

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 248/2018
(22) Anmeldetag: 17.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2020

(51) Int. Cl.: **H02M 3/158** (2006.01)
G05F 1/56 (2006.01)
G05F 3/24 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
CN 106487232 A
JP S6192162 A

(71) Patentanmelder:
Fachhochschule Technikum Wien
1200 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.
2351 Wiener Neudorf (AT)
Votzi Helmut MSc
2304 Orth an der Donau (AT)

(74) Vertreter:
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.
1200 Wien (AT)

(54) **Invertierender Tiefsetzsteller mit geringen Schaltverlusten**

(57) Die Erfindung betrifft einen invertierenden Tiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten (1) und einer zweiten Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) und einer ersten (3) und einer zweiten Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, einem ersten (S_1) und einem zweiten (S_2) aktiven Schalter, einer ersten (D_1) und einer zweiten (D_2) Diode, einem Resonanzkondensator (C) und einer Resonanzspule (L). Schaltet man den ersten aktiven Schalter S_1 ein, so entsteht ein Stromkreis vom positiven Anschluss (1) der Eingangsspannung U_1 über den ersten aktiven Schalter S_1 , den Kondensator C, die erste Diode D_1 , die Spule L und über die negative Eingangsklemme (2) zurück zur Eingangsspannung U_1 . Der Strom baut sich sinusförmig auf und die Spannung am Kondensator cosinusförmig. Wenn der Kondensator auf die Summe von Eingangs- (U_1) und Ausgangsspannung (U_2) aufgeladen ist, schaltet die zweite Diode (D_2) ein und die Spule (L) wird entmagnetisiert. Ähnlich ist der Ablauf wenn man nun S_2 einschaltet. Der Kondensator entlädt sich und anschließend schaltet die erste Diode ein und entmagnetisiert wieder die Spule. Die Schaltung kann durch Erweiterungen gegen parasitäre Schwingungen und zur Veränderung der Resonanz versehen werden.

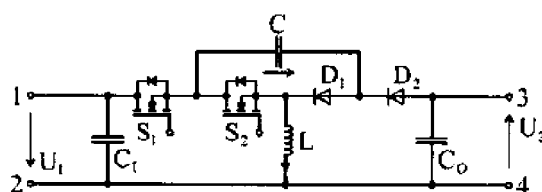
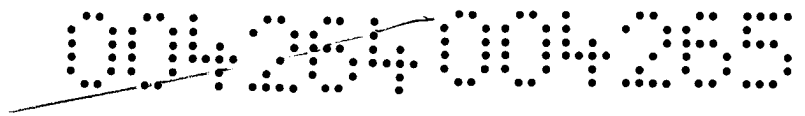


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen invertierenden Tiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten (1) und einer zweiten Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) und einer ersten (3) und einer zweiten Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, einem ersten (S_1) und einem zweiten (S_2) aktiven Schalter, einer ersten (D_1) und einer zweiten (D_2) Diode, einem Resonanzkondensator (C) und einer Resonanzspule (L). Schaltet man den ersten aktiven Schalter S_1 ein, so entsteht ein Stromkreis vom positiven Anschluss (1) der Eingangsspannung U_1 über den ersten aktiven Schalter S_1 , den Kondensator C, die erste Diode D_1 , die Spule L und über die negative Eingangsklemme (2) zurück zur Eingangsspannung U_1 . Der Strom baut sich sinusförmig auf und die Spannung am Kondensator cosinusförmig. Wenn der Kondensator auf die Summe von Eingangs- (U_1) und Ausgangsspannung (U_2) aufgeladen ist, schaltet die zweite Diode (D_2) ein und die Spule (L) wird entmagnetisiert. Ähnlich ist der Ablauf wenn man nun S_2 einschaltet. Der Kondensator entlädt sich und anschließend schaltet die erste Diode ein und entmagnetisiert wieder die Spule. Die Schaltung kann durch Erweiterungen gegen parasitäre Schwingungen und zur Veränderung der Resonanz versehen werden.

