

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1598/2004 (51) Int. Cl.⁸: **H02M 1/088**
H02M 7/5387
(22) Anmeldetag: 2004-09-23
(43) Veröffentlicht am: 2009-04-15

(56) Entgegenhaltungen:
US 6002241A DE 19642522C1
JP 09-121559A

(73) Patentinhaber:
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT)

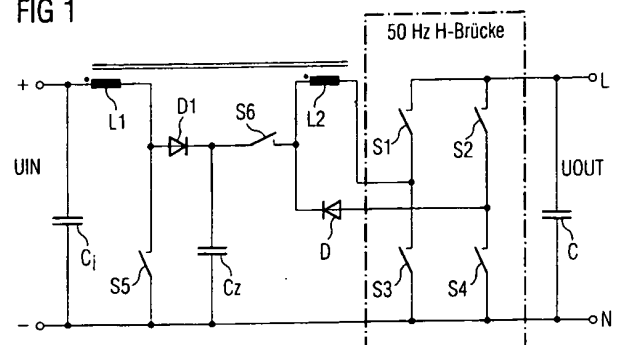
(72) Erfinder:
HALLAK JALAL
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES WECHSELRICHTERS UND ANORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

(57) Verfahren zum Betrieb eines elektronisch gesteuerten Wechselrichters und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines elektronisch gesteuerten Wechselrichters, dadurch gekennzeichnet, dass der Wechselrichter während der positiven Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art einer Hoch-/Tiefsetzsteller-Kaskade arbeitet und bei dem der Wechselrichter während der negativen Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art eines Inverters arbeitet.

FIG 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines elektronisch gesteuerten Wechselrichters und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Elektronisch gesteuerte Wechselrichter sind beispielsweise aus US-Z.:C.M. Penalver, u.a. „Microprocessor Control of DC/AC Static Converters“; IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. IE-32, No.3, August 1985, S.186 -191; bekannt. Sie werden beispielsweise in Solaranlagen dazu eingesetzt, den durch die Solarzellen erzeugten Gleichstrom so umzuformen, dass eine Abgabe in das öffentliche Wechselstrom-Netz möglich ist. Erst damit ist eine praktisch uneingeschränkte Nutzung der solar produzierten Energie gewährleistet.

Die Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für Wechselrichter hat unter anderem dazu geführt, die Grundtypen von Hochsetzsteller, Hochtiefsetzsteller und Tiefsetzsteller für spezielle Anwendungsfälle abzuwandeln. Als Beispiel sei hier eine Veröffentlichung in der Zeitschrift EDN vom 17. Okt. 2002 „Slave converters power auxiliary outputs“, Sanjaya Maniktala; angeführt, in der verschiedene Kombinationsmöglichkeiten von Wechselrichter-Grundtypen beschrieben werden.

Eine beispielhafte Kombinationsmöglichkeit von Wechselrichter-Grundtypen mit zwei Betriebsmodi ist aus der US 6 002 241 A bekannt. Dabei wird abhängig vom Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung zwischen den beiden Betriebsmodi hin und her geschaltet, wobei am Ausgang dieser Schaltung eine pulsierende Gleichspannung vorliegt. Um eine Wechselspannung zu erhalten, ist jede zweite Halbwelle zu invertieren.

Eine weitere Kombinationsschaltung für einen Wechselrichter beschreibt die DE 196 42 522 C1. Die Schaltung wandelt eine Gleichspannung in eine Wechselspannung um, wobei während der positiven Halbwellen und während der negativen Halbwellen der Wechselspannung unterschiedliche Betriebsmodi vorgesehen sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Wechselrichter weiterzubilden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem der Wechselrichter während der positiven Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art einer Hoch-/Tiefsetzsteller-Kaskade arbeitet und bei dem der Wechselrichter während der negativen Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art eines Inverters arbeitet.

Die erfindungsgemäße Kombination der Funktionen von Hoch-/Tiefsetzsteller und Inverter führt zu einem verlustarmen Wechselrichter mit besonders geringem Rippelstrom, der damit auch einen hohen Wirkungsgrad aufweist und daher insbesondere für den Einsatz in Solaranlagen besonders geeignet ist.

Vorteilhaft ist es, wenn der Wechselrichter eine aus erstem, zweitem, drittem und viertem Halbleiterschalter gebildete Halbleiterbrückenschaltung umfasst, deren erster Ausgang mit einem ersten Anschluss eines Wechselspannungsausganges des Wechselrichters verbunden ist, deren zweiter Ausgang mit einem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges des Wechselrichters verbunden ist, wenn weiterhin eine erste Drossel vorgesehen ist, deren erste Seite mit dem positiven Pol einer Gleichspannungsquelle verbunden ist und deren zweite Seite über einen fünften Halbleiterschalter mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle verbunden ist, wenn die Verbindung zwischen erster Drossel und fünftem Halbleiterschalter über eine erste Diode und einen sechsten Halbleiterschalter mit dem ersten Anschluss einer zweiten Drossel und der Kathode einer zweiten Diode verbunden ist, wenn der zweite Anschluss der zweiten Drossel mit einem ersten Eingang der Brückenschaltung verbunden ist und die Anode der zweiten Diode mit einem zweiten Eingang der Brückenschaltung verbunden ist und wenn der negativen Pol der Gleichspannungsquelle mit dem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges verbunden ist und die Verbindung von erster Diode und sechstem Halbleiter-

schalter über einen Kondensator mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle verbunden ist.

5 Dabei ist es günstig, wenn ein Mikrocontroller vorgesehen ist, welcher zur Steuerung der Halbleiterschalter entsprechend programmiert ist.

10 Besonders vorteilhaft ist es weiterhin, wenn mittels diesem Mikrocontroller während der positiven Halbwelle der Ausgangswchselspannung der erste und der vierte Halbleiterschalter permanent eingeschaltet und der zweite und der dritte Halbleiterschalter permanent ausgeschaltet werden, und wenn der fünfte und der sechste Halbleiterschalter gepulst geschaltet werden und wenn während der negativen Halbwelle der Ausgangswchselspannung der sechste Halbleiterschalter gepulst geschaltet wird, und wenn in diesem Zeitraum der zweite und der dritte Halbleiterschalter dauerhaft eingeschaltet und der erste, der vierte und der fünfte Halbleiterschalter dauerhaft ausgeschaltet werden.

15 Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1 den Schaltplan eines beispielhaften Wechselrichters

20 Fig. 2 den Schaltplan eines beispielhaften Wechselrichters bei Verwendung von n-Kanal Sperrschicht MOSFETs.

Fig. 3, 4, 5 und 6 Stromfluß und Schaltzustände in einem beispielhaften Wechselrichter während der positiven Halbwelle der Ausgangswchselspannung,

Fig. 7 und 8 Stromfluß und Schaltzustände in einem beispielhaften Wechselrichter während der negativen Halbwelle der Ausgangswchselspannung, sowie

25 Fig. 9 und Fig. 10 den zeitlichen Verlauf beispielhafter Ansteuersignale für die Halbleiterschalter.

Der in den Figuren dargestellte Wechselrichter umfasst eine aus erstem, zweitem, drittem und viertem Halbleiterschalter S1, S2, S3, S4 gebildete Halbleiterbrückenschaltung.

30 Der aus der Verbindung von erstem und zweitem Halbleiterschalter S1, S2 gebildete erste Ausgang der Halbleiterbrückenschaltung ist mit einem ersten Anschluss eines Wechselspannungsausganges U_{OUT} des Wechselrichters verbunden. Der aus der Verbindung von drittem und viertem Halbleiterschalter S3, S4 gebildete zweite Ausgang der Halbleiterbrückenschaltung ist mit einem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges U_{OUT} des Wechselrichters verbunden. Weiterhin ist eine erste Drossel L1 vorgesehen, deren erste Seite mit dem positiven Pol einer Gleichspannungsquelle U_{IN} verbunden und deren zweite Seite über einen fünften Halbleiterschalter S5 mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} verbunden ist. Die Verbindung zwischen erster Drossel L1 und fünftem Halbleiterschalter S5 ist über eine erste Diode D1 und einen sechsten Halbleiterschalter S6 mit dem ersten Anschluss einer zweiten Drossel L2 und der Kathode einer zweiten Diode D2 verbunden und der zweite Anschluss der zweiten Drossel L2 an einen, durch die Verbindung von erstem und drittem Halbleiterschalter S1, S3 gebildeten ersten Eingang der Brückenschaltung S1, S2, S3, S4 angeschlossen.

45 Erste und zweite Drossel L1, L2 können einen gemeinsamen Kern aufweisen. Die Verbindung von erster Diode D1 und sechstem Halbleiterschalter S6 ist über einen Kondensator Cz mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle verbunden.

50 Die Anode der zweiten Diode D2 ist mit einem durch die Verbindung von zweitem und viertem Halbleiterschalter S2, S4 gebildeten zweiten Eingang der Brückenschaltung S1, S2, S3, S4 verbunden. Weiterhin ist der negativen Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} mit dem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges U_{OUT} verbunden.

55 Bei Verwendung von n-Kanal Sperrschicht MOSFET als Halbleiterschalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 ist die Einbaurichtung zu beachten, die in Fig. 2 durch die strichliert dargestellten Dioden-

symbole angedeutet ist.

Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung ist der Einsatz einer Diode D3 zweckmäßig, deren Funktion allerdings auch durch eine entsprechende Ansteuerung der Halbleiterschalter realisiert werden kann.

Die Ansteuerung der Halbleiterschalter erfolgt mittels (nicht dargestelltem) Mikrocontroller.

Dabei werden erfindungsgemäß während der positiven Halbwelle der Ausgangswchselspannung der erste und der vierte Halbleiterschalter S1, S4 permanent eingeschaltet und der zweite und der dritte Halbleiterschalter S2, S3 permanent ausgeschaltet. Der fünfte und der sechste Halbleiterschalter S5, S6 werden in diesem Zeitraum gepulst geschaltet. Während der negativen Halbwelle der Ausgangswchselspannung wird der sechste Halbleiterschalter S6 gepulst geschaltet und der zweite und der dritte Halbleiterschalter S2, S3 werden in diesem Zeitraum dauerhaft eingeschaltet, der erste, der vierte und der fünfte Halbleiterschalter S1, S4, S5 hingegen dauerhaft ausgeschaltet.

Fig. 3 zeigt dabei den Zustand, in dem der Wechselrichter während einer positiven Halbwelle der Ausgangsspannung elektrische Energie aus der Gleichspannungsquelle U_{IN} aufnimmt. Dazu ist der fünfte Halbleiterschalter S5 geschlossen und damit ein Strompfad zwischen dem positiven Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} über die erste Drossel L1 und den fünften Halbleiterschalter S5 gegeben. Der sechste Halbleiterschalter S6 ist dabei geöffnet.

In diesem Zustand speichert die Drossel L1 Energie, die - wie in Fig. 4 dargestellt - nach dem Öffnen des fünften Halbleiterschalters S5 und dem Schließen des sechsten Halbleiterschalters S6 über die erste Diode D1, den sechsten Halbleiterschalter S6, die zweite Drossel L2 und die Halbleiterbrückenschaltung an den Wechselspannungsausgang U_{OUT} und gleichzeitig auch an den Kondensator Cz abgegeben wird.

Wie in Fig. 5 dargestellt, wird die in der zweiten Drossel L2 gespeicherte Energie nach dem Öffnen des sechsten Halbleiterschalters S6 über die zweite Diode D2 und über die Halbleiterbrückenschaltung an den Wechselspannungsausgang U_{OUT} abgegeben. Gleichzeitig wird der Kondensator Cz weiter geladen. Der entsprechende Stromkreis verläuft vom positiven Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} über die erste Drossel L1, die erste Diode D1 und den Kondensator Cz zum negativen Pol der Gleichspannungsquelle.

Im nächsten Schaltvorgang wird - wie in Fig. 6 dargestellt - wiederum der fünfte Halbleiterschalter S5 geschlossen und der sechste Halbleiterschalter S6 geöffnet.

Es bildet sich wiederum der bereits in Fig. 3 dargestellte Stromkreis vom positiven Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} über die erste Drossel L1 und den fünften Halbleiterschalter S5 zum negativen Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} .

Der bereits in Fig. 5 dargestellte Stromkreis über die zweite Drossel L2, die zweite Diode D2 und über die Halbleiterbrückenschaltung an den Wechselspannungsausgang U_{OUT} bleibt aufrecht.

Anhand der Fig. 7 und Fig. 8 werden nun die Schaltzustände während der negativen Halbwelle der Ausgangswchselspannung erläutert. Wie auch aus den Fig. 9 und Fig. 10 ersichtlich, wird in diesem Zeitraum der sechste Halbleiterschalter S6 gepulst geschaltet und der zweite und der dritte Halbleiterschalter S2, S3 werden in diesem Zeitraum dauerhaft eingeschaltet, der erste, der vierte und der fünfte Halbleiterschalter S1, S4, S5 hingegen dauerhaft ausgeschaltet.

Damit wird erfindungsgemäß während der negativen Halbwelle der Ausgangswchselspannung die Funktion eines sogenannten Inverters ausgeführt.

Fig. 7 zeigt die Verhältnisse, wenn der sechste Halbleiterschalter S6 geschlossen ist. Es bildet sich ein Strompfad zwischen dem positiven Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} über die erste Drossel L1, die erste Diode D1, den sechsten Halbleiterschalter S6, die zweite Drossel L2, und den dritten Halbleiterschalter S3 zum negativen Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} . Diesem Strompfad ist ein zweiter Stromkreis überlagert, der über den Kondensator Cz, den sechsten Halbleiterschalter S6, die zweite Drossel L2, und den dritten Halbleiterschalter S3 verläuft.

Im nächsten Schaltvorgang wird - wie in Fig. 8 dargestellt - der sechste Halbleiterschalter S6 geöffnet.

Die sich daraus ergebenden Stromkreise verlaufen einerseits vom positiven Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} über die erste Drossel L1, die erste Diode D1 und den Kondensator Cz zum negativen Pol der Gleichspannungsquelle U_{IN} und andererseits über die zweite Drossel L2, den dritten Halbleiterschalter S3, das Wechselspannungsnetz U_{OUT} sowie den zweiten Halbleiterschalter S2 und die zweite Diode D2.

In Fig. 9 und Fig. 10 ist jeweils der beispielhafte Verlauf der Steuersignale für die Halbleiterschalter S1, S2, S3, S4, S5 und S6 dargestellt, wobei die beiden Figuren vorstellbare unterschiedliche Schaltvarianten während des Zeitraumes der positiven Halbwelle der Ausgangswechselspannung darstellen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betrieb eines elektronisch gesteuerten Wechselrichters, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Wechselrichter während der positiven Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art einer Hoch-/Tiefsetzsteller-Kaskade arbeitet und bei dem der Wechselrichter während der negativen Halbwelle der Ausgangswechselspannung so angesteuert wird, dass er nach Art eines Inverters arbeitet.
2. Wechselrichter zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Wechselrichter eine aus erstem, zweitem, drittem und viertem Halbleiterschalter (S1, S2, S3, S4) gebildete Halbleiterbrückenschaltung umfasst, deren erster Ausgang mit einem ersten Anschluss eines Wechselspannungsausganges (U_{OUT}) des Wechselrichters verbunden ist, deren zweiter Ausgang mit einem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges (U_{OUT}) des Wechselrichters verbunden ist, dass weiterhin eine erste Drossel (L1) vorgesehen ist, deren erste Seite mit dem positiven Pol einer Gleichspannungsquelle (U_{IN}) verbunden ist und deren zweite Seite über einen fünften Halbleiterschalter (S5) mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle (U_{IN}) verbunden ist, dass die Verbindung zwischen erster Drossel (L1) und fünftem Halbleiterschalter (S5) über eine erste Diode (D1) und einen sechsten Halbleiterschalter (S6) mit dem ersten Anschluss einer zweiten Drossel (L2) und der Kathode einer zweiten Diode (D2) verbunden ist, dass der zweite Anschluss der zweiten Drossel (L2) mit einem ersten Eingang der Brückenschaltung (S1, S2, S3, S4) verbunden ist und die Anode der zweiten Diode (D2) mit einem zweiten Eingang der Brückenschaltung (S1, S2, S3, S4) verbunden ist und dass der negative Pol der Gleichspannungsquelle (U_{IN}) mit dem zweiten Anschluss des Wechselspannungsausganges (U_{OUT}) verbunden ist und dass und die Verbindung von erster Diode (D1) und sechstem Halbleiterschalter (S6) über einen Kondensator mit dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle (U_{IN}) verbunden ist.
3. Wechselrichter nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Mikrocontroller vorgesehen ist, welcher während der positiven Halbwelle der Ausgangswechselspannung den ersten und den vierten Halbleiterschalter (S1, S4) permanent einschaltet, den zweiten und den dritten Halbleiterschalter (S2, S3) permanent ausschaltet und den fünften und den sechsten Halbleiterschalter (S5, S6) gepulst schaltet, und welcher während der negativen

Halbwelle der Ausgangswchselfspannung den fechften Halbleiterschalter (S6) gepulst schaltet und in diesem Zeitraum den zweiten und den dritten Halbleiterschalter (S2, S3) dauerhaft einschaltet und den ersten, den vierten und den ffnften Halbleiterschalter (S1, S4, S5) dauerhaft ausschaltet.

5

Hiezu 6 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



FIG 1

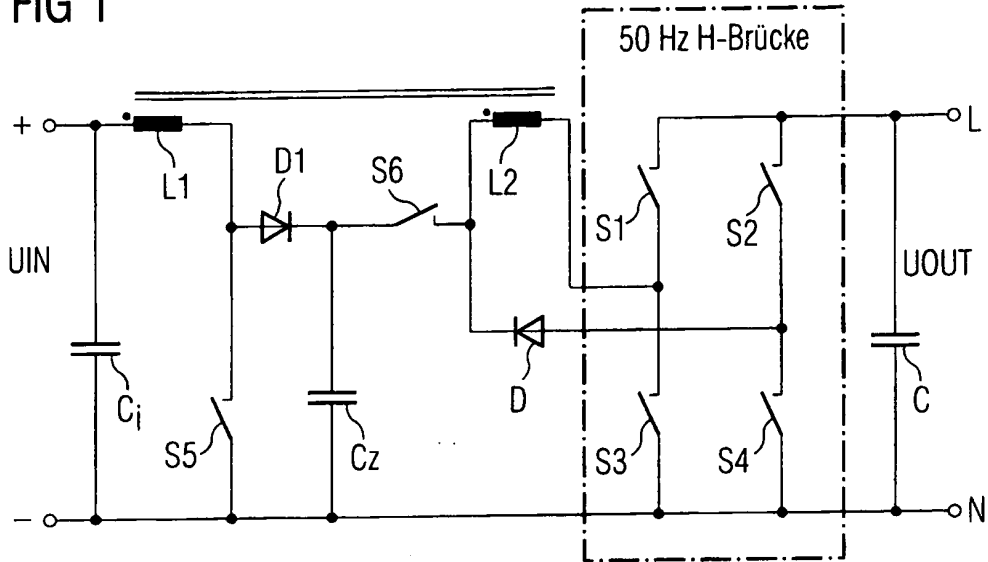


FIG 2

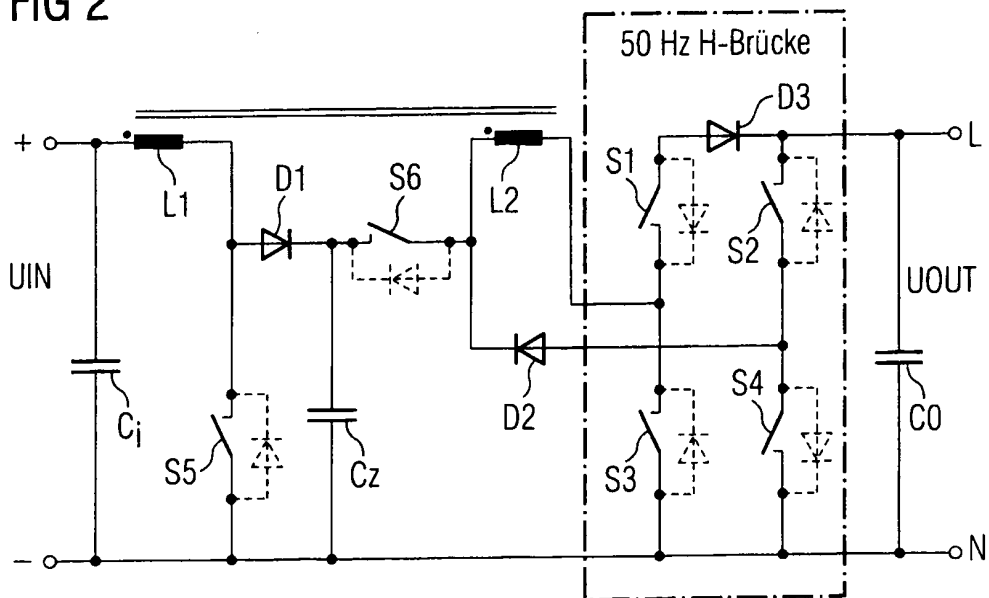




FIG 3

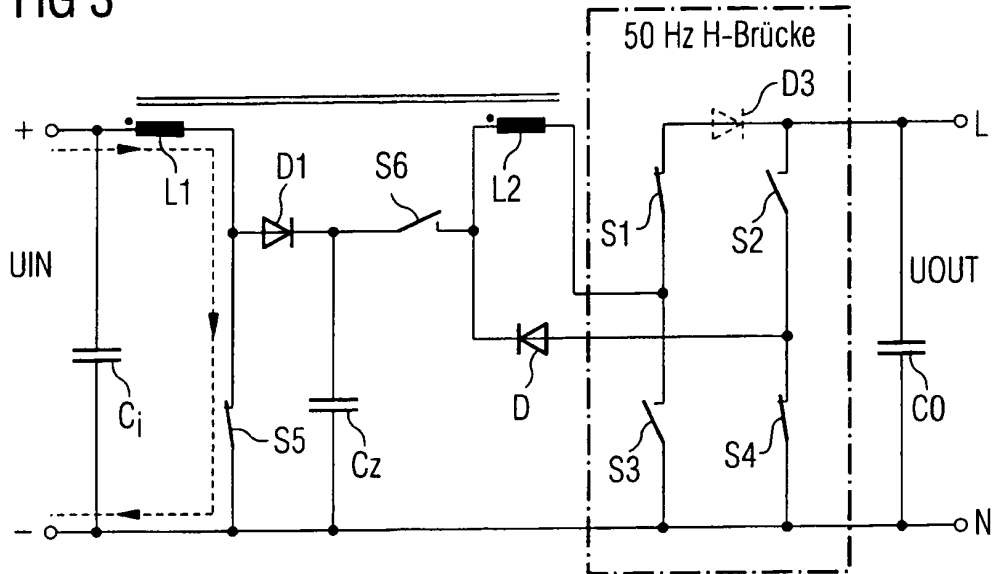


FIG 4

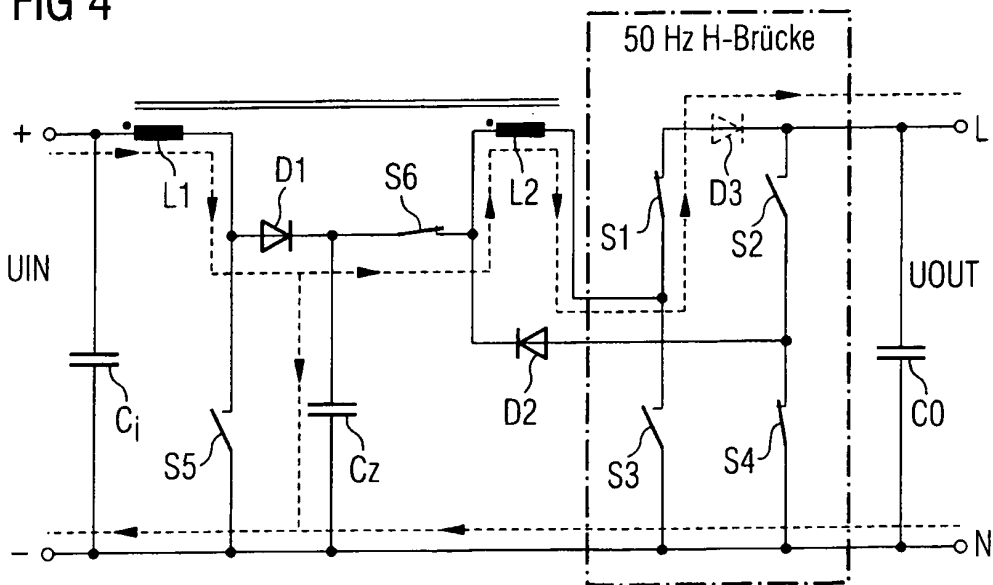




FIG 5

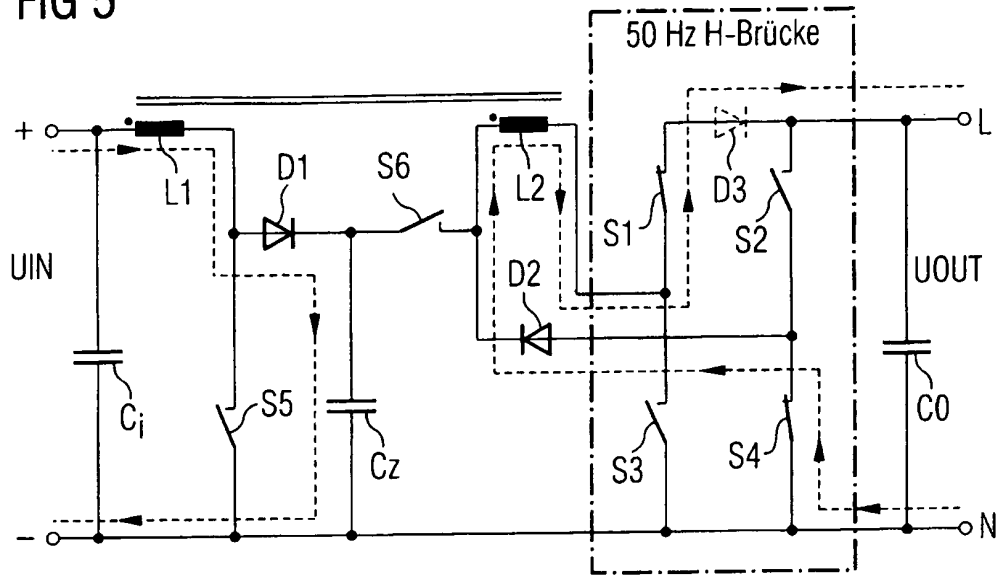
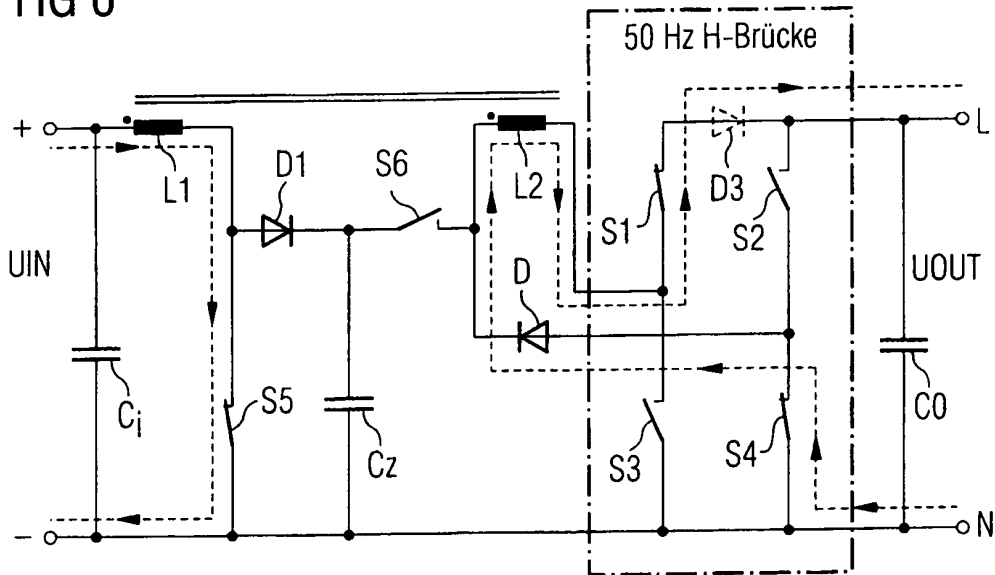


FIG 6



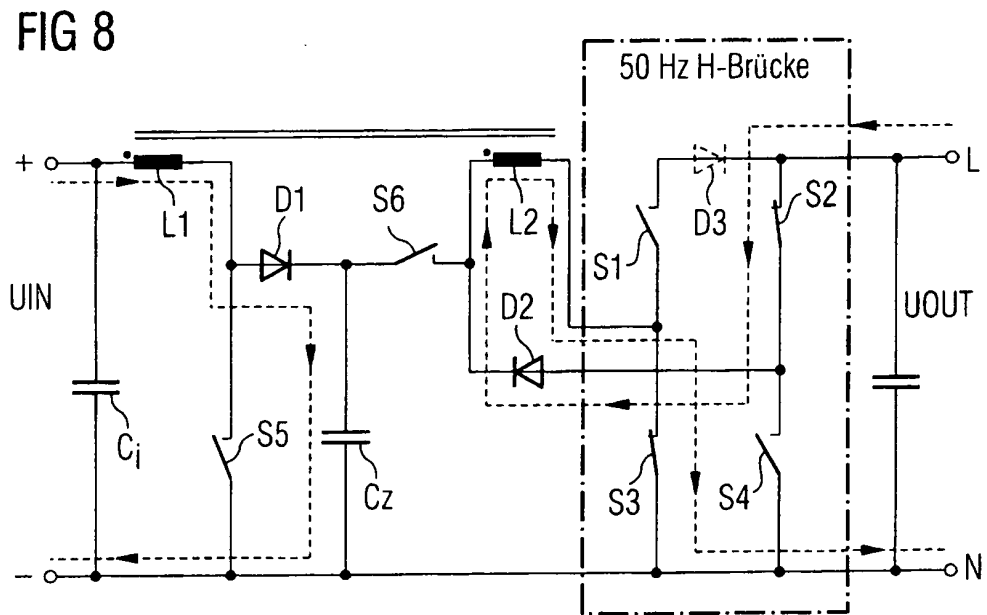
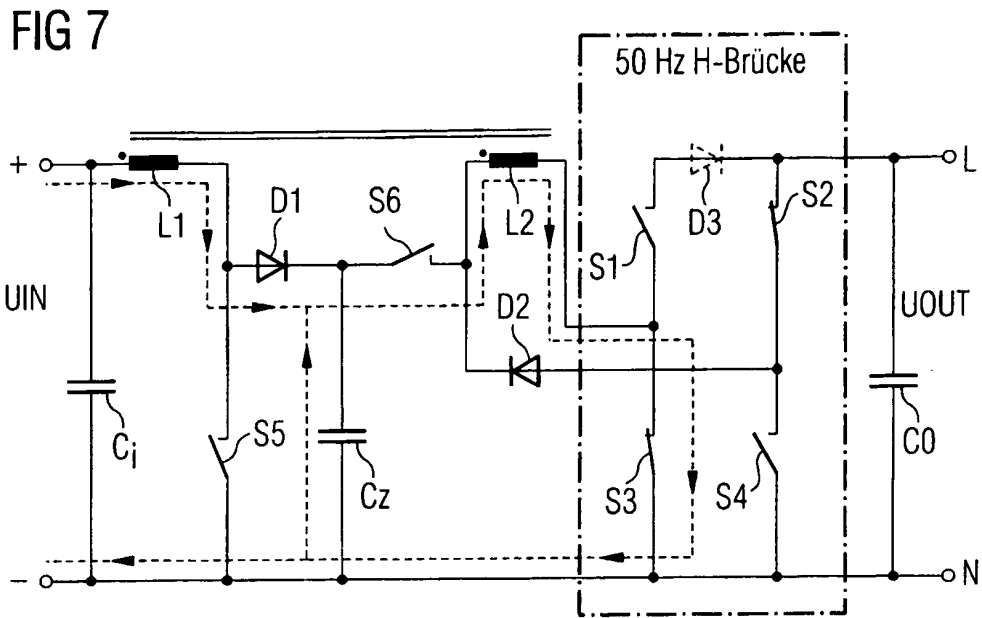




FIG 9

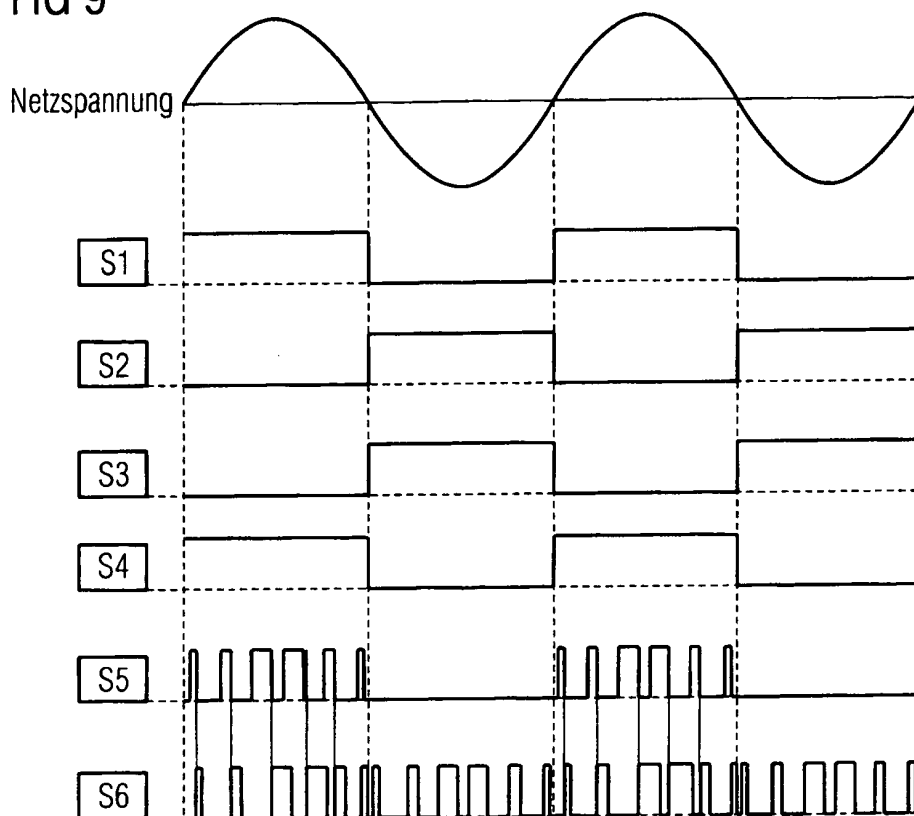




FIG 10

