

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 12/2021
(22) Anmeldetag: 20.01.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2022

(51) Int. Cl.: **H02M 3/158** (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 409567 B
AT 408293 B

(71) Patentanmelder:
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.
2351 Wiener Neudorf (AT)

(72) Erfinder:
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.
2351 Wiener Neudorf (AT)

(54) **Flexible Konverterstruktur mit kontinuierlichem Eingangsstrom**

(57) Konverter, bestehend aus einem ersten Klemmenpaar, gebildet aus einer ersten (1) und einer zweiten Klemme (2), einem zweiten Klemmenpaar, bestehend aus einer dritten (3) und einer vierten Klemme (4), einem ersten (S1) und einem zweiten Schalter (S2), die als aktive, passive, strombidirektionale, spannungsbidirektionale oder als AC-Schalter ausgeführt sind, einem ersten (C1) und einem zweiten Kondensator (C2), einer ersten (L1) und einer zweiten Spule (L2). Der Konverter stellt je nach unterschiedlicher Ausformung durch die verwendeten Schalter, der entsprechenden Ansteuerung und der Lage von Ein- und Ausgang einen tiefsetzenden, hochsetzenden oder hoch-tiefsetzenden uni- oder bidirektionalen DC/DC Konverter, einen Gleich- oder Wechselrichter, oder einen AC/AC Wandler dar. Besonders vorteilhaft ist, dass immer ein kontinuierlicher Eingangsstrom auftritt. Auch können beide Spulen miteinander magnetisch verkoppelt werden.

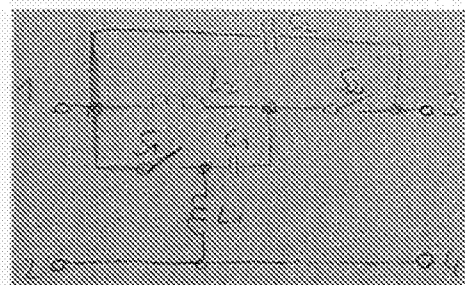


Fig. 1

Zusammenfassung

Konverter, bestehend aus einem ersten Klemmenpaar, gebildet aus einer ersten (1) und einer zweiten Klemme (2), einem zweiten Klemmenpaar, bestehend aus einer dritten (3) und einer vierten Klemme (4), einem ersten (S1) und einem zweiten Schalter (S2), die als aktive, passive, strombidirektionale, spannungsbidirektionale oder als AC-Schalter ausgeführt sind, einem ersten (C1) und einem zweiten Kondensator (C2), einer ersten (L1) und einer zweiten Spule (L2). Der Konverter stellt je nach unterschiedlicher Ausformung durch die verwendeten Schalter, der entsprechenden Ansteuerung und der Lage von Ein- und Ausgang einen tiefsetzenden, hochsetzenden oder hoch-tiefsetzenden uni- oder bidirektionalen DC/DC Konverter, einen Gleich- oder Wechselrichter, oder einen AC/AC Wandler dar. Besonders vorteilhaft ist, dass immer ein kontinuierlicher Eingangsstrom auftritt. Auch können beide Spulen miteinander magnetisch verkoppelt werden.

(Fig. 1)

Flexible Konverterstruktur mit kontinuierlichem Eingangsstrom

Die Erfindung betrifft Konverter, bestehend aus einem ersten Klemmenpaar, gebildet aus einer ersten (1) und einer zweiten Klemme (2), einem zweiten Klemmenpaar, bestehend aus einer dritten (3) und einer vierten Klemme (4), einem ersten (S1) und einem zweiten Schalter (S2), die als aktive, passive, strombidirektionale, spannungsbidirektionale oder als AC-Schalter ausgeführt sind, einem ersten (C1) und einem zweiten Kondensator (C2), einer ersten (L1) und einer zweiten Spule (L2).

