



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer:

AT 405 995 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1496/96

(51) Int.C1.⁷ : H02M 7/70
H02M 7/06, G05F 1/569

(22) Anmeldetag: 20. 8.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1999

(45) Ausgabetag: 25. 1.2000

(56) Entgegenhaltungen:

DE 2005623C CH 621443A5

(73) Patentinhaber:

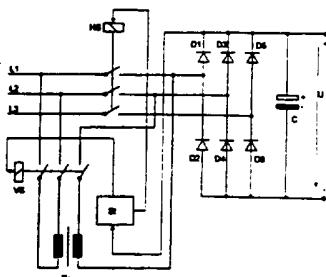
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

REISCHER WILHELM ING.
WIEN (AT).

(54) ANORDNUNG ZUM VORLADEN VON ZWISCHENKREISKONDENSATOREN

(57) Eine Schaltung zur Energieeinspeisung bzw. Rückspeisung mit einem über einen gesteuerten Schalter an ein Wechselstromnetz angeschlossenen Gleichrichter und mit einem dem Gleichrichter nachgeschalteten Zwischenkreiskondensator, sowie mit einer gesteuert schaltbaren Einrichtung zum Vorladen des Zwischenkreiskondensators und mit einer Steuereinrichtung zum Steuern des Schalters und der schaltbaren Einrichtung, wobei zwischen das Netz und den Gleichrichter über einen Vorladeschalter ein Vorladetransformator schaltbar ist, welcher als die Schaltstrecke des Hauptschalters überbrückender Trenntransformator ausgebildet ist, um eine einfache Potentialtrennung und ein erdfreies Vorladen zu ermöglichen.



B

AT 405 995

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltung zur Energieeinspeisung bzw. Rückspeisung mit einem über einen gesteuerten Schalter an ein Wechselstromnetz angeschlossenen Gleichrichter und mit einem dem Gleichrichter nachgeschalteten Zwischenkreiskondensator, sowie mit einer gesteuert schaltbaren Einrichtung zum Vorladen des Zwischenkreiskondensators und mit einer Steuereinrichtung zum Steuern des Schalters und der schaltbaren Einrichtung.

Schaltungen dieser Art sind meist als Umrichter bekannt, und sie dienen beispielsweise zum Versorgen von Antriebsmotoren. In einem solchen Fall folgt auf den Zwischenkreiskondensator ein Wechselrichter, der die Zwischenkreis-Gleichspannung z.B. in eine Dreiphasen-Wechselspannung wandelt, mit welcher ein Drehstrommotor versorgt wird.

In vielen Anwendungsfällen ist die Kapazität der üblicherweise als Elektrolytkondensatoren ausgebildeten Zwischenkreiskondensatoren beträchtlich. Sie liegt in der Größenordnung von $100 \mu\text{F}$ bis 100 mF , wobei bei höheren Spannungen für Elektrolytkondensatoren Serienschaltungen erforderlich sind. Solche Serienschaltungen, ebenso wie Parallelschaltungen von Kondensatoren, sollen hier alle unter dem in Einzahl gehaltenen Begriff "Zwischenkreiskondensatot" verstanden werden.

Ohne besondere Maßnahmen kann ein Umrichter mit einem Zwischenkreiskondensator hoher Kapazität nicht ans Netz geschaltet werden, da der Einschalt-Stromstoß zu hoch und in vielerlei Hinsicht nachteilig wäre. So gefährdet ein solcher Stromstoß den Einspeise-Gleichrichter und ebenso den Zwischenkreiskondensator. Bei ungünstigen Kreisimpedanzen kann an dem Zwischenkreiskondensator auch eine zu hohe Spannung auftreten und ebenso sind die Rückwirkungen einen solchen Stromstoßes auf das einspeisende Netz untragbar.

Um diesen Problemen zu begegnen, wird der Zwischenkreiskondensator vor dem endgültigen Anschalten des Umrichters an das Netz über Widerstände aufgeladen, bis er eine gewisse Minimalspannung erreicht hat. Erst bei dieser minimal geforderten Spannung wird der Hauptschalter, meistens ein Schütz, eingeschaltet, sodaß der Umrichter nun direkt am Netz liegt und der Zwischenkreiskondensator unmittelbar von dem Gleichrichter versorgt wird.

