdot ((-m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \cos(\omega t) + (m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \sin(\omega t)) - ((m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \sin(\omega t) + (m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \cos(\omega t))$$

$$u_{Nc}^* = -\sqrt{3} \cdot ((-m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \cos(\omega t) + (m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \sin(\omega t)) - ((m \cdot \cos(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \sin(\omega t) + (m \cdot \sin(\theta) \cdot U_{DC} / 2) \cdot \cos(\omega t))$$

- 15 Die Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* werden insbesondere in der Ansteuervorrichtung 4, insbesondere durch Berechnung, gebildet.

- Vorzugsweise wird die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen U_{NdP} , die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{NqP} , die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{NdN} und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{NqN} jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} gebildet. Die Bildung erfolgt insbesondere in der Ansteuervorrichtung 4 und insbesondere durch Berechnung wie folgt

- 7 -

$$U_{Ndp} = U_{Nd} - \operatorname{Re}(U_{Cr})$$

$$U_{Nqp} = U_{Nq} - \operatorname{Im}(U_{Cr})$$

$$U_{Ndn} = \operatorname{Re}(U_{Cr} \cdot e^{j2\omega t})$$

$$U_{Nqn} = \operatorname{Im}(U_{Cr} \cdot e^{j2\omega t})$$

$$U_{Cr} = \left(\frac{U_{Nd} - U_{Ndt1}}{2 \cdot \sin(\omega t1)} + j \frac{U_{Nq} - U_{Nqt1}}{2 \cdot \sin(\omega t1)} \right) \cdot e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \omega t1\right)}$$

wobei U_{Ndt1} die um die Zeitdauer $t1$ verzögerte d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} ist und U_{Nqt1} die um die Zeitdauer $t1$ verzögerte q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} ist. Vorzugs-

- 5 weise wird die Zeitdauer $t1$ in der Grössenordnung von $t1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{F_{nom}}$ gewählt.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass insbesondere im Falle von unsymmetrischen Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} diese unsymmetrischen Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} in eine positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Np} (positives Bezugssystem) und in eine
 10 negative Sequenz der Phasenspannungen U_{Nn} (negatives Bezugssystem) zerlegt werden können, die sich dann allgemein wie folgt ergeben zu

$$U_{Np} = U_{Ndp} + jU_{Nqp}$$

$$U_{Nn} = U_{Cr} \cdot e^{j2\omega t}$$

- 15 Die Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} selbst sind wie folgt definiert:

$$U_{Na} = U_{Na,A} \cdot \sin(\omega t)$$

$$U_{Nb} = U_{Nb,A} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$U_{Nc} = U_{Nc,A} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right),$$

wobei die Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} des Wechselspannungsnetzes 2, insbesondere durch Messung, ermittelt werden und die Summe der Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} Null
 20 ergibt, d.h. es gilt

$$U_{Na} + U_{Nb} + U_{Nc} = 0$$

Die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} ergeben sich dann zu

5

$$U_{Nd} = U_{Na} \cdot \cos(\omega t) + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (U_{Nb} - U_{Nc}) \cdot \sin(\omega t)$$

$$U_{Nq} = -U_{Na} \cdot \sin(\omega t) + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (U_{Nb} - U_{Nc}) \cdot \cos(\omega t)$$

Die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} , wird, insbesondere in der Ansteuervorrichtung 4, aus den ermittelten Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} , insbesondere durch Berechnung, gebildet, wobei die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} dann, wie vorstehend bereits erläutert, zur Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{NdP} , der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{NqP} , der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{NdN} und der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{NqN} herangezogen werden.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die positive Sequenz der Phasenspannungen U_{Np} positive Koordinaten im positiven Bezugssystemen und eine Winkelgeschwindigkeit ω und die negative Sequenz der Phasenspannungen U_{Nn} positive Koordinaten im negativen Bezugssystemen und eine Winkelgeschwindigkeit $-\omega$ aufweist.

