

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1685/2011  
(22) Anmeldetag: 15.11.2011  
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2013

(51) Int. Cl. : **H02M 3/335** (2006.01)  
**G05F 1/613** (2006.01)

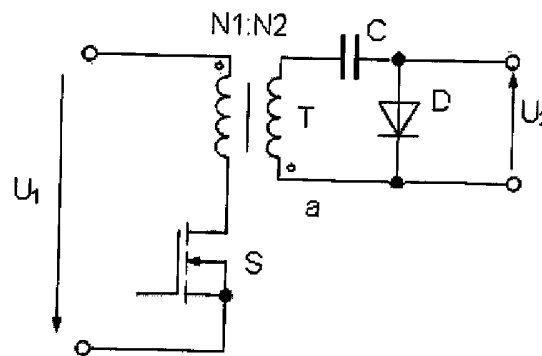
(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2007053823 A JP 9074753 A  
US 6208529 B1  
US 2008310204 A1

(73) Patentanmelder:  
FACHHOCHSCHULE TECHNIKUM WIEN  
1200 WIEN (AT)

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

(54) **KOMBINIERTER SPERR-DURCHFLUSSWANDLER MIT NUR EINER DIODE**

(57) Bei der gegenständlichen Schaltung jedoch wird der kombinierte Sperr-Durchflusswandler ohne Entmagnetisierungswicklung mit nur einer Diode realisiert. Das Kernstück ist dabei ein Transformator, dessen Primärseite mit einem aktiven Schalter in Serie geschaltet ist. An die Sekundärseite des Transformators ist eine Serienschaltung eines Kondensators mit einer Diode geschaltet, wobei die Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs der Sekundärwicklung zeigt. Parallel zur Diode kann nun ein induktiver Aktuator oder eine Gleichstrommaschine geschaltet werden, deren Strom (Kraft, Moment) oder Drehzahl über das Tastverhältnis, mit dem der aktive Schalter getaktet wird, gestellt werden kann. Man kann auch parallel zur Diode ein LC Filter mit einem oder mehreren Kondensatoren schalten und die eigentliche Last (Motor, Aktuator, Batterie o.ä.) parallel zum letzten Kondensator schalten. Ebenso kann man auch parallel zur Diode eine Spule in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden, die wieder in Serie, parallel oder gemischt serien-parallel geschaltet sind, anschließen.

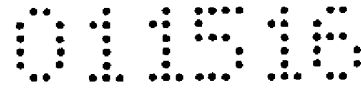


*Fig. 1*

### Zusammenfassung

Bei der gegenständlichen Schaltung jedoch wird der kombinierte Sperr-Durchflusswandler ohne Entmagnetisierungswicklung mit nur einer Diode realisiert. Das Kernstück ist dabei ein Transformator, dessen Primärseite mit einem aktiven Schalter in Serie geschaltet ist. An die Sekundärseite des Transformators ist eine Serienschaltung eines Kondensators mit einer Diode geschaltet, wobei die Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs der Sekundärwicklung zeigt. Parallel zur Diode kann nun ein induktiver Aktuator oder eine Gleichstrommaschine geschaltet werden, deren Strom (Kraft, Moment) oder Drehzahl über das Tastverhältnis, mit dem der aktive Schalter getaktet wird, gestellt werden kann. Man kann auch parallel zur Diode ein LC Filter mit einem oder mehreren Kondensatoren schalten und die eigentliche Last (Motor, Aktuator, Batterie o.ä.) parallel zum letzten Kondensator schalten. Ebenso kann man auch parallel zur Diode eine Spule in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden, die wieder in Serie, parallel oder gemischt serien-parallel geschaltet sind, anschließen.

(Fig. 1)



### **Kombinierter Sperr-Durchflusswandler mit nur einer Diode**

Die Erfindung betrifft Konverter, bestehend aus einem aktiven Schalter (S) mit entsprechender Ansteuerelektronik, einem Transformator (T) mit mindestens zwei unabhängigen Wicklungen (N1, N2), einem Kondensator (C) und einer Diode (D), wobei die Eingangsspannung (U1) an die Serienschaltung von aktivem Schalter (S) und der ersten Wicklung (N1) geschaltet wird und parallel zur Diode eine Gleichstrommaschine oder ein induktiver Aktuator oder eine Induktivität in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden oder ein induktives Tiefpassfilter mit angeschlossener Last, wie Batterie, Motor, Aktuator, Leuchtmittel, angeschlossen ist.

