

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/201893 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 1/14 (2006.01) *H02M 1/32* (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/059749

(22) Internationales Anmeldedatum:

16. April 2019 (16.04.2019)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

18167792.3 17. April 2018 (17.04.2018) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: **DAMEC, Vladislav**; Dolni Konec 24, 691 43
Hlohovec (CZ). **SCHÖNEWOLF, Stefan Hans Werner**;
Rahm 20, 90489 Nürnberg (DE).

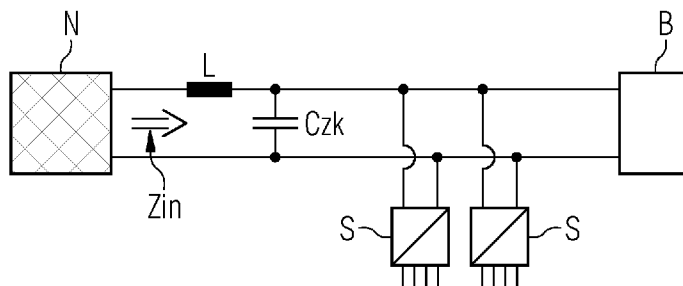
(74) Anwalt: **MAIER, Daniel**; Postfach 22 16 34, 80506 Mün-
chen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: VOLTAGE SUPPLY DEVICE HAVING AN INTERMEDIATE CIRCUIT, A POWER CONVERTER AND A BRAKING
CHOPPER

(54) Bezeichnung: SPANNUNGSVERSORGUNGSEINRICHTUNG MIT ZWISCHENKREIS, STROMRICHTER UND
BREMSCHOPPER

FIG 1



(57) Abstract: Voltage supply device having - at least one intermediate circuit comprising at least one intermediate circuit capacitor (Czk), - at least one power converter (S), wherein the power converter (S) is connected to the connections of the intermediate circuit in such a manner that the power converter (S) can be supplied with electrical energy from the intermediate circuit capacitor (Czk), and - at least one braking chopper (B) which is connected to the connections of the intermediate circuit capacitor (Czk) in such a manner that electrical energy from the intermediate circuit capacitor (Czk) can be converted into thermal energy by the braking chopper (B). In this case, the power converter (S) is equipped with at least one semiconductor switch (H-SiC) which is clocked at a higher rate, in particular based on SiC, while the braking chopper (B) is equipped with at least one semiconductor switch (H-Si) which is clocked at a lower rate, in particular based on Si.

(57) Zusammenfassung: Spannungsversorgungseinrichtung mit - zumindest einem Zwischenkreis umfassend zumindest einen Zwischenkreiskondensator (Czk), - zumindest einem Stromrichter (S), wobei der Stromrichter (S) so mit den Anschlüssen des Zwischenkreises verbunden ist, dass der Stromrichter (S) aus dem Zwischenkreiskondensator (Czk) mit elektrischer Energie gespeist werden kann, und - zumindest einem Bremschopper (B), der so mit den Anschlüssen des Zwischenkreiskondensators (Czk) verbunden ist, dass elektrische Energie des Zwischenkreiskondensators (Czk) durch den Bremschopper (B) in thermische Energie umgewandelt werden kann. Dabei ist der Stromrichter (S) mit zumindest einem höher taktenden Halbleiterschalter (H-SiC), insbesondere auf SiC-Basis, ausgestattet, während der Bremschopper (B) mit zumindest einem niedriger taktenden Halbleiterschalter (H-Si), insbesondere auf Si-Basis, ausgestattet ist.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Spannungsversorgungseinrichtung mit Zwischenkreis,
Stromrichter und Bremschopper

5

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Spannungsversorgungseinrichtung mit

- 10 - zumindest einem Zwischenkreis umfassend zumindest einen Zwischenkreiskondensator,
- zumindest einem Stromrichter, wobei der Stromrichter so mit den Anschlüssen (z.B. Klemmen) des Zwischenkreises verbunden ist, dass der Stromrichter aus dem
15 Zwischenkreiskondensator mit elektrischer Energie gespeist werden kann und/oder dass der Stromrichter elektrische Energie in den Zwischenkreis einspeisen kann, und
- zumindest einem Bremschopper, der so mit den Anschlüssen des Zwischenkreiskondensators verbunden ist, dass
20 elektrische Energie des Zwischenkreiskondensators durch den Bremschopper in thermische Energie umgewandelt werden kann.