Diese Lösung für eine schaltbare Einrichtung zum Vorladen des Zwischenkreises ist einfach und kostengünstig, doch sind verschiedene Teile des Umrichters bei bestimmten Fehlerzuständen gefährdet. Beispielsweise sind Freilaufdioden eines Wechselrichters bei einem Erdschluß in einem Gruppenantrieb gefährdet und die Vorladewiderstände selbst können bei verschiedenen Betriebszuständen überlastet werden, sodaß sie abbrennen. Falls die Vorladewiderstände nach dem Gleichrichter angeordnet sind, treten besonders unangenehme Gleichspannungslichtbögen auf.

Eine andere bekannte Lösung nach dem Stand der Technik verwendet anstelle der Gleichrichterbrücke eine Thyristorbrücke mit Phasenanschnittsteuerung über einen Hochlaufgeber. Bei dieser Lösung ist allerdings eine aufwendigere Ansteuerelektronik für die Thyristoren samt geeigneter Stromversorgung erforderlich und an der Thyristorbrücke tritt - verglichen mit einer Diodenbrücke - eine größere Verlustleistung auf.

Aus der DE 2 005 623 C geht eine Schaltung hervor, welche - ein Mehrphasennetz voraussetzend - die Einschaltbelastung dadurch mindert, daß die einzelnen Phasen mit Hilfe von drei Schaltern zeitlich versetzt in zwei Stufen aufeinanderfolgend eingeschaltet werden. Es versteht sich, daß dadurch zwar eine Aufteilung der Ladestromstöße möglich ist, eine tatsächliche Dämpfung erfolgt jedoch keineswegs.

Die aus der CH 621 443 bekannt gewordene Gleichrichteranlage setzt gleichfalls ein Mehrphasennetz, nämlich ein 3-Phasennetz voraus, wobei jedoch nur zwei Schalter vorgesehen sind. Auch hier erfolgen zwei Ladestromstöße, für welche das gleiche wie vorhin gilt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Einrichtung zum Vorladen des Zwischenkreiskondensators anzugeben, die mit geringem Aufwand eine sichere Funktion gewährleistet und welche auch bei einem Erdschluß des Verbrauchers keine zusätzliche Gefahrenquelle für Bauteile darstellt.

Diese Aufgabe wird mit einem Umrichter der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß zwischen das Netz und den Gleichrichter über einen Vorladeschalter ein Vorladetransformator schaltbar ist, welcher als die Schaltstrecke des Hauptschalter überbrückender Trenntransformator ausgebildet ist.

Obwohl die Nennleistung der hier betrachteten Umrichter in einem Bereich von Kilowatt bis Megawatt liegen kann, somit also sehr groß sein kann, muß der Vorladetransformator nur auf einen kleinen Bruchteil dieser Leistung dimensioniert werden, da er nur kurzzeitig eingesetzt wird. Der Vorladetransformator bewirkt auf einfache Weise eine Potentialtrennung und ermöglicht somit ein erdfreies Vorladen, bei dem auch bei Erdschluß des Verbrauchers keine Gefährdung von Bauteilen, beispielsweise der Freilaufdioden eines Wechselrichters auftritt.

Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß der Vorladetransformator primär und/oder sekundärseitig über den Vorladeschalter schaltbar ist. In den meisten Fällen wird es hierbei

genügen, den Vorladetrausformator entweder primärseitig oder sekundärseitig zu schalten, da er nach dem Vorladen im Leerlauf arbeitet und keine weitere Belastung darstellt.

Im Falle einer Schaltung für ein Dreiphasen-Netz und mit einer Dreiphasen-Gleichrichterbrücke ist es weiters zweckmäßig, wenn der Vorladetransformator ein Einphasen-Trenntransformator ist, der primär- und

sekundärseitig je zwei Phasenleitern zugeordnet ist. Diese Lösung ist besonders kostengünstig, wobei davon ausgegangen werden kann, daß für das Vorladen des Zwischenkreiskondensators in den meisten Fällen kein Dreiphasen-Transformator erforderlich ist. Verständlicherweise ist der Aufwand für einen Einphasen-Transformator mit nur zwei Wicklungen wesentlich geringer als jener für einen Dreiphasen-Transformator mit insgesamt sechs Wicklungen.

