

(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
31. Dezember 2008 (31.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/000377 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 1/34 (2007.01)

FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/004124

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2008 (20.05.2008)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMIDT, Heribert** [DE/DE]; Fendrichstrasse 6, 79117 Freiburg (DE).
BURGER, Bruno [DE/DE]; Burgunderstrasse 18, 79104
Freiburg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR**;
Joachimstaler Strasse 10-12, 10719 Berlin (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 029 767.1 22. Juni 2007 (22.06.2007) DE

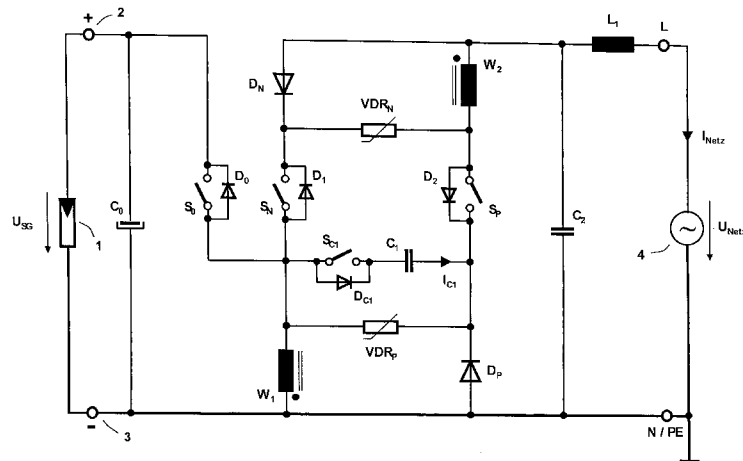
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-
nahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INVERTER

(54) Bezeichnung: WECHSELRICHTER



Figur 1

(57) **Abstract:** The invention relates to an inverter for converting DC voltage into an alternating voltage or an AC voltage, comprising a first series connection that is connected to the DC voltage terminals and comprises at least one first electronic switch and a first inductance for accumulating the interconnected energy and a plurality of second electronic switches for transferring the accumulated energy. A second inductance is tightly coupled to the first inductance, both inductances supplying their energy to a filter capacitor that is arranged in parallel to the AC voltage terminal, respectively via a second electronic switch. Said inverter also comprises a shunt arm that comprises a series connection from a third clocked switch and a capacitor for receiving the energy from the leakage inductances and that is connected to the first inductance and the series connection of one of the second switches and the second inductance. The invention also relates to the use thereof, for example, with a solar generator for introducing into a public network.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Wechselrichter zur Umwandlung einer Gleichspannung in eine Wechselspannung bzw. einen Wechselstrom mit einer mit den Gleichspannungsanschlüssen verbundenen ersten Reihenschaltung aus mindestens einem ersten elektronischen Schalter und einer ersten Induktivität zum Speichern der durchgeschalteten Energie und einer Mehrzahl von zweiten elektronischen Schaltern zum Weiterleiten der gespeicherten Energie vorgeschlagen. Eine zweite Induktivität ist in enger

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2009/000377 A1



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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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).

(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,

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Kopplung zur ersten Induktivität vorgesehen, wobei die beiden Induktivitäten jeweils über einen zweiten elektronischen Schalter ihre Energie an einen parallel zum Wechselspannungsanschluss liegenden Filterkondensator abgeben. Weiterhin ist ein Querzweig vorgesehen, der eine Reihenschaltung aus einem dritten getakteten Schalter und einem Kondensator zur Aufnahme der Energie von Streuinduktivitäten aufweist, und der mit der ersten Induktivität und der Reihenschaltung aus einem der zweiten Schalter und der zweiten Induktivität verbunden ist. Zur Anwendung z.B. mit einem Solargenerator zur Einspeisung in ein öffentliches Netz.

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT...e.V.
087PCT 0844

Wechselrichter

Die Erfindung betrifft einen Wechselrichter zur Um-
wandlung einer Gleichspannung in eine Wechselspan-
5 nung bzw. einen Wechselstrom nach dem Oberbegriff
des Hauptanspruchs.

Wechselrichter zur Umwandlung einer Gleichspannung
in eine Wechselspannung oder einen Wechselstrom sind
10 allgemein bekannt, wobei bei diesen Wechselrichtern
zwischen Wechselrichtern ohne galvanische Trennung,
d.h. transformatorlosen Wechselrichtern, und solchen
mit galvanischer Trennung, d.h. Transformator-Wech-
selrichtern, unterschieden wird. Die höchsten Wir-
15 kungsgrade werden mit transformatorlosen Wechsel-
richtern in Vollbrückenschaltung ohne Hochsetzstel-

ler erzielt, wie sie beispielsweise in der DE 102 21 592 A1 beschrieben sind. Bei diesen Schaltungen schwankt das Potential der Quelle mit Netzfrequenz und halber Netzspannung gegenüber dem Erdpotential. Daher besteht eine Einschränkung in der Anwendbarkeit dieser Konzepte bei Quellen mit einer hohen Ableitkapazität gegenüber Erdpotential, wie es z.B. bei Solargeneratoren bestimmter Technologie, insbesondere Dünnschichtmodulen, der Fall ist. Desweiteren ist bei konventionellen transformatorlosen Wechselrichtern ohne Hochsetzsteller der Eingangsspannungsbereich durch die zur Einspeisung wenigstens erforderliche Spannung in Höhe der Amplitude der Netzspannung, also ca. 325 V bei einem Effektivwert von 230 V, nach unten begrenzt.

Weiterhin sind transformatorlose Konzepte, z.B. aus der DE 196 42 522 C1 und der DE 197 32 218 C1, bekannt, bei denen ein Anschluss des Solargenerators fest mit dem Neutraleiter verbunden ist und somit ein festes Potential gegenüber Erdpotential aufweist. Dadurch können auch bei beliebig hohen Ableitkapazitäten prinzipbedingt keine Ableitströme fließen.