Damit der Stromrichter aus dem Zwischenkreiskondensator mit
25 elektrischer Energie gespeist werden kann und/oder damit der Stromrichter elektrische Energie in den Zwischenkreis einspeisen kann, ist der Zwischenkreis über z.B. eine Netzdrossel bei einem Gleichstrom-Fahrzeug oder über einen weiteren, geeigneten Stromrichter mit dem versorgenden
30 Stromnetz verbunden.

Stromrichter sind Vorrichtungen zur Umwandlung einer eingespeisten, elektrischen Stromart (Gleichstrom, Wechselstrom) in die jeweils andere, oder zur Umwandlung von
35 Wechselstrom in einen Wechselstrom mit geändertem Betrag und/oder geänderter Frequenz und/oder geänderter Phasenlage. Die Umwandlung erfolgt mittels elektronischer Bauteile auf der Basis von Halbleitern, also etwa mit Dioden, Transistoren

oder Thyristoren, dabei insbesondere mittels MOSFETs, IGBTs und IGCTs.

Stromrichter zur Umwandlung von Gleichstrom in einen Wechselstrom nennt man Wechselrichter bzw. Pulswechselrichter. Stromrichter zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom nennt man Gleichrichter bzw. Vierquadrantensteller.

10 Stromrichter zur Umwandlung von Wechselstrom in einen Wechselstrom mit zumindest geänderter Frequenz nennt man Frequenzumrichter.

15 In elektrisch betriebenen Eisenbahnen werden verschiedene Kombinationen aus oben erwähnten Komponenten (Vierquadrantensteller, Pulswechselrichter) unter der Bezeichnung Traktionsstromrichter eingesetzt, um den Strom aus dem jeweiligen Bahnstromsystem der Oberleitung oder der Stromschiene in den Drehstrom für die stufenlos regelbaren Drehstrom-Antriebsmotoren umzuwandeln. Die Komponenten des Traktionsstromrichters werden über einen oder mehrere Zwischenkreise gekoppelt.

Der Traktionsstromrichter für ein System zum Betrieb an Wechselstromnetzen besteht zumindest aus einem Vierquadrantensteller, zumindest einem mit Gleichspannung betriebenen Zwischenkreis und einem Pulswechselrichter und gegebenenfalls zumindest einem Bremssteller. Bei Betrieb unter einem Gleichspannungsnetz kann auf den Vierquadrantensteller verzichtet werden, stattdessen wird der Zwischenkreis über zumindest eine Netzdrossel mit dem Netz verbunden. Ist der Umrichter in der Lage, in beiden Drehrichtungen Energie aus dem Zwischenkreis zum Motor und beim Bremsen auch zurück in den Zwischenkreis zu übertragen, spricht man von Vierquadrantenbetrieb.

Der Zwischenkreis ist eine elektrische Einrichtung, die als Energiespeicher mehrere elektrische Subsysteme (z.B.

Vierquadrantensteller mit Pulswechselrichter) auf einer zwischengeschalteten Strom- oder Spannungsebene elektrisch koppelt. Im Folgenden werden ausschließlich Spannungszwischenkreise (d.h. Zwischenkreise mit Zwischenkreis-

5 kondensatoren) betrachtet. Da der Zwischenkreis nur eine bestimmte Energie zerstörungsfrei speichern kann, müssen Maßnahmen zur Reduzierung der gespeicherten Energie getroffen werden. Eine Variante ist die Umwandlung der elektrischen

10 Energie in thermische Energie mit einer Sonderform eines Stromrichters, nämlich einem sogenannten Bremschopper. Meist besteht der Bremsschopper aus einem IGBT als elektronischem Schalter, einem Widerstand und Freilaufdioden. Der elektronische Schalter kann einen Widerstand an den

15 Zwischenkreis zuschalten. Durch periodisches Einschalten (Takten) des Schalters fließt Strom durch den Widerstand und es wird elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Dies dient beispielsweise dazu, die Spannung am Zwischenkreis zu begrenzen.

20 **Stand der Technik**

Die Halbleiterschalter in derzeitigen Stromrichtern (eben z.B. Pulswechselrichtern, Vierquadrantenstellern) und Brems-

25 choppern im Eisenbahnbetrieb werden als Si-IGBTs ausgeführt, also als IGBTs auf Siliziumbasis. Solche IGBTs können aufgrund von Beschränkungen der minimalen Leitzeiten, der Schaltzeiten und der Schaltverluste im Anwendungsbereich von Traktionsumrichtern nur mit relativ geringen Schaltfrequenzen

30 betrieben werden, in der Regel mit 100 bis 1500 Hz.

