

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. August 2009 (13.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/098093 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02J 3/38* (2006.01) *H02M 7/493* (2007.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/001000
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Februar 2009 (06.02.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 008 356.9  
8. Februar 2008 (08.02.2008) DE  
10 2008 050 765.2  
9. Oktober 2008 (09.10.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMIDT, Heribert** [DE/DE]; Fendrichstrasse 6, 79117 Freiburg (DE). **BURGER, Bruno** [DE/DE]; Burgunderstrasse 18, 79104 Freiburg (DE).
- (74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR**; Joachimstaler Strasse 12, 10719 Berlin (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INVERTER ARRANGEMENT FOR FEEDING PHOTOVOLTAICALLY GENERATED POWER INTO A PUBLIC NETWORK

(54) Bezeichnung: WECHSELRICHTERANORDNUNG ZUM EINSPEISEN VON PHOTOVOLTAISCH GEWONNENER ENERGIE IN EIN ÖFFENTLICHES NETZ

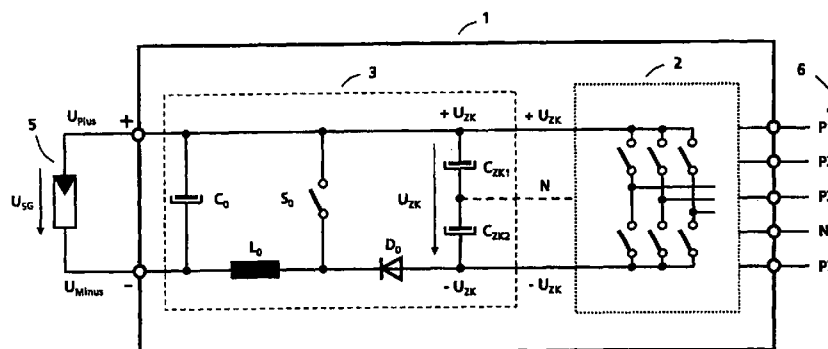


Fig. 8

(57) Abstract: The invention relates to an inverter arrangement for feeding photovoltaically generated power into a public network. Said inverter arrangement comprises a DC converter arrangement that can be connected to the positive and to the negative terminal of a solar generator and an inverter circuit. The DC converter arrangement comprises an input buffer capacitor, a converter and at least one intermediate capacitor. The reference potential of the DC converter arrangement is the positive connecting line between the positive terminal for the solar generator and the intermediate capacitor and the converter lies in the connection between the negative terminal to the solar generator and the negative terminal of the intermediate capacitor.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von photovoltaisch gewonnener Energie in ein öffentliches Netz mit einer mit dem positiven und dem negativen Anschluss eines Solargenerators verbindbaren Gleichspannungswandleranordnung und einer Wechselrichterschaltung vorgeschlagen. Die Gleichspannungswandleranordnung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2009/098093 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

umfasst einen Eingangspufferkondensator, einen Wandler und mindestens einen Zwischenkreiskondensator. Dabei bildet das Bezugspotenzial der Gleichspannungswandleranordnung die positive Verbindungsleitung zwischen dem positiven Anschluss für den Solargenerator und dem Zwischenkreiskondensator und der Wandler liegt in der Verbindung zwischen dem negativen Anschluss zu dem Solargenerator und dem negativen Anschluss des Zwischenkreiskondensators.

Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von  
photovoltaisch gewonnener Energie in ein öffentliches  
Netz

5 Die Erfindung betrifft eine Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von photovoltaisch gewonnener Energie in ein öffentliches Netz nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

10 Derartige Wechselrichteranordnungen sind allgemein bekannt und Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Systems zur Einspeisung einer photovoltaisch gewonnenen Energie in das öffentliche Netz. Ein Wechselrichter ist auf seiner Ausgangsseite mit dem öffentlichen Netz 6 verbunden, wobei diese Anbindung  
15 ein- oder auch mehrphasig über die Phasen P1 bis P3 sowie einen Neutralleiter N und einen Schutzleiter PE (Protective Earth, Erdpotenzial) erfolgen kann. Auf der Eingangsseite ist der Wechselrichter 1 mit einem  
20 oder mehreren Solargeneratoren 5 verbunden, wobei ab-

hängig von der Schaltungstechnik des Wechselrichters 1 sich an den Anschlussklemmen des Solargenerators 5 bestimmte Potenziale gegenüber dem Erdpotenzial PE einstellen, die mit  $U_{\text{Plus}}$  und  $U_{\text{Minus}}$  bezeichnet sind. Der Solargenerator 5 besteht aus einer Reihenschaltung vieler einzelner Zellen, so dass letztlich jede einzelne Zelle ein definiertes Potenzial gegenüber Erdpotenzial annimmt.

Bestimmte Zelltechnologien, insbesondere Dünnschicht-Technologien, reagieren mit einer Leistungsminderung oder auch einer Schädigung auf das Potenzial der Zellen gegenüber Erde. Hierbei wirken sich in vielen Fällen hohe negative Spannungen gegenüber Erdpotenzial schädlich aus.

In Fig. 2 ist ein System nach Fig. 1 dargestellt, bei dem eine bekannte häufig eingesetzte Wechselrichter-topologie näher ausgeführt wird. Sie besteht aus einer symbolisch als Brückenschaltung dargestellten eigentlichen Wechselrichterschaltung 2, welche in vielfältiger Form ein- oder mehrphasig ausgebildet sein kann. Besonders vorteilhaft sind dabei transformatorlose Topologien, die einen sehr hohen Wirkungsgrad bei gleichzeitig geringem Gewicht und niedrigen Kosten aufweisen. Derartige Topologien benötigen eine mit  $U_{\text{ZK}}$  bezeichnete Eingangsspannung, die bei einphasigen Systemen größer sein muss als die Amplitude der Netz-Wechselspannung, also größer als ca. 350 V, bei dreiphasigen Topologien größer als ca. 700 V. Zur Erweiterung des Eingangsspannungsbereichs zu kleineren Spannungen hin wird oftmals der eigentlichen Wechselrichterschaltung 2 ein Gleichspannungswandler 3 vorgeschaltet, wobei diese Gruppen in der Praxis zu einer baulichen Wechselrichteranordnung 1 zusammengefasst sind. Bei dem in Fig. 2 gezeigten, allgemein

bekanntem Stand der Technik umfasst der Gleichspannungswandler 3 einen Eingangspufferkondensator  $C_0$ , einen DC/DC-Wandler 4, der die Eingangsspannung auf eine höhere Spannung wandelt und der in der Verbindung zwischen dem Eingang  $U_{\text{plus}}$  und einem Zwischenkreisspannungsanschluss  $+U_{\text{ZK}}$  liegt, sowie einen Ausgangs- oder Zwischenkreiskondensator  $C_{\text{ZK}}$ . Dieser kann je nach Anforderungen der Wechselrichterschaltung 2 als einzelner Kondensator oder als Reihenschaltung mehrerer Teilkondensatoren ausgebildet sein. Im Fall von zwei Zwischenkreiskondensatoren teilt sich die dargestellte Zwischenkreisspannung  $U_{\text{ZK}}$  beispielsweise symmetrisch auf, wobei das mittlere Potenzial geräteintern über eine Leitung mit dem Neutraleiter des öffentlichen Netzes verbunden sein kann und somit Erdpotential aufweist. Diese Leitung ist in Fig. 2 gestrichelt angedeutet.

