



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: H 03 K 17/56
H 02 M 3/305
H 02 P 7/28
H 02 P 9/30



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

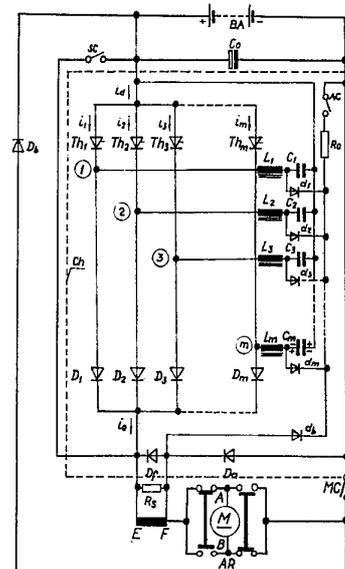
11

620 070

<p>21 Gesuchsnummer: 7416/76</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 11.06.1976</p> <p>30 Priorität(en): 24.06.1975 PL 181561</p> <p>24 Patent erteilt: 31.10.1980</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 31.10.1980</p>	<p>73 Inhaber: Politechnika Krakowska, Krakow (PL)</p> <p>72 Erfinder: Stanislaw Staruch, Krakow (PL) Bogdan Fijalkowski, Krakow (PL) Janusz Zawilinski, Wieliczka (PL)</p> <p>74 Vertreter: Dipl.-Ing. H.R. Werffeli, Zürich</p>
--	---

54 **Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker und dessen Verwendung zur Steuerung eines durch eine Gleichstrommaschine gebildeten Gleichstromverbrauchers oder -erzeugers.**

57 Der Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker weist mehrere gleiche, parallel geschaltete autonome Phasenzweige auf, von denen jeder eine gleiche Reihenschaltung der Thyristoren (Th_1-Th_m) und Absperrdioden (D_1-D_m), ferner Kommutationsdreipole, die durch in Sternschaltung verbundene Kommutations-Drosselspulen (L_1-L_m), Kommutations-Kondensatoren (C_1-C_m) und Kommutations-Dioden (d_1-d_m) gebildet sind, aufweist. Die Kommutations-Drosselspulen (L_1-L_m) sind an die Kathoden der Thyristoren (Th_1-Th_m) und Anoden der Absperrdioden (D_1-D_m) angeschlossen. Die Kommutations-Kondensatoren (C_1-C_m) sind an den Pluspol der Gleichstrom-Energiequelle (BA) und die Kathoden der Kommutations-Dioden (d_1-d_m) über den Kommutations-widerstand (R_0) und den Hilfsschütz (AC) an den Minuspol der Gleichstrom-Energiequelle (BA) und über die Hilfsdiode (d_h) an die Kathode der ersten und an die Anode der zweiten der reihengeschalteten Freilaufdioden (D_a, D_f) geschaltet. Der Zerhacker ist einfach im Aufbau und weist einen guten Wirkungsgrad auf.



PATENTANSPRÜCHE

1. Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker zur Schaltung zwischen eine Gleichstromquelle und einen Gleichstromverbraucher oder -erzeuger, dadurch gekennzeichnet, dass er mehrere (m) gleiche, parallel geschaltete Phasenzweige aufweist, die in Abhängigkeit von ihrer Phasenverschiebung ($2\pi/m$) eine Impulsfolge erzeugen, von welchen Phasenzweigen jeder eine gleiche Reihenschaltung von mindestens einem Thyristor (Th_1-Th_m) und mindestens einer Absperrdiode (D_1-D_m) umfasst, ferner je einen Kommutationsdreipol, welcher durch die Sternschaltung einer Drossel (L_1-L_m), eines Kondensators (C_1-C_m) und einer Diode (d_1-d_m) gebildet wird, wobei die Kommutationsdrosseln an die Kathoden der Thyristoren (Th_1-Th_m) und an die Anoden der Absperrdioden (D_1-D_m) angeschlossen und die Anoden der Thyristoren (Th_1-Th_m) und die Kommutationskondensatoren (C_1-C_m) zur Verbindung mit dem Pluspol der Gleichstromquelle (BA) und die Kathoden der Kommutationsdioden (d_1-d_m) gemeinsam über einen Kommutationswiderstand (R_0) und einen Hilfsschütz (AC) zur Verbindung mit dem Minuspol der Gleichstromquelle bestimmt sind; dass eine Hilfsdiode (d_b) und eine erste Freilaufdiode (D_a) vorhanden sind, wobei die Kathode der Hilfsdiode mit der Kathode der Kommutationsdioden verbunden ist und die Anode der ersten Freilaufdiode zur Verbindung mit dem Minuspol der Gleichstromquelle bestimmt ist und dass der Zerhacker eine zweite Freilaufdiode (D_f) aufweist, deren Kathode an die Kathoden der Absperrdioden (D_1-D_m) und deren Anode an die Anode der Hilfsdiode (d_b) und die Kathode der ersten Freilaufdiode angeschlossen ist.

2. Verwendung des Thyristor-Gleichstrom-Zerhackers nach Anspruch 1 zur Steuerung eines durch eine Gleichstrommaschine (M) gebildeten Gleichstromverbrauchers oder -erzeugers.

3. Verwendung nach Anspruch 2 zur Steuerung einer durch einen Gleichstrommotor (M) gebildeten Gleichstrommaschine, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstrommotor (M) mit in Serie geschalteter Erregerwicklung (EF) und Ankerwicklung (AB) über einen Hauptschütz (MC) mit der ersten Freilaufdiode (D_a) und mit der mit ihr in Serie geschalteten zweiten Freilaufdiode (D_f) parallelgeschaltet ist, wobei die Kathode der ersten Freilaufdiode (D_a) und die Anode der zweiten Freilaufdiode (D_f) an die miteinander verbundenen Anschlüsse der Erregerwicklung (EF) und der Ankerwicklung (AB) angeschlossen sind.

4. Verwendung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstrommotor (M) über den Hauptschütz an den Minuspol der Gleichstrom-Energiequelle (BA) angeschlossen ist.

5. Verwendung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diode (D_b) mit ihrer Anode an den Anschluss des Hauptschützes (MC), welcher mit dem Gleichstrommotor (M) verbunden ist, angeschlossen ist, die Kathode dieser Diode (D_b) dagegen mit dem Pluspol der Gleichstromquelle (BA) verbunden ist.

6. Verwendung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Widerstand (R_s) zur Erregerwicklung (EF) des Gleichstrommotors parallelgeschaltet ist.

7. Verwendung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstromquelle (BA) ein Filterkondensator (C_0) parallelgeschaltet ist.

8. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zum Kurzschliessen der Zerhackerschaltung zwischen den Kathoden der Absperrdioden (D_1-D_m) und dem Pluspol der Gleichstromquelle (BA) ein Kurzschliessschütz (SC) vorhanden ist.

9. Verwendung nach Anspruch 2, zur Regulierung der durch die Gleichstrommaschine (M) aufgenommenen oder abgegebenen Leistung.

Die Erfindung betrifft einen Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker zur Schaltung zwischen eine Gleichstromquelle und einem Gleichstromverbraucher oder -erzeuger.

Zum Beispiel aus den Publikationen «Thyristoren in der Antriebssteuerung und -regelung», Vogel-Verlag, Würzburg, sowie «Schaltungen mit Thyristoren und Transistoren», Verlag Frech, Stuttgart-Botnang, sind bereits mehrphasige Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker bekannt, deren einzelne Phasen als Modulatoren der Impulswiderholffrequenz mit verschiedener Phasenverschiebung arbeiten, und die zur Regulierung der durch einen Empfänger von Elektroenergie, insbesondere einer aus einer Gleichstromquelle gespeisten Elektromaschine aufgenommenen oder abgegebenen Leistung, verwendet werden können.

Es sind auch mehrphasige Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker bekannt, deren einzelne Phasen als Modulatoren der Impulsbreite arbeiten. Diese erfordern jedoch die Anwendung komplizierter Steuerschaltungen und zusätzlicher Kommutations-Thyristoren, die das Gewicht und die Kosten des Zerhackers erhöhen.

Es sind auch Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker ohne Kommutationsthyristoren bekannt. Diese sind jedoch Einphasen-Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker, welche als Modulatoren der Impulswiderholffrequenz arbeiten und mit einem oder mehreren parallel angeschlossenen Thyristoren ausgestattet sind, die als Modulatoren der Impulsfrequenz aber ohne Phasenverschiebung, also einphasigerweise arbeiten. Diese besitzen einen dem Thyristor parallel angeschlossenen Kommutationszweipol, der aus einer Drosselspule (Induktivität) und einem Kondensator (Kapazität) oder einem Stromtransformator, der die Funktion eines Autotransformators erfüllt, und einem Kondensator, besteht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Thyristor-Gleichstrom-Zerhackers, welcher einfach im Aufbau und billig in der Herstellung ist, und einen guten Wirkungsgrad aufweist.

Der erfindungsgemässe Thyristor-Gleichstrom-Zerhacker zur Schaltung zwischen eine Gleichstromquelle und einen Gleichstromverbraucher oder -erzeuger ist dadurch gekennzeichnet, dass er mehrere gleiche, parallel geschaltete Phasenzweige aufweist, die in Abhängigkeit von ihrer Phasenverschiebung eine Impulsfolge erzeugen, von welchen Phasenzweigen jeder eine gleiche Reihenschaltung von mindestens einem Thyristor und mindestens einer Absperrdiode umfasst, ferner je einen Kommutationsdreipol, welcher durch die Sternschaltung einer Drossel, eines Kondensators und einer Diode gebildet wird, wobei die Kommutationsdrosseln an die Kathoden der Thyristoren und an die Anoden der Absperrdioden angeschlossen und die Anoden der Thyristoren und die Kommutationskondensatoren zur Verbindung mit dem Pluspol der Gleichstromquelle und die Kathoden der Kommutationsdioden gemeinsam über einen Kommutationswiderstand und einen Hilfsschütz zur Verbindung mit dem Minuspol der Gleichstromquelle bestimmt sind; dass eine Hilfsdiode und eine erste Freilaufdiode vorhanden sind, wobei die Kathode der Hilfsdiode mit der Kathode der Kommutationsdioden verbunden ist und die Anode der ersten Freilaufdiode zur Verbindung mit dem Minuspol der Gleichstromquelle bestimmt ist und dass der Zerhacker eine zweite Freilaufdiode aufweist, deren Kathode an die Kathoden der Absperrdioden und deren Anode an die Anode der Hilfsdiode und die Kathode der ersten Freilaufdiode angeschlossen ist.

Der erfindungsgemässe Thyristor-Zerhacker ermöglicht an seinem Ausgang eine, nur durch den Spannungsabfall im Thyristor und in der Diode verminderte, volle Spannung der Gleichstromquelle zu erreichen und zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad und eine Herabsetzung des harmonischen Inhalts des Ausgangsstroms aus.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner eine Verwendung des erfindungsgemässen Thyristor-Gleichstrom-Zerhackers, zur Steuerung eines durch eine Gleichstrommaschine gebildeten Gleichstromverbrauchers oder -erzeugers. Dabei ist es zweckmässig, wenn zur Steuerung einer durch einen Gleichstrommotor gebildeten Gleichstrommaschine der Gleichstrommotor mit in Serie geschalteter Erregerwicklung und Ankerwicklung über einen Hauptschutz mit der ersten Freilaufdiode und mit der mit ihr in Serie geschalteten zweiten Freilaufdiode parallelgeschaltet ist, wobei die Kathoden der ersten Freilaufdiode und die Anode der zweiten Freilaufdiode an die miteinander verbundenen Anschlüsse der Erregerwicklung und der Ankerwicklung angeschlossen sind.

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Der Zerhacker ist zwischen die Gleichstrom-Energiequelle BA und den Gleichstrom-Motor M eingeschaltet und setzt sich aus einer beliebigen Zahl m gleicher, parallel geschalteter, autonomer Phasenzweige zusammen, von welchen jeder eine gleiche Reihenschaltung der Thyristoren Th_1-Th_m und der Dioden D_1-D_m umfasst, wobei die sterngeschalteten Kommutationsdreipole reihengeschaltete Kommutationskondensatoren C_1-C_m und Kommutationsdrosseln L_1-L_m besitzen. Die Kommutationsdrosseln sind einerseits mit den Kathoden der Thyristoren Th_1-Th_m und den Anoden der Absperrdioden D_1-D_m , und andererseits mit den Anoden der Kommutationsdioden (d_1-d_m) verbunden. Die Kathoden der Kommutationsdioden sind gemeinsam über den Kommutationswiderstand R_0 und den Hilfsschutz AC mit dem Minuspol der Gleichstrom-Energiequelle BA, sowie mit der Kathode der ersten Freilaufdiode D_a und der Anode der zweiten Freilaufdiode D_f verbunden. Bei den reihengeschalteten Dioden D_a-D_f wird die Anode der ersten Freilaufdiode D_a mit dem Minuspol der Gleichstrom-Energiequelle BA verbunden, die Kathode der ersten Freilaufdiode D_a und die Anode der zweiten Freilaufdiode D_f mit der Verbindung der Ankerwicklung AB und der Erregerwicklung EF zusammengeschaltet. Die Kathode der zweiten Freilaufdiode D_f ist mit der Erregerwicklung EF und den Kathoden der Absperrdioden D_1-D_m verbunden. Zwischen der Anode der zweiten Freilaufdiode D_f und dem Pluspol der Gleichstrom-Energiequelle BA ist der zum Kurzschliessen des Zerhackers dienende Kurzschlusschutz SC eingeschaltet. Zwischen dem Gleichstrom-Motor M und dem mit der Anode der ersten Freilaufdiode D_a verbundenen Minuspol der Gleichstrom-Energiequelle BA ist der Hauptschutz MC eingeschaltet. Zwischen dem Gleichstrom-Motor M und der Gleichstrom-Energiequelle BA ist die Diode D_b eingeschaltet, wobei die Anode der Diode D_b zwischen den Gleichstrom-Motor M und das Hauptschutz MC eingeschaltet, die Kathode der Diode D_b dagegen mit dem Pluspol der Gleichstrom-Energiequelle BA verbunden ist. Die Erregerwicklung EF ist durch den Widerstand R_s geschuntet. Die Gleichstrom-Energiequelle BA setzt sich aus einer Akkumulatorenbatterie und einem Filter-Kondensator C_0 zusammen.

Der erfindungsgemässe Thyristor-Zerhacker arbeitet folgendermassen. Während der Gleichstrommotor M angelaufen wird, werden die Thyristoren Th_1-Th_m durch Impulsgebung auf ihre Steuerelektroden (Gatter) ausgelöst. Im Stromkreis des Motors M beginnt ein schnell zuwachsender Strom zu fließen, wobei sich gleichzeitig auf den Kommutations-Kondensatoren C_1-C_m die auf der Zeichnung über dem Kondensator C_m gezeigte Polarität ergibt und die Umladung der Kondensatoren C_1-C_m beginnt. Der Strom der Oszillationsüberlastung soll grösser als der durch die Thyristoren Th_1-Th_m bis zum Auschal Augenblick fließende Strom sein, was durch die Wahl der Kapazität der Kondensatoren C_1-C_m gewährleistet wird. Während der Umladung der Kondensatoren erfolgt die Änderung der Polarität auf den Thyristoren Th_1-Th_m , was zum Übergang

in den Nichtleit Zustand führt. Der Ausgangsstrom i_0 des Zerhackers hört auf zu fließen, der Strom im Kreislauf des Motors M fließt jedoch, dank der in seinen Wicklungen eingespeicherten elektromagnetischen Energie, weiter und durchfließt die Diode D_b . Auf diese Weise nimmt während des Nichtleitens der Thyristoren Th_1-Th_m der Strom des Motors M sukzessiv ab. Gleichzeitig erfolgt die Umladung der Kondensatoren C_1-C_m , auf denen sich die auf der Zeichnung unter dem Kondensator C_m gezeigte Polarität ergibt. Daraufhin werden die Thyristoren Th_1-Th_m ausgelöst und der Prozess wiederholt sich. Das Auslösen und das Sperren der Thyristoren wird beim Erreichen der maximalen und der minimalen durch die Steuereinrichtung des Zerhackers gegebenen Momentanwerte des Stroms erzielt. Im bestimmten Zustand des Motors hat der Umschaltprozess einen stabilen Charakter und der Stromverlauf in der Zeitfunktion setzt sich aus sich wiederholenden Abschnitten des Anwachsens und des Abnehmens des Stroms zusammen. Während des Nichtleitens der Thyristoren Th_1-Th_m laden sich die Kommutationskondensatoren aperiodisch in bestimmter Aufeinanderfolge, mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$, bis zum Spannungswert der Gleichstrom-Energiequelle BA, das heisst der Akkumulatorenbatterie auf. Im Augenblick des Auslösens der Thyristoren dagegen entladen sie sich oszillatorisch, mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$, durch die Thyristoren Th_1-Th_m und die Kommutationsdrosseln mit Ferritkernen L_1-L_m . Im Augenblick des Einschaltens der Thyristoren Th_1-Th_m werden die Spannungen der vorher geladenen Kondensatoren von einem Wert, welcher der Spannung der Gleichstromquelle BA nahezu gleich ist, zu den Kommutationsdrosselspulen mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$ abgeführt und sättigen ihre Ferritkerne in der Richtung, welche konventionell als negativ angenommen wird, wobei die magnetischen Flüsse sich vom Anfangswert Φ_0 zum Schlusswert Φ_s ändern. Bis zum Augenblick, wo die negative Sättigung erreicht wird, kann diese Spannung als konstant angenommen werden. Nach der Zeitspanne der Sättigung beginnt die Periode der Resonanzumladung der Kondensatoren. Die Spannungen der Kondensatoren wechseln die Richtung auf eine entgegengesetzte, mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$, die Drosselspulen dagegen gehen aus dem Zustand der negativen Sättigung heraus und werden nach einiger Zeit in der positiven Richtung gesättigt. Der durch den Ausgang der Drosselspulen aus dem Zustand der negativen Sättigung unterbrochene Oszillationsprozess kann während einer gewissen Zeit fortgesetzt werden. Die Kondensatorenströme fließen in den Thyristoren Th_1-Th_m , mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$, in einer dem Strom des Motors M entgegengesetzter Richtung und nachdem sie $1/m$ des Mittelwertes dieses Stroms überschritten haben, verwandeln sie sich in einen Rückstrom und schalten die Thyristoren Th_1-Th_m aus. Diese Prozesse wiederholen sich periodisch im Takt der die Thyristoren Th_1-Th_m auslösenden Impulse, mit einer Phasenverschiebung gleich $2\pi/m$; der Motor M wird daher durch eine Impulsfolge gespeist, deren Wiederholungsfrequenz gleich $m f$ ist, was dem Produkt der Phasenzahl des Zerhackers und der die Thyristoren Th_1-Th_m auslösenden Frequenz (f) der Impulse entspricht. Ihre Breite hängt hauptsächlich von der Spannung der Gleichstromquelle, der Kapazität der Kondensatoren, der Windungszahl der Drosselspulen und dem Querschnitt des Ferritkernes ab. Bei einer gegebenen Drosselspulenkonstruktion und einer konstanten Auslösefrequenz verändert sich der Mittelwert der Spannung auf den Klemmen des Gleichstrom-Motors M linear mit der Auslösefrequenz.

Im Zustand des elektrischen Bremsens schaltet sich das Hauptschutz MC aus, der Reversor AR dagegen schaltet sich in seine zweite Lage um. Beim Auslösen der Thyristoren Th_1-Th_m erregt sich selbst der Gleichstrom-Motor M im Kurzschlusszustand, wobei der Strom durch die Thyristoren Th_1-

Th_m, die Dioden D₁-D_m und die Diode D_b fließt. Wenn der Wert i_{max} erreicht wird, leiten die Thyristoren Th₁-Th_m nicht und der Bremskreislauf wird unterbrochen. Der Strom im Kreislauf des Gleichstrom-Motors M erhält sich jedoch dank der in seinen Wicklungen eingespeicherten elektromagnetischen Energie. Dieser Strom fließt durch die Freilaufdioden D_a und D_f, die Erregerwicklung EF und die Ankerwicklung AB, die Diode D_b und wird durch die Akkumulatorenbatterie der Gleichstrom-Energiequelle BA geschlossen, was eine Nachladung der Batterie ermöglicht. Hierauf beginnen die Thyristoren Th₁-Th_m und die Dioden D₁-D_m wieder zu leiten und der Prozess wiederholt sich. Die zweite Freilaufdiode D_f shuntet die Erregerwicklung und stabilisiert somit den Bremszustand, wenn die elektromotorische Kraft der Rotation des Motors M die Spannung der Akkumulatorenbatterie übersteigt. Dank dessen ist die weitere Selbsterregung des Motors M durch die Akkumulatorenbatterie möglich.

Eine beliebige Zahl von m-gleichen, parallel geschalteten, autonomen Phasen mit gleichen Frequenzen f und Phasenverschiebung $2\pi/m$ arbeitet auf einen Gleichstrom-Motor M. Der bis zur Belastung fließende Ausgangsstrom i₀ des Zerhackers entspricht der Summe der Ströme der einzelnen Phasen, deren

Ein- und Ausschaltung in einer bestimmten Reihenfolge mit der Phasenverschiebung, gleich $2\pi/m$, stattfindet. Die Pulsationsamplitude des Ausgangsstroms i₀ ist kleiner und die Pulsationsfrequenz m mal größer, als die entsprechenden Größen der Stromkomponenten des Zerhackers. Die Verlaufsgestalt des Eingangstroms i_d in der Zeitfunktion ist den Rechteckimpulsen ähnlich, deren Wiederholungsfrequenz gleich mf und die Amplitude $1/m$ vom Mittelwert des Ausgangsstroms ist. Im Eingangstrom i_d treten nur harmonische Komponenten mit n = m, 2m, 3m ... auf. Für die übrigen Werte n werden harmonische Komponenten nicht auftreten. Folglich vermindert sich mit der Vergrößerung der Phasenzahl des Zerhackers der Inhalt von harmonischen Komponenten im Eingangstrom i_d und infolgedessen auch sein Wirkungswert.

Der gemeinsame Kommutationsdreipol, welcher die Kommutationskondensatoren C₁-C_m und die Kommutationsdrosseln mit Ferritkernen L₁-L_m enthalten, gewährleistet dem Zerhacker einen einfachen Bau mit gleichzeitiger Erhaltung der Vorzüge der Schaltungen mit künstlicher Kommutation, solcher wie eine kleine Speicherenergie im Kommutationskreislauf und gute dynamische Charakteristiken.