Bei der DE 196 42 522 C1 wird eine Drosselspule in einem ersten Taktabschnitt über zwei Schalter an eine Eingangsspannung, welche mit einem Eingangskondensator gepuffert wird, gelegt und Energie in der Drosselspule gespeichert. Im zweiten Taktabschnitt werden, je nach Polarität der Spannung an einem Ausgangskondensator, welche im Wesentlichen der Netzspannung entspricht, mehrere Schalter so konfiguriert, dass die in der Drosselspule gespeicherte Energie über Dioden und besagte Schalter an den Ausgang abgegeben werden kann. Von Nachteil bei dieser

bekannten Schaltungsanordnung ist es, dass der Strom in den einzelnen Taktphasen durch eine Vielzahl von Halbleiterschaltern und Dioden fließt. In der ersten Taktphase sind immer zwei Schalter im Strompfad, in der zweiten Taktphase während der positiven Halbwelle zwei Schalter und zwei Dioden und in der negativen zwei Schalter und eine Diode. Hierdurch ergeben sich hohe Verluste und entsprechend ein schlechter Wirkungsgrad. Außerdem stellen die Schalter, gemeinsam mit den zugehörigen Ansteuerungen, einen erheblichen Aufwand dar und vermindern die Zuverlässigkeit. Diese Wechselrichter zeichnen sich somit durch eine hohe Komplexität und damit einen schlechten Wirkungsgrad, einen hohen Aufwand sowie eine verminderte Zuverlässigkeit aus.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Wechselrichter zur Umwandlung einer Gleichspannung in eine Wechselspannung bzw. einen Wechselstrom aus einer bezüglich eines Neutralleiters unipolaren Gleichspannungsquelle zu schaffen, die einen hohen Wirkungsgrad bietet und auf einfachen, kostengünstigen, zuverlässigen und regelungstechnisch leicht beherrschbaren Strukturen beruht.

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

Durch die in den Unteransprüchen angegebene Maßnahme sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.

Dadurch, dass zusätzlich zu der mit dem ersten getakteten elektronischen Schalter verbundenen Induktivität eine zweite Induktivität in enger Kopplung

zur ersten Induktivität vorgesehen ist und die beiden Induktivitäten jeweils über einen von zwei zweiten elektronischen Schaltern ihre Energie an einen parallel zum Wechselspannungsanschluss liegenden Filterkondensator abgeben, wobei ein eine Reihenschaltung aus einem dritten getakteten Schalter und einem Kondensator zur Aufnahme von Energie aus Streuinduktivitäten aufweisender Querzweig mit der ersten Induktivität und der Reihenschaltung aus einem der zweiten Schalter und der zweiten Induktivität verbunden ist, ist die Anzahl der Halbleiterschalter reduziert. Im Vergleich zum oben genannten Stand der Technik fließt der Strom in der ersten Taktphase nur durch einen Halbleiterschalter, in der zweiten Taktphase während beider Halbwellen durch je einen Halbleiterschalter und eine Diode, wodurch sich der Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit erhöhen. Durch das Vorsehen des Querzweiges kann die in der unvermeidbaren Streuinduktivität der ersten Induktivität gespeicherte Energie aufgenommen und gezielt an den Ausgang weitergegeben werden und es finden keine unnötigen, mit Verlusten verbundenen Oszillationen innerhalb der Schaltung statt. Diese Maßnahme führt zu einer weiteren merklichen Erhöhung des Wirkungsgrades, eines der Hauptziele bei der Entwicklung von Wechselrichtern für die Photovoltaik. Weiterhin hat das Einfügen des Schalters in den Querzweig zur Folge, dass sich der Kondensator in der Halbwelle, in welcher die beschriebene Funktion nicht benötigt wird, nicht auf eine hohe Spannung auflädt. Diese hätte zur Folge, dass beim Wechsel der Netzpolarität kurzzeitig ein hoher Entladestrom-Impuls fließen würde.

Besonders vorteilhaft ist, dass zwei Überspannung begrenzende Bauelemente z.B. Varistoren jeweils mit

einer Induktivität und einer Diode verbunden sind, da diese die in den Induktivitäten gespeicherte Energie aufnehmen können, falls bei einer Notabschaltung des Wechselrichters alle Schalter gleichzeitig geöffnet werden. Dadurch wird vermieden, dass infolge extremer Überspannungen an den Halbleitern, wie im Stand der Technik, diese zerstört werden. Da die Überspannung begrenzende Bauelemente in der erfindungsgemäßen Anordnung keiner Pulsspannung ausgesetzt sind, können Varistoren verwendet werden. Der Einsatz dieser preiswerten und robusten Bauteile würde sich jedoch in getakteten Schaltungen verbieten, da Varistoren eine sehr hohe parasitäre Kapazität aufweisen, die bei jedem Takt umgeladen werden müsste. Im Stand der Technik werden zusätzlich Entkopplungsdioden oder so genannten TVS-Dioden (Transient Voltage Suppressor-Dioden (TransZorb-Dioden)) verwendet, die aber kostenaufwändiger sind. Durch die erfindungsgemäße Verwendung der Varistoren können sowohl die Sicherheit erhöht als auch die Kosten verringert werden.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann auch mehrphasig ausgeführt werden, z.B. dreiphasig zur Einspeisung in das übliche öffentliche Drehstromnetz. In vorteilhafter Weise können als Gleichspannungsquelle ein oder mehrere Solargeneratoren, Brennstoffzellen, Batterien oder dergleichen verwendet werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Schaltung komplementär aufgebaut und der Pluspol des Solargenerators mit dem Neutralleiter verbunden, wodurch alle Zellen der Module des Solargenerators ein negatives Potential gegenüber dem Erdpotential ha-

ben, was sich bei bestimmten Solarzellentypen vorteilhaft auf den Wirkungsgrad auswirkt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der
5 Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die schaltungsgemäße Ausgestaltung eines
Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 2 Diagramme der an den Schaltern bei der
Schaltungsanordnung nach Fig. 1 auftretenden
Pulsmuster, und

Fig. 3 Impulsdiagramme in vergrößertem Maßstab des
ersten Schalters und des dritten Schalters,
sowie ein Diagramm für den Strom des Kondensators
im Querzweig.

