



## Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑬ Gesuchsnummer: 11302/79

⑬ Inhaber:  
Proizvodstvennoe Obiedinenie  
"Uralelektrotyazhmarsh" imeni V.I. Lenina,  
Sverdlovsk (SU)

⑭ Anmeldungsdatum: 20.12.1979

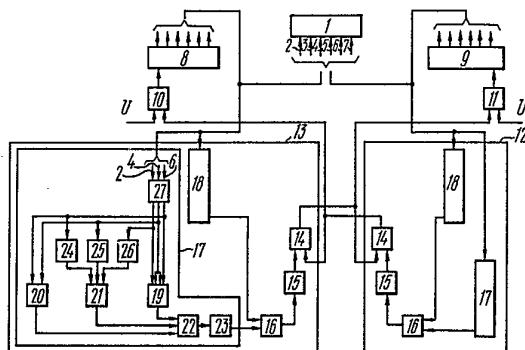
⑭ Erfinder:  
Golmakov, Jury Ivanovich, Sverdlovsk (SU)  
Katunin, Vladimir Mikhailovich, Sverdlovsk (SU)  
Nakrokhin, Vladilen Georgievich, Sverdlovsk  
(SU)

⑭ Patent erteilt: 14.06.1985

⑭ Vertreter:  
Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E.  
Sandmeier, Zürich

## ⑮ Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und eine Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens.

⑯ Zuerst werden Steuerimpulse einer Hauptfolge erzeugt und auf den Thyristorstromrichter gegeben, dessen Parameter festgelegten Werten entsprechen sollen. Die Parameter werden über sämtliche Steuerkanäle (2, 3, 4, 5, 6, 7) überwacht. Falls die Parameter der Steuerimpulse der Hauptfolge von den Vorgabewerten abweichen, werden Steuerimpulse einer Reservefolge mit den vorgegebenen Parametern der Steuerimpulse der Hauptfolge identischen Parametern erzeugt und über die gleichen Steuerkanäle (2, 3, 4, 5, 6, 7) gegeben. Die Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge werden überwacht und die Erzeugung der Steuerimpulse der Hauptfolge automatisch dann eingestellt, wenn die Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge mit den genannten Vorgabewerten übereinstimmen. Die Einrichtung weist eine Haupteinheit (8), eine Reserveeinheit (9) zur Erzeugung der Steuerimpulse sowie eine Haupteinheit (13) und eine Reserveeinheit (12) zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse auf, die hintereinander und mit einem Thyristorstromrichter (1) in Verbindung stehen. Das Verfahren und die Einrichtung sind in Erregersystemen von Synchronmaschinen sowie in Gleichstromelektroantrieben verwendbar.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter durch Erzeugung und Einspeisung einer Folge von Steuerimpulsen mit vorgegebenen Parametern über Steuerkanäle auf die Thyristoren des Thyristorstromrichters, dadurch gekennzeichnet, dass gleichzeitig mit der Einspeisung einer Hauptfolge der Steuerimpulse eine ständige Kontrolle ihrer Parameter gleichzeitig über sämtliche Steuerkanäle durchgeführt wird und, falls die Parameter der Steuerimpulse der Hauptfolge von den Vorgabewerten abweichen, eine Reservefolge von Steuerimpulsen mit vorgegebenen Parametern erzeugt und über die Steuerkanäle auf die Thyristoren des Thyristorstromrichters eingespeist wird, wobei gleichzeitig die Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge überwacht werden, und dann mit der Erzeugung der Steuerimpulse der Hauptfolge, falls die Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge den Vorgabewerten entsprechen, aufgehört wird.

2. Steuereinrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, die eine Haupteinheit zur Erzeugung der Hauptfolge der Steuerimpulse mit den Vorgabeparametern aufweist, wobei die Ausgänge der Haupteinheit über Steuerkanäle an die Thyristoren des Thyristorstromrichters angeschlossen sind, und eine Haupt-Schalteinheit (10) enthält, deren einer Eingang an eine Speisequelle und deren Ausgang an den Eingang der Haupteinheit zur Erzeugung der Hauptfolge der Steuerimpulse angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung eine Reserveeinheit (9) zur Erzeugung der Steuerimpulse, die zur Erzeugung von Steuerimpulsen einer Reservefolge vorgesehen ist, deren Parameter mit den Vorgabeparametern der Steuerimpulse der Hauptfolge identisch sind, eine Haupteinheit (13) und eine Reserveeinheit (12) zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Haupt- bzw. Reservefolge aufweist, wobei die Reserveeinheit (9) zur Erzeugung der Steuerimpulse an die Speisequelle über eine Reserveschalteinheit (11), der Schalteingang der Haupteinheit (13) zur Parameterkontrolle an den Ausgang der Reserveeinheit (12) zur Parameterkontrolle und an den Steuereingang der Hauptschalteinheit (10), der Schalteingang der Reserveeinheit (12) zur Parameterkontrolle an den Ausgang der Haupteinheit (13) zur Parameterkontrolle und an den Steuereingang der Reserveschalteinheit (11) angeschlossen ist, während die Kontrolleingänge der Haupteinheit (13) und der Reserveeinheit (12) zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse an die Ausgänge der Haupteinheit (8) bzw. der Reserveeinheit (9) zur Erzeugung der Steuerimpulse angeschlossen sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Einheiten (12, 13) zur Parameterkontrolle ein 2UND-NICHT-Schaltelement (14) mit einem an dessen Eingang angeschlossenen Ausgangsinverter (15), ein 2UND-NICHT-Steuerelement (16) und zwei identische logische Schaltungen (17, 18) enthält, von denen jede ein 2UND-2ODER-NICHT-Element (19), ein 2UND-NICHT-Eingangselement (20), ein erstes und ein zweites 3UND-NICHT-Element (21, 22), drei Eingangsinverter (24, 25, 26) und einen Zwischeninverter (23) sowie ein mehrkanaliges Schwellenwertelement (27) einschliesst, wobei die Eingänge des mehrkanaligen Schwellenwertelementes (27) der einen logischen Schaltung (18) an die ungeraden Steuerkanäle (3, 5, 7) der entsprechenden Einheit (8, 9) zur Erzeugung der Steuerimpulse angeschlossen und die Eingänge des mehrkanaligen Schwellenwertelementes (27) der anderen logischen Schaltung (17) mit den geraden Steuerkanälen (2, 4, 6) der Einheit (8, 9) zur Erzeugung der Steuerimpulse verbunden sind, ausserdem in jeder logischen Schaltung (17, 18) die Ausgänge des mehrkanaligen Schwellenwertelementes (27) mit den Eingängen des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes (19), mit den Eingängen des 2UND-NICHT-Eingangselementes (20) und über die

Eingangsinverter (24, 25, 26) mit den Eingängen des ersten 3UND-NICHT-Elementes (21) verbunden, die Ausgänge des 2UND-NICHT-Eingangselementes (20), des ersten 3UND-NICHT-Elementes (21) und des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes (19) über das zweite 3UND-NICHT-Elemente (22) an den Eingang des Zwischeninverters (23) angeschlossen sind, dessen Ausgang der betreffenden logischen Schaltung (17, 18) auftretender Ausgang an einen der Eingänge des 2UND-NICHT-Steuerelementes (16) angeschlossen ist, dessen Ausgang über den Eingangsinverter (15) mit einem der Eingänge des 2UND-NICHT-Schaltelementes (14) gekoppelt ist, dessen anderer Eingang als Schalteingang der entsprechenden Einheit (13, 12) zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse dient.

15

Die Erfindung betrifft ein Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie auf eine Steuereinrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruches 2.

Die Erfindung ist zur Anwendung in Thyristorstromrichtern vorgesehen, die auch in Erregersystemen von Synchronmaschinen sowie in Gleichstromelektroantrieben gebraucht werden.

Es ist ein Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter (W.P. Schipillo, O.G. Bulatow: Berechnung von Halbleitersteuersystemen für Ventilstromrichter, Energija, 1966) durch Erzeugung und Einspeisung einer Folge von Steuerimpulsen mit vorgegebenen Parametern über Steuerkanäle auf die Steuerelektroden der Thyristoren des Thyristorstromrichters bekannt.

Die das geschilderte Verfahren realisierende Einrichtung enthält eine Einheit zur Erzeugung von Steuerimpulsen, die an eine Speisequelle angeschlossen ist (W.P. Schipillo und O.G. Bulatow: Berechnung von Halbleitersteuersystemen für Ventilstromrichter, Energija, 1966).

Es sind auch ein Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter durch Erzeugung und Einspeisung einer Folge von Steuerimpulsen mit vorgegebenen Parametern auf die Steuerelektroden der Thyristoren des Thyristorstromrichters und eine das betreffende Verfahren realisierende Einrichtung bekannt, die eine an eine Speisequelle über eine Schalteinrichtung, beispielsweise über einen Schaltapparat, angeschlossene Einheit zur Erzeugung einer Einheit von Steuerimpulsen enthält (Steuerstand für Thyristoren CYT-BI-I-TY2. Technische Beschreibung und Betriebsanleitung mit einem Steuersystem CYT-B4-Y4.6AГ399.007-TO. 1966).

Das genannte Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und eine das betreffende Verfahren realisierende Einrichtung gewährleisten die Arbeit der Thyristorstromrichter bei einem einwandfreien Arbeiten sämtlicher Einheiten, wo die Parameter der Steuerimpulse den vorgegebenen identisch sind. Falls Störungen wie Kurzschlüsse in den Speisestromkreisen der Einheit zur Erzeugung von Steuerimpulsen eintreten, so schaltet die Umschalteinrichtung sie von einem Speisungsblock ab.

Die beschriebenen bekannten Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und die sie realisierenden Einrichtungen sorgen für die Arbeit des Thyristorstromrichters nur dann, wenn sämtliche Einheiten der Einrichtungen einwandfrei arbeiten. Die Abschaltung der Einheit zur Erzeugung der Stromimpulsfolge von den Speisequellen erfolgt nur bei Störungen, die mit Kurzschlägen in den Speisequellen zusammenhängen. Falls jedoch Störungen in den Stromkreisen der Einrichtung auftreten, die mit den Kurzschlägen in den Kreisen der Speisequellen nicht zusammenhängen, so kann dies

dazu führen, dass die Parameter der von der Einheit zur Erzeugung kommenden Steuerimpulse oder deren Reihenfolge von den Vorgabewerten abweichen, was seinerseits eine ungleichmässige Auslastung der Thyristoren des Thyristorstromrichters bewirken und einen frühzeitigen Ausfall einzelner Thyristoren verursachen kann, wodurch die Zuverlässigkeit des gesamten Thyristorstromrichters herabgesetzt wird.

Darüber hinaus gewährleisten die bekannten Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und die damit verbundenen Einrichtungen keine Parameterkontrolle der Steuerimpulse und gestatten es nicht, die Einheit zur Erzeugung vom Speiseblock abzuschalten, wenn die Parameter der Steuerimpulse von den Vorgabewerten abweichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein solches Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und eine solche Einrichtung zu dessen Ausführung vorzuschlagen, die eine zuverlässige und störungsfreie Arbeit des Thyristorstromrichters durch eine aufeinanderfolgende Erzeugung einer Haupt- und einer Reservefolge von Steuerimpulsen und durch eine ständige Kontrolle ihrer Parameter sichern.

Dies wird erfahrungsgemäss mit Hilfe eines Verfahrens erreicht, welches die im unabhängigen Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmale aufweist. Die Einrichtung zur Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens weist die im Patentanspruch 2 enthaltenen Merkmale auf.

Weitere alternative Merkmale der Steuereinrichtung sind im abhängigen Anspruch 3 zusammengefasst.

In der vorgeschlagenen Weise wird die störungsfreie Arbeit eines Thyristorstromrichters durch eine ununterbrochene Einspeisung von Steuerimpulsen mit vorgegebenen Parametern auf die Steuerelektroden der Thyristoren des Thyristorstromrichters gesichert.

Weitere Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf beiliegende Zeichnungen ersichtlich. Es zeigt:

Fig. 1 eine Funktionsschaltung einer Einrichtung, welche das Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter realisiert,

Fig. 2 Spannungs-Zeitdiagramme in charakteristischen Punkten einer der logischen Schaltungen einer jeden Einheit zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse in dem Falle, wo die Parameter der Steuerimpulse des zweiten, vierten und sechsten Steuerkanals den Vorgabewerten entsprechen,

Fig. 3 gleiche Spannungs-Zeitdiagramme im Falle einer Amplitudenverkleinerung eines Steuerimpulses unter den Vorgabewert und beim Ausbleiben eines Steuerimpulses im zweiten Steuerkanal,

Fig. 4 ähnliche Diagramme bei einer Verringerung der Steuerimpulsdauer im zweiten Steuerkanal,

Fig. 5 ähnliche Diagramme bei einer Vergrösserung der Steuerimpulsdauer im zweiten Steuerkanal,

Fig. 6 ähnliche Diagramme bei einer Vergrösserung der Steuerimpulsdauer im sechsten Steuerkanal, und

Fig. 7 ähnliche Diagramme bei einer Vergrösserung der Steuerimpulsdauer im vierten Steuerkanal.

Zur Ausführung des Steuerverfahrens für einen Thyristorstromrichter dient eine Einrichtung, deren Funktionsschaltung in Fig. 1 dargestellt ist.

Der Thyristorstromrichter 1 ist in bekannter Dreiphasenbrückenschaltung ausgeführt und weist sechs Steuerkanäle 2, 3, 4, 5, 6, 7 auf, wobei die Kanäle 2, 4, 6 mit geradzahligen Nummern der Katodengruppe des Thyristorstromrichters 1 und die Kanäle 3, 5, 7 mit ungeradzahligen Nummern seiner Anodengruppe entsprechen.

Die Steuerung der Thyristoren des Thyristorstromrichters 1 erfolgt mit Hilfe zweier Einheiten zur Erzeugung von Steuerimpulsen: Die eine Einheit, die Haupteinheit 8 dient zur Erzeugung einer Hauptfolge von Steuerimpulsen und die

zweite Einheit, die Reserveeinheit 9 dient zur Erzeugung einer Reservefolge von Steuerimpulsen. Die Parameter der Steuerimpulse sind identisch und gleich den entsprechenden Vorgabewerten, wobei die Steuerimpulse der Reservefolge auf den Thyristorstromrichter 1 nur in dem Falle eingespeist werden, wo die Parameter der Steuerimpulse der Hauptfolge von den Vorgabewerten abweichen. Die Ausgänge der Haupteinheit 8 und der Reserveeinheit 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse sind entsprechend an die Kanäle 2, 3, 4, 5, 6, 7 des Thyristorstromrichters 1 zur Einspeisung von mit den Anodenspannungen der entsprechenden Thyristoren des Thyristorstromrichters synchronisierten Steuerimpulsen in einen jeden dieser Kanäle 2, 3, 4, 5, 6, 7 angeschlossen. Die Dauer der Steuerimpulse beträgt im statischen Betrieb des Thyristorstromrichters 1 120 °C, während die Phasenverschiebung zwischen den Steuerimpulsen der angrenzenden Kanäle 2 und 3,3 und 4,4 und 5,5 und 6,6 und 7,7 und 2 60 ° ausmacht.

Die Eingänge der Haupteinheit 8 und der Reserveeinheit 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse sind an eine (in Fig. 1 nicht eingezeichnete) Speisequelle über eine Hauptschalteinheit 10 bzw. eine Reserveschalteinheit 11 angeschlossen, deren Steuerung durch eine Reserveeinheit 12 und eine Haupteinheit 13 zur Kontrolle übernommen wird, die an die Steuereingänge der Hauptschalteinheit 10 bzw. der Reserveeinheit 12 angeschlossen sind. Die Haupteinheit 13 und die Reserveeinheit 12 zur Kontrolle sind für eine ständige Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Haupt- und der Reservefolge vorgesehen, weshalb die Kontrolleingänge der Haupteinheit 13 und der Reserveeinheit 12 zur Kontrolle an die Ausgänge der Haupteinheit 8 bzw. der Reserveeinheit 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse angeschlossen sind. In der vorliegenden Einrichtung werden folgende Parameter der Steuerimpulse: Amplitude, Dauer, Wechselsequenz überwacht. Die Schalteingänge der Haupteinheit 13 und der Reserveeinheit 12 zur Kontrolle sind an die Ausgänge der Reserveeinheit 12 bzw. der Haupteinheit 13 angeschlossen.

Die Haupteinheit 13 und die Reserveeinheit 12 sind in gleicher Schaltung ausgeführt und schliessen je ein 2UND-NICHT-Schaltelelement 14 ein, dessen Ausgang als Ausgang der Einheit 12 bzw. der Einheit 13 wirkt, dessen einer Eingang als Schalteingang der entsprechenden Einheit 12 oder 13 auftritt und dessen anderer Eingang über einen Ausgangsinverter 15 an den Ausgang eines 2UND-NICHT-Steuerelmentes 16 angeschlossen ist, dessen Eingänge an die Ausgänge zweier in gleicher Schaltung aufgebauter identischer logischer Schaltungen 17 und 18 gekoppelt sind. Jede der logischen Schaltungen 17 und 18, beispielsweise die logische Schaltung 17, enthält ein 2UND-2ODER-NICHT-Element 19, ein 2UND-NICHT-Eingangselement 20, ein erstes und ein zweites 3UND-NICHT-Elemente 21 bzw. 22, einen Zwi-scheninverter 23, drei Eingangsinvertoren 24, 25, 26 und ein mehrkanaliges Schwellenwertelement 27, dessen Eingänge an einen der Kontrolleingänge der Haupteinheit 13 angeschlossen sind, der mit den geradzahligen Steuerkanälen 2, 4, 6 verbunden ist. Der Eingang der anderen logischen Schaltung 18 ist mit dem anderen Kontrolleingang der Haupteinheit 13 verbunden, der an die ungeraden Steuerkanäle 3, 5, 7 angeschlossen ist.

Die Ausgänge des mehrkanaligen Schwellenwertelementes 27 sind jeweils an die Eingänge des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes 19, des 2UND-NICHT-Eingangselementes 20 und der Eingangsinvertoren 24, 25, 26 angeschlossen deren Ausgänge an die Eingänge des einen 3UND-NICHT-Elementes 21 gekoppelt sind. Die Ausgänge des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes 19, des 2UND-NICHT-Eingangselementes 20 und des einen 3UND-NICHT-Elementes 21 sind an die Eingänge des anderen 3UND-NICHT-Elementes 22 angeschlossen, dessen Ausgang mit dem Ausgang der

logischen Schaltung 17 über den Zwischeninverter 23 verbunden ist. Die entsprechende Verbindung des 2UND-2ODER-Elementes 19 des 2UND-NICHT-Elementes 20, der 3UND-NICHT-Elemente 21 und 22 und der Invertoren 23, 24, 25, 26 stellt eine Schaltung dar, die auf die Dauer und die Wechselfolge der Steuerimpulse reagiert, während das mehrkanalige Schwellenwertelement 27 auf eine Amplitudenverkleinerung der Steuerimpulse unter den Vorgabewert reagiert.

Das 2UND-NICHT-Steuerelement 16 ist zur Erfüllung der Funktion einer logischen Multiplikation von den Ausgängen der logischen Schaltungen 17 und 18 kommender Signale vorgesehen. Die 2UND-NICHT-Schaltelemente 14 der Haupteinheit 13 und der Reserveeinheit 12 bilden einen Trigerringkreis mit zwei stabilen Zuständen, der die Hauptschalteinheit 10 und die Reserveschalteinheit 11 steuert.

In Fig. 2, 3, 4, 5, 6 und 7 sind zeitliche Spannungsverläufe in charakteristischen Punkten jeder logischen Schaltung 18 bzw. 17 (im betreffenden Fall der logischen Schaltung 17) wiedergegeben. Hier werden auf der Ordinatenachse die Spannung U und auf der Abszissenachse die Zeit t aufgetragen, wobei der Zeitpunkt  $t_1$  dem Anfang der Einspeisung der Steuerimpulse der Reservefolge in die Steuerkanäle 2, 4, 6 und der Zeitpunkt  $t_2$  dem der Einstellung der Erzeugung der Steuerimpulse der Hauptfolge entspricht. In Fig. 2, 3, 4, 5, 6 und 7 stellen die Verläufe a, b und c Eingangsspannungen in den geraden Kanälen 2, 4 und 6, die Verläufe d, e, f – Spannungen an den Eingängen der Eingangsinvertoren 26, 25 und 24, Verläufe g, h, i – Spannungen an den Ausgängen des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes 19, des 2UND-NICHT-Elementes 20, des 3UND-NICHT-Elementes 21, der Verlauf j eine Spannung am Ausgang des Ausgangsinverters 15, der Verlauf k eine Spannung am Ausgang des 2UND-NICHT-Schaltelementes 14 der Haupteinheit 13 und der Verlauf l eine Spannung am Ausgang des Schaltelementes 14 der Reserveeinheit 12 zur Parameterkontrolle dar.

Die beschriebene Einrichtung arbeitet wie folgt.

Im Normalbetrieb erzeugt die Haupteinheit 8 zur Erzeugung der Steuerimpulse eine Hauptfolge der Steuerimpulse mit folgenden vorgegebenen Parametern: Amplitude, Dauer, Wechselfolge in den Steuerkanälen 2, 3, 4, 5, 6, 7. Diese Steuerimpulse gelangen auf die Steuerelektroden der Thyristoren des Thyristorstromrichters 1. Gleichzeitig treffen die Steuerimpulse der Hauptfolge an den Kontrolleingängen der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle ein, wobei im Ausgangszustand am Ausgang der Haupteinheit 13 ein Nullpotential (ein logisches Nullsignal) anliegt, unter dessen Einwirkung sich die Reserveschalteinheit 11 im gesperrten Zustand befindet, und der Reserveeinheit 9 keine Speisespannung zugeführt wird. Im Ergebnis bleiben die Steuerimpulse an den Ausgängen der Reserveeinheit 9 aus, und am Ausgang der Reserveeinheit 12 liegt ein logisches Einssignal vor. Unter der Wirkung dieses Einssignals wird die Hauptschalteinheit 10 im offenen Zustand aufrechterhalten, wodurch die Speisespannung auf die Haupteinheit 10 zur Erzeugung der Steuerimpulse gegeben wird, die, wie bereits erwähnt, die Steuerimpulse der Hauptfolge mit vorgegebenen Parametern weiter erzeugt, die durch die Haupteinheit 13 zur Kontrolle überwacht werden. Falls die Parameter der Steuerimpulse der Hauptfolge von den Vorgabewerten abweichen, erscheint am Ausgang der Haupteinheit 13 zur Kontrolle ein Einssignal. Dieses Einssignal öffnet die Reserveschalteinheit, indem es auf diese auftrifft, wodurch die Reserveeinheit 9 an die Speisequelle angeschaltet wird und mit der Erzeugung der Steuerimpulse der Reservefolge beginnt, die die gleichen vorgegebenen Parameter wie auch die Steuerimpulse der Hauptfolge im Normalbetrieb ausweisen. Die Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge werden durch die Reserveeinheit 12 zur Kontrolle überwacht. Falls die Parameter der Steuerim-

pulse der Reservefolge den Vorgabewerten entsprechen, erscheint am Ausgang der Reserveeinheit 12 zur Kontrolle ein Nullsignal, das die Hauptschalteinheit 10 sperrt, wodurch die Einspeisung der Steuerimpulse der Hauptfolge in die Steuerkanäle 2, 3, 4, 5, 6 und 7 eingestellt wird.

Anschliessend wird die Arbeit der Schaltung, beispielsweise der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Hauptfolge näher erklärt. Es wird davon ausgegangen, dass die logischen Schaltungen 17 und 18 analog zueinander funktionieren, nur dass die logische Schaltung 17 die Parameter der Steuerimpulse in den geraden Steuerkanälen 2, 4 und 6 und die logische Schaltung 18 die Parameter der Steuerimpulse in den Steuerkanälen 3, 5, 7 mit ungeradezähligen Nummern kontrolliert.

Die Steuerimpulse der Hauptfolge gelangen von den geraden Ausgängen der Einheit 8 zur Erzeugung beispielsweise in die geraden Steuerkanäle 2, 4, 6 und auf den Eingang der logischen Schaltung 17 und folglich auf die Eingänge des mehrkanaligen Schwellenwertelementes 27, während die Steuerimpulse von den ungeraden Ausgängen der Einheit 8 in die analog zur logischen Schaltung 17 aufgebaute logische Schaltung 18 kommen. Im Normalbetrieb (Fig. 2), wo die Parameter der Steuerimpulse den Vorgabewerten entsprechen, liegen an den Eingängen des mehrkanaligen Schwellenwertelementes 27 Steuerimpulse mit einer vorgegebenen Amplitude und Dauer (Fig. 2a, b, c) an, die miteinander in einer bestimmten Reihenfolge mit einer Phasenverschiebung von  $120^\circ$  gegeneinander abwechseln. An den Eingängen der Eingangsinvertoren 24, 25 und 26 (Fig. 1) liegen Spannungs-impulse rechteckiger Form (Fig. 2d, e, f) an, die nach der Frequenz und dem Impulsverhältnis die Impulse an den Eingängen der Steuerkanäle 2, 4, 6 (Fig. 1) und an den Eingängen des mehrkanaligen Schwellenwertelementes 27 (Fig. 2a, b, c) der logischen Schaltung 17 (Fig. 1) nachahmen.

Infolge der Signalumwandlung im 2UND-2ODER-NICHT-Element 19, dem 3UND-NICHT-Elemente 21 und dem 2UND-NICHT-Element 20 erscheinen an deren Ausgängen Einssignale (logische Einssignale) (Fig. 2g, 2i, 2h) und am Ausgang des anderen 3UND-NICHT-Elementes 22 (Fig. 2l) ein logisches Nullsignal, das im Zwischeninverter 23 in ein Einssignal umgewandelt wird. Im Normalbetrieb also, wo die Parameter der Steuerimpulse der Hauptfolge den Vorgabewerten gleich sind, erscheinen an den Ausgängen der beiden logischen Schaltungen 17 und 18 der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle Einssignale, die an die Eingänge des 2UND-NICHT-Steuerelementes 16 und dann an den Eingang des Ausgangsinverters 15 gelangen, an dessen Ausgang infolgedessen ein Einssignal (Fig. 2j) auftritt. Am Ausgang der Reserveeinheit 12 zur Parameterkontrolle liegt ein Einssignal (Fig. 2k) an, das ebenso wie das Einssignal vom Ausgang des Ausgangsinverters 15 (Fig. 2j) der Haupteinheit 13 (Fig. 1) zur Parameterkontrolle an den Eingängen des 2UND-NICHT-Schaltelementes 14 der Haupteinheit 13 ankommt, an deren Ausgang ein logisches Nullsignal (Fig. 2l) auftritt, das die Erzeugung der Steuersignale der Reservefolge durch die Reserveeinheit 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse verhindert.

Es wird jetzt die Arbeit der Haupteinheit 13 (Fig. 1) zur Parameterkontrolle bei verschiedenen Abweichungen der Parameter der Steuerimpulse von den Vorgabewerten betrachtet. Die Störungen in der Haupteinheit 8 können eine Amplitudenverkleinerung des Steuerimpulses unter den vorgegebenen Pegel oder ein Ausbleiben des Steuerimpulses in einem der Kanäle 2, 4, 6 verursachen.

In Fig. 3 sind zeitliche Verläufe dargestellt, die die Arbeit der Einheit 13 zur Parameterkontrolle bei einer Amplitudenverkleinerung im Steuerkanal 2 charakterisieren. Die Amplitudenverkleinerung des Steuerimpulses im Kanal 2 (Fig. 3a)

unter den vorgegebenen Pegel bewirkt ein Ausbleiben eines Impulses an dem Ausgang des mehrkanaligen Schwellenwertelementes 27 (Fig. 1), der an den Eingangsverter 26 (Fig. 3d) angeschlossen ist. Im Ergebnis fällt der Pegel einer positiven Spannung am Ausgang des ersten 3UND-NICHT-Elementes 21 (Fig. 1) auf den Pegel einer logischen Null zum Zeitpunkt  $t_1$  (Fig. 3i) ab, d.h. wenn ein gleichzeitiges Ausbleiben von Impulsen an den Eingängen der Eingangsinvertoren 24, 25 und 26 (Fig. 3d, e, f) vorliegt, führt der Spannungsabfall am Ausgang des 3UND-NICHT-Elementes 21 (Fig. 1) dazu, dass sich der Spannungspiegel am Ausgang des anderen 3UND-NICHT-Elementes 22 vom Nullpegel bis zum Pegel einer logischen Eins ändert, was einen Abfall des Spannungspiegels am Ausgang des Zwischeninverters 23 bewirkt, und am Ausgang des 2UND-NICHT-Steuerelementes 16 erscheint ein Signal, das zum Abfall des Pegels einer positiven Spannung am Ausgang des Ausgangsinverters 15 (Fig. 3j) zum Zeitpunkt  $t_1$  führt. In diesem Fall erscheint am Ausgang des 2UND-NICHT-Schaltelementes 14 (Fig. 1) der Einheit 13 anstatt des Nullsignals ein Einssignal (Fig. 3l), das an die Speisequelle über die Reserveschalteinheit 11 (Fig. 1) die Reserveeinheit 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse anschaltet. Am Thyristorstromrichter 1 beginnen Steuerimpulse der Reservefolge anzukommen, deren Parameter durch die Reserveeinheit 12 zur Parameterkontrolle in Analogie zur oben beschriebenen Haupteinheit 13 überwacht werden.

Beim Eintritt einer zu einer Verringerung der Steuerimpulsdauer in einem beliebigen der Kanäle, beispielsweise im Kanal 2 (Fig. 4a), führenden Störung in der Haupteinheit 8 zur Erzeugung der Steuerimpulse, wird am Eingang des Eingangsinverters 26 (Fig. 4d) ein nach der Form mit dem Steuerimpuls des Kanals 2 zusammenfallender Impuls erzeugt. Hierbei werden am Ausgang des 3UND-NICHT-Elementes 21 (Fig. 4i) und am Ausgang des Ausgangsinverters 15 (Fig. 4j) zum Zeitpunkt  $t_1$  logische 0-Signale erzeugt. Im Ergebnis wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 (Fig. 1) der Haupteinheit 13 zur Kontrolle ein logisches 1-Signal (Fig. 4l) erzeugt, das als Signal zu einem Übergang auf die Reservefolge der Steuerimpulse dient.

Bei der Arbeit des Thyristorstromrichters 1 ist in der Haupteinheit 8 zur Erzeugung der Steuerimpulse der Eintritt einer Störung möglich, die zu einer Vergrößerung der Steuerimpulsdauer oder zum Auftreten eines «durchgehenden» Impulses, beispielsweise im Steuerkanal 2 (Fig. 5a), führt. Die Steuerimpulsdauer hat in diesem Kanal 2 gegenüber dem Steuerimpuls im Kanal 4 zugenommen, wobei am Eingang des Eingangsinverters 26 (Fig. 5d) ein nach der Form mit dem Steuerimpuls im Kanal 2 zusammenfallender Impuls formiert wird. Dies bewirkt ein Erscheinen von logischen 0-Signalen zum Zeitpunkt  $t_1$  (Fig. 5j, 5g) am Ausgang des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes 19 (Fig. 1) und am Ausgang des Ausgangsinverters 15. In der Folge wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 (Fig. 1) der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle ein logisches Einssignal (Fig. 5l) erzeugt, das als Signal zu einem Übergang auf die Reservefolge der Steuerimpulse auftritt.

Darüber hinaus sind bei Betrieb der Schaltung der Haupteinheit 8 zur Erzeugung der Steuerimpulse Störungen möglich, die zur Vergrößerung der Dauer oder zum Erscheinen eines «durchgehenden» Steuerimpulses im zweiten bzw. dem sechsten Kanal (Fig. 1) in Bezug aufeinander (Fig. 6a, 6c) führen können.

So wird z.B. bei einer Vergrößerung der Steuerimpulsdauer im Kanal 6 (Fig. 6c) gegenüber dem Kanal 2 (Fig. 6a) am Eingang des Eingangsinverters 24 (Fig. 6f) ein nach der Form mit dem Steuerimpuls des Kanals 6 zusammenfallender Impuls ausgebildet. Hierbei werden am Ausgang des 2UND-2ODER-NICHT-Elementes 19 (Fig. 1) und am Ausgang des

Ausgangsinverters 15 zum Zeitpunkt  $t_1$  logische 0-Signale (Fig. 6g, j) erzeugt. Infolgedessen wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 (Fig. 1) ein logisches 1-Signal (Fig. 6l) erzeugt, das als Signal zu einem Übergang auf die Reservefolge der Steuerimpulse wirkt.

Bei einer Vergrößerung der Steuerimpulsdauer im Kanal 4 gegenüber dem Kanal 6, wie in Fig. 7b, c gezeigt, werden am Ausgang des 2UND-NICHT-Elementes 20 (Fig. 1) und am Ausgang des Ausgangsinverters 15 (Fig. 1) zum Zeitpunkt  $t_1$  logische 0-Signale (Fig. 7h, j) formiert. Infolgedessen wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 (Fig. 1) ein logisches 1-Signal (Fig. 7l) erzeugt, das als Signal zu einem Übergang auf die Reservefolge der Steuerimpulse dient.

Die Parameterkontrolle der Steuerimpulse in den ungeraden Kanälen 3, 5, 7 wird durch die logische Schaltung 18 in Analogie zu dem für die geraden Kanäle 2, 4, 6 beschriebenen übernommen.

Bei Betrieb der Einrichtung wird also eine ständige Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Hauptfolge über sämtliche Steuerkanäle 2, 3, 4, 5, 6, 7 vorgenommen, und bei der Abweichung von den Vorgabewerten wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 (Fig. 1) der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle ein logisches 1-Signal erzeugt, unter dessen Wirkung die Einheit 9 zur Erzeugung einer Reservefolge der Steuerimpulse betätigt wird.

Von dem Augenblick der Erzeugung der Reservefolge der Steuerimpulse wird durch die Reserveeinheit 12 zur Parameterkontrolle der Steuerimpulse eine ständige Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Reservefolge analog zu dem durchgeführt, wie dies in der Haupteinheit 13 zur Parameterkontrolle der Fall ist.

Bei einer Koinzidenz der Parameter der Steuerimpulse der Reservefolge mit den Vorgabewerten wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Ausgangselementes 14 der Reserveeinheit 12 ein logisches 0-Signal (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7k) formiert, unter dessen Wirkung der Haupteinheit 8 zur Erzeugung der Steuerimpulse eine Speisespannung entnommen wird. Im Ergebnis gelangen auf die Steuerelektroden des Thyristorstromrichters 1 keine Steuerimpulse der Hauptfolge.

In dieser Weise wird beim beschriebenen Steuerverfahren für einen Thyristorstromrichter und bei der Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens im Unterschied zum Stande der Technik eine stetige Parameterkontrolle der Steuerimpulse der Hauptfolge mit Hilfe der Haupteinheit 13 ausgeübt, welche eine Kontrolle der Impulsamplitude, -dauer, -wechselfolge gleichzeitig über sämtliche Steuerkanäle gewährleistet.

Bei einer Abweichung der genannten Parameter der Steuerimpulse von den Vorgabewerten erscheint am Ausgang des 2UND-NICHT-Schaltelementes 14 der Haupteinheit 13 zur Kontrolle ein logisches Einssignal, welches bewirkt, dass zur Erzeugung der Reservefolge der Steuerimpulse die Reserveschalteinheit 11 die Reserveeinheit 9 speist.

Von diesen Augenblick an wird durch die Reserveeinheit 12 eine ständige Parameterkontrolle der Steuerimpulse zur Kontrolle ausgeübt, bei der die Impulsamplitude, -dauer, -wechselfolge überwacht werden.

Stimmen die genannten Parameter der Steuerimpulse mit den Vorgabewerten überein, so wird am Ausgang des 2UND-NICHT-Schaltelementes 14 der Reserveeinheit 12 zur Parameterkontrolle ein logisches 0-Signal erzeugt. Zur Erzeugung der Hauptfolge der Steuerimpulse erscheint mit Hilfe der Hauptschalteinheit 10 unter Wirkung des Signals eine Speisespannung an der Haupteinheit 8. An den Thyristorstromrichter 1 gelangen somit keine Steuerimpulse der Hauptfolge.

In der beschriebenen Weise wird eine gleichmässige Auslastung der Thyristoren des Thyristorstromrichters 1 bei sämtlichen Betriebsarten erreicht, da die Parameter der Steuerim-

pulse unveränderlich bleiben. Gleichzeitig wird eine gleichmässige Phasenbelastung eines (in Fig. 1 nicht gezeigten), den Thyristorstromrichter 1 an das Speisenetz anpassenden Transformators ermöglicht. Darüber hinaus gestattet die Anwendung der Haupt- und der Reserveeinheit zur Erzeugung der Steuerimpulse, die Möglichkeiten zum Reparieren des Thyristorstromrichters 1 zu erhöhen, da eine der Einheiten 8 oder 9 zur Erzeugung der Steuerimpulse ohne Abschaltung des Thyristorstromrichters 1 repariert werden.

Das beschriebene Steuerverfahren und die zur Ausführung geeignete Einrichtung ermöglichen die Zuverlässigkeit

des Thyristorstromrichters wesentlich zu erhöhen, was eine Erhöhung der Zuverlässigkeit einer mit der Einrichtung ausgerüsteten Synchronmaschine zur Folge hat.

Das Steuerverfahren und die Einrichtung können in Erregersystemen mit Thyristoren bei leistungsstarken Synchronmaschinen Anwendung finden, wo das Problem der Betriebssicherheit des Thyristorstromrichters besonders wichtig ist, da der Ausfall einer Einheit zur Erzeugung einer Steuerimpulsfolge zum Ausfall des Thyristorstromrichters und der Elektromaschine führt, deren Leistung wesentlich höher als die Leistung des Thyristorstromrichters liegt.

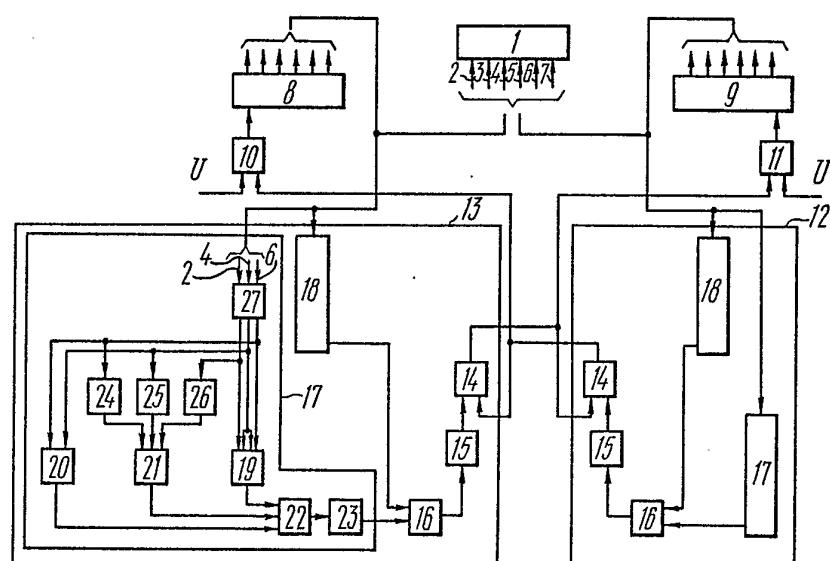


FIG. 1

