



CH 682435 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ **CH 682435 A5**

⑤① Int. Cl.⁵: **H 02 M 1/10**
H 02 M 5/44
H 02 H 3/05

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

⑫ **PATENTSCHRIFT A5**

⑳ Gesuchsnummer: 3656/90

⑦③ Inhaber:
Inventio AG, Hergiswil NW

㉔ Anmeldungsdatum: 19.11.1990

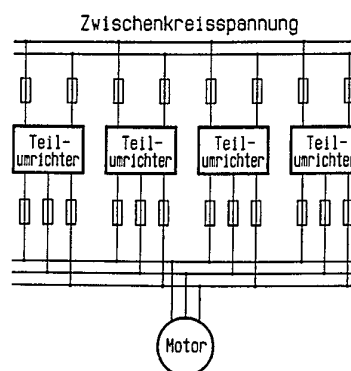
㉔ Patent erteilt: 15.09.1993

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.09.1993

⑦② Erfinder:
Rohner, Ronald, Baden

⑤④ **Vorrichtung zur Sicherung des unterbrechungsfreien Betriebes von Umrichtern.**

⑤⑦ Bei dieser Art von Zusammenschaltung von Umrichtern wird die Betriebssicherheit angehoben, indem defekte Einheiten im Sinne eines Redundanzverhaltens aus dem Verband herausgetrennt werden. Mit derselben Methode können generell Umrichter während des Betriebes zu- und weggeschaltet werden, womit eine variable und dynamische Verteilung der Umrichterleistung auf verschiedene Lasten möglich ist.



CH 682435 A5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Sicherung des unterbrechungsfreien Betriebes von Umrichtern und Umrichteranlagen, insbesondere eines redundanten Verhaltens im Fehlerfall.

Üblicherweise steht eine komplette zweite Umrichteranlage bereit, um im Fehlerfall die defekte Anlage zu ersetzen. Im Fehlerfall werden alle Leistungs- und Steuerverbindungen auf die Reserveanlage umgeschaltet und danach kann der Betrieb wieder aufgenommen werden.

Ein Nachteil der bekannten Einrichtung liegt darin, dass im Fehlerfall wertvolle Betriebszeit der antreibenden Einrichtung verlorengeht. Ein weiterer Nachteil ist darin zu sehen, dass die Reserveanlage im Normalfall unbenutzt bleibt.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, die Nachteile der bekannten Einrichtung zu vermeiden und eine Anlage mit erhöhter Betriebssicherheit und Verfügbarkeit zu schaffen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anlage mit den zum Schutz des Teilumrichters bei Auftreten eines heissen Pfades vorgesehenen Schmelzsicherungen,

Fig. 2 die Wirkungsweise der Sicherungen wenn der obere und der untere Schalter eines Teilumrichters zugleich geschlossen sind,

Fig. 3 die Wirkungsweise der Sicherung bei einem Defekt in der Phasenstrom-Steuerung eines einzelnen Teilumrichters und

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei parallelgeschalteten, dreiphasigen Transistorumrichtern.

Da der Ausfall eines Umrichters sehr oft den Unterbruch ganzer Betriebsabläufe nach sich zieht, muss zumindest sichergestellt werden, dass eine Instandsetzung in kürzester Zeit erfolgen kann. Bei vielen Anwendungen reicht dies indessen nicht mehr aus und es wird gefordert, dass ein praktisch unterbrechungsfreier Betrieb auch im Fehlerfall möglich ist.

Hierzu bietet sich das Redundanzprinzip an. Das heisst, fehlerhafte Teilsysteme werden aus dem Gesamtsystem herausgetrennt und ihre Aufgabe wird von anderen Komponenten übernommen. Dabei wird unterschieden zwischen dynamischer und statischer Redundanz:

Definition: dynamische Redundanz; Systeme, bei denen nur im Fehlerfall zusätzliche Komponenten miteingebunden werden.

Definition: statische Redundanz; Systeme, bei denen die zusätzlichen Komponenten auch im Nichtfehlerfall permanent im Einsatz stehen.

Dynamische Redundanz:

In der Praxis sieht dynamische Redundanz so aus, dass eine komplette zweite Umrichteranlage

bereitstehen muss, um im Fehlerfall die defekte Anlage zu ersetzen. Ob diese Reserveanlage bereits unter Spannung steht oder nicht, spielt letztlich keine Rolle, entscheidend ist die Zeit, bis alle Leistungs- und Steuerverbindungen umgeschaltet, bzw. umgehängt sind und der Betrieb voll wieder aufgenommen werden kann. Wirtschaftlich gesehen ist dynamische Redundanz vor allem bei Einzelanlagen ausserordentlich ungünstig, da im Normalfall immer eine Anlage unbenutzt bleibt. Neben den doppelt so grossen Investitions- und Wartungskosten wirkt sich auch der doppelte Platzbedarf sehr ungünstig aus. In Fällen, wo mehrere identische Anlagen am selben Ort in Betrieb sind, verbessert sich die Situation, da ein zusätzlicher Umrichter als Reserveanlage für alle übrigen dienen kann. Allerdings dürfen nicht mehrere Umrichter zur selben Zeit ausfallen, da jeweils nur einer von der Redundanz Gebrauch machen darf.

Statische Redundanz:

Das Prinzip der dynamischen Redundanz lässt sich selbstverständlich auch bei zusammengeschalteten Umrichtern einsetzen. Dabei ist vor allem der Fall interessant, bei dem für einen zusammengeschalteten Umrichter, der aus einer bestimmten Anzahl von Teilumrichtern besteht, ein zusätzlicher Teilumrichter als Reserveeinheit bereitgestellt wird. Da die Leistung eines Teilumrichters verhältnismässig gering ist, sind auch die Kosten und der Platzbedarf für dieses Reservemodul entsprechend bescheiden.

Viel interessanter als die dynamische Redundanz ist bei parallelen Umrichtern allerdings der Fall der statischen Redundanz. Dazu folgendes Beispiel:

An eine Umrichteranlage wird die Forderung gestellt, eine Leistung von 350 kVA mit hoher Zuverlässigkeit zu erbringen. Aufgebaut wird die Anlage als zusammengeschalteter Umrichter mit 8 Teilumrichtern zu je 50 kVA. Die installierte Leistung beträgt so total 400 kVA. Fällt ein Teilumrichter durch einen irreversiblen Schaden aus, so wird dieser aus dem Verband herausgetrennt und die restlichen 7 Teilumrichter führen den Betrieb weiter mit maximal 350 kVA aus. Für das eben beschriebene Heraustrennen eines defekten Teilumrichters gibt es nun verschiedene Varianten, von denen zwei nachfolgend genauer beschrieben werden:

- Heraustrennen durch einen mechanischen Vorgang
- Heraustrennen durch einen elektro-thermischen Vorgang

Mechanisches Heraustrennen:

Darunter sind manuelle Tätigkeiten wie das Lösen von Kabelverbindungen oder das Heraustrennen durch Leistungsschütze zu verstehen. Dabei sind die zu schaltenden Ströme entsprechend der Leistung eines Teilumrichters, relativ niedrig.

Elektro-thermisches Heraustrennen:

Hierbei wird von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, dass Leistungen bis etwa 50 kVA relativ gut durch Schmelzsicherungen abgesichert werden können. Im Fehlerfall wird der defekte Teilumrichter gegebenenfalls «abgeschossen», indem die (n-1) gesunden Teilumrichter gemeinsam so viel Strom in das fehlerhafte Gerät «pumpen», dass dessen Schmelzsicherungen durchbrennen. Dieser Vorgang kann on-line vorgenommen werden, das heisst, die angeschlossene Last, z.B. ein Motor, wird praktisch nichts vom ganzen Vorgang bemerken. Wie dieser «Abschiessvorgang» eines Teilumrichters vonstatten geht, soll nun genauer betrachtet werden.

Statische Redundanz durch «Abschiessen» von Teilumrichtern:

Bei diesem Verfahren werden die Teilumrichter sowohl auf der Seite des Zwischenkreises (entspricht dem Eingang) wie auch ausgangsseitig durch Schmelzsicherungen verbunden. Es sei noch einmal gesagt, dass diese Schmelzsicherungen nicht die Aufgabe haben, die Halbleiter zu schützen, dazu sind sie viel zu langsam, sondern sie dienen lediglich dazu, einen fehlerhaften Teilumrichter gegebenenfalls abzutrennen, siehe Fig. 1.

Die Sicherungen auf seiten des Zwischenkreises treten dabei bei einem «heissen Pfad» im Innern eines Teilumrichters in Funktion, wenn gleichzeitig der obere und der untere Schalter in einem Zweig geschlossen sind, siehe Fig. 2.

Die Ausgangssicherungen ermöglichen das Abtrennen, wenn der Phasenstrom eines Teilumrichters aus irgendeinem Grund nicht mehr kontrolliert werden kann. Dabei geht man davon aus, dass die (n-1) gesunden Teilumrichter genügend Strom liefern können, um die entsprechende Phasensicherung durchbrennen zu lassen, siehe Fig. 3.

Das Verhalten des Gesamtsystems bleibt dabei immer dasselbe:

Tritt ein Fehler in einem Teilumrichter auf, so werden dessen Schalter geöffnet, ist dies nicht möglich, wird stattdessen die betreffende Ausgangssicherung durchgebrannt und der Betrieb mit (n-1) Teilumrichtern fortgesetzt.

Der Aufwand für dieses Redundanzprinzip ist verhältnismässig gering, wenn man bedenkt, dass das ganze Verfahren on-line durchgeführt werden kann. Geht man zudem von einer üblichen Umrichterdimensionierung aus, bei der die installierte Leistung ohnehin immer höher angesetzt wird als unbedingt nötig, so ist es oft nicht einmal erforderlich, zusätzliche Leistungsreserven für die Redundanz miteinzuberechnen.

Statt der Schmelzsicherungen können auch andere Schaltgeräte, insbesondere Schützen für obige Aufgaben, eingesetzt werden.

Werden in einem Antrieb mehrere Motoren parallel betrieben, kann ein zusätzlicher Motor mittels eines vorher abgetrennten Teilumrichters hochgefahren werden. Nach dem Hochfahren wird dieser Teilumrichter wieder mit den übrigen Umrichtern verbunden.

In vielen Fällen wird von Antrieben nur zu bestimmten Zeiten die volle Leistung verlangt, z.B. während des Anfahrens. In der übrigen Zeit genügt eine sehr viel geringere Leistung für die Aufrechterhaltung des Betriebes. Aus diesem Grund kann eine Umrichteranlage konzipiert werden, die aus einer grossen Anzahl einzelner Umrichter besteht, welche mit geeigneten Verfahren beliebig auf Sammelschienen zusammengeschaltet werden können. Mit anderen Worten, die Umrichterleistung wird dynamisch, je nach Anforderungen auf die Lasten aufgeteilt. Damit kann die gesamte installierte Umrichterleistung in einer Anlage reduziert werden.

Die Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemässe Anlage mit zwei parallelgeschalteten dreiphasigen Transistorumrichtern. Der Ausgangsstrom soll von beiden Umrichtern zu je 50% geliefert werden.

Der erste Umrichter, auch Teilumrichter R genannt, besteht aus den Transistoren 16 bis 21, den Transistoransteuereinheiten 13 bis 15, den Drosseln 22 bis 24, den Differenzverstärkern 7 bis 9, den verstellbaren Signalverzögerungseinheiten 10 bis 12 sowie den Strommessgliedern 46 bis 48.

Der zweite Umrichter, auch Teilumrichter S genannt, besteht aus den Transistoren 37 bis 42, den Transistoransteuereinheiten 34 bis 36, den Drosseln 43 bis 45, den Differenzverstärkern 28 bis 30, den verstellbaren Signalverzögerungseinheiten 31 bis 33, sowie den Strommessgliedern 49 bis 51.

Der Zwischenkreis wird gebildet aus dem Netzgleichrichter 25 und dem Zwischenkreiskondensator 26 und dient zum Gleichrichten und Sieben der dreiphasigen Netzeinspeisung. Beide Teilumrichter sind an denselben gemeinsamen Zwischenkreis angeschlossen.

Das Leitsystem, auch Host genannt, besteht aus den Komparatoren 1 bis 3, den Stromsollwertteilern 4 bis 6 sowie den Strommessgliedern 52 bis 54. Die Stromsollwertteiler dividieren die von aussen an die Anlage gelegten Stromsollwerte Isoll A, Isoll B und Isoll C durch zwei und berechnen so die Stromsollwerte, die jeder der beiden Teilumrichter liefern muss. Die Strommessglieder 52 bis 54 messen die Ausgangsströme der gesamten Umrichteranlage.

Die Last, in diesem Fall ein dreiphasiger Motor 27, wird an die zusammengeschalteten Ausgänge der beiden Teilumrichter angeschlossen.

Soll ein Motor angetrieben werden, so muss eine entsprechende dreiphasige Stromsollgrösse an die Komparatoren 1 bis 3 des Host angelegt werden (Isoll A, Isoll B, Isoll C), wobei gemäss den kirchhoffschen Gesetzen natürlich gelten muss $I_{\text{Isoll A}} + I_{\text{Isoll B}} + I_{\text{Isoll C}} = 0$.

Als Beispiel für die Funktionsweise der Anlage wird im folgenden nur die Phase A betrachtet. Die beiden übrigen Phasen B und C funktionieren in analoger Weise. Ist z.B. der Iststrom der Phase A im Vergleich zum Sollwert des Ausgangsstromes, der mit dem Strommessglied 52 gemessen wird, zu gering, so gibt der Komparator 1 den beiden Teilumrichtern die Anweisung, die entsprechenden Transistoren einzuschalten bzw. auszuschalten. Dieser Vorgang wird Gesamtstromregelung genannt.

Im Falle des Teilumrichters 1 wird in diesem Fall via Signalverzögerungseinheit 10 und Transistoransteuereinheit 13 der Transistor 16 eingeschaltet und gleichzeitig der Transistor 19 ausgeschaltet. Das Ausgangssignal vom Komparator 1 wird dabei in der Signalverzögerungseinheit 10 um eine Zeit $T_0 + \Delta T_1(A)$ verzögert. Die Zeit $\Delta T_1(A)$ kann positiv oder negativ sein, ist im Betrag aber immer kleiner als T_0 , so dass $T_0 + \Delta T_1(A) > 0$ sec ist. Mit der variablen Zeitverzögerung $\Delta T_1(A)$ kann nun der Ausgleichsstrom des Teilumrichters 1 im Sinne einer Ausgleichsregelung beeinflusst werden. Dies geschieht so, dass der Differenzverstärker 7 vom Stromsollwert, der vom Stromsollwertteiler 4 geliefert wird, den Stromistwert, der 35 vom Strommessglied 46 geliefert wird, abzieht. Die Differenz ist ein Mass für die Abweichung des Stromsollwertes vom Istwert des Teilumrichters 1. Ist der Stromsollwert des Teilumrichters 1 zu gross, so wird das vom Komparator 1 kommende Signal für das Umschalten der Transistoren in der Weise verzögert, dass der Istwert des Ausgangsstromes des Teilumrichters 1 sich seinem Sollwert angleicht. Konkret heisst dies: ist der Istwert zu klein, wird $\Delta T_1(A)$ negativ, wenn der Transistor 16 ein- und der Transistor 19 ausgeschaltet wird, bzw. positiv, wenn der Transistor 16 aus- und der Transistor 19 eingeschaltet wird. Die Drossel 22 beschränkt bei diesem Regelvorgang lediglich die Steilheit der Stromänderung.

Im Falle des Teilumrichters 2 wird in diesem Fall via Signalverzögerungseinheit 31 und der Transistoransteuereinheit 34 der Transistor 37 eingeschaltet und gleichzeitig der Transistor 40 ausgeschaltet. Das Ausgangssignal vom Komparator 1 wird dabei in der Signalverzögerungseinheit 31 um eine Zeit $T_0 + \Delta T_2(A)$ verzögert. Die Zeit $\Delta T_2(A)$ kann positiv oder negativ sein, ist im Betrag aber immer kleiner als T_0 , so dass $T_0 + \Delta T_2(A) > 0$ sec ist. Mit der variablen Zeitverzögerung $\Delta T_2(A)$ kann nun der Ausgangsstrom des Teilumrichters 2 im Sinne einer Ausgleichsregelung beeinflusst werden. Dies geschieht so, dass der Differenzverstärker 28 vom Stromsollwert, der vom Stromsollwertteiler 4 geliefert wird, den Stromistwert, der vom Strommessglied 49 geliefert wird, abzieht. Die Differenz ist ein Mass für die Abweichung des Stromsollwertes vom Istwert des Teilumrichters 2. Ist der Stromsollwert des Teilumrichters 2 zu gross, so wird das vom Komparator 1 kommende Signal für das Umschalten der Transistoren in der Weise verzögert, dass der Istwert des Ausgangsstromes des Teilumrichters 2 sich seinem Sollwert angleicht. Konkret heisst dies: ist der Istwert zu klein, wird $T_2(A)$ negativ, wenn der Transistor 37 ein- und der Transistor 40 ausgeschaltet wird, bzw. positiv, wenn der Transistor 37 aus- und der Transistor 40 eingeschaltet wird. Die Drossel 43 beschränkt bei diesem Regelvorgang lediglich die Steilheit der Stromänderung.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Sicherung des unterbrechungsfreien Betriebes von Umrichtern und Umrich-

teranlagen, insbesondere eines redundanten Verhaltens im Fehlerfall, dadurch gekennzeichnet, dass aus einem Ensemble aus parallel oder reihen geschalteten Umrichtern einzelne oder Gruppen von Umrichtern freizügig und ohne Unterbrechung der üblichen Umrichterfunktion zu- und wegschaltbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Zu- und Wegschalten mit Schaltgeräten, insbesondere elektronischen, thermischen oder mechanischen durchgeführt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingänge der zusammengeschalteten Umrichter über Schaltgeräte, insbesondere elektronische, thermische oder mechanische verbunden sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgänge der zusammengeschalteten Umrichter über Schaltgeräte, insbesondere elektronische, thermische oder mechanische verbunden sind.

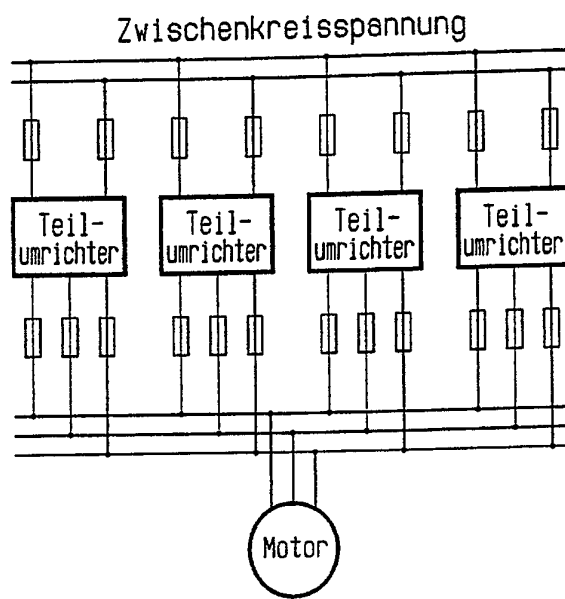
5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass fehlerhafte Umrichter mit Schaltgeräten, insbesondere elektronischen, thermischen oder mechanischen herausgetrennt werden.

6. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 1 dafür, dass einzelne Umrichter für Kontroll- oder Servicearbeiten während des Betriebes abgetrennt werden.

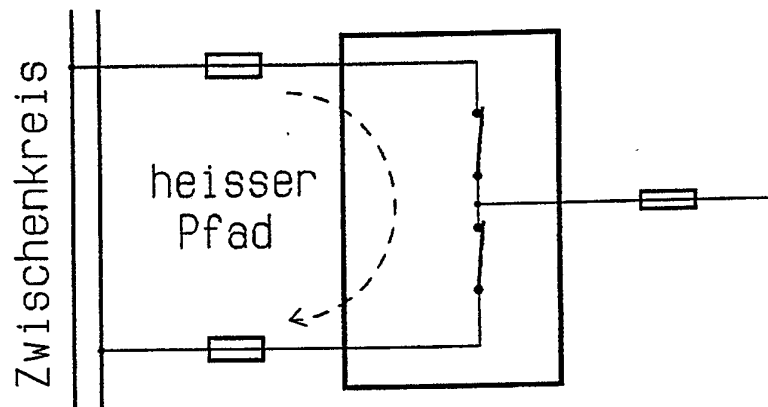
7. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 1 dafür, dass einzelne Umrichter als Anfahrumrichter verwendet werden.

8. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 1 dafür, dass eine variable Zuteilung von beliebigen Umrichtern oder Umrichtergruppen auf eine oder mehrere Lasten durchgeführt wird.

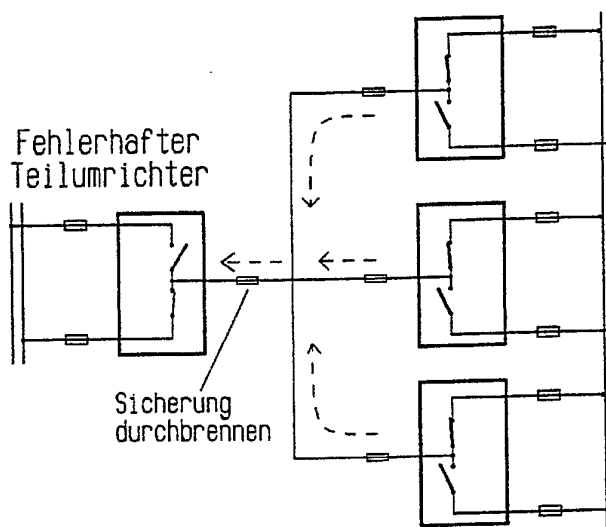
9. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 1 dafür, dass je nach Leistungsbedarf der Last Umrichter während des Betriebes zu- und weggeschaltet werden.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

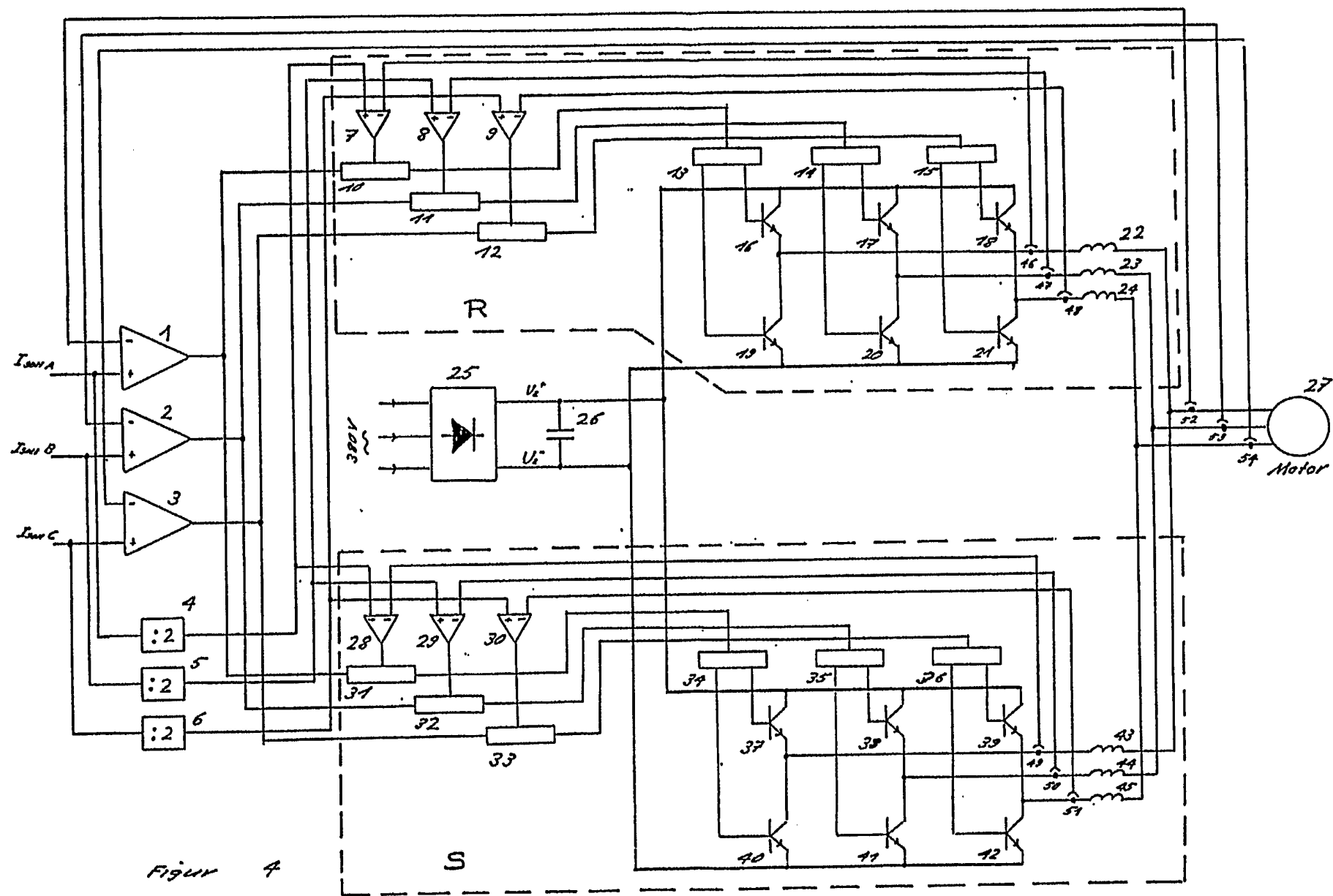


Figure 4