

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 297/2005 (51) Int. Cl.⁸: H02M 3/335
G05F 1/618
(22) Anmeldetag: 2005-02-22
(43) Veröffentlicht am: 2009-05-15

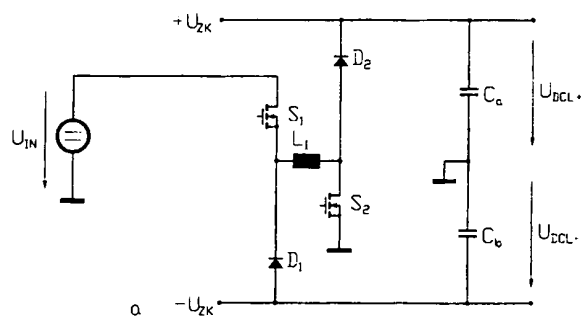
(56) Entgegenhaltungen:
WO 2003/050937A1 EP 0734009A2

(73) Patentanmelder:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.
A-2351 WR. NEUDORF (AT)

(72) Erfinder:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.
WR. NEUDORF (AT)
EDELMOSEKARL DIPL.ING. DR.
WIEN (AT)

(54) **DC/DC KONVERTER FÜR SYMMETRISCHE SPANNUNGEN MIT NUR EINER SPULE**

(57) Die Erfindung dient zur Umformung einer unidirektionalen Eingangsspannung in zwei in Bezug auf die Eingangsspannung symmetrische (unterschiedlicher Polarität) Ausgangsspannungen. Dies ist besonders bei der Realisierung von Wechselspannungen von großem Nutzen, da der dann erforderliche Wechselrichter sehr einfach gestaltet werden kann. Der Pluspol der Eingangsspannung (U_{IN}) ist mit dem positiven Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) verbunden. Sein negativer Anschluss ist mit dem Wicklungsanfang der Spule (L_1) verbunden, deren Wicklungsende mit einem gegen Masse geschalteten aktiven Schalter (S_2) und der Anode einer ersten Diode (D_2) verbunden ist, an deren Kathode die positive Anschlussklemme der Ausgangsspannung ($+U_{ZK}$) und ein gegen Masse geschalteter erster Kondensator (C_a) angeschlossen ist. An den negativen Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) ist die Kathode einer zweiten Diode (D_1), deren Anode sowohl mit der negativen Anschlussklemme der Ausgangsspannung ($-U_{ZK}$) als auch mit einem gegen Masse geschalteten, zweiten Kondensator (C_b) verbunden ist, geschaltet.



Die Erfindung dient zur Umformung einer unidirektionalen Eingangsspannung in zwei in Bezug auf die Eingangsspannung unterschiedlicher Polarität veränderbare Ausgangsspannungen. Dies ist besonders bei der Realisierung von Wechselspannungen von großem Nutzen, da der dann erforderliche Wechselrichter sehr einfach gestaltet werden kann. Auch beim Betrieb von Klasse D-Verstärkern, von Mehrquadrantenantrieben für Gleichstrommaschinen oder Aktuatoren kann es sehr sinnvoll sein, symmetrische Versorgungsspannungen zu verwenden. Die symmetrische Spannung ist über das Tastverhältnis der Schalter S_1 und S_2 variierbar.

In der Patentliteratur sind einige Schaltungen veröffentlicht, die symmetrische Spannungen mit nur einer Spule erzeugen. WO 2003/050937 A1 (VDSL SYSTEMS OY) zeigt ein Schaltnetzteil mit zwei Ausgangsspannungen. Ein Tiefsetzsteller wird mit einem veränderten Freilaufkreis gestaltet, bei dem der Spulenstrom im Freilauf über zwei in Serie geschaltete Kondensatoren fließen muss. Dem zweiten Kondensator ist eine Zenerdiode zwecks Spannungsbegrenzung parallel geschaltet. Die negative Ausgangsspannung wird am zweiten Kondensator abgegriffen. Nachteilig an dieser Schaltung ist das Auftreten der Verluste an der Zenerdiode, daher ist diese Methode nur für sehr kleine Leistungen anwendbar. Die negative Spannung ist auch nicht veränderbar. EP 0 734 009 A2 (SIEMENS) zeigt eine Schaltung zur Erzeugung einer einstellbaren Ausgangsgleichspannung mit einem über einer Eingangsspannung liegenden Wert, insbesondere zur Verwendung bei der Bereitstellung von Kontrastspannungen für Flüssigkristallanzeigen. Es handelt sich dabei um einen Hochsetzsteller mit Sollwertvorgabe mittels elektronischem Potentiometer. Durch eine bekannte Kondensator-Dioden Schaltung wird eine negative Ausgangsspannung erzeugt, die im stationären Fall ungefähr der positiven Ausgangsspannung der Schaltung entspricht. Bedingt durch das Umladen von Kondensatoren entstehen dabei grundsätzlich hohe Verluste, die Schaltung ist daher nur für kleine Leistungen einsetzbar.