In den letzten Jahren wurden mehrere Varianten von kombinierten Sperr/Durchflusswandlern vorgeschlagen. Es handelt sich dabei um Schaltungen, die einerseits wie ein Durchflusswandler funktionieren und andererseits die Entmagnetisierung des Transformators nach der Art eines Sperrwandlers durchführen, ohne jedoch dafür eine zusätzliche Wicklung am Transformator zu benötigen. Es ist dazu jedoch eine Anzahl von Dioden notwendig. In AT 412827 B1 (HIMMELSTOSS) sind kombinierte Sperr-Durchflusswandler ohne Entmagnetisierungswicklung mit drei oder vier Dioden beschrieben. In AT 505800 A1 (TECHNIKUM WIEN) werden weitere Durchflusswandler ohne Entmagnetisierungswicklung beschrieben, die zwischen drei und fünf Dioden benötigen. AT 506327 B1 (TECHNIKUM WIEN) beschreibt eine Schaltung die nur zwei Dioden benötigt.

Bei der gegenständlichen Schaltung jedoch wird der kombinierte Sperr-Durchflusswandler ohne Entmagnetisierungswicklung mit nur einer Diode realisiert. Das Kernstück ist dabei ein Transformator, dessen Primärseite mit einem aktiven Schalter in Serie geschaltet ist. An die Sekundärseite des Transformators ist eine Serienschaltung eines Kondensators mit einer Diode geschaltet, wobei die Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs der Sekundärwicklung zeigt. Parallel zur Diode kann nun ein induktiver Aktuator oder eine Gleichstrommaschine geschaltet werden, deren Strom (Kraft, Moment) oder Drehzahl über das Tastverhältnis, mit dem der aktive Schalter getaktet wird, gestellt werden kann. Man kann auch parallel zur Diode ein LC Filter mit einem oder mehreren Kondensatoren schalten und die eigentliche Last (Motor, Aktuator, Batterie o.ä.) parallel zum letzten Kondensator schalten. Ebenso kann man auch parallel zur Diode eine Spule in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden, die wieder in Serie, parallel oder gemischt serien-parallel geschaltet sind, anschließen. Die Schaltung ist potentialgetrennt, kann aber auch, wenn die

Potentialtrennung nicht erforderlich ist, sekundärseitig mit der primärseitigen Masse verbunden werden. Die Diode kann durch einen strombidirektionalen Schalter (aktiver Schalter mit parallel liegender Diode, z.B. ein MOSFET) zwecks synchroner Gleichrichtung ersetzt werden. Der Vorteil der synchronen Gleichrichtung ist die Reduktion der Verluste an der Diode.

Die Zeichnungen stellen in Fig. 1 eine mögliche Ausformung der Grundidee dar, beispielhaft mit einem MOSFET gezeichnet und in Fig. 2 sind Lasten dafür angedeutet. Die unterschiedlichen Wicklungsanfänge bei den Wicklungen in Fig. 1 sind typisch wie bei einem Sperrwandler gezeichnet. Vertauscht man Wicklungsanfang und Ende der zweiten Wicklung, so muss auch die Diode umgepolt werden. Fig.2.a stellt eine Maschine, Fig.2.b ein LC-Filter an das dann wieder irgendeine Last, wie z.B. Aktuator, Batterie, Leuchtmittel, angeschlossen werden kann, dar. Fig.2.c stellt eine Serienschaltung einer Induktivität mit Leuchtdioden dar, diese Kombination ist ebenfalls eine sinnvolle Anwendung für den Konverter.

Die Funktion der Schaltung ist mit idealen Bauelementen leicht zu beschreiben. Ist der aktive Schalter eingeschaltet, so liegt an der Primärwicklung  $N_1$  die Eingangsspannung  $U_1$ , an der Sekundärseite entsteht dadurch die übersetzte Spannung

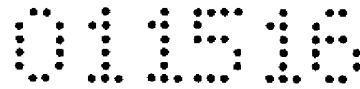
$$u_{N2} = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1.$$

Diese treibt den Laststrom. Entsprechend dem Übersetzungsverhältnis fließt daher ein entsprechender Strom in die Primärseite. Zusätzlich überlagert sich auf der Primärseite noch der Magnetisierungsstrom für den Transformator. Schaltet der aktive Schalter aus, so kommutiert der Laststrom in die Diode und der Magnetisierungsstrom fließt nun in der Sekundärwicklung (und auch durch die Diode) und baut sich gemäß der, nun als negative Spannung an dieser Wicklung anliegenden, Kondensatorspannung ab. Der Startwert liegt dabei bei

$$I_{mag2} = \frac{N_1}{N_2} \cdot I_{mag1}$$

wobei  $I_{mag1}$  der Endwert des Magnetisierungsstroms auf der Primärseite (zum Zeitpunkt des Ausschaltens) ist.

