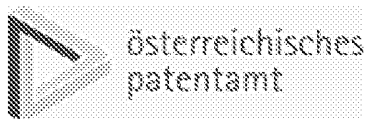


(19)



(10)

AT 514765 A2 2015-03-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50845/2014
 (22) Anmeldetag: 21.11.2014
 (43) Veröffentlicht am: 15.03.2015

(51) Int. Cl.: **H02J 3/01** (2006.01)
H02M 1/14 (2006.01)
H02M 5/44 (2006.01)
H02M 1/44 (2007.01)
H02P 5/00 (2006.01)

(71) Patentanmelder:
 AVL LIST GMBH
 8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
 Müller Gerhard Dipl.HTL.Ing.
 8530 Deutschlandsberg (AT)

(74) Vertreter:
 Patentanwälte Pinter & Weiss OG
 1040 Wien (AT)

(54) Schaltung zur Begrenzung von Gleichtaktspannungen

(57) Schaltung zur Reduzierung von Gleichtaktspannungen in indirekten Umrichtersystemen mit einem Gleichspannungszwischenkreis (1) für Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschinen (10), wobei der Gleichspannungszwischenkreis (1) eine erste Diode (3) mit einer Durchlassrichtung und eine in Serie geschaltete zweite Diode (4) mit gleicher Durchlassrichtung wie die erste Diode (3) aufweist, über die beiden in Serie geschalteten Dioden (3, 4) ein negativer Strang (5) des Gleichspannungskreises (1) mit einem positiven Strang (6) des Gleichspannungszwischenkreises (1) verbunden ist und ein Punkt (7) zwischen erster Diode (3) und zweiter Diode (4) über zumindest einen Kondensator (8) mit der Masse (9) verbunden ist.

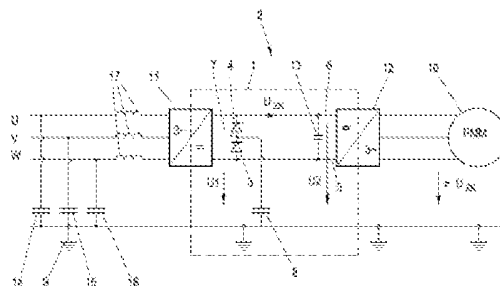


Fig. 4

Zusammenfassung

Schaltung zur Reduzierung von Gleichtaktspannungen in indirekten Umrichtersystemen mit einem Gleichspannungszwischenkreis (1) für Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschinen (10), wobei der Gleichspannungszwischenkreis (1) eine erste Diode (3) mit einer Durchlassrichtung und eine in Serie geschaltete zweite Diode (4) mit gleicher Durchlassrichtung wie die erste Diode (3) aufweist, über die beiden in Serie geschalteten Dioden (3, 4) ein negativer Strang (5) des Gleichspannungskreises (1) mit einem positiven Strang (6) des Gleichspannungszwischenkreises (1) verbunden ist und ein Punkt (7) zwischen erster Diode (3) und zweiter Diode (4) über zumindest einen Kondensator (8) mit der Masse (9) verbunden ist.

Fig. 4

Schaltung zur Begrenzung von Gleichtaktspannungen

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltung zur Begrenzung von Gleichtaktspannungen in indirekten Umrichtersystemen mit Gleichspannungszwischenkreis für Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschinen.

- 5 Auf dem Gebiet der Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschinen ist die Verwendung von Umrichtern, welche aus einer Wechselspannung eine in der Frequenz und Amplitude unterschiedliche, andere Wechselspannung generieren weitläufig bekannt.

Diese Umrichtersysteme bestehen bekannterweise aus einem Netzumrichter und einem Maschinenumrichter mit einem dazwischen liegenden Gleichspannungszwischenkreis. Dem
 10 Netzumrichter ist üblicherweise eine sogenannte Hochsetzerdrossel vorgeschaltet. Dabei handelt es sich um Induktivitäten, die zur Dämpfung, Funkentstörung, Kommutierung, Strombegrenzung, Unterdrückung unerwünschter Frequenzen oder zur Energiespeicherung eingesetzt werden. Grundsätzlich kommt es durch die Schaltvorgänge im Netzumrichter und im Maschinenumrichter, zu Spannungssprüngen im Gleichspannungszwischenkreis gegen
 15 Masse. Durch die Induktivität der Hochsetzerdrossel und Kapazitäten gegen Erde, die vorwiegend in den geschirmten Motorzuleitungen und der Motorwicklung zu finden sind, entsteht durch die Schaltvorgänge von Netzumrichter und Maschinenumrichter ein parasitärer Schwingkreis.

Da dadurch entstehende Störspannungen über den Maschinenumrichter an den Motor
 20 „durchgereicht“ werden, können zwischen Motorwicklungen und Masse Gleichtaktspannungen auftreten. Je nach deren Höhe, können diese Schäden an Motorwicklungen und an Wicklungstemperatursensoren verursachen.

Zur Reduktion der Gleichtaktspannungen zeigt die DE 10 2007 008 765 A1 die Verwendung eines Induktiv-Kapazitiv-Filters zwischen Umrichterausgang und Motorwicklung. Die
 25 Rückkopplung erfolgt über eine Leitung mit Dämpfungswiderstand der auf den Sternpunkt von drei Kondensatoren führt, welche mit den Eingangsanschlüssen des Umrichters verbunden sind. Die Schaltung sieht weiters zusätzliche Kondensatoren an den Ausgangsanschlüssen des Umrichters vor. Nachteilig ist, dass der gezeigte Filter nicht ab einem bestimmten Grenzwert begrenzt und somit nur fallweise aktiv ist, sondern zur
 30 Reduktion während des gesamten Betriebs aktiviert ist, wodurch eine entsprechende Verlustleistung während des gesamten Betriebs entsteht.

Weiters führt der Platzbedarf für die Bauteile zu einer entsprechend großen Schaltschrankkonstruktion und ist für Nachrüstungen schlecht geeignet.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine Begrenzung der Gleichtaktspannung bei geringem Raumbedarf und einfacher Nachrüstbarkeit zu ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Gleichspannungszwischenkreis
 5 eine erste Diode mit einer Durchlassrichtung und eine in Serie geschaltete zweite Diode mit gleicher Durchlassrichtung wie die erste Diode aufweist, dass über die beiden in Serie geschalteten Dioden ein negativer Strang des Gleichspannungskreises mit einem positiven Strang des Gleichspannungszwischenkreises verbunden ist und dass ein Punkt zwischen
 10 erster Diode und zweiter Diode über zumindest einen Kondensator mit der Masse verbunden ist. Dies erlaubt tatsächlich nur bei Überschreitungsgefahr eine Begrenzung jener Gleichtaktspannungen, welche zwischen positivem Strang des Gleichspannungszwischenkreises und Masse bzw. negativem Strang des Gleichspannungszwischenkreises und Masse abfallen. Die Ober- bzw. Untergrenze, welche durch die Dimensionierung der beiden Dioden bestimmt werden, stellt dabei der positive bzw. negative Wert der
 15 Zwischenkreisspannung dar.

Eine Diode weist dabei bekanntermaßen einen n-dotierten Bereich als Kathode und einen p-dotierten Bereich als Anode auf. Als Durchlassrichtung wird eine Verschaltung bezeichnet, bei welcher die Anode am positiven Potential und die Kathode am negativen Potential angeschlossen ist.

20 In vorteilhafter Weise sind eine Anode der ersten Diode mit dem negativen Strang und eine Kathode der zweiten Diode mit dem positiven Strang des Gleichspannungszwischenkreises verbunden. Die beiden in Serie geschalteten Dioden werden damit in Sperrrichtung betrieben.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass vor dem Gleichspannungszwischenkreis jede
 25 der drei Phasen eines eingangsseitig am Umrichtersystem anliegenden Drehstromnetzes über jeweils zumindest einen Rückführkondensator mit der Masse verbunden ist.

Dadurch kann die erfindungsgemäße Schaltung auch für bekannte TT (Terre Terre) und IT (Isole Terre) Netze genutzt werden, wobei auch für TN (Terre Neutre) Netze die elektromagnetische Verträglichkeit verbessert wird. Bei TT-Netzen wird ein Trafosternpunkt
 30 über das Erdreich mit einem Anlagenerder und somit mit der Umrichtermasse zur Erdung verbunden. Bei IT-Netzen ist keine gemeinsame Erdung vorgesehen. Bei TN-Netzen ist, im Gegensatz zu TT- und IT-Systemen, eine gemeinsame Erdung vorgesehen an welcher der Sternpunkt des Transformators und der Umrichter über die PE-Leitung (zur Erdung vorgesehener Schutzleiter) angeschlossen sind.

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 4 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung zeigt. Dabei zeigt

Fig.1 einen Ausschnitt aus einem indirekten Umrichtersystem mit Gleichspannungszwischenkreis nach Stand der Technik,

Fig.2 Spannungsverläufe im Gleichspannungszwischenkreis bei einem positiven Spannungssprung,

Fig.3 Spannungsverläufe im Gleichspannungszwischenkreis bei einem negativen Spannungssprung,

Fig.4 einen Ausschnitt aus einem indirekten Umrichtersystem mit Gleichspannungszwischenkreis mit dem erfindungsgemäßen Gleichtaktfilter.

Figur 1 zeigt einen indirekten Umrichter mit Gleichspannung im Zwischenkreis, bestehend aus einem Dreiphasengleichrichter bzw. dem Netzumrichter 11, einem Gleichspannungszwischenkreis 1 und einem ausgangsseitigen Wechselrichter bzw. dem Maschinenumrichter 12. Der Vorteil der indirekten Umrichter besteht in einer weitgehenden Entkopplung des Ausganges vom Eingang über den Gleichspannungszwischenkreis 1.

Der Gleichspannungszwischenkreis 1 ist also in bekannter Weise zwischen dem eingangsseitigen Dreiphasengleichrichter bzw. dem Netzumrichter 11 und dem ausgangsseitigen Wechselrichter bzw. dem Maschinenumrichter 12 angeordnet. Derartige Umrichtersysteme finden zum Antrieb einer Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschine 10 vielfache Anwendung. Der dargestellte Zwischenkreiskondensator 13, welcher den negativen Strang 5 mit dem positiven Strang 6 des Gleichspannungszwischenkreises 1 verbindet, dient bekanntermaßen zur energetischen Kopplung auf eine gemeinsame Gleichspannungsebene bzw. zur Glättung der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis.

Figur 2 zeigt einen Spannungsverlauf im Gleichspannungszwischenkreis 1 bei einem positiven Spannungssprung. Derartige Spannungssprünge entstehen, wie bereits eingangs erwähnt, durch die Schaltvorgänge von Netzumrichter 11 und/oder Maschinenumrichter 12.

Figur 3 zeigt in ganz analoger Weise, Spannungsverläufe im Gleichspannungszwischenkreis 1 bei einem negativen Spannungssprung.

Sowohl bei Figur 2 als auch in Figur 3 ist erkennbar, dass je nach positiven oder negativen Spannungssprung, die Zwischenkreisspannung U_{ZK} über- oder unterschritten wird. Ziel ist es

jedoch, derartige Über- oder Unterschreitungen zu vermeiden und das Spannungsniveau an der Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschine 10 auf die Zwischenkreisspannung U_{ZK} zu begrenzen.

Figur 4 zeigt in schematischer Form und in Anlehnung an Figur 1 das Blockschaltbild eines Umrichtersystems 2 für eine Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschine 10 in einer erfindungsgemäßen und vorteilhaften Ausgestaltung.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf den bereits im Zusammenhang mit Figur 1 genannten Gleichspannungszwischenkreis 1.

Wie in Figur 4 erkennbar sind im Gleichspannungszwischenkreis 1 eines indirekten Umrichtersystems 2 für eine Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschine 10 eine erste Diode 3 mit einer Durchlassrichtung und eine in Serie geschaltete zweite Diode 4 mit gleicher Durchlassrichtung wie die erste Diode 3 vorgesehen. Die Dioden 3, 4 weisen dabei in bekannter Weise n-dotierte Bereiche als Kathoden und p-dotierte Bereiche als Anoden auf.

Die Durchlassrichtung bezeichnet eine Verschaltung, bei der die Anode mit einem positiven Strang 6 und die Kathode mit einem negativen Strang 5 verbunden ist. Im in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Anode der ersten Diode 3 mit dem negativen Strang 5 des Gleichspannungszwischenkreises 1 und die Kathode der zweiten Diode 4 mit dem positiven Strang 6 des Gleichspannungszwischenkreises 1 verbunden.

Über die beiden in Serie geschalteten Dioden 3, 4 ist ein negativer Strang 5 mit einem positiven Strang 6 des Gleichspannungszwischenkreises 1 verbunden und ein Punkt 7 zwischen erster Diode 3 und zweiter Diode 4 ist über einen Kondensator 8 mit der Masse 9 verbunden. Die beiden in Serie geschalteten Dioden 3, 4 sind so in den Gleichspannungszwischenkreis 1 angeordnet, dass die Anode der ersten Diode 3 mit dem negativen Strang 5 und die Kathode der zweiten Diode 4 mit dem positiven Strang 6 des Gleichspannungszwischenkreises 1 verbunden sind. Die beiden in Serie geschalteten Dioden 3, 4 werden aufgrund ihrer Einbaulage im Gleichspannungszwischenkreis 1 in Sperrrichtung betrieben.

Die dargestellte Schaltung stellt infolge der beiden Dioden 3 und 4 eine Begrenzungsschaltung dar und ist daher nur beim Überschreiten bzw. Unterschreiten einer Zwischenkreisspannung U_{ZK} aktiv und verursacht daher keine zusätzliche Verlustleistung im Normalbetrieb.

Die in der Figur 4 eingezeichneten Gleichtaktspannungen U1 und U2 werden in folgender Weise auf die Zwischenkreisspannung $\pm U_{ZK}$ begrenzt:

$$\text{Begrenzung 1: } -U_{ZK} \leq U_1 \leq 0V$$

$$\text{Begrenzung 2: } 0V \leq U_2 \leq U_{ZK}$$

- 5 Der unter Begrenzung 1 angeführte Bereich sagt somit aus, dass die Spannung U1 zwar kleiner oder gleich Null sein darf, jedoch den Wert $-U_{ZK}$ nicht unterschreitet. Der unter Begrenzung 2 angeführte Bereich sagt aus, dass die Spannung U2 zwar größer oder gleich Null sein darf, jedoch den Wert $+U_{ZK}$ nicht überschreitet. Bei Über- oder Unterschreitung der Zwischenkreisspannung U_{ZK} setzt, durch die geeignete Auswahl der beiden Dioden 3 und 4, ein Stromfluss über den Kondensator 8 gegen Masse 9 ein. Bei der Auswahl, bzw.
- 10 Dimensionierung der beiden Dioden 3 und 4 ist zu beachten, bei dem es am eingangsseitigen Dreiphasengleichrichter bzw. dem Netzumrichter 11 und dem ausgangsseitigen Wechselrichter bzw. dem Maschinenumrichter 12 zu einem gleichzeitigen Schaltvorgang kommt. In diesem Fall kann es zu erheblichen Spitzenströmen kommen, da
- 15 das bereits erwähnte schwingfähige System doppelt angeregt wird. Die Höhe der entsprechenden Spitzenströme ist unter anderem von der Summenamplitude der anregenden Spannung abhängig. Weiters hat die Dimensionierung der dem Netzumrichter 11 üblicherweise vorgeschaltene Hochsetzerdrossel 17 und der ggf. vorgesehenen Rückführkondensatoren 14, 15, 16 auf die genannten Spitzenströme entsprechenden
- 20 Einfluss. Lediglich beispielhaft sei erwähnt, dass es beispielsweise bei Durchschnittsströmen von etwa 6 Ampere zu Spitzenströmen kommen kann, welche im Bereich von 120 Ampere liegen.

- Der Kondensator 8 entkoppelt den Gleichspannungszwischenkreis von der Masse und wirkt bei hohen Frequenzen bekanntlich wie ein Kurzschluss. Kommt es an den bzw. an einer der
- 25 beiden Dioden 3, 4 zu einem Kurzschluss, wirkt der Kondensator 8 strombegrenzend. Bei Verzicht auf den Kondensator 8 würde bei einer defekten Diode 3, 4 ein Kurzschlussstrom von den drei Phasen u, v, w zum bereits erwähnten Trafosternpunkt fließen und ggf. den Netzstromrichter 11 zerstören.

- Auf diese Weise begrenzt die erfindungsgemäße Schaltung die Gleichtaktspannungen U1 und U2 auf das Niveau der Zwischenkreisspannung U_{ZK} wodurch die Spannungsbelastung der Wicklungen der Drehstrom- bzw. Dreiphasenwechselstrommaschine 10, aber auch von nicht weiter dargestellten Sensoren, entsprechend reduziert wird.
- 30

Wie bereits erwähnt, zeigt Figur 4 eine vorteilhafte Ausgestaltung, bei welcher vor dem Gleichspannungszwischenkreis 1 jede der drei Phasen u, v, w eines eingangsseitig am

Umrichtersystem anliegenden Drehstromnetzes, über jeweils zumindest einen Rückführkondensator 14, 15, 16 mit der Masse 9 verbunden ist. Die auftretenden Überspannungen U_x , also jene Spannungsanteile, welche $+U_{ZK}$ überschreiten oder $-U_{ZK}$ unterschreiten, werden an das Umrichtersystem eingangsseitig über die

5 Rückführkondensator 14, 15, 16 rückgeführt.

Der Vorteil der Rückführkondensatoren 14, 15 und 16 ergibt sich im Zusammenhang mit dem jeweils genutzten Drehstromnetz zur Energieversorgung. In Bezug auf die Energieversorgung, wird in bekannter Weise zwischen TN (Terre Neutre), TT (Terre Terre) und IT (Isole Terre) Netzen unterschieden.

10 Werden die Rückführkondensatoren 14, 15, 16 immer eingesetzt, ist keine weitere Netzbetrachtung notwendig und daher eine einfache Integration möglich. Dies erlaubt es, die erfindungsgemäße Schaltung auch für bekannte TT (Terre Terre) und IT (Isole Terre) Netze zu nutzen.

Bei TT- und IT-Netzen ist keine gemeinsame Erdung vorgesehen. Aus diesem Grund gibt es
15 auch keine gemeinsame Verbindung der Erdungen welche eine zuvor erwähnte Rückführung der Überspannung U_x erlauben würde. Wie erwähnt wäre ein Abbau der zuvor erwähnten Überspannungen U_x über die jeweiligen getrennten Erdungen möglich. Da jedoch deren Eigenschaften stark von Verlegung der Leitungen und deren Länge abhängig ist, kann bezüglich der Zeiten innerhalb derer ein Ausgleich bzw. Abbau der Überspannung U_x erfolgt
20 keine genaue Aussage getroffen werden. Durch die Verwendung der Rückführkondensatoren 14, 15, 16 ist jedoch eine eindeutige Verbindung deren Länge und Eigenschaften bekannt ist vorhanden. Dies erlaubt einen entsprechend definierten Abbau bzw. Ausgleich der Überspannung U_x .

Für TN (Terre Neutre) Netze ist deren Nutzung vorteilhaft. Bei solchen Systemen ist, im
25 Gegensatz zu TT- und IT-Systemen, eine gemeinsame Erdung vorgesehen an welcher auch der Sternpunkt des Transformators angeschlossen ist. Ohne die Kondensatoren 14, 15, und 16 würde der Ausgleichsstrom über den Sternpunkt des Transformators rückgeführt werden. Dabei handelt es sich um eine definierte und in ihren Eigenschaften bekannte Verbindung. Ihre Nutzung kann zu Problemen hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit, also
30 zur gegenseitigen Beeinflussung verschiedener Geräte durch elektromagnetische Effekte, führen. Aus diesem Grund ist auch bei TN-Netzen die Nutzung der Rückführkondensatoren 14, 15, 16 von Vorteil.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass bei einer Schaltung, wie sie beispielsweise in Figur 1 dargestellt ist, Kondensatoren in der Anordnung der Rückführkondensatoren 14, 15, und 16 in Figur 4 bereits vorgesehen sein können.

5 Deren Aufgabe besteht üblicherweise darin, die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) des Schaltkreises zu verbessern. Dabei ist das Ziel, dass elektrische Anlagen oder Geräte einander nicht durch ungewollte elektrische, magnetische oder elektromagnetische Effekte negativ beeinträchtigen. Insbesondere Umrichter erzeugen aufgrund der Pulsweitenmodulation Störungen, welche angrenzende Geräte entsprechend beeinflussen. Für die hochfrequenten Schwingungen stellen die Kondensatoren einen Kurzschluss zur
10 Erde dar, weshalb sie entsprechend abgeleitet bzw. gedämpft werden.

Üblicherweise liegt die Dimensionierung derartige Kondensatoren, zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit im Bereich $>10\mu\text{F}$. Diese Größe bzw. Dimensionierung ist für die Übertragung bzw. Rückführung der Überspannung U_x völlig ausreichend. Ein Nachrüsten mit den Rückführkondensatoren 14, 15, und 16 ist daher nicht notwendig und es
15 ergibt sich eine vorteilhafte Doppelnutzung bereits vorhandener Bauteile.

Aufgrund der geringen Anzahl an notwendigen Bauteilen ist der Platzbedarf bei gleichzeitiger hoher Integrierbarkeit in bestehende Schaltungen entsprechend gering. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine derartige Gleichtaktfilterlösung unabhängig von einer Versorgungsspannung, Taktfrequenz und Höhe der Zwischenkreisspannung U_{ZK} einsetzbar
20 ist.

Durch diese Vorteile ergibt sich somit eine optimale Nachrüstbarkeit bestehender Systeme.

Patentansprüche

1. Schaltung zur Reduzierung von Gleichtaktspannungen in indirekten Umrichtersystemen mit einem Gleichspannungszwischenkreis (1) für Drehstrom- bzw.
5 Dreiphasenwechselstrommaschinen (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gleichspannungszwischenkreis (1) eine erste Diode (3) mit einer Durchlassrichtung und eine in Serie geschaltete zweite Diode (4) mit gleicher Durchlassrichtung wie die erste Diode (3) aufweist, **dass** über die beiden in Serie geschalteten Dioden (3, 4) ein negativer Strang (5) des Gleichspannungskreises (1) mit einem positiven Strang (6) des
10 Gleichspannungszwischenkreises (1) verbunden ist **und dass** ein Punkt (7) zwischen erster Diode (3) und zweiter Diode (4) über zumindest einen Kondensator (8) mit der Masse (9) verbunden ist.
2. Schaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anode der ersten Diode (3) mit dem negativen Strang (5) und eine Kathode der zweiten Diode (4) mit dem
15 positiven Strang (6) des Gleichspannungszwischenkreises (1) verbunden ist.
3. Schaltung nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Gleichspannungszwischenkreis (1) jede der drei Phasen (u, v, w) eines eingangsseitig am Umrichtersystem anliegenden Drehstromnetzes, über jeweils zumindest einen Rückführkondensator (14, 15, 16) mit der Masse (9) verbunden ist.

1/2

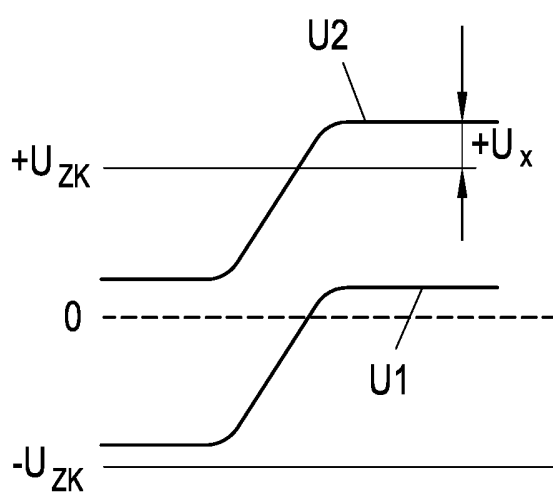
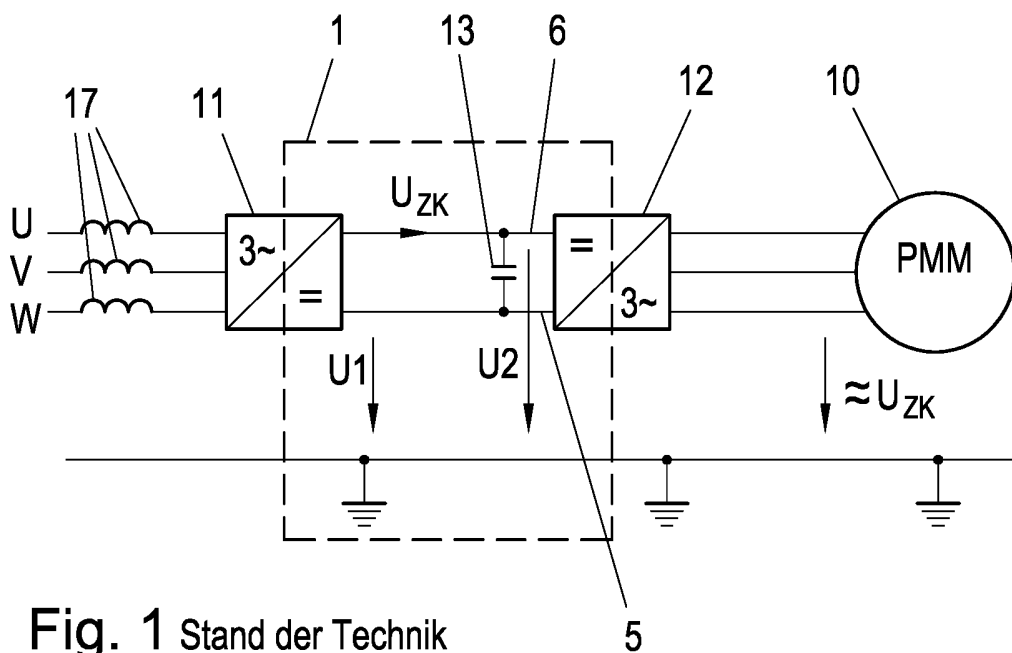


Fig. 2

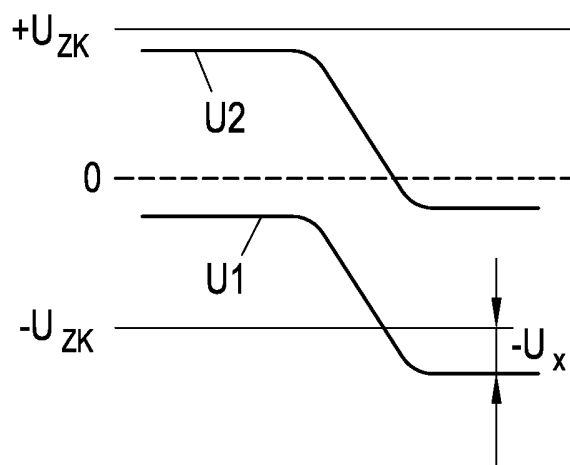


Fig. 3

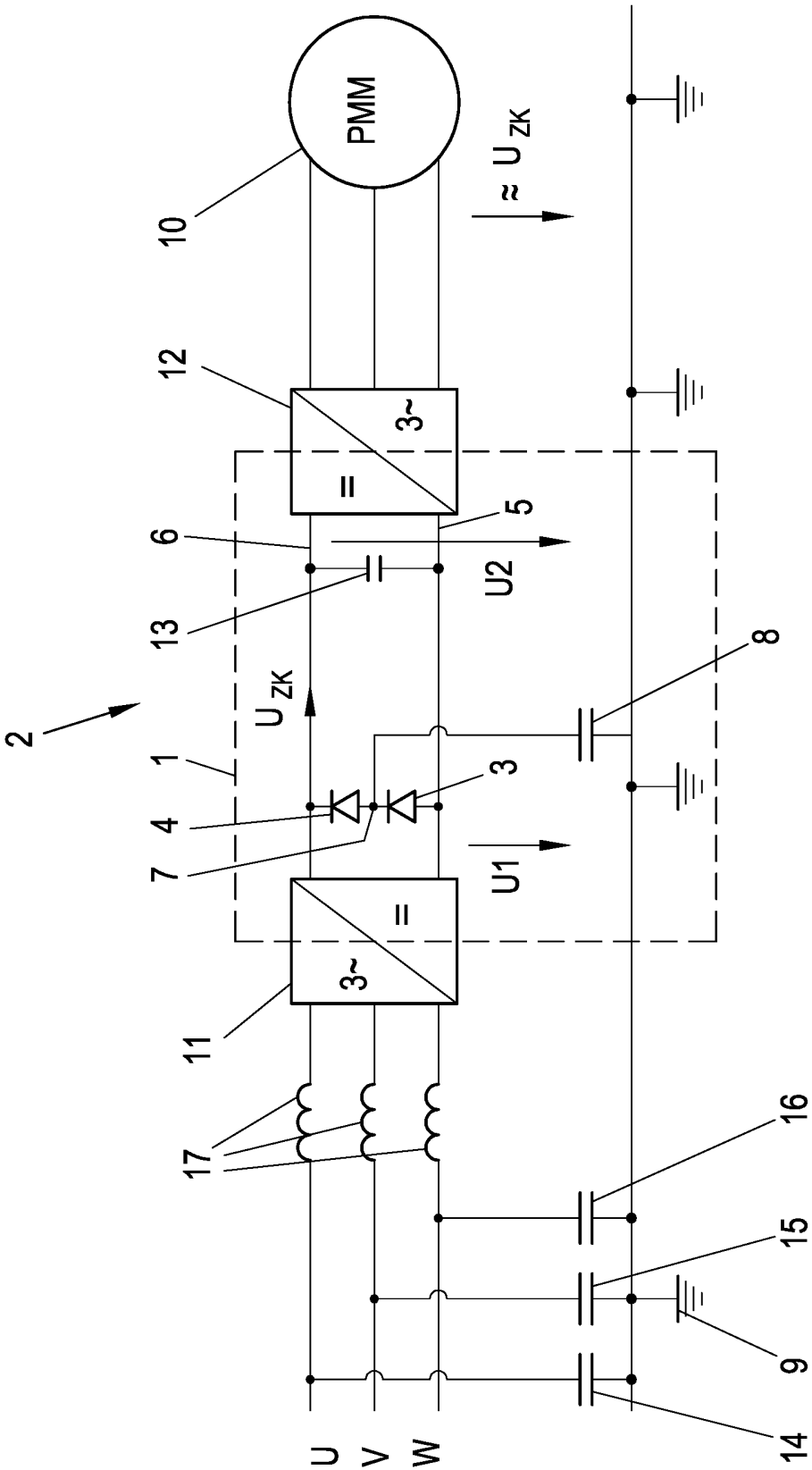


Fig. 4