

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1380/91

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : H02M 1/12  
H02M 7/06, B23K 9/06

(22) Anmeldetag: 10. 7.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1997

(45) Ausgabetag: 25. 6.1998

(56) Entgegenhaltungen:

AT 374633B DE 3833400A DE 4305768A EP 0431778A  
EP 0386980A WO 91/00644A US 4222096A

(73) Patentinhaber:

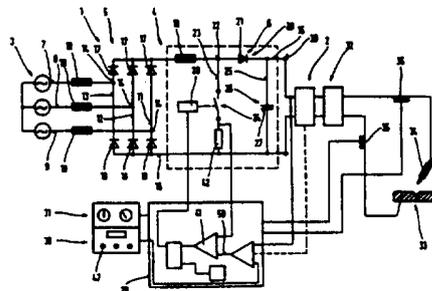
FRONIUS SCHWEISSMASCHINEN KG, AUSTRIA  
A-4600 WELS, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

KOLAR JOHANN  
WIEN (AT).  
ERTL HANS DIPL.ING.  
MAUERKIRCHEN, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) **SPANNUNGSUMSETZUNGSVORRICHTUNG FÜR EINEN GLEICHSPANNUNGSVERBRAUCHER**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Versorgung eines Gleichspannungsverbrauchers mit einer konstanten, voreinstellbaren Spannung aus einer Wechselspannungsquelle, bei dem die Wechselspannung gleichgerichtet und in einem Zwischenkreis auf den voreinstellbaren Wert gehalten wird. Die Induktivität wird über eine Schaltungsvorrichtung mit zeitlich voneinander distanzierten Perioden mit voreinstellbarer Zeitdauer von der Wechselspannungsquelle aufgeladen und während der Perioden über den Gleichrichter an den Zwischenkreis bzw. dessen elektrischen Energiespeicherelemente angelegt. Die Zeitdauer zwischen den Perioden bzw. die Zeitdauer der Periode wird so gewählt, daß die Betriebsspannung am Gleichspannungsverbraucher zu der Betriebsspannung in der Wechselspannungsquelle verschieden ist.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung eines Gleichspannungsverbrauchers, wie es im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist, sowie eine Spannungsumsetzungsvorrichtung, wie es im Oberbegriff des Patentanspruches 3 beschrieben ist.

Es sind bereits verschiedenste Spannungsumsetzungsvorrichtungen nämlich aus der WO 91/00644 der EP-A-0 431 778, der EP-B-0 386 980 und der AT-B-374 633 bekannt, bei der der magnetische Energiespeicher zwischen dem Gleichrichter und dem Gleichspannungsverbraucher angeordnet ist. Eine Schaltungsvorrichtung wird dabei zwischen den Versorgungsleitungen des Gleichrichters, jedoch zwischen dem magnetischen Energiespeicher und dem Gleichspannungsverbraucher angeordnet. Ein elektrischer Energiespeicher wird parallel zur Schaltungsvorrichtung, sowie zwischen dieser und dem Gleichspannungsverbraucher geschaltet. In der Versorgungsleitung zum Gleichspannungsverbraucher ist zwischen der Schaltungsvorrichtung und dem elektrischen Energiespeicher eine Diode in Durchlaßrichtung zum magnetischen Energiespeicher angeordnet. Nachteilig ist hierbei, daß zur Erreichung der über der Eingangsspannung liegenden Ausgangsspannung eine sehr hohe Schaltfrequenz benötigt wird, wodurch die Lebensdauer der einzelnen Komponenten reduziert wird.

Weitere Spannungsumsetzungsvorrichtungen sind aus der DE-A1-38 33 400 und der US-A-4 222 096 bekannt.

Entsprechend dem Stand der Technik wird die Erzeugung einer Gleichspannung im einfachsten Fall über Gleichrichtung des ein- bzw. dreiphasigen Netzes mittels einer Dioden-Brückenschaltung und nachgeschalteter Glättung realisiert. Die wesentlichen Beschränkungen dieses Konzeptes liegen in der direkten Abhängigkeit der Zwischenkreisspannung von der Netzspannung und den auftretenden Netzurückwirkungen, insbesondere der Stromüberschwingungen zufolge geringen Stromflußwinkels. Eine freie Vorgebarkeit bzw. Regelung der Ausgangsspannung ist nur bei Vorschaltung eines Anpassungstransformators und/oder Ersetzung der Dioden durch nicht abschaltbare Leistungshalbleiter wie Thyristoren erreichbar, da dann über mechanische Verstellung des Übersetzungsverhältnisses des Transformators bzw. die Änderung des Steuerwinkels der Thyristorbrücke ein Steuereingriff erfolgen kann. Nachteilig ist in diesem Fall der Einsatz mechanischer Kontakte durch die Wartungserfordernis, das hohe Volumen bzw. Gewicht der Anordnung, die geringe regelungstechnische Dynamik und, insbesondere bei Teilaussteuerung des netzgeführten Stromrichters, die Belastung des speisenden Netzes mit Stromüberschwingungen und Steuer- und Kommutierungsblindleistung.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein leistungselektronisches System und ein Steuerverfahren zu entwickeln, mit dem eine von Spannungsschwankungen bzw. verschiedenen Nennspannungsniveaus des Dreiphasennetzes unabhängig regelbare Spannungsversorgung eines Gleichspannungsverbrauchers möglich ist. Insbesondere soll jedenfalls eine Erhöhung des Stromflußwinkels bzw. weitergehend eine näherungsweise sinusförmige Netzstromform und geringere Phasenverschiebung zwischen den netzseitigen Strömen und Spannungen erreicht werden. Diese Aufgabe der Erfindung wird durch die im Kennzeichenteil des Patentanspruches 1 angegebenen Maßnahmen erreicht. Vorteilhaft ist hierbei, daß schließlich ist auch ein Vorgehen nach Patentanspruch 21 möglich, wodurch eine einfache Umsetzung bzw. Veränderung der Betriebsspannung am Gleichspannungsverbraucher zu der Betriebsspannung an der Wechselspannungsquelle erreichbar ist.

Die Erfindung umfaßt weiters auch eine Spannungsumsetzungsvorrichtung, wie es im Oberbegriff des Patentanspruches 2 und 3 beschrieben ist.

Die Spannungsumsetzungsvorrichtung wird durch die im Kennzeichenteil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt in der Kombination eines ein- oder mehrphasigen Gleichrichters mit diesem von der Netzseite her gesehen vor- oder nachgeschalteten leistungselektronischen Bauteilen, die die Spannungsumsetzungsvorrichtung bilden. Diese Spannungsumsetzungsvorrichtung wird über Verschaltung abschaltbarer Leistungshalbleiter, z.B. Leistungstransistoren, Dioden und elektrischer und magnetischer Energiespeicher gebildet und wird in Verbindung mit dem Gleichrichter die Struktur eines Dreiphasenwechselspannung/Gleichspannung-Hochsetzstellers, erzielt, also ein System, welches ein gegebenes Dreiphasen-Eingangsspannungssystem gleichrichtet und auf ein über entsprechende Ansteuerung der Leistungshalbleiter definierbares, über dem Spitzenwert der gleichgerichteten Netzspannung liegendes, Ausgangsspannungsniveau übersetzt. Die Grundfunktion des hier vorliegenden Hochsetzstellers ist allgemein über das durch Ansteuerbefehle der Leistungshalbleiter steuerbare Laden eines magnetischen Energiespeichers aus dem Dreiphasennetz und das teilweise oder vollständige Entladen des Energiespeichers in das die erzeugte Ausgangsgleichspannung stützenden elektrischen Energiespeicherelement gegeben. Bei gegebener Ausgangsleistung wird die Größe des magnetischen Energiespeichers bzw. dessen Induktivitätswert direkt durch die insbesondere wesentlich über der Netzfrequenz liegende Schaltfrequenz der Leistungshalbleiter bestimmt, womit in vorteilhafter Weise eine erhebliche Verringerung von Volumen, Gewicht und daher auch Kosten der Spannungsumsetzungsvorrichtung gegeben

ist. Weiters werden durch den Einsatz elektronischer Leistungsbauteile mechanische Stellglieder vermieden, da über die Steuereinheit einer derartigen Vorrichtung diese elektronisch an unterschiedliche Betriebsspannungen bzw. Schwankungen der Betriebsspannung angepaßt wird. Damit kann eine konstante, voreinstellbare Versorgungsgleichspannung, bevorzugter Weise zur Speisung eines elektronischen Schweißumformers, gebildet werden. Über die Ansteuerung wird neben der Ausgangsspannungsbildung auch auf die Netzstromform Einfluß genommen und gegenüber bekannten Konzepten eine Verringerung der Oberschwingungs- und Blindleistungsbelastung des Netzes erreicht.

Ein weiterer nicht vorhersehbarer Vorteil liegt darin, daß durch einen einfachen handelsüblichen Bauteil, wie beispielsweise eine Diode oder einen Schalter eine Unterteilung des Zwischenkreises in zwei Hälften zur Aufladung des magnetischen Energiespeichers und zur Versorgung des Gleichspannungsverbrauchers aus dem elektrischen Energiespeicherelement geschaffen werden kann.

Es ist aber auch eine Ausbildung nach Patentanspruch 4 möglich, wodurch die Oberschwingungsbelastung im Wechselspannungsnetz verringert werden kann

Die Ausführungsvarianten gemäß den Patentansprüchen 5 und 6 ermöglichen eine einfache Anpassung der Schaltung der Spannungsumsetzungsvorrichtung an unterschiedliche Belastungsfälle am Gleichspannungsverbraucher.

Bei der Lösung nach Patentanspruch 7 ist von Vorteil, daß sich kurze Einschaltbelastungen in den einzelnen Phasen ergeben, die einen Zusammenbruch des Netzes verhindern und andererseits aber ermöglichen, daß sich die andere oder die anderen Phasen während der Belastung der einen Phase wieder stabilisieren können.

Vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung nach Patentanspruch 8, da dadurch mit kontaktlosen Schaltern gearbeitet werden kann und damit höhere Leistungen über die Schaltvorrichtungen geschaltet werden können, ohne daß überdimensionierte Kühlanlagen oder ähnliches benötigt werden.

Vorteilhaft ist auch eine Ausbildung nach Patentanspruch 9, da dadurch preislich günstige in großer Stückzahl vorrätige und einfache Ansteuerung der Schaltvorrichtung erzielt wird.

Für kleine Leistungen empfiehlt sich auch eine Ausgestaltung nach Patentanspruch 10.

Schließlich ist auch eine Ausbildung nach Patentanspruch 11 von Vorteil, da mit kleiner dimensionierten magnetischen Energiespeichern durch die Aufteilung auf die mehreren Phasen des Wechselspannungsverbrauchers das Auslangen gefunden werden kann und trotzdem eine Steuerung mit nur einer Schaltvorrichtung möglich ist.

Eine einfache Umsetzung bzw. Veränderung der Betriebsspannung am Gleichspannungsverbraucher zu der Betriebsspannung an der Wechselspannungsquelle ist erreichbar.

Die Erfindung wird im nachfolgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 ein Schaltschema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Spannungs- und Stromversorgung eines aus einer Wechselspannungsquelle versorgten Gleichspannungsverbrauchers;
- Fig. 2 ein Diagramm eines Stromverlaufes im magnetischen Energiespeicher im Zwischenkreis;
- Fig. 3 ein Diagramm des Stromverlaufes für den Gleichstromverbraucher;
- Fig. 4 ein Diagramm des Spannungsverlaufes am Eingang des Gleichspannungsverbrauchers;
- Fig. 5 eine Ausführungsvariante des in Fig. 1 dargestellten Schaltschemas mit einer durch einen Leistungshalbleiter gebildeten Schaltvorrichtung und einem Blockschaltbild der zugehörigen Steuerung;
- Fig. 6 einen Schaltplan einer anderen Ausführungsvariante eines Spannungsumformers mit zwei in Serie angeordneten Schaltvorrichtungen;
- Fig. 7 ein Diagramm eines Spannungsverlaufes am Eingang des mit einem Dreiecksgenerator verbundenen Komparators;
- Fig. 8 ein Diagramm des Spannungsverlaufes im Bereich einer der beiden Schaltvorrichtungen des Spannungsumformers nach Fig.4;
- Fig. 9 ein Diagramm des Spannungsverlaufes im Bereich der einer weiteren Schaltvorrichtung des Spannungsumformers nach Fig.4;
- Fig. 10 ein Diagramm eines Spannungsverlaufes am Knotenpunkt zwischen den beiden Schaltvorrichtungen;
- Fig. 11 ein Diagramm einer Steuerkennlinie des Spannungsverlaufes im Zwischenkreis;
- Fig. 12 einen Schaltplan einer anderen Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Spannungsumwandlers, bei welchem die Schaltvorrichtungen im Wechselspannungskreis angeordnet sind;
- Fig. 13 eine andere Ausführungsform für die Schaltvorrichtung eines erfindungsgemäßen Spannungs-

- umwandlers;
- Fig. 14 eine andere Ausführungsform der Schaltvorrichtung für einen erfindungsgemäßen Spannungsumwandler;
- Fig. 15 ein Zeigerdiagramm für den Spannungs- und Stromverlauf im Bereich des Wechselspannungsnetzes;
- 5 Fig. 16 eine andere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Spannungsumwandlers, bei welchem der magnetische Energiespeicher und die Schaltvorrichtung im Wechselspannungsnetzbereich angeordnet ist;
- Fig. 17 eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Spannungsumwandlers, bei welchem der magnetische Energiespeicher im Wechselspannungsnetz und die Schaltvorrichtung im Zwischenkreis angeordnet ist;
- 70 Fig. 18 ein Diagramm über den Strom- und Spannungsverlauf während des Ladevorganges des magnetischen Energiespeichers;
- Fig. 19 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Spannungsumwandlers mit im Wechselspannungsnetz angeordneten magnetischen Energiespeichern und Schaltvorrichtungen;
- 15 Fig. 20 ein Schaltplan einer anderen Ausführungsvariante eines in Fig.17 dargestellten Spannungsumwandlers mit zwei in Serie geschalteten Schaltvorrichtungen.

In Fig.1 ist eine zum Stand der Technik zählende Spannungsumsetzungs Vorrichtung 1 zur Versorgung eines Gleichspannungsverbrauchers 2 aus einer Wechselspannungsquelle 3 gezeigt. Um eine konstante Versorgungsspannung des Gleichspannungsverbrauchers 2, unabhängig von der Spannung der Wechselspannungsquelle 3 und auch einen gewünschten Strom für den Gleichspannungsverbraucher 2 sicherstellen zu können, ist zwischen dem Gleichspannungsverbraucher 2 und der Wechselspannungsquelle 3 ein Spannungswandler 4 angeordnet. Dieser Spannungswandler 4 umfaßt einen Gleichrichter 5 und einen Zwischenkreis 6 zwischen dem Gleichrichter 5 und dem Gleichspannungsverbraucher 2.

25 Der Gleichrichter 5 kann bevorzugt durch einen Diodengleichrichter, wie bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel gebildet sein, wobei bei der Ausbildung der Wechselspannungsquelle 3 als Mehrphasenanspeisung jede von Phasenleitungen 7,8,9 gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von Induktivitäten 10 zur Begrenzung der durch die Schaltungsteile im Gleichrichter 5 bzw. Zwischenkreis 6 auftretenden Oberschwingungen, die auf die Wechselspannungsquelle 3 negative Einflüsse haben könnten, an Leitungen 30 11,12,13 über Knotenpunkte 14 angeschlossen sind. In diesen Leitungen 11,12,13 sind zwischen diesen Knotenpunkten 14 und einer am positiven Potential anliegenden Versorgungsleitung 15 und einer am negativen Potential anliegenden Versorgungsleitung 16, jeweils in gleicher Flußrichtung Dioden 17,18 angeordnet. Die Versorgungsleitungen 15,16 speisen den Zwischenkreis 6 des Spannungswandlers 4, indem im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein magnetischer Energiespeicher 19 und ein Schaltelement 20 35 in der Versorgungsleitung 15 zum Gleichspannungsverbraucher 2 in Serie geschaltet sind. Das Schaltelement 20 kann bevorzugt durch eine Diode 21, die in Flußrichtung geschaltet ist, gebildet sein.

Über einen Knotenpunkt 22 zwischen dem magnetischen Energiespeicher 19 und dem Schaltelement 20 ist eine Verbindungsleitung 23 zur Versorgungsleitung 16 vorgesehen, in der eine Schaltvorrichtung 24 angeordnet ist. In einer zu dieser Verbindungsleitung 23 parallel verlaufenden Verbindungsleitung 25 40 zwischen den Versorgungsleitungen 15 und 16 ist ein Energiespeicherelement 26, z.B. ein Kondensator 27 vorgesehen.

Zur Steuerung eines Antriebes 28 für die Schaltvorrichtung 24 ist eine Steuervorrichtung 29 angeordnet, die schematisch durch ein Kästchen dargestellt ist und deren Aufbau nachfolgend anhand eines Blockschaltbildes noch näher erläutert werden wird. Diese Steuervorrichtung 29 ist mit Eingabevorrichtungen 30 45 und Anzeigevorrichtungen 31 für Strom und Spannung in den verschiedenen Teilen der Vorrichtung ausgestattet und es können mit diesen Eingabevorrichtungen 30 auch entsprechende Strom- und Spannungswerte im Zwischenkreis 6 bzw. am Gleichspannungsverbraucher 2 vorgegeben werden.

Dieser Gleichspannungsverbraucher 2 kann beispielsweise eine Schweißstromquelle 32 für verschiedene Schweißprozesse, insbesondere MIG/MAG oder TIG, WIG oder ähnliches, wie beispielsweise Elektronenstrahlschweißen und dgl. verwendet werden. 50

In diesem Fall liegt beispielsweise die Versorgungsleitung 16 an einem Werkstück 33 und die Versorgungsleitung 15 an einer Schweißpistole 34 an. Die im Bereich der Schweißstromquelle 32 gewonnenen Meßwerte können ebenso, wie durch Meßwertgeber 35 im Zwischenkreis 6 oder in den Verbindungsleitungen 23,25 zum Gleichspannungsverbraucher 2 angeordnet sein, der Steuervorrichtung 29 zugeführt werden. 55

In Fig.2 ist ein Diagramm, welches den zeitlichen Verlauf der gleichspannungsseitigen Ströme zeigt, dargestellt. Auf der Abszisse dieses Diagramms ist die Zeit (t) und auf der Ordinate der Strom (I) aufgetragen.

Die Funktion der Spannungsumsetzungs Vorrichtung 1 wird nun anhand der Fig.1 und 2 näher erläutert.

Die über den dreiphasigen Gleichrichter 5 gleichgerichtete Netzspannung lädt bei der geschlossenen Stellung der Schaltvorrichtung 24 den magnetischen Energiespeicher 19 über ein Zeitintervall 36 auf einen Wert 37 des Stroms auf. Nach dem Öffnen der Schaltvorrichtung 24 wird die im magnetischen Energiespeicher 19 gespeicherte Energie über eine Zeitdauer 38, die zu einer teilweisen Abfuhr der gespeicherten

5 Energie führt, über die Diode 21 an das Energiespeicherelement 26 geführt. Die Zwischenkreisspannung am Knotenpunkt 39 wird über das elektrische Energiespeicherelement 26, der durch einen Kondensator 27 gebildet ist, gestützt und liegt um die Vollsteuerbarkeit des Systems zu erhalten, bevorzugt über dem Spitzenwert der gleichgerichteten Netzspannung.

Die Konstanzhaltung der Zwischenkreisspannung erfolgt nun in Form einer zweischleifigen Regelung derart, daß aus der Subtraktion des über die Eingabevorrichtung 30 vorgegebenen Soll-Wertes und dem am Knotenpunkt 39 anliegenden Ist-Wert der Zwischenkreisspannung ein dem im magnetischen Energiespeicher 19 bzw. der Schaltvorrichtung 24 auftretenden Stromspitzenwert und damit auch den Mittelwert des Zwischenkreisstromes am Knotenpunkt 39 mit einer Höhe 40 bestimmendes Signal abgeleitet und einem Komparator 41 zugeführt wird. Dieser vergleicht den z.B. über den Spannungsabfall an einem Meßwider-

10 stand 42 erfaßten Strommomentanwert in der Schaltvorrichtung 24 mit dem Wert 37 des Zwischenkreisstromes, der eine Schaltschwelle bildet, und aktiviert den Antrieb 28, der die Schaltvorrichtung 24 öffnet. Durch das Öffnen der Schaltvorrichtung 24 wird in der Zeitdauer 38 der magnetische Energiespeicher 19 über die Diode 21 entladen und lädt das elektrische Energiespeicherelement 26 also z.B. den Kondensator 27 auf.

In dieser Phase wird der Gleichspannungsverbraucher 2 vom magnetischen Energiespeicher 19 mit

20 Energie versorgt. Ist die Energieabgabe größer als die sich an der Stromaufnahme und der am Gleichspannungsverbraucher 2 benötigten durch den Kondensator 27 definierten Spannung benötigte Energie, so wird die überschüssige Energie dem elektrischen Energiespeicherelement 26 zugeführt. Nach Ablauf der voreingestellten Zeitdauer 38 wird über die Steuervorrichtung 29 die Schaltvorrichtung 24 durch Beaufschlagung des Antriebes 28 geschlossen und der magnetische Energiespeicher 19 wird über die von der

25 Wechselspannungsquelle 3 zugeführte Energie wiederum auf den Wert 37 aufgeladen.

Während dieser Zeitintervall 36 zum Aufladen des magnetischen Energiespeichers 19 wird dem Gleichspannungsverbraucher 2 die im elektrischen Energiespeicherelement 26 gespeicherte Energie über die Verbindungsleitung 25 und die Versorgungsleitung 15 zugeführt. Bei richtiger Bemessung der Bauteile und des Zeitintervalls 36 bzw. der Zeitdauer 38 reicht die im elektrischen Energiespeicherelement 26

30 gespeicherte Energie aus, um über das Zeitintervall 36 die vom Gleichspannungsverbraucher 2 benötigte Energie in Form von Strom und Spannung zur Verfügung zu stellen.

Nach Ablauf des Zeitintervalls 36 wird über die Steuervorrichtung 29 die Schaltvorrichtung 24 geöffnet und der zuvor beschriebene Ablauf wiederholt sich.

In den Fig.3 und 4 ist ein Diagramm über den Strom- und Spannungsverlauf am Eingang des Gleichspannungsverbrauchers 2 über die Zeit (t) dargestellt. Aus dieser Darstellung ist zu ersehen, daß bei

35 den in Fig.2 in vollen Linien dargestellten Stromverlauf am Ausgang des magnetischen Energiespeichers 19 ein in Fig.3 und 4 in vollen Linien gezeichneter Stromwert 43 der der Höhe 40 entspricht, und ein Spannungswert 44 anliegt. Der Stromwert 43 liegt am Gleichspannungsverbraucher 2 ab dem Zeitpunkt 45 an und wird die Spannung durch das Energiespeicherelement 26 konstant gehalten.

In Fig.5 ist eine andere zum Stand der Technik zählende Ausführungsvariante zu der in Fig. 1 gezeigten Schaltung der Spannungsumsetzungsvorrichtung 1 gezeigt. In Abänderung der Ausführungsform in Fig.1 ist anstelle der Schaltvorrichtung 24 ein abschaltbarer, unipolarer, unidirektionaler Leistungshalbleiter 46 angeordnet. Dieser Leistungshalbleiter 46 ermöglicht eine Sperrspannungsbeanspruchung und den Stromfluß in nur einer Richtung. Dadurch wird im Gegensatz zu der in Fig.1 beschriebenen Ausführungs-

40 variante ein kontaktloser Schaltvorgang erzielt.

Desweiteren ist in dieser Ausführungsvariante ein Blockschaltbild der Steuervorrichtung 29 zur Ansteuerung dieses Leistungshalbleiters 46 gezeigt.

Die Konstanzhaltung der Zwischenkreisspannung am Gleichspannungsverbraucher 2 erfolgt nun in Form einer zweischleifigen Regelung derart, daß aus der Subtraktion eines mit einem Einstellorgan 47 an der

50 Eingabevorrichtung 30 eingestellten Soll-Wertes der Spannung und einem Ist-Wert der Spannung der am Knotenpunkt 39 des Zwischenkreises 6 abgegriffen wird, ein den im magnetischen Energiespeicher 19 bzw. dem Leistungshalbleiter 46 auftretenden Stromspitzenwert und damit auch den Mittelwert des Stroms am Gleichspannungsverbraucher 2 bestimmendes Signal 48 - in Fig.2 als strichlierte Linie dargestellt - abgeleitet wird, welches am Ausgang eines Regelverstärkers 49 anliegt. Der Ausgang des Regelverstärkers

55 49 liegt über eine Leitung 50 am Komparator 41 an. Dieser vergleicht den z.B. über den Spannungsabfall an dem Meßwiderstand 42 erfaßten Strommomentanwert im Leistungshalbleiter 46 mit einer Schaltschwelle, die durch das Signal 48, - in Fig. 2 - gebildet ist.

Nach dem Erreichen der Schaltschwelle wird über den Ausgang 51 des Komparators 41 ein Schaltzustandspeicher 52 angesprochen. Nachdem der Komparator 41 am Eingang 53 des Schaltzustandspeichers 52 anliegt, wird dieser Schaltzustandspeicher 52 bei einem Ausgangssignal des Komparators 41 rückgesetzt, wodurch die Verbindung über den Leistungshalbleiter 46 unterbrochen wird. Das Einschalten des Schaltzustandspeichers 52 zur Herstellung einer Leitungsverbindung durch den Leistungshalbleiter 46 hindurch erfolgt über einen Taktgeber 54 nach Ablauf einer vorgegebenen Taktperiode. Die Schaltschwelle gemäß Signal 48 wird somit stationär über den der Stromregelung überlagerten Spannungsregelkreis des Zwischenkreises 6 derart festgelegt, daß der Leistungsfluß in dem Zwischenkreis 6 der Leistungsaufnahme des Gleichspannungsverbrauchers 2 bei dem mit der Eingabeeinheit 30 voreingestellten Spannungswert entspricht.

Desweiteren ist es alternativ oder gleichzeitig im Rahmen der Erfindung möglich, den Regelverstärker 49 über eine in strichlierten Linien dargestellte Leitung 55 direkt am Gleichspannungsverbraucher 2 anzuschließen. Damit kann zur Regelung im Zwischenkreis 6 auch der Lastzustand des gespeisten Gleichspannungsverbrauchers 2 miteinbezogen werden.

Werden bei den in Fig.1 und 3 beschriebenen Spannungsumsetzungsvorrichtungen 1 netzseitig keine Induktivitäten 10 vorgeschaltet, so wird der Strom gemäß der Funktion des Gleichrichters 5 ideal in 120 Grad breite Phasenstromblöcke verschoben. Mittels den Induktivitäten 10 kann teilweise durch die innere Induktivität des nicht idealen Netzes gebildet aufgrund der dann größeren Überlappung bzw. langsameren Kommutierung der Ventile vom Gleichrichter 5, ein näherungsweise trapezförmiger Verlauf der Netzströme erreicht werden. Bei geeigneter Dimensionierung ist damit eine Verringerung der Netzstromüberschwingungen möglich.

Die erfindungsgemäße Einspeiseeinheit kann insbesondere für hohe Zwischenkreisspannungen - wie in Fig.4 dargestellt - erweitert werden.

Die in Fig.6 gezeigte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Spannungsumsetzungsvorrichtung 1 unterscheidet sich von der in Fig.1 gezeigten Ausführungsvariante dadurch, daß in den Verbindungsleitungen 23 und 25 jeweils zwei Schaltvorrichtungen 24,56 und Energiespeicherelemente 26, 57 in Serie geschaltet sind. Über Knotenpunkte 58,59 sind die Verbindungsleitungen 23,25 zwischen den Schaltvorrichtungen 24,56 und den Energiespeicherlemente 26,57 über eine Zwischenleitung 60 verbunden. Zusätzlich zu dem Schaltelement 20 in der Versorgungsleitung 15 ist ein weiteres Schaltelement 20 auch in der Versorgungsleitung 16 zwischen den Knotenpunkten der Verbindungsleitungen 23 und 25 in der Versorgungsleitung 16 in Flußrichtung angeordnet.

Werden für die zwei Schaltvorrichtungen 24, 56 Leistungshalbleiter 46, wie diese anhand des Ausführungsbeispiels in Fig.5 beschrieben sind, verwendet, so kann die Sperrspannungsbeanspruchung auf die Hälfte des Maximalwertes der Spannung im Zwischenkreis 6 reduziert werden. Weiters kann die Schaltfrequenz durch die Anordnung der in Serie geschalteten Schaltvorrichtungen 24, 56 verdoppelt werden und die Regelung der Spannung des kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunktes, also des Knotenpunktes 59 in die Regelung der Zwischenkreisspannung einbezogen werden. Der magnetische Energiespeicher 19 kann bei dieser Ausführungsform auch zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene aufgeteilt werden.

Die Steuerung der Antriebe 28 und 61 der Schaltvorrichtungen 24 und 56 erfolgt über Leitungen 62 und 63. Die Leitung 63 liegt an einem Ausgang eines Komparators 64 und die Leitung 62 unter Zwischenschaltung eines Inverters 65 an einem Ausgang eines Komparators 66 an. Über Leitungen 50 liegt an den Komparatoren 64, 66 ein Ausgang des Regelverstärkers 49 an, der wie bereits anhand der Schaltung in Fig.5 erläutert, eine Differenz zwischen einem mit dem Einstellorgan 47 der Eingabevorrichtung 30 gebildeten Spannungssollwert und einem im Zwischenkreis 6 vom Knotenpunkt 39 abgegriffenen Ist-Wert der Spannung vergleicht. Zusätzlich kann der Regelverstärker 49 über die Leitung 55 am Gleichspannungsverbraucher 2 angeschlossen sein.

An den Eingängen der Komparatoren 64 und 66 liegen neben den Leitungen 50 Leitungen 67 an, die einen Dreiecksgenerator 68 mit den Eingängen der Komparatoren 64 und 66 verbinden. Durch die über die Leitungen 50 eingespeisten Differenzmeßwerte des Regelverstärkers 49 werden die Antriebe 28 und 61 früher oder später aktiviert, d.h. daß die elektrischen Energiespeicherelemente 26 und 57 länger oder kürzer geladen oder entladen werden, wobei gleichzeitig der magnetische Energiespeicher 19 länger oder kürzer aufgeladen wird und somit mehr oder weniger Energie speichern kann.

Desweiteren kann beispielsweise - wie mit strichlierten Linien angedeutet - über eine Leitung 69 in die Regelung der Spannung im Zwischenkreis 6 bei Belastung des Knotenpunktes 58 durch den nachgeschalteten Gleichspannungsverbraucher 2 eine eventuell erforderliche Symmetrierung der Kondensatorspannungen der Kondensatoren 27, die die elektrischen Energiespeicherelemente 26 und 57 bilden, erfolgen.

Dazu wird das Dreieckssignal, welches vom Dreiecksgenerator 68 den Komparatoren 64 und 66 zugeführt wird, verändert. Dazu wird die in einem Regelverstärker 70 die Differenz zwischen der Spannung im Zwischenkreis 6 und am Knotenpunkt 58 ermittelt und dieses Differenzsignal über eine Leitung 71 den Eingängen der Komparatoren 64 und 66 zugeführt. Diese Addition des festgestellten Differenzwertes, welcher über die Leitungen 71 den Komparatoren 64 und 66 zugeführt wird, führt zu einer entsprechenden Verschiebung der Schaltzeitpunkte der Schaltvorrichtungen 24 und 56. Dementsprechend weist dann der an einem Knotenpunkt 72 anliegende Mittelpunktladestrom einen die Unsymmetrie korrigierenden Mittelwert auf, der nur bei gleicher Aufteilung der Spannung am Gleichspannungsverbraucher 2 auf die Kondensatoren 27 der elektrischen Energiespeicherelemente 26 und 57 zu Null wird.

Die in der Zeichnung zusätzlich dargestellten Induktivitäten 10 können zur Verringerung der Oberschwingung im Bereich der Wechselfrequenzquelle 3 herangezogen werden, wie dies bereits anhand der Fig.1 näher erläutert wurde. In den Fig.7 bis 11 ist der Ablauf der Steuervorgänge in der in Fig.6 gezeigten Steuervorrichtung 29 näher erläutert.

Bei all diesen Diagrammen ist auf der Abszisse die Zeit (t) und auf der Ordinate die Spannung (U) aufgetragen. In Fig.7 ist nunmehr das Ausgangssignal des Dreiecksgenerators 68 anhand einer Diagrammlinie 73 gezeigt. Dieser Diagrammlinie 73 sind Schaltschwellen 74 und 75 zugeordnet, die über den Regelverstärker 49 durch die Voreinstellung der Einstellorgane 47 bzw. den Ist-Wert der Spannung am Knotenpunkt 39 festgelegt. Nach der festgestellten Differenz zwischen diesen beiden Werten wird die Schaltschwelle 74 bzw. 75 in Spannungsrichtung verschoben. Bei dem in Fig.7 dargestellten Ausführungsbeispiel wird nun beispielsweise zum Zeitpunkt 76 die Schaltvorrichtung 24 geschlossen und im Zeitpunkt 77 wieder geöffnet, während im Bereich der negativen Halbwelle der Diagrammlinie des Dreiecksgenerators 68 zum Zeitpunkt 78 die Schaltvorrichtung 56 geschlossen und diese zum Zeitpunkt 79 wieder geöffnet wird. Wird nun beispielsweise mit dem Regelverstärker 49 eine entsprechende Differenz festgestellt oder vom Regelverstärker 70 ein entsprechendes Differenzsignal den Komparatoren 64 und 66 zugeführt, so kann sich diese Schaltschwelle 74 aus der Position der Schaltschwelle 74 in die mit strich-zweipunktierten Linien gezeigte Schaltschwelle 80 und die negative Schaltschwelle 75 in die mit strich-zweipunktierten Linien gezeigte Schaltschwelle 81 verlagern. Daraus folgt, daß eine Zeitperiode 82 zwischen einem Zeitpunkt 83 und 84 der die Schaltvorrichtung 24 bzw. 56 aus- und einschaltet, größer wird, als eine Zeitperiode 85 zwischen den Zeitpunkten 76 und 77. Daraus folgt, daß der magnetische Energiespeicher 19 länger aufgeladen wird und bei den nachfolgenden Endladevorgängen in einer kürzeren Zeit eine höhere Energie abgegeben werden kann.

Der Ordnung halber sei noch darauf hingewiesen, daß die Diagrammlinien in Fig.7 bis 10 zeitsynchron dargestellt sind. Somit zeigt eine Diagrammlinie 86 das Schaltverhalten der Schaltvorrichtung 24, während eine Diagrammlinie 87 das Schaltverhalten der Schaltvorrichtung 56 zeigt. In Fig. 10 zeigen Diagrammlinien 88 und 89 proportionale Spannungen im Zwischenkreis 6 an den Schaltvorrichtungen 24, 56, bezogen auf die Zeitperiode 82 und 85. Die jeweiligen Durchschnittsspannungen bei den Schaltperioden der Schaltvorrichtungen 24 und 56 sind als Diagrammlinien 90 und 91 dargestellt.

In Fig.11 ist eine Steuerkennlinie der Schaltvorrichtung 24 und 56 gezeigt. Bei diesem Diagramm ist sowohl auf der Abszisse als auch auf der Ordinate eine Spannung U aufgetragen, die auf der Ordinate aufgetragene Spannung entspricht dabei der in Fig.10 dargestellten Mittelwertspannung der Diagrammlinie 90,91, während auf der Abszisse die Spannung der Schaltschwelle 74,81 aufgetragen ist. Aus diesem Vergleich ist zu ersehen, daß bei unterschiedlichen Schwellwerten, die Kreuzungspunkte zwischen der Schwellwert- und der Mittelwertspannung auf einer Geraden zu liegen kommen.

In Fig.12 ist eine andere Ausführungsvariante des Spannungswandlers 4 mit einem Regelverstärker 92 zur Bildung einer Schaltschwelle 74,75 gezeigt. Die Bildung der Schaltschwelle 74,75 wird von dem Zwischenkreis 6 über eine Leitung 93 und von dem z.B. in Fig.5 gezeigten Einstellorgan 47 über eine Leitung 94 an den Regelverstärker 92 angelegt. Die daraus resultierende Schaltschwelle liegt am Ausgang 95 des Regelverstärkers 92 an. Magnetische Energiespeicher 96 und Schaltvorrichtungen 97, 98, 99 sind wechselfrequenzseitig, also vor dem Gleichrichter 5, angeordnet. Der Vorteil dieser Ausführungsvariante des Spannungswandlers 4 liegt in einer erheblichen Verringerung der Netzstromoberschwingungen. In diesem Fall sind jedoch die magnetischen Energiespeicher 96 und die Schaltvorrichtungen 97 bis 99 sowie der Gleichrichter 5 gleich dreiphasig auszuführen.

Es erweist sich weiters, daß dabei an den Ventilen Vorwärts- und Rückwärtssperrspannungen in beide Stromflußrichtungen auftreten, und die Schaltvorrichtungen 97 bis 99 als bipolare bidirektionale Elemente, also z.B. über eine entsprechende Kombination bipolarer undirektionaler Leistungshalbleiter 46, wie z.B. eine Antiparallelschaltung symmetrisch sperrender GTO-Thyristoren, wie sie im vorliegenden Ausführungsbeispiel dargestellt sind, ausgebildet sind.

Für jene Teile dieses Ausführungsbeispiels, die den zuvor beschriebenen Figuren entsprechen, werden die bereits zuvor verwendeten Bezugszeichen verwendet.

Der Leistungsteil des Spannungswandlers 4 wird durch eine Verschaltung des eingangsseitigen magnetischen Energiespeichers 96, den Schaltvorrichtungen 97 bis 99, einer ausgangsseitigen Diodenbrücke des Gleichrichters 5, und einem elektrischen Energiespeicherelement 100 gebildet. Für eine volle Steuerbarkeit des Spannungswandlers 4 muß die Spannung im Zwischenkreis 6 wieder über dem Spitzenwert der gleichgerichteten Netzspannung liegen. Über die Ansteuerung der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 können die Schaltzustände vorgegeben werden und zwar ist im Schaltzustand 1 die Schaltvorrichtung 99 offen, also ein Stromfluß unterbrochen und die Schaltvorrichtung 97 und 98 geschlossen, sodaß ein Stromfluß über die Schaltvorrichtung 97, 98 möglich ist. Im Schaltzustand 2 ist dagegen die Schaltvorrichtung 97 offen und die Schaltvorrichtungen 98 und 99 geschlossen, während im Schaltzustand 3 die Schaltvorrichtung 98 offen und die Schaltvorrichtungen 97 und 99 geschlossen sind. Der Schaltzustand 4 ist ein Leerlaufzustand, in dem alle Schaltvorrichtungen 97 bis 99 geöffnet sind.

Durch diese Schaltung ist es nunmehr möglich mittels Pulsbreitmodulation der an der Wechselspannungsseite des Gleichrichters 5 in Abhängigkeit des Stromflusses auftretenden Zwischenkreisspannung ein Umrichter Spannungssystem vorzugeben, das dem Netzspannungssystem über vorgeschaltete, magnetische Energiespeicher 96, z.B. Induktivitäten 101 das Gleichgewicht hält. Diese Induktivitäten 101 können teilweise durch die innere Induktivität des nicht idealen Netzes bzw. die Streuinduktivität eines gegebenenfalls vorgeschalteten Transformators gebildet sein. Der Ausgang eines Steuergerätes 102 wird in Abhängigkeit von den Spannungsregelabweichungen im Zwischenkreis 6, die vom Regelverstärker 92 festgelegt werden, an den Leistungsbedarf des Gleichspannungsverbrauchers 2 angepaßt. Über dieses Steuergerät 102 kann zur Vermeidung von Grundschiwunungsblindleistungen die orthogonal zur Netzspannung liegende Differenz beider Spannungssysteme bestimmt und unmittelbar der ein- und ausgangsseitigen Strom- bzw. Leistungsfluß des Spannungswandlers 4 verändert werden. Die näherungsweise sinusförmigen Netzströme werden gemäß der Funktion der ausgangsseitigen Diodenbrücke im Gleichrichter 5 in einen Zwischenkreisstrom überführt, dessen Mittelwert stationär gleich dem Laststrommittelwert ist. Die Spannung im Zwischenkreis 6 wird über die elektrischen Energiespeicherelemente 100 gestützt, der bei konstantem Ladestrom nur pulsfrequente Änderung des Zwischenkreisstromes aufzunehmen hat.

Zur Ermittlung der Ansteuersignale der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 des Spannungswandlers 4 werden die stationär sinusförmig verlaufenden, am Ausgang des Steuergerätes 102 anliegenden normierten Umrichterphasenspannungssollwerte über einen Vergleich mittels Komparatoren 103 mit einer pulsfrequenten Dreiecksspannung aus einem Dreiecksgenerator 68 in binäre, pulsbreitenmodulierte Phasenschaltsignale bzw. in die verschiedenen über ein Trippel zu kennzeichnenden Schaltzustände transformiert. Aufgrund der Zweiwertigkeit weisen nun jeweils mindestens zwei Phasenschaltsignale einen gleichen Pegel auf, womit jeder Schaltzustand über einen Kurzschluß zwischen den entsprechenden Phasen gemäß den oben beschriebenen Schaltzuständen 1 bis 4 bzw. die diesen zuzuordnenden Ansteuerungen der Ventile der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 gebildet werden können.

Die Ansteuerung der Schaltvorrichtung 97 bis 99 erfolgt bei der Sternschaltung über ein Äquivalenzglied 104 und ein ODER-Glied 105 über die in vollen Linien gezeichneten Leitungen 106.

Die Anspeisung der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 erfolgt bei einer Dreiecksschaltung ausschließlich über die Äquivalenzglieder 104 zweier Phasenschaltsignale, wie dies über die Anschaltung der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 über die in strichlierten Linien dargestellten Leitungen 107 als Ausführungsvariante gezeigt ist.

Bei der vorliegenden Ausführung des Spannungswandlers 4 werden nun in der gleichen Zeiteinheit immer zwei magnetische Energiespeicher 96 kurzgeschlossen, daß näherungsweise sinusförmige Ströme durch den Gleichrichter 5 gleichgerichtet werden. Der Mittelwert des gleichgerichteten Stromes ist gleich dem Laststrommittelwert.

Die Regelung der Spannung im Zwischenkreis 6 erfolgt über den Soll-Wert der Zwischenkreisspannung, die wiederum mit dem in Fig.1 beschriebenen Einstellorgan 47 der Eingabevorrichtung 30 eingestellt werden kann und wie dies im Detail schon anhand des in Fig.1 dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde.

In Fig.13 ist eine andere Ausführungsvariante für die Ausbildung der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 gezeigt, bei der die Antiparallelschaltung symmetrisch sperrender GTO-Thyristoren im Gegensatz zu der in Fig.12 gezeigten Parallelschaltung in Serienschaltung erfolgt.

Nach der in Fig.14 gezeigten Ausführungsform können die Schaltvorrichtungen 97 bis 99 durch unipolare, bidirektionale Leistungshalbleiter 46, beispielsweise IGBT, gebildet sein, die aber auch durch Bipolartransistoren, Feldeffekttransistoren oder ähnliches ersetzt werden können.

In Fig.15 ist ein Zeigerdiagramm der Grundschnitungen der Phasengröße für den Spannungswandler 4 in Fig.12 gezeigt.

Aus diesem Zeigerdiagramm ist zu ersehen, daß über eine entsprechende Vorgabe einer Amplitude 108 und eines Phasenwinkels 109 eine Umrichterspannungsgrundschnitung, also die Spannung über der elektronischen Schaltvorrichtung 97 bis 99 eine Netzstromgrundschnitung 110 in Phase mit einer Netzspannungsgrundschnitung 111 geliefert wird. Über einen Stellwert 112 kann mittels dem Steuergerät 102 diese Phasengleichheit beibehalten werden.

In Fig.16 werden ein Zwischenkreisspannungsmittelpunkt, also ein Sternpunkt 113 der Schaltvorrichtungen 97 bis 99 und ein Sternpunkt 114 der Wechselspannungsquelle 3 verbunden, so ist eine einfachere Steuerung des Spannungswandlers 4 möglich. Der Sternpunkt 114 der Wechselspannungsquelle 3 wird dabei durch einen Sternpunkt 114 von zusätzlich angeordneten Kondensatoren 115, die einen Netzfilter 116 bilden, gebildet.

In diesem Fall sind dann drei identische Steuervorrichtungsteile 117 für jede Phase der Wechselspannungsquelle 3 bei einem dreiphasigen Netz also drei Steuervorrichtungsteile 117 vorzusehen. Nachdem die Anordnung und die Funktion dieser Steuervorrichtungsteile 117 für jede der drei Phasen der dargestellten dreiphasigen Wechselspannungsquelle 3 identisch ist, wird der Steuervorrichtungsteil 117 nur in Verbindung mit einer der drei Phasen dargestellt und näher beschrieben. Die Steuerung mit dem Steuervorrichtungsteil 117 erfolgt dabei in Form einer Zweipunkt-Stromregelung.

In Abhängigkeit der Regelabweichung der Spannung im Zwischenkreis 6, die mit dem Regelverstärker 70 festgestellt wird, wird durch eine Multiplikation der festgestellten Regelabweichung mit dem Netzphasenspannung-Ist-Wert in ein Multiplizierglied 118 multipliziert, sodaß an dessen Ausgang 119 ein der jeweiligen Netzphasenspannung proportionaler Netzphasenstrom-Soll-Wert anliegt. Dieser entspricht näherungsweise dem ohmschen Grundschnitungen-Netzverhalten. Der Regelverstärker 70 und das Multiplizierglied 118 bilden eine zweischleifige Regelung, also einen Spannungsregler mit unterlagertem Stromregler.

Überschreitet eine mittels einer Komparatorstufe 120 festgestellte Differenz zwischen dem positiven Netzphasenstrom-Soll-Wert und dem gemessenen Phasenstrom-Ist-Wert die in der Komparatorstufe 120 vorgewählte Schaltschwelle, wird die Schaltvorrichtung 99 und sinngemäß mit den anderen Steuervorrichtungsteilen 117 angesteuerten Schaltvorrichtungen 97, 98 durchgeschaltet, womit die Netzspannung eine Erhöhung des Netzstrom-Ist-Wertes bewirkt. Entsprechend führt eine Unterschreitung einer unteren Schaltschwelle der Komparatorstufe 120 zum Öffnen der Schaltvorrichtung 99 bzw. bei Verwendung von Leistungshalbleitern zu einem Sperren derselben bzw. zu einer Verringerung des Phasenstroms aufgrund der Entmagnetisierung des magnetischen Energiespeichers 19 über die Differenz von Zwischenkreis 6 und Netzspannung. Dies trifft sinngemäß natürlich auch für die weiteren in den anderen Phasen der mehrphasigen Wechselspannungsquelle 3 zu. Für die volle Steuerbarkeit muß damit die Spannung im Zwischenkreis 6 jedenfalls über dem zweifachen Spitzenwert zwischen zwei Phasen der Phasenspannung der Wechselspannungsquelle 3 liegen.

Die übrigen nicht beschriebenen Teile die denjenigen der Ausführungsformen der vorangegangenen Ausführungsbeispiele entsprechen, wurden wiederum mit den bereits früher verwendeten Bezugsziffern versehen.

In Fig.17 ist eine andere Ausführungsvariante eines Spannungswandlers 4 dargestellt. Kennzeichen dieses Spannungswandlers 4 sind die wechselspannungsseitig angeordneten magnetischen Energiespeicher 19, die bezogen auf die Netzfrequenz hochfrequentgetaktete, gleichspannungsseitige und die durch leistungselektronische Bauteile gebildete Schaltvorrichtung 121 und eine im Zwischenkreis 6 angeordnete Diode 122 sowie das elektrische Energiespeicherelement 26 aufweisen. Die Spannung am Gleichspannungsverbraucher 2 liegt wieder über dem Spitzenwert der gleichgerichteten Netzspannung. Zur Verminderung der Oberschwingungsstrombelastung der Wechselspannungsquelle 3 bzw. des Netzes ist gegebenenfalls ein Netzfilter 123 angeordnet.

Bei durchgeschalteter Schaltvorrichtung 121, also bei einem dreiphasigen Netzkurzschluß wird der näherungsweise lineare Anstieg der Phasenströme über die vorgeschalteten, magnetischen Energiespeicher 19 und die Momentanwerte der Netzphasenspannung bestimmt. Die, ausgehend vom Leerlaufzustand im Abschaltzeitpunkt erreichten Phasenstromwerte sind damit direkt proportional den Phasenspannungsmomentanwerten und der Einschaltzeit. Die Abmagnetisierung der magnetischen Energiespeicher 19 erfolgt über die Diode 122 in das elektrische Energiespeicherelement 26 in Form einer in erster Näherung linearen Stromänderung. Schließt das Wiedereinschalten der Schaltvorrichtung 121 unmittelbar an das Ende der vollständigen Abmagnetisierung des magnetischen Energiespeichers 19 an, werden somit - bei über die Grundschnitungenperiode konstanter Einschaltdauer - aus Dreiecken mit seitlich sinusförmig variierender Höhe aufgebaute Phasenströme gebildet, wie dies im nachfolgenden anhand der Fig.18 noch näher erläutert werden wird. Die von dem vorgeschalteten Netzfilter 123 ausgesiebten Netzströme weisen in

erster Näherung Sinusform und nur geringe Phasendifferenz zur jeweiligen Mittelpunktspannung auf.

Die die Netzstromamplitude bzw. den Leistungsfluß in den Zwischenkreisen 6 definierende Einschalt-  
dauer der Schaltvorrichtung 121 kann nun direkt zur Regelung der Spannung im Zwischenkreis 6 des  
Systems herangezogen werden. Dies erfolgt nun wie nachstehend beschrieben:

5 Mit dem Setzen des Schaltzustandsspeichers 52 bzw. dem damit verbundenen Einschalten der Schalt-  
vorrichtung 121 wird über den Inverter 65 ein Sägezahngenerator 124 aktiviert. Erreicht die Spannungsram-  
pe einer über dem Ausgangssignal des Regelverstärkers 70 liegenden Wert der sich aus der Zwischen-  
kreisspannungsregelungsabweichung und einen über die Leitung 55 erfaßten Lastzustand des nachgeschalt-  
10 teten Gleichspannungsverbrauchers 2 zusammensetzt, so werden der Schaltzustandsspeicher 52 und der  
Rampengenerator durch den Komparator 41 zurückgesetzt. Die Einschaltdauer der Schaltvorrichtung 121  
wird somit direkt durch den Ausgang des Regelverstärkers 70 definiert. Das Ende der nun anschließenden  
Entmagnetisierung des magnetischen Energiespeichers 19 wird von einer Detektorvorrichtung 125 festge-  
stellt und führt zu einem erneuten Setzen des Schaltzustandsspeichers 52. Die Detektorvorrichtung 125  
ermöglicht die Feststellung des Magnetisierungszustandes des magnetischen Energiespeichers 19, z.B.  
15 über die Polarität der an der Diode 122 auftretenden Spannung, wobei die Sperrspannung bedeutet, daß die  
Entmagnetisierung abgeschlossen ist.

In Fig.18 ist nun der Strom- und der Netzspannungsverlauf einer Phase in der Leitung zwischen dem  
magnetischen Energiespeicher 19 und dem Gleichrichter 5 gezeigt. Eine Diagrammlinie 126 zeigt dabei den  
durch die Wirkung der Steuervorrichtung 29 bewirkten sägezahnartigen Verlauf des Phasenstroms und eine  
20 Diagrammlinie 127 den im selben Bereich auftretenden Verlauf der Phasenspannung.

In Fig.19 ist eine Ausführungsvariante der in Fig.17 beschriebenen Schaltung für den Spannungswand-  
ler 4, insbesondere einer anders ausgebildeten Ausführung einer Schaltvorrichtung 128 gezeigt. Auch in  
dieser Figur werden für gleiche Teile, wie in den vorhergehend beschriebenen Ausführungsbeispielen die  
gleichen Bezugszeichen verwendet.

25 Die Schaltvorrichtung 128 ist durch die Kombination eines unidirektionalen, unipolaren Leistungshalblei-  
ters 129 gebildet, dem eine Dreiphasen-Diodenbrücke 130 vorgeordnet ist.

In Fig.20 ist eine weitere Ausführungsvariante eines Spannungswandlers 4 gezeigt. Das Schaltschema  
entspricht im wesentlichen der anhand der Fig.17 beschriebenen Ausführungsform. Sie unterscheidet sich  
jedoch gegenüber der in Fig.17 gezeigten Ausführungsform dadurch, daß die Sperrspannungsbeanspru-  
30 chung der Leistungshalbleiter 129 halbiert und die Regelung der Spannung eines kapazitiven Zwischen-  
kreisspannungsmittelpunktes 131 in die Regelung der Spannung des Zwischenkreises 6 einbezogen ist.  
Ansonsten entspricht die dargestellte Schaltung betreffend der Anordnung der magnetischen Energiespei-  
cher 19 der Ausführungsform nach Fig.17, während die Anordnung der elektrischen Energiespeicherele-  
mente 26 und die Struktur der Steuervorrichtung 29 der in Fig.3 beschriebenen Ausführungsform.

35 Um eine Symmetrierung des kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunktes 131 zu ermöglichen,  
sind für die durch Leistungshalbleiter 129 gebildeten Schaltvorrichtungen 24 und 56 getrennte Schaltzu-  
standsspeicher 52 vorgesehen. Falls die Spannung in den Energiespeicherelementen 57 größer ist, als in  
den Energiespeicherelementen 26 wird über den die symmetrische Aufteilung der Zwischenkreisspannung  
überwachenden Regelverstärker 132 die Leitdauer der Schaltvorrichtung 24 verkürzt und jene der Schalt-  
40 vorrichtung 56 verlängert, sodaß es zu einem Spannungsausgleich in den beiden Energiespeicherelementen  
26,57 kommt.

Diese resultiert im Auftreten eines der Teilspannungen symmetrierenden Mittelpunktstromes. Die  
Ableitung des Rücksetzsignals des Sägezahngenerators 124 hat hier über ein ODER-Glied 133, d.h. eine  
Oder-Verknüpfung der Ausgänge der Schaltzustandsspeicher 52 zu erfolgen.

45 Abschließend sei festgehalten, daß es im Rahmen der Erfindung möglich ist, einzelne Schaltungsteile  
bzw. Schaltungsbaugruppen der verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen wahlweise gegeneinan-  
der auszutauschen, soweit dies funktionsmäßig aufgrund der beschriebenen Schaltungen möglich ist.  
Selbstverständlich können auch einzelne Bauteile bzw. Baugruppen der beschriebenen Schaltungen,  
sowohl der Steuervorrichtung 29 als auch im Zwischenkreis 6 bzw. im netzseitigen Teil des Spannungswand-  
50 lers 4 eigene für sich unabhängige, erfindungsgemäße Lösungen bilden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Versorgung eines Gleichspannungsverbrauchers mit einer konstanten, voreinstellbaren  
55 Spannung aus einer Wechselspannungsquelle, bei dem die Wechselspannung gleichgerichtet und in  
einem Zwischenkreis auf den voreinstellbaren Wert gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß  
zumindest eine Induktivität über eine Schaltvorrichtung mit zeitlich voneinander distanziierten Perioden  
mit voreinstellbarer Zeitdauer von der Wechselspannungsquelle aufgeladen und anschließend an jede

Periode über den Gleichrichter an den Zwischenkreis bzw. dessen elektrischen Energiespeicherelemente angelegt wird und die Zeitdauer zwischen den Perioden bzw. die Zeitdauer der Periode so gewählt werden, daß die Betriebsspannung am Gleichspannungsverbraucher zu der Betriebsspannung in der Wechselspannungsquelle verschieden ist.

- 5
2. Spannungsumsetzungsvorrichtung mit einem eine ein- oder mehrphasige Wechselspannungsquelle angespeisten Gleichspannungsverbraucher mit einem zwischen der Wechselspannungsquelle und dem Gleichspannungsverbraucher angeordneten Spannungswandler, einem Gleichrichter und einem zwischen dem Gleichrichter und dem Gleichspannungsverbraucher angeordneten Zwischenkreis zur Festlegung der Spannung am Gleichspannungsverbraucher, dem eine Steuervorrichtung zugeordnet ist, die mit externen Einstell- bzw. Überwachungsvorrichtungen für Spannung und/oder Strom am Eingang des Gleichspannungsverbrauchers zusammengeschaltet ist, bei der ein Ausgang der Steuervorrichtung an einem Steuereingang einer Schaltungsvorrichtung anliegt und daß die Schaltungsvorrichtung zwischen zwei am positiven und negativen Potential des Gleichrichters angeschlossenen Verbindungsleitungen angeordneten Versorgungsleitungen zwischengeschaltet ist, wobei diese zwischen einer ein elektrisches Energiespeicherelement aufnehmenden weiteren parallelen Verbindungsleitung und einem in einer der Versorgungsleitungen angeordneten magnetischen Energiespeicher angeordnet ist, und daß zwischen der Verbindung zwischen der Schaltungsvorrichtung mit dem magnetischem Energiespeicher und dem elektrischen Energiespeicherelement eine Diode in Durchlaßrichtung zum elektrischen Energiespeicher angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in eine der beiden Verbindungsleitungen (15, 16) zwei Schaltungsvorrichtungen (24, 56) und in der weiteren Verbindungsleitung (25) zwei in Serie geschaltete Energiespeicherelemente (26, 57) angeordnet sind und die beiden zueinander parallel geschalteten Verbindungsleitungen (23, 25) zwischen den beiden Schaltungsvorrichtungen (24, 56) und zwischen den beiden Energiespeicherelementen (26, 57) über eine Zwischenleitung (60) miteinander verbunden sind und daß jeweils ein magnetischer Energiespeicher (19) zwischen den Gleichrichter (5) und der die Schaltungsvorrichtung (24, 56) aufnehmende Verbindungsleitung (23) und jeweils eine Diode (21) zwischen den Schaltungsvorrichtungen (24, 56) und den Energiespeicherelementen (26, 57) in beiden Versorgungsleitungen (15, 16) zwischengeschaltet sind.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
3. Spannungsumsetzungsvorrichtung mit einem eine ein- oder mehrphasige Wechselspannungsquelle angespeiste Gleichspannungsverbraucher mit einer zwischen der Wechselspannungsquelle und dem Gleichspannungsverbraucher angeordneten magnetischen Energiespeicher eine Schaltungsvorrichtung und ein elektrisches Energiespeicherelement zwischengeschaltet ist, wobei die magnetischen Energiespeicher zwischen dem Gleichrichter und der Wechselspannungsquelle angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die diesen zugeordneten Schaltungsvorrichtungen (24, 56, 97, 98, 99, 121, 128) zwischen dem magnetischen Energiespeichern (19, 96) und dem Gleichrichter (5) oder zwischen den elektrischen Energiespeicherelementen (26, 57, 100) und dem Gleichrichter (5) angeordnet sind.
- 35
4. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen Gleichrichter (5) und der Wechselspannungsquelle (3) Induktivitäten (10) angeordnet sind.
- 40
5. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltungsvorrichtungen (97, 98, 99) bei einer dreiphasigen Wechselspannungsquelle in Sternschaltung angeordnet sind.
- 45
6. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltungsvorrichtungen (97, 98, 99) bei einer dreiphasigen Wechselspannungsquelle (3) in Dreieckschaltung angeordnet sind.
- 50
7. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach Anspruch 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuervorrichtung (29) zur Beaufschlagung der Steuereingänge bzw. Antriebe (28) der Schaltungsvorrichtungen (97, 98, 99) zur Pulsbreitenmodulation ausgebildet ist.
- 55
8. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltungsvorrichtung (97, 98, 99) durch einen bipolaren oder bidirektionalen Leistungshalbleiter (46), z.B. einem Triac, Thyristor gebildet ist.

## AT 403 865 B

9. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltvorrichtung (24, 56) durch einen abschaltbaren Leistungshalbleiter (46), z.B. Transistor, Isolated-Gate-Bipolar-Transistor, Feldeffekttransistor gebildet ist.
- 5 10. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltvorrichtung (24, 56) durch mechanische Schalter, z.B. Relais, Schütze oder dgl. gebildet ist.
- 10 11. Spannungsumsetzungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltvorrichtung einen in der Anspeisungsleitung zweier hintereinander geschalteter Dioden (17, 18) des Gleichrichters (5) angeordneten spannungsgesteuerten Transistor, z.B. einen Isolated-Gate-Bipolar-Transistor (IGBT) und zwei zu diesem parallel geschaltete, entgegen der Flußrichtung der Dioden (17, 18) des Gleichrichters (5) angeordnete Dioden (21) aufweist und daß ein Knotenpunkt (14) zur Verbindung der Phase der Wechselspannungsquelle (3) zwischen den beiden zum spannungsgeregelten Transistor parallel geschalteten Dioden (17, 18) angeordnet.
- 15

Hiezu 10 Blatt Zeichnungen

20

25

30