Die oben erwähnten Nachteile treten bei der hier vorgestellten Erfindung nicht auf. Figur 1 zeigt das Grundkonzept des hier vorgeschlagenen Gleichstromwandlers zur Erzeugung von symmetrischen, unipolaren Ausgangsspannungen. Figur 2.a zeigt den Aufbau mit unsymmetrischen, Fig. 2.b mit symmetrischen Halbbrücken und Fig. 2.c die Erweiterung durch Kondensatoren zum spannungslosen Schalten. Figur 3 zeigt die Erweiterung mit einem Wechselrichter.

Die Schaltungen sind beispielhaft mit MOSFETs gezeichnet. Jeder andere aktive elektronische Schalter, wie Bipolartransistor, IGBT, MCT u. ä., ist natürlich ebenso geeignet. Die Schaltung wird nun an Hand von Fig. 1 erklärt. Alle Bauteile werden zur Erleichterung dazu als ideal aufgefasst. Schaltet man S_1 und S_2 ein, so liegt die Eingangsspannung an der Spule L_1 , der Strom durch sie steigt. Schaltet man S_2 aus, so kommutiert der Strom in die Diode D_2 , die Spannung an der Spule L wird somit U_{IN} weniger U_{Ca} . Um stabile Betriebsbedingungen zu bekommen, wird man U_{Ca} größer als U_{IN} machen, dadurch kann der Strom in der Spule wieder abnehmen. Die Schaltung arbeitet, solange S_1 eingeschaltet ist und S_2 getaktet wird, als Hochsetzsteller für U_{Ca} .

Schaltet man S_1 und S_2 ein, so liegt die Eingangsspannung an der Spule L , der Strom durch sie steigt. Schaltet man S_1 aus, so kommutiert der Strom in die Diode D_1 , die Spannung an der Spule L wird somit minus U_{Cb} , dadurch kann der Strom in der Spule wieder abnehmen. Die Schaltung arbeitet nun, solange S_2 eingeschaltet ist und S_1 getaktet wird, als Tief-Hochsetzsteller für U_{Cb} .

Man kann nun beide Betriebsarten kombinieren und so aus einer Eingangsgleichspannung zwei gegenüber Masse symmetrische Spannungen erzeugen. Die Spannung an C_a ist dabei größer als die Eingangsspannung U_{IN} , die Spannung an C_b kann größer oder kleiner als U_{IN} sein.

Dient als Last ein Wechselrichter, so ist eine präzise Regelung der Spannung an den Kondensatoren nicht notwendig, da Spannungsschwankungen durch den Wechselrichter ausgeglichen werden können. Es kann so versucht werden, die Schaltfolge so zu optimieren, dass möglichst wenige Schaltvorgänge durchzuführen sind.

Die Schaltung lässt sich leicht mit vorgefertigten Modulen aufbauen. Figur 2.a zeigt den Aufbau mit asymmetrischen Halbbrücken und Fig. 2.b zeigt den Aufbau mit normalen Halbbrückenmodulen. Es besteht, da dann der aktive Schalter durch eine Diode und die Diode mit einem aktiven Schalter überbrückt wird, auch die Möglichkeit der synchronen Gleichrichtung. Dabei wird, wenn die Diode zu leiten beginnt, der parallel liegende aktive Schalter geschlossen. Bei kleineren Spannungsniveaus stellt der Kanalwiderstand des aktiven Schalters einen geringeren Widerstand dar als eine leitende Diode; der Strom kommutiert daher in den aktiven Schalter, die Durchlassverluste reduzieren sich. Bei einer Realisierung bei höheren Spannungen oder bei Verwendung von IGBTs hat die Diode eine geringere Flussspannung als der aktive Schalter, eine synchrone Gleichrichtung ist daher dann nicht sinnvoll. Der Aufbau mit vorgefertigten Modulen reduziert die parasitäre Induktivität und daher die entstehenden Überspannungen.