Die hier vorgestellte Konverterstruktur eignet sich je nach der Ausgestaltung als DC/DC Wandler, Gleich- oder Wechselrichter oder als AC/AC Wandler.

Die Erfindung wird an Hand von Bildern beschrieben. Fig. 1 stellt die Grundstruktur dar, die Fig. 2 und Fig. 3 stellen DC/DC Wandler dar, Fig. 4 sind Wechselrichter, Fig. 5 Gleichrichter, oder man kann die Schaltungen in Fig. 4 und Fig. 5 auch als bidirektionale DC/DC Wandler interpretieren und Fig. 6 stellt AC/AC Wandler dar. Alle konkreten Ausformungen sind beispielhaft mit MOSFETs gezeichnet, aber keineswegs auf diese Schaltelemente beschränkt.

Fig. 1 zeigt die Grundstruktur gezeichnet mit symbolischen Schaltern. Die Schalter takten dabei gegengleich. Entweder leitet im Betrieb S1 oder S2.

Fig. 2 und Fig. 3 stellen DC/DC Wandler dar, die alle einen begrenzten Tastverhältnisbereich haben.

Fig. 2.a zeigt eine Ausformung, bei der S1 als aktiver Schalter gezeichnet ist. Mit dem Tastverhältnis d , das ist die Einschaltzeit des aktiven Schalters zur Periodendauer und unter der Annahme idealer Bauteile, lässt sich das Spannungsübersetzungsverhältnis im eingeschwungenen Zustand bestimmen. Die Berechnung soll zum besseren Verständnis der nachfolgenden Formeln kurz skizziert werden. Im eingeschwungenem Zustand muss der Mittelwert der Spulenspannungen null sein. Daher lässt sich das Spannungs-Zeit Gleichgewicht für die beiden Spulen anschreiben gemäß

$$U_1 d = -U_{C1} - U_2 (1-d)$$

$$U_{C1} d = -U_{C2} (1-d) .$$

Zusätzlich erkennt man aus dem Kirchhoffschen Maschengesetz

$$U_{C2} = U_1 + U_2 .$$

Dies führt zu dem Spannungsübersetzungsverhältnis von

$$M = \frac{U_2}{U_1} = \frac{2d-1}{1-d}, \quad d \geq 0.5 .$$

Man beachte, dass das Spannungsübersetzungsverhältnis auf Werte größer gleich 0,5 und (natürlich kleiner eins) eingeschränkt ist. Die Ausgangsspannung ist je nach dem verwendeten Tastverhältnis größer oder kleiner als die Eingangsspannung. Mit dieser Ausgestaltung der allgemeinen Struktur nach Fig.1 kann man einen invertierenden Hoch-Tiefsetzsteller realisieren.

Die Ausformung Fig. 2.b ergibt einen Hochsetzsteller mit begrenztem Tastverhältnis. Wie man leicht erkennen kann, stellt sich der Mittelwert der Kondensatorspannung an C1 auf die Ausgangsspannung ein. Es ergibt sich weiter

$$M = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1-d}{1-2d}, \quad d < 0.5.$$

Fig. 2.c zeigt einen Tiefsetzsteller. Das Spannungsübersetzungsverhältnis ergibt sich zu

$$M = \frac{U_2}{U_1} = \frac{2d-1}{d}, \quad d \geq 0.5.$$

Fig. 2.d ergibt einen Hoch-Tiefsetzsteller mit dem Spannungsübersetzungsverhältnis

$$M = \frac{U_2}{U_1} = \frac{d}{1-2d}, \quad d < 0.5.$$

In Fig. 3 sind weitere DC/DC Konverter dargestellt, bei denen die Polarität des aktiven und des passiven Schalters vertauscht ist. Natürlich ändert sich damit auch die Polarität der Spannungen an den Klemmenpaaren. Die Spannungsübersetzungsverhältnisse entsprechen denen der Schaltungen gemäß Fig. 2.