So kommt es zu keinem Sprung im magnetischen Fluss und damit zu keiner Überspannung. Die Abmagnetisierung erfolgt also wie bei einem Sperrwandler, der Kondensator wird daher wieder nachgeladen. Aber im Gegensatz zum reinen Sperrwandler wird auch bei der



Einschaltphase des aktiven Schalters Energie auf die Sekundärseite übertragen. Bei der Ansteuerung muss darauf geachtet werden, dass der Transformator vollständig entmagnetisieren kann, bevor wieder der aktive Schalter eingeschaltet wird. Dadurch ist die Anwendbarkeit der Schaltung eingeschränkt auf Leistungen, die maximal etwa doppelt so groß sind als wie bei Sperrwandlern sonst üblich.

Trotz des vorher Gesagten ist es auch möglich, die Schaltung im kontinuierlichen Mode zu betreiben. Da der Transformator nun nicht mehr vollständig entmagnetisiert, ist immer Energie im Transformator und daher ist ein größerer Luftspalt erforderlich als zur Energieübertragung nötig. Es sinkt daher der AL-Wert des Magnetmaterials und damit sind mehr Windungen zur Erzielung des gewünschten Induktivitätswerts des Transformators erforderlich. Das bedeutet, das Bauteil wird größer und die Kupferverluste steigen. Der Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Spannung an der Diode (dem entspricht bei Anschalten einer Maschine auch deren sich stationär einstellende Quellenspannung bzw. der Spannung am Kondensator, wenn an die Diode ein LC Filter angeschlossen wird) im folgenden  $U_2$  bezeichnet, ergibt sich mit den Windungszahlen  $N_1$  für die erste Wicklung und  $N_2$  für die zweite Wicklung und mit  $d$  für das Tastverhältnis zu

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{d}{1-d} .$$

Die Schaltung verhält sich wie ein normaler Sperrwandler in kontinuierlichen Betrieb, bei dem auch nicht der Trafo (eigentlich in diesem Fall exakter die gekoppelten Spulen) vollständig entmagnetisiert wird. Der Energiefluss ist im gegenständlichen Fall aber sowohl auf die Leitphase wie die Sperrphase des aktiven Schalters verteilt.

Betreibt man die Schaltung im diskontinuierlichen Mode, d.h. mit vollständiger Entmagnetisierung, so ist bei der Dimensionierung darauf zu achten, dass die Spule rechtzeitig entmagnetisiert hat, damit sich nicht ein Magnetisierungsstrom in umgekehrter Richtung aufbaut, da die Diode ja noch leitend ist. Der diskontinuierliche Betrieb ist daher bei Anschalten von großen Induktivitäten, wie etwa einer permanent erregten Gleichstrommaschine, ungeeignet.

Mit dem Formelzeichen  $L_1$  für die Induktivität der ersten Wicklung,  $R$  für den Lastwiderstand lässt sich das Spannungsübersetzungsverhältnis für die Schaltungsvariante mit LC Filter parallel zur Diode mit dem durch den Aufbau bestimmten Faktor

$$K_f = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 \frac{1}{L} + \frac{1}{L_1} \right]}$$

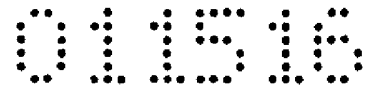
zu

$$\frac{U_2}{U_1} = d \cdot \sqrt{\frac{R}{f}} \cdot K_f$$

angeben. Die Ausgangsspannung kann über das Tastverhältnis und über die Frequenz gestellt werden.

Man erkennt, die Schaltung ist grundsätzlich vom Aufbau und von der Schaltung her sehr einfach, erfordert aber eine gründliche Optimierung bei der Realisierung. Zur Ansteuerung sind besonders Methoden mit Vorsteuerung kombiniert mit einem linearen oder nichtlinearen Regler, wie Zweipunktregler mit Hysterese oder Sliding Mode Controller, geeignet.

Die Aufgabe einen kombinierten Sperr-Durchflusswandler mit nur einer Diode zu bauen, wird erfindungsgemäß dadurch bewerkstelligt, dass an die zweite Wicklung (N2) die Serienschaltung des Kondensators (C) und der Diode (D), deren Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs zeigt, geschaltet ist. Dabei kann der aktive Schalter (S) mit Maßnahmen zur Entlastung oder zum verlustarmen Schalten versehen werden. Die Schaltung wird über den Spitzenstrom durch den aktiven Schalter und/oder über die Schaltfrequenz des aktiven Schalters gestellt. Die Diode (D) kann durch einen weiteren aktiven Schalter überbrückt werden. Es kann zusätzlich ein Potential der Sekundärseite mit dem primären Bezugspunkt galvanisch verbunden werden.



