

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1383/2001 (51) Int. Cl.⁸: **H02M 715387** (2006.01)
H02P 7163 (2006.01)
G05F 1145 (2006.01)
- (22) Anmeldetag: 2001-08-31
- (43) Veröffentlicht am: 2009-01-15

- (56) Entgegenhaltungen:
JP 11235068A JP 2000122736A
US 5099408A JP 10004690A

(73) Patentinhaber:
KOLAR JOHANN W.
A-4866 UNTERACH (AT)

(72) Erfinder:
KOLAR JOHANN DR.
UNTERACH (AT)

(54) **DREIPHASIGER HYBRID-WECHSELSPANNUNGS- WECHSELSPANNUNGS-DIREKTUMRICHTER MINIMALER KOMPLEXITÄT UND HOHER KOMMUTIERUNGSSICHERHEIT**

- (57) Die Erfindung betrifft einen Dreiphasen-Hybrid-Direktumrichter (1) und ein zugehöriges Steuerverfahren. Für die Realisierung des Eingangsteils (2) der Vorrichtung (1) wird jeder Netzphaseneingang (4, 5, 6) mit der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils und mit der negativen Klemme (14) des Ausgangsteils (3) über je einen symmetrisch abschaltbaren, jeweils durch eine Einphasendiodenbrücke (28) und einen Leistungstransistor (33) gebildeten elektronischer Schalter verbunden. Der Ausgangsteil des Dreiphasen-Hybrid-Direktumrichters (1) weist die an sich bekannte Struktur eines Dreiphasenpulswechselrichters mit Eingangsgleichspannungsklemmen (13, 14) und Ausgängen (7, 8, 9) auf. Vor Umschaltung der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils (3) von einer Netzphase (4) auf eine Netzphase (5) wird der Ausgangsteil (3) in den Freilaufzustand geschaltet womit das darauf folgende Ausschalten von Schalter (22) wie auch das nachfolgende, gegenüber dem Ausschalten von Schalter (22) zeitlich verzögerte Einschalten von Schalter (23) stromlos erfolgt. Darauf folgend wird der Freilaufzustand (35) des Ausgangsteiles (3) wieder aufgehoben und die für die Bildung der jeweiligen Ausgangsspannung (7, 8, 9) erforderliche Steuerbefehle an die Leistungstransistoren der Ausgangsteiles gelegt. Für die Umschaltung zwischen zwei mit der negativen Klemme (14) des Ausgangsteils (3) verbundenen Netzphasen wird eine sinngemäß gleiche Vorgangsweise gewählt.

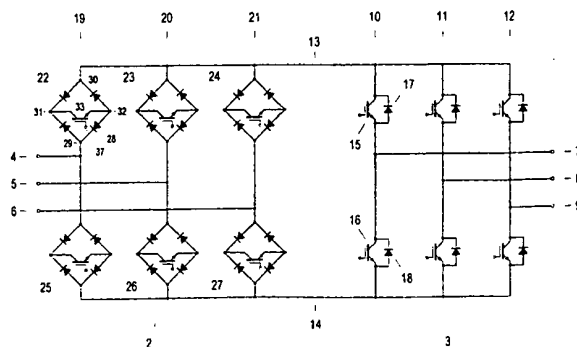


Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer, eine induktive Last speisenden pulsbreitenmodulierten Dreiphasenspannung frei vorgegebbarer Amplitude und Frequenz der Grundschwingung, deren Realisierung eine minimale Anzahl abschaltbarer Leistungshalbleiter erfordert wie sie im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beschrieben ist.

5

Gemäß dem Stand der Technik wird zur direkten, d.h. keine Zwischenkreisspeicherelemente aufweisenden pulsbreitengesteuerten Energieumformung zwischen Dreiphasensystemen Matrixkonverter oder, mit dem Vorteil einer geringeren Anzahl abschaltbarer Leistungshalbleiter, eine Kombination eines ausgangsseitigen dreiphasigen Spannungszwischenkreisumrichters und eines eingangsseitigen, am Dreiphasennetz liegenden Pulsumrichters eingesetzt, welcher eine vollständige Abschaltung der einzelnen Brückenarme erlaubt. Eine derartige, aufgrund des niedrigeren Realisierungsaufwandes dem Matrixkonverter vorzuziehende Konverterstruktur wird in der AT 412136B beschrieben. Zur Realisierung eines Brückenarmes des eingangsseitigen Stromrichters werden hierbei 3 abschaltbare Leistungshalbleiter eingesetzt, womit der Wechselspannungs-Wechselspannungskonverter insgesamt 15 abschaltbare Leistungshalbleiter (IGBTs oder MOSFETs) aufweist. Die Steuerung des, aufgrund der fehlenden Zwischenkreiselemente als Direktumrichter anzusehenden Systems erfolgt so, daß stets eine verkettete Netzspannung an den Eingang des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters durchgeschaltet wird, welche dann durch entsprechende Pulsbreitenmodulation in das gewünschte, einen induktiven, d.h. stromeinprägenden Verbraucher speisende Dreiphasenspannungssystem umgesetzt wird. Dabei treten am Eingang des Spannungszwischenkreisumrichters Ausschnitte der kontinuierlichen Verbraucherphasenströme auf und werden über den eingangsseitigen Pulsumrichter in das Netz weitergeleitet. Durch entsprechende Umschaltung zwischen den verketteten Netzphasenspannungen kann so eine, nach Unterdrückung schaltfrequenter Spektralanteile durch ein Eingangsfilter sinusförmige Stromaufnahme erreicht werden. Da der ausgangsseitige Pulsumrichter gleichspannungsseitig und der eingangsseitige Pulsstromrichter netzseitig, d.h. wechselfrequenzseitig kommutiert, kann der Konverter als Dreiphasen-Hybrid-Wechselspannungs-Wechselspannungskonverter bezeichnet werden.

30

Die Umschaltung des eingangsseitigen Stromrichters muß so erfolgen, daß kein Kurzschluß zweier Netzphasen auftritt, darf also nicht überlappend vorgenommen werden. Bei einer derartigen Umschaltung wird allerdings der letztlich die Lastinduktivität eingepreßte Eingangsstrom des Spannungszwischenkreisumrichters unterbrochen womit, um die Sperrspannung der Leistungshalbleiter zu begrenzen am Eingang des Spannungszwischenkreisumrichters ein Überspannungsbegrenzungselement vorzusehen ist, welches im Umschaltintervall den Strom führt.

35

Wie erwähnt weist der Dreiphasen-Hybrid-Wechselspannungs-Wechselspannungskonverter (im weiteren kurz als Hybrid-Direktumrichter bezeichnet) verglichen mit dem Matrixkonverter eine geringere Komplexität auf, erfordert jedoch mit 15 Leistungstransistoren 3 Leistungstransistoren mehr als eine, in der JP11235068A beschriebene gleichspannungsseitige Kopplung zweier Spannungszwischenkreisumrichter mit je 6 Leistungstransistoren mit antiparallelen Dioden und Zwischenkreiskondensator welche weiters das Problem von Schaltüberspannungen prinzipbedingt vermeidet. Bei entsprechender Steuerung weist dieser Zwischenkreisumrichter eine sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz und sinusförmige Ausgangsströme auf, ist diesbezüglich also dem Hybrid-Direktumrichter gleichwertig. Allerdings ist ein Zwischenkreisspeicherelement zwingend erforderlich. Würde der Zwischenkreisspeicher weggelassen, könnten zwar an der Ausgangsseite, nicht jedoch an der Eingangsseite sinusförmige Ströme erzielt werden; die Eingangsphasenströme würden bei phasensymmetrischer Steuerung 60°el. breite Lücken aufweisen.

50

Die sinngemäße Erweiterung von, in der JP2000122736A angegebenen Einphasen AC-AC Konverterstrukturen auf Dreiphasigkeit unter Einsatz von Schaltelementen, u.a. gebildet aus einer Einphasen-Diodenvollbrücke mit gleichspannungsseitigem Schalttransistor, würde auf einen selbstgeführten Dreiphasen-Wechselspannungssteller führen und nur eine Änderung der Amplitude, nicht jedoch der Frequenz der Ausgangsspannung erlauben.

55

Für Dreiphasen-Spannungszwischenkreiswechselrichter sind aus der US5099408A und der JP10004690A Verfahren für die Vermeidung eines Brückenkurzschlusses durch Einfügen einer Totzeit bei Umschaltung zwischen den in einem Brückenweig liegenden Transistoren bekannt, weiters wird in JP10004690 ein Verfahren zur Kompensation der Auswirkung dieser Totzeit auf den Ausgangsspannungsverlauf in Abhängigkeit des Vorzeichens und Wertes des Stromes beschrieben. Dieses Verfahren ist im Ausgangsteil eines Hybrid-Direktumrichters einsetzbar, allerdings wird dadurch nicht das Problem einer Überspannung bei Umschaltung des Eingangsteiles bei aktivem Schaltzustand des Ausgangsteiles gelöst.

Aufgabe der Erfindung ist es daher eine Vorrichtung zu schaffen, welche eine Realisierung eines dreiphasigen Wechselspannungs-Wechselspannungskonverters mit nur 12 abschaltbaren Leistungshalbleitern (in Kombination mit Leistungsdioden) erlaubt und ein Verfahren zur Steuerung dieser Vorrichtung zu überlegen, welches das Auftreten prinzipbedingter Schaltüberspannungen grundsätzlich vermeidet bzw. durch hohe Kommutierungssicherheit gekennzeichnet ist.

Grundidee der Erfindung ist, zur Realisierung der abschaltbaren Brückenweige des Eingangsteiles des Hybrid-Direktumrichters jeweils zwei symmetrische abschaltbare elektronische Schalter einzusetzen, deren Realisierung nur jeweils einen Leistungstransistor erfordert. Der ausgangsseitige Spannungszwischenkreisumrichter des Hybrid-Direktumrichters wird unverändert beibehalten, womit die Gesamtstruktur nur 12 abschaltbare Ventile aufweist.

Die Steuerung der so gebildeten erfindungsgemäßen Vorrichtung kann grundsätzlich gleich wie für den bekannten Hybrid-Direktumrichter erfolgen. Wird allerdings gemäß Patentanspruch 2 vor Ausschalten eines Brückenweigen des eingangsseitigen Konverters und Einschalten eines anderen Brückenweiges, d.h. eines Wechsels der an den Eingang des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreispulsumrichters gelegte verkettete Netzspannung der ausgangsseitige Spannungszwischenkreispulsumrichter in den Freilaufzustand geschaltet, d.h. alle mit der positiven Eingangsspannungsschiene verbundenen Leistungstransistoren des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters durchgeschaltet (und alle mit der negativen Eingangsspannungsschiene verbundenen Leistungstransistoren gesperrt) oder alle mit der negativen Eingangsspannungsschiene verbundenen Leistungstransistoren des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters durchgeschaltet (und alle mit der negativen Eingangsspannungsschiene verbundenen Leistungstransistoren gesperrt), wird der Eingangsstrom des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters zu Null und die Umschaltung der Brückenweige des erfindungsgemäßen eingangsseitigen Systemteiles kann stromlos erfolgen, womit eine Schaltüberspannung durch Stromunterbrechung sicher vermieden wird und prinzipbedingt keine Überspannungsbegrenzung vorgesehen werden muß. Nach Umschaltung des eingangsseitigen Systemteiles wird der Freilaufzustand des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters wieder aufgehoben und der zur Erzeugung der gewünschten Ausgangsspannung erforderliche Schaltzustand eingenommen. Diese Umschaltstrategie kann in unveränderter Form auch für den bekannten Hybrid-Direktumrichter Anwendung finden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: Die Grundstruktur (vereinfachte schematische Darstellung) der bei erfindungsgemäßer Modifikation des Eingangsteiles eines bekannten Hybrid-Direktumrichters resultierenden dreiphasigen Wechselspannungs-Wechselspannungskonverters.

Fig. 2: Ein Zeitdiagramm der Schaltbefehle einer Umschaltung des eingangsseitigen Stromrichters und des, an die Steuerung des ausgangsseitigen Spannungszwischenkreisumrichters weitergeleiteten Freilaufbefehls.

Der in Fig. 1 gezeigte Wechselspannung-Wechselspannungskonverter 1 mit erfindungsgemäßer Struktur des Eingangsteiles 2 und bekannter Struktur des Ausgangsteiles 3 erlaubt, die an den Eingangsklemmen 4, 5, 6 anliegende Dreiphasennetzspannung in ein, an den Ausgangs-

klemmen 7, 8, 9 auftretendes pulsbreitenmoduliertes Dreiphasenspannungssystem umzuformen, wobei Amplitude und Frequenz der in den Ausgangsphasenspannung enthaltenen Grundschwingungen frei vorgegeben werden können. Der Ausgangsteil 3 wird durch einen dreiphasigen Spannungszwischenkreisumrichter mit Brückenzeigen 10, 11, 12 gleicher Struktur zwischen positiver Eingangsklemme 13 und negativer Eingangsklemme 14 gebildet. Zur Realisierung eines Brückenzeiges ist in bekannter Form ein Leistungstransistor 15 mit dem Kollektor mit der positiven Eingangsklemme 13 und ein weiterer, kollektorseitig am Emitter von Leistungstransistor 15 liegender Leistungstransistor 16 mit dem Emitter mit der negativen Eingangsklemme 14 verbunden. Antiparallel zu den Leistungstransistoren 15 und 16 sind Leistungsdioden 17 und 18 angeordnet, die gemeinsame Verbindung der Leistungstransistoren 15 und 16 ist an eine Ausgangsklemme 7 oder 8 oder 9 geführt. Der erfindungsgemäße Eingangsteil weist ebenfalls drei, zwischen positiver Klemme 13 und negative Klemme 14 des Ausgangsteiles 3 liegende Brückenzeige 19, 20, 21 auf. Ein Brückenzeig 19 bzw. 20 bzw. 21 wird durch einen, von einer Eingangsklemme 4 bzw. 5 bzw. 6 abzweigenden, gegen die positive Eingangsklemme 13 des Ausgangsteiles 3 geschalteten symmetrisch abschaltbaren Schalter 22 bzw. 23 bzw., 24 an sich bekannter Struktur und einen weiteren von derselben Eingangsklemme abzweigenden und gegen die negative Eingangsklemme 14 des Ausgangsteiles 3 geschalteten symmetrisch abschaltbaren elektronischen Schalter 25 bzw. 26 bzw. 27 an sich bekannter Struktur gebildet. Die Realisierung der Schalter 22, 23, 24, 25, 26, 27 erfolgt in gleicher an sich bekannter Weise durch eine Einphasendiodenbrücke 28 mit Wechselspannungsklemmen 29, 30 und Gleichspannungsklemmen 31, 32 und einen kollektorseitig an der Gleichspannungsklemme 31 und emitterseitig an der Gleichspannungsklemme 32 liegenden Leistungstransistor 33 wobei die Wechselspannungsklemmen 29, 30 die Schaltpole bilden. Durch Durchschalten der symmetrisch abschaltbaren elektronischen Schalter 22 und 27 wird die zwischen den Eingangsklemmen 4 und 6 liegende verkettete Netzspannung an die Eingangsklemmen 13 und 14 des Ausgangsteiles 3 gelegt und kann durch Pulsbreitenmodulation von 3 in ein gefordertes Dreiphasenspannungssystem an den Ausgangsklemmen 7, 8, 9 umgeformt werden. Die Steuerbarkeit des erfindungsgemäßen Systems 1 entspricht somit jener des bekannten Hybrid-Direktumrichters, eine nähere Beschreibung soll daher unterbleiben.

Soll nun, um eine entsprechende Aufteilung des Eingangstromes von Ausgangsteil 3 auf die Netzphasen 4, 5, 6 zu erreichen und in Fig. 2, mit Signal 22→23 gezeigt, die positive Eingangsklemme 13 des Ausgangsteils 3 von Netzphase 4 in Zeitpunkt 34 auf Netzphase 5 umgeschaltet werden (wobei wieder eine positive Eingangsspannung des Ausgangsteiles 3 resultieren muß), wird der Ausgangsteil 3 temporär in den Freilaufzustand geschaltet (siehe Steuersignal 35 in Fig. 2), d.h. die Leistungstransistoren 15 der Brückenzeige 10, 11, 12 durchgeschaltet und die Leistungstransistoren 16 gesperrt, oder die Leistungstransistoren 16 der Brückenzeige 10, 11, 12 durchgeschaltet und die Leistungstransistoren 15 gesperrt womit der Eingangstrom des Ausgangsteils zu Null wird. Das darauffolgende Ausschalten von Schalter 22 in Zeitpunkt 36 (siehe Steuersignal 37 in Fig. 2) erfolgt demnach wie auch das nachfolgende Einschalten von Schalter 23 in Zeitpunkt 38 (siehe Steuersignal 39 in Fig. 2) erfolgen demnach stromlos. Darauffolgend wird der Freilaufzustand 35 des Ausgangsteiles in Zeitpunkt 40 wieder aufgehoben und die für die Bildung der jeweiligen Ausgangsspannung 7, 8, 9 erforderliche Steuerbefehle an die Leistungstransistoren der Ausgangsteiles gelegt. Das Umschalten zwischen Netzphase 4 und 5 erfolgt somit ohne Überlappung, d.h. mit einer, der Differenz zwischen Zeitpunkt 38 und Zeitpunkt 36 entsprechenden Totzeit, ein Kurzschluß der Netzphasen wird dadurch auch bei endlicher Umschaltgeschwindigkeit und Signallaufzeiten der Ansteuerstufen der Schalter 22 und 23 sicher verhindert. Der zeitliche Abstand der Umschaltpunkte 36 und 34 und 40 und 38 wird ebenfalls mit Rücksicht auf die Signallaufzeiten in der Signalverarbeitung und den Ansteuerstufen der Leistungstransistoren gewählt um in jedem Fall die beschriebene Kommutierungssequenz sicherzustellen. Soll eine Umschaltung zwischen zwei mit der negativen Klemme 14 des Ausgangsteiles 3 verbundenen Netzphasen erfolgen, wird eine sinngemäß gleiche Vorgangsweise gewählt.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung (1) zur Umformung einer dreiphasigen Netzspannung (4, 5, 6) in ein pulsbreitenmoduliertes Dreiphasenspannungssystem (7, 8, 9) welches durch einen ausgangsseitigen Spannungszwischenkreispulsumrichter (3) mit positiver Eingangsklemme (13) und negativer Eingangsklemme (14) und einen, an die Eingangsklemmen (13, 14) des Spannungszwischenkreispulsumrichters (3) positive Ausschnitte der zwischen den Eingangsklemmen (4, 5, 6) von (1) anliegenden verketteten Netzspannungen schaltenden Eingangsteil (2) gebildet wird, der drei, zwischen positiver Eingangsklemme (13) und negativer Eingangsklemme (14) des Ausgangsteiles (3) liegende Brückenarme (19, 20, 21) aufweist *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Brückenarm (19) bzw. (20) bzw. (21) jeweils durch einen, von einer Eingangsklemme (4) bzw. (5) bzw. (6) abzweigenden, gegen die positive Eingangsklemme (13) des Ausgangsteiles (3) geschalteten symmetrisch abschaltbaren elektronischen Schalter (22) bzw. (23) bzw. (24) und einen weiteren von derselben Eingangsklemme (4) bzw. (5) bzw. (6) abzweigenden und gegen die negative Eingangsklemme (14) des Ausgangsteiles (3) geschalteten symmetrisch abschaltbaren elektronischen Schalter (25) bzw. (26) bzw. (27) gebildet wird, wobei die Realisierung jedes der symmetrisch abschaltbaren elektronischen Schalter (22, 23, 24, 25, 26, 27) in an sich bekannter Weise durch eine Einphasendiodenbrücke (28) mit Wechselspannungsklemmen (29, 30) und Gleichspannungsklemmen (31, 32) und einen kollektorseitig an der positiven Gleichspannungsklemme (31) und emitterseitig an der negativen Gleichspannungsklemme (32) liegenden Leistungstransistor (33) erfolgt, und die Wechselspannungsklemmen (29,30) die Schaltpole bilden.
2. Verfahren zur Steuerung der Vorrichtung nach Anspruch 1 *dadurch gekennzeichnet*, dass bei Umschaltung der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils (3) von einer ersten Netzphase (4) auf eine zweite Netzphase (5) der Ausgangsteil (3) temporär in den Freilaufzustand (35) geschaltet wird, wofür in an sich bekannter Weise die mit der positiven Eingangsklemme (13) verbundenen Leistungstransistoren (15) der Brückenarme (10, 11, 12) des Ausgangsteiles (3) durchgeschaltet und die mit der negativen Eingangsklemme (14) verbundenen Leistungstransistoren (16) des Ausgangsteiles (3) gesperrt, oder die mit der negativen Eingangsklemme (14) des Ausgangsteils (3) verbundenen Leistungstransistoren (16) der Brückenarme (10,11,12) des Ausgangsteiles (3) durchgeschaltet und die mit der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils verbundenen Leistungstransistoren (15) des Ausgangsteiles (3) gesperrt werden und so der Eingangsstrom des Ausgangsteils (3) zu Null wird und so das darauf folgende Ausschalten des, die erste Netzphase (4) mit der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils (3) verbindenden Schalters (22) wie auch das nachfolgende Einschalten des, die zweite Netzphase (5) mit der positiven Eingangsklemme (13) des Ausgangsteils (3) verbindenden Schalters (23) stromlos erfolgt wobei durch eine Totzeit bei der Umschaltung zwischen erster Netzphase (4) und zweiter Netzphase (5) in an sich bekannter Weise ein Kurzschluss der ersten Netzphase (4) und zweiten Netzphase (5) sicher verhindert wird und der Freilaufzustand (35) des Ausgangsteiles (3) darauf folgend wieder aufgehoben wird und die für die Bildung der jeweiligen Ausgangsspannung (7, 8, 9) erforderlichen Steuerbefehle an die Leistungstransistoren des Ausgangsteiles (3) gelegt werden und für eine Umschaltung zwischen zwei mit der negativen Klemme (14) des Ausgangsteiles (3) verbundenen Netzphasen eine sinngemäß gleiche Vorgangsweise gewählt wird und bei jeder Umschaltung stets jener der beiden möglichen Freilaufzustände des Ausgangsteiles (3) eingenommen wird, der ausgehend von dem vor Auftreten des Umschaltbefehls vorliegenden Schaltzustand von Ausgangsteil (3) mit minimalen Umschaltverlusten erreicht werden kann, wobei die Anzahl der erforderlichen Umschaltungen zum Erreichen des Freilaufzustandes (35) und der geschaltete Strom berücksichtigt werden.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

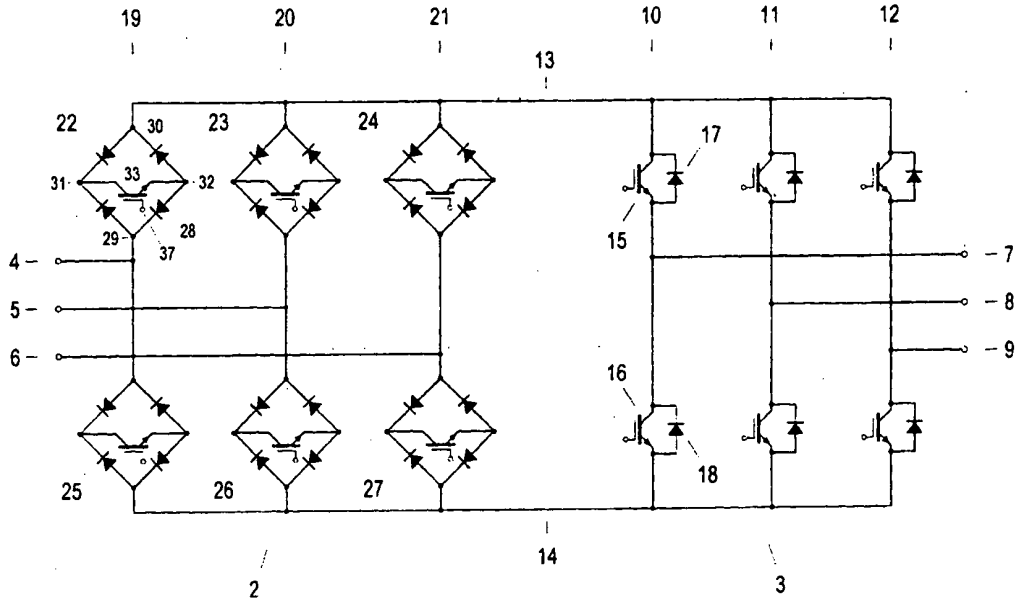


Fig. 1

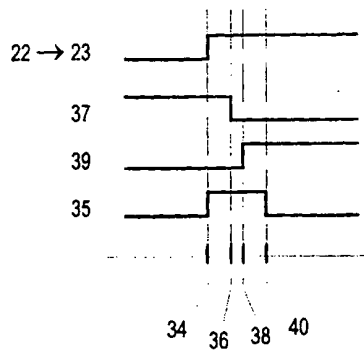


Fig. 2