Betrachtet man die Schaltungen gemäß Fig. 2.a und Fig. 2.c so erkennt man, dass die Spannungen auf der Eingangsseite in die gleiche Richtung zeigen, aber auf der Lastseite in unterschiedliche Richtung. Weiters erkennt man, dass an der Position, bei der in Fig. 2.a ein Transistor eingebaut ist, bei Fig.2.c eine Diode geschaltet ist und ebenso, dass an der Position, bei der in Fig. 2.a eine Diode eingebaut ist, bei Fig.2.c ein Transistor geschaltet ist. Daher kann man die zwei Schaltungen entsprechend Fig.4.a kombinieren. Die Schaltung ermöglicht nun das Erzeugen einer positiven wie einer negativen Spannung in Bezug zur Eingangsspannung. Man kann ebenso durch entsprechende Ansteuerung der Transistoren eine Wechsel- oder Mischspannung (DC Spannung mit überlagerter Wechselspannung) erzeugen. Analog kann man aus den Schaltungen Fig.3.a und 3.c für eine umgekehrte Polarität der Eingangsspannung eine Ausgangsspannung in beide Richtungen erzeugen (Fig.4.b).

Betrachtet man die Schaltungen gemäß Fig. 2.b und Fig. 2.d so erkennt man, dass die Spannung auf der Eingangsseite in unterschiedliche Richtungen zeigt, aber auf der Lastseite in gleiche Richtung. Weiters erkennt man, dass an der Position, bei der in Fig. 2.b ein Transistor eingebaut ist, bei Fig.2.d

eine Diode geschaltet ist und ebenso, dass an der Position, bei der in Fig. 2.b eine Diode eingebaut ist, bei Fig.2.d ein Transistor geschaltet ist. Daher kann man die zwei Schaltungen entsprechend Fig.5.a kombinieren. Die Schaltung ermöglicht nun das Erzeugen von Gleichspannung aus einer positiven wie einer negativen Spannung am Eingang. Man kann ebenso durch entsprechende Ansteuerung der Transistoren eine Gleichspannung aus einer Wechsel- oder Mischspannung (DC Spannung mit überlagelter Wechselspannung) erzeugen. Analog kann man aus den Schaltungen Fig.3.b und 3.d eine Schaltung kombinieren, die für eine Eingangsspannung beliebiger Polarität eine Ausgangsspannung in umgekehrter Richtung als bei der Schaltung nach Fig.5.a erzeugt.

Ersetzt man die beiden Schalter in Fig. 1 durch AC-Schalter, so kann man beliebige Eingangsspannungen entweder an das Klemmenpaar (1, 2) oder das Klemmenpaar (3, 4) anlegen und am entsprechendem anderen Klemmenpaar die Last anschalten. Damit lassen sich dann Gleich-, Wechsel- oder Mischspannungen erzeugen unabhängig von der Form der Eingangsspannung. In Fig.6.a ist der AC Schalter aus zwei antiseriellen MOSFETs gebildet. Zu den Transistoren ist die antiparallele Diode nicht extra gezeichnet, da sie implizit als Bodydiode vorhanden ist. Wird der AC Schalter z.B. mit IGBTs realisiert, muss natürlich eine antiparallele Diode vorhanden sein (Fig. 6.b).

Besonders bemerkenswert ist, dass bei allen Ausformungen ein kontinuierlicher Eingangsstrom auftritt. Da auch die Spannungen an den Spulen die gleichen Verläufe zeigen, kann man die beiden Spulen auf einen gemeinsamen Kern aufbringen und durch diese magnetische Kopplung nur ein magnetisches Bauelement verwenden.

Es kann auch sinnvoll sein, mehrere Konverter parallel zu betreiben wobei das Ansteuersignal entsprechend phasenverschoben sind, d.h. bei zwei Konvertern um die halbe Taktperiode, bei drei Konvertern um 120 Grad.

