

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 245/2019

(22)

Anmeldetag:

04.07.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.01.2021

(51)

Int. Cl.:

H02M 3/158

G05F 1/618

(2006.01)

(2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

AT 408293 B

TW 201414161 A

CN 104578773 A

US 2007279955 A1

(71)

Patentanmelder:

Fachhochschule Technikum Wien

1200 Wien (AT)

(72)

Erfinder:

Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.

2351 Wiener Neudorf (AT)

(74)

Vertreter:

Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.

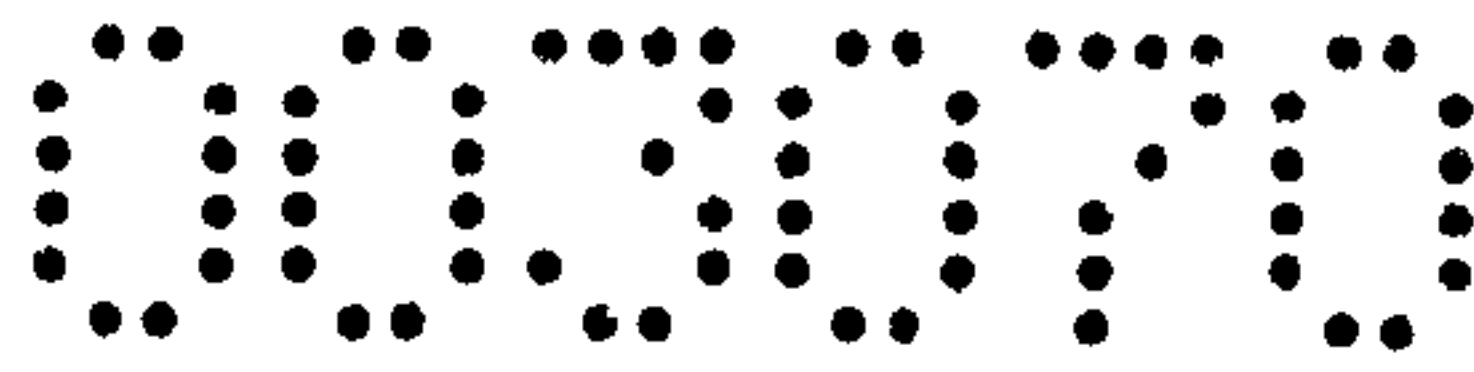
1200 Wien (AT)

(54)

Bidirektionaler Hochtiefsetzsteller

(57) Die Erfindung betrifft einen bidirektionalen Hochtiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten positiven Eingangsklemme (1) und einer zweiten negativen Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) oder die Last und einer ersten negativen (3) und einer zweiten positiven Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, vier aktiven Schaltern (S_1 , S_{1H} , S_2 , S_{2H}) mit parallelgeschalteten Dioden (D_1 , D_{1H} , D_2 , D_{2H}), zwei Spulen (L_1 , L_2) und zwei Kondensatoren (C_1 , C_2). Durch die gegenständliche Verschaltung wird ein sehr hohes Spannungsübersetzungsverhältnis erzielt. Die Schaltung eignet sich durch die Bidirektionalität besonders zur Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten, in Smart Grids, aber auch zum Ansteuern von Gleichstrommaschinen.

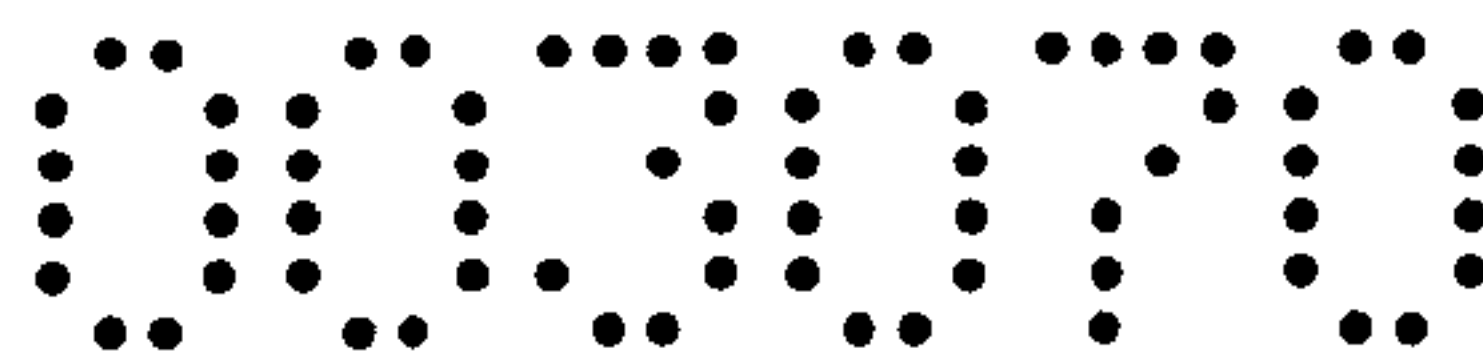
Fig. 1



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen bidirektionalen Hochtiefsatzsteller, bestehend aus einer ersten positiven Eingangsklemme (1) und einer zweiten negativen Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) oder die Last und einer ersten negativen (3) und einer zweiten positiven Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, vier aktiven Schaltern (S_1, S_{1H}, S_2, S_{2H}) mit parallelgeschalteten Dioden (D_1, D_{1H}, D_2, D_{2H}), zwei Spulen (L_1, L_2) und zwei Kondensatoren (C_1, C_2). Durch die gegenständliche Verschaltung wird ein sehr hohes Spannungsübersetzungsverhältnis erzielt. Die Schaltung eignet sich durch die Bidirektionalität besonders zur Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten, in Smart Grids, aber auch zum Ansteuern von Gleichstrommaschinen.

(Fig. 1)



Bidirektionaler Hochtiefsetzsteller

Die Erfindung betrifft einen bidirektionalen Hochtiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten positiven Eingangsklemme (1) und einer zweiten negativen Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) oder die Last und einer ersten negativen (3) und einer zweiten positiven Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, vier aktiven Schaltern (S_1, S_{1H}, S_2, S_{2H}) mit parallelgeschalteten Dioden (D_1, D_{1H}, D_2, D_{2H}), zwei Spulen (L_1, L_2) und zwei Kondensatoren (C_1, C_2).

Fig. 1 stellt die Grundstruktur des bidirektionalen Hochtiefsetzstellers, beispielhaft mit IGBTs gezeichnet, dar. Fig. 2 zeigt die vereinfachte Schaltung (S_{1H}, S_{2H} sperren) für einen Energiefluss von der Eingangsseite (Klemmen 1, 2) zur Ausgangsseite (Klemmen 3, 4) und Fig. 3 zeigt die vereinfachte Schaltung (S_1, S_2 sperren) für einen Energiefluss von der Ausgangsseite (Klemmen 3, 4) zur Eingangsseite (Klemmen 1, 2). Fig. 4 zeigt das Spannungsübersetzungsverhältnis vom Ausgang zum Eingang und Fig. 5 für die umgekehrte Energieflussrichtung.

Die Funktion der Schaltung soll für einen Energiefluss von der Eingangsseite (Klemmen 1, 2) zur Ausgangsseite (Klemmen 3, 4) beschrieben werden. Dabei werden ideale Bauteile, kontinuierlicher Betrieb, eingeschwungener Zustand und ausreichend große Kondensatoren, sodass sich die Spannung an ihnen während einer Taktperiode praktisch nicht ändert, vorausgesetzt. Die Schaltung hat dann zwei Moden:

- M1: beide aktive Schalter sind eingeschaltet, die Dioden sperren
- M2: beide aktive Schalter sind ausgeschaltet, die Dioden leiten