Die in Fig. 1 dargestellte und als Wechselrichter
ausgebildete Schaltungsanordnung weist eine Gleichspannungsquelle auf, die im Ausführungsbeispiel ein
Solargenerator 1 ist, der mit seinen Anschlüssen an
einer positiven Leitung 2 und einem Neutral- oder
Erdleiter 3 liegt. Dieser Solargenerator liefert eine
Eingangsgleichspannung U_{SG} .

Zu dem Solargenerator 1 parallel ist ein Eingangskondensator C_0 vorgesehen, der die Eingangsspannung
 U_{SG} puffert. Zwischen den Leitungen 2, 3 liegt die
Reihenschaltung einer ersten Induktivität W_1 und eines
durch eine nicht dargestellte Steuereinheit getakteten
Schalters S_0 , der als Transistor, vorzugsweise als MOS-FET oder als IGBT ausgebildet sein
kann. Die Diode D_0 ist für die eigentliche Funktion
der Schaltung nicht erforderlich, ist aber im Falle

von MOS-FETs inhärent vorhanden, bei IGBTs ist sie zusätzlich einzubauen und schützen diese Bauteile vor negativen Spannungen.

5 An den Verbindungspunkt zwischen dem ersten Schalter S_0 und der Induktivität W_1 ist ein zweiter Schalter S_N angeschlossen, wobei eine Diode D_N mit der Schaltstrecke des Schalters S_N in Reihe liegt. Parallel zum Schalter liegt wiederum eine Diode D_1 , wobei für den
10 Schalter S_N und die Diode D_1 das Gleiche gilt (auch für den weiter unten beschriebenen Schalter S_p und die Diode D_2), wie für den Schalter S_0 und die Diode D_0 . Die Anode der Diode D_N ist mit dem Ausgangs- oder Filterkondensator C_2 verbunden.

15 Eine weitere Diode D_p ist mit ihrer Anode an den Neutralleiter 3 und mit ihrer Kathode an einen weiteren zweiten Schalter S_p mit parallel liegender Diode D_2 angeschlossen und eine zweite Induktivität W_2 ist in
20 Reihe zu der Schaltstrecke des Schalters S_p geschaltet, wobei der Wicklungsanfang der Induktivität W_2 ebenfalls mit dem Ausgangs- oder Filterkondensator C_2 verbunden ist. Die Induktivitäten W_1 und W_2 sind miteinander gekoppelt.

25 Zwischen dem Verbindungspunkt des Wicklungsendes der ersten Induktivität W_1 und des Schalters S_N und dem Verbindungspunkt zwischen der Diode D_p und dem Schalter S_p ist ein Querzweig angeordnet, der aus der Reihenschaltung eines Schalters S_{c1} und eines Kondensators C_1 besteht, wobei eine Diode D_{c1} parallel zur
30 Schaltstrecke des Schalters S_{c1} geschaltet ist.

35 Die Induktivitäten W_1 , W_2 speisen über die Schalter S_N und S_p einen Ausgangs- oder Filterkondensator C_2 , der mit einem Anschluss an dem Neutralleiter 3 liegt und

mit dem anderen Anschluss zusammen mit der zweiten Induktivität W_2 und der Diode D_N mit einer Glättungs- oder Einspeisedrossel L_1 verbunden ist, deren anderer Anschluss mit einer der Phasen L des Netzes 4 verbunden ist, in das ein Wechselstrom eingespeist werden soll, wobei die Netzspannung mit U_{Netz} bezeichnet wird. Der mit N/PE gekennzeichnete Neutralleiter 3 bildet gleichfalls einen Wechselspannungsausgangsanschluss.

Die zwei gekoppelten Induktivitäten W_1 , W_2 weisen Energiespeicher-Eigenschaften auf, wobei die Induktivität W_1 doppelt genutzt wird, nämlich zur Einspeicherung der Energie und zur Erzeugung einer auf das Potential des Neutralleiters 3 bezogenen invertierten Ausgangsspannung. Die Wicklung der Induktivitäten W_1 , W_2 sind über einen Kopplungsfaktor k ($0 < k < 1$) miteinander gekoppelt.

Eine vorteilhafte Dimensionierung ergibt sich, wenn die in den beiden Wicklungen induzierten Spannungen betragsmäßig gleich groß sind. Dies wird durch eine Wahl des Windungsverhältnisses W_1/W_2 erreicht, wobei $k W_2/W_1 = 1$ werden muss.

Zwischen dem Wicklungsende der ersten Induktivität W_1 und der Kathode der Diode D_p ist ein erster Varistor (Voltage Dependent Resistor VDR) VDR_p geschaltet und ein zweiter Varistor VDR_N ist mit der Kathode der Diode D_N und dem Wicklungsende der zweiten Induktivität W_2 verbunden.

In Fig. 2 sind die Impulsdiagramme der Schalter S_0 , S_p und S_N sowie die Netzspannung bzw. der Netzstrom mit einer Periode von beispielsweise $T_p=20$ ms dargestellt.