Der negative Anschluss  $U_{\text{minus}}$  des Solargenerators 5 ist entsprechend Fig. 2 direkt mit dem negativen Zwischenkreis-Anschluss  $-U_{\text{ZK}}$  verbunden. Bei einer Wechselrichteranordnung mit einer symmetrisch aufgeteilten Zwischenkreisspannung  $U_{\text{ZK}}$  von 700 V liegt also gemäß Fig. 3 der negative Anschluss  $U_{\text{minus}}$  auf einer Spannung von -350 V. Das Potential des positiven Anschlusses ergibt sich aus der Arbeitspunktspannung  $U_{\text{SG}}$  des Solargenerators. Ist diese kleiner als 350 V, so weisen alle Zellen ein negatives Potential gegenüber Erde auf. Bei einer höheren Spannung liegt, wie in Fig. 3 beispielhaft dargestellt, ein Teil der Zellen auf einem geringen positiven Potential. Es hat sich erwiesen, dass das hohe negative Potential von -350 V sich schädigend auf bestimmte Solarzellen auswirkt.

Eine Verbesserung einer Wechselrichteranordnung, die

diesen Sachverhalt berücksichtigt, wird in der DE 10 2004 037 446 B4 vorgeschlagen, wobei eine Ausführung dieser Verbesserung in Fig. 4 dargestellt ist. Gemäß diesem Stand der Technik ist die Gleichspannungswand-  
5 leranordnung 3 vollkommen symmetrisch aufgebaut, was durch die Blöcke 4a, 4b angedeutet ist. Damit teilt sich auch die Solargeneratorspannung  $U_{SG}$  symmetrisch zum Erdpotential auf, was in Fig. 5 dargestellt ist. Dadurch stellen sich abhängig von der Höhe der Solar-  
10 generatorspannung  $U_{SG}$  weniger hohe negative Potentiale ein. Dieser Ansatz bringt eine Verbesserung gegenüber dem oben dargestellten Stand der Technik, dennoch können negative Spannungen in schädlicher Höhe auftreten, so dass die Funktion der Schaltungsanordnung bzw. der Solarzellen beeinträchtigt werden kann.  
15

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von photovoltaisch gewonnener Energie in ein öffentliches Netz zu  
20 schaffen, mit der hohe negative Potentiale der Solarzellen gegenüber Erdpotential vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst.  
25

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.  
30

Dadurch, dass das Bezugspotenzial der Gleichspannungswand-  
35 leranordnung die positive Verbindungsleitung zwischen positivem Anschluss für einen Solargenerator und dem Zwischenkreiskondensator ist und der Wandler im wesentlichen in der Verbindung zwischen dem negativen Anschluss eines Solargenerators bzw. einer So-

largeneratoranordnung und dem negativen Anschluss des Zwischenkreiskondensators liegt, weisen die Solarzellen des Solargenerators abhängig von der Solargeneratorspannung alle ein positives Potenzial gegenüber Erde oder aber ein Teil der Zellen ein geringes, aber tolerables negatives Potenzial auf. Dadurch können auch derartige Module, die sensibel auf negative Potentiale gegenüber Erde reagieren, mit transformatorlosen Wechselrichtern betrieben werden.

Vorteilhafterweise kann die Wechselrichterschaltung eine Vollbrücke aufweisen, deren Ausgänge über jeweils eine Drosselspule an Ausgangsanschlüsse für ein einphasiges Netz angeschlossen sind, wodurch die Wechselrichteranordnung für Solargeneratoren mit einer MPP-Spannung (Spannung im Punkt maximaler Solar-generatorleistung) im Bereich bis ca. 350 V besonders geeignet ist.

Weiter vorteilhaft ist, wenn die Wechselrichterschaltung eine Halbbrücke aufweist und der Zwischenkreiskondensator aus zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren besteht, wobei der Verbindungspunkt zwischen den Kondensatoren mit einem Ausgangsanschluss und der Ausgang der Halbbrücke über eine Drosselspule mit einem anderen Ausgangsanschluss für ein einphasiges Netz verbunden sind, wodurch die Wechselrichteranordnung insbesondere für Solargeneratoren mit einer MPP-Spannung im Bereich bis ca. 700 V geeignet ist.

Eine vorteilhafte Ausbildung ist, dass zur Bildung einer dreiphasigen Wechselrichteranordnung drei Halbbrücken vorgesehen sind, und jeder Ausgang der Halbbrücken über eine Drosselspule mit Ausgangsanschlüssen und der Verbindungspunkt der Kondensatoren an einen weiteren Ausgangsanschluss für den Neutralleiter

eines dreiphasigen Netzes verbunden sind, wodurch vorteilhafterweise symmetrisch in das Netz eingespeist werden kann.

5           Besonders vorteilhaft ist, dass zwei antiparallele Freilaufpfade mit jeweils mindestens einem Schalter und einer Diode zwischen den jeweiligen Ausgängen der Vollbrücke und den Drosselspulen oder dem jeweiligen Ausgang der Halbbrücke und der zugehörigen Drossel-  
10           spule liegen. Dadurch werden verlustbehaftete Blindströme innerhalb der Wechselrichterschaltung vermieden, was einen erhöhten Wirkungsgrad gegenüber dem Stand der Technik und ein verbessertes EMV-Verhalten der Wechselrichterschaltung mit sich bringt.

15           Durch die Kombination dieser sehr effektiven Wechselrichterschaltung mit der Gleichspannungswandleranordnung nach der Erfindung ergibt sich eine Wechselrichteranordnung mit einem hohen Wirkungsgrad, verbunden  
20           mit einem großen Eingangsspannungsbereich bei gleichzeitiger Anwendbarkeit für Module, welche empfindlich auf negative Zellpotenziale gegenüber Erdpotenzial reagieren.

25           Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Wechselrichteranordnung durch einen großen Eingangsspannungsbereich auszeichnet und keine oder nur geringe negative Spannungen gegenüber dem Erdpotenzial auftreten. Die Wechselrichteranordnung ist daher be-  
30           sonders geeignet für Solarzellen, bei denen bei hohen negativen Zellspannungen gegenüber Erde Degradationen auftreten, z.B. durch Korrosion des Zellmaterials oder durch Wirkungsgradminderungen aufgrund von Polarisationsvorgängen innerhalb der Zellen, wobei diese  
35           Effekte bevorzugt bei Dünnschichtmodulen auftreten, aber auch bei bestimmten kristallinen Zellen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

5

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von photovoltaisch gewonnener Energie entsprechend dem Stand der Technik,

10

Fig. 2 eine detailliertere Darstellung einer Ausführungsform einer Wechselrichteranordnung nach dem Stand der Technik,

15

Fig. 3 eine Kennlinie der Solargeneratorspannung bei einer Wandleranordnung nach Fig. 2,

Fig. 4 eine weitere schaltungsgemäße Ausgestaltung einer Wechselrichteranordnung nach dem Stand der Technik,

20

Fig. 5 eine Kennlinie der Solargeneratorspannung bei einer Wechselrichteranordnung nach Fig. 4,

25

Fig. 6 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung,

Fig. 7 eine Kennlinie der Solargeneratorspannung bzw. der Potenziale für eine Wechselrichteranordnung nach Fig. 6,

30

Fig. 8 eine schaltungsgemäße Ausgestaltung der Gleichspannungswandleranordnung in der Wechselrichteranordnung,

35

Fig. 9 eine erste Ausführungsform einer schaltungsgemäßen Ausgestaltung der Wechselrichterschaltung zusammen mit der Gleichspannungsanordnung nach Fig. 8 als erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung,

5

Fig. 10 eine zweite Ausführungsform der Wechselrichterschaltung zusammen mit der Gleichspannungswandleranordnung zur Bildung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung,

10

Fig. 11 eine dritte Ausführungsform der Wechselrichterschaltung zusammen mit der Gleichspannungswandleranordnung zur Bildung eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung, und

15

20

Fig. 12 verschiedene Ausführungsformen des bei der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung verwendeten Freilaufzweiges.

