



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 004 733.6**

(22) Anmeldetag: **25.02.2011**

(43) Offenlegungstag: **30.08.2012**

(51) Int Cl.: **H02H 7/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

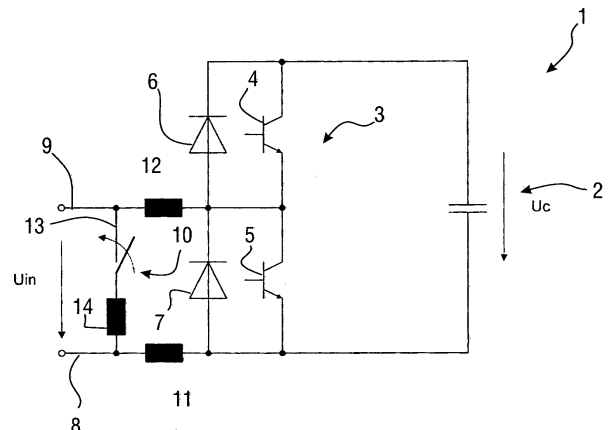
(72) Erfinder:
**Euler, Ingo, 91056, Erlangen, DE; Gambach,
Herbert, 91080, Uttenreuth, DE; Schremmer,
Frank, 90768, Fürth, DE; Wahle, Marcus, 90766,
Fürth, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Submodul eines modularen Mehrstufenumrichters**

(57) Zusammenfassung: Um ein Submodul (1) für einen modularen Mehrstufenumrichter mit einem Energiespeicher (2) und eine parallel zum Energiespeicher (2) geschaltete Leistungshalbleiterreihenschaltung (3), in der zwei ein- und abschaltbare Leistungshalbleiterschalter (4, 5) mit gleicher Durchlassrichtung in Reihe geschaltet sind, wobei jedem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter (4, 5) eine Freilaufdiode (6, 7) gegenseitig parallel geschaltet ist, einer ersten Anschlussklemme (8), die mit dem Energiespeicher verbunden ist, einer zweiten Anschlussklemme (8), die mit einem Potenzialpunkt zwischen den ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern (4, 5) und deren Freilaufdioden (6, 7) verbunden ist, und einem Überbrückungsschalter (10) zwischen den Anschlussklemmen (8, 9) zum Überbrücken des Submoduls (1) bereitzustellen, dessen Leistungshalbleiter beim Schließen des Überbrückungsschalters nicht zerstört werden, wird vorgeschlagen, dass wenigstens eine Anschlussklemme (8, 9) und/oder ein Überbrückungsweig (13), der die beiden Anschlussklemmen miteinander verbindet, ein induktives Bauteil (11, 12, 14) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Submodul für einen modularen Mehrstufenrichter mit einem unipolaren Energiespeicher und eine parallel zum Energiespeicher geschaltete Leistungshalbleiterreihenschaltung, in der zwei ein- und abschaltbare Leistungshalbleiterschalter mit gleicher Durchlassrichtung in Reihe geschaltet sind, wobei jedem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter eine Freilaufdiode gegensinnig parallel geschaltet ist, einer ersten Anschlussklemme, die mit dem Energiespeicher verbunden ist, einer zweiten Anschlussklemme, die mit einem Potenzialpunkt zwischen den ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern und deren Freilaufdioden verbunden ist, und einem Überbrückungsschalter in einem Überbrückungsweig, der die Anschlussklemmen miteinander verbindet.

[0002] Ein solches Submodul ist beispielsweise aus der DE 10 2005 040 543 A1 bereits bekannt. Dort ist ein so genannter modularer Mehrstufenrichter offenbart, der eine Anzahl von Phasenmodulen aufweist. Jedes Phasenmodul verfügt über einen mittigen Wechselspannungsanschluss zum Anschluss der Phasen eines Wechselspannungsnetzes. Ferner verfügt das Phasenmodul über zwei endseitige Gleichspannungsanschlüsse. Zwischen dem Wechselspannungsanschluss und jedem der beiden Gleichspannungsanschlüsse erstreckt sich ein Phasenmodulzweig. Jeder Phasenmodulzweig umfasst wiederum eine Reihenschaltung aus zweipoligen Submodulen, von denen jedes einen unipolaren Kondensator als Energiespeicher aufweist. Im Fehlerfall wird die an dem Kondensator abfallende Spannung zu groß, so dass das Submodul zur Vermeidung größerer Schäden überbrückt werden muss. Hierzu ist eine Überbrückungseinheit vorgesehen, die zwischen den beiden Anschlussklemmen jedes Submoduls angeordnet ist. Bei der Überbrückungseinheit handelt es sich um einen ansteuerbaren Leistungshalbleiter.

[0003] Aus der Praxis ist bekannt, dass vor dem Kurzschließen eines Submoduls eines modularen Mehrstufenrichters die Leistungshalbleiterschalter des fehlerhaften Submoduls blockiert, also mit anderen Worten in ihre Sperrstellung überführt werden. Werden die Leistungshalbleiterschalter in einem solchen Submodul jedoch nicht mehr angesteuert, wird der Energiespeicher über die Freilaufdioden des Submoduls bei passender Stromrichtung weiter aufgeladen. Um noch höhere Spannungen am Energiespeicher des Submoduls zu verhindern, werden die Anschlussklemmen bei einer definierten Spannung daher schnell kurz geschlossen. Diese Kurzschlussverbindung muss den über den Mehrstufenrichter fließenden Strom einschließlich möglicher Stoßströme bis zum nächsten Wartungsintervall sicher führen können.

[0004] Beim Überbrücken des Submoduls kann es vorkommen, dass das schnelle Schließen des Überbrückungsschalters einen hartes Abkommutieren des Stromflusses über eine Freilaufdiode bewirkt, so dass es zur Zerstörung der Freilaufdiode mit nachfolgendem Kurzschluss des Kondensator durch einen Lichtbogen über die Freilaufdiode und den geschlossenen Kurzschließer kommt. Beim Rückschwingen der Energie können darüber hinaus auch noch weitere Freilaufdioden des Submoduls zerstört werden, da der Rückschwingstrom nur wenig gedämpft ist und daher immer noch Amplituden und Energien beinhalten kann, die das zulässige Maß für die Freilaufdioden bei weitem übersteigen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Submodul der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei dem eine Zerstörung einer oder mehrerer Freilaufdioden sicher vermieden wird.

[0006] Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, dass wenigstens eine Anschlussklemme und/oder der Überbrückungsweig ein induktives Bauteil aufweist.

[0007] Erfindungsgemäß ist in dem Strompfad des Kurzschlussstromes von dem positiven Pol oder der positiven Klemme des Energiespeichers zu dessen entgegen gesetztem Pol wenigstens eine Induktivität angeordnet, die so ausgewählt ist, dass zum Einen ein zu schnelles Abkommutieren aufgrund eines zu schnellen Stromanstiegs verhindert wird. Zum Anderen entstehen durch das erfindungsgemäß ausgewählte induktive Bauteil bei Normalbetrieb üblichem Laststrom keine großen Verluste. Durch das oder die induktiven Bauteile kommt es daher zu einem langsameren Abkommutieren des Stromes, wobei es der belasteten Freilaufdiode ermöglicht ist, in ihre Sperrstellung überzugehen und so die Spannung des Energiespeichers aufzunehmen. Eine Entladung des Energiespeichers über die besagte Freilaufdiode und den Überbrückungsschalter wird auf diese Weise verhindert. Aus diesem Grunde werden auch die restlichen Teile des Submoduls nicht zerstört. Da erfindungsgemäß hohe Kurzschlussströme und Stoßströme vermieden sind, kann der Überbrückungsschalter für kleinere maximale Stromstärken ausgelegt werden. Dies gilt auch für die restlichen Komponenten des Submoduls, die ansonsten den hohen Stromkräften Stand halten müssten, welche durch die hohen Kurzschlussströme hervorgerufen werden. Stromkräfte in diesem Sinne entstehen bei parallelen Strömen, die sich entweder anziehen oder abstoßen können.