Die Einschaltdauer des Schalters S_0 wird über einen nicht dargestellten Regelkreis, z.B. einen Pulsweiten-Modulator PWM, so eingestellt, dass sich in der Ausgangsdrossel L_1 ein sinusförmige Strom einstellt, der dann in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Im Ausführungsbeispiel kann z.B. die Taktperiode T_{Takt} des getakteten Schalters S_0 60 μs betragen.

Je nach Polarität der Netzspannung 4 bzw. der Polarität der Spannung des Kondensators C_2 werden gemäß Fig. 2 entweder der Schalter S_N - im vorliegenden Falle während der negativen Halbwelle - oder der Schalter S_p während der positiven Halbwelle dauernd geschlossen. Die gepufferte Eingangsspannung U_{SG} wird über den getakteten Schalter S_0 an die erste Induktivität W_1 gelegt, wodurch in der ersten Taktphase, in der der Schalter S_0 durchgeschaltet ist, sich ein zeitlich zunehmender Strom in der Induktivität W_1 aufbaut, verbunden mit einer Energiespeicherung.

In der negativen Halbwelle fließt bei geöffnetem Schalter S_0 der Strom in der Induktivität W_1 über den geschlossenen Schalter S_N und die Diode D_N in den Ausgangs- oder Filterkondensator C_2 . Die in dieser Weise pulsartig an den Filterkondensator C_2 abgegebene Energie wird dort zu einer Kondensatorspannung aufintegriert und über die Glättungsdrossel L_1 in das Netz 4 eingespeist. Die Schalter S_p und S_{C1} sind dauerhaft geöffnet und die Induktivität W_2 befindet sich im Leerlauf.

In der positiven Halbwelle ist der Schalter S_N geöffnet und der Schalter S_p geschlossen. Die in beiden Induktivitäten W_1 , W_2 gespeicherte Energie führt zu einem positiven Stromfluss durch die Diode D_p , durch

den Schalter S_p und durch die Induktivität W_2 in den Kondensator C_2 und entsprechend wie oben über die Glättungsdrossel L_1 in das Netz 4.

5 In Fig. 3 ist die Funktionsweise des Querzweiges mit dem Schalter S_{c1} , der Diode D_{c1} und dem Kondensator C_1 dargestellt. Der Kondensator C_1 hat die Aufgabe, die in der unvermeidbaren Streuinduktivität der ersten Induktivität W_1 gespeicherte Energie aufzunehmen und
10 an den Ausgang weiterzuleiten. Hierzu wird in der positiven Halbwelle, wie in Fig. 3 dargestellt ist, der Schalter S_{c1} kurz vor dem Öffnen des Schalters S_0 geschlossen, d.h., die Verzögerungszeit zwischen dem Einschalten des dritten Schalters S_{c1} und dem Ab-
15 schalten des ersten Schalters S_0 beträgt T_D . Die Einschaltzeit des dritten Schalters ist mit T_{sc1} bezeichnet. Dadurch ergibt sich ein Strompfad über die Diode D_p , den Kondensator C_1 , den Schalter S_{c1} und die Induktivität W_1 , so dass die in der Streuinduktivität
20 von W_1 gespeicherte Energie auf den Kondensator C_1 übertragen wird und diesen auflädt. Gleichzeitig fließt auch bereits, wie oben beschrieben, ein Strom über die Diode D_p , den Schalter S_p und die zweite Induktivität W_2 in den Ausgang.

25 Der Kondensator C_1 bildet mit der Streuinduktivität der ersten Induktivität W_1 einen Schwingkreis, so dass sich der in Fig. 3 unten dargestellte Strom I_{c1} ergibt. Wie zu erkennen ist, kehrt sich die Stromflussrichtung in dem Kondensator C_1 nach einer definierten Zeit (Nulldurchgang bei T_{01}) wieder um, und es erfolgt ein Energiefluss über die Wicklung W_1 , die dann leitende Diode D_{c1} , den Kondensator C_1 , den
30 Schalter S_p und die zweite Induktivität W_2 in den Ausgang. Wesentlich ist dabei, dass der Schalter S_{c1} geöffnet wird, nachdem sich die Stromrichtung umge-
35

kehrt hat und der Strom durch die parallel liegende Diode D_{c1} fließt. Eine derartige Abschaltung des Schalters S_{c1} kann wegen der festen zeitlichen Abläufe von der nicht dargestellten Steuer- bzw. Regelungseinheit entweder zeitgesteuert durchgeführt werden oder aber auch durch eine Erfassung der Stromrichtung in dem Querspfad. Bei einer zeitgesteuerten Einschaltung des dritten Schalters S_{c1} muss die Einschaltdauer T_{sc1} länger sein als die Zeit T_{01} bis zum ersten Nulldurchgang des Kondensatorstroms I_{c1} und kürzer als die Zeit T_{02} bis zum zweiten Nulldurchgang. Bei einer zustandsabhängigen Ansteuerung würde der Schalter S_{c1} durch den ersten Nulldurchgang T_{01} ausgeschaltet.

Wie in Fig. 3 erkennbar, endet der Umschwingvorgang beim nächsten Nulldurchgang T_{02} des Stromes I_{c1} , da dann die Diode D_{c1} in Sperrrichtung liegt und der Schalter S_{c1} , wie beschrieben, geöffnet wurde. Durch das beschriebene Timing wird erreicht, dass die in der Streuinduktivität gespeicherte Energie gezielt an den Ausgang weitergegeben werden kann und keine unnötigen, mit Verlusten verbundenen Oszillationen innerhalb der Schaltung stattfinden. Diese Maßnahme führt zu einer merklichen Erhöhung des Wirkungsgrades.