Die Erfindung samt weiterer Vorteile ist im folgenden anhand beispielweiser Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen Fig. 1 die Prinzipschaltung eines Umrichters für ein Dreiphasen-Netz nach dem Stand der Technik, Fig. 2 die Prinzipschaltung einer ersten Ausführungsform der Erfindung für ein Dreiphasen-Netz und Fig. 3 die Prinzipschaltung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung für ein Dreiphasen-Netz.

In Fig. 1 ist zunächst eine Schaltung eines Umrichters nach dem Stand der Technik beschrieben, bei welcher an den drei Phasen L₁, L₂, L₃ eines Dreiphasen-Netzes über einen Hauptschütz HS mit drei, hier nicht näher bezeichneten Schaltkontakten eine aus sechs Dioden D₁ ... D₆ bestehende Gleichrichterbrücke gespeist wird, welcher ein ZwischenkreisElektrolytkondensator C folgt. Die Schaltstrecken des Hauptschütz HS sind durch drei Vorladewiderstände RV₁, RV₂, RV₃ überbrückbar, die je mit den Kontakten eines gesteuerten Vorladeschalters VS in Serie liegen. Der Hauptschütz HS und der Vorladeschalter VS werden von einer Steuereinrichtung St gesteuert, welcher als Eingangsgröße neben der an dem Kondensator C liegenden Zwischenkreisspannung U im Bedarfsfall noch andere Größen zur Erkennung von Fehlerzuständen zuführbar sind. Im vorliegenden Fall speist der Zwischenkreis mit seinem Kondensator C einen Wechselrichter, der hier aus sechs gesteuerten Schaltern Sa ... Sf besteht, die über eine hier nicht gezeigte Ansteuerung geschaltet werden. Wie üblich liegen parallel zu den gesteuerten Schaltern Sa ... Sf jeweils Freilaufdioden Da ... Df. Der Wechselrichter speist im vorliegenden Fall einen Dreiphasen-Motor M.

Wie bereits eingangs erwähnt, besitzt der Zwischenkreiskondensator C eine hohe Kapazität von beispielsweise 1 mF, und die Spannung beträgt beispielsweise 400 Volt. Ein Anschalten der Gleichrichterbrücke mit dem unmittelbar darauf folgendem Zwischenkreiskondensator C würde einen extrem hohen Stromstoß verursachen, den zu vermeiden es aus den eingangs genannten Gründen gilt. Bei dieser Schaltung nach dem Stand der Technik wird daher die Gleichrichterbrücke über die Vorladewiderstände bei zunächst offenem Hauptschütz an das Netz geschaltet. Dies führt dazu, daß sich der Kondensator C über die Vorladewiderstände RV₁, RV₂, RV₃ und die Gleichrichterbrücke D₁ ... D₆ auflädt, bis nach Erreichen eines bestimmten Mindestwertes der Zwischenkreisspannung U, z.B. 75 % der Nennspannung, über die Steuereinrichtung St der Vorladeschalter VS geöffnet und der Hauptschütz HS geschlossen werden. Nun liegt die Gleichrichterbrücke D₁ ... D₆ unmittelbar an dem Netz. In Fig. 1 ist strichiert eine Sensorleitung eingezeichnet, welche die Information über die Höhe der Spannung U an die Steuereinrichtung St bringt.

Die Nachteile der in Fig. 1 gezeigten Schaltung nach dem Stand der Technik wurden eingangs bereits im wesentlichen genannt. Es ist noch das Problem zu erwähnen, das bei Umrichtern dieser Art auftritt, falls bei Nennbelastung des Umrichters und nach Netzausfall eine rasche Spannungswiederkehr bei z.B. nur halb entladenem Zwischenkreis eintritt. Ein solcher Fall wird von der Steuereinrichtung als Störfall erkannt, und es erfolgt ein völliges Abschalten des Umrichters, was bei einem kurzen Netzausfall naturgemäß unerwünscht ist.