Die Schaltungen können weiter dadurch verbessert werden, dass parallel zu den Schaltern (S1, S2) Snubber Netzwerke geschaltet sind oder Vorrichtungen zur Erzielung von ZCS oder ZVS der Schalter (S1, S2) vorgesehen sind.

Die Aufgabe Konverter zur Umformung einer Spannung in eine andere zu realisieren wird erfindungsgemäß dadurch bewerkstelligt, dass an die erste Klemme (1) je ein Anschluss des ersten Schalters (S1), der zweiten Spule (L2) und des zweiten Kondensators (C2) geschaltet sind, an dem zweiten Anschluss des ersten Schalters (S1) je ein Anschluss der ersten Spule (L1) und des ersten Kondensators (C1) geschaltet sind, an dem zweiten Anschluss der zweiten Spule (L2) der zweite Anschluss des ersten Kondensators (C1) und der erste Anschluss des zweiten Schalters (S2) geschaltet sind, an den zweiten Anschluss des zweiten Kondensators (C2) der zweite Anschluss des zweiten

Schalters (S2) und die dritte Klemme (3) geschaltet sind und an den zweiten Anschluss der ersten Spule (L1) die zweite (2) und die vierte Klemme (4) geschaltet sind.

Es lassen sich daraus verschiedene Realisierungen generieren. So dadurch, **dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der positive Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Anode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.a), **oder dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Kathode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.c), **oder dass** an die dritte Klemme (3) der positive Pol und an die vierte Klemme (4) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der positive Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Anode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.b), **oder dass** an die vierte Klemme (4) der positive Pol und an die dritte Klemme (3) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.d).

Weiters durch Umpolen der Polarität der Schaltelemente, **so dass** an die erste Klemme (1) der negative Pol und an die zweite Klemme (2) der positive Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der zweite Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des aktiven Schalters ist, und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.a), **oder dass** an die zweite Klemme (2) der positive Pol und an die erste Klemme (1) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Anode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch

einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.c), **oder dass** an die vierte Klemme (4) der positive Pol und an die dritte Klemme (3) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S_1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S_1) der negative Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S_2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.b), **oder dass** an die dritte Klemme (3) der positive Pol und an die vierte Klemme (4) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S_1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Anode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S_2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen positiver Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.d).

Man kann auch eine bipolare Ausgangsspannung erzeugen, dadurch **dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S_1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S_1) der positive Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S_2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.4.a), **oder dass** an die erste Klemme (1) der negative Pol und an die zweite Klemme (2) der positive Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S_1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S_1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S_2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen positiver Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.4.b).

Um aus einer bipolaren Eingangsspannung eine unipolare Ausgangsspannung zu gewinnen, muss man die Konverterschaltung so gestalten, **dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) eine Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S_1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S_1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S_2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.5.a), **oder dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) eine Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die

Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.5.b).

Die größte Flexibilität erreicht man dadurch, **dass** an die erste Klemme (1) und an die zweite Klemme (2) die Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch AC-Schalter gebildet werden (Fig.6a), **oder dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) die Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist und der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch AC-Schalter gebildet werden.

Eine für spezielle Nischenanwendungen sinnvolle Struktur erhält man dadurch, **dass** an die erste Klemme (1) und an die zweite Klemme (2) die Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch spannungsbidirektionale Schalter gebildet werden oder dass an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) die Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, und der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch spannungsbidirektionale Schalter gebildet werden.

Ein besonderes interessantes Verhalten der Konverter ergibt sich, **wenn** die erste (L1) und die zweite Spule (L2) magnetisch gekoppelt sind.

Um den Einfluss der Zuleitungsinduktivität zu vermeiden, ist es sinnvoll, **dass** parallel zu den Klemmen (1, 2) oder (3, 4) an denen die Eingangsspannung angeschaltet ist ein Kondensator oder eine Kombination von Kondensatoren geschaltet ist.

Interessant ist es auch die Konverter parallel zu schalten und zueinander versetzt zu takten.