Mit der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{Np} und der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Nn} kann die Gesamtphasenspannung

25 $U_{Nd} + jU_{Nq}$

im positiven Bezugssystem mit der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} wie folgt geschrieben werden

- 9 -

$$U_{Nd} + jU_{Nq} = U_{Np} + e^{-2j\omega t} \cdot U_{Nn}$$

$$\Leftrightarrow$$

$$U_{Nd} + jU_{Nq} = U_{Ndp} + jU_{Nqp} + (\cos(2\omega t) - j\sin(2\omega t)) \cdot (U_{Ndn} + jU_{Nqn})$$

$$\Leftrightarrow$$

$$U_{Nd} + jU_{Nq} = U_{Ndp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Ndn} + \sin(2\omega t) \cdot U_{Nqn} + j(U_{Nqp} + \cos(2\omega t) \cdot U_{Nqn} - \sin(2\omega t) \cdot U_{Ndn})$$

wobei der Term

$$e^{-2j\omega t} \cdot U_{Nn}$$

- 5 die Koordinaten der negative Sequenz der Phasenspannungen U_{Nn} im positiven Bezugssystem sind, welche mit einer 2-fachen Winkelgeschwindigkeit ω rotieren.

- Die Bildung der Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* , die Bildung des periodischen Modulationsindex $m(t)$ und die Bildung des periodischen Modulationswinkels $\theta(t)$ erfolgt vorzugsweise fortlaufend, wodurch immer die aktuellsten Werte der Referenzspannungen u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^* , des periodischen Modulationsindex $m(t)$ und des periodischen Modulationswinkels $\theta(t)$ vorliegen. Auch die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndp} , die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqp} , die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Ndn} und die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen U_{Nqn} erfolgt vorzugsweise fortlaufend. Weiterhin erfolgt die Ermittlung der Phasenspannungen U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc} des Wechselspannungsnetzes 2 fortlaufend, so dass stets mit aktuellsten Werten gerechnet werden kann. Ferner erfolgt die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nd} und die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen U_{Nq} vorzugsweise ebenfalls fortlaufend.