(Fig. 1)



Invertierender Tiefsetzsteller mit geringen Schaltverlusten

Die Erfindung betrifft einen Tiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten Eingangsklemme (1) und einer zweiten Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) und einer ersten (3) und einer zweiten Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, einem ersten (S_1) und einem zweiten (S_2) aktiven Schalter, einer ersten (D_1) und einer zweiten (D_2) Diode, einem Resonanzkondensator (C) und einer Resonanzspule (L).

Die Figuren zeigen den grundsätzlichen Aufbau des Konverters, beispielhaft gezeichnet mit selbstsperrenden n-Kanal MOSFETs. Natürlich können auch andere aktive Halbleiterschalter stattdessen verwendet werden, wie z.B. IGBTs. Fig. 1 zeigt die Grundsaltung für positive Eingangsspannung, Fig. 2 für negative Eingangsspannung. Fig. 3 eine Erweiterung zur Vermeidung von parasitären Schwingungen mit einem Hilfsschalter, Fig. 4 eine Erweiterung zur Vermeidung von parasitären Schwingungen mit zwei Hilfsschaltern.

Fig. 1 zeigt den Aufbau des Tiefsetzstellers. Zwischen den Klemmen 1 und 2 wird die Eingangsspannung U_1 angeschlossen, wobei der positive Pol der Eingangsspannung U_1 an die erste Klemme geschaltet wird. Der Kondensator C_1 dient dazu, die Induktivität der Zuleitungen zu kompensieren und die Eingangsspannung beim Schalten zu einer nahezu idealen Spannungsquelle zu machen. Unmittelbar daran ist die Serienschaltung der zwei aktiven Schalter S_1 , S_2 und der zwei passiven Schalter D_1 , D_2 angeschlossen. Der Kondensator C_0 dient zur Glättung und Konstanthaltung der Ausgangsspannung U_2 . An den Klemmen 3 und 4 wird die Last angeschlossen. Der Kondensator C und die Spule L sind die Resonanzbauteile. Fig. 2 zeigt die Schaltung wenn die Eingangsspannung negativ ist. Der positive Pol der Eingangsspannung ist nun mit der zweiten Eingangsklemme (2) verbunden. Man erkennt: die Halbleiterbauelemente sind jetzt gegen der ersten Variante in Fig. 1 umgepolt, die Stromrichtung in L und die Spannung am Resonanzkondensator C sind nun ebenfalls umgepolt.

Fig. 3 zeigt dieselbe Schaltung wie in Fig. 1, nur durch eine Vorrichtung zur Schwingungsunterdrückung erweitert. Diese besteht aus einer, mit der Resonanzspule L gekoppelten zweiten Wicklung N_2 und einer Serienschaltung einer Hilfsdiode D_H mit einem aktiven Hilfsschalter S_H .

Fig. 4 zeigt dieselbe Schaltung wie in Fig. 1, nur durch eine etwas andere Vorrichtung zur Schwingungsunterdrückung erweitert. Diese besteht aus einer mit der Resonanzspule L gekoppelten zweiten Wicklung N_2 und zwei aktiven Hilfsschaltern S_{H1} , S_{H2} .

Es soll noch angemerkt werden, dass der Bezugspunkt (Masse) durch die zweite Eingangs- (2) und die zweite Ausgangsklemme (4) gebildet wird. Die Ansteuerschaltungen für die aktiven Schalter S_1 , S_2 müssen als potentialfreie Highside-Treiber ausgeführt sein. (Günstiger Weise wird man einen Halbbrückentreiber mit für oberen und unteren Schalter getrennten Steuereingang wählen). Meist sind die industriell erhältlichen aktiven Schalter strombidirektional.

Die Funktionsweise der Schaltung nach Fig. 1 ist leicht erklärt, wenn die Schaltung schon eingeschwungen ist und man ideale Bauelemente annimmt. Der Ausgangskondensator C_O ist so groß, dass sich die Spannung an ihm während eines Schaltzykluses praktisch nicht ändert und daher als konstant U_2 angenommen werden kann. Der Kondensator C sei ungeladen. Schaltet man nun den ersten aktiven Schalter S_1 ein, so entsteht ein Stromkreis vom positiven Anschluss (1) der Eingangsspannung U_1 über den ersten aktiven Schalter S_1 , den Kondensator C, die erste Diode D_1 , die Spule L und über die negative Eingangsklemme (2) zurück zur Eingangsspannung U_1 . Der Strom wird daher durch die Differentialintegralgleichung

$$U_1 = \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt + L \frac{di}{dt}$$

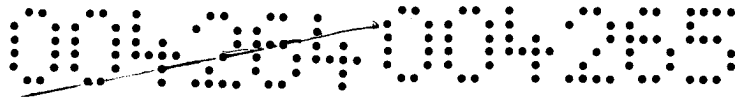
beschrieben. Der Stromfluss ist daher sinusförmig

$$i = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \sqrt{\frac{1}{LC}} t.$$

Die Spannung am Kondensator baut sich entsprechend

$$u_C = U_1 \left(-\cos \sqrt{\frac{1}{LC}} t + 1 \right)$$

auf. Erreicht die Spannung am Kondensator die Summe von Eingangs- und Ausgangsspannung $U_1 + U_2$, so wird die Spannung an C auf den Wert U_2 geklemmt, weil die zweite Diode D_2 einschaltet. Dieser erste Modus der Schaltung dauert



$$\Delta T_1 = \sqrt{LC} \cdot \arccos \frac{-U_2}{U_1}.$$

Der Strom baut sich nun linear ab, weil an der Spule nun die negative Ausgangsspannung U_2 liegt. Dieser Vorgang dauert so lange, bis der Strom durch die Spule zu null geworden ist und die beiden Dioden D_1 , D_2 daher abschalten. Die Dauer für den zweiten Modus der Schaltung ergibt sich zu

$$\Delta T_2 = i_L(\Delta T_1) \cdot \frac{L}{U_2}.$$

Am Ende dieses Intervalls ist also der Kondensator auf $U_1 + U_2$ aufgeladen und der Strom in der Spule wieder null. Der erste Vorgang, ausgelöst durch den aktiven Schalter S_1 , dauert insgesamt

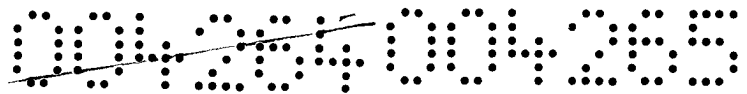
$$\Delta T_{S1} = \Delta T_1 + \Delta T_2.$$

Man erkennt auch, dass je kleiner die Ausgangsspannung ist, umso länger dauert der Entmagnetisierungsvorgang der Resonanzspule. Die Schaltung kann dann in einen quasi-kontinuierlichen Betrieb kommen. Dies wird man vermeiden, da damit das stromlose Schalten und damit der Vorteil der geringen Schaltverluste verloren geht.

Nun kann man sofort oder nach einer Pause den zweiten aktiven Schalter S_2 einschalten. (Natürlich muss der erste aktive Schalter S_1 vorher ausgeschaltet werden. Dies muss innerhalb des zweiten Modus (dauert ΔT_2) passieren oder spätestens bevor der zweite aktive Schalter S_2 eingeschaltet wird.) Der Stromkreis, der sich nun bildet, besteht aus dem Kondensator C, dem zweiten aktiven Schalter S_2 , der Spule L, der Ausgangsspannung U_2 und der zweiten Diode D_2 . Der Strom wird daher durch die Differentialintegralgleichung

$$L \frac{di}{dt} + U_2 + \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt - (U_1 + U_2) = 0$$

beschrieben. Es entsteht wieder eine Sinusschwingung des Spulenstroms. Die Gleichung ist die gleiche wie im ersten Modus. Wenn die Spannung am Kondensator zu null geworden ist und beginnt negativ zu werden, schaltet die erste Diode D_1 ein. Der Spulenstrom kommutiert nun in diese und der Strom nimmt linear bis null ab; dann schalten die beiden Dioden D_1 , D_2 ab. Der Resonanzkondensator C ist wieder ungeladen und die Resonanzspule L ist wieder stromlos. Nun kann ein neuer Ablauf durch Einschalten des ersten Schalters S_1 gestartet



werden. (Natürlich muss der zweite aktive Schalter S_2 vorher ausgeschaltet werden.) Die beiden hier auftretenden Zeitintervalle haben dieselbe Länge wie oben berechnet. Es gilt

$$\Delta T_{S_2} = \Delta T_{S_1} .$$

Die Zeiten sind für die Ansteuerung von Bedeutung.

Man erkennt: beide aktiven Schalter S_1, S_2 schalten bei null Strom ein und bei null Spannung aus, die Diode D_1 schaltet im Zyklus ΔT_{S_1} bei Strom null ein und aus, im Zyklus ΔT_{S_2} mit Strom ein, ist aber gleichzeitig spannungslos. Die Diode D_2 schaltet im Zyklus ΔT_{S_2} bei null Strom ein und aus, im Zyklus ΔT_{S_1} schaltet sie spannungslos, aber mit Strom ein und schaltet stromlos ab. Damit entstehen grundsätzlich keine Schaltverluste. Bei realen Bauelementen muss man noch berücksichtigen, dass beim Einschalten die parasitären Kapazitäten schlagartig entladen werden und daher Verluste entstehen. Der Energietransfer wird mittels der Wiederholrate, mit der der oben beschriebene Vorgang gestartet wird, gesteuert. Man beachte, dass im ersten Mode keine Energieübertragung an den Ausgang erfolgt.

Wenn noch keine Ausgangsspannung U_2 vorhanden ist, kann keine Entmagnetisierung der Spule L erfolgen (geschieht nur durch die parasitären Widerstände und die Diodenflussspannungen), daher wird man zuerst zum Aufbau der Ausgangsspannung den Konverter wie einen hart geschalteten Tiefsetzsteller betreiben und beide aktive Schalter S_1, S_2 gleichzeitig ein- und ausschalten. Man wird dies mit konstanter Frequenz und langsam zunehmendem Tastverhältnis tun. Erst wenn ausreichend Spannung am Ausgang aufgebaut oder der gewünschte Spannungswert erreicht ist, kann man auf den Resonanzbetrieb übergehen.

Da die Schaltung dann immer mit Pausen arbeitet, kommt es zu den typischen hochfrequenten Schwingungen, die beim diskontinuierlichen Betrieb in der Praxis auftreten. Hier kann man durch eine, mit der Resonanzspule magnetisch gut gekoppelte, Wicklung Abhilfe schaffen. Wenn der Spulenstrom null geworden ist, wird diese Wicklung mittels eines Hilfsschalters kurzgeschlossen. Dieser Hilfsschalter besteht aus einem aktiven Schalter S_H und einer Diode D_H in Serie. Man wird diesen Kurzschluss mit Masse verbinden um eine potentialfreie Ansteuerung zu vermeiden. Es lässt sich auch die Seriendiode D_H durch einen zweiten aktiven Hilfsschalter S_{H2} ersetzen. Verwendet man diese Vorrichtung zur Unterdrückung der parasitären Schwingungen, so genügt ein dünner Draht für die zweite Wicklung, da der Energieinhalt gering ist. Zur Steuerung des Hilfsschalters / der Hilfsschalter wird man am besten die Spannungen an den Dioden D_1 und D_2 erfassen (mittels Spannungsteilers und/oder



Differenzverstärker), und wenn die Spannung dort über einen bestimmten vorgegebenen Schwellwert ansteigt (erkannt über Komparatoren) den/die Hilfsschalter einschalten. Da die Schwingung je nach Modus der Schalter an den Dioden unterschiedlich ausgeprägt ist, kann man das Ergebnis der Komparatoren mit einer ODER-Verknüpfung versehen. Bevor wieder einer der beiden aktiven Schalter S_1 , S_2 eingeschaltet wird, muss/müssen der/die Hilfsschalter wieder ausgeschaltet/n werden. Es sollte eine kurze Verriegelungszeit vorgesehen werden damit sichergestellt ist, dass der aktive Schalter S_1 oder S_2 nicht auf die kurzgeschlossene Resonanzspule schaltet. Die Kapazität der Hilfsschalter (S_H , S_{H1} , S_{H2}) oder der Hilfsdiode D_H sollte gering sein, um die belastende parasitäre für die Spule N_2 klein zu halten.

Es kann in bestimmten Betriebsfällen auch sinnvoll sein (z.B. bei höherem Spannungsübersetzungsverhältnis), die Eigenfrequenz des Resonanzkreises zu erhöhen. Dazu schaltet man parallel zur Resonanzspule L eine oder mehrere weitere Spulen mittels Halbleiterschalter für Wechselspannungen oder durch Relaiskontakte parallel. Die Frequenz der Resonanzschwingung wird dann höher, ebenso auch die Amplitude des Stroms.

Das Spannungsübersetzungsverhältnis ist, bedingt durch den Resonanzvorgang, begrenzt. Je näher die Ausgangsspannung an die Eingangsspannung kommt, umso geringer wird die zugeführte Energie im Mode 2. Die Schaltung eignet sich für ein Tiefsetzverhältnis von

$$M = \frac{U_2}{U_1} = 0,2 \dots 0,8 \text{ .}$$

Die Schaltung kann auch als Konverter nach einem Leistungsfaktorkorrekturfilter (PFC) aus dem Ein- oder Dreiphasennetz oder nach einer B6 Diodenbrücke geschaltet werden.

Da nur eine Strom- und eine Spannungsrichtung möglich ist, eignet sich als Last alles bei dem Einquadrantenbetrieb ausreicht, also z.B. zur Energieversorgung von elektronischen Vorrichtungen.

Die Aufgabe einen invertierenden Tiefsetzsteller mit geringen Schaltverlusten zu realisieren wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, dass die erste Eingangsklemme (1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) geschaltet ist, an den negativen Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Kathode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Anode der ersten Diode (D_1) die Kathode der

zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Anode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind, **oder dass** an die erste Eingangsklemme (1) der negative Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) geschaltet ist, an den positiven Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) der negative Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den positiven Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) die Anode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Kathode der ersten Diode (D_1) die Anode der zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Kathode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind.

Es ist weiters sehr sinnvoll zwischen der ersten (1) und der zweiten (2) Eingangsklemme und zwischen der ersten (3) und der zweiten (4) Ausgangsklemme je ein Kondensator (C_1 , C_0) geschaltet ist, und dass der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2), ebenso wie die erste (D_1) und die zweite (D_2) Diode als Halbbrückenmodul ausgeführt sind. Der erste (S_1) und der zweite (S_2) aktive Schalter wird sinnvollerweise durch einen Halbbrückentreiber mit getrennten Steuereingängen angesteuert.

Um parasitäre Schwingungen zu unterdrücken wird die Resonanzspule (L) durch eine magnetisch gekoppelte zweite Wicklung (N_2) erweitert, die mittels der Serienschaltung eines aktiven Schalters (S_H) mit einer Diode (D_H) überbrückt und mit dem Bezugspotential verbunden wird und der zweite Anschluss der zweiten Wicklung (N_2) direkt an Bezugspotential geschaltet ist, oder dass an deren Wicklungsenden je der positive Anschluss eines aktiven Schalters (S_{H1} , S_{H2}) angeschlossen ist und die negativen Anschlüsse der aktiven Schalter (S_{H1} , S_{H2}) mit dem Bezugspotential verbunden sind, und die Steueranschlüsse der beiden aktiven Schalter (S_{H1} , S_{H2}) miteinander verbunden sind.

Die Ansteuerung wird dabei so erfolgen, dass mittels Spannungserfassungsvorrichtung die Sperrspannung an den Dioden (D_1 , D_2) oder die Blockierspannung an den aktiven Schaltern (S_1 , S_2) erfasst wird und dass nach Überschreiten einer vorgegebenen ersten Vergleichsspannung (U_{refl}) an der zweiten Diode (D_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) oder an der ersten Diode (D_1) bei noch

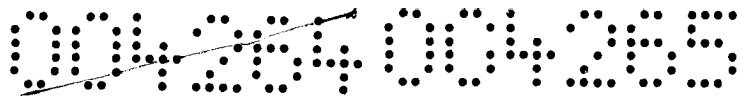


leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder dass nach Unterschreiten einer vorgegebenen zweiten Vergleichsspannung (U_{ref2}) am zweiten aktiven Schalter (S_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder am ersten aktiven Schalter (S_1) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) mittels Komparatoren der Hilfsschalter (S_H) oder die Hilfsschalter (S_{H1} , S_{H2}) über eine Ansteuerschaltung eingeschaltet werden und durch die Steuervorrichtung wieder ausgeschaltet werden, bevor einer der aktiven Schalter (S_1 , S_2) durch deren Ansteuerschaltung wieder eingeschaltet wird.

Um die Resonanzfrequenz zu erhöhen, wird man parallel zur Resonanzspule (L) eine oder mehrere weitere Spulen mittels einer Ansteuervorrichtung durch Halbleiterschalter für Wechselspannungen oder durch Relaiskontakte parallel schalten können.

Die Ansteuerung erfolgt so, dass die Eingangsspannung (U_1) und die Ausgangsspannung (U_2) mittels einer Spannungserfassungsvorrichtung erfasst werden und deren Ausgangssignale einer Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt werden und in dieser das erforderliche Pulsmuster entsprechend der gewünschten Spannung und den erforderlichen Puls- und Verschiebungszeiten bestimmt wird.

Die Steuer- und Regelvorrichtung wird mittels Mikrocontroller realisiert.



Patentansprüche

1. Tiefsetzsteller bestehend aus einer ersten (1) und einer zweiten Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) und einer ersten (3) und einer zweiten Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, einem ersten (S_1) und einem zweiten (S_2) aktiven Schalter, einer ersten (D_1) und einer zweiten (D_2) Diode, einem Resonanzkondensator (C) und einer Resonanzspule (L) **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Eingangsklemme (1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) geschaltet ist, an den negativen Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Kathode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Anode der ersten Diode (D_1) die Kathode der zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Anode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind, **oder dass** an die erste Eingangsklemme (1) der negative Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) geschaltet ist, an den positiven Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) der negative Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den positiven Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) die Anode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Kathode der ersten Diode (D_1) die Anode der zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Kathode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind.
2. Konverter gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten (1) und der zweiten Eingangsklemme (2) und zwischen der ersten (3) und der zweiten Ausgangsklemme (4) je ein Kondensator (C_1 , C_0) geschaltet ist.
3. Konverter gemäß Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2), ebenso wie die erste (D_1) und die zweite (D_2) Diode als Halbbrückenmodul ausgeführt sind.

4. Konverter gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonanzspule (L) durch eine magnetisch gekoppelte zweite Wicklung (N_2) erweitert ist, die mittels der Serienschaltung eines aktiven Schalters (S_H) mit einer Diode (D_H) überbrückt und mit dem Bezugspotential verbunden wird und der zweite Anschluss der zweiten Wicklung (N_2) direkt an Bezugspotential geschaltet ist.
5. Konverter gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonanzspule (L) durch eine magnetisch gekoppelte zweite Wicklung (N_2) erweitert ist, an deren Wicklungsenden je der positive Anschluss eines aktiven Schalters (S_{H1} , S_{H2}) angeschlossen ist und die negativen Anschlüsse der aktiven Schalter (S_{H1} , S_{H2}) mit dem Bezugspotential verbunden sind, und die Steueranschlüsse der beiden aktiven Schalter (S_{H1} , S_{H2}) miteinander verbunden sind.
6. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels Spannungserfassungsvorrichtung die Sperrspannung an den Dioden (D_1 , D_2) oder die Blockierspannung an den aktiven Schaltern (S_1 , S_2) erfasst wird und dass nach Überschreiten einer vorgegebenen ersten Vergleichsspannung (U_{ref1}) an der zweiten Diode (D_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) oder an der ersten Diode (D_1) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder dass nach Unterschreiten einer vorgegebenen zweiten Vergleichsspannung (U_{ref2}) am zweiten aktiven Schalter (S_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder am ersten aktiven Schalter (S_1) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) mittels Komparatoren der Hilfsschalter (S_H) oder die Hilfsschalter (S_{H1} , S_{H2}) über eine Ansteuerschaltung eingeschaltet werden und durch die Steuervorrichtung wieder ausgeschaltet werden, bevor einer der aktiven Schalter (S_1 , S_2) durch deren Ansteuerschaltung wieder eingeschaltet wird.
7. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zur Resonanzspule (L) eine oder mehrere weitere Spulen mittels einer Ansteuervorrichtung durch Halbleiterschalter für Wechselspannungen oder durch Relaiskontakte parallel geschaltet werden können.
8. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite (S_2) aktive Schalter durch einen Halbbrückentreiber mit getrennten Steuereingängen angesteuert wird.
9. Konverter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eingangsspannung (U_1) und die Ausgangsspannung (U_2) mittels einer

Spannungserfassungsvorrichtung erfasst werden und deren Ausgangssignale einer Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt werden und in dieser das erforderliche Pulsmuster entsprechend der gewünschten Spannung und den erforderlichen Puls- und Verschiebungszeiten bestimmt wird.

10. Konverter gemäß Anspruch 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und Regelvorrichtung mittels Mikrocontroller realisiert ist.

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H02M 3/158 (2006.01); **G05F 1/56** (2006.01); **G05F 3/24** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H02M 3/158 (2013.01); **G05F 1/56** (2013.01); **G05F 3/24** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H02M, G05F

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPDOC, IEEE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 17.08.2018 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 106487232 A (UNIV HOHAI CHANGZHOU) 08. März 2017 (08.03.2017) Zusammenfassung; Fig. 1.	1-10
A	JP S6192162 A (SHARP KK, IRIE JUICHI) 10. Mai 1986 (10.05.1986) Zusammenfassung; Fig. 1.	1-10

Datum der Beendigung der Recherche:
21.03.2019

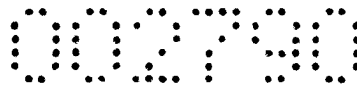
Seite 1 von 1

Prüfer(in):
MEHLMAUER Adolf

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

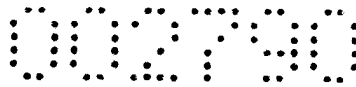
- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.



Patentansprüche

1. Tiefsetzsteller bestehend aus einer ersten (1) und einer zweiten Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) und einer ersten (3) und einer zweiten Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, einem ersten (S_1) und einem zweiten (S_2) aktiven Schalter, einer ersten (D_1) und einer zweiten (D_2) Diode, einem Resonanzkondensator (C) und einer Resonanzspule (L) **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste Eingangsklemme (1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) geschaltet ist, an den negativen Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Kathode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Anode der ersten Diode (D_1) die Kathode der zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Anode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind, **oder dass** an die erste Eingangsklemme (1) der negative Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) geschaltet ist, an den positiven Anschluss des ersten strombidirektionalen Schalters (S_1) der negative Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) und ein Anschluss des Kondensators (C) geschaltet sind, an den positiven Anschluss des zweiten strombidirektionalen Schalters (S_2) die Anode der ersten Diode (D_1) und ein Anschluss der Resonanzspule (L) geschaltet sind, an die Kathode der ersten Diode (D_1) die Anode der zweiten Diode (D_2) und der zweite Anschluss des Resonanzkondensators (C) geschaltet sind, an die Kathode der zweiten Diode (D_2) die erste Ausgangsklemme (3) geschaltet ist und die zweite Eingangsklemme (2), der zweite Anschluss der Spule (L) und die zweite Ausgangsklemme (4) miteinander verbunden sind.
2. Tiefsetzer gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten (1) und der zweiten Eingangsklemme (2) und zwischen der ersten (3) und der zweiten Ausgangsklemme (4) je ein Kondensator (C_1 , C_0) geschaltet ist.
3. Tiefsetzer gemäß Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2), ebenso wie die erste (D_1) und die zweite (D_2) Diode als Halbbrückenmodul ausgeführt sind.



4. Tiefsetzer gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonanzspule (L) durch eine magnetisch gekoppelte zweite Wicklung (N_2) erweitert ist, die mittels der Serienschaltung eines aktiven Hilfsschalters (S_H) mit einer Diode (D_H) überbrückt und mit dem Bezugspotential verbunden wird und der zweite Anschluss der zweiten Wicklung (N_2) direkt an das Bezugspotential geschaltet ist.
5. Tiefsetzer gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonanzspule (L) durch eine magnetisch gekoppelte zweite Wicklung (N_2) erweitert ist, an deren Wicklungsenden je der positive Anschluss eines aktiven Hilfsschalters (S_{H1} , S_{H2}) angeschlossen ist und die negativen Anschlüsse der aktiven Schalter (S_{H1} , S_{H2}) mit dem Bezugspotential verbunden sind, und die Steueranschlüsse der beiden aktiven Hilfsschalter (S_{H1} , S_{H2}) miteinander verbunden sind.
6. Tiefsetzer gemäß einem der Ansprüche 4 oder 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels Spannungserfassungsvorrichtung die Sperrspannung an den Dioden (D_1 , D_2) oder die Blockierspannung an den aktiven Schaltern (S_1 , S_2) erfasst wird und dass nach Überschreiten einer vorgegebenen ersten Vergleichsspannung (U_{ref1}) an der zweiten Diode (D_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) oder an der ersten Diode (D_1) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder dass nach Unterschreiten einer vorgegebenen zweiten Vergleichsspannung (U_{ref2}) am zweiten aktiven Schalter (S_2) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem ersten aktiven Schalter (S_1) oder am ersten aktiven Schalter (S_1) bei noch leitendem oder schon abgeschaltetem zweiten aktiven Schalter (S_2) mittels Komparatoren der aktive Hilfsschalter (S_H) oder die aktiven Hilfsschalter (S_{H1} , S_{H2}) über eine Ansteuerschaltung eingeschaltet wird/werden und durch die Steuervorrichtung wieder ausgeschaltet wird/werden, bevor einer der aktiven Schalter (S_1 , S_2) durch deren Ansteuerschaltung wieder eingeschaltet wird.
7. Tiefsetzer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zur Resonanzspule (L) eine oder mehrere weitere Spulen mittels einer Ansteuervorrichtung durch Halbleiterschalter für Wechselspannungen oder durch Relaiskontakte parallel geschaltet werden können.
8. Tiefsetzer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite (S_2) aktive Schalter durch einen Halbbrückentreiber mit getrennten Steuereingängen angesteuert wird.

9. Tiefsetzer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eingangsspannung (U_1) und die Ausgangsspannung (U_2) mittels einer Spannungserfassungsvorrichtung erfasst werden und deren Ausgangssignale einer Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt werden und in dieser das erforderliche Pulsmuster entsprechend der gewünschten Spannung und den erforderlichen Puls- und Verschiebungszeiten bestimmt wird.
10. Tiefsetzer gemäß Anspruch 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und Regelvorrichtung mittels Mikrocontroller realisiert ist.