Patentansprüche

1. Konverter, bestehend aus einem ersten Klemmenpaar, gebildet aus einer ersten (1) und einer zweiten Klemme (2), einem zweiten Klemmenpaar, bestehend aus einer dritten (3) und einer vierten Klemme (4), einem ersten (S1) und einem zweiten Schalter (S2), die als aktive, passive, strombidirektionale, spannungsbidirektionale oder als AC-Schalter ausgeführt sind, einem ersten (C1) und einem zweiten Kondensator (C2), einer ersten (L1) und einer zweiten Spule (L2) **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) je ein Anschluss des ersten Schalters (S1), der zweiten Spule (L2) und des zweiten Kondensators (C2) geschaltet sind, an dem zweiten Anschluss des ersten Schalters (S1) je ein Anschluss der ersten Spule (L1) und des ersten Kondensators (C1) geschaltet sind, an dem zweiten Anschluss der zweiten Spule (L2) der zweite Anschluss des ersten Kondensators (C1) und der erste Anschluss des zweiten Schalters (S2) geschaltet sind, an den zweiten Anschluss des zweiten Kondensators (C2) der zweite Anschluss des zweiten Schalters (S2) und die dritte Klemme (3) geschaltet sind und an den zweiten Anschluss der ersten Spule (L1) die zweite (2) und die vierte Klemme (4) geschaltet sind.
2. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der positive Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Anode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.a), **oder dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Kathode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.c), **oder dass** an die dritte Klemme (3) der positive Pol und an die vierte Klemme (4) der negative Pol der Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der positive Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Anode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.b), **oder dass** an die vierte Klemme (4) der positive Pol und an die dritte Klemme (3) der negative Pol der Eingangsspannung (U1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und

der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.2.d).

3. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) der negative Pol und an die zweite Klemme (2) der positive Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der zweite Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des aktiven Schalters ist, und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.a), **oder dass** an die zweite Klemme (2) der positive Pol und an die erste Klemme (1) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Anode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.c), **oder dass** an die vierte Klemme (4) der positive Pol und an die dritte Klemme (3) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des aktiven Schalters ist und der zweite Schalter (S2) durch einen passiven Schalter gebildet wird, dessen Kathode mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.b), **oder dass** an die dritte Klemme (3) der positive Pol und an die vierte Klemme (4) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen passiven Schalter gebildet wird, wobei die Anode mit der ersten Klemme (1) verbunden ist und der zweite Schalter (S2) durch einen aktiven Schalter gebildet wird, dessen positiver Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.3.d).
4. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) der positive Pol und an die zweite Klemme (2) der negative Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der positive Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten

Klemme (3) verbunden ist (Fig.4.a), **oder dass** an die erste Klemme (1) der negative Pol und an die zweite Klemme (2) der positive Pol der Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen positiver Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.4.b).

5. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) eine Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.5.a), **oder dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) eine Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, der erste Schalter (S1) durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters (S1) der negative Anschluss des strombidirektionalen Schalters ist und der zweite Schalter (S2) ebenfalls durch einen strombidirektionalen Schalter gebildet wird, dessen negativer Anschluss mit der dritten Klemme (3) verbunden ist (Fig.5.b).
6. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) und an die zweite Klemme (2) die Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch AC-Schalter gebildet werden (Fig.6a), **oder dass** an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) die Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist und der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch AC-Schalter gebildet werden.
7. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Klemme (1) und an die zweite Klemme (2) die Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der dritten (3) und der vierten Klemme (4) die Last angeschlossen ist, der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch spannungsbidirektionale Schalter gebildet werden oder dass an die dritte Klemme (3) und an die vierte Klemme (4) die Eingangsspannung (U_1) angeschlossen ist, zwischen der ersten (1) und der zweiten Klemme (2) die Last angeschlossen ist, und der erste (S1) und der zweite Schalter (S2) durch spannungsbidirektionale Schalter gebildet werden.

8. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste (L1) und die zweite Spule (L2) magnetisch gekoppelt sind.
9. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zu den Klemmen (1, 2) oder (3, 4) an denen die Eingangsspannung angeschaltet ist ein Kondensator oder eine Kombination von Kondensatoren geschaltet ist.
10. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konverter parallel geschaltet werden und zueinander versetzt getaktet werden.

000000

Figuren

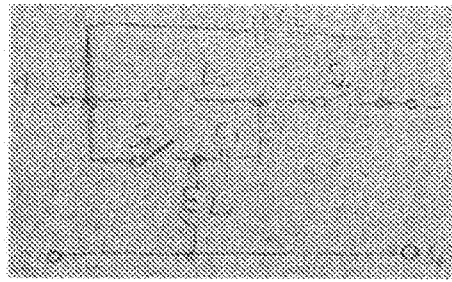


Fig. 1

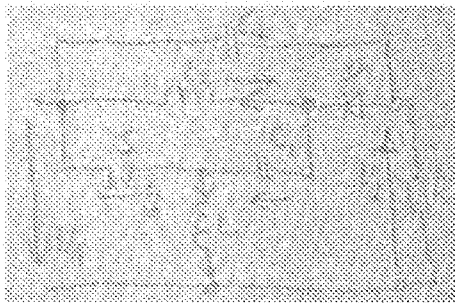


Fig. 2a

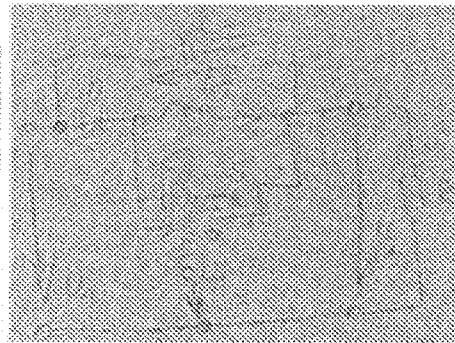