25

In Fig. 6 ist als Blockschaltbild die erfindungsgemäße Wechselrichteranordnung 1 dargestellt, die wie im Stand der Technik eine Gleichspannungswandleranordnung 3 und eine Wechselrichterschaltung 2 umfasst.

30

Die Gleichspannungswandleranordnung 3 weist den Eingangspufferkondensator  $C_0$ , den Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  und den Wandler 4, der auch als Gleichspannungshochsetzsteller bezeichnet werden kann, auf. Die Wechselrichterschaltung 2 ist in prinzipieller Weise dreiphasig dargestellt und umfasst somit Ausgangsanschlüsse P1, P2, P3, die auch die drei Phasen eines öffentlichen Netzes 6 bezeichnen, und den Neutralan-

35

schluss aus N sowie den Schutzleiteranschluss PE, üblicher Weise Erdpotential.

5 Der positive Anschluss  $U_{\text{Plus}}$  des Solargenerators 5 ist mit dem positiven Zwischenkreis-Anschluss  $+U_{\text{ZK}}$  des Zwischenkreiskondensators  $C_{\text{ZK}}$  verbunden und der Wandler 4 befindet sich im Gegensatz zum Stand der Technik in der Verbindung zwischen dem negativen Anschluss  $U_{\text{Minus}}$  des Solargenerators 5 und dem Zwischenkreis-Anschluss  $-U_{\text{ZK}}$ .  
10

Durch eine solche Anordnung weisen gemäß Fig. 7, die die Potenziale  $U_{\text{Plus}}$  und  $U_{\text{Minus}}$  über der Zeit zeigt, bei einer Zwischenkreisspannung  $U_{\text{ZK}}$  von 700 V und einer Solargeneratorspannung  $U_{\text{SG}}$  von weniger als 350 V alle Zellen ein positives Potential gegenüber Erde auf.  
15 Bei höheren Solargeneratorspannungen  $U_{\text{SG}}$  treten bei wenigen Zellen tolerable negative Potenziale auf, wie in Fig. 7 angedeutet ist.

20 In Fig. 8 ist eine Realisierungsmöglichkeit des eigentlichen Wandlers 4 dargestellt. Er besteht aus einer Speicherdrossel  $L_0$  sowie einer Gleichrichterdiode  $D_0$ , die im Verbindungspfad zwischen dem negativen Solargeneratoranschluss  $U_{\text{Minus}}$  und dem negativen Zwischenkreis-Anschluss  $-U_{\text{ZK}}$  liegen. Dabei soll unter den Begriff der Diode  $D_0$  auch jede andere Form eines Gleichrichters fallen, so kann sie auch als Halbleiterschalter, beispielsweise in Form eines so genannten Synchrongleichrichters ausgeführt sein. Zwischen dem Verbindungspunkt der Speicherdrossel  $L_0$  und der Diode  $D_0$  und dem positiven Zwischenkreisanschluss  $+U_{\text{ZK}}$  liegt ein Halbleiterschalter  $S_0$ , z.B. ein MOS-FET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekt-Transistor) oder  
30 IGBT (Bipolartransistor mit isolierter Gateelektrode), der mit einer Taktfrequenz von z.B. 16 kHz ge-  
35

taktet wird.

Bei geschlossenem Schalter  $S_0$  sperrt die Diode  $D_0$  und in der Speicherdrossel  $L_0$  fließt ein zeitlich zunehmender Strom, verbunden mit einer Energiespeicherung im magnetischen Kreis der Drossel  $L_0$ . Nach Öffnen des Schalters  $S_0$  fließt der Drosselstrom über die Diode  $D_0$  in den Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  und lädt diesen auf. Der Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  ist hier als Reihenschaltung von zwei Kondensatoren  $C_{ZK1}$  und  $C_{ZK2}$  realisiert. Durch einen hier nicht dargestellten Regelkreis wird entsprechend einer Pulsweitenmodulation das Verhältnis der Einschaltdauer des Schalters  $S_0$  zu dessen Ausschaltdauer so eingestellt, dass die geforderte Zwischenkreisspannung  $U_{ZK}$  erreicht wird. Der Zwischenkreis speist wiederum den eigentlichen Wechselrichter 2, der hier symbolisch als Brückenschaltung dargestellt ist.

Eine erste bevorzugte einphasige Ausführung der Wechselrichteranordnung 1 ist in der Fig. 9 dargestellt, wobei die Gleichspannungswandleranordnung 3 derjenigen nach Fig. 8 entspricht. Dieser nachgeschaltet ist eine Vollbrücke, die aus den Halbleiterschaltern  $S_{10}$ ,  $S_{20}$  und  $S_{30}$ ,  $S_{40}$  besteht. Der Verbindungspunkt zwischen dem Schalter  $S_{10}$  und dem Schalter  $S_{20}$  ist über eine erste Drosselspule  $L_1$  mit einem ersten Ausgangsanschluss P1 verbunden und der Verbindungspunkt zwischen dem Schalter  $S_{30}$  und dem Schalter  $S_{40}$  ist über eine zweite Drosselspule  $L_2$  mit einem zweiten Ausgangsanschluss N verbunden. Zwischen den Ausgangsleitungen der Vollbrücke vor den Speicherdrosseln  $L_1$  und  $L_2$  sind zwei antiparallel geschaltete Freilaufpfade XII b-e geschaltet, die aus den Schaltern und Freilaufdioden  $S_5$  und  $D_5$  resp.  $S_6$  und  $D_6$  gebildet werden.

In der positiven Halbwelle der Netzspannung werden die Schalter  $S_{10}$  und  $S_{40}$  mit variabler Pulsweite entsprechend der Pulsweitenmodulation derart getaktet, dass sich in den Drosselspulen  $L_1$ ,  $L_2$  ein idealerweise sinusförmiger Strom aufbaut, der dann in das Netz  
5 abgegeben wird. Die beiden antiparallelen Freilaufpfade vermeiden dabei die verlustbehafteten Blindströme innerhalb der Wechselrichterschaltung 2. In der positiven Halbwelle der Netzspannung ist der  
10 Schalter  $S_5$  permanent geschlossen, wodurch sich für den positiven Ausgangsstrom ein Freilaufpfad über  $S_5$  und  $D_5$  ergibt. In der negativen Halbwelle der Netzspannung werden entsprechend die Halbleiterschalter  $S_{20}$  und  $S_{30}$  getaktet und der Freilaufpfad  $S_6$  und  $D_6$  ist  
15 geschlossen.

Weitere mögliche Ausführungsformen der Freilaufpfade XII b-e sind in der Fig. 12b-e angegeben.