Für das Spannungszeitgleichgewicht an L_1 gilt

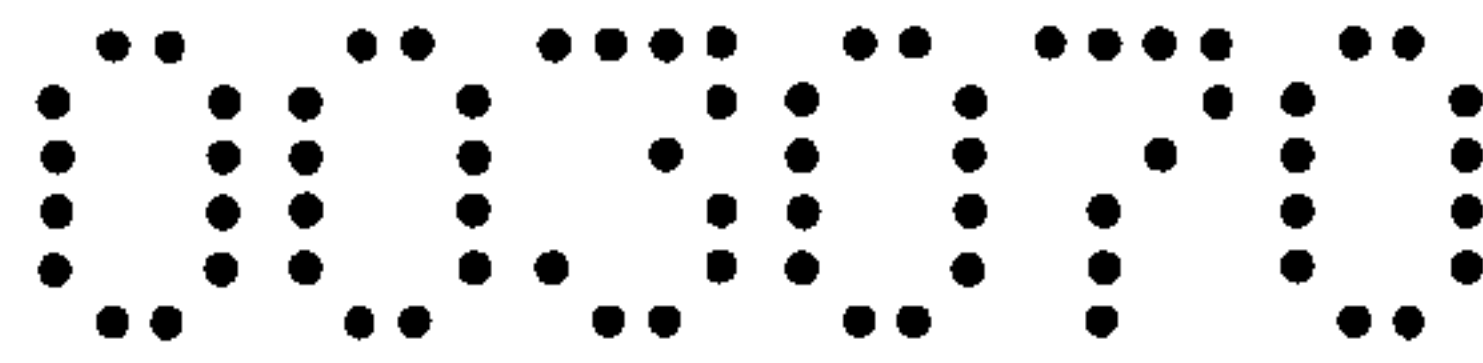
$$U_1 d = |U_1 - U_{C1}|(1 - d)$$

und für die zweite Spule L_2 kann man anschreiben

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

Damit ergibt sich für die Ausgangsspannung

$$U_2 = \frac{d(2-d)}{(1-d)^2} U_1 .$$



Die Schaltung bildet einen Hochtiefsetzsteller mit sehr starker Hochsetzfunktion (vgl. Fig. 4).

Wenn der Energietransfer von der Ausgangsseite (Klemmen 3 und 4) erfolgt, kann man das Spannungsübersetzungsverhältnis zu

$$M = \frac{d^2}{1 - d^2}$$

bestimmen. Fig. 5 zeigt dies graphisch.

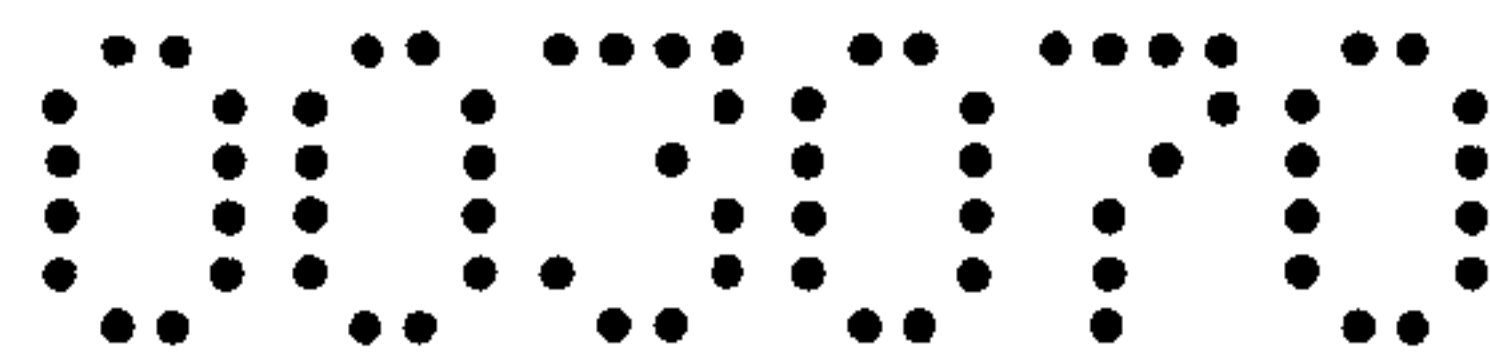
Bei IGBTs wird es sinnvoll sein, nur jeweils je nach der Energieflussrichtung ein Transistorpaar zu verwenden, da Dioden geringere Flussspannungen haben als der IGBT. Bei kleineren Betriebsspannungen und bei der Verwendung von MOSFETs wird man synchrone Gleichrichtung verwenden um die Durchlassverluste zu verringern. Schaltverluste können durch Parallelschalten von kleinen Kondensatoren zu den Transistoren der Halbbrücken und der entsprechenden Ansteuerung reduziert oder nahezu beseitigt werden. Dazu benötigt man aber alle vier aktiven Schalter.

Wird hartes Schalten verwendet, so muss man nur immer beide aktive Schalter gleichzeitig ein- und ausschalten und zwar je nach der erforderlichen Energieflussrichtung entweder S_1 , S_2 oder S_{1H} und S_{2H} .

Verwendet man Schalten bei Spannung null (ZVS) muss der Stromfluss in der Entmagnetisierungsphase der Spulen leicht umdrehen können um die parallel neben den aktiven Schaltern liegenden Entlastungskondensatoren umladen zu können, damit man wieder ohne Schaltverluste in den Mode M1 schalten kann.

Die Schaltung eignet sich durch die Bidirektionalität besonders zur Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten, in Smart Grids, aber auch zum Ansteuern von Gleichstrommaschinen.

Die Aufgabe einen bidirektionalen Hochtiefsetzsteller zu realisieren wird erfindungsgemäß dadurch bewerkstelligt, dass an die erste positive Eingangsklemme (1) der erste Anschluss der ersten Spule (L_1), der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und die Kathode der zweiten Diode (D_2) geschaltet sind, und an den zweiten Anschluss der ersten Spule (L_1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1), die Kathode der ersten Diode (D_1) und der positive Anschluss des ersten Kondensators (C_1) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Anode der zweiten Diode (D_2), die



Kathode der vierten Diode (D_{2H}), der positive Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) und der erste Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) die Anode der vierten Diode (D_{2H}), der negative Anschluss des zweiten Kondensators (C_2) und die negative Ausgangsklemme (3) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des dritten aktiven Schalters die Anode der dritten Diode (D_3), der negative Anschluss des ersten Kondensators (C_1) und der zweite Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und die positive Ausgangsklemme (4), der positive Anschluss des zweiten Kondensators (C_2), die Kathode der dritten Diode (D_3), der negative Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) und die negative Eingangsklemme miteinander verbunden sind.

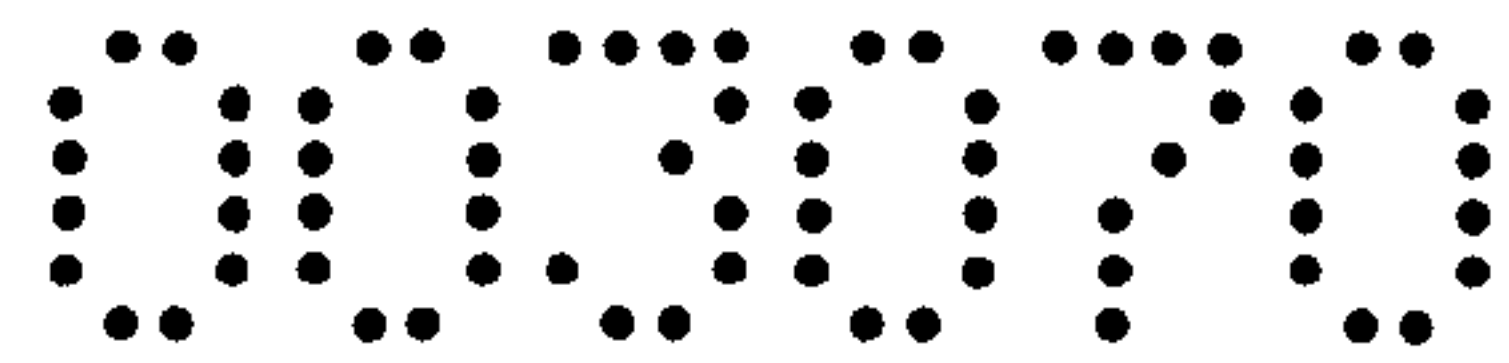
Zur Kompensation der Zuleitungsinduktivität wird zwischen der ersten (1) und der zweiten Eingangsklemme (2) ein Kondensator (C_1) geschaltet.

Aus praktischen Gründen ist es sinnvoll, dass die Kondensatoren durch Elektrolytkondensatoren mit parallel liegenden Folien- oder Keramikkondensatoren realisiert sind.

Zur Verringerung der parasitären Induktivitäten ist es empfehlenswert, dass der erste (S_1) und der dritte aktive Schalter (S_{1H}) und die zugehörige erste (D_1) und dritte Diode (S_{1H}), und der zweite (S_2) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) und die zugehörige zweite (D_2) und vierte Diode (S_{2H}) in Form von Halbbrückenmodulen verschaltet sind.