Fig. 2b

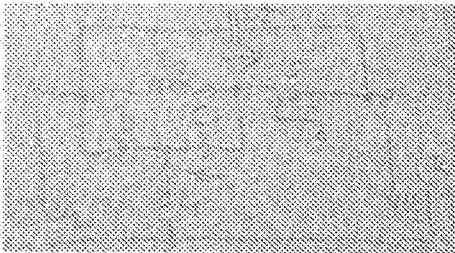


Fig. 2c



Fig. 2d

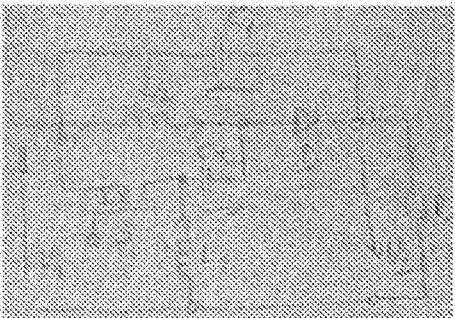


Fig. 3a

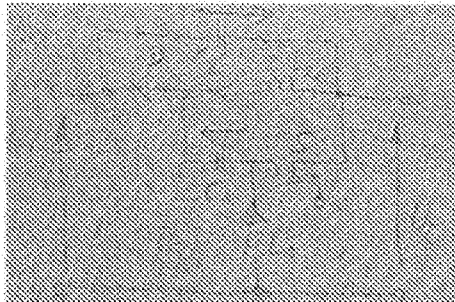


Fig. 3b

11/11/2021

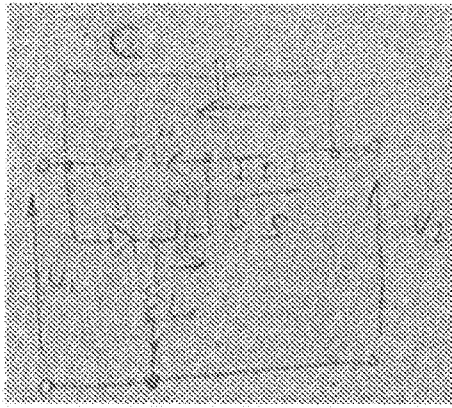


Fig. 3.c

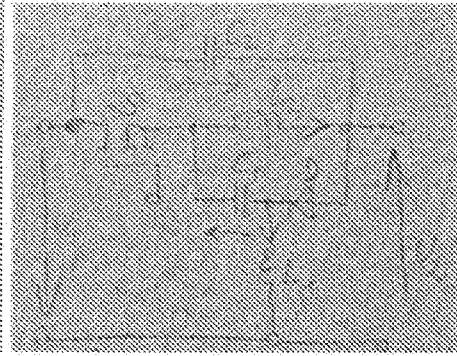


Fig. 3.d

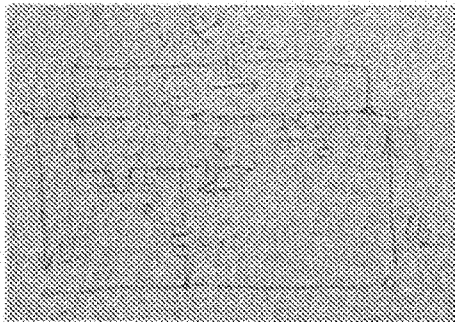


Fig. 4.a

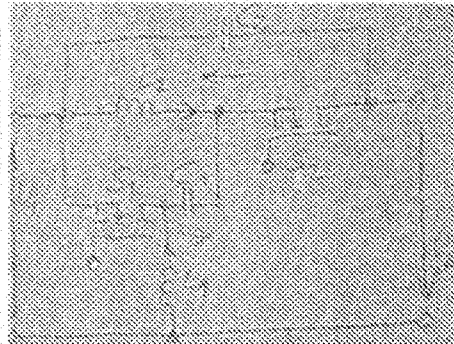


Fig. 4.b

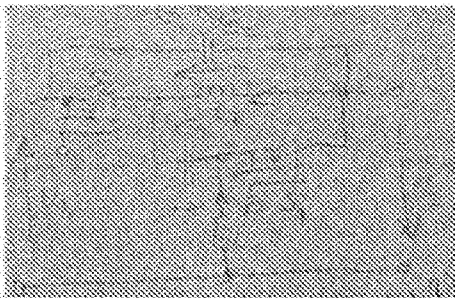


Fig. 5a

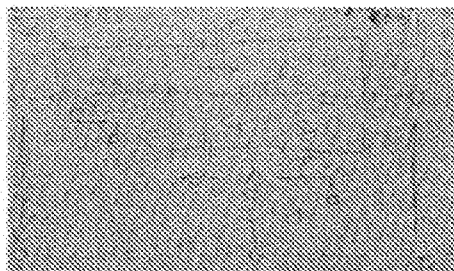


Fig. 5b

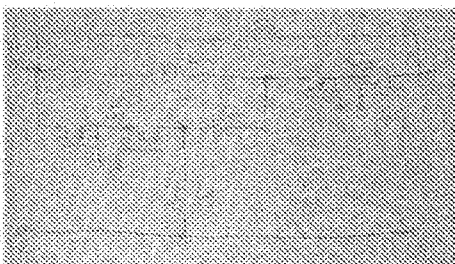


Fig. 6.a

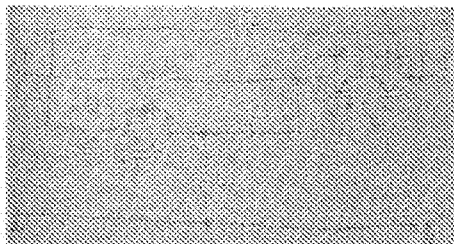


Fig. 6.b