

(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
16. Januar 2014 (16.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/009183 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 3/156 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/063752

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juni 2013 (29.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 106 262.5 12. Juli 2012 (12.07.2012) DE

(71) Anmelder: **HELLA KGAA HUECK & CO.** [DE/DE];
Rixbecker Straße 75, 59552 Lippstadt (DE).

(72) Erfinder: **DAUB, Wolfgang**; Auf dem Hamm 18, 59609
Anröchte (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, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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).

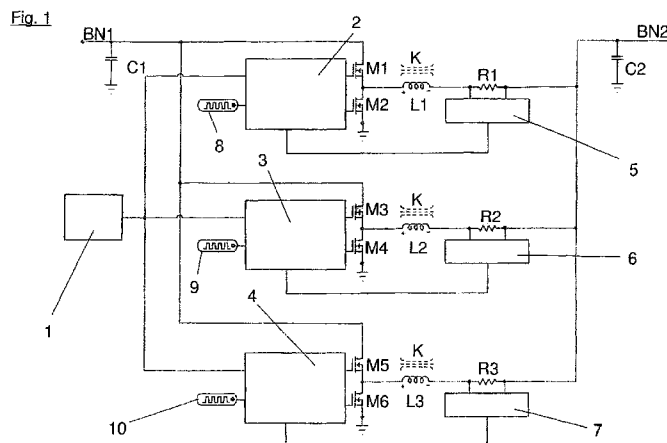
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindenerklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MULTI-PHASE DIRECT CURRENT CONVERTER

(54) Bezeichnung : MEHRPHASEN-GLEICHSPANNUNGSWANDLER



(57) **Abstract:** The invention relates to a multi-phase direct current converter for transporting energy between two networks, comprising several converter circuits, each converter circuit having at least one controllable switch element (M1, M3, M5) and a choke (L1, L2, L3), also comprising regulating or control means (1), a PWM generator for each converter circuit for producing a PWM signal for controlling the first controllable switch element of the associated converter circuit. The PWM generators are designed and configured to produce PWM signals so that the first circuit elements (M1, M3, M5) of the converter circuits can be activated with different phases. The multi-phase direct current converter comprises for each converter circuit, a current sensor (5, 6, 7) for detecting a current through the choke (L1, L2, L3) of the converter circuit or a current emulator for emulating a current through the choke (L1, L2, L3) of the converter circuit and each converter circuit comprises a regulating unit which is connected to the regulating or control means (1) and to the current sensor (5, 6, 7) associated with the converter circuit (5, 6, 7) or current emulator and the PWM generator associated with the converter circuit. The regulating units are designed and configured to regulate the current through the choke (L1, L2, L3) of the associated converter circuits.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/009183 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Mehrphasen-Gleichspannungswandler zum Transportieren von Energie zwischen zwei Netzen - mit mehreren Wandlerschaltungen, wobei jede Wandlerschaltung wenigstens ein erstes steuerbares Schaltelement (M1, M3, M5) und eine Drossel (L1, L2, L3) aufweist, mit einem Regel- oder Steuermittel (1) und - mit einem PWM-Generator je Wandlerschaltung zur Erzeugung eines PWM-Signals zur Ansteuerung des ersten steuerbaren Schaltelements der zugeordneten Wandlerschaltung, wobei die PWM-Generatoren geeignet und eingerichtet sind, die PWM-Signale so zu erzeugen, dass die ersten Schaltelemente (M1, M3, M5) der Wandlerschaltungen mit unterschiedlichen Phasen einschaltbar sind, wobei der Mehrphasen-Spannungswandler - je Wandlerschaltung einen Stromsensor (5, 6, 7) zur Erfassung eines Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der Wandlerschaltung oder einen Stromemulator zur Emulation eines Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der Wandlerschaltung aufweist und - je Wandlerschaltung einen Regler aufweist, der mit dem Regel- oder Steuermittel (1) und mit dem der Wandlerschaltung zugeordneten Stromsensor (5, 6, 7) oder Stromemulator sowie dem der Wandlerschaltung zugeordneten PWM-Generator verbunden ist, - wobei die Regler zum Regeln des Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der zugeordneten Wandlerschaltungen geeignet und eingerichtet sind.