Mittlerweile gibt es bereits SiC-Halbleiterbauteile, also Halbleiterbauteile auf Siliziumcarbid-Basis, in den für den Eisenbahn-Stromrichterbereich relevanten Leistungsklassen. Im Vergleich zu Si-IGBTs bzw. Si-Halbleiterbauteilen weisen SiC-

35 Halbleiterbauteile geringere Schaltverluste, geringere Schaltzeiten und geringere Einschränkungen der Leitzeit auf. Dies ermöglicht es, die Schaltfrequenz von SiC-Halbleiterbauteilen im Gegensatz zu Si-Halbleiterbauteilen anzuheben.

SiC-Halbleiterbauteile, wie z.B. SiC-MOSFETs, können also im Anwendungsbereich von Traktionsumrichtern mit höheren Schaltfrequenzen betrieben werden als Si-IGBTs. SiC-MOSFETs können dort z.B. mit 100 - 8000 Hz betrieben werden.

5

Eine Möglichkeit wäre nun, im Eisenbahnbereich alle Si-IGBTs in den Stromrichtern und den Bremschoppern durch SiC-Halbleiterbauteile, etwa MOSFETs, zu ersetzen und die Schaltfrequenz anzuheben. Dies wäre vorteilhaft für die an den oder
10 die Stromrichter angeschlossenen induktiven Komponenten wie Motoren oder Transformatoren oder Drosseln. Zusätzlich würde dadurch die Spannungswelligkeit (Spannungsripple, engl. ripple) im Zwischenkreis gesenkt werden, die durch das Takten des Bremschoppers verursacht wird. Der Zwischenkreis könnte
15 dann mit einer geringeren Kapazität, also etwa mit einem kleineren Zwischenkreiskondensator, ausgeführt werden.

Neben der Spannungswelligkeit, die durch den Bremschopper verursacht wird, wird die Kapazität des Zwischenkreis-
20 kondensators im Eisenbahnbereich durch überlagerte Systemanforderungen bestimmt (z.B. eingangsseitige Impedanz von Netzdrossel und Zwischenkreiskondensator bei einem Gleichstromfahrzeug). Diese und andere Systemanforderungen an die Kapazität des Zwischenkreises dominieren in der Regel über
25 die Anforderung der geringen Spannungswelligkeit. Insofern erscheint daher eine Kombination eines Stromrichters unter Verwendung von SiC-Bauteilen mit einem Bremschopper unter Verwendung von SiC-Bauteilen technisch nicht sinnvoll.

30 **Aufgabe der Erfindung**

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Vorteil von höher taktenden Bauteilen, z.B. SiC-Bauteilen, für eine Spannungsversorgungseinrichtung für Eisenbahn-
35 antriebe technisch sinnvoll zu nutzen.

Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Spannungsversorgungseinrichtung mit

- 5 - zumindest einem Zwischenkreis umfassend zumindest einen Zwischenkreiskondensator,
 - zumindest einem Stromrichter, wobei der Stromrichter so mit den Anschlüssen des Zwischenkreises verbunden ist, dass der Stromrichter aus dem Zwischenkreiskondensator mit
 - 10 elektrischer Energie gespeist werden kann und/oder dass der Stromrichter elektrische Energie in den Zwischenkreis einspeisen kann, und
 - zumindest einem Bremschopper, der so mit den Anschlüssen des Zwischenkreiskondensators verbunden ist, dass
 - 15 elektrische Energie des Zwischenkreiskondensators durch den Bremschopper in thermische Energie umgewandelt werden kann,
- dadurch gelöst, dass der Stromrichter mit zumindest einem höher taktenden Halbleiterschalter ausgestattet ist, während
- 20 der Bremschopper mit zumindest einem niedriger taktenden Halbleiterschalter ausgestattet ist.

Mit höher taktend ist gemeint, dass die Taktfrequenz höher ist als beim Halbleiterschalter des Bremschoppers, mit

25 niedriger taktend ist gemeint, dass die Taktfrequenz niedriger ist als beim Halbleiterschalter des Stromrichters (etwa Vierquadrantensteller und/oder Pulswechselrichter).

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Stromrichter mit

30 zumindest einem höher taktenden Halbleiterschalter auf SiC-Basis ausgestattet ist, während der Bremschopper mit zumindest einem niedriger taktenden Halbleiterschalter auf Si-Basis ausgestattet ist.

35 Es werden daher der oder die Stromrichter, etwa Pulswechselrichter und/oder Vierquadrantensteller, mit SiC-Halbleiterschaltern, insbesondere SiC-MOSFETs, ausgestattet, während der oder die Bremschopper mit langsamer taktenden Si-

Halbleiterschaltern, insbesondere mit Si-IGBTs, ausgestattet werden.