20 Bei der beschriebenen Wechselrichteranordnung nach Fig. 9 ist eine Mindest-Zwischenkreisspannung  $U_{ZK}$  von 350 V erforderlich, die in dem Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  gespeichert ist, wobei bei dieser Spannung auch der höchste Umwandlungswirkungsgrad erzielt  
25 wird.

Fig. 10 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung 1. Hierbei ist im Unterschied zu der Gleichspannungswandleranordnung nach Fig. 9 der Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  als Reihenschaltung der beiden Kondensatoren  $C_{ZK1}$  und  $C_{ZK2}$  ausgeführt (wie in Fig. 8 angedeutet), wobei der Mittelabgriff zwischen den beiden  
30 Kondensatoren mit dem Ausgangsanschluss für den Neutralleiter N verbunden ist. Die einphasige Wechselrichterschaltung 2 besteht aus einer Halbbrücke  $S_{10}$ ,  
35

$S_{20}$ , den im Zusammenhang mit der Fig. 9 beschriebenen Freilaufpfaden  $S_5$ ,  $D_5$ ,  $S_6$  und  $D_6$  sowie einer einzelnen Einspeisedrossel  $L_1$ , die in der Verbindungsleitung zwischen dem Ausgang der Halbbrücke und dem Ausgangs-  
5 anschluss P1 liegt. Auch hier können die antiparallelen Freilaufpfade XII b-e in Ausführungsformen, wie im Zusammenhang mit Fig. 12 weiter beschrieben wird, ausgebildet sein.

10 In der positiven Halbwelle der Netzspannung wird durch die nicht dargestellte Regelschaltung nur der Schalter  $S_{10}$  getaktet, wobei der Drosselstrom in den Schaltphasen über den dann permanent geschlossenen Schalter  $S_5$  und die Freilaufdiode  $D_5$  weiterfließt.

15 Bei der negativen Halbwelle wird der Schalter  $S_{20}$  getaktet und der Freilaufpfad für den Drosselstrom wird durch den Schalter  $S_6$  und die Diode  $D_6$  gebildet.

20 Bei der Wechselrichteranordnung nach Fig. 10 ist eine Mindest-Zwischenkreisspannung  $U_{ZK}$  von 700 V erforderlich, wobei bei dieser Spannung auch der höchste Umwandlungswirkungsgrad erzielt wird. Der Wechselrichter ist somit insbesondere für Solargeneratoren mit einer MPP-Spannung im Bereich bis ca. 700 V geeignet.

25 Eine weitere Ausführung der erfindungsgemäßen Wechselrichteranordnung, und zwar eine dreiphasige Wechselrichteranordnung 1 ist in der Fig. 11 dargestellt, wobei eine Phase der Ausführungsform nach Fig. 10  
30 entspricht. Es sind somit drei Halbbrückenarme  $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ,  $S_{30}$ ,  $S_{40}$ ,  $S_{50}$  und  $S_{60}$  vorgesehen, an deren Ausgängen in der jeweiligen Verbindungsleitung zu den Ausgangsanschlüssen P1, P2, P3 jeweils eine Drosselspule  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  liegt, wobei zwischen dem jeweiligen Aus-  
35 gang und dem Neutraleiter zwischen dem Verbindungspunkt zwischen den zwei Kondensatoren  $C_{ZK1}$ ,  $C_{ZK2}$  des

Zwischenkreises und dem zugehörigen Ausgangsanschluss N die antiparallelen Freilaufpfade geschaltet sind, die symbolisch in den Blöcken  $H_1$ ,  $H_2$  und  $H_3$  zusammengefasst sind. Die Ausbildungen dieser Freilaufpfade H sind in der Fig. 12 dargestellt.

Die dreiphasige Ausführung des Wechselrichters erfordert ebenfalls eine Zwischenkreisspannung  $U_{ZK}$  von mindestens 700 V. Bei dieser dreiphasigen Wechselrichteranordnung 1 wird symmetrisch in das öffentliche Netz 6 eingespeist. Weiterhin ist die abgegebene Leistung konstant, so dass der Zwischenkreiskondensator  $C_{ZK}$  von seiner Kapazität her erheblich kleiner gewählt werden kann, da er keine großen Energiemengen zwischenspeichern muss.

In Fig. 12 sind mögliche Ausgestaltungen der Freilaufpfade XII b-e bzw. H, die in den Fig. 9 bis 11 verwendet werden. Jede der Ausführungsformen b, c, d, e kann in Zusammenhang mit den Wechselrichteranordnungen 1 dieser Figuren gewählt werden. Die Ausführungsform nach Fig. 12b ist beispielhaft in den Fig. 9 und 10 dargestellt und im Zusammenhang mit diesen Figuren schon beschrieben. Die Schalter, die beispielsweise als MOS-FET oder IGBT ausgebildet sein können, und die Dioden  $D_5$  und  $D_6$  können unabhängig voneinander ausgewählt und optimiert werden.

Diese Bauelemente sind in dieser Ausführungsform als vier Einzelhalbleiter mit jeweils eigenem Gehäuse vorgesehen.

In Fig. 12c ist eine Querverbindung zwischen dem Verbindungspunkt des Schalters  $S_5$  und der Diode  $D_5$  des einen Freilaufpfades und der Diode  $D_6$  und dem Schalter  $S_6$  des anderen Freilaufpfades vorgesehen. Diese Quer-

verbindung ändert an der prinzipiellen Funktionsweise nichts, jedoch wird es dadurch möglich, dass so genannte CoPacks verwendet werden können, bei denen in jeweils einem Gehäuse ein IGBT-Transistor und eine Diode antiparallel miteinander verschaltet sind. Auch kann bei dieser Anordnung die bei MOS-FETs inhärent vorhandene Body-Diode als Freilaufdiode genutzt werden.

5

10

Die Fign. 12d und 12e zeigen entsprechend gleich wirkende Anordnungen, bei denen die Reihenfolge von Schalter und Diode in den jeweiligen Freilaufpfaden vertauscht wurde. Hierdurch können sich Vorteile bei der Ansteuerung der Schalter ergeben.

15

In den Zeichnungen, die als Prinzipschaltungen zu verstehen sind, ist die positive Verbindungsleitung als durchgehende Leitung gezeichnet. Selbstverständlich können in der Praxis in dieser positiven Leitung Filterdrosseln oder Messwiderstände oder dergleichen liegen, die zu geringen Potenzialverschiebungen führen können, aber das Grundprinzip nicht aufheben.

20

## Patentansprüche

5

1. Wechselrichteranordnung zum Einspeisen von photovoltaisch gewonnener Energie in ein öffentliches Netz mit einer mit dem positiven und dem negativen Anschluss ( $U_{\text{Plus}}$ ,  $U_{\text{Minus}}$ ) eines Solargenerators (5) verbindbaren Gleichspannungswandleranordnung (3) und einer Wechselrichterschaltung (2), wobei die Gleichspannungswandleranordnung einen Eingangspufferkondensator ( $C_0$ ), einen Wandler (4) und mindestens einen Zwischenkreiskondensator ( $C_{\text{ZK}}$ ) umfasst,

10

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Bezugspotenzial der Gleichspannungswandleranordnung die positive Verbindungsleitung zwischen dem positiven Anschluss für den Solargenerator und dem Zwischenkreiskondensator ( $C_{\text{ZK}}$ ) bildet und der Wandler (4) in der Verbindung zwischen dem negativen Anschluss ( $U_{\text{Minus}}$ ) zu dem Solargenerator (5) und dem negativen Anschluss ( $-U_{\text{ZK}}$ ) des Zwischenkreiskondensators ( $C_{\text{ZK}}$ ) liegt.