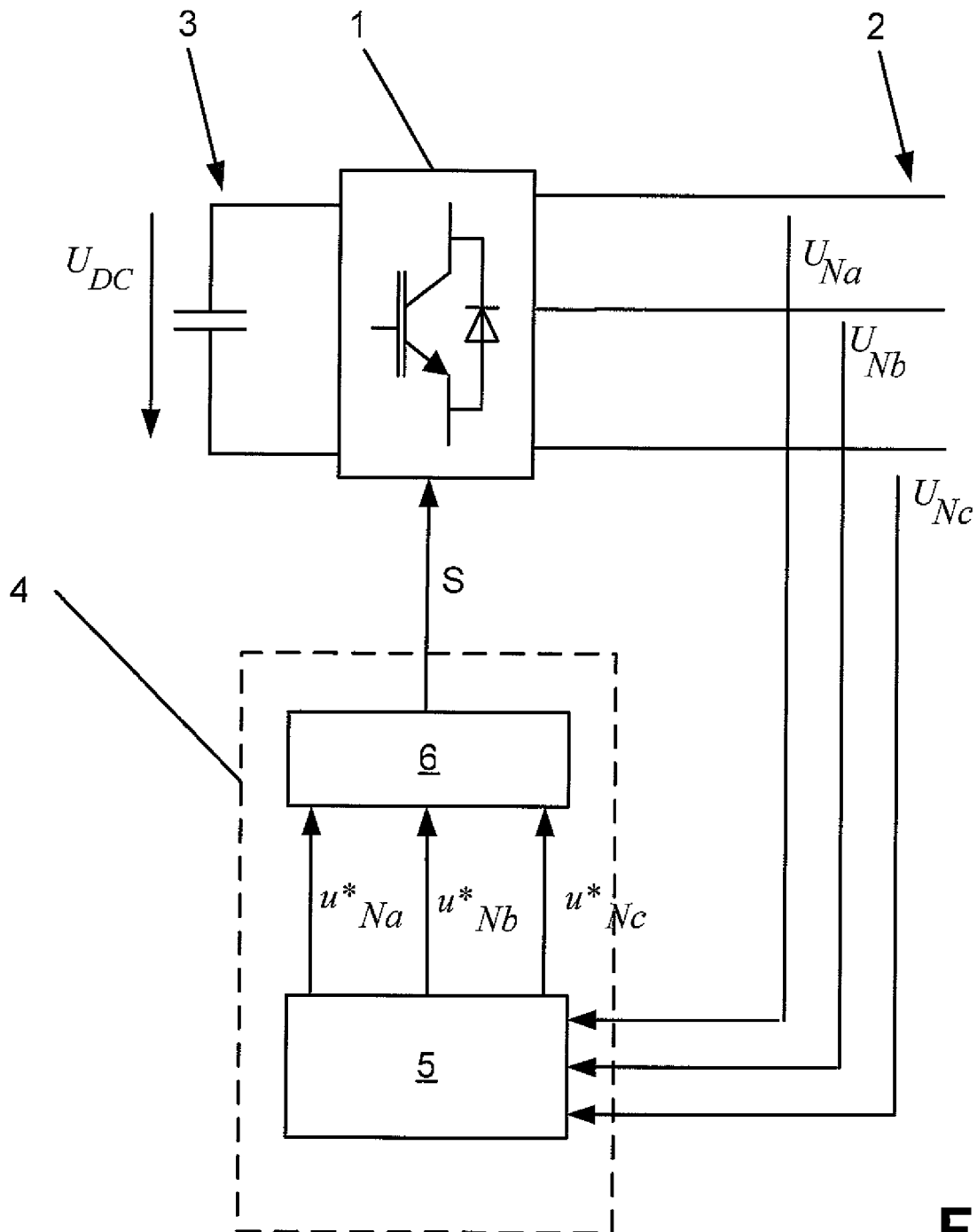
Bezugszeichenliste

	1	Umrichtereinheit
	2	elektrisches Wechselspannungsnetz
5	3	kapazitiver Energiespeicher
	4	Ansteuervorrichtung
	5	Berechnungseinheit
	6	Zuordnungseinheit

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betrieb einer Umrichterschaltung, wobei die Umrichterschaltung eine
5 Umrichtereinheit (1) mit einer Vielzahl an ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern aufweist und die Umrichtereinheit (1) wechsellspannungsseitig mit einem elektrischen Wechsellspannungsnetz (2) verbunden ist, bei dem die ansteuerbaren Leistungshalbleiterschalter mittels eines aus Referenzspannungen (u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^*) gebildeten Ansteuersignals (S) angesteuert werden,
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzspannungen (u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^*) aus einem periodischen Modulationsindex ($m(t)$) und aus einem periodischen Modulationswinkel ($\theta(t)$) gebildet werden, und dass der periodischen Modulationsindex ($m(t)$) und der periodischen Modulationswinkel ($\theta(t)$) jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive
15 Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndp}), aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen (U_{Nqp}), aus d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndn}) und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen (U_{Nqn}) gebildet wird.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndp}), die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspannungen (U_{Nqp}), die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen
25 Sequenz der Phasenspannungen (U_{Ndn}) und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen (U_{Nqn}) jeweils aus der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nd}) und aus der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nq}) gebildet wird.
30
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positive Sequenz der Phasenspan-

- 5 nungen ($U_{Nd p}$), die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der positiven Sequenz der Phasenspannungen ($U_{Nq p}$), die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen ($U_{Nd n}$) und die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der negativen Sequenz der Phasenspannungen ($U_{Nq n}$) fortlaufend erfolgt.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenspannungen (U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc}) des Wechselspannungsnetzes (2) ermittelt werden, und dass die d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nd}) und die q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nq}) aus den ermittelten Phasenspannungen (U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc}) gebildet wird.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Ermittlung der Phasenspannungen (U_{Na} , U_{Nb} , U_{Nc}) des Wechselspannungsnetzes (2) fortlaufend erfolgt, und die Bildung der d-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nd}) und die Bildung der q-Komponente der Park-Clarke-Transformation der Phasenspannungen (U_{Nq}) fortlaufend erfolgt.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der Referenzspannungen (u_{Na}^* , u_{Nb}^* , u_{Nc}^*) fortlaufend erfolgt, und dass die Bildung des periodischen Modulationsindex ($m(t)$) und die Bildung des periodischen Modulationswinkels ($\theta(t)$) fortlaufend erfolgt.

**Fig. 1**