Weiterhin hat das Vorhandensein des in der negativen Halbwelle offenen Schalters S_{c1} zur Folge, dass sich der Kondensator C_1 in der negativen Halbwelle nicht über die Diode D_p auf eine hohe Spannung auflädt. Dies hätte zur Folge, dass beim Wechsel der Netzpolarität, bei dem der Schalter S_N geöffnet wird und der Schalter S_p geschlossen wird, kurzzeitig ein hoher Entladestrom-Impuls über den mit der ersten Induktivität W_1 , dem Kondensator C_1 , dem Schalter S_p , der

zweiten Induktivität W_2 und dem Kondensator C_2 gebildeten Stromkreis fließen würde.

Wie aus Fig. 1 zu erkennen ist, sind die zwei Varistoren zwischen jeweiliger Induktivität und jeweiliger Diode geschaltet. Diese haben die Aufgabe, die in den Induktivitäten gespeicherte Energie aufzunehmen, falls bei einer Notabschaltung des Wechselrichters alle Schalter gleichzeitig geöffnet werden. Anders als in vielen üblichen Wechselrichtertopologien besteht bei dieser Anordnung kein inhärenter Strompfad, über den die Induktivität ihre Energie kontrolliert abgeben könnte, z.B. über Freilaufdioden in vorhandene Pufferkondensatoren. In der Folge würden extreme Überspannungen an den Halbleitern entstehen, die diese typischerweise zerstören würden. Gemäß der Schaltung nach Fig. 1 ergeben sich im Falle einer Notabschaltung zwei Pfade für den Energieabbau. Wird die Grenzspannung der VDR-Widerstände überschritten, so kann ein Stromfluss in den Schleifen mit der ersten Induktivität W_1 , der Diode D_p und dem Varistor VDR_p sowie mit der zweiten Induktivität W_2 , der Diode D_n und dem Varistor VDR_n stattfinden. Im vorliegenden Fall können die preiswerten und robusten VDR-Widerstände eingesetzt werden, da sie keiner Pulsspannung ausgesetzt sind und die Spannung an ihnen sich vergleichsweise langsam mit Netzfrequenz, d.h. 50 Hz ändert.

Die Schaltung nach Fig. 1 kann komplementär aufgebaut werden.

Die Dioden D_n und D_p können auch als elektronische Schalter ausgeführt werden, wobei der der Diode D_n entsprechende Schalter in der negativen Halbwelle asynchron zum ersten Schalter S_0 und der der Diode D_p

entsprechende Schalter in der positiven Halbwelle angesteuert werden. Dadurch kann der Wirkungsgrad weiter erhöht werden.

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT...e.V.

087P 0844

Patentansprüche

5

1. Wechselrichter zur Umwandlung einer an Gleichspannungsanschlüssen liegenden Gleichspannung in eine über Wechselspannungsanschlüsse gelieferte Wechselspannung bzw. einen Wechselstrom mit einer mit den Gleichspannungsanschlüssen verbundenen ersten Reihenschaltung aus mindestens einem ersten elektronischen Schalter und einer ersten Induktivität zum Speichern der durchgeschalteten Energie und einer Mehrzahl von zweiten elektronischen Schaltern zum Weiterleiten der gespeicherten Energie, wobei einer der Gleich- und einer der Wechselspannungsanschlüsse an einem Neutralleiter liegen,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine zweite Induktivität (W_2) in enger Kopplung zur ersten Induktivität (W_1) vorgesehen ist, wobei die beiden Induktivitäten (W_1 , W_2) jeweils über einen zweiten elektronischen Schalter (S_N , S_P) ihre Energie an einen parallel zum Wechselspannungsanschluss liegenden Filterkondensator (C_2) abgeben und wobei ein Querkweig, der eine Reihenschaltung aus einem dritten getakteten Schalter (S_{C1}) und einem Kondensator (C_1) zur Aufnahme von Energie aus Streuinduktivitäten aufweist, mit der ersten Induktivität (W_1) und der Reihenschaltung aus einem der zweiten Schalter (S_P) und der zweiten Induktivität (W_2) verbunden ist.
2. Wechselrichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei zweiten elektronischen