20

25

2. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandler (4) mindestens eine mit dem negativen Anschluss ( $U_{\text{Minus}}$ ) verbundene Speicherdrossel ( $L_0$ ) und eine mit dem negativen Anschluss ( $-U_{\text{ZK}}$ ) des Zwischenkreiskondensators ( $C_{\text{ZK}}$ ) verbundene Gleichrichtervorrichtung ( $D_0$ ) und einen getakteten Schalter ( $S_0$ ) umfasst, wobei der getaktete Schalter ( $S_0$ ) an dem Verbindungspunkt der Speicherdrossel ( $L_0$ ) und der Gleichrichtervorrichtung ( $D_0$ ) und dem positiven Zwischenkreisanschluss ( $+U_{\text{ZK}}$ ) liegt.

30

35

3. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichtervorrichtung eine Diode ( $D_0$ ) ist.
- 5 4. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichtervorrichtung als Halbleiterschalter, vorzugsweise Synchrongleichrichter ausgebildet ist.
- 10 5. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der getaktete Schalter ( $S_0$ ) als Halbleiterschalter, wie ein MOS-FET und ein IGBT ausgebildet ist.
- 15 6. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselrichterschaltung (2) eine Vollbrücke ( $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ,  $S_{30}$ ,  $S_{40}$ ) aufweist, die zwischen dem positiven ( $+U_{ZK}$ ) und dem negativen Anschluss ( $-U_{ZK}$ ) des Zwischenkreiskondensators ( $C_{ZK}$ ) liegt, und die Ausgänge der Vollbrücke über jeweils eine Drosselspule ( $L_1$ ,  $L_2$ ) an Ausgangsanschlüsse (P1, N) zur Verbindung mit einem einphasigen Netz (6) angeschlossen sind.
- 20 7. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselrichterschaltung (2) als Halbbrücke ( $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ) und der Zwischenkreiskondensator als eine Reihenschaltung aus zwei Kondensatoren ( $C_{ZK1}$ ,  $C_{ZK2}$ ) ausgebildet sind, wobei die Halbbrücke ( $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ) zwischen dem positiven und negativen Anschluss ( $+U_{ZK}$ ,  $-U_{ZK}$ ) der Reihenschaltung liegt und der Ausgang der Halbbrücke ( $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ) über eine Drosselspule ( $L_1$ ) an einen Ausgangsanschluss (P1) und der Verbindungspunkt zwischen den zwei Kon-
- 25
- 30

densatorenn ( $C_{ZK1}$ ,  $C_{ZK2}$ ) an einen weiteren Ausgangsanschluss (N) zur Verbindung mit einem einphasigen Netz (6) angeschlossen ist.

- 5 8. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass drei Halbbrücken ( $S_{10}$ ,  $S_{20}$ ,  $S_{30}$ ,  $S_{40}$ ,  $S_{50}$ ,  $S_{60}$ ) vorgesehen sind, die zwischen dem positiven und negativen Anschluss ( $+U_{ZK}$ ,  $-U_{ZK}$ ) der Reihenschaltung liegen und jeder Ausgang der Halbbrücken über eine Drosselspule ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ) an jeweils einen Ausgangsanschluss ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ) und der Verbindungspunkt der Kondensatoren ( $C_{ZK1}$ ,  $C_{ZK2}$ ) an den weiteren Anschluss (N) zur Verbindung mit einem dreiphasigen Netz (6) angeschlossen sind.
- 10
- 15 9. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei antiparallele Freilaufpfade mit jeweils mindestens einem Schalter ( $S_5$ ,  $S_6$ ) und mindestens einer Diode ( $D_5$ ,  $D_6$ ) zwischen den zwei Ausgängen der Vollbrücke vor den Drosselspulen ( $L_1$ ,  $L_2$ ) geschaltet sind.
- 20
- 25 10. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei antiparallele Freilaufpfade mit jeweils mindestens einem Schalter ( $S_5$ ,  $S_6$ ) und mindestens einer Diode ( $D_5$ ,  $D_6$ ) zwischen dem Ausgang oder den Ausgängen der Halbbrücke (N) und der Verbindungslleitung zwischen dem Verbindungspunkt der zwei Kondensatoren ( $C_{ZK1}$ ,  $C_{ZK2}$ ) und dem weiteren Ausgangsanschluss (N) vor den Drosselspulen ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ) liegen.
- 30

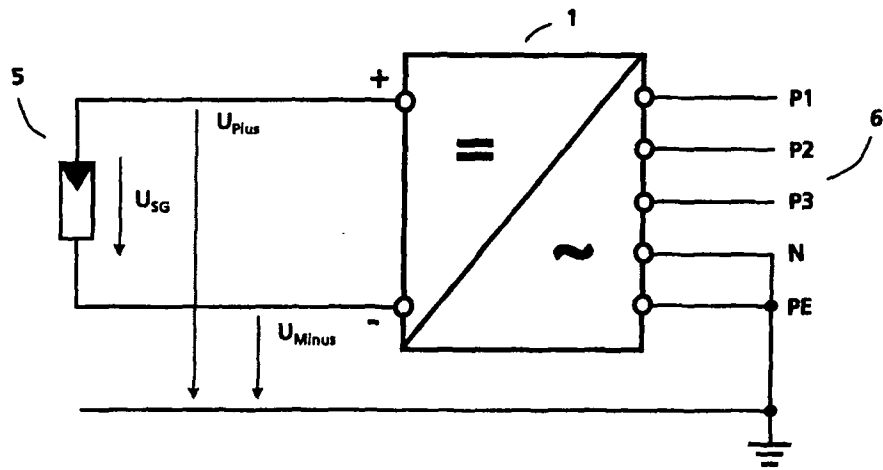


Fig. 1  
(Stand der Technik)

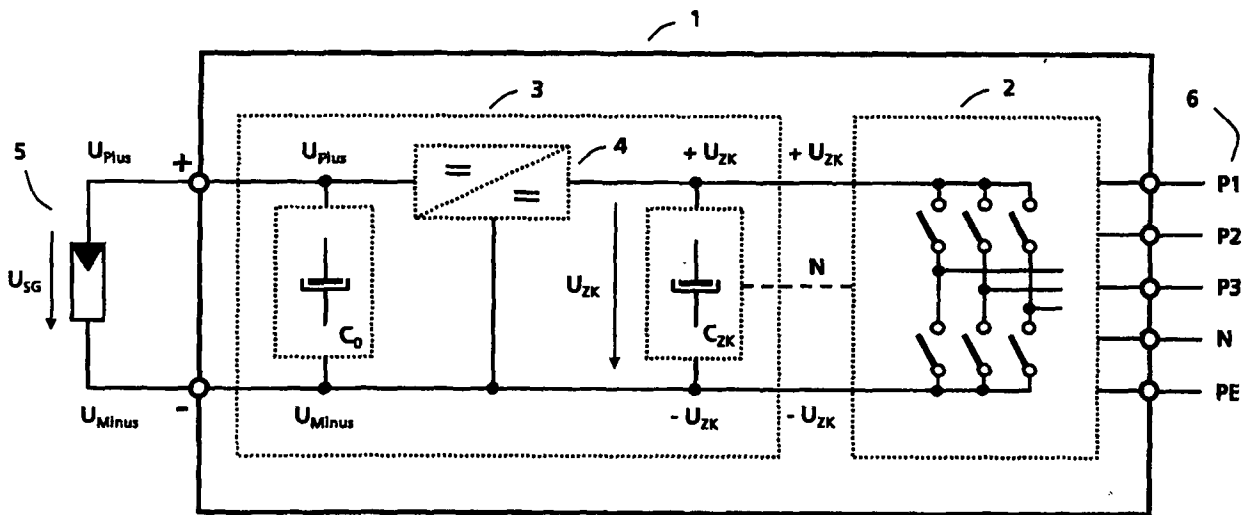


Fig. 2  
(Stand der Technik)