SiC-MOSFETs sind aktuell technisch aufwändiger in der
5 Herstellung und daher aktuell teurer als Si-IGBTs. Für den
Einsatz im Pulswechselrichter oder Vierquadrantenstellern
lohnen sich der Mehraufwand und die Zusatzkosten für
neuartige SiC-MOSFETs, weil sich dadurch der Wirkungsgrad des
Gesamtsystems, bestehend aus Stromrichter und angeschlossenen
10 Komponenten, wie Drosseln, Motoren und Transformatoren,
steigern lässt.

Für den Einsatz im Bremschopper hingegen lohnt sich der
Einsatz von SiC-MOSFETs weniger, da eine erhöhte
15 Schaltfrequenz in der Regel keinen Vorteil z.B. für den
Zwischenkreiskondensator ergibt, da dessen Auslegung von
überlagerten Systemanforderungen dominiert wird. Im
Gegenteil, soll doch der Bremschopper elektrische Energie in
Wärme umsetzen – energieeffiziente SiC-Bauteile wären hier
20 weniger sinnvoll.

Eine Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass der
Stromrichter (wie Pulswechselrichter und/oder Vierquadranten-
steller) mit zumindest einem SiC-MOSFET ausgestattet ist.
25 Wenn ein Stromrichter über genau einen Halbleiterschalter
verfügt, so ist dieser also vorzugsweise als SiC-MOSFET
ausgeführt.

Zusätzlich dazu wird vorzugsweise vorgesehen, dass der
30 Bremschopper mit zumindest einem Si-IGBT ausgestattet ist.
Wenn der Bremschopper über genau einen Halbleiterschalter
verfügt, so ist dieser also vorzugsweise als Si-IGBT
ausgeführt.

35 Eine erfindungsgemäße Spannungsversorgungseinrichtung kann an
den Anschlüssen (z.B. Klemmen) des Zwischenkreises mehrere
Stromrichter enthalten. Eine Ausführungsform der Erfindung
besteht darin, dass zumindest ein Stromrichter als

Pulswechselrichter ausgebildet ist. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Stromrichter als Vierquadrantensteller ausgebildet ist.

- 5 Besonders vorteilhaft ist, wenn alle Stromrichter (insbesondere Pulswechselrichter und/oder Vierquadrantensteller) ausschließlich mit (im Vergleich zum Halbleiterschalter des Bremschoppers) höher taktenden Halbleiterschaltern auf SiC-Basis ausgestattet sind.
- 10 Besonders vorteilhaft ist, wenn alle Bremschopper ausschließlich mit (im Vergleich zum Halbleiterschalter der Stromrichter) niedriger taktenden Halbleiterschaltern auf Si-Basis ausgestattet sind.
- 15 Die erfindungsgemäße Spannungsversorgungseinrichtung findet vorteilhafter Weise Verwendung im Antrieb einer Eisenbahn.

Kurze Beschreibung der Figuren

- 20 Die Erfindung wird nun anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben. Dabei
- 25 zeigt:

- Fig. 1 eine erfindungsgemäße Spannungsversorgungseinrichtung in einem Gleichspannungsfahrzeug
- Fig. 2 einen erfindungsgemäßen Bremschopper mit Si-IGBT
- 30 Fig. 3 den Strom- und Spannungsverlauf über die Zeit für den Bremschopper aus Fig. 2
- Fig. 4 einen Bremschopper mit SiC-MOSFET
- Fig. 5 den Strom- und Spannungsverlauf über die Zeit für den Bremschopper aus Fig. 4

Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Spannungsversorgungseinrichtung, die an ein Stromnetz N, hier ein Gleichstromnetz, angeschlossen ist. Netzseitig umfasst die Spannungsversorgungseinrichtung eine Netzdrossel L und einen Zwischenkreis mit einem Zwischenkreiskondensator Czk. In einem mit Wechselspannung versorgten Fahrzeug würde der Zwischenkreis über einen Vierquadrantensteller anstatt der Netzdrossel gespeist, wobei der zumeist vorgelagerte Transformator wieder eine Induktivität darstellen würde.

Vom Stromnetz N aus gesehen weist die Spannungsversorgungseinrichtung eine Eingangsimpedanz Z_{in} auf. An den Klemmen des Zwischenkreiskondensators Czk sind hier zwei Stromrichter S angeschlossen, z.B. Pulswechselrichter und/oder Vierquadrantensteller. Es könnten auch noch weitere Stromrichter angeschlossen sein, wie durch die Punkte angedeutet ist. Weiterhin ist an den Klemmen des Zwischenkreiskondensators Czk zumindest ein Bremschopper B angeschlossen. Es könnten auch noch weitere Bremschopper B angeschlossen sein.