Bei der Darstellung einer erfindungsgemäß Schaltung in Fig. 2 wurde der Einfachheit halber auf den Verbraucherteil, z.B. den Wechselrichter mit angeschlossenem Motor nach Fig. 1, verzichtet. An dieser Stelle sei erwähnt, daß im Rahmen der Erfindung auf den Zwischenkreiskondensator jeder beliebige Verbraucher folgen kann und nicht notwendigerweise eine Spannungs- und/oder Frequenzumwandlung erfolgen muß. Die Erfindung ist auch auf fremdgeführte Ein-/Rückspeiseeinheiten anwendbar. In diesem Fall liegt zwischen dem Netz und dem Zwischenkreiskondensator ein Wechselrichter, der bei Netznachspeisung seine Wechselrichterfunktion ausübt, bei Einspeisung aus dem Netz in den Zwischenkreis jedoch als Gleichrichter wirkt. Der im Zusammenhang mit der Erfindung verwendete Begriff "Gleichrichter" ist somit in diesem allgemeinen Sinn zu sehen. Im allgemeinen wird die Zwischenkreisspannung entweder in eine Wechselspannung umgerichtet oder mit Hilfe eines Stellers gegebenenfalls in eine andere Gleichspannung.

Erfindungsgemäß ist zum Vorladen des Zwischenkreiskondensators C ein Vorladetransformator Tr vorgesehen, der primärseitig über einen Vorladeschütz VS - ganz allgemein ein Vorladeschalter - an zwei Phasen eines Dreiphasen-Netzes L₁, L₂, L₃ schaltbar ist und sekundärseitig, nach der Schaltstrecke des Hauptschütz HS - allgemein ein Hauptschalter -, an die entsprechenden Phaseneingänge der Gleichrichterbrücke D₁ ... D₆. Sowohl der Hauptschütz als auch der Vorladeschütz sind von der Steuereinrichtung St gesteuert,

der, gegebenenfalls nebst anderen Informationen, als Eingangsgröße die Zwischenkreisspannung U zugeführt wird. Bei diesem Beispiel ist die Primärwicklung des Vorladetransformators Tr über zwei Kontakte des Schützes VS an die Phasenleiter L1 und L2 schaltbar, wogegen die Sekundärseite über einen Kontakt des Vorladeschützes VS schaltbar ist. Prinzipiell ist überhaupt nur ein einziger Kontakt des Vorladeschützes VS entweder primär- oder sekundärseitig erforderlich. Wie ersichtlich, ist der Transformator Tr ein Trenntransformator, und man wählt üblicherweise ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 1.

Beim Einschalten des erfindungsgemäßen Umrichters hält zunächst die Steuereinrichtung St den Hauptschütz HS bzw. dessen Kontakte in Offenstellung und aktiviert den Vorladeschütz VS, sodaß dessen Kontakte schließen. Die Primärwicklung des Vorladetransformators Tr liegt nun an der Phasenspannung zwischen L1 und L2 und demgemäß tritt die im wesentlichen gleiche Spannung an den zugeordneten Phasenleitern der Gleichrichterbrücke D1 ... D6 auf, sodaß nun der Zwischenkreiskondensator C über die Dioden D1, D2 und D5, D6 geladen wird. Der hierbei auftretende Einschaltstromstoß wird im wesentlichen durch den Kupferwiderstand des Transformators Tr bestimmt, wobei der Vorladetransformator Tr bei Beginn der Vorladung im Kurzschlußbetrieb arbeitet. Während des Vorladens kann man den Transformator Tr als "Vorwiderstand" mit dem Widerstandsmaterial Kupfer seiner Wicklung betrachten, wobei im Hinblick auf die hohe Leitfähigkeit von Kupfer der solchermaßen im Vorladetransformator integrierte Vorladewiderstand eine relativ hohe Masse besitzt, was der Wärmespeicherfähigkeit und damit der Impulsbelastbarkeit bzw. der Überlastfähigkeit zugute kommt. Im Falle einer Fehlsteuerung kommt es daher nicht - wie bei einem Vorladewiderstand (siehe Fig. 1) - zu einem kurzfristigen Abbrennen, sondern entsprechende Schutzelemente, wie Leistungsschalter, Thermoschalter, etc. können wegen der relativ großen Erwärmungszeitkonstante des Transformators Tr rechtzeitig, sicher und zuverlässig ansprechen. Wegen der durch den hohen Wirkwiderstand des Vorladetransformators Tr hervorgerufenen Dämpfung wird ein Überschwingen der Zwischenkreisspannung beim Einschalten vermieden.

Wenn der Steuereinrichtung St eine genügend hohe Zwischenkreisspannung U gemeldet wird, erfolgt, im Prinzip gleichzeitig, ein Einschalten des Hauptschütz HS und ein Abschalten des nun nicht mehr erforderlichen Vorladetransformators Tr über den Vorladeschütz VS. Nun steigt die Spannung am Vorladekondensator C rasch bis auf den durch die Netzspannung vorgegebenen Wert.

Gegenüber der Verwendung von Vorladewiderständen bietet der Vorladetransformator auch den Vorteil, daß seine thermische Zeitkonstante, wie erwähnt, viel größer als bei einem diskreten Vorladewiderstand ist. Daher kann die gleiche Transformatortype für einen weiten Leistungsbereich von Umrichtern verwendet werden, wogegen nach dem Stand der Technik immer eine sehr genaue Dimensionierung der Vorladewiderstände im Hinblick auf die Vorladezeit, den maximal zulässigen Vorladestrom und die Spieldauer aufeinanderfolgender Auflade/Entlade-Vorgänge erforderlich ist.

Der in Fig. 3 gezeigte Umrichter entspricht im Prinzip jenem nach Fig. 2, doch ist hier die etwas aufwendigere Lösung unter Zuhilfenahme eines dreiphasigen Vorladetransformators Tr gewählt worden. Diese Lösung empfiehlt sich vor allem dann, wenn ein geeigneter Transformatortyp kostengünstig zur Verfügung steht bzw. wenn ein besonders rasches Vorladen gefordert wird. Bei dem Beispiel nach Fig. 3 sieht man, daß der Vorladetransformator Tr lediglich sekundärseitig an- bzw. abgeschaltet wird, wogegen die Primärwicklung des Transformators Tr ständig mit der Gleichrichterbrücke verbunden ist.

Es sei noch erwähnt, daß bei Verwendung geeigneter gesteuerter Schalter auch Kondensatoren verschiedener Zwischenkreise durch einen einzigen Transformator aufgeladen werden können. Bei den Ausführungsbeispielen ist der gesteuerte Schalter als dreiphasiger Schütz gezeigt, doch sollte es klar sein, daß anstelle elektromagnetischer Schalter auch Halbleiterschalter einsetzbar sind.

45 Patentansprüche

1. Schaltung zur Energieeinspeisung bzw. Rückspeisung mit einem über einen gesteuerten Schalter (HS) an ein Wechselstromnetz (L1, L2, L3) angeschlossenen Gleichrichter (D1 ... D6) und mit einem dem Gleichrichter nachgeschalteten Zwischenkreiskondensator (C), sowie mit einer gesteuert schaltbaren Einrichtung (RV1, RV2, RV3; VS) zum Vorladen des Zwischenkreiskondensators und mit einer Steuereinrichtung (St) zum Steuern des Schalters und der schaltbaren Einrichtung,
dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen das Netz und den Gleichrichter (D1 ... D6) über einen Vorladeschalter (VS) ein Vorladetransformator (Tr) schaltbar ist, welcher als die Schaltstrecke des Hauptschalters (HS) überbrückender Trenntransformator ausgebildet ist.
2. Schaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Vorladetransformator (Tr) primär und/oder sekundärseitig über den Vorladeschalter (VS) schaltbar ist.

AT 405 995 B

3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2 für ein 3-Phasen-Netz (L1, L2, L3) und mit einer 3-Phasen-Gleichrichterbrücke (D1 ... D6), **dadurch gekennzeichnet**, daß der Vorladetransformator (Tr) ein Einphasen-Trenntransformator ist, der primär- und sekundärseitig je zwei Phasenleitern zugeordnet ist.

5

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

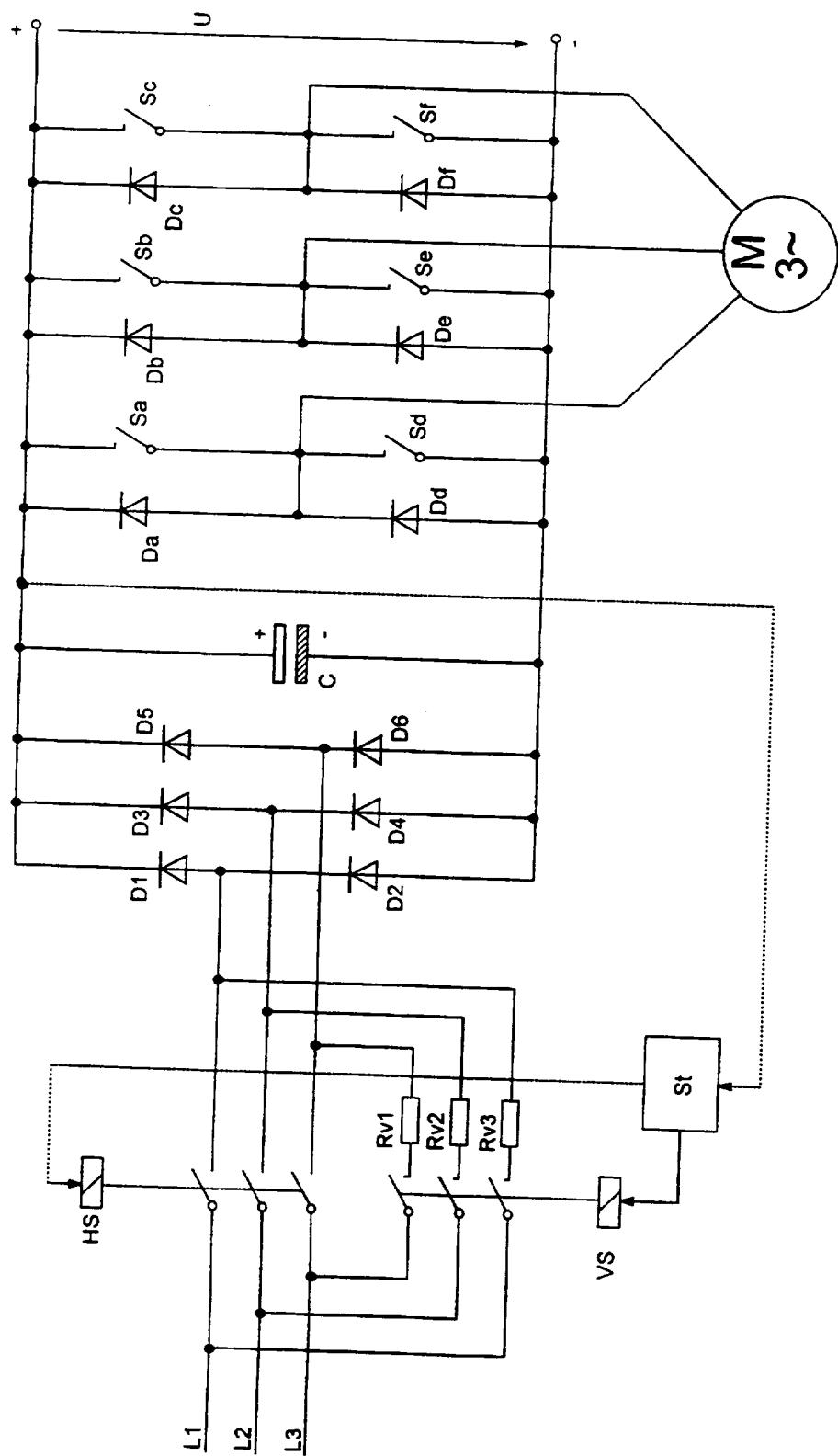


Fig. 1 (Stand der Technik)

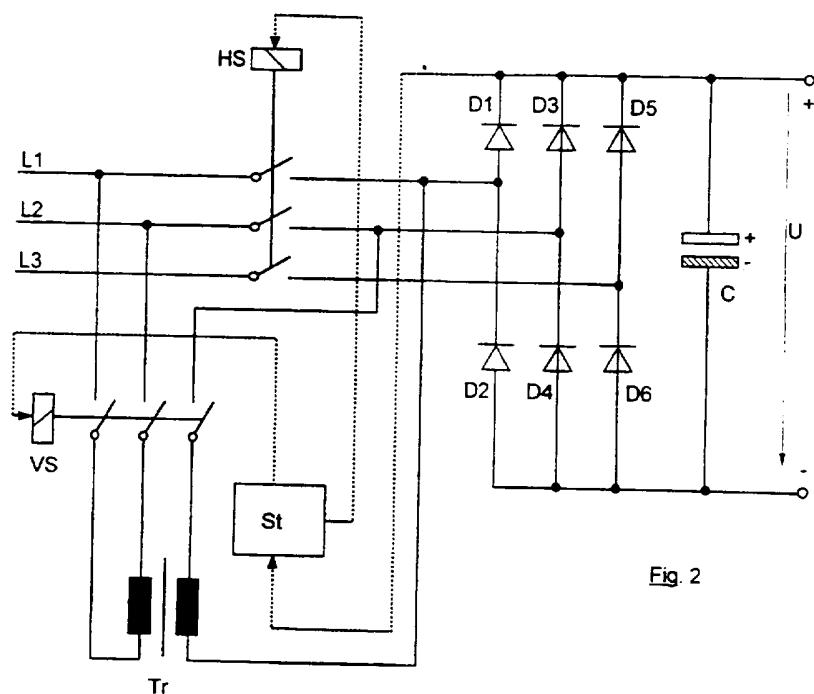


Fig. 2

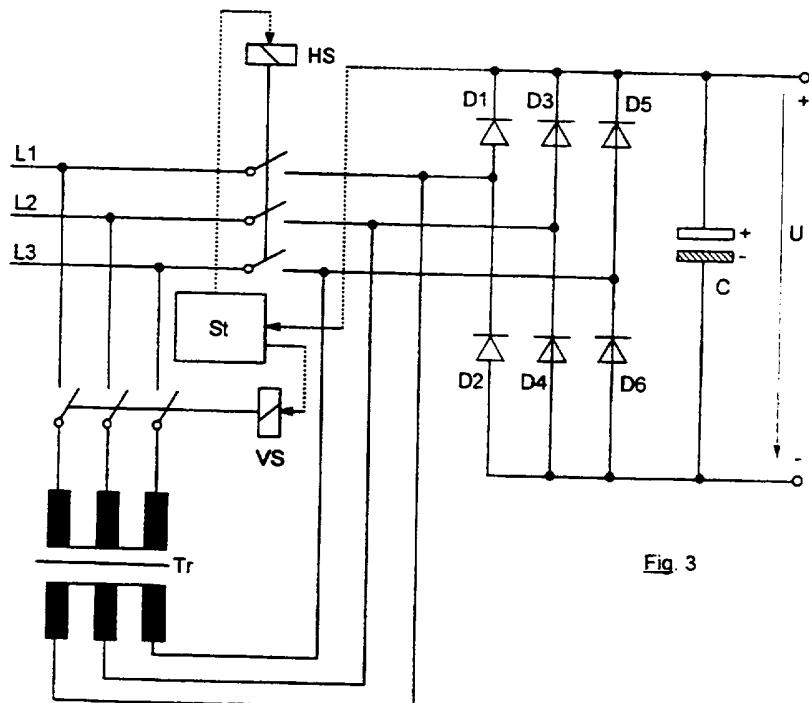


Fig. 3