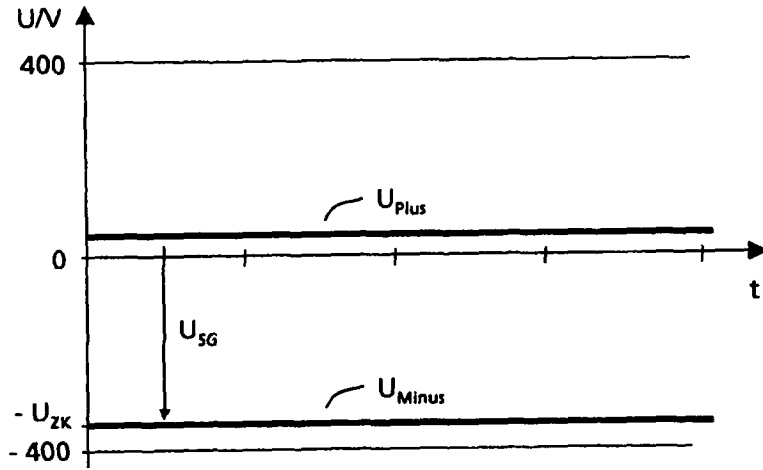


Fig. 3 (Stand der Technik)

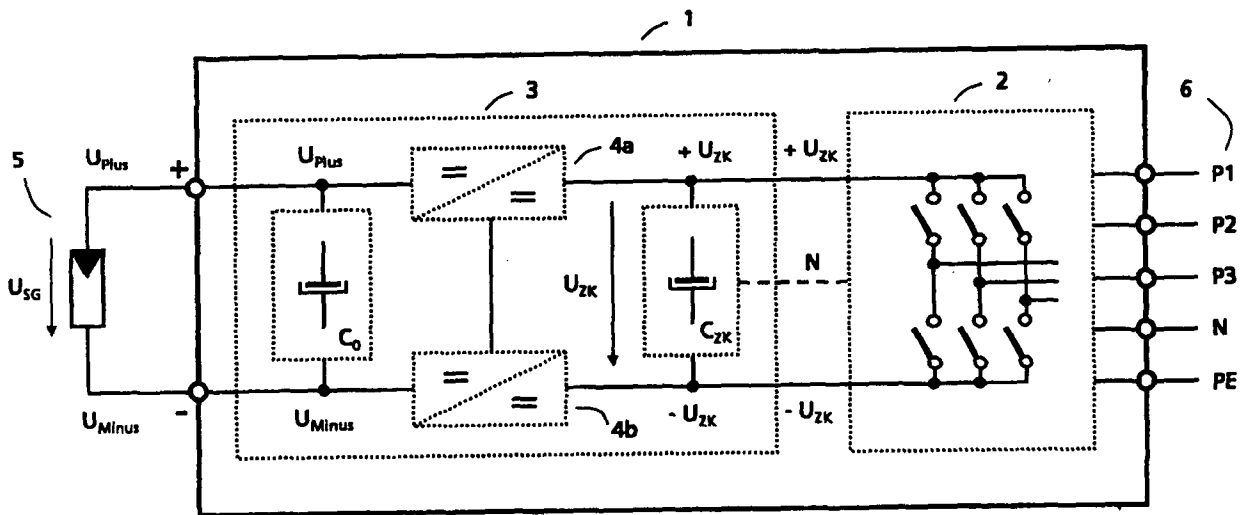


Fig. 4 (Stand der Technik)

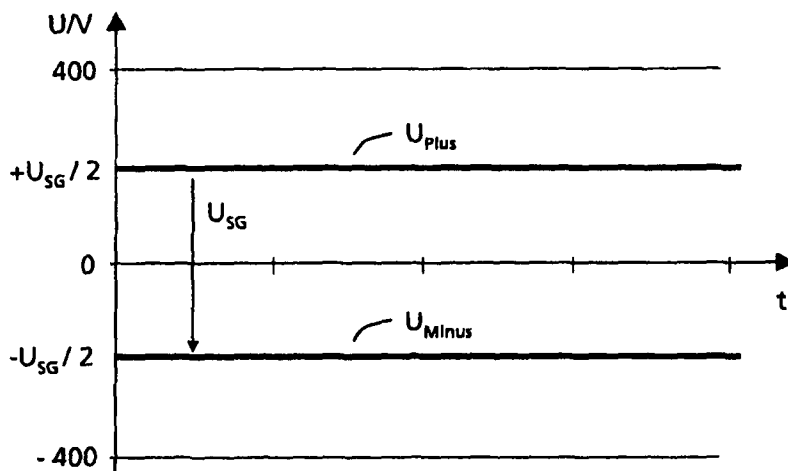


Fig. 5 (Stand der Technik)