Der Bremschopper B aus Fig. 1 ist in Fig. 2 dargestellt. Der Bremschopper B ist parallel zum Zwischenkreiskondensator Czk geschaltet, am Zwischenkreiskondensator Czk liegt die Spannung $U_{zk, Si}$ an. Der Bremschopper B umfasst einen Halbleiterschalter H-Si auf Si-Basis, durch den der Strom I_{-Si} fließt. Das Steuersignal für den Halbleiterschalter H-Si ist links von diesem als Rechteckfunktion über der Zeit dargestellt. Weiterhin umfasst der Bremschopper B einen Widerstand R und parallel dazu eine Freilaufdiode D.

In Fig. 3 ist der Strom- und Spannungsverlauf über die Zeit t für den Bremschopper B aus Fig. 2 dargestellt. Der Stromverlauf zeigt den sich aus dem Steuersignal ergebenden periodischen Verlauf des Stroms I_{-Si} durch den Halbleiterschalter H-Si. Daraus ergibt sich der dreieckförmige Verlauf der Spannung $U_{zk, Si}$ im Zwischenkreis. Der Abstand zwischen

höchstem und niedrigstem Spannungswert bezeichnet den Spannungsripple $U_{\text{Ri,Si}}$ (siehe Doppelpfeil) aufgrund des Stroms I_{Si} .

- 5 Würde man in den Bremschopper B – so wie in die Stromrichter S – ebenfalls einen Halbleiterschalter H-SiC auf SiC-Basis einbauen, etwa einen SiC-MOSFET, so bleibt die übrige Schaltung wie in Fig. 2 grundsätzlich erhalten, siehe Fig. 4. Allerdings könnte das Steuersignal für den Halbleiterschalter
- 10 H-SiC, das wieder eine Rechteckfunktion ist, eine höhere Frequenz haben als für den Halbleiterschalter H-Si auf Si-Basis in Fig. 2.

- Entsprechend würden sich der Strom I_{SiC} durch den Halb-
- 15 leiterschalter H-SiC sowie die Spannung $U_{\text{zk,SiC}}$ im Zwischenkreis bzw. am Zwischenkreiskondensator C_{zk} entsprechend ändern, siehe Fig. 5. Dort ist wieder der Strom- und Spannungsverlauf über die Zeit t für den Bremschopper B aus Fig. 4 dargestellt.

- 20 Der Stromverlauf zeigt den sich aus dem Steuersignal ergebenden periodischen Stufenverlauf des Stroms I_{SiC} durch den Halbleiterschalter H-SiC. Der Strom I_{SiC} hat eine höhere Frequenz als der Strom I_{Si} in Fig. 3. Entsprechend hat der
- 25 dreieckförmige Verlauf der Spannung $U_{\text{zk,SiC}}$ im Zwischenkreis eine höhere Frequenz als jener der Spannung $U_{\text{zk,Si}}$ in Fig. 3. Der Abstand zwischen höchstem und niedrigstem Spannungswert bezeichnet die Spannungsripple $U_{\text{Ri,SiC}}$ aufgrund des Stroms I_{SiC} . Der Spannungsripple ist zwar geringer als jener in
- 30 Fig. 3, aber die dadurch erreichbaren Vorteile wiegen den Nachteil durch höhere Anschaffungskosten des SiC-Halbleiterschalters H-SiC nicht auf.

BEZUGSZEICHENLISTE

	B	Bremschopper
	Czk	Zwischenkreiskondensator
5	D	Freilaufdiode
	H-Si	Halbleiterschalter auf Si-Basis
	H-SiC	Halbleiterschalter auf SiC-Basis
	I-Si	Strom durch Halbleiterschalter auf Si-Basis
	I-SiC	Strom durch Halbleiterschalter auf SiC-Basis
10	L	Netzdrossel
	N	Stromnetz
	R	Widerstand
	S	Stromrichter
	t	Zeit
15	U-Ri, Si	Spannungsrippel aufgrund Si-Halbleiterschalter
	U-Ri, SiC	Spannungsrippel aufgrund SiC-Halbleiterschalter
	Uzk, Si	Spannung im Zwischenkreis mit Si-Halbleiterschalter
	Uzk, SiC	Spannung im Zwischenkreis mit SiC-Halbleiterschalter
20	Zin	Eingangsimpedanz