35

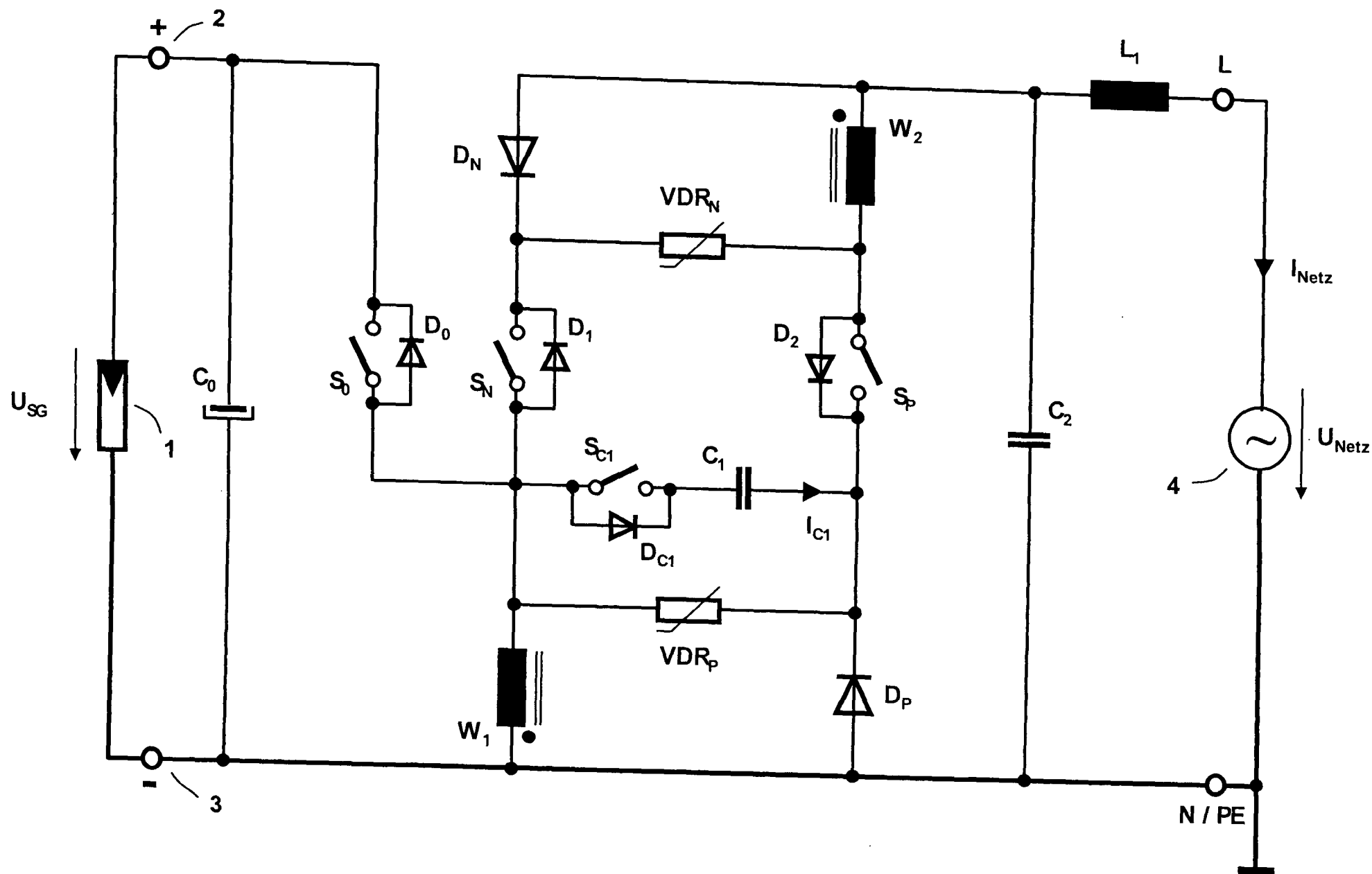
Schalter (S_N , S_P) jeweils in Reihe mit einer Diode (D_N , D_P) und einer der Induktivitäten (W_1 , W_2) liegen.

- 5 3. Wechselrichter nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Schaltphase des ersten getakteten Schalters (S_0) Energie in dem magnetischen Kreis der Induktivitäten (W_1 , W_2) gespeichert wird und in der anderen Schaltphase in beiden Induktivitäten (W_1 , W_2) eine Spannung derart induziert wird, dass über
10 die zweiten Schalter (S_N , S_P) jeweils ein Ladestrom in den Kondensator (C_2) fließt.
- 15 4. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von der Polarität des Wechselstroms bzw. der Wechselspannung die zweiten Schalter (S_N , S_P) abwechselnd schalten.
- 20 5. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zum dritten Schalter (S_{C1}) eine Diode (D_{C1}) geschaltet ist.
- 25 6. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Induktivität (W_1) einerseits an den Neutralleiter (3) angeschlossen ist und andererseits über einen
30 der zweiten Schalter (S_N) und eine Diode (D_N) mit dem Wechselspannungsanschluss bzw. dem Filterkondensator (C_2) verbunden ist und die zweite Induktivität (W_2) einerseits über den anderen
der zweiten Schalter (S_P) und eine Diode (D_P) an dem Neutralleiter (3) liegt und andererseits mit dem Wechselspannungsanschluss bzw. dem Filterkondensator (C_2) verbunden ist.