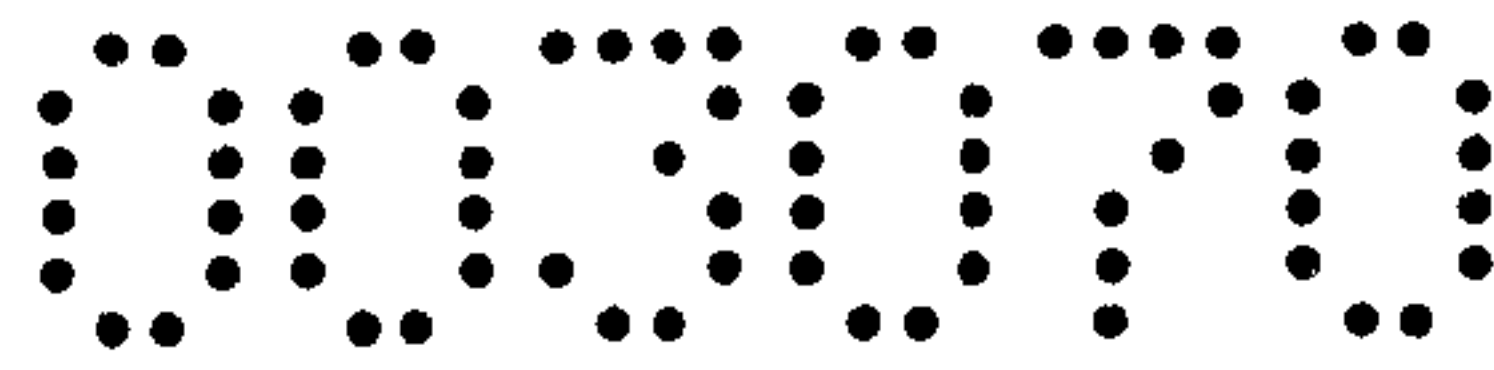
Insbesondere bei Verwendung von IGBTs ist es zweckmäßig, dass bei Energieflussrichtung von den Eingangsklemmen (1, 2) zu den Ausgangsklemmen (3, 4) nur der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) gesperrt bleiben und ebenso, dass bei Energieflussrichtung von den Ausgangsklemmen (3, 4) zu den Eingangsklemmen (1, 2) nur der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) getaktet werden und der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gesperrt bleiben.

Bei Betrieb mit MOSFETs wird man um die Durchlassverluste zu verringern die Ansteuerung so gestalten, dass der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gleichzeitig getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) ebenfalls gleichzeitig jedoch invertiert getaktet werden.



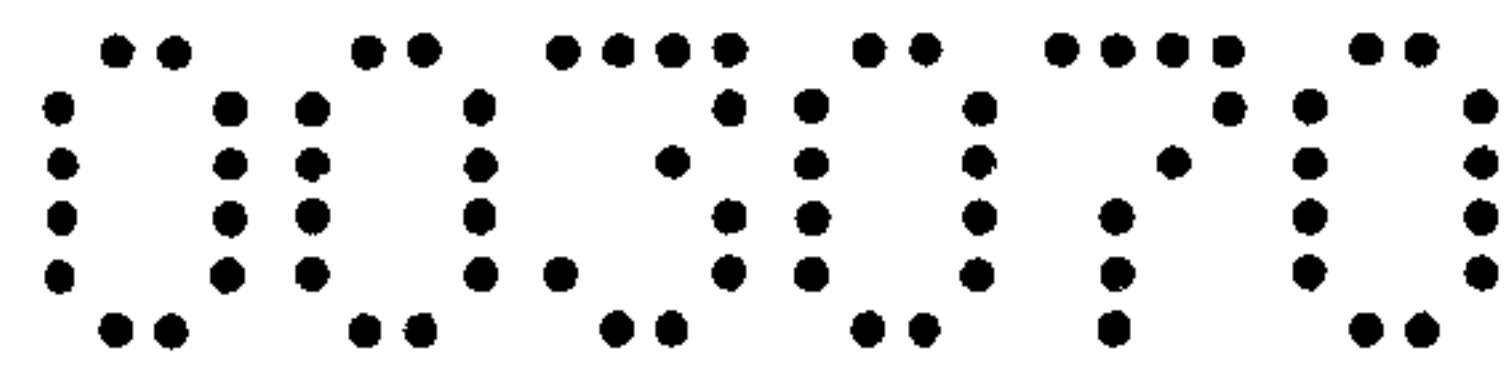
Um auch die Schaltverluste gering zu halten wird man die Grundschialtung so erweitern, dass parallel zu den aktiven Schaltern (S_1 , S_2 , S_{1H} , S_{2H}) kleine Kondensatoren zur Schaltentlastung geschaltet sind.

Naheliegende Anwendung des bidirektionalen Hochtiefsetzstellers sind: Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten oder als Zweiquadrantentreiberstufe für eine Gleichstrommaschine.



Patentansprüche

1. Bidirektionaler Hochtiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten positiven Eingangsklemme (1) und einer zweiten negativen Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) oder die Last und einer ersten negativen (3) und einer zweiten positiven Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, vier aktiven Schaltern (S_1, S_{1H}, S_2, S_{2H}) mit parallelgeschalteten Dioden (D_1, D_{1H}, D_2, D_{2H}), zwei Spulen (L_1, L_2) und zwei Kondensatoren (C_1, C_2) **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste positive Eingangsklemme (1) der erste Anschluss der ersten Spule (L_1), der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und die Kathode der zweiten Diode (D_2) geschaltet sind, und an den zweiten Anschluss der ersten Spule (L_1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1), die Kathode der ersten Diode (D_1) und der positive Anschluss des ersten Kondensators (C_1) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Anode der zweiten Diode (D_2), die Kathode der vierten Diode (D_{2H}), der positive Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) und der erste Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) die Anode der vierten Diode (D_{2H}), der negative Anschluss des zweiten Kondensators (C_2) und die negative Ausgangsklemme (3) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des dritten aktiven Schalters die Anode der dritten Diode (D_3), der negative Anschluss des ersten Kondensators (C_1) und der zweite Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und die positive Ausgangsklemme (4), der positive Anschluss des zweiten Kondensators (C_2), die Kathode der dritten Diode (D_3), der negative Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) und die negative Eingangsklemme miteinander verbunden sind.
2. Hochtiefsetzsteller gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten (1) und der zweiten Eingangsklemme (2) ein Kondensator (C_1) geschaltet ist.
3. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kondensatoren durch Elektrolytkondensatoren mit parallel liegenden Folien- oder Keramikkondensatoren realisiert sind.
4. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der dritte aktive Schalter (S_{1H}) und die zugehörige erste (D_1) und dritte Diode (S_{1H}), und der zweite (S_2) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) und die



zugehörige zweite (D_2) und vierte Diode (S_{2H}) in Form von Halbbrückenmodulen verschaltet sind.

5. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Energieflussrichtung von den Eingangsklemmen (1, 2) zu den Ausgangsklemmen (3, 4) nur der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) gesperrt bleiben.
6. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Energieflussrichtung von den Ausgangsklemmen (3, 4) zu den Eingangsklemmen (1, 2) nur der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) getaktet werden und der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gesperrt bleiben.
7. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gleichzeitig getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) ebenfalls gleichzeitig jedoch invertiert getaktet werden.
8. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 und 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zu den aktiven Schaltern (S_1 , S_2 , S_{1H} , S_{2H}) kleine Kondensatoren zur Schaltentlastung geschaltet sind.
9. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** er zur Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten oder als Zweiquadrantentreiberstufe für eine Gleichstrommaschine verwendet wird.