Patentansprüche

1. Spannungsversorgungseinrichtung mit
 - zumindest einem Zwischenkreis umfassend zumindest
5 einen Zwischenkreiskondensator (Czk),
 - zumindest einem Stromrichter (S), wobei der
Stromrichter (S) so mit den Anschlüssen des
Zwischenkreises verbunden ist, dass der
10 Stromrichter (S) aus dem Zwischenkreiskondensator
(Czk) mit elektrischer Energie gespeist werden kann
und/oder dass der Stromrichter elektrische Energie
in den Zwischenkreis einspeisen kann, und
 - zumindest einem Bremschopper (B), der so mit den
15 Anschlüssen des Zwischenkreiskondensators (Czk)
verbunden ist, dass elektrische Energie des
Zwischenkreiskondensators (Czk) durch den
Bremschopper (B) in thermische Energie umgewandelt
werden kann,
dadurch gekennzeichnet, dass der Stromrichter (S) mit
20 zumindest einem höher taktenden Halbleiterschalter
(H-SiC) ausgestattet ist, während der Bremschopper
(B) mit zumindest einem niedriger taktenden
Halbleiterschalter (H-Si) ausgestattet ist.
- 25 2. Spannungsversorgungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch
gekennzeichnet, dass** der Stromrichter (S) mit zumindest
einem höher taktenden Halbleiterschalter (H-SiC) auf
SiC-Basis ausgestattet ist, während der Bremschopper (B)
mit zumindest einem niedriger taktenden Halbleiter-
30 schalter (H-Si) auf Si-Basis ausgestattet ist.
3. Spannungsversorgungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Stromrichter (S) mit
zumindest einem SiC-MOSFET ausgestattet ist.
35
4. Spannungsversorgungseinrichtung nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Bremschopper (B) mit zumindest einem Si-IGBT ausgestattet ist.

5. Spannungsversorgungseinrichtung nach einem der
5 vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zumindest ein Stromrichter (S) als Pulswechselrichter
ausgebildet ist.
6. Spannungsversorgungseinrichtung nach einem der
10 vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zumindest ein Stromrichter (S) als Vierquadrantensteller
ausgebildet ist.
7. Spannungsversorgungseinrichtung nach einem der
15 vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
alle Stromrichter (S) ausschließlich mit höher taktenden
Halbleiterschaltern (H-SiC) auf SiC-Basis ausgestattet
sind.
- 20 8. Spannungsversorgungseinrichtung nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
alle Bremschopper (B) ausschließlich mit niedriger
taktenden Halbleiterschaltern (H-Si) auf Si-Basis
ausgestattet sind.
- 25 9. Verwendung einer Spannungsversorgungseinrichtung nach
einem der Ansprüche 1 bis 8 im Antrieb einer Eisenbahn.