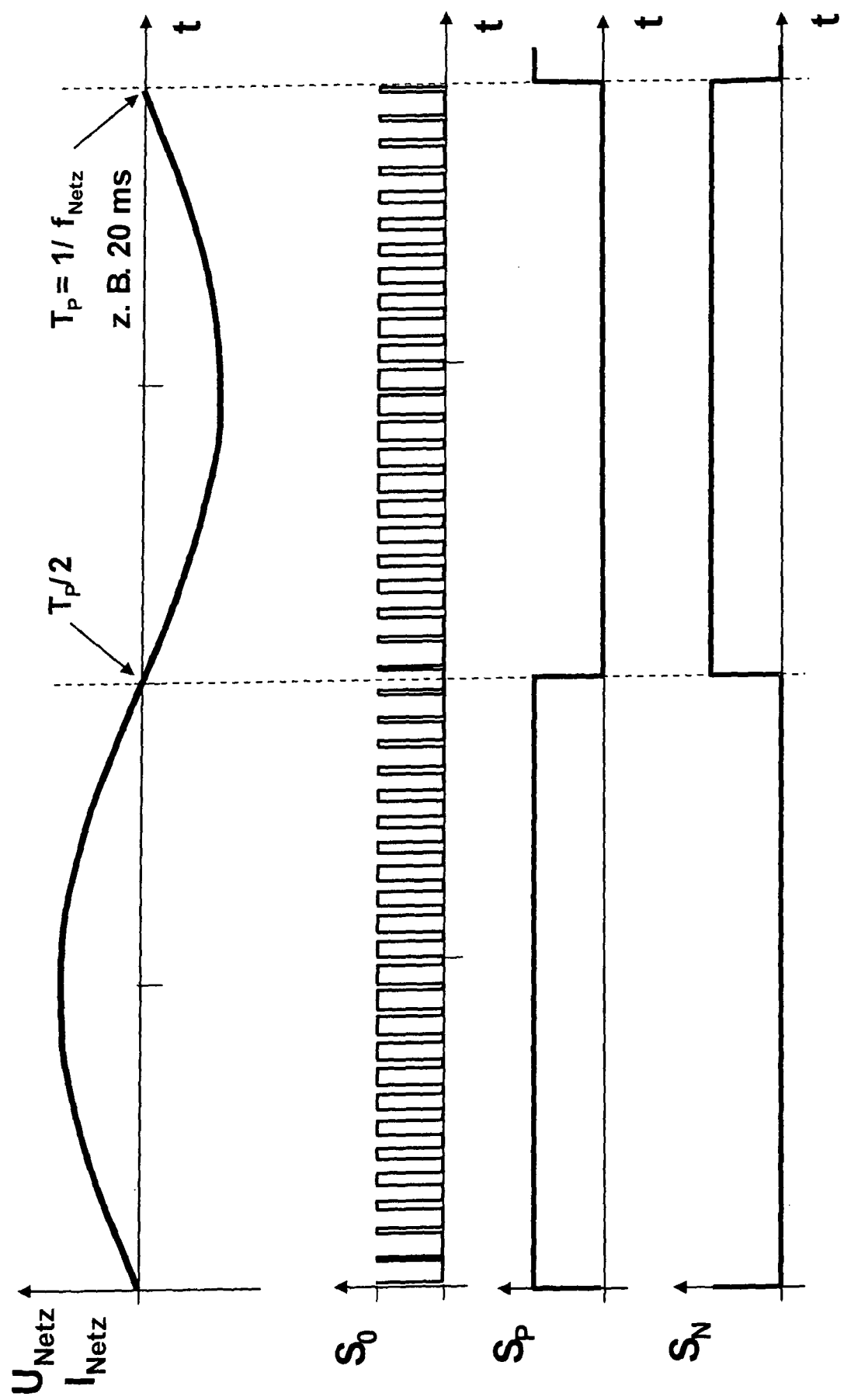
- 5 7. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der dritte Schalter (S_0 , S_{C1}) derart taktweise angesteuert werden, dass der dritte Schalter (S_{C1}) kurz vor dem Öffnen des ersten Schalters (S_0) geschlossen wird.
- 10 8. Wechselrichter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Schalter (S_{C1}) abhängig von der Stromflussrichtung im Kondensator (C_1) öffnet.
- 15 9. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Überspannung begrenzende Bauelemente (VDR_N , VDR_P) zum Energieabbau jeweils mit einer Induktivität (W_1 , W_2) und einer Diode (D_N , D_P) verbunden sind.
- 20 10. Wechselrichter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Überspannung begrenzenden Bauelemente Varistoren (VDR_N , VDR_P) sind.
- 25 11. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an die Gleichspannungsanschlüsse ein Solargenerator (1), vorzugsweise mit mehreren Modulen, eine Brennstoffzelle und/oder eine Batterie angeschlossen sind.
- 30 12. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die als Solar-generator (1) ausgebildete Gleichspannungsquelle mit ihrem negativen Anschluss mit dem Neutralleiter (3) verbunden ist und alle Module der Gleichspannungsquelle ein positives Potential gegenüber dem Neutralleiter (3) aufweisen.
13. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die als Solar-

5 generator (1) ausgebildete Gleichspannungsquelle mit ihrem positiven Anschluss mit dem Neutralleiter (3) verbunden ist und alle Module der Gleichspannungsquelle ein negatives Potential gegenüber dem Neutralleiter (3) aufweisen.