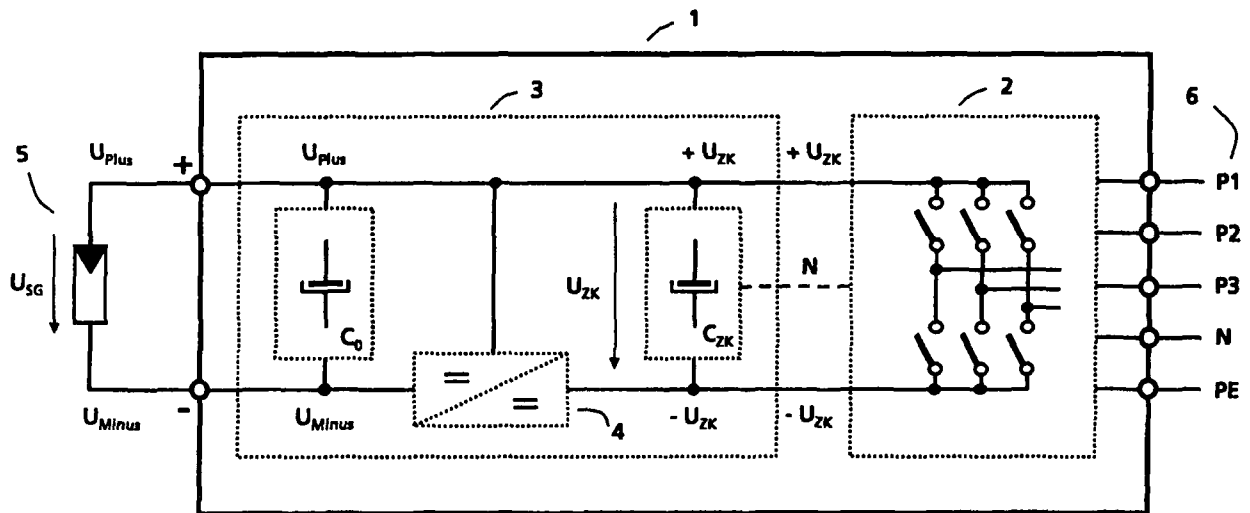


Fig. 6

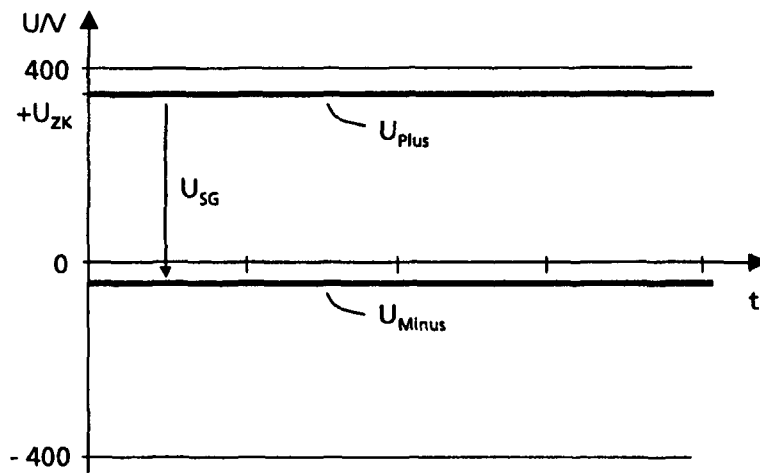


Fig. 7

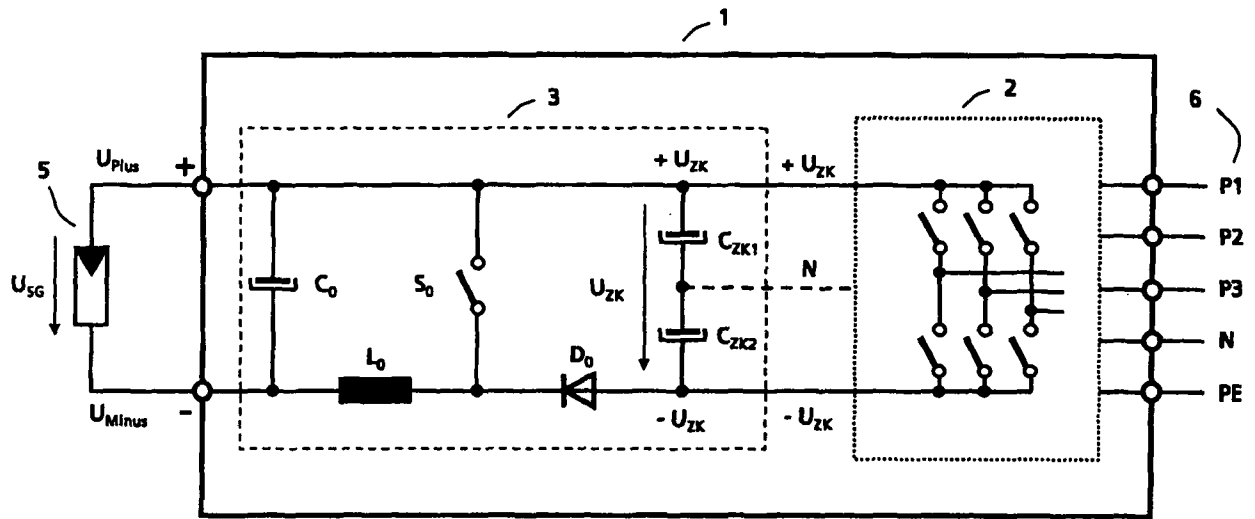


Fig. 8

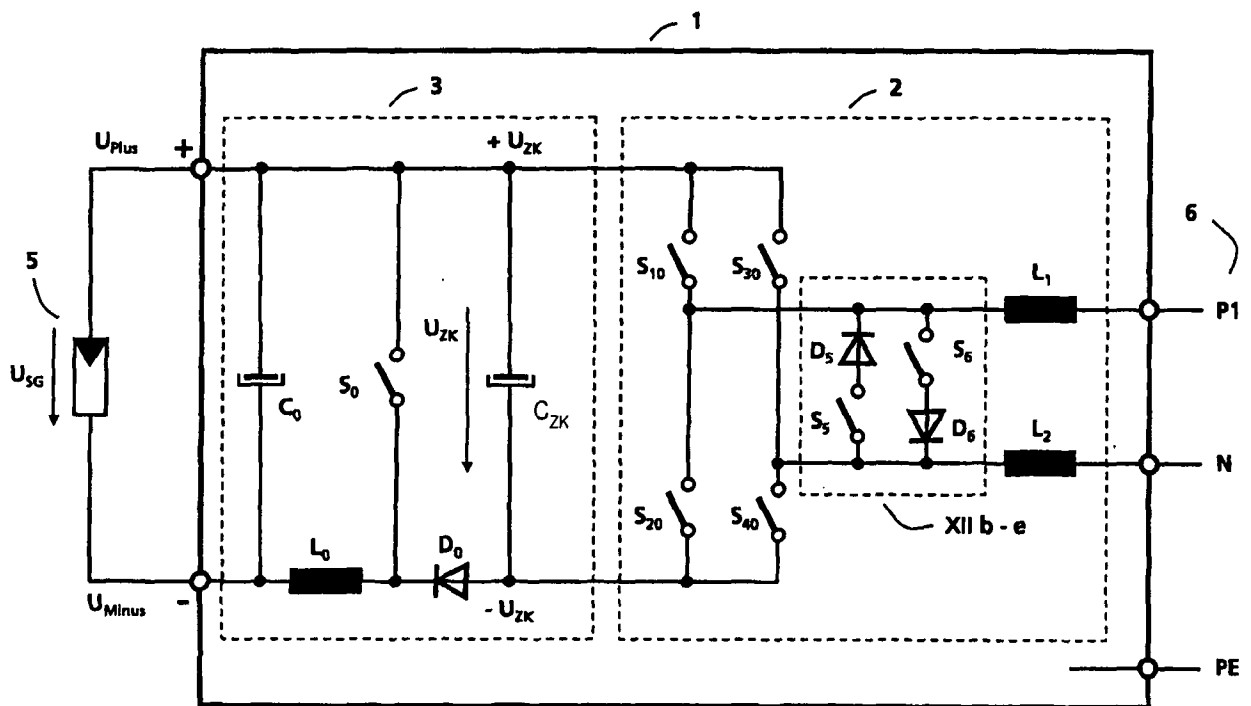