003070

Figuren

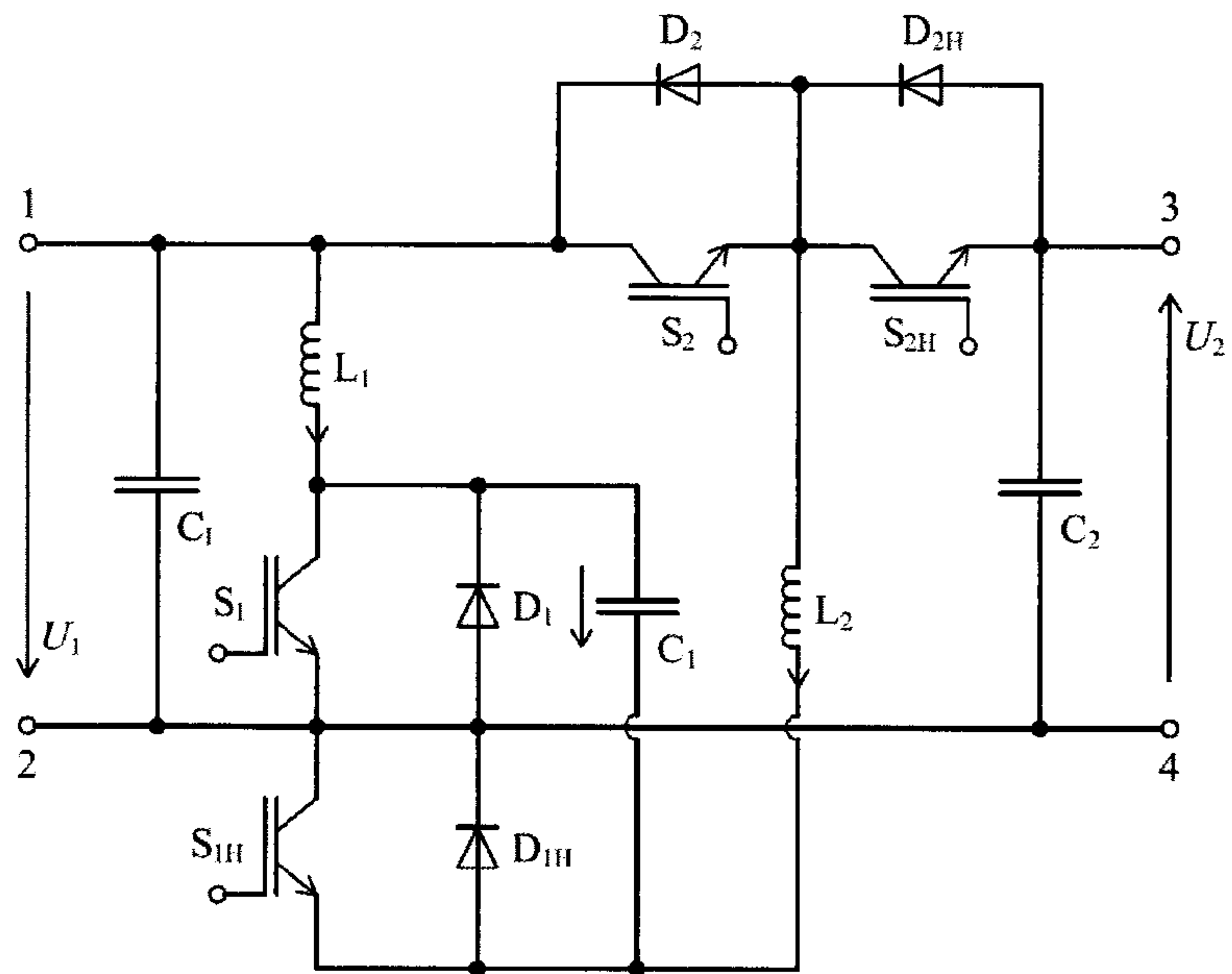


Fig. 1

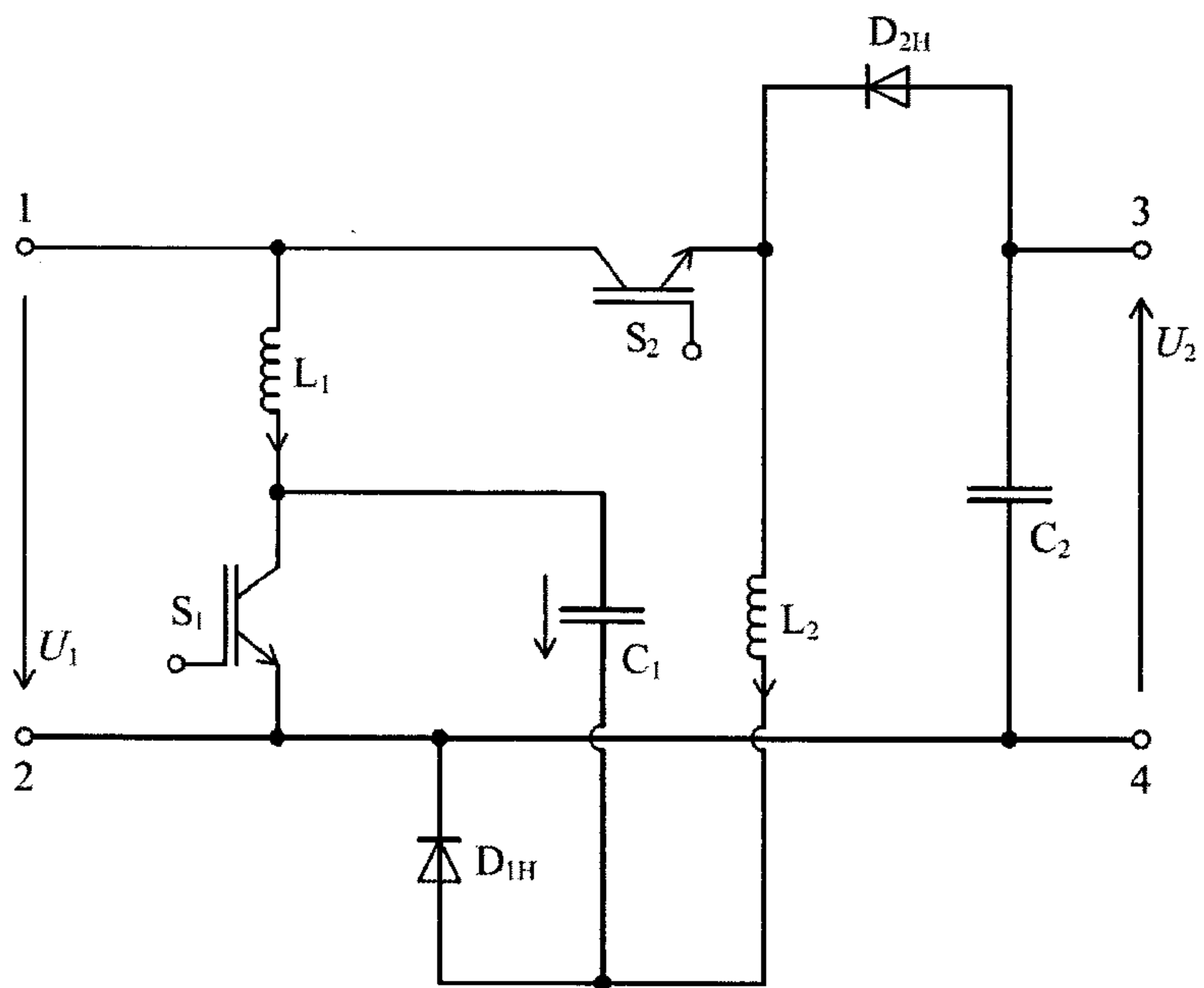


Fig. 2

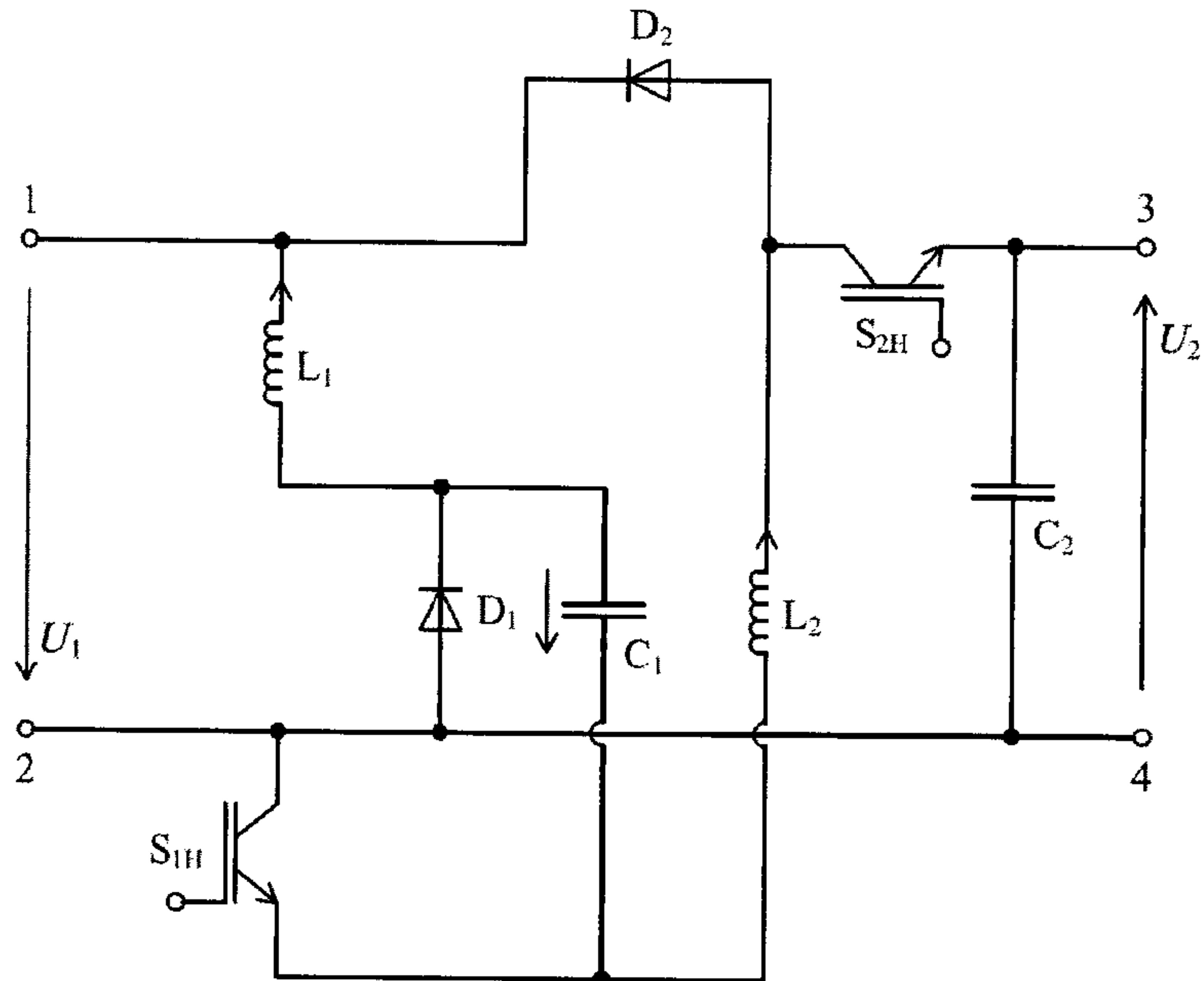


Fig. 3

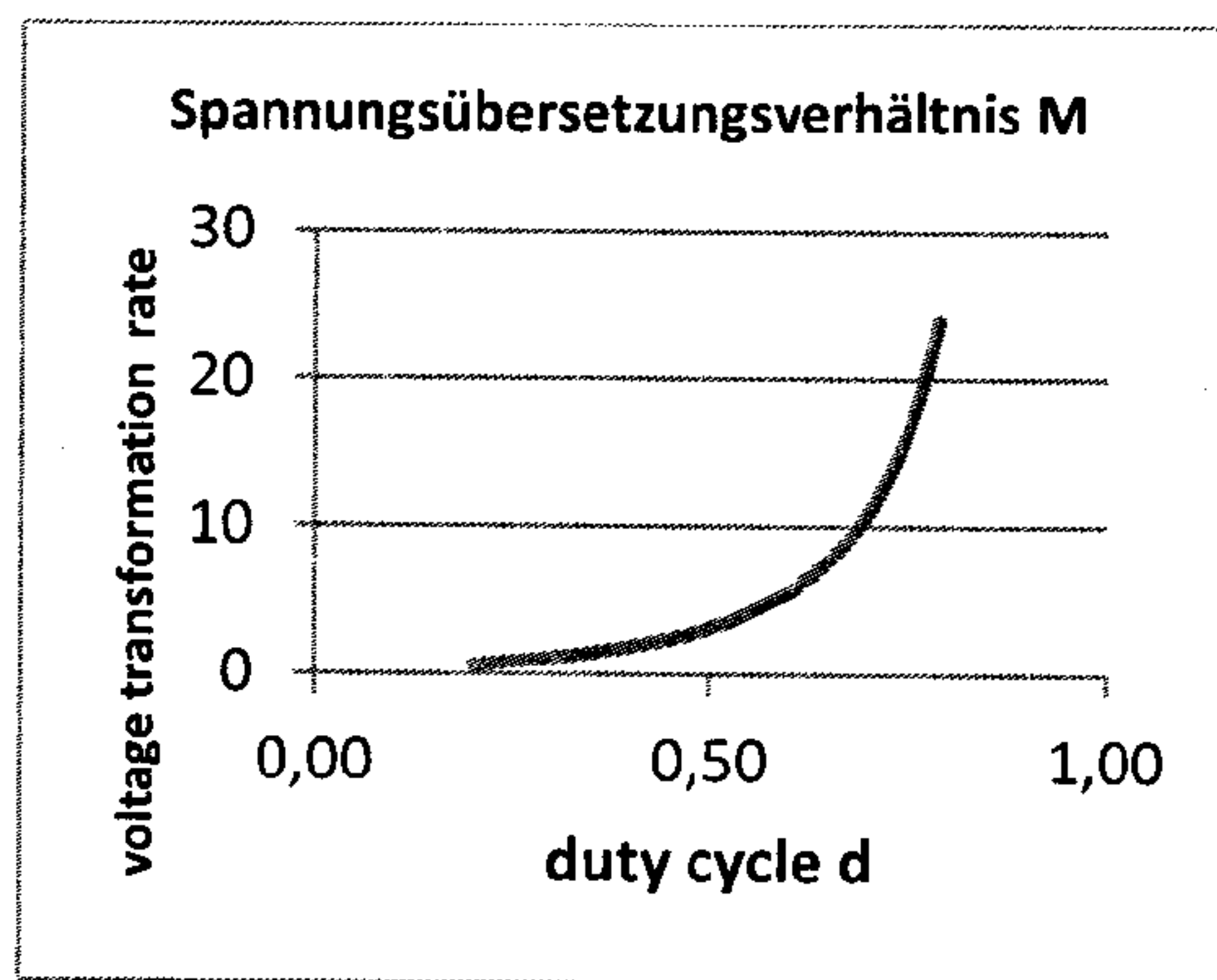


Fig. 4

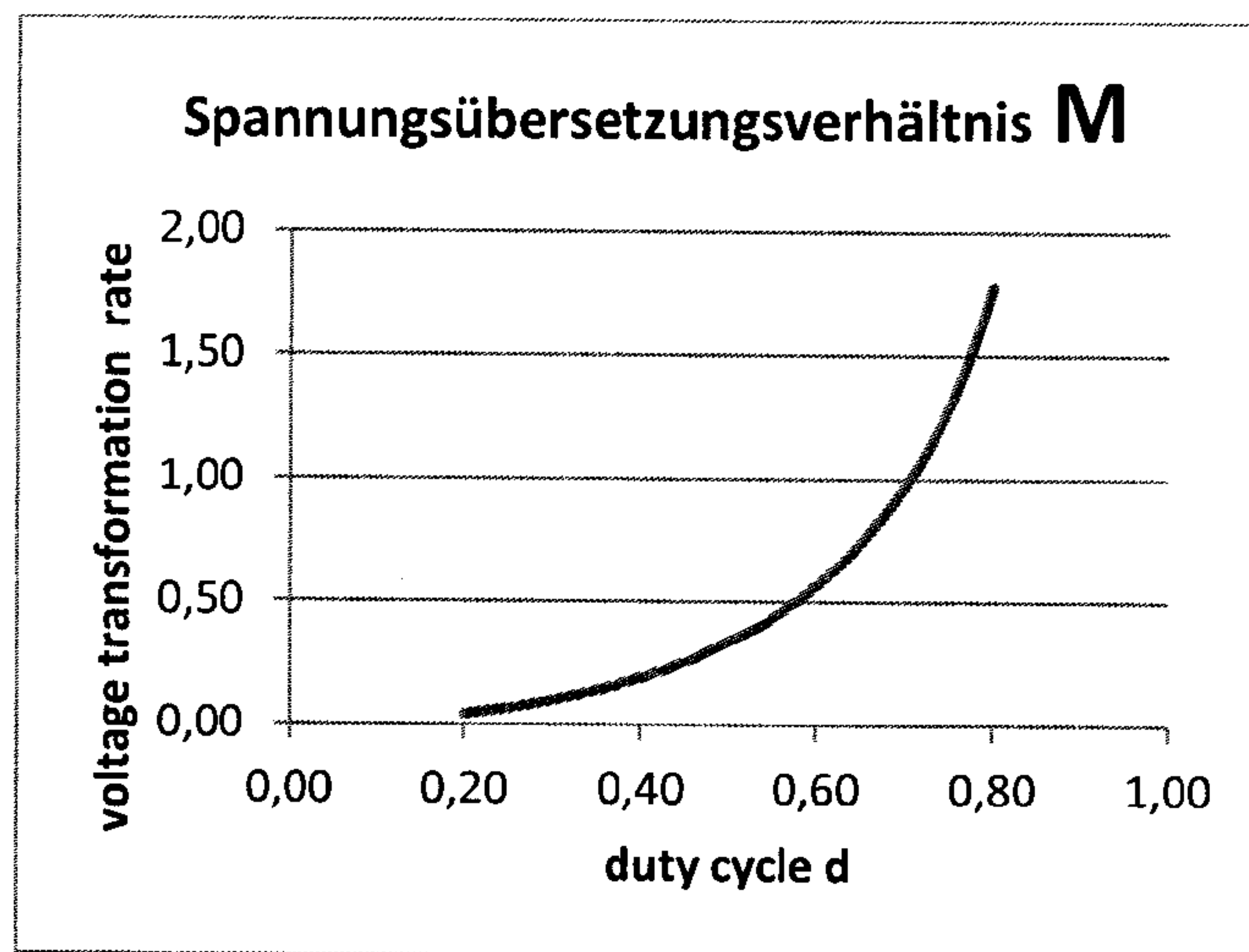


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H02M 3/158 (2006.01); **G05F 1/618** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H02M 3/158 (2013.01); **G05F 1/618** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H02M, G05F

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPODOC, IEEE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **04.07.2019** eingereichten Ansprüchen **1-9** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	AT 408293 B (HIMMELSTOSS FELIX DIPL ING DR) 25. Oktober 2001 (25.10.2001) Anspruch 1; Fig. 1, 6.	1-9
A	TW 201414161 A (NAT UNIV CHIN YI TECHNOLOGY) 01. April 2014 (01.04.2014) Absätze [0012-0014]; Fig. 1.	1-9
A	CN 104578773 A (UNIV XI AN TECHNOLOGY) 29. April 2015 (29.04.2015) Zusammenfassung; Fig. 1.	1-9
A	US 2007279955 A1 (LIU TENG, XIN XIAONI, ZENG JIANHONG, YING JIANPING, ZHAO WEI) 06. Dezember 2007 (06.12.2007) Absatz [0033]; Fig. 6.	1-9

Datum der Beendigung der Recherche:
15.01.2020

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. Bidirektionaler Hochtiefsetzsteller, bestehend aus einer ersten positiven Eingangsklemme (1) und einer zweiten negativen Eingangsklemme (2), zwischen denen die erste Spannung (U_1) oder die Last und einer ersten negativen (3) und einer zweiten positiven Ausgangsklemme (4), zwischen denen die zweite Spannung (U_2) oder die Last angeschlossen ist, vier aktiven Schaltern (S_1, S_{1H}, S_2, S_{2H}) mit parallelgeschalteten Dioden (D_1, D_{1H}, D_2, D_{2H}), zwei Spulen (L_1, L_2) und zwei Kondensatoren (C_1, C_2) **dadurch gekennzeichnet, dass** an die erste positive Eingangsklemme (1) der erste Anschluss der ersten Spule (L_1), der positive Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) und die Kathode der zweiten Diode (D_2) geschaltet sind, und an den zweiten Anschluss der ersten Spule (L_1) der positive Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1), die Kathode der ersten Diode (D_1) und der positive Anschluss des ersten Kondensators (C_1) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des zweiten aktiven Schalters (S_2) die Anode der zweiten Diode (D_2), die Kathode der vierten Diode (D_{2H}), der positive Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) und der erste Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des vierten aktiven Schalters (S_{2H}) die Anode der vierten Diode (D_{2H}), der negative Anschluss des zweiten Kondensators (C_2) und die negative Ausgangsklemme (3) geschaltet sind, und an den negativen Anschluss des dritten aktiven Schalters (S_{1H}) die Anode der dritten Diode (D_{1H}), der negative Anschluss des ersten Kondensators (C_1) und der zweite Anschluss der zweiten Spule (L_2) geschaltet sind, und die positive Ausgangsklemme (4), der positive Anschluss des zweiten Kondensators (C_2), die Kathode der dritten Diode (D_{1H}), der negative Anschluss des ersten aktiven Schalters (S_1) und die negative Eingangsklemme (2) miteinander verbunden sind.
2. Hochtiefsetzsteller gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten (1) und der zweiten Eingangsklemme (2) ein Kondensator (C_{IN}) geschaltet ist.
3. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kondensatoren durch Elektrolytkondensatoren mit parallel liegenden Folien- oder Keramikkondensatoren realisiert sind.
4. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der dritte aktive Schalter (S_{1H}) und die zugehörige erste (D_1) und dritte Diode (D_{1H}), und der zweite (S_2) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) und die

zugehörige zweite (D_2) und vierte Diode (S_{2H}) in Form von Halbbrückenmodulen verschaltet sind.

5. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Energieflussrichtung von den Eingangsklemmen (1, 2) zu den Ausgangsklemmen (3, 4) nur der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) gesperrt bleiben.
6. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Energieflussrichtung von den Ausgangsklemmen (3, 4) zu den Eingangsklemmen (1, 2) nur der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) getaktet werden und der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gesperrt bleiben.
7. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste (S_1) und der zweite aktive Schalter (S_2) gleichzeitig getaktet werden und der dritte (S_{1H}) und der vierte aktive Schalter (S_{2H}) ebenfalls gleichzeitig jedoch invertiert getaktet werden.
8. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 und 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zu den aktiven Schaltern (S_1 , S_2 , S_{1H} , S_{2H}) kleine Kondensatoren zur Schaltentlastung geschaltet sind.
9. Hochtiefsetzsteller gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** er zur Kopplung von Gleichspannungsnetzen, zum Laden und Entladen von Akkumulatoren und Superkapazitäten oder als Zweiquadrantentreiberstufe für eine Gleichstrommaschine verwendet wird.