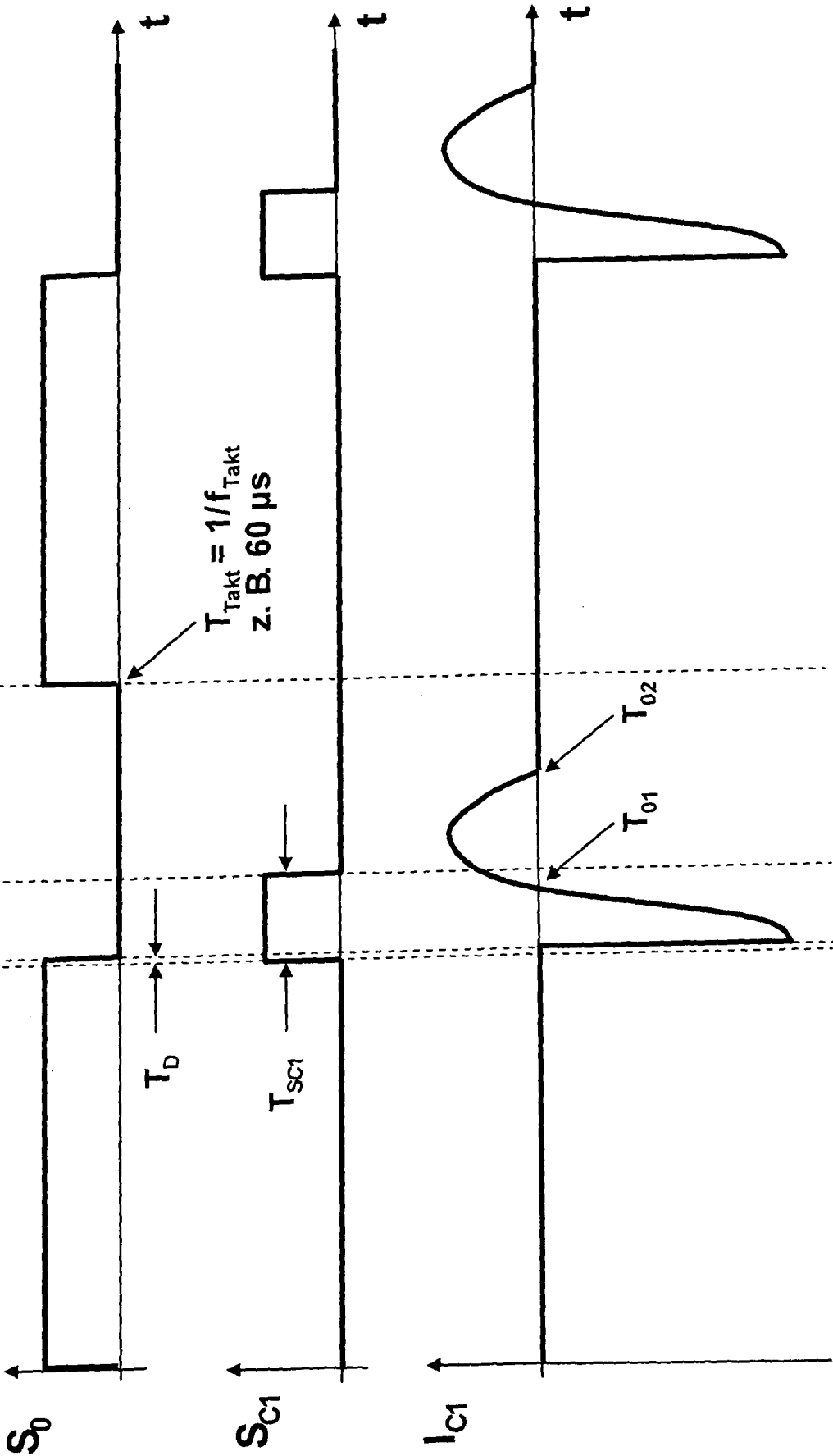
14. Wechselrichter nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die den zweiten Schaltern (S_N , S_P) zugeordneten Dioden (D_N , D_P) als elektronische Schalter ausgeführt sind.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/004124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02M1/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 2007/073946 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; SCHMIDT HERIBERT [DE]; BURGER BRUNO [DE]) 5 July 2007 (2007-07-05) the whole document	1-14
Y	US 4 935 861 A (JOHNSON JR ROBERT W [US] ET AL) 19 June 1990 (1990-06-19) the whole document	1-3, 5, 9-14
A		4, 6-8
Y	US 2003/205990 A1 (WITTENBREDE ERNEST H [US]) 6 November 2003 (2003-11-06) paragraphs [0134], [0135]; figures 14, 15	1-3, 5, 9-14
A		4, 6-8
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2008

Date of mailing of the international search report

26/11/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jansen, Helma

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/004124

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 94/09555 A (CENTRAL RESEARCH LAB LTD [GB]; GREEN IAN MACDONALD [GB]) 28 April 1994 (1994-04-28) the whole document	1-14
A	BO FENG ET AL: "1kW PFC converter with compound active-clamping" PESC'03. 2003 IEEE 34TH. ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. CONFERENCE PROCEEDINGS. ACAPULCO, MEXICO, JUNE 15 - 19, 2003; [ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE], NEW YORK, NY :: IEEE, US, vol. 4, 15 June 2003 (2003-06-15), pages 1691-1696, XP010648550 ISBN: 978-0-7803-7754-7 the whole document	1
A	DE 103 27 225 A1 (HUFNAGEL HEINRICH [DE]) 5 January 2005 (2005-01-05) the whole document	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2008/004124

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007073946	A	05-07-2007	DE 102006012164 A1 EP 1969707 A1	05-07-2007 17-09-2008
US 4935861	A	19-06-1990	FR 2648285 A1 JP 2984321 B2 JP 3018236 A	14-12-1990 29-11-1999 25-01-1991
US 2003205990	A1	06-11-2003	NONE	
WO 9409555	A	28-04-1994	GB 2271478 A	13-04-1994
DE 10327225	A1	05-01-2005	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004124

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02M1/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile.	Betr. Anspruch Nr.
P, X	WO 2007/073946 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; SCHMIDT HERIBERT [DE]; BURGER BRUNO [DE]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) das ganze Dokument	1-14
Y	US 4 935 861 A (JOHNSON JR ROBERT W [US] ET AL) 19. Juni 1990 (1990-06-19) das ganze Dokument	1-3, 5, 9-14
A		4, 6-8
Y	US 2003/205990 A1 (WITTENBREder ERNEST H [US]) 6. November 2003 (2003-11-06) Absätze [0134], [0135]; Abbildungen 14, 15	1-3, 5, 9-14
A		4, 6-8
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2008

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/11/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jansen, Helma

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004124

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 94/09555 A (CENTRAL RESEARCH LAB LTD [GB]; GREEN IAN MACDONALD [GB]) 28. April 1994 (1994-04-28) das ganze Dokument -----	1-14
A	BO FENG ET AL: "1kW PFC converter with compound active-clamping" PESC'03. 2003 IEEE 34TH. ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. CONFERENCE PROCEEDINGS. ACAPULCO, MEXICO, JUNE 15 - 19, 2003; [ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE], NEW YORK, NY ;; IEEE, US, Bd. 4, 15. Juni 2003 (2003-06-15), Seiten 1691-1696, XP010648550 ISBN: 978-0-7803-7754-7 das ganze Dokument -----	1
A	DE 103 27 225 A1 (HUFNAGEL HEINRICH [DE]) 5. Januar 2005 (2005-01-05) das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004124

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007073946	A	05-07-2007	DE 102006012164 A1 EP 1969707 A1	05-07-2007 17-09-2008
US 4935861	A	19-06-1990	FR 2648285 A1 JP 2984321 B2 JP 3018236 A	14-12-1990 29-11-1999 25-01-1991
US 2003205990	A1	06-11-2003	KEINE	
WO 9409555	A	28-04-1994	GB 2271478 A	13-04-1994
DE 10327225	A1	05-01-2005	KEINE	