## Patentansprüche

1. Konverter, bestehend aus einem aktiven Schalter (S) mit entsprechender Ansteuerelektronik, einem Transformator (T) mit mindestens zwei unabhängigen Wicklungen (N1, N2), einem Kondensator (C) und einer Diode (D), wobei die Eingangsspannung (U1) an die Serienschaltung von aktivem Schalter (S) und der ersten Wicklung (N1) geschaltet wird und parallel zur Diode eine Gleichstrommaschine oder ein induktiver Aktuator oder eine Induktivität in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden oder ein induktives Tiefpassfilter mit angeschlossener Last, wie Batterie, Motor, Aktuator, Leuchtmittel, angeschlossen ist **dadurch gekennzeichnet, dass** an die zweite Wicklung (N2) die Serienschaltung des Kondensators (C) und der Diode (D), deren Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs zeigt, geschaltet ist.
2. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktive Schalter (S) mit Maßnahmen zur Entlastung oder zum verlustarmen Schalten versehen werden kann.
3. Konverter gemäß Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltung über den Spitzenstrom durch den aktiven Schalter und/oder über die Schaltfrequenz des aktiven Schalters gestellt wird.
4. Konverter gemäß Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diode (D) durch einen weiteren aktiven Schalter überbrückt wird.
5. Konverter gemäß Anspruch 1, 2, 3 oder 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Potential der Sekundärseite mit dem primären Bezugspunkt galvanisch verbunden ist.

Zeichnungen

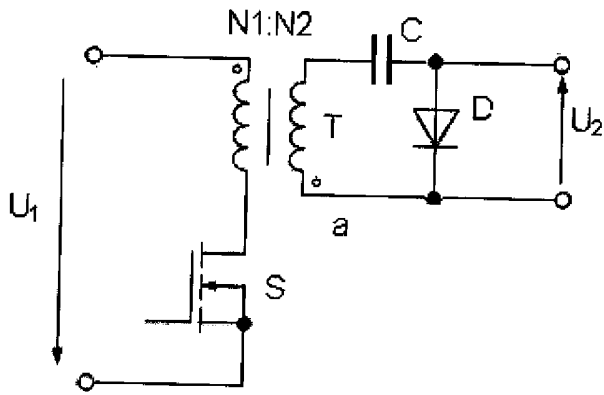


Fig. 1

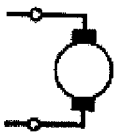


Fig. 2.a

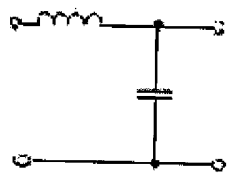


Fig. 2.b



Fig. 2.c

## Patentansprüche

1. Konverter, bestehend aus einem aktiven Schalter (S) mit entsprechender Ansteuerelektronik, einem Transformator (T) mit mindestens zwei unabhängigen Wicklungen (N1, N2), einem Kondensator (C) und einer Diode (D), wobei die Eingangsspannung (U1) an die Serienschaltung von aktivem Schalter (S) und der ersten Wicklung (N1) geschaltet wird und parallel zur Diode eine Gleichstrommaschine oder ein induktiver Aktuator oder eine Induktivität in Serie mit einer oder mehreren Leuchtdioden oder ein induktives Tiefpassfilter mit angeschlossener Last, wie Batterie, Motor, Aktuator, Leuchtmittel angeschlossen ist **dadurch gekennzeichnet**, dass an die zweite Wicklung (N2) die Serienschaltung des Kondensators (C) und der Diode (D), deren Kathode in Richtung des Wicklungsanfangs zeigt, geschaltet ist.
2. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktive Schalter (S) mit einer Vorrichtung zum verlustarmen Schalten versehen wird.
3. Konverter gemäß Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltung über den Spitzenstrom durch den aktiven Schalter und/oder über die Schaltfrequenz des aktiven Schalters gestellt wird.
4. Konverter gemäß Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Diode (D) durch einen weiteren aktiven Schalter überbrückt wird.
5. Konverter gemäß Anspruch 1, 2, 3 oder 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Potential der Sekundärseite mit dem primären Bezugspunkt galvanisch verbunden ist.

NACHGEREICHT