Figuren

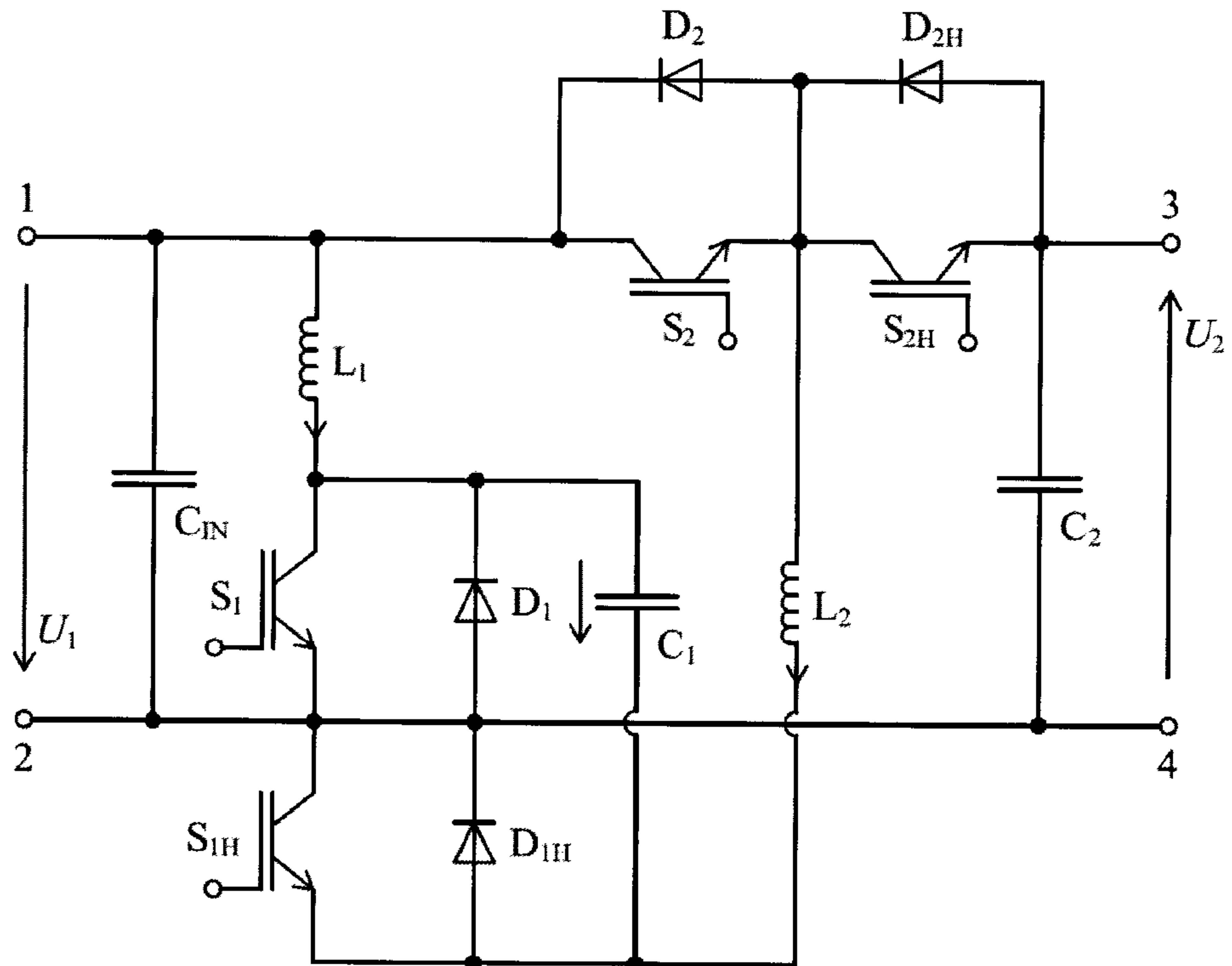


Fig. 1

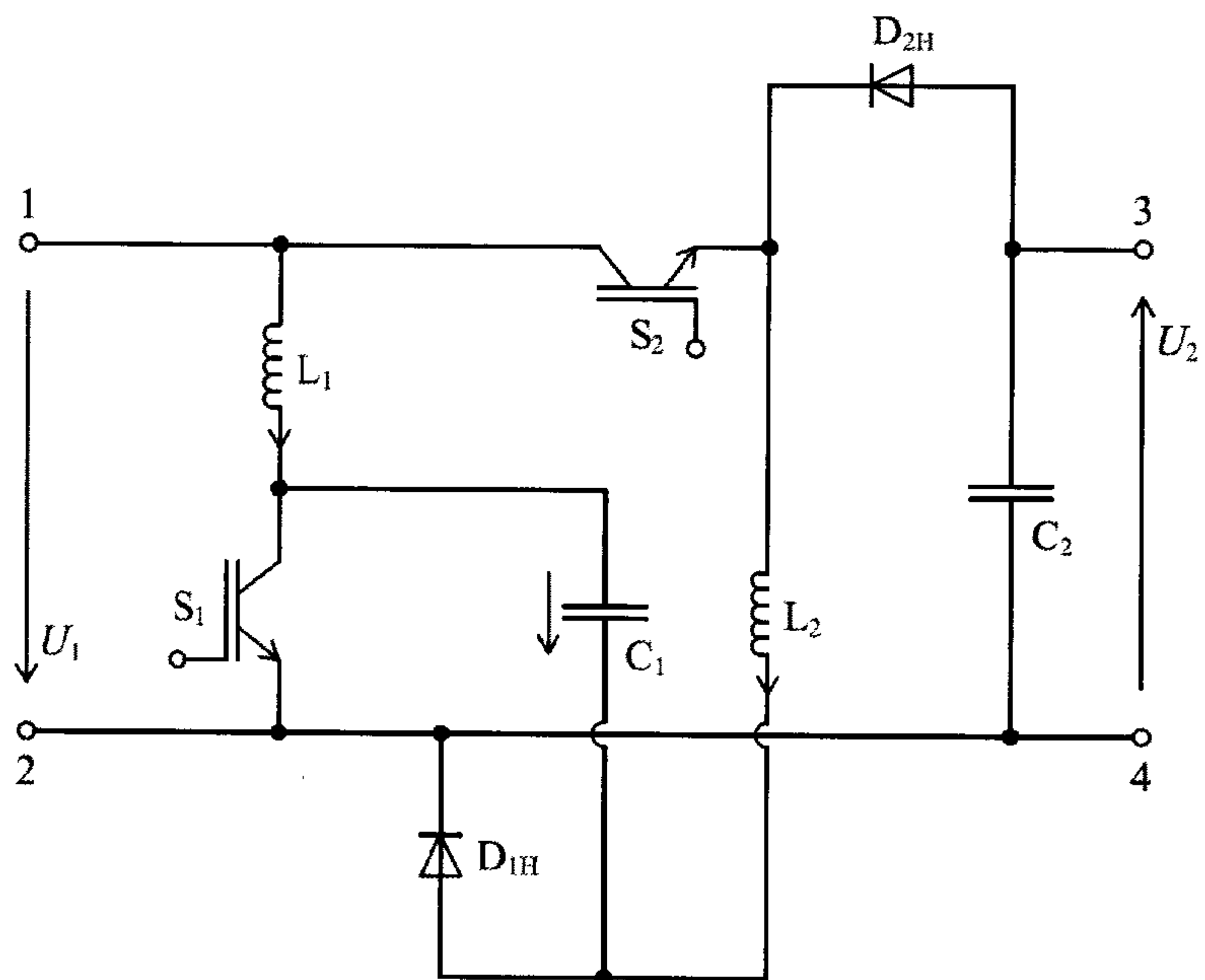


Fig. 2

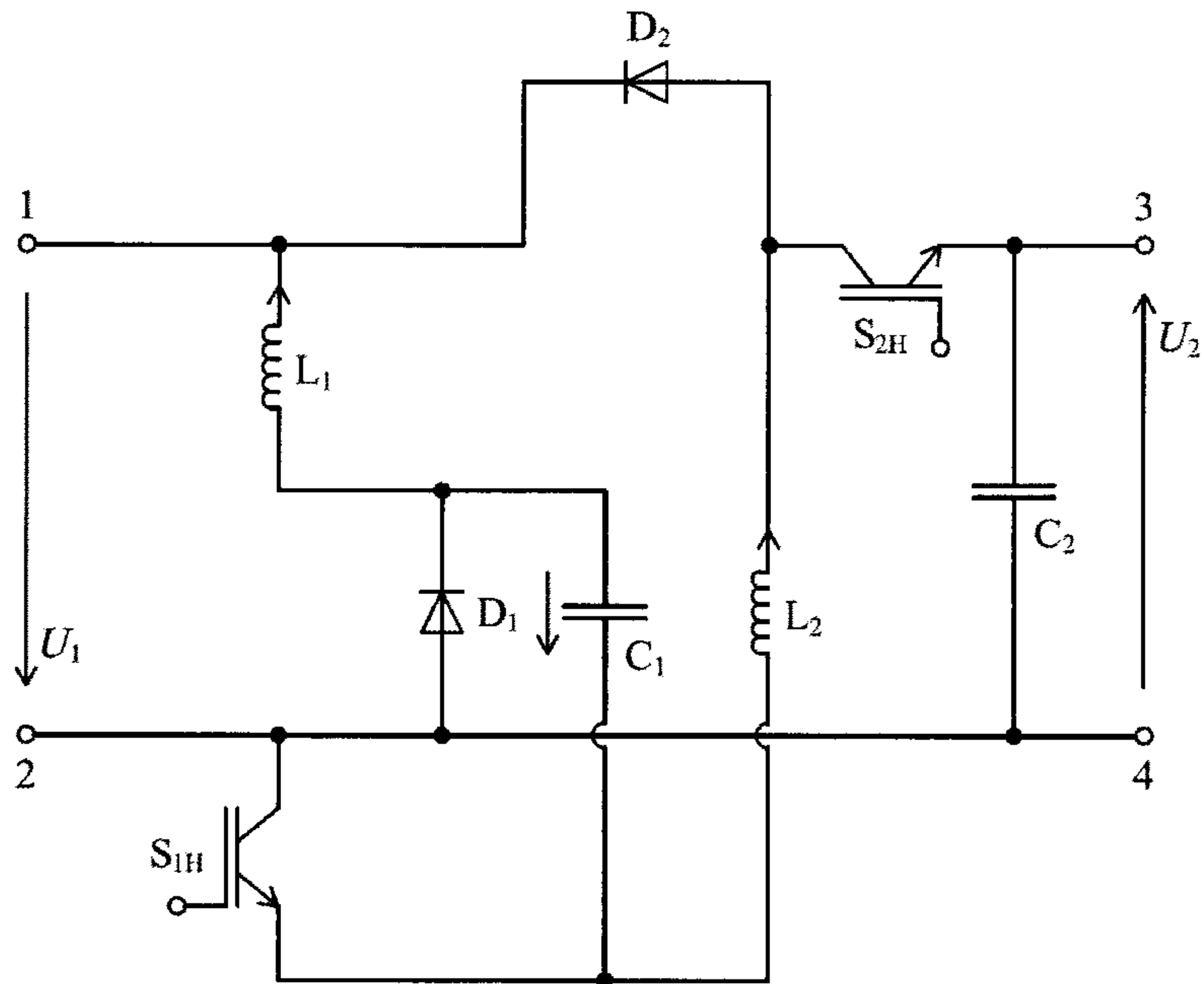


Fig. 3

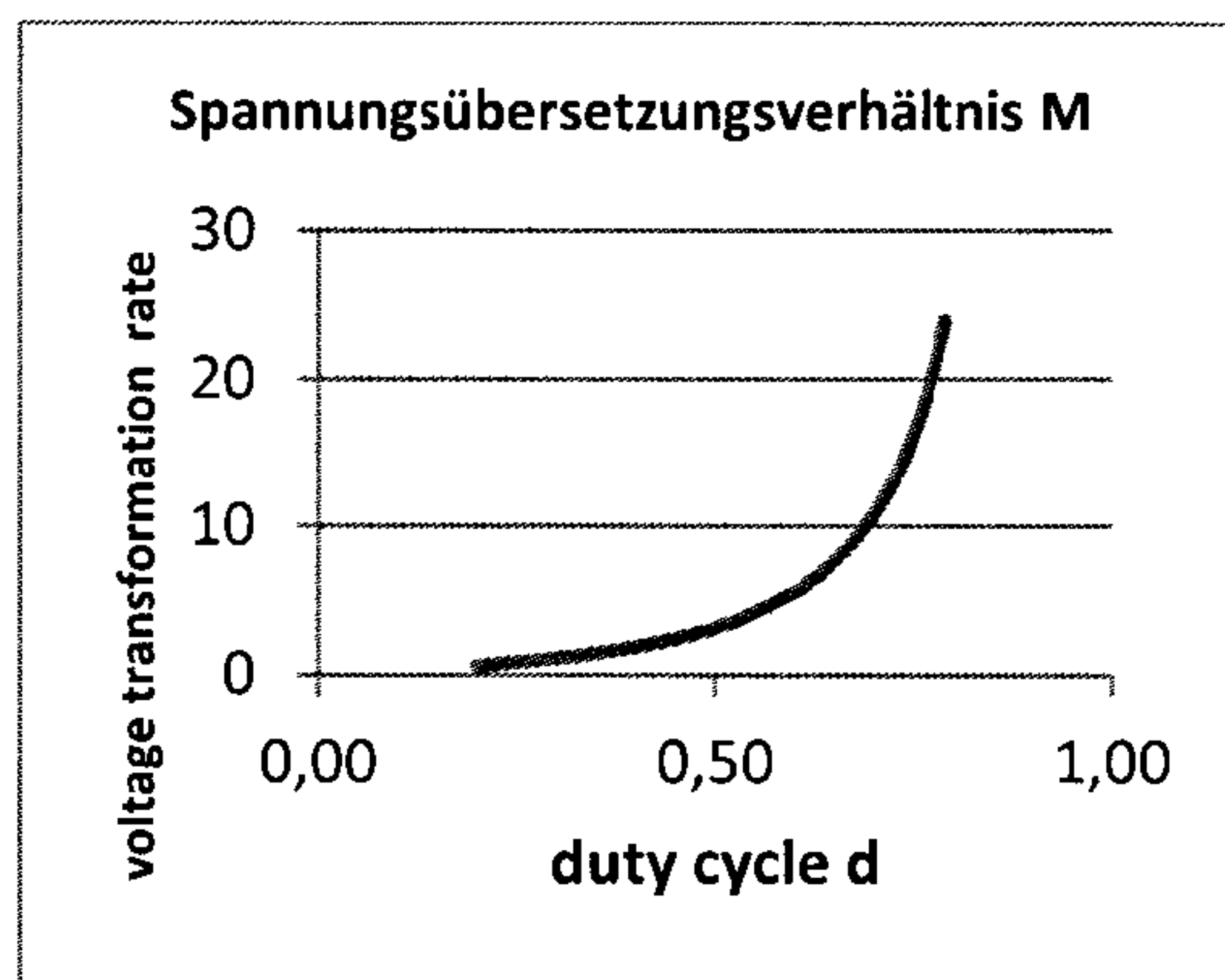


Fig. 4

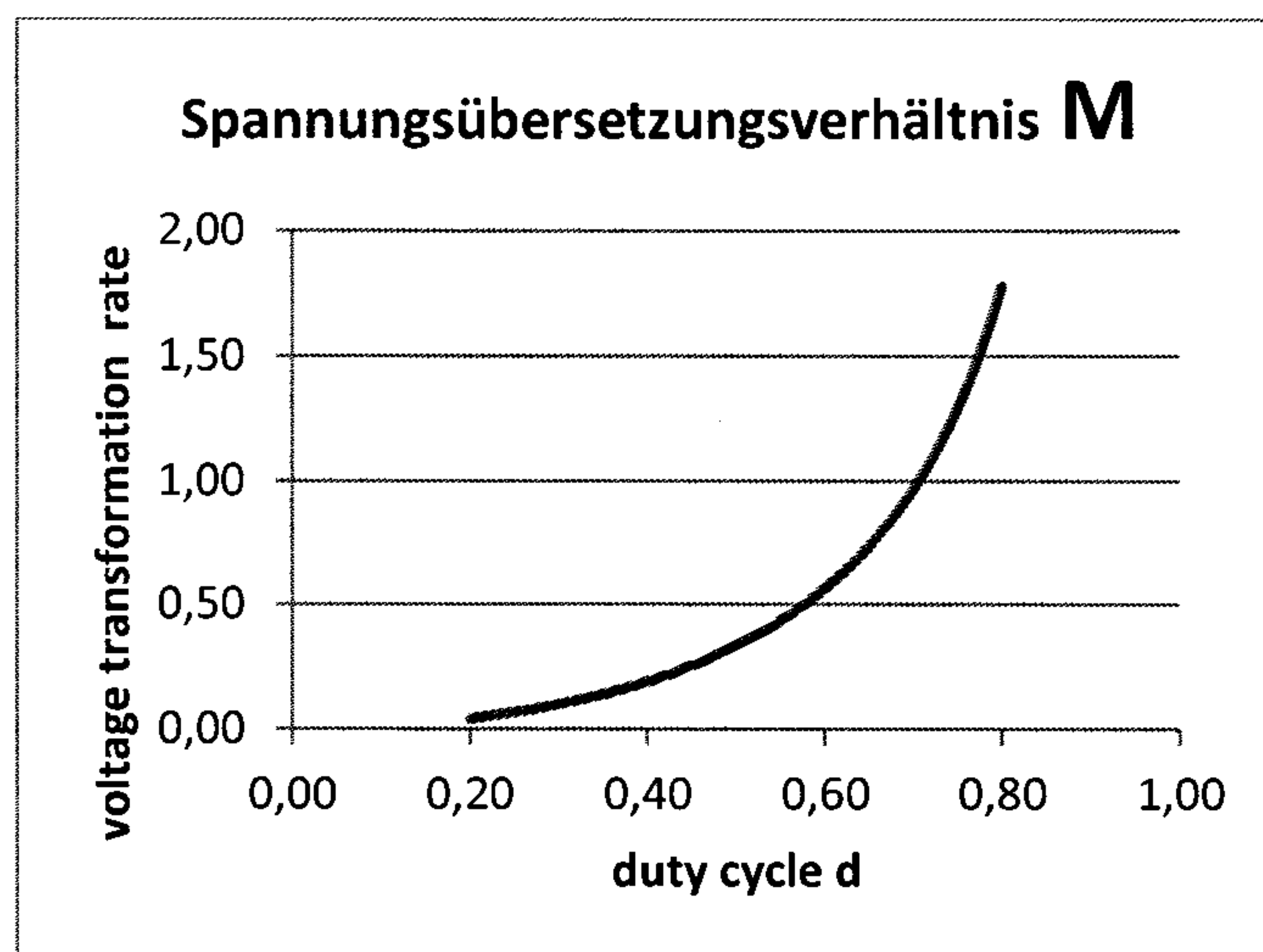


Fig. 5