Fig. 9

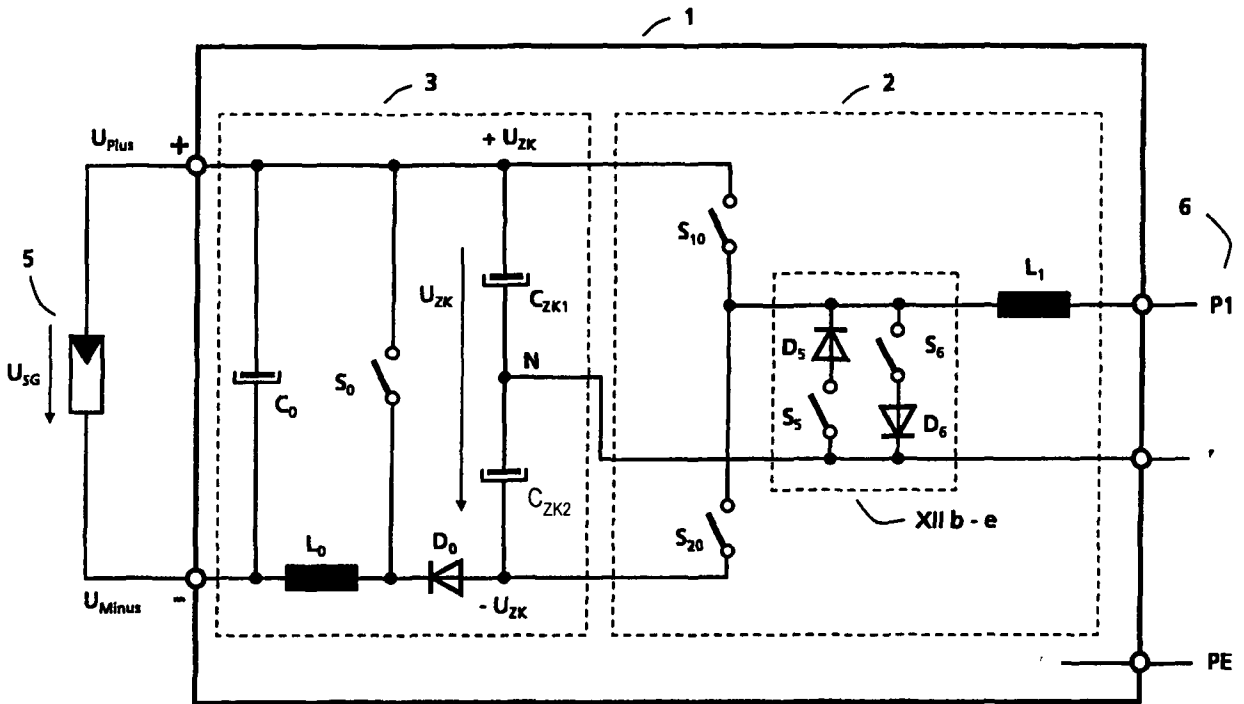


Fig. 10

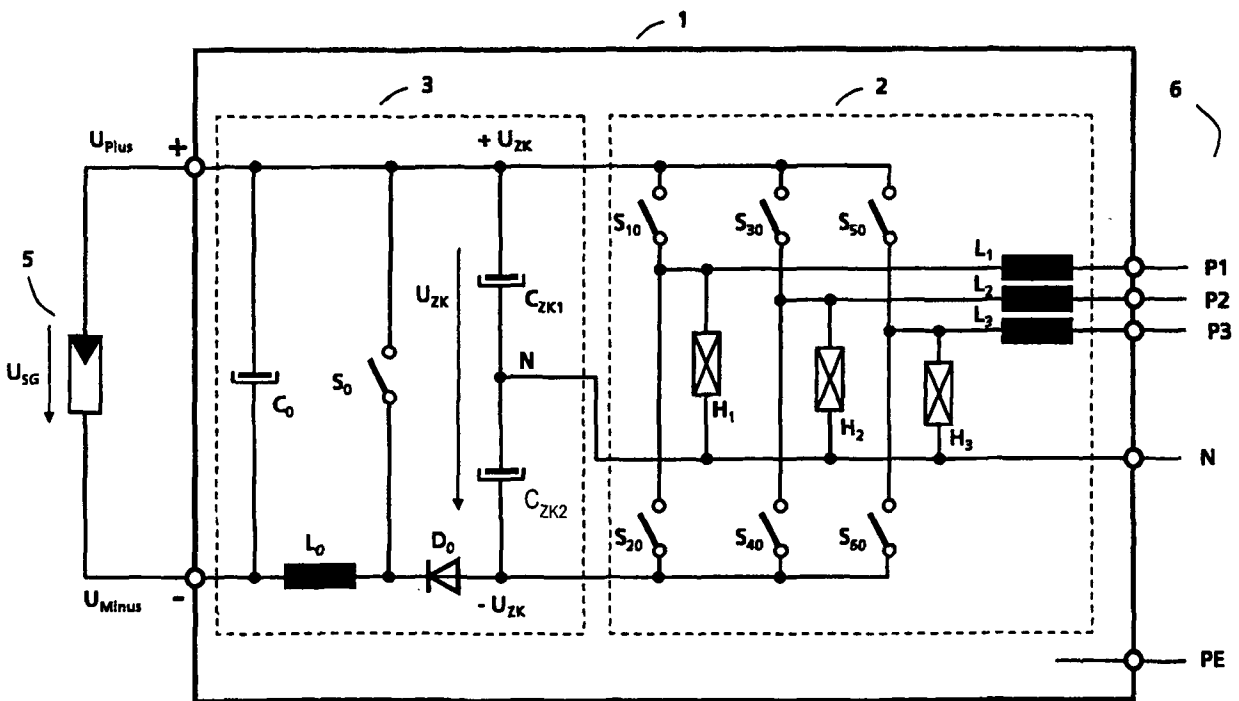


Fig. 11

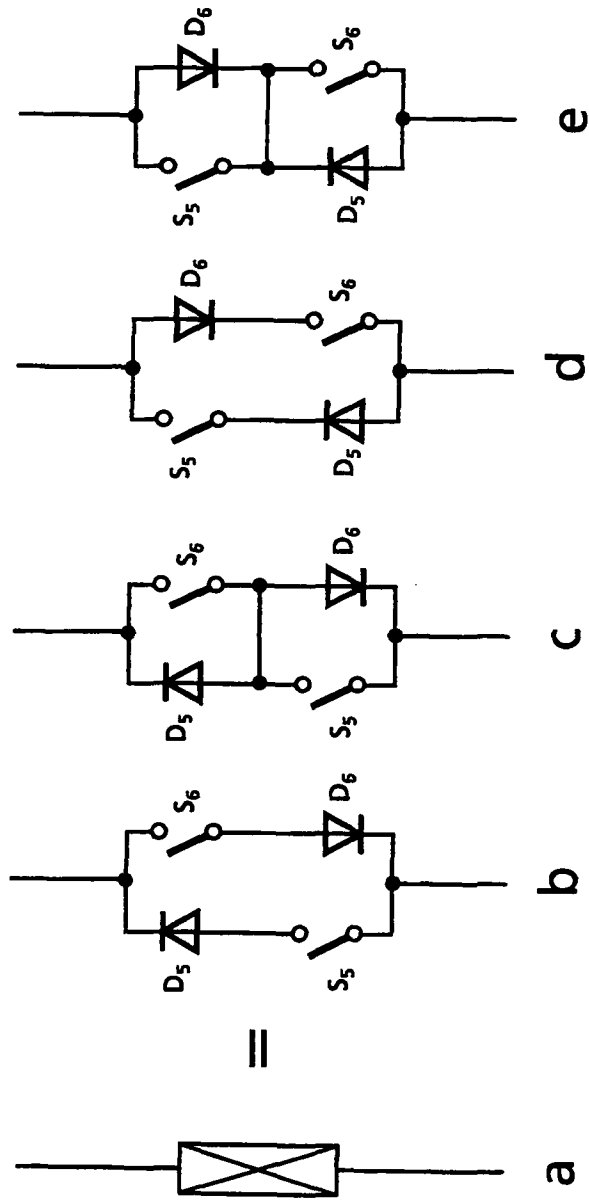


Fig. 12