Mehrphasen-Gleichspannungswandler

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Mehrphasen-Gleichspannungswandler zum Transportieren von Energie zwischen zwei Netzen

- mit mehreren Wandlerschaltungen, wobei jede Wandlerschaltung wenigstens ein erstes steuerbares Schaltelement und eine Drossel aufweist,
- mit einem Regel- oder Steuermittel und
- mit einem PWM-Generator je Wandlerschaltung zur Erzeugung eines PWM-Signals zur Ansteuerung des ersten steuerbaren Schaltelements der zugeordneten Wandlerschaltung, wobei die PWM-Generatoren geeignet und eingerichtet sind, die PWM-Signale so zu erzeugen, dass die ersten Schaltelemente der Wandlerschaltungen mit unterschiedlichen Phasen einschaltbar sind.

Aus dem Stand der Technik sind Gleichspannungswandler mit einer Wandlerschaltung und einer Steuerung bekannt, bei denen die Steuerung ein Treibersignal zum Durchführen des Schaltbetriebs der Wandlerschaltung erzeugt. Mittels der Steuerung kann die Wandlerschaltung an die Betriebsbedingungen des Gleichspannungswandlers, insbesondere der Belastung des Gleichspannungswandlers angepasst werden. Ein Nachteil eines solchen Gleichspannungswandlers ist, dass die Wandlerschaltung bei nur geringer Belastung des Gleichspannungswandlers einen schlechten Wirkungsgrad hat. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Strom durch den Gleichspannungswandler begrenzt ist.

Um diesen Nachteilen abzuweichen, wurden Mehrphasen-Gleichspannungswandler entwickelt. Diese weisen mehrere Wandlerschaltungen, gelegentlich auch Wandlerzellen oder Zellen genannt, auf, die phasenversetzt betrieben werden. Ein Mehrphasen-Gleichspannungswandler mit den eingangs aufgeführten Merkmalen ist in dem Dokument DE 10 2007 043 603 A1 offenbart.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen alternativen Mehrphasen-Gleichspannungswandler vorzuschlagen, der insbesondere bei gekoppelten Drosseln der Wandlerschaltungen Ausgleichströme zwischen den Wandlerschaltungen verhindert. Bei solchen Mehrphasen-Gleichspannungswandlern sind die Drosseln der Wandlerschaltungen auf einem Kern angeordnet und sind so gekoppelt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Mehrphasen-Spannungswandler

- je Wandlerschaltung einen Stromsensor zur Erfassung eines Stroms durch die Drossel der Wandlerschaltung oder einen Stromemulator zur Emulation eines Stroms durch die Drossel der Wandlerschaltung aufweist und
- je Wandlerschaltung einen Regler aufweist, der mit dem ersten Regler und mit dem der Wandlerschaltung zugeordneten Stromsensor oder Stromemulator sowie dem der Wandlerschaltung zugeordneten PWM-Generator verbunden ist,
- wobei die Regler zum Regeln des Stroms durch die Drossel der zugeordneten Wandlerschaltungen geeignet und eingerichtet sind.

Der erfindungsgemäße Mehrphasen-Spannungswandler umfasst Wandlerschaltungen mit einem eigenen Regler und eigenen Stromsensoren. Damit kann der Strom durch die Drossel jeder Wandlerschaltung durch einen eigenen Regelkreis geregelt werden. Ausgleichströme zwischen den Wandlerschaltungen können damit vermieden werden.

Ausgleichströme können insbesondere auch dann vermieden werden, wenn die Drosseln der Wandlerschaltungen gekoppelt sind.

Die Wandlerschaltungen sind vorzugsweise parallel geschaltet.

Die Regler eines erfindungsgemäßen Mehrphasen-Gleichspannungswandlers können vom Regel- oder Steuermittel mit je einer Führungsgröße beaufschlagt werden. Die Regler können dazu unmittelbar mit dem Regel- oder Steuermittel verbunden sein. Das Regel- oder Steuermittel erzeugt für jeden Regelkreis eine Führungsgröße für

den von der Wandlerschaltung des Regelkreises bereitzustellenden Strom. Die Summe der von den Wandlerschaltungen bereitgestellten Ströme entspricht dem von dem Mehrphasen-Gleichspannungswandler erzeugten Strom.

Erfindungsgemäß kann jeder PWM-Generator unmittelbar mit einem Stellgrößen-Ausgang des Reglers verbunden sein, der der gleichen Wandlerschaltung zugeordnet ist wie der PWM-Generator.

Die Wandlerschaltungen können Aufwärtswandler-Schaltungen, also boost-converter sein.

Die Wandlerschaltungen können eine Spitzenstromerkennung und/oder eine oder mehrere Stromemulatoren anstelle der Stromsensoren umfassen.

Anhand der beigefügten Zeichnung wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Mehrphasen-Gleichspannungswandlers.

Der erfindungsgemäße Mehrphasen-Gleichspannungswandler weist drei Wandler-schaltungen auf. Die drei Wandlerschaltungen sind vorzugsweise identisch aufgebaut. Sie weisen ein erstes Schaltelement M1, M3, M5 auf. Bei den ersten Schaltelementen handelt es sich um normal leitende N-Kanal MOSFETs, deren Drain-Anschlüsse zusammengeführt und mit einem ersten Anschluss BN1 des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers für die positive Spannung eines ersten Netzes verbunden sind. Die Source-Anschlüsse der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 sind jeweils mit Drosseln L1, L2, L3 verbunden. In Reihe dazu sind Messwiderstände R1, R2, R3 geschaltet. Die den Drosseln L1, L2, L3 abgewandten Anschlüsse der Messwiderstände R1, R2, R3 sind miteinander und mit einem zweiten Anschluss BN2 des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers für die positive Spannung eines zweiten Netzes verbunden.

Sowohl der erste Anschluss BN1 als auch der zweite Anschluss BN2 des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers sind über einen Kondensator C1, C2 mit dem Bezugspotential verbunden.

Die Source-Anschlüsse der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 sind über zweite Schaltelementen M2, M4, M5 ebenfalls mit dem Bezugspotential verbunden. Dazu sind die Drain-Anschlüsse der zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 mit den Source-Anschlüssen der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 verbunden und die Source-Anschlüsse der zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 sind mit dem Bezugspotential verbunden.

Sowohl die Gate-Anschlüsse der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 der Wandler-schaltungen als auch die Gate-Anschlüsse der zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 der Wandlerschaltungen sind mit je einer jeder Wandlerschaltungen zugeordneten Steuerschaltung 2, 3, 4 verbunden. Die Steuerschaltungen 2, 3, 4 umfassen einen Regler und einen PWM-Generator.

Die Steuerschaltungen 2, 3, 4 sind mit Stromsensoren 5, 6, 7 verbunden, die den Strom durch die Messwiderstände R1, R2, R3 und somit durch die Drosseln L1, L2, L3 erfassen. Ein den Strom angegebendes Signal wird den Steuerschaltungen 2, 3, 4 zugeführt. In dem Regler der Steuerschaltungen 2, 3, 4 wird das Stromsignal mit einer Führungsgröße verglichen, die von einem Steuer- und Regelmittel 1 für jede Wandler-schaltung vorgegeben wird. Die sich beim Vergleich ergebende Regeldifferenz zwischen der Führungsgröße und dem Stromsignal, d.h. der Regelgröße, wird in den PWM-Generatoren zugeführt, die die Signale zum Ansteuern der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 und der zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 erzeugen. Die ersten Schaltelemente und die zweiten Schaltelemente einer Wandlerschaltung werden vorzugsweise abwechselnd geschlossen und geöffnet.

Den Steuerschaltungen 2, 3, 4 wird neben den bereits benannten Signalen auch je ein Taktsignal zugeführt, welches von einem Taktgenerator 8, 9, 10 erzeugt wird. Die

Taktgeneratoren 8, 9, 10 erzeugen Taktsignale, die zueinander verschoben sind aber die gleiche Länge und Einschaltdauer haben. Die Taktgeneratoren 8, 9, 10 können miteinander verknüpft sein (nicht dargestellt), um sicherzustellen, dass die Phase zwischen den Taktsignalen stets konstant ist, vorzugsweise 120° , wenn drei Wandler-schaltungen vorgesehen sind.

Die ersten Schaltelemente M1, M3, M5 werden bei einer steigenden Flanke des Taktsignals eingeschaltet und die zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 werden bei einer steigenden Flanke des Taktsignals ausgeschaltet.

Das Ausschalten der ersten Schaltelemente M1, M3, M5 und das Einschalten der zweiten Schaltelemente M2, M4, M5 erfolgt in Abhängigkeit vom Strom, der durch die Stromsensoren 5, 6, 7 gemessen wird und in Abhängigkeit der vom Steuer- und Regelmittel 1 vorgegebenen Führungsgrößen.

Die Wandler-schaltungen arbeiten bei einem Energietransport vom ersten Netz zum zweiten Netz als Aufwärts-Wandler, d.h. die Spannung im ersten Netz ist geringer als die Spannung im zweiten Netz. Bei umgekehrter Transportrichtung der Energie können die Wandler-schaltungen auch als Abwärts-Wandler betrieben werden.

Die Drosseln L1, L2, L3 sind miteinander gekoppelt, was dadurch erreicht wird, dass die Drosseln auf einem gemeinsamen Kern angeordnet sind.

Bezugszeichenliste

1	Steuer- und Regelmittel
2	Steuermittel einer ersten Wandlerschaltung
3	Steuermittel einer zweiten Wandlerschaltung
4	Steuermittel einer dritten Wandlerschaltung
5	Stromsensor der ersten Wandlerschaltung
6	Stromsensor der zweiten Wandlerschaltung
7	Stromsensor der dritten Wandlerschaltung
M1	erstes Schaltelement der ersten Wandlerschaltung
M3	erstes Schaltelement der zweiten Wandlerschaltung
M5	erstes Schaltelement der dritten Wandlerschaltung
M2	zweites Schaltelement der ersten Wandlerschaltung
M4	zweites Schaltelement der zweiten Wandlerschaltung
M6	zweites Schaltelement der dritten Wandlerschaltung
L1	Drossel der ersten Wandlerschaltung
L2	Drossel der zweiten Wandlerschaltung
L3	Drossel der dritten Wandlerschaltung
R1	Messwiderstand der ersten Wandlerschaltung
R2	Messwiderstand der zweiten Wandlerschaltung
R3	Messwiderstand der dritten Wandlerschaltung
8	Taktgenerator der ersten Wandlerschaltung
9	Taktgenerator der zweiten Wandlerschaltung
10	Taktgenerator der dritten Wandlerschaltung
K	gemeinsamer Kern der Drosseln L1, L2, L3
BN1	erster Anschluss des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers
BN2	zweite Anschluss des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers
C1	Kondensator des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers
C2	Kondensator des Mehrphasen-Gleichspannungswandlers

Patentansprüche

1. Mehrphasen-Gleichspannungswandler zum Transportieren von Energie zwischen zwei Netzen
 - mit mehreren Wandlerschaltungen, wobei jede Wandlerschaltung wenigstens ein erstes steuerbares Schaltelement (M1, M3, M5) und eine Drossel (L1, L2, L3) aufweist,
 - mit einem Regel- oder Steuermittel (1) und
 - mit einem PWM-Generator je Wandlerschaltung zur Erzeugung eines PWM-Signals zur Ansteuerung des ersten steuerbaren Schaltelements der zugeordneten Wandlerschaltung, wobei die PWM-Generatoren geeignet und eingerichtet sind, die PWM-Signale so zu erzeugen, dass die ersten Schaltelemente (M1, M3, M5) der Wandlerschaltungen mit unterschiedlichen Phasen einschaltbar sind,dadurch gekennzeichnet, dass
der Mehrphasen-Spannungswandler
 - je Wandlerschaltung einen Stromsensor (5, 6, 7) zur Erfassung eines Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der Wandlerschaltung oder einen Stromemulator zur Emulation eines Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der Wandlerschaltung aufweist und
 - je Wandlerschaltung einen Regler aufweist, der mit dem Regel- oder Steuermittel (1) und mit dem der Wandlerschaltung zugeordneten Stromsensor (5, 6, 7) oder Stromemulator sowie dem der Wandlerschaltung zugeordneten PWM-Generator verbunden ist,
 - wobei die Regler zum Regeln des Stroms durch die Drossel (L1, L2, L3) der zugeordneten Wandlerschaltungen geeignet und eingerichtet sind.
2. Mehrphasen-Gleichspannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosseln (L1, L2, L3) der Wandlerschaltungen gekoppelt

sind.

3. Mehrphasen-Gleichspannungswandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Regler vom Regel- oder Steuermittel (1) mit je einer Führungsgröße beaufschlagbar sind.
4. Mehrphasen-Gleichspannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die PWM-Generatoren unmittelbar mit einem Stellgrößen-Ausgang der der gleichen Wandlerschaltung zugeordneten Regler verbunden sind.
5. Mehrphasen-Gleichspannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandlerschaltungen je nach Transportrichtung der Energie Aufwärtswandler-Schaltungen und Abwärtswandler-Schaltungen sind.

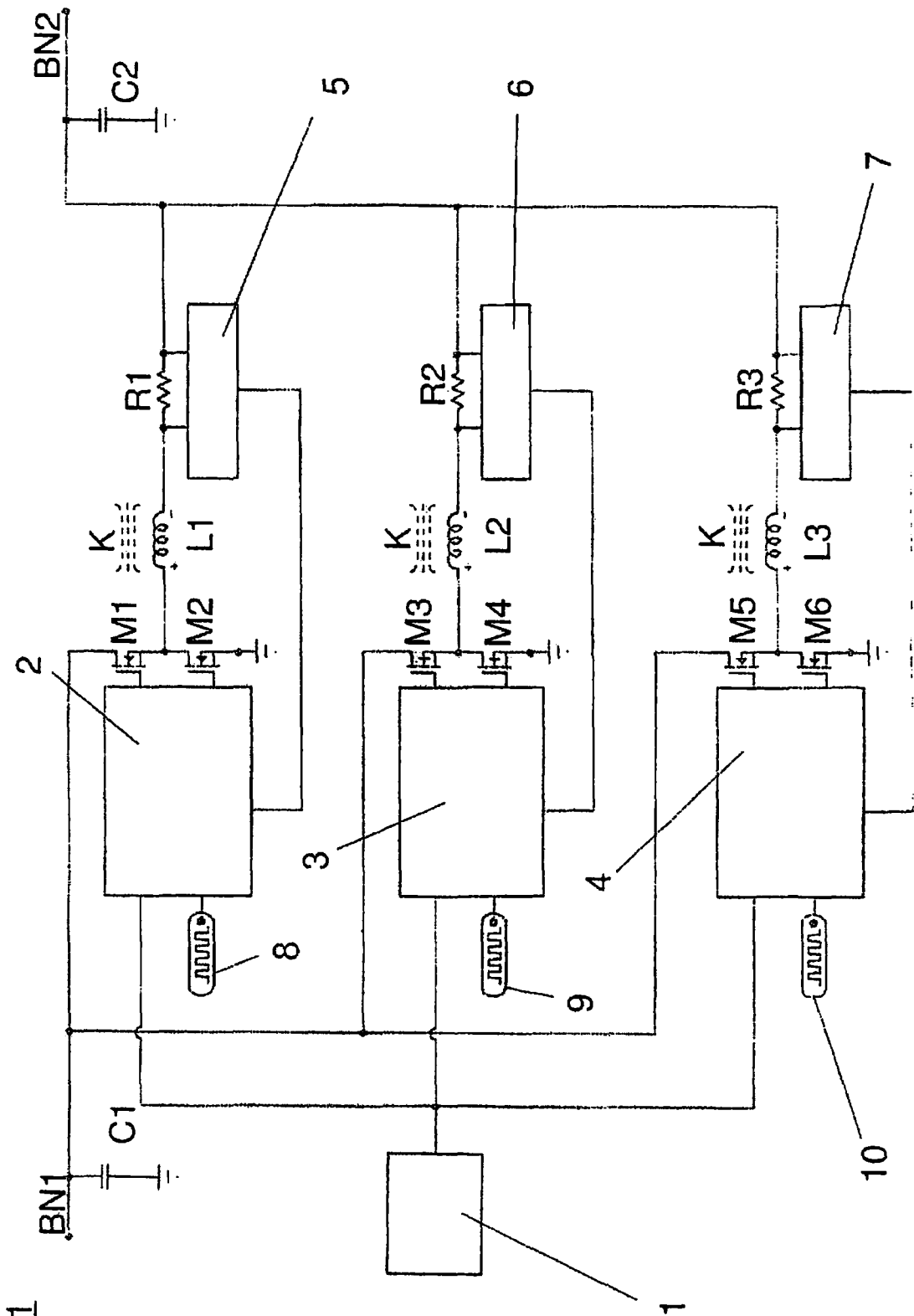


Fig. 1