

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Februar 2006 (16.02.2006)

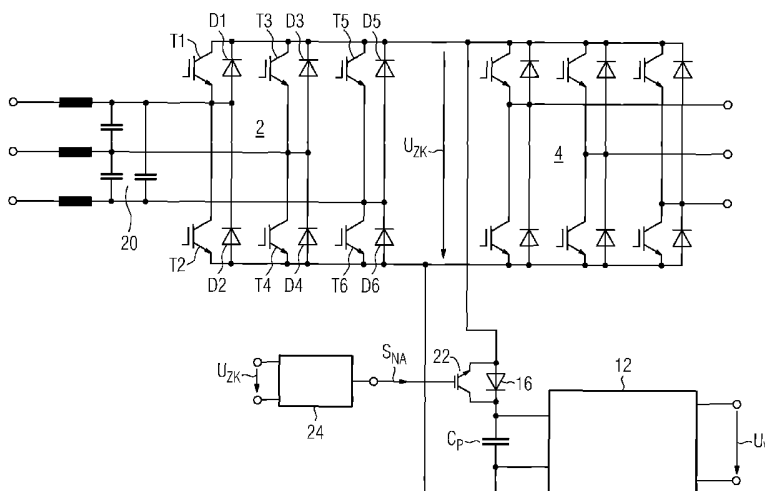
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/015931 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: **Nicht klassifiziert**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/053502
- (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 2005 (20.07.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2004 035 799.4 23. Juli 2004 (23.07.2004) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRUCKMANN, Manfred** [DE/DE]; Am Bächlein 3, 90475 Nürnberg
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, [Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FREQUENCY CONVERTER COMPRISING AN INTERMEDIATE CIRCUIT WITHOUT A CAPACITOR

(54) Bezeichnung: FREQUENZUMRICHTER MIT EINEM KONDENSATORLOSEN ZWISCHENKREIS



(57) Abstract: The invention relates to a frequency converter comprising an intermediate circuit (6) without a capacitor, and a power supply unit (12) for an electronic system of said converter. Said power supply unit (12) comprises an input-side back-up capacitor (CP) that is electrically mounted in parallel with the intermediate circuit (6) without a capacitor, a supply line (14) of the back-up capacitor (CP) comprising a decoupling diode (16). According to the invention, a turn-off semiconductor (22) is electrically mounted in inverse-parallel with the decoupling diode (16), the control input of said semiconductor being connected to an output of a power failure detection device (24). In this way, a modified frequency converter comprising an intermediate circuit (6) without a capacitor can be provided, in which a standard option kinetic back-up supply can be used.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis (6) und einer Stromversorgungseinrichtung (12) für eine Elektronik dieses Umrichters, wobei diese Stromversorgungseinrichtung (12) eingangsseitig einen Pufferkondensator (CP) aufweist, der elektrisch parallel zum kondensatorlosen Zwischenkreis

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/015931 A2



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(6) geschaltet ist, und wobei eine Zuleitung (14) des Pufferkondensators (CP) eine Entkopplungsdiode (16) aufweist. Erfindungsgemäss ist elektrisch antiparallel zur Entkopplungsdiode (16) ein abschaltbarer Halbleiter (22) geschaltet, dessen Steuereingang mit einem Ausgang einer Netzausfall-Erkennungseinrichtung (24) verbunden ist. Somit erhält man einen modifizierten Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis (6), bei dem eine handelsübliche Option "kinetische Pufferung" verwendet werden kann.

Beschreibung

Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis und einer Stromversorgungseinrichtung für eine Elektronik dieses Umrichters, wobei diese Stromversorgungseinrichtung eingangsseitig einen Pufferkondensator aufweist, der elektrisch parallel zum kondensatorlosen Zwischenkreis geschaltet ist, und wobei eine Zu-

10 leitung dieses Pufferkondensators eine Entkopplungsdiode aufweist.

In der FIG 1 ist ein Spannungszwischenkreis-Umrichter mit

15 höchstens einem schlanken Zwischenkreis, der aus der älteren nationalen Patentanmeldung mit dem amtliches Aktenzeichen 103 38 476.6 bekannt ist, näher dargestellt. Gemäß dieser dargestellten Ausführungsform weist dieser Spannungsfrequenzumrichter einen netzseitigen und einen lastseitigen Stromrichter 2 und 4 auf, die gleichspannungsseitig mittels eines

20 schlanken Zwischenkreises 6 miteinander elektrisch leitend verbunden sind. Als netzseitiger Stromrichter 2 ist ein Diodengleichrichter vorgesehen, wogegen der lastseitige Stromrichter 4 ein Pulswechselrichter ist. Der schlanke Zwischen-

25 kreis 6 weist einen Folienkondensator als Zwischenkreis-Kondensator C_{ZK} auf. Die Kapazität dieses Zwischenkreis-Kondensators C_{ZK} ist gegenüber einem Spannungszwischenkreis-Umrichter mit einem Elektrolyt-Kondensator als Zwischenkreis-Kondensator C_{ZK} erheblich erniedrigt worden. Dies hat zur Folge,

30 dass die Zwischenkreisspannung U_{ZK} eine hohe Welligkeit aufweist und sein Mittelwert gering ist. Wegen dieser geringen Kapazität sind jedoch die Netzurückwirkungen wesentlich geringer, obwohl keine zusätzlichen Drosseln am Eingang oder im Spannungs-Zwischenkreis des Frequenzumrichters benötigt werden. Die Netzeingänge des Umrichters sind mit einem speisen-

35 den Netz 8 verknüpft, wogegen an den Ausgangs-Anschlüssen dieses Umrichters ein Drehstrommotor 10 angeschlossen ist.

Eine Stromversorgungseinrichtung 12 für eine Elektronik dieses Spannungszwischenkreis-Umrichters weist eingangsseitig einen Pufferkondensator C_P auf. Der Pufferkondensator C_P ist elektrisch parallel zum schlanken Zwischenkreis 6 und damit
5 elektrisch parallel zum Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} geschaltet, wobei in einer Zuleitung 14 des Pufferkondensators C_P eine Reihenschaltung aus Entkopplungsdiode 16 und Strombegrenzungsmittel 18 geschaltet ist. Durch diese Entkopplungsdiode 16 sind die beiden Kondensatoren C_{ZW} und C_P voneinander
10 entkoppelt. Mittels des Strombegrenzungsmittels 18 kann der Nachladestrom für den Pufferkondensator C_P auf einen vorbestimmten Wert eingestellt werden. Im einfachsten Fall ist dieses Strombegrenzungsmittel 18 ein ohmscher Widerstand, wodurch beim Fließen eines Nachladestroms in den Pufferkonden-
15 sator C_P an diesem eine Verlustleistung anfällt. Bei der Dimensionierung des Pufferkondensators C_P kommt es darauf an, welche Netzausfallzeit überbrückt werden soll. Dabei ist außerdem zu berücksichtigen, in welchen zeitlichen Abständen solche Netzunterbrechungen im speisenden Netz 8 auftreten
20 bzw. auftreten können.

Tritt im speisenden Netz 8 eine Netzunterbrechung auf, so wird der Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} und der Pufferkondensator C_P nicht mehr mit Energie versorgt. Da der Pufferkonden-
25 sator C_P vom Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} entkoppelt ist, kann dieser nicht von der Umrichterlast entladen werden. Dadurch wird die gespeicherte Energie des Pufferkondensators C_P allein zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung der Elektronik des Umrichters, insbesondere des lastseitigen Stromrichters 4, verwendet. Dadurch bleibt der Spannungszwischenkreis-
30 Umrichter im Betrieb, so dass dieser bei Netzwiederkehr wieder auf seinen Nennbetriebspunkt hochgefahren werden kann. Da der Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} einen geringeren Kapazitätswert aufweist, ist die Höhe des Nachladestromes derart
35 minimal, dass die Dioden des netzseitigen Stromrichters 2 hinsichtlich ihres I^2T -Wertes nicht mehr überdimensioniert werden müssen.

Bei einem gattungsgemäßen Frequenzumrichter ist der schlanke Zwischenkreis so schlank, dass kein Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} mehr vorhanden ist. Eine derartige Topologie eines derartigen Frequenzumrichters mit kondensatorlosen Zwischenkreis ist in der Veröffentlichung mit dem Titel "Fundamental Frequency Front End Converter (F^3E) - a DC-link drive converter without electrolytic capacitor", von Kurt Göpfrich, Dr. Rebberh und Dr. Sack, abgedruckt in Tagungsband PCIM 2003, Nürnberg, Mai 2003, näher dargestellt. In der FIG 2 ist ein derartiger Frequenzumrichter mit kondensatorlosen Zwischenkreis mit einer Stromversorgungseinrichtung 12 gemäß FIG 1 dargestellt. Ein wesentliches Merkmal dieses F^3E -Umrichters ist, dass der netzseitige Stromrichter 2 zu den Dioden D1 bis D6 auch noch abschaltbare Halbleiterschalter T1 bis T6 aufweist, die jeweils elektrisch parallel zu korrespondierenden Dioden D1 bis D6 geschaltet sind. Außerdem weist dieser F^3E -Umrichter eingangsseitig ein Netzfilter 20 auf. Damit die Elektronik dieses F^3E -Umrichters auch bei kurzzeitigen Netzausfällen des speisenden Netzes mit einer Versorgungsspannung U_V versorgt werden kann, ist hier ebenfalls eine gepufferte Stromversorgungseinrichtung 12 vorgesehen. Es wäre auch möglich, eine Stromversorgung vorzusehen, die an das speisende Netz angeschlossen wäre. Bei Netzausfall würde dann die Versorgungsspannung U_V an den beiden Ausgangsanschlüssen zusammenbrechen. Ohne eine ausreichende Versorgungsspannung U_V schaltet die Elektronik und damit der F^3E -Umrichter ab.

Zur Überbrückung von Netzausfällen gibt es bei Frequenzumrichtern herkömmlicher Bauart, d.h. mit einem Spannungszwischenkreis mit wenigstens einem Elektrolytkondensator als Zwischenkreis-Kondensator C_{ZW} , eine Option, die sich "kinetische Pufferung (KIP)" nennt. Mittels dieser Option erreicht der Antrieb, bestehend aus Frequenzumrichter und Motor nach Netzwiederkehr seine Soll Drehzahl umgehend. Ist eine solche Option im Frequenzumrichter nicht vorhanden, so schaltet der Antrieb ab, woraus sich eine längere Wiederanlaufzeit für den Betrieb ergibt, da nicht nur die Signalverarbeitung des

Frequenzumrichters wieder hoch laufen und neu initialisiert werden muss, sondern auch der Motor neu erregt und eventuell die Drehzahl neu ermittelt werden muss.

5 Bei der Betriebsart "kinetische Pufferung" wird der Antrieb bei einem Netzausfall gerade so weit in den generatorischen Bereich gefahren, d.h., abgebremst, dass die Verluste des Motors und des Umrichters aus der mechanischen (kinetischen) Energie des Motors und der angeschlossenen Arbeitsmaschine
10 gedeckt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Reglers, der die Zwischenkreisspannung U_{zw} auf einen festen Wert, beispielsweise 80 % ihres Nennwertes, regelt. Die Stellgröße ist der Drehmomentsollwert oder ein Zusatz zum Drehzahlsollwert bei feldorientierter Regelung oder ein Zusatz zum Frequenzsollwert bei Antrieben mit U/f-Kennliniensteuerung. Die Spannungsversorgung der Signalverarbeitung des Umrichters wird
15 entweder separat aus einer sicheren Quelle oder vorzugsweise aus dem Gleichspannungszwischenkreis erzeugt. Auf diese Weise bleiben Signalverarbeitung und Regelung aktiv, wodurch der
20 Motor erregt bleibt und unmittelbar nach Wiederkehr der Netzspannung wieder auf seine Solldrehzahl beschleunigt wird.

Die Voraussetzung für die Option "kinetische Pufferung" ist, dass der Zwischenkreiskondensator des Spannungszwischenkreises eines Frequenzumrichters immer so groß sein muss, dass
25 die in einer Schaltperiode auftretenden Zwischenkreisströme unterschiedlichen Vorzeichens abgepuffert werden können. Wird diese Voraussetzung erfüllt, so funktioniert die Option "kinetische Pufferung".

30 Bei einem Frequenzumrichter, der als netzseitigen Stromrichter einen Diodengleichrichter aufweist, benötigt der Spannungszwischenkreis einen Zwischenkreiskondensator, der die zuvor genannte Voraussetzung erfüllt.

35 Bei Umrichtern der eingangs beschriebenen Art, bei denen keine oder nur äußerst kleine Zwischenkreiskondensatoren vorhan-

den sind, ist diese Option "kinetische Pufferung" nicht möglich. Die für einen Weiterbetrieb erforderlichen Kondensatoren sind bei den eingangs beschriebenen Umrichtern entweder nicht vorhanden oder auf der Netzseite.

5

Aus der DE 101 35 286 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter bekannt. Der Matrixumrichter, der netzseitig ein Filter aufweist, ist mittels einer Schaltereinheit mit einem speisenden Netz verbindbar. Wird ein Netzausfall
10 detektiert, wird der Matrixumrichter umgehend vom speisenden Netz getrennt und wechselt in einen Pufferbetrieb, in dem ein ermittelter Kondensatorspannungs-Istromzeiger auf einen vorbestimmten Raumzeiger geregelt wird. Bei Netzwiederkehr wird
15 dieser Kondensator-Istromzeiger synchronisiert. Bei Synchronität des Matrixumrichters wird dieser wieder ans speisende Netz geschaltet. Durch die Vorschaltung einer Schaltereinheit, die sehr schnell schalten muss, kann man die Kondensatoren des netzseitigen Filters des Matrixumrichters als Speicher-
20 kondensatoren bei der Betriebsart "kinetische Pufferung" benutzen. Durch das Wegschalten des gestörten Netzes können diese Kondensatoren als Speicherkondensatoren verwendet werden. Voraussetzung zum Gelingen der Betriebsart "kinetische Pufferung" bei einem Matrixumrichter ist das Vorhandensein
25 einer schnellen Netzschalteinheit. Außerdem ist die Regelung zur Netzsynchroisation relativ komplex.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Frequenzumrichter derart weiterzubilden, dass eine
30 bekannte Option "kinetische Pufferung" ohne großen Aufwand verwendet werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit dem kennzeichnenden Merkmal im Zusammenhang mit den Merkmalen des Oberbegriffs
35 des Anspruchs 1 gelöst.

Dadurch, dass elektrisch antiparallel zur Entkopplungsdiode ein abschaltbarer Halbleiterschalter geschaltet ist, ist es möglich, dass der Pufferkondensator der Stromversorgungseinrichtung bei einem Netzausfall bei der Betriebsart "kinetische Pufferung" als Speicherkondensator für diese Betriebsart verwendet werden kann. Mittels diesem abschaltbaren Halbleiterschalter wird die Entkopplungsdiode während des Netzausfalls überbrückt, so dass während der Betriebsart "kinetische Pufferung" ein generatorischer Strom aufrechterhalten werden kann. Ohne diese steuerbare Überbrückung der Entkopplungsdiode würden diese Abschnitte des Motorstromes ausgeblendet (lückender Strom). Die Folge wäre ein Zusammenbrechen des Magnetisierungsstromes und damit der Motorspannung, gefolgt von einer Entladung des Pufferkondensators durch die Stromversorgungseinrichtung, so dass bei Unterschreiten einer vorbestimmten minimalen Spannung am Pufferkondensator die Stromversorgungseinrichtung abschaltet. Mit Abschaltung der Stromversorgungseinrichtung ist die Elektronik des Umrichters nicht mehr in Betrieb zu halten, so dass diese und der Umrichter sich abschalten.

Mit der erfindungsgemäßen Weiterbildung eines gattungsgemäßen Umrichters ist man nun ohne großen Aufwand in der Lage, eine im Handel erhältliche Option "kinetische Pufferung" auch bei dem gattungsgemäßen Umrichter zu verwenden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Spannungszwischenkreis-Umrichters sind den Unteransprüchen 2 bis 7 zu entnehmen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der eine Ausführungsform nach der Erfindung schematisch veranschaulicht ist.

FIG 1 zeigt eine Ausführungsform eines bekannten Spannungszwischenkreis-Umrichters, wobei in der FIG 2 eine Ausführungsform eines gattungsgemäßen Frequenzumrichters veranschaulicht ist, die

FIG 3 zeigt einen Umrichter gemäß FIG 2 mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung und die
FIG 4 zeigt einen AC-AC-Sparse-Martrix-Umrichters mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung.

5

In der FIG 3 ist eine Ausführungsform eines gattungsgemäßen Umrichters nach FIG 2 veranschaulicht, der erfindungsgemäß weitergebildet ist. Dazu ist elektrisch antiparallel zur Entkopplungsdiode 16 ein abschaltbarer Halbleiter 22, insbesondere ein **Insulated-Gate-Bipolar-Transistor** (IGBT), geschaltet. Steuerseitig ist dieser abschaltbare Halbleiter 22 mit einem Ausgang einer Netzausfall-Erkennungseinrichtung 24 verbunden. Diese Netzausfall-Erkennungseinrichtung 24 detektiert einen Netzausfall aus der eingangsseitig anstehenden Zwischenkreisspannung U_{zw} . Wie diese Netzausfall-Erkennungseinrichtung 24 ausgeführt ist, kann beispielsweise der älteren nationalen Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2004 030 535.8 entnommen werden. Eine Netzausfall-Erkennungseinrichtung 24 kann auch mit den Phasen des speisenden Netzes verbunden sein. In diesem Fall werden dann die anstehenden Netzphasenspannungen ausgewertet. Für die erfindungsgemäße Weitergestaltung eines gattungsgemäßen Umrichters ist es unerheblich, wie ein Netzausfall detektiert wird, wichtig ist, dass ein derartiger Netzausfall erkannt wird. Mit der Detektierung eines Netzausfalls des speisenden Netzes steht am Ausgang der Netzausfall-Erkennungseinrichtung 24 ein Steuersignal S_{NA} für den steuerbaren Halbleiter 22 an. Aufgrund dieses Halbleitersignals S_{NA} wird der abschaltbare Halbleiter 22 durchgesteuert, so dass die Entkopplungsdiode 16 überbrückt ist. Als abschaltbarer Halbleiter 22 kann ein IGBT-Modul verwendet werden, das intern bereits eine Diode, eine sogenannte Inversdiode bzw. Freilaufdiode, enthält. Dadurch wird eine diskrete Diode 16 nicht mehr benötigt, wodurch auch die Verknüpfung mit dem abschaltbaren Halbleiter 22 entfällt.

35

Mit der Überbrückung der Entkopplungsdiode 16 entsteht eine Topologie, die der eines herkömmlichen Frequenzumrichters mit

Zwischenkreiskondensatoren entspricht. Dadurch kann nun die bekannte Option "kinetische Pufferung" ausgeführt werden. Nach Wiederkehr der Netzspannung wechselt das Steuersignal S_{NA} derart seinen Pegel, dass der abschaltbare Halbleiter 22
5 sperrt.

Dieses erfindungsgemäße Prinzip ist ebenfalls auf einen sogenannten indirekten Matrixumrichter anwendbar. Ein derartig ausgebildeter indirekter Matrixumrichter ist in der Veröffentlichung "Matrix Convert Topologies With Reduced Number of
10 Switches", von Lixiang Wei, T.A. Lipo und Ho Chan, abgedruckt in 33rd Proc. Conf. Rec. IEEE PESC, 2002, Seiten 57 bis 63, insbesondere in der FIG 3, näher dargestellt. Außerdem ist dieses erfindungsgemäße Prinzip auch auf einen sogenannten
15 Sparse-Matrixumrichter anwendbar. Ein derartiger Sparse-Matrixumrichter ist in der Veröffentlichung mit dem Titel "Analytically Closed Calculation of the Conduction and Switching Losses of Three-Phase AC-AC Sparse Matrix Converters" von F. Schafmeister, M. Baumann und J.W. Kolar, abgedruckt im Tagungsband "EPE 2002 Dubrovnik", näher beschrieben und schematisch in der FIG 4 dargestellt. Beim Erkennen eines Netzausfalls wird hier der netzseitige Stromrichter auf "Diodenbetrieb" geschaltet, d.h., die Transistoren Tx2 und Tx4 mit $x=1,2,3$ werden eingeschaltet. Anschließend wird wie beim
20 Spannungszwischenkreis-Umrichter gemäß FIG 3 verfahren. Nach Wiederkehr der Netzspannung wird zuerst der abschaltbare Halbleiter 22 wieder gesperrt. Vorteilhafterweise wird dazu im lastseitigen Stromrichter ein Nullzeiger geschaltet. Danach ist dieser indirekte Matrixumrichter wieder für den
25 Normalbetrieb bereit.
30

Mit dieser Erfindung kann ohne großen Aufwand auch ein Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis derart modifiziert werden, dass eine handelsübliche Option "kinetische Pufferung" verwendet werden kann, wodurch auch dieser Umrichter die Vorteile der Option "kinetisch Pufferung"
35 nutzen kann.

Patentansprüche

1. Frequenzumrichter mit einem kondensatorlosen Zwischenkreis (6) und einer Stromversorgungseinrichtung (12) für eine Elektronik dieses Umrichters, wobei diese Stromversorgungseinrichtung (12) eingangsseitig einen Pufferkondensator (C_P) aufweist, der elektrisch parallel zum kondensatorlosen Zwischenkreis (6) geschaltet ist, und wobei eine Zuleitung (14) des Pufferkondensators (C_P) eine Entkopplungsdiode (16) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass elektrisch antiparallel zur Entkopplungsdiode (16) ein abschaltbarer Halbleiter (22) geschaltet ist, dessen Steuereingang mit einem Ausgang einer Netzausfall-Erkennungseinrichtung (24) verbunden ist.
2. Frequenzumrichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der abschaltbare Halbleiter (22) und die Entkopplungsdioden (16) in einem Halbleitermodul integriert sind.
3. Frequenzumrichter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzausfall-Erkennungseinrichtung (24) eingangsseitig elektrisch parallel zum kondensatorlosen Zwischenkreis (6) geschaltet ist.
4. Frequenzumrichter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzausfall-Erkennungseinrichtung (24) eingangsseitig mit einem speisenden Netz (8) des Umrichters verknüpft ist.
5. Frequenzumrichter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitermodul ein Insulated-Gate-Bipolar-Transistor-Modul ist.
6. Frequenzumrichter nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Umrichter ein F^3E -Umrichter ist.

7. Frequenzumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Umrichter ein indirekter Matrixumrichter ist.

- 5 8. Frequenzumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Umrichter ein dreiphasiger AC-AC Sparse-Matrixumrichter ist.

10

FIG 1

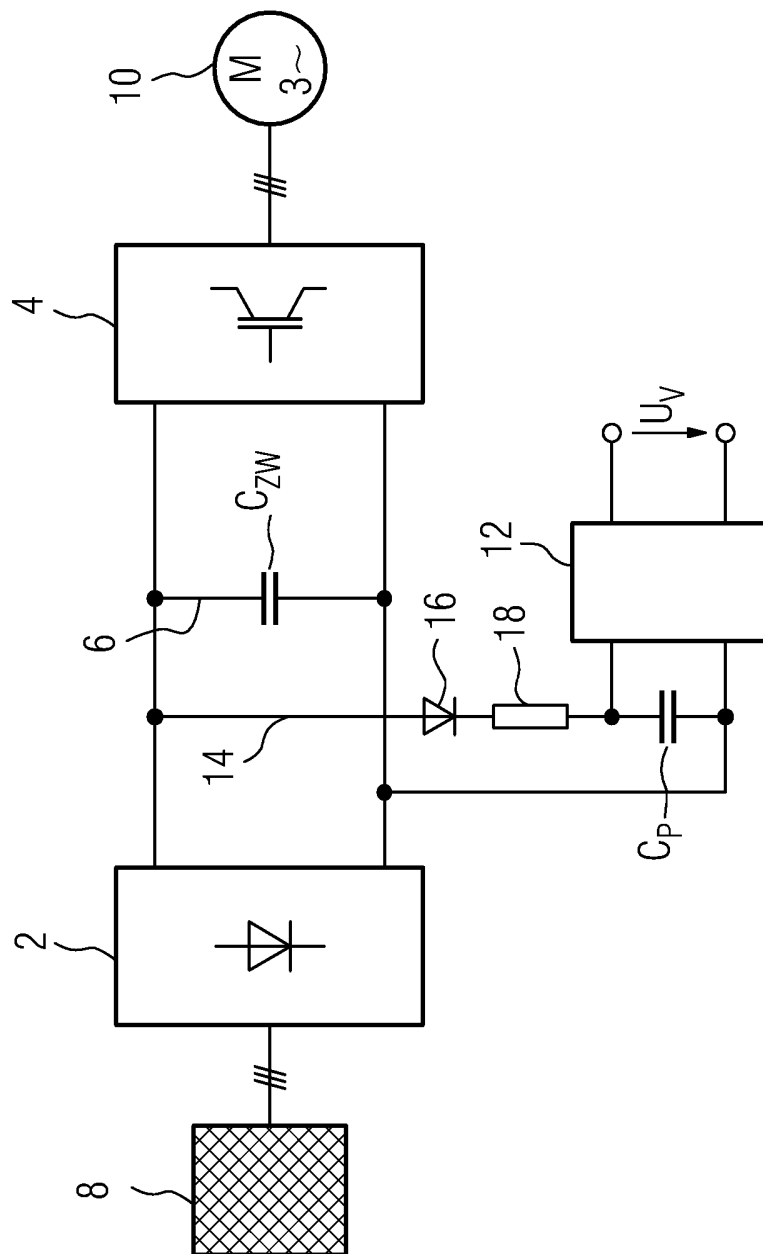


FIG 2

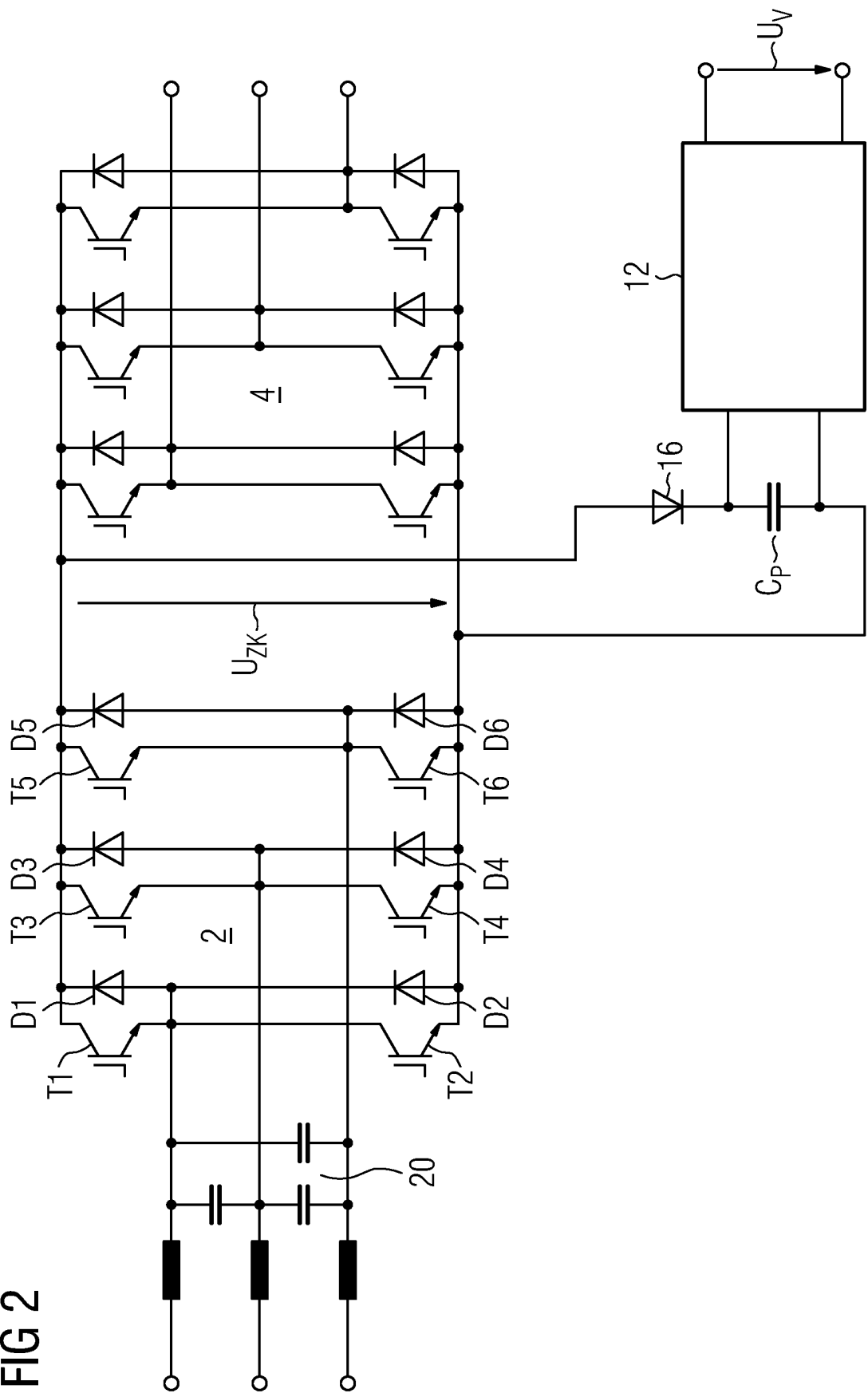


FIG 3

