

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 192/2008
(22) Anmeldetag: 07.02.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2012

(51) Int. Cl. : **H02M 1/088** (2006.01)
H02M 7/162 (2006.01)
H02P 7/292 (2006.01)
G05F 1/44 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
SU 1073861 A EP 0134508 B1

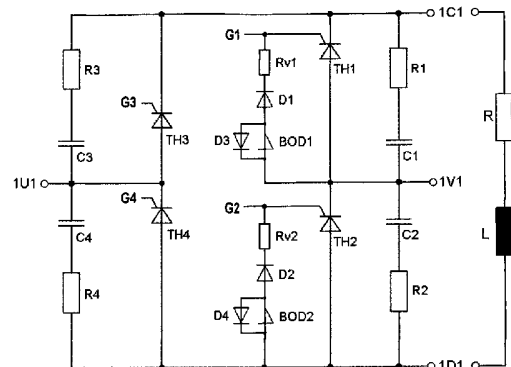
(73) Patentinhaber:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 MÜNCHEN (DE)

(72) Erfinder:
HOFMÜLLER WILFRIED
STOCKERAU (AT)
PICHORNER HEINZ
PETTENDORF (AT)

(54) **THYRISTORBRÜCKENSCHALTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Thyristorbrückenschaltung, wenigstens zwei parallele Zweige mit jeweils zwei in Reihe angeordneten Thyristoren (TH1, TH2 bzw. TH3, TH4) umfassend, wobei an Verbindungspunkten zwischen den in Reihe angeordneten Thyristoren (TH1, TH2 bzw. TH3, TH4) eine Wechselspannung (1U1, 1V1) anliegt und wobei parallel zu den Zweigen eine Last (R, L) angeordnet ist. Dabei ist in einem der Zweige jedem Thyristor (TH1, TH2 oder TH3, TH4) jeweils eine passive Zündschaltung zugeordnet, welche die Anode mit dem Gate (G1 bzw. G2 oder G3 bzw. G4) des jeweiligen Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) in der Weise verbindet, dass eine zwischen Anode und Kathode des Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) anliegenden Spannung bei Erreichung eines vorgegebenen Schwellenwertes einen Zündimpuls am Gate (G1 bzw. G2 oder G3 bzw. G4) des Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) hervorruft.

Fig.1



Beschreibung

THYRISTORBRÜCKENSCHALTUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Thyristorbrückenschaltung, wenigstens zwei parallele Zweige mit jeweils zwei in Reihe angeordneten Thyristoren umfassend, wobei an Verbindungspunkten zwischen den in Reihe angeordneten Thyristoren eine Wechselspannung anliegt und wobei parallel zu den Zweigen eine Last angeordnet ist.

[0002] Thyristorbrückenschaltungen werden in der Regel als gesteuerte Gleichrichter betrieben. Dabei liegt eingangsseitig eine zweiphasige oder dreiphasige Wechselspannung an, welche mittels Anschnittsteuerung durch abwechselndes Zünden der Thyristoren in den Zweigen der Brückenschaltung an eine ausgangsseitige Last geschaltet wird. Ein vorgegebener Steuerwinkel bestimmt dabei den Zündzeitpunkt der Thyristoren und damit den Wert der ausgangsseitigen gemittelten Spannung.

[0003] Die SU 1 073 861 A zeigt beispielsweise eine Thyristorbrückenschaltung mit parallelen Zweigen für die Thyristorzündung.

[0004] Die induktiven Anteile einer ausgangsseitigen Last führen dazu, dass der Laststrom auch noch dann fließt, wenn sich die Polarität der eingangsseitig anliegenden Spannung umkehrt. Die leitenden Thyristoren eines Zweiges bleiben dabei so lange eingeschaltet, bis die Phasenlage der eingangsseitigen Wechselspannung den für die umgekehrte Polarität vorgegebenen Steuerwinkel erreicht und eine Kommutierung auf den dann gezündeten Zweig erfolgt. Auf diese Weise ist in der Regel sichergestellt, dass immer ein Zweig leitend ist.

[0005] Es können jedoch Störungen auftreten, die dazu führen, dass die Kommutierung auf einen anderen Zweig unterdrückt wird.

[0006] Das ist beispielsweise der Fall, wenn die eingangsseitige Wechselspannung unterbrochen wird, zum Beispiel durch ein abfallendes Schütz bei Netzausfall. Eine ausgangsseitige Lastinduktivität erzwingt dabei weiterhin einen Laststrom durch den noch leitenden Zweig der Thyristorbrücke. Erst wenn der Laststrom unter den Haltestrom der leitenden Thyristoren abfällt, schalten die Thyristoren des entsprechenden Zweigs ab. Die Thyristoren des anderen Zweigs bleiben abgeschaltet, weil der Steuerwinkel nicht erreicht wird. Somit sind bei Erreichung des Haltestromes alle Thyristoren abgeschaltet.

[0007] Die in der Lastinduktivität verbleibende Restenergie bewirkt jedoch weiterhin einen Stromfluss, der aufgrund des unterbrochenen Stromkreises zu einem Spannungsanstieg in kapazitiven Elementen der Schaltung führt. Diese kapazitiven Elemente bewirken zudem oft gemeinsam mit der Lastinduktivität Schwingungen, welche Spannungsspitzen zwischen Anode und Kathode der abgeschalteten Thyristoren hervorrufen können. Diese Spannungsspitzen lösen bei Überschreiten der Blockierspannung ein sogenanntes Überkopfzünden der Thyristoren aus, welches in der Regel zur Zerstörung der Thyristoren führt.

[0008] Derselbe negative Effekt kann auch auftreten, wenn die Zündimpulse der Thyristoren ausbleiben, beispielsweise durch einen Ausfall der Thyristoransteuerung, ohne vorherigen Stromabbau. Dabei wird die negative Wirkung einer an den abgeschalteten Thyristoren anliegenden Spannung durch die weiterhin eingangsseitig anliegende Wechselspannung verstärkt. In derartigen Betriebsfällen kommt es oft zum sogenannten Wechselrichterkippen.

[0009] Um die Zerstörung der Thyristoren im Fehlerfall zu vermeiden, kennt man beispielsweise aus der DE 23 00 754 überkopfzündfeste Thyristoren. Bei Thyristorbrücken zur Ansteuerung induktiven Lasten können jedoch auch bei überkopfzündfesten Thyristoren infolge eines schwingenden Laststromes unzulässig hohe Bauteilbelastungen auftreten.

[0010] Man kennt deshalb auch Thyristorbrückenschaltungen, welche ein parallel zur Last angeordnetes Überspannungsschutzelement oder einen Widerstand vorsehen. Eine solche Freilaufschaltung stellt einen zusätzlichen Schaltungsaufwand, gegebenenfalls mit eigener

Ansteuerung, dar. Ein Parallelwiderstand führt zudem zu einer unerwünschten Verlustleistung.

[0011] So kennt man beispielsweise aus der EP 0 134 508 B1 eine parallel zu einem Thyristor geschaltete Entlastungsschaltung, welche einen Ausschaltentlastungskondensator und ein Ausschaltentlastungsventil umfasst. Dabei steht der Ausschaltentlastungskondensator über eine Break-over-Diode mit einer Energiespeicherdrossel in Wirkverbindung.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für eine Thyristorbrückenschaltung der eingangs genannten Art eine Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik anzugeben.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Dabei umfasst die Brückenschaltung wenigstens zwei parallele Zweige mit jeweils zwei in Reihe angeordneten Thyristoren, wobei an Verbindungspunkten zwischen den in Reihe angeordneten Thyristoren eine Wechsellastspannung anliegt und wobei parallel zu den Zweigen eine Last angeordnet ist. In einem der Zweige ist jedem Thyristor jeweils eine passive Zündschaltung zugeordnet, welche die Anode mit dem Gate des jeweiligen Thyristors in der Weise verbindet, dass eine zwischen Anode und Kathode des Thyristors anliegenden Spannung bei Erreichung eines vorgegebenen Schwellenwertes einen Zündimpuls am Gate des Thyristors hervorruft.

[0014] Jede Zündschaltung nutzt somit die sich zwischen der Anode und der Kathode des zugeordneten Thyristors aufbauende Spannung, um daraus einen Zündimpuls zur Zündung des Thyristors abzuleiten. Der Schwellenwert ist dabei so festgelegt, dass ein Zündimpuls erfolgt, bevor ein Thyristor überkopfzündet. Damit ist ein sicherer Schutz aller Thyristoren gegeben, unabhängig vom Status der Schaltungsanordnung. Die passiven Zündschaltungen werden bei einem Störfall direkt aus der in einer Lastinduktivität verbleibenden Restenergie gespeist. Sobald die Spannung zwischen Kathode und Anode eines Thyristors infolge des weiterhin fließenden Laststromes über den vorgegebenen Schwellenwert steigt, schaltet die entsprechende Zündschaltung zumindest einen Teil dieser Spannung zwischen Gate und Kathode des Thyristors, indem das Gate auf das Potenzial der Anode gezogen wird. Dabei fließt ein Zündstromimpuls von der Anode über die Zündschaltung zum Gate des Thyristors und zündet diesen. Der Laststrom aus der Lastinduktivität fließt dann über den Zweig der mittels Zündschaltungen gezündeten Thyristoren zurück zur Last und baut sich an ohmschen Widerständen dieses Freilaufpfades ab.

[0015] In einer vorteilhaften Ausprägung der Erfindung umfasst jede Zündschaltung ein Kippelement mit einer vorgegebenen Durchbruchspannung, welches zwischen Anode und Gate des jeweiligen Thyristors angeordnet ist. Auf diese Weise sind einfache Zündschaltungen für einfache Anwendungen realisierbar.

[0016] Dabei ist es von Vorteil, wenn in Serie zu jedem Kippelement mit vorgegebener Durchbruchspannung ein Widerstand angeordnet ist. Der Widerstand begrenzt den Zündstromimpuls, welcher mittels Zündschaltung hervorgerufen wird, auf einen festlegbaren Höchstwert.

[0017] Des Weiteren ist es vorteilhaft, in Serie zu jedem Kippelement mit vorgegebener Durchbruchspannung eine Diode anzuordnen. Die Durchlassrichtung der Diode verläuft von der Anode zum Gate des entsprechenden Thyristors, sodass ein Stromfluss vom Gate zur Anode unabhängig von der Bauweise des in Serie liegenden Kippelements sicher verhindert wird.

[0018] Ein weiterer Vorteil zur Absicherung der Kippelemente mit vorgegebener Durchbruchspannung wird durch die Anordnung antiparalleler Schutzdioden erreicht. Die Schutzdioden bewirken, dass die Kippelemente nicht entgegen der Durchbruchrichtung belastet werden.

[0019] Das ist vor allem dann sinnvoll, wenn in einer vorteilhaften Ausprägung jedes Kippelement mit vorgegebener Durchbruchspannung als sogenannte Break-over-Diode (Shockley-Diode) ausgebildet ist. Break-over-Dioden unterstützen durch ihr spezielles Kippverhalten die Zündung der Thyristoren. Einerseits zündet eine Break-over-Diode erst bei hohen Spannungen (z.B. 1600V) und andererseits zeigt die Kennlinie einer Break-over-Diode nach dem Überschreiten der Durchbruchspannung einen starken Spannungseinbruch, sodass in jedem Fall ein ausreichend hoher Zündstrom bzw. ein ausreichend steiler Zündstromanstieg erreicht wird, um einen mit der Zündschaltung verbundenen Thyristor tatsächlich zu zünden.

[0020] Eine weitere Ausprägung der Erfindung sieht vor, dass parallel zu jedem Thyristor eine Reihenschaltung, bestehend aus einem Widerstand und einem Kondensator, angeordnet ist. Diese zusätzliche Beschaltung begrenzt die Abschaltspannungsspitzen beim Kommutieren.

[0021] Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Thyristorbrückenschaltung, wenn als Last eine Erregerwicklung einer Gleichstrommaschine vorgesehen ist. Vollgesteuerte Thyristorbrücken eignen sich besonders für die Zweiquadrantenansteuerung von Gleichstrommaschinen mit der Möglichkeit, den Laststrom in der Erregerwicklung durch Umkehrung der anliegenden Spannung aktiv abzusenken und damit das Erregerfeld abzubauen.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügte Figur erläutert. Es zeigt in schematischer Darstellung:

[0023] Fig. 1 Aufbau einer Thyristorbrückenschaltung zum Anschließen einer steuerbaren Gleichstromlast an eine zweiphasige Wechselspannung

[0024] Ein erster Zweig umfasst zwei in Reihe geschaltete Thyristoren TH1, TH2, wobei an einem Verbindungspunkt zwischen den Thyristoren TH1, TH2 eine erste Phase 1V1 der Wechselspannung anliegt. Parallel zu diesem Zweig ist ein weiterer Zweig der Brückenschaltung mit zwei in Reihe liegenden Thyristoren TH3, TH4 angeordnet. An einem Verbindungspunkt zwischen den Thyristoren TH3, TH4 dieses zweiten Zweigs liegt eine zweite Phase 1U1 der eingangsseitigen Wechselspannung an.

[0025] Im Falle einer dreiphasigen Wechselspannung umfasst die Brückenschaltung einen dritten Zweig mit zwei weiteren Thyristoren mit einer an einem Verbindungspunkt zwischen diesen Thyristoren anliegenden dritten Wechselspannungsphase.

[0026] Angesteuert werden alle Thyristoren TH1, TH2, TH3, TH4 über eine nicht dargestellte Steuerung, welche bei Übereinstimmung eines Steuerwinkels mit dem jeweiligen Phasenwinkel der Wechselspannung Zündimpulse an die entsprechenden Gates G1, G2 bzw. G3, G4 der Thyristoren TH1, TH2 bzw. TH3, TH4 eines Zweigs schaltet. Auf diese Weise werden beide Thyristoren TH1, TH2 bzw. TH3, TH4 eines Zweiges im Wesentlichen gleichzeitig gezündet, wobei die Zweige alternierend leitend werden.

[0027] Die angeschnittene, gleichgerichtete Wechselspannung liegt über ausgangsseitige Anschlusskontakte 1C1, 1D1 an einer Gleichstromlast, beispielsweise einer Erregerwicklung einer Gleichstrommaschine mit einem induktiven Anteil L und einem ohmschen Anteil R an.

[0028] Parallel zu jedem Thyristor TH1, TH2, TH3, TH4 ist eine optionale Trägerspeichereffektbeschaltung angeordnet. Eine Trägerspeichereffektbeschaltung beschränkt die Spannungsspitzen beim Kommutieren und besteht aus einem Kondensator C1 bzw. C2 bzw. C3 bzw. C4 in Reihe mit einem Widerstand R1 bzw. R2 bzw. R3 bzw. R4.

[0029] Im Störfall unterbleibt die Zündung der Thyristoren TH1, TH2 bzw. TH3, TH4 eines Brückenzeigs, beispielsweise infolge eines Netzausfalls oder eines Steuerungsfehlers. Die im induktiven Anteil L der Last gespeicherte Energie bewirkt, dass der Laststrom weiter fließt und kapazitive Elemente der Schaltung wie gegebenenfalls die Kondensatoren C1, C2, C4, C5 der Trägerspeichereffektbeschaltungen auflädt. Die Spannungen an diesen Kondensatoren C1, C2, C4, C5 liegen somit zwischen Anode und Kathode der Thyristoren TH1, TH2, TH3, TH4 an und würden ohne die im Folgenden beschriebene erfindungsgemäße Maßnahme zum Überkopfzünden der Thyristoren TH1, TH2, TH3, TH4 führen.

[0030] Erfindungsgemäß ist ein Zweig der Brückenschaltung mit zwischen Anode und Gate G1, G2 bzw. G3, G4 der Thyristoren TH1, TH2 oder TH3, TH4 geschaltete Zündschaltungen ausgestattet. Auch bei einer dreiphasigen Ausführungsform ist die zusätzliche Beschaltung eines Zweigs mit zwei erfindungsgemäßen Zündschaltungen ausreichend.

[0031] Im vorliegenden Beispiel ist zwischen Anode und Gate G1 des ersten Thyristors TH1 eine erste Zündschaltung und zwischen Anode und Gate G2 des zweiten Thyristors TH2 eine zweite Zündschaltung angeordnet. Jede Zündschaltung umfasst als Kippelement mit vorgegebener Durchbruchspannung eine Break-over-Diode BOD1 bzw. BOD2, wobei deren Durch-

bruchrichtung von der Anode zum Gate G1 bzw. G2 des jeweiligen Thyristors TH1 bzw. TH2 verläuft. Die Durchbruchspannung bildet dabei den Schwellenwert, bis zu dem die Spannung zwischen Anode und Kathode eines Thyristors TH1 bzw. TH2 ansteigen darf, bevor die entsprechende Zündschaltung einen Zündimpuls zur Zündung des Thyristors TH1 bzw. TH2 generiert.

[0032] Alternativ zu Break-over-Dioden B0D1, B0D2 können auch andere Kippelemente, beispielsweise gasgefüllte Überspannungsableiter, Zenerdioden mit Thyristoren etc. angeordnet werden.

[0033] In Serie mit jeder Break-over-Diode B0D1 bzw. B0D2 ist eine schnelle Diode D1 bzw. D2 geschaltet. Diese Dioden D1, D2 verhindern einen unerwünschten Stromfluss vom Gate G1 bzw. G2 zur Anode des jeweiligen Thyristors TH1 bzw. TH2. Eine zusätzliche Ausfallsicherheit bietet die Anordnung von zwei Dioden in Reihe anstelle einer Diode D1 bzw. D2 pro Zündschaltung.

[0034] Des Weiteren ist in Serie mit jeder Break-over-Diode B0D1 bzw. B0D2 ein Widerstand Rv1 bzw. Rv2 angeordnet. Die Dimensionierung dieser Widerstände Rv1 bzw. Rv2 ist auf die vorgegebene Durchbruchspannung der Break-over-Dioden B0D1, B0D2 abgestimmt. Auf diese Weise bestimmen die Widerstände Rv1, Rv2 den maximalen Zündstrom.

[0035] Um die Break-over-Dioden B0D1, B0D2 gegen eine Spannung in verkehrter Richtung zu schützen, ist zu jeder Break-over-Diode B0D1 bzw. B0D2 eine antiparallele Schutzdiode D4 bzw. D4 angeordnet.

[0036] Überschreitet im Störfall die Spannung zwischen Anode und Kathode eines Thyristors TH1 bzw. TH2 die vorgegebene Durchbruchspannung der zugeordneten Break-over-Diode B0D1 bzw. B0D2, wird diese schlagartig niederohmig. Der Potenzialunterschied zwischen Gate G1 bzw. G2 und Kathode des entsprechenden Thyristors TH1 bzw. TH2 ruft einen Zündstrom hervor, welcher mittels Widerstand Rv1 bzw. Rv2 begrenzt ist.

[0037] Der Zündstrom am Gate G1 bzw. G2 des Thyristors TH1 bzw. TH2 führt zum Zünden desselben. Der Zündstrom fällt daraufhin unter den Haltestrom der Break-over-Diode B0D1 bzw. B0D2 ab und die Zündschaltung kehrt in den Ausgangszustand zurück. Der Stromfluss durch den in dem Zweig zuerst gezündete Thyristor TH1 bzw. TH2 erhöht die Spannung zwischen Anode und Kathode des anderen Thyristors TH2 bzw. TH1, sodass auch dessen Zündschaltung wie oben beschrieben einen Zündimpuls generiert. Der andere Thyristor TH2 bzw. TH1 wird somit unmittelbar nach dem ersten Thyristor TH1 bzw. TH2 gezündet und der Zweig steht als Freilaufpfad zum Abbau der im induktiven Anteil L der Last vorhandenen Energie zur Verfügung. Sobald der Laststrom unter den Haltestrom eines Thyristors TH1 bzw. TH2 abfällt, sperrt dieser und der Freilaufpfad ist wieder unterbrochen. Abhängig von der im induktiven Anteil L der Last vorhandenen Restenergie können daraufhin weitere Zündvorgänge mittels der Zündschaltungen erfolgen. Dies geschieht solange, bis die Restenergie in ohmschen Elementen des Freilaufpfades soweit verbraucht ist, dass die sich zwischen Anode und Kathode eines Thyristors TH1 bzw. TH2 aufbauende Spannung nicht mehr den Schwellenwert der entsprechenden Zündschaltung erreicht.

Patentansprüche

1. Thyristorbrückenschaltung, wenigstens zwei parallele Zweige mit jeweils zwei in Reihe angeordneten Thyristoren (TH1, TH2 bzw. TH3, TH4) umfassend, wobei an Verbindungspunkten zwischen den in Reihe angeordneten Thyristoren (TH1, TH2 bzw. TH3, TH4) eine Wechsellspannung (1U1, 1V1) anliegt und wobei parallel zu den Zweigen eine Last (R, L) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem der Zweige jedem Thyristor (TH1, TH2 oder TH3, TH4) jeweils eine passive Zündschaltung zugeordnet ist, welche die Anode mit dem Gate (G1 bzw. G2 oder G3 bzw. G4) des jeweiligen Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) verbindet und bei Erreichung eines vorgegebenen Schwellenwertes einer zwischen Anode und Kathode des Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) anliegenden Spannung einen Zündimpuls am Gate (G1 bzw. G2 oder G3 bzw. G4) des Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) hervorruft.
2. Thyristorbrückenschaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Zündschaltung ein Kippelement (BOD1 bzw. BOD2) mit einer vorgegebenen Durchbruchspannung umfasst, welches zwischen Anode und Gate (G1 bzw. G2 oder G3 bzw. G4) des jeweiligen Thyristors (TH1 bzw. TH2 oder TH3 bzw. TH4) angeordnet ist.
3. Thyristorbrückenschaltung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Serie zu jedem Kippelement (BOD1 bzw. BOD2) mit vorgegebener Durchbruchspannung ein Widerstand (Rv1 bzw. Rv2) angeordnet ist.
4. Thyristorbrückenschaltung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Serie zu jedem Kippelement (BOD1 bzw. BOD2) mit vorgegebener Durchbruchspannung eine Diode (D1 bzw. D2) angeordnet ist.
5. Thyristorbrückenschaltung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu jedem Kippelement (BOD1 bzw. BOD2) mit vorgegebener Durchbruchspannung eine antiparallele Schutzdiode (D3 bzw. D4) angeordnet ist.
6. Thyristorbrückenschaltung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Kippelement (BOD1 bzw. BOD2) mit vorgegebener Durchbruchspannung als sogenannte Break-over-Diode ausgebildet ist.
7. Thyristorbrückenschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu jedem Thyristor (TH1, TH2, TH3, TH4) eine Reihenschaltung, bestehend aus einem Widerstand (R1, R2, R3, R4) und einem Kondensator (C1, C2, C3, C4), angeordnet ist.
8. Thyristorbrückenschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Last (R, L) als Erregerwicklung einer Gleichstrommaschine ausgebildet ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