FIG 1

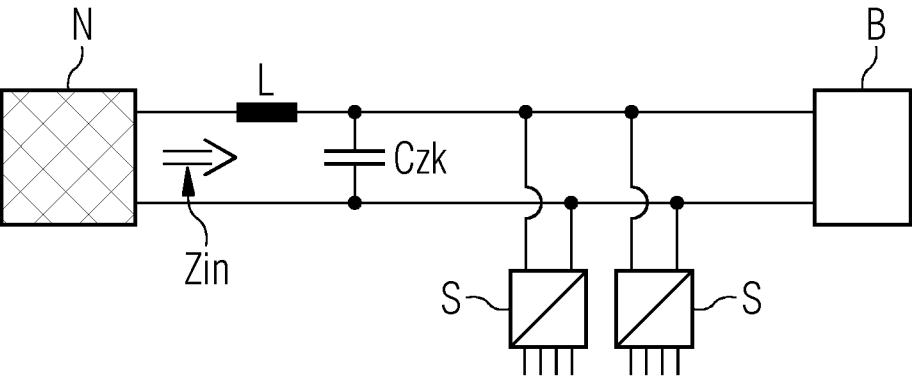


FIG 2

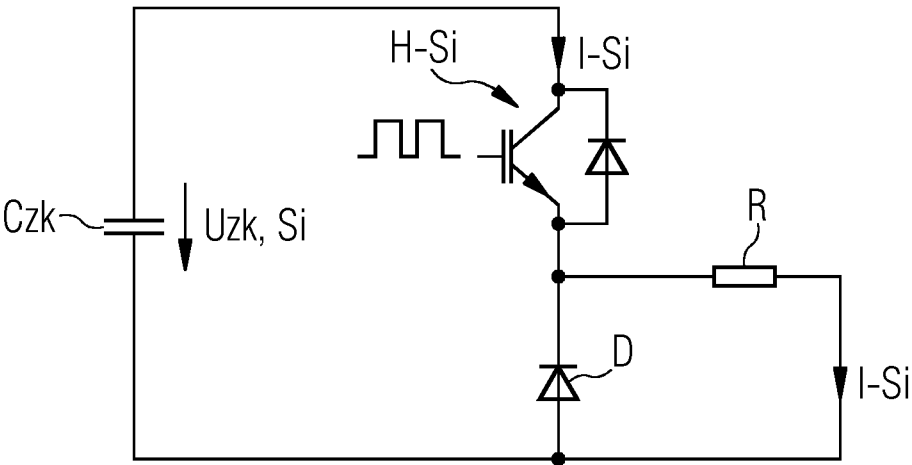


FIG 3

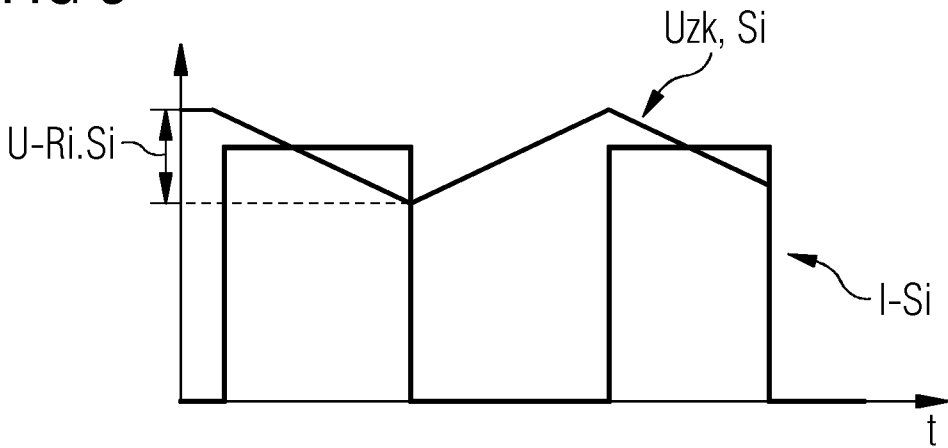


FIG 4

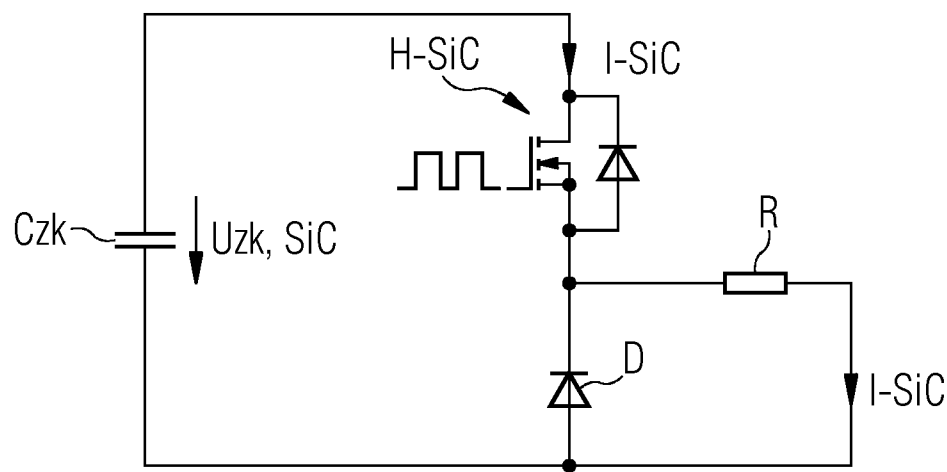
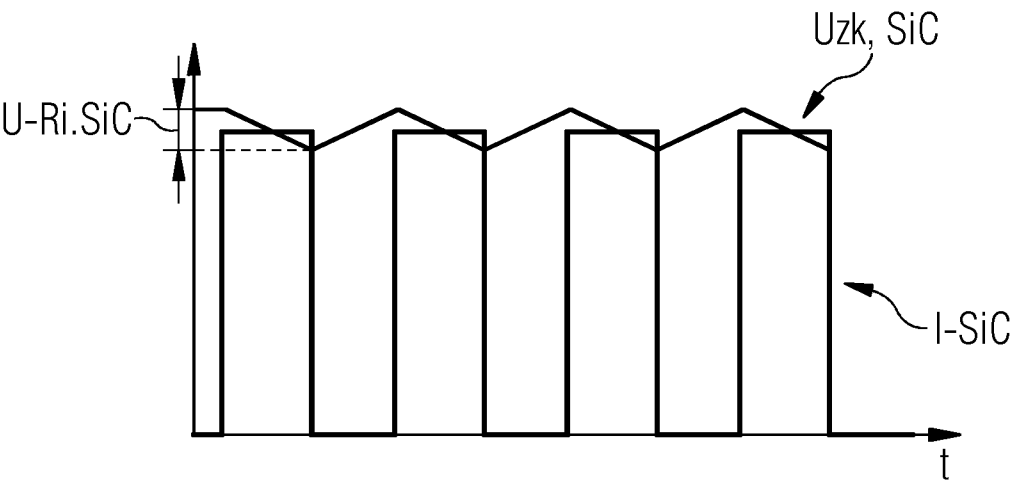