Die Schaltung kann noch durch Entlastungsnetzwerke oder Maßnahmen zum sanften Schalten (soft switching) erweitert werden. Relativ einfach lässt sich ein Schalten bei Nullspannung (zero voltage switching) erreichen. Dazu müssen nur parallel zu den aktiven und passiven Schaltern kleine Kondensatoren geschaltet werden (Fig. 2.c) und die Ansteuerung entsprechend modifiziert werden.

Das besonders Interessante an der gegenständlichen Erfindung ist, dass nur eine Induktivität erforderlich ist und trotzdem zwei Spannungen aus der einen Eingangsspannung erzeugt werden können. Es können gleichzeitig zwei symmetrische Spannungen, eine positive und eine in Bezug auf Masse negative Spannung erzeugt werden. Dies erleichtert die anschließende Wechselrichtung, da damit ein Mittelpunkt vorhanden ist. Es genügen daher in Summe nur 4 aktive Schalter, um aus einer einfachen Gleichspannung ein Einphasenwechselnetz zu erzeugen. Dabei wird man den Hoch-Tiefsetzerteil der Schaltung natürlich im Hochsetzerbetrieb arbeiten lassen. Man erreicht zusätzlich eine höhere Ausgangswechselspannung als bei der klassischen Wechselrichterstruktur. Durch Vervielfachung der Wechselrichterstufen lässt sich prinzipiell ein Mehrphasennetz erzeugen. Die Ansteuerung von mehrphasigen Schrittmotoren und kleinen Synchronmotoren ist sehr wohl ebenfalls von Interesse.

Als Eingangsspannung kann man auch das gleichgerichtete Einphasennetz benutzen und so die Schaltung als Power Factor Corrector (PFC) nutzen.

Die Schaltung lässt sich auch leicht mit einem Wechselrichter zur Einspeisung in das Ein- oder Mehrphasennetz kombinieren. Figur 3 zeigt so eine Erweiterung, bestehend aus zwei asymmetrischen Halbbrücken, an deren Mittelpunkten jeweils über eine Induktivität (L_a , L_b) die Last, z. B. das Einphasennetz, angeschlossen ist.

Es ist auch möglich, durch Benutzung von Entlastungsnetzwerken oder quasiresonantem Schalten die Verlustleistung zu reduzieren. Die Schaltfrequenz wird dem Anwendungszweck entsprechend gewählt, wobei eine höhere Frequenz in Hinblick auf die Dimensionierung der Drosseln und Kondensatoren zweckmäßig ist.

Die Schaltung eignet sich auch als Vierquadrantenantrieb für einen DC Motor. Dabei muss der Anker zwischen die positive und die negative Zwischenkreisspannungsklemme geschaltet werden.

Bezugszeichenaufstellung

U_{IN}	Eingangsspannung
U_{DCL}	Zwischenkreisspannung gesamt
$+U_{ZK}$	(Klemme) positive Zwischenkreisspannung
$-U_{ZK}$	(Klemme) negative Zwischenkreisspannung
S_1, S_2, S_3, S_4	aktive Schalter
D_1, D_2, D_3, D_4	passive Schalter

	L_l	Spule
	L_c, L_d	Spule
	C_{IN}	Kondensator
	C_a, C_b	Kondensator
5	U_M	Wechselrichterausgangsspannung
	(A)	Anschlusspunkt für die Last

Patentansprüche:

- 10
1. Wandlerschaltung zur Umformung einer unipolaren Spannung (U_{IN}) in zwei Spannungen unterschiedlicher Polarität mit Hilfe von zwei aktiven Schaltern (S_1, S_2), zwei passiven Schaltern (D_1, D_2), zwei Kondensatoren (C_a, C_b) und einer Spule (L_l) *dadurch gekennzeichnet*, dass der Pluspol der Eingangsspannung (U_{IN}) mit dem positiven Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) verbunden ist, der negative Anschluss dieses aktiven Schalters (S_1) mit dem Wicklungsanfang der Spule (L_l) verbunden ist, deren Wicklungsende mit der Anode einer ersten Diode (D_2) verbunden ist, an deren Kathode die positive Anschlussklemme der Ausgangsspannung ($+U_{zk}$) und ein gegen Masse geschalteter erster Kondensator (C_a) angeschlossen ist und an den positiven Anschluss eines zweiten aktiven Schalters (S_2), dessen negativer Anschluss an Masse geschaltet ist und an den negativen Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) die Kathode einer zweiten Diode (D_1), deren Anode sowohl mit der negativen Anschlussklemme der Ausgangsspannung ($-U_{zk}$) als auch mit einem, gegen Masse geschalteten zweiten Kondensator (C_b), verbunden ist, geschaltet ist.
 - 25 2. Wandlerschaltung nach Anspruch 1 *dadurch gekennzeichnet*, dass parallel zur Eingangsspannung (U_{IN}) ein Kondensator (C_{IN}) geschaltet ist.
 3. Wandlerschaltung nach Anspruch 1 *dadurch gekennzeichnet*, dass die Eingangsspannung (U_{IN}) durch Gleichrichtung eines Einphasenwechselnetzes erzeugt wird.
 - 30 4. Wandlerschaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3 *dadurch gekennzeichnet*, dass die Serienschaltung des ersten aktiven Schalters (S_1) mit der zweiten Diode (D_1) und die Serienschaltung des zweiten aktiven Schalters (S_2) mit der ersten Diode (D_2) als asymmetrisches Halbbrückenmodul ausgeführt ist.
 - 35 5. Wandlerschaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3 *dadurch gekennzeichnet*, dass die aktiven Schalter (S_1, S_2) und die zwei passiven Schalter (D_1, D_2) durch Parallelschaltung von Dioden bzw. aktiven Schaltern zu strombidirektionalen Schaltern erweitert werden.
 - 40 6. Wandlerschaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3 *dadurch gekennzeichnet*, dass die Serienschaltung des ersten aktiven Schalters (S_1) mit der zweiten Diode (D_1) und die Serienschaltung des zweiten aktiven Schalters (S_2) mit der ersten Diode (D_2) jeweils als symmetrisches Halbbrückenmodul ausgeführt ist.
 - 45 7. Wandlerschaltung nach Anspruch 5 und 6 *dadurch gekennzeichnet*, dass parallel zu den strombidirektionalen Schaltern Kondensatoren geschaltet sind.
 8. Wandlerschaltung nach Anspruch 1 und/oder bis 7 *dadurch gekennzeichnet*, dass den elektronischen Schaltern Entlastungsnetzwerke parallel geschaltet sind.
 - 50 9. Wandlerschaltung nach Anspruch 1 und/oder bis 8 *dadurch gekennzeichnet*, dass an die positive Klemme der Ausgangsspannung ($+U_{zk}$) ein dritter aktiver Schalter (S_3), an dessen anderen Anschluss die Kathode einer mit der negativen Klemme der Ausgangsspannung ($-U_{zk}$) verbundenen dritten Diode (D_3) und eine zweite Induktivität (L_a) geschaltet ist, und ein vierter passiver Schalter (D_4), an dessen Anode ein ebenfalls mit der negativen
- 55

Klemme der Ausgangsspannung ($-U_{zk}$) verbundener vierter aktiver Schalter (S_4) und eine dritte Induktivität (L_b) geschaltet ist, wobei die anderen Anschlussklemmen der zweiten und dritten Induktivitäten (L_a, L_b) den Anschlusspunkt (A) für die Last bilden.

