



**Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

**155 275**

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) H 02 H 7/122

**AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 02 H/ 226 058

(22) 15.12.80

(44) 26.05.82

(71) INSTITUT FUER REGELUNGSTECHNIK, BERLIN;DD;

(72) BLACHA, NORBERT, DIPL.-ING.;DD;

(73) siehe (72)

(74) ERNST WUENSCHIG, INSTITUT FUER REGELUNGSTECHNIK, KEAW, 1055 BERLIN, STORKOWER  
STR. 101

**(54) SCHUTZSCHALTUNG FUER HALBLEITERWECHSELRICHTER**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schutzschaltung gegen Ueberstrom, Ueberspannung und stationaere strommaeßige Ueberlastung von Halbleiterwechselrichtern mit lastseitigem Parallelschwingkreis, die im Stoerungsfall die betriebsbedingte Zerstoerung der Halbleiterelemente des Wechselrichters verhindert. Ziel der Erfindung ist es, den Schutz fuer die Halbleiterschaltelemente zu erhoehen, was aufgabengemaß die Schaffung einer Schutzschaltung erfordert, die im Stoerungsfall sofort alle Wechselrichterthyristoren zuendet und den Gleichrichter abschaltet. Erfindungsgemaß wird dies erreicht, indem jeder einzelne Wechselrichterthyristor auf seinen Betriebszustand ueberwacht wird und die Summe der Betriebszustaende entsprechend ihrer Zuordnung zu einer Wechselrichterdiagonale ueber eine Aequivalenz-Logik ausgewertet wird und im Stoerfall sofort die Zuendung aller Wechselrichterthyristoren und die Abschaltung des Gleichrichters unverzoegert ausgeloeest wird. Die Anwendung der Erfindung ist in statischen Umrichtern mit lastseitigem Parallelschwingkreis zur Erzeugung mittelfrequenter Stroeme fuer die induktive Erwaermung vorgesehen.

Erfinder:  
Dipl.-Ing. Norbert Blacha

Berlin, 8.12.1980

Zustellungsbevollmächtigter:  
Institut für Regelungstechnik im Kombinat VEB  
Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow "Friedrich Ebert"  
1055 Berlin, Storkower Str. 101  
Pat.-Ing. Ernst Wünschig

## Schutzschaltung für Halbleiterwechselrichter

H 02 H, 7/122

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schutzschaltung gegen Überströme, Überspannungen und stationäre strommäßige Überlastung von mittels steuerbarem Gleichrichter über eine Gleichstromglättungsinduktivität gespeisten Halbleiterwechselrichtern mit abwechselnd erfolgreicher Zündung und Stromleitung der Thyristoren bei der Brückendiagonalen in Abhängigkeit von der Eigenfrequenz des Lastschwingkreises, die im Störfall die betriebsbedingte Zerstörung der Wechselrichterthyristoren verhindert.

Die Anwendung der Erfindung ist in statischen Umrichtern mit lastseitigem Parallelschwingkreis zur Erzeugung mittelfrequenter Ströme für die induktive Erwärmung vorgesehen.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Statische Umrichter wandeln dreiphasigen 50 Hz-Drehstrom in einen Strom anderer Frequenz, z. B. für die Speisung induktiver Erwärmungseinrichtungen, um. Halbleiterwechselrichter mit Parallelschwingkreis als Last sind Teil eines statischen Umrichters und formen den in sie über eine Glättungsdrossel eingespeisten Gleichstrom durch wechselseitiges Zünden der Wechselrichterdiagonalen in einen Wechselstrom um. Der Wechselrichter, in dem nur eine Diagonale leitend ist, wird mit geglättetem Gleichstrom, der von einem steuerbaren Gleichrichter geliefert wird, gespeist und durch die Last der Stromfluß in einer Richtung erzwungen. Im geeigneten Moment, d. h. einige Mikrosekunden vor der Umkehr der Polarität der sich an der Last aufbauenden,

etwa sinusförmigen Spannung, wird die Gegendiagonale gezündet. Infolge dessen wird die zuvor leitende Diagonale durch die entsprechende Polarität der Spannung an der Last verlöschen und damit eine Stromumkehr durch Kommutierung des Stromes von einer Diagonale auf die andere in der Last erreicht. Die Frequenz des Wechselrichters ergibt sich aus der Eigenfrequenz des Lastkreises, indem die Zündimpulse für den Wechselrichter in Abhängigkeit von den Nulldurchgängen der Lastspannung so gebildet werden, daß eine genügend große Zeit zur Löschung der zuvor leitenden Thyristoren verbleibt. Reicht aus bestimmten Gründen, z.B. durch Lastsprünge, ungenügende Genauigkeit der Steuerung u.a., die Freihaltezeit nicht aus, um anschließend die Blockierspannung zu halten oder wird aus anderen Gründen die Blockierspannung nicht gehalten, so kommt es zum sogenannten "Kippen" des Wechselrichters mit der Folge, daß im Wechselrichter, der nun für den Gleichstrom einen Kurzschluß darstellt, Überströme fließen. Dieser Zustand ist für den Wechselrichter dann besonders gefährlich, wenn bei parallelgeschalteten Thyristoren nur ein oder wenige Thyristoren den Überstrom tragen müssen, da in der Regel das jeweilige Stromwärme-Integral der eingesetzten Thyristoren kleiner ist, als das Stromwärme-Integral des Überstroms, der wiederum von der Schnelligkeit der Auslösung der Wechselrichterzwangssteuerung des Gleichrichters, der Totzeit des Gleichrichters, der Induktivität der Zwischenkreisdrossel bzw. des gesamten Kurzschlußkreises und der Anschlußspannung des Gleichrichters abhängt.

Es ist bekannt, den Schutz der Thyristoren im Starkstromkreis durch eine beträchtliche Überdimensionierung der Zwischenkreisdrossel oder durch eine nicht weniger unökonomische Anwendung von superflinken Schmelzsicherungen vorzunehmen. Der Einsatz superflinker Schmelzsicherungen würde den Betrieb der statischen Umrichter erschweren, da neben erhöhtem Verschleiß von Schmelzsicherungen, diese nach dem Ansprechen zunächst gewechselt werden müßten, bevor eine Wiedereinschaltung des Umrichters erfolgen könnte. Das gilt im gleichen Maße auch für solche Fehlerfälle, die nicht zu einem bleibenden Defekt von Thyristoren führen, z. B. Freiwerdezeitunterschreitungen,

sondern nur kurzzeitig auftreten und im Prinzip den sofortigen weiteren Betrieb des Umrichters gestatten würden.

Eine ökonomische Lösung des beschriebenen Problems läßt sich daher nur mit Hilfe einer Anordnung realisieren, die entsprechend schnell und zuverlässig die Wechselrichterthyristoren vor unzulässigen Überströmen schützt. Es ist bekannt, verschiedene Parameter des Wechselrichters, wie Ausgangsspannung, Laststrom, Ausgangsleistung, zu überwachen und diese Signale bei Überschreitung eines bestimmten Pegels zur Abschaltung des Gleichrichters zu verwenden. Derartige Schutzvorrichtungen weisen jedoch den Mangel auf, daß sie zu langsam auf Fehler im Wechselrichter reagieren und die Zerstörung von Wechselrichterthyristoren durch Überströme oder Überspannungen in vielen Fällen nicht ausschließen können.

Es ist die DE-OS 27 22 814 bekannt geworden, bei der die Überwachungsvorrichtung aus an Zweige der Brückenschaltung angeschlossene, einen Zweigstrom elektrisch signalisierende Signalvorrichtungen und eine den Signalvorrichtungen nachgeschaltete logische Vergleichsvorrichtung zur Signalisierung einer unvollständigen Kommutierung des Laststromes von einem Diagonalzweig zum anderen Diagonalzweig besteht und daß eine Vorrichtung zur Sperrung der Anzeige der logischen Vergleichsvorrichtung für die Dauer von die Kommutierungszeitpunkte umfassenden Zeitintervallen vorgesehen ist. Diese Überwachungsvorrichtung realisiert zwar eine schnelle Erfassung und Verarbeitung einiger Fehler des Wechselrichters, ist aber ebenfalls nicht geeignet, alle Möglichkeiten der betriebsbedingten Zerstörung von Thyristoren des Wechselrichters zu vermeiden. So liefert diese Vorrichtung für den Fall, daß von einem Thyristor in einem Zweig, in dem kein Stromfühler angebracht ist, die Blockierspannung nicht gehalten wird, erst dann ein Signal, wenn durch Kurzschluß über die betreffende Wechselrichtersenkrechte der Strom im Gleichstromzwischenkreis soweit angestiegen ist, daß eine auswertbare Verlangsamung der Kommutierung eingetreten ist. Dadurch kann nicht in allen Fällen gewährleistet werden, daß einerseits die Gleichstromspeisung unverzüglich das Signal zur Abschaltung erhält und andererseits

der Überstrom auf möglichst viele Thyristoren verteilt wird und transiente Überspannungen auf zulässige Werte begrenzt werden, da ein sicheres Zünden der Wechselrichterthyristoren nur möglich ist, solange genügend positive Spannung an ihnen anliegt, also unter Umständen nur während der Zeit fehlerhafter Kommutierung. Damit ist der Schutz der Wechselrichterthyristoren nicht in allen Fällen gesichert. Außerdem sind zur Realisierung der beschriebenen Überwachungsvorrichtung teure Stromfühler, die nicht unerhebliche Massen an Kupfer und Eisen enthalten, erforderlich.

Es ist noch die DE-OS 27 53 722 bekannt geworden, bei der die Empfindlichkeit der Schaltvorrichtung in einem den Kommutierungszeitpunkt enthaltenden Zeitintervall maximal und außerhalb dieses Zeitintervalls Null ist und daß die Schaltvorrichtung eine Vorrichtung zur Summation zweier den beiden Diagonalströmen der Brückenschaltung während des Kommutierungsintervalls entsprechenden Meßsignale sowie eine beim Überschreiten einer vorgebbaren Schwelle des Summensignals ansprechende Signalvorrichtung aufweist. Diese Anordnung weist den Nachteil auf, daß Störungen im Wechselrichter nur als sogenannte Kommutierungsfehler während der durch die Steuerung vorgegebenen Kommutierungszeiten erkannt werden können. Dadurch ist nicht gesichert, daß rechtzeitig ein Blockierspannungsdurchbruch bzw. das Nichthalten der Blockierspannung zum frühest möglichen Zeitpunkt ausgewertet werden und Maßnahmen, die den sicheren Schutz des Wechselrichters bewirken, eingeleitet werden können, da auch hier eine unerwünschte Verzögerung des Abschaltsignals für die Gleichstromspeisung eintritt und auch hier gilt, daß ein sicheres Zünden der Wechselrichterthyristoren nicht in jedem Fall erfolgen kann. Außerdem sieht diese Anordnung technologisch kompliziert zu fertigende  $di/dt$ -Spulen vor, die auch empfindlich gegen Störbeeinflussungen durch magnetische Felder sind.

Beide technische Lösungen sind aus den beschriebenen Gründen besonders bei hohen Leistungen, wo viele Thyristoren parallelgeschaltet und hohe Gesamtströme im Verhältnis zu den Thyristorströmen und hohe Stromwärme-Integrale im Störfall nach wenigen Millisekunden erreicht werden, nicht geeignet, die

Überströme und Überspannungen zu schützen. Ferner weisen sie den gemeinsamen Nachteil auf, daß sich diese Anordnungen erst dann im Eingriff befinden dürfen, wenn die erste Wechselrichterdiagonale gezündet ist, da ansonsten ein Fehlersignal im "Aus"-Zustand und während des Starts ausgegeben werden würde. Dies muß bei den genannten technischen Lösungen von der Steuerung durch eine vorzusehende Verriegelung während des Starts verhindert werden.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es

- alle Möglichkeiten der betriebsbedingten Zerstörung der Wechselrichterthyristoren,
- die Stromüberhöhung in den Thyristoren im stationären Betrieb,
- ein verzögert zum Störfall an der Gleichstromspeisung ankommendes Abschaltsignal,
- die Überstrombelastung nur eines oder nur weniger Wechselrichterthyristoren,
- die Entstehung transienter Überspannungen,
- eine Blockiereinrichtung zur Unterdrückung eines Fehlersignals bei bestimmten Betriebszuständen, wie z.B. "Aus"-Zustand und Startphase,
- einen erhöhten technisch-ökonomischen Aufwand, z.B. durch Überdimensionierung der Zwischenkreisdrossel und den Einsatz teurer Stromfühler,
- den Einsatz superflinker Schmelzsicherungen zu vermeiden.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schutzschaltung für Halbleiterwechselrichter zu schaffen, die bei Nichthalten der Blockierspannung eines Wechselrichterthyristors und/oder Nichtzündung eines oder mehrerer Wechselrichterthyristoren sofort bewirkt, daß alle Wechselrichterthyristoren gezündet werden und die Gleichstromspeisung abgeschaltet wird, daß sie unabhängig vom Wechselrichterstrom und der Wechselrichterfrequenz wirkt und daß ein Fehlersignal unabhängig vom

Betriebszustand des Wechselrichters nur bei Vorliegen eines Störfalles erscheint.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß in jedem Wechselrichterzweig jedem Thyristor eine nur positive Spannungen durchlassende Einweggleichrichtung parallelgeschaltet ist, daß jede Einweggleichrichtung mit einem pegelanpassenden Übertragungsglied verbunden ist, deren jeweiliger Ausgang, entsprechend der Zugehörigkeit zu einer WR-Diagonale, auf je zwei Eingänge einer Äquivalenz-Logik geführt sind, deren Ausgang wiederum auf weitere Eingänge aller Zündimpulsendverstärker und an eine Klemme geschaltet ist.

#### Ausführungsbeispiel

Anhand eines Blockschaltbildes soll die Erfindung näher erläutert werden.

Zur übersichtlichen Gestaltung des Blockschaltbildes wurden die erfindungsgemäßen Maßnahmen, die sich einheitlich auf alle Wechselrichterzweige 3 bis 6 beziehen, im Ausführungsbeispiel nur anhand des Wechselrichterzweiges 5 demonstriert.

Ein statischer Umrichter mit den Starkstromanschlüssen R, S, T besteht aus einem Gleichrichter 1, einer Zwischenkreisdrossel 2 und einem Wechselrichter mit den hier nur dargestellten thyristorbestückten Wechselrichterzweigen 3 bis 6 und dem Lastschwingkreis mit der Parallelschaltung von ohmschem Widerstand 7, einer Induktivität 8 und einer kompensierenden Kapazität 9. Jedem Thyristor eines Wechselrichterzweiges 3 bis 6 ist, wie am Beispiel des Wechselrichterzweiges 5 mit den parallelgeschalteten Thyristoren  $5_1 \dots 5_n$  dargestellt, eine nur positive Spannungen durchlassende Einweggleichrichtung  $10_1 \dots 10_n$  parallelgeschaltet, die wiederum mit je einem pegelanpassenden Übertragungsglied  $11_1 \dots 11_n$ , welches als Optokoppler ausgebildet ist, verbunden sind. Die Ausgänge der Übertragungsglieder  $11_1 \dots 11_n$  jeder Wechselrichterdiagonale 3/4 bzw. 5/6 sind auf je zwei Eingänge einer Äquivalenz-Logik 12 geschaltet, wobei für jede Wechselrichterdiagonale 3/4 bzw. 5/6 ein UND-Glied und ein NOR-Glied in der Äquivalenz-Logik 12 vorgesehen sind,

denen in bekannter Weise ein UND-Glied mit negiertem Ausgang nachgeordnet ist. Der Ausgang der Äquivalenz-Logik 12 ist über ODER-Glieder  $14_1 \dots 14_n$  auf zusätzliche Eingänge von Zündimpuls-  
endverstärker  $13_1 \dots 13_n$  und außerdem auf eine Klemme 17 geschaltet, über die eine Verbindung zur Abschalteneinrichtung des Gleichrichters 1 hergestellt werden kann.

Während einer betriebsmäßigen Kommutierung und einer durch Fehler ausgelösten Kommutierung wird an den Streuinduktivitäten der Thyristorzweige, deren Thyristoren einen positiven Stromanstieg führen, eine Spannung induziert, die an nichtleitenden dazu parallelen Thyristoren als Blockierspannung anliegt. Mittels der Einweggleichrichtungen  $7_1 \dots 7_n$  wird der Blockier- und der Leitendzustand der Thyristoren erfaßt sowie der Sperrzustand ausgeblendet, da er für den angestrebten Zweck nicht relevant ist. Über Übertragungsglieder  $11_1 \dots 11_n$ , die im Beispiel als Optokoppler ausgebildet sind und der galvanischen Trennung des Informationsteils vom Leistungsteil und der Pegelanpassung dienen, werden die Leitend- bzw. Blockierzustände der jeweils zu einer Wechselrichterdiagonalen 3/4 bzw. 5/6 gehörenden Thyristoren als logische Signale, L oder 0, den Eingängen der Äquivalenz-Logik 12 zugeführt. Für den Fall, daß nicht alle parallelen Thyristoren gleichzeitig leiten oder gleichzeitig blockieren, wird von der Äquivalenz-Logik 12 ein L-Signal abgegeben. Dieses gelangt über ODER-Glieder  $14_1 \dots 14_n$  an die Zündimpulsendverstärker  $13_1 \dots 13_n$  zur Zündung aller Thyristoren in den Wechselrichterzweigen 3 bis 6. Im normalen Betrieb werden über die Klemmen 15 und 16 die betriebsmäßigen Zündimpulse zu den ODER-Gliedern  $14_1 \dots 14_n$  und den Zündimpulsendverstärkern  $13_1 \dots 13_n$ , nach Wechselrichterdiagonalen 3/4 bzw. 5/6 getrennt, geführt.

Da die Auswertung der Blockierspannung, bzw. des Leitendzustandes aller Wechselrichterthyristoren jeweils für eine Wechselrichterdiagonale 3/4 bzw. 5/6 mit Hilfe einer Äquivalenz-Logik 12 erfolgt, wird auch das Leiten eines kompletten Wechselrichter-Zweiges 3 bis 6 zu einem unerwünschten Zeitpunkt erkannt.

An der Klemme 17 steht das von der Äquivalenz-Logik 12 abgegebene L-Signal zur Abschaltung des Gleichrichters 1 zur Verfügung.

## Erfindungsanspruch

Schutzschaltung gegen Überstrom, Überspannungen und stationäre strommäßige Überlastung von mittels steuerbarem Gleichrichter über eine Gleichstromglättungsinduktivität gespeisten Halbleiterwechselrichtern mit abwechselnd erfolgender Zündung und Stromleitung der Thyristoren beider Brückendiagonalen in Abhängigkeit von der Eigenfrequenz des Lastschwingkreises, die im Störfall die betriebsbedingte Zerstörung der Halbleiterelemente des Wechselrichters verhindert, gekennzeichnet dadurch, daß in jedem Wechselrichterzweig (3 bis 6) jedem Thyristor ( $5_1 \dots 5_n$ ) eine nur positive Spannungen durchlassende Einweggleichrichtung ( $7_1 \dots 7_n$ ) parallelgeschaltet ist, daß jede Einweggleichrichtung ( $7_1 \dots 7_n$ ) mit einem pegelanpassenden Übertragungsglied ( $8_1 \dots 8_n$ ) verbunden ist, deren jeweiliger Ausgang, entsprechend der Zugehörigkeit zu einer WR-Diagonale, auf je zwei Eingänge einer Äquivalenz-Logik (9) geführt sind, deren Ausgang wiederum auf weitere Eingänge aller Zündimpulsendverstärker ( $10_1 \dots 10_n$ ) und an eine Klemme (14) geschaltet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