[0008] Gemäß einer ersten bevorzugten Variante der Erfindung ist ein induktives Bauteil vorgesehen, das entweder in einer der Anschlussklemmen oder in dem Überbrückungsweig angeordnet ist.

[0009] Gemäß einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung weist jede Anschlussklemme ein induktives Bauteil auf. Auf diese Art und Weise kann für ein noch langsames Abkommutieren des Stromes bei Schließen des Überbrückungsschalters gesorgt werden.

[0010] Gemäß einer diesbezüglich zweckmäßigen Weiterentwicklung ist in dem Überbrückungsweig ein weiteres induktives Bauteil in Reihe zum Überbrückungsschalter angeordnet. Gemäß dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Anzahl der induktiven Bauteile noch weiter erhöht, so dass eine noch bessere Kontrolle des Abkommutierens des Ladungsstromes von der den Ladungsstrom führenden Freilaufdiode möglich ist.

[0011] Vorteilhafterweise ist wenigstens ein induktives Bauteil als Drosselspule ausgebildet. Drosselspulen sind kostengünstig am Markt erhältlich, so dass auch das entsprechende Submodul kostengünstig bleibt.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist jedoch wenigstens eines der induktiven Bauteile als Ferritkern ausgestaltet. Ferritkerne sind ebenfalls kostengünstig am Markt erhältlich. Sie können auf einfache Art und Weise auch in bereits bestehende Anlagen eingefügt werden.

[0013] Vorteilhafterweise ist der Ferritkern geblecht. Geblechte Ferritkerne reduzieren die Wirbelstromverluste im Ferritkern und verhindern somit eine starke Aufheizung des induktiven Bauteils bei Normalbetrieb.

[0014] Weitere Ausführungsbeispiele und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleich wirkende Bauteile verweisen und wobei die

[0015] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ein Submodul gemäß dem Stand der Technik und

[0016] [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Submoduls zeigen.

[0017] [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Submoduls **1** gemäß dem Stand der Technik. Das besagte Submodul **1** verfügt über einen unipolaren Speicherkondensator **2** als Energiespeicher sowie über eine Leistungshalbleiterreihenschaltung **3**, die zwei in Reihe zueinander angeordnete ansteuerbare Leistungshalbleiter **4** und **5** mit gleicher Durchlassrichtung aufweist. Bei den ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern handelt es sich hier um so genannte IGBT-Schalter. Im Rahmen der Erfindung können jedoch andere ein- und abschaltbare Leistungshalbleiterschalter, wie GTO-Schalter oder

IGCT-Schalter, eingesetzt werden. Die Leistungshalbleiterschalter **4** und **5** sind mittels eines Steuerungssignals sowohl ein- als auch abschaltbar und für Hochspannungen im Bereich von 1 kV–10 kV ausgelegt. In ihrer eingeschalteten Stellung ist ein Stromfluss über die Leistungshalbleiterschalter nur in ihrer Durchlassrichtung möglich. In ihrer abgeschalteten Stellung sperren sie den Stromfluss in beiden Richtungen. Jedem der besagten Leistungshalbleiterschalter **4** und **5** ist eine Freilaufdiode **6** und **7** gegensinnig parallel geschaltet. Ferner verfügt jedes Submodul **1** über eine erste Anschlussklemme **8**, die hier mit einem Pol des Speicherkondensators **2** verbunden ist. Eine zweite Anschlussklemme **9** ist mit dem Potenzialpunkt zwischen den Leistungshalbleiterschaltern **4** und **5** und somit mit dem Potenzialpunkt zwischen den Freilaufdioden **6** und **7** verbunden.

[0018] In [Fig. 1](#) ist ferner die Richtung des Stromflusses durch Pfeile verdeutlicht. In dem in [Fig. 1](#) gezeigten Zustand fließt ein Ladestrom **I** von der zweiten Anschlussklemme **9** über die Freilaufdiode **6**, den Speicherkondensator **2** und die erste Anschlussklemme **8**.

[0019] Zwischen den Anschlussklemmen **8** und **9** ist ein Überbrückungsschalter **10** angeordnet. Wird der Überbrückungsschalter **10**, wie in [Fig. 1](#) angedeutet, geschlossen, wenn der Ladestrom **I** über die Freilaufdiode **6** fließt, kommt es zu einem harten Abkommutieren des Stromes, so dass die Freilaufdiode **6** durchlegiert und über den dabei gebildeten Lichtbogen leitend bleibt. Nach Schließen des Überbrückungsschalters **10** ist somit der Speicherkondensator **2** kurzgeschlossen. Es fließen hohe Entladungsströme über den Überbrückungsschalter **10**. Beim Zurückschwingen der Energie wird auch die Freilaufdiode **7** zerstört. Aufgrund der hohen Ströme kommt es zu entsprechend hohen mechanischen Kräften, da sich parallele Ströme je nach Stromrichtung anziehen oder abstoßen.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt die Kurzschlussströme nach dem Schließen des Überbrückungsschalters **10**.

[0021] [Fig. 3](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Submoduls **1**, das sich von dem in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Submodul **1** dadurch unterscheidet, dass in der ersten Anschlussklemme **8** ein induktives Bauteil **11** und in der zweiten Anschlussklemme **9** ein induktives Bauteil **12** angeordnet sind. Ferner ist erkennbar, dass der Überbrückungsschalter **10** in einem Überbrückungsweig **13** angeordnet ist, wobei in dem Überbrückungsweig **13** ein drittes induktives Bauteil **14** in Reihe zum Überbrückungsschalter geschaltet ist. Die induktiven Bauteile **11**, **12** und **14** sind jeweils als geblechte Ferritkerne ausgebildet, die nachträglich durch einfaches Aufkleben auf die Anschlussklemmen **8**, **9** sowie

den Überbrückungsweig **13** angebracht wurden. Die Ferritkerne **11**, **12** und **14** begrenzen den Stromanstieg und bewirken ein vergleichbar langsames Abkommutieren des Ladestromes I von der Freilaufdiode **6**, so dass diese in der Lage ist, in ihre Sperrstellung überzugehen, um so die Kondensatorspannung U_c aufzunehmen. Eine Entladung des Kondensators **2** wird auf diese Art und Weise verhindert.

[0022] Abweichend zu dem in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel kann das erfindungsgemäße Submodul **1** auch nur ein einziges induktives Bauteil **11**, **12** oder **14** aufweisen, das in einer der Anschlussklemmen **8**, **9** oder in dem Überbrückungsweig **13** angeordnet ist. Das besagte induktive Bauteil ist beispielsweise ebenfalls ein geblechter Ferritkern.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005040543 A1 [[0002](#)]

Patentansprüche

1. Submodul (1) für einen modularen Mehrstufen-umrichter mit
 - einem unipolaren Energiespeicher (2) und eine parallel zum Energiespeicher (2) geschaltete Leistungshalbleiterreihenschaltung (3), in der zwei ein- und abschaltbare Leistungshalbleiterschalter (4, 5) mit gleicher Durchlassrichtung in Reihe geschaltet sind, wobei jedem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter (4, 5) eine Freilaufdiode (6, 7) gegensinnig parallel geschaltet ist,
 - einer ersten Anschlussklemme (8), die mit dem Energiespeicher verbunden ist,
 - einer zweiten Anschlussklemme (8), die mit einem Potenzialpunkt zwischen den ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern (4, 5) und deren Freilaufdioden (8, 9) verbunden ist, und
 - einem Überbrückungsschalter (10) in einem Überbrückungszweig (13), der die Anschlussklemmen (8, 9) miteinander verbindet,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Anschlussklemme (8, 9) und/oder der Überbrückungszweig (13) ein induktives Bauteil (11, 12, 14) aufweist.
2. Submodul (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Anschlussklemme (8, 9) ein induktives Bauteil (11, 12) aufweist.
3. Submodul (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Überbrückungszweig (13) ein induktives Bauteil (14) in Reihe zum Überbrückungsschalter (10) angeordnet ist.
4. Submodul (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass jedes induktive Bauteil (11, 12, 14) eine Drosselspule ist.
5. Submodul (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein induktives Bauteil (11, 12, 14) ein Ferritkern ist.
6. Submodul (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ferritkern (11, 12, 14) geblecht ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

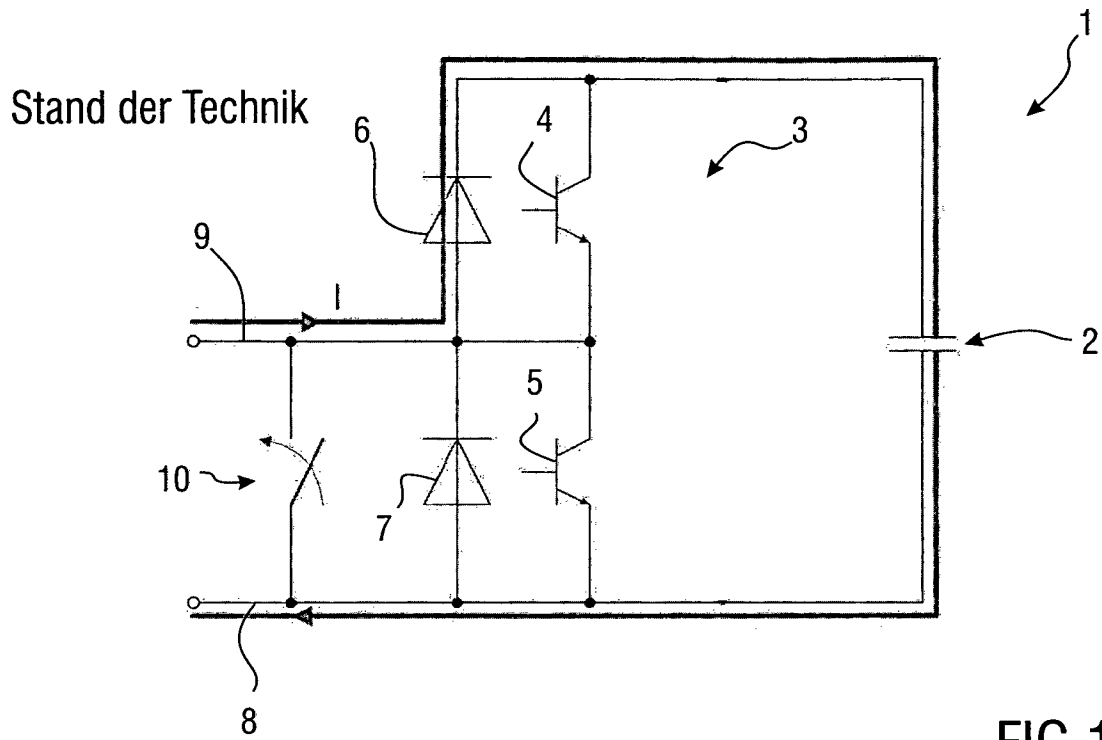


FIG 1

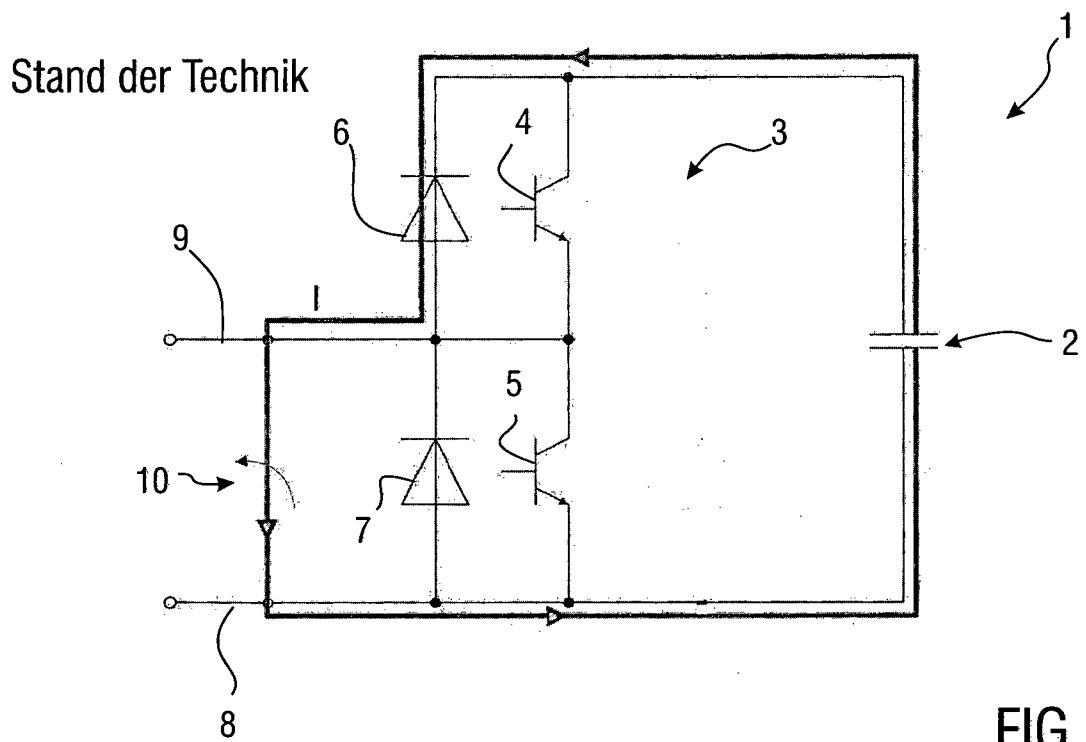


FIG 2

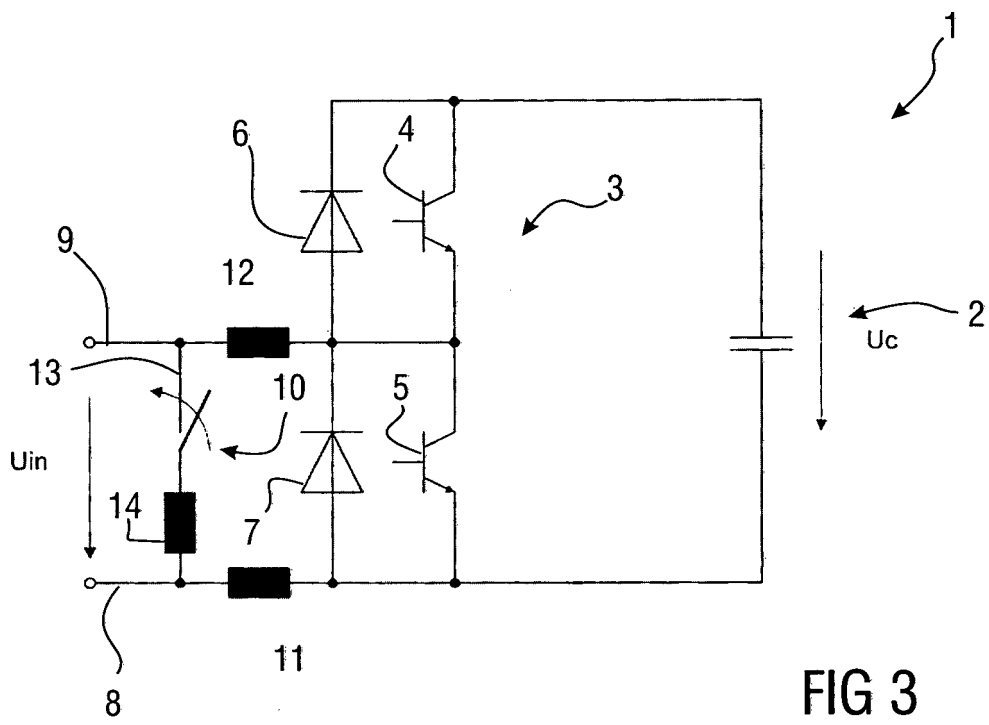


FIG 3