5

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

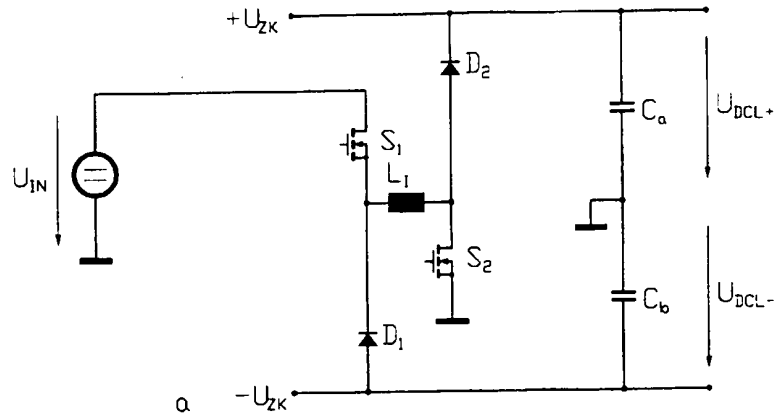


Fig. 1

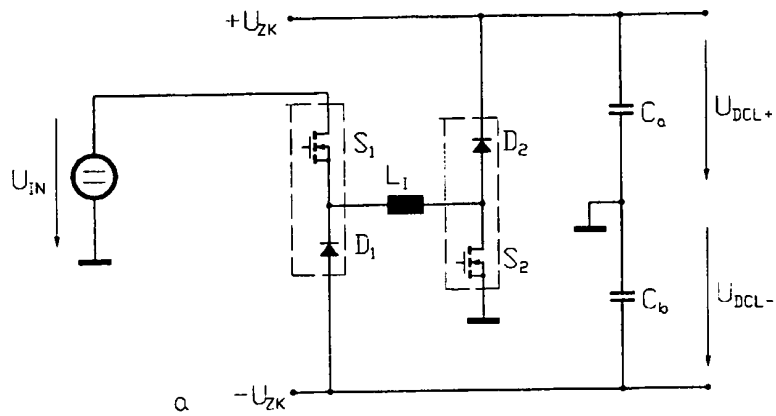


Fig. 2.a

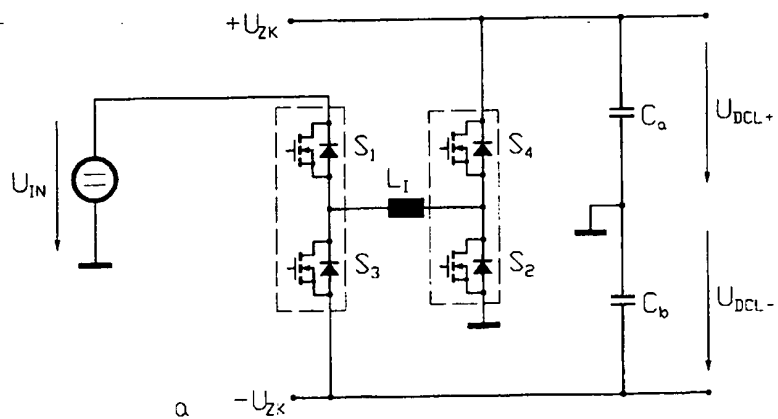


Fig. 2.b

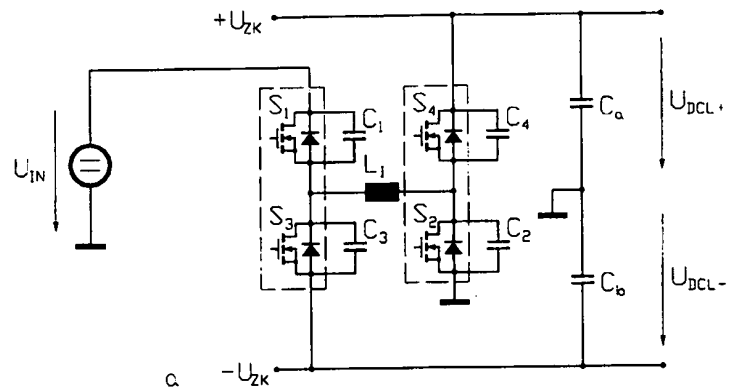


Fig. 2.c

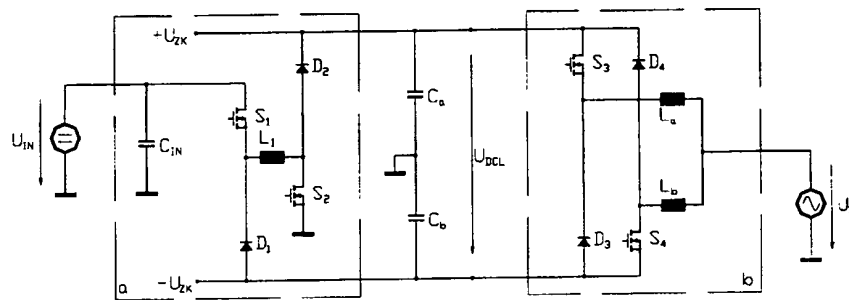


Fig. 3