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/059749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02M 1/14**(2006.01)i; **H02M 1/32**(2007.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M; B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DAEUBLER C ED - EPE ASSOCIATION. "MECHANISMS OF GENERATION AND CORRECTIVE ACTIONS AGAINST CONDUCTIVE EMI IN THE LINE CURRENT OF THE E 402 B LOCOMOTIVE FOR THE ITALIAN STATE RAILWAY" <i>8TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. LAUSANNE, CH, SEPT. 7 - 9, 1999; [EPE. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS], EPE ASSOCIATION, BRUSSELS, BE, Vol. CONF. 8, 07 September 1999 (1999-09-07), pages 1-07</i> ISBN: 978-90-75815-04-7. XP000878414 page 1 page 4, last paragraph figures 1,2	1-9
A	CN 103605291 A (CSR ZHUZHOU ELEC LOCO RES INST) 26 February 2014 (2014-02-26) abstract figure 1	6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 July 2019

Date of mailing of the international search report

15 July 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Standaert, Frans

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/059749

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ARMSTRONG KRISTINA O ET AL. "Wide bandgap semiconductor opportunities in power electronics" <i>2016 IEEE 4TH WORKSHOP ON WIDE BANDGAP POWER DEVICES AND APPLICATIONS (WIPDA)</i> , IEEE, 07 November 2016 (2016-11-07), pages 259-264 DOI: 10.1109/WIPDA.2016.7799949 XP033029856 abstract page 2, right column	2-4,7,8
A	WESCHTA A ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. "Traction technology of the new class S252 and S447 power units for the Spanish Railways Renfe" <i>PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC). TOLEDO, JUNE 29 - JULY 3, 1; [PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC)], NEW YORK, IEEE, US</i> , Vol. CONF. 23, 29 June 1992 (1992-06-29), pages 411-416 DOI: 10.1109/PESC.1992.254851 ISBN: 978-0-7803-0695-0. XP010064886 abstract page 2, left column	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/059749

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	103605291	A	26 February 2014	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02M1/14 H02M1/32
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02M B60L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DAEUBLER C ED - EPE ASSOCIATION: "MECHANISMS OF GENERATION AND CORRECTIVE ACTIONS AGAINST CONDUCTIVE EMI IN THE LINE CURRENT OF THE E 402 B LOCOMOTIVE FOR THE ITALIAN STATE RAILWAY", 8TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. LAUSANNE, CH, SEPT. 7 - 9, 1999; [EPE . EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS], EPE ASSOCIATION, BRUSSELS, BE, Bd. CONF. 8, 7. September 1999 (1999-09-07), Seiten 1-07, XP000878414, ISBN: 978-90-75815-04-7 Seite 1 Seite 4, letzter Absatz Abbildungen 1,2 ----- -/-	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Juli 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/07/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Standaert, Frans

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CN 103 605 291 A (CSR ZHUZHOU ELEC LOCO RES INST) 26. Februar 2014 (2014-02-26) Zusammenfassung Abbildung 1 -----	6
A	ARMSTRONG KRISTINA O ET AL: "Wide bandgap semiconductor opportunities in power electronics", 2016 IEEE 4TH WORKSHOP ON WIDE BANDGAP POWER DEVICES AND APPLICATIONS (WIPDA), IEEE, 7. November 2016 (2016-11-07), Seiten 259-264, XP033029856, DOI: 10.1109/WIPDA.2016.7799949 Zusammenfassung Seite 2, rechte Spalte -----	2-4,7,8
A	WESCHTA A ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Traction technology of the new class S252 and S447 power units for the Spanish Railways Renfe", PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC). TOLEDO, JUNE 29 - JULY 3, 1; [PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC)], NEW YORK, IEEE, US, Bd. CONF. 23, 29. Juni 1992 (1992-06-29), Seiten 411-416, XP010064886, DOI: 10.1109/PESC.1992.254851 ISBN: 978-0-7803-0695-0 Zusammenfassung Seite 2, linke Spalte -----	1

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2019/059749

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

CN 103605291	A	26-02-2014	KEINE
--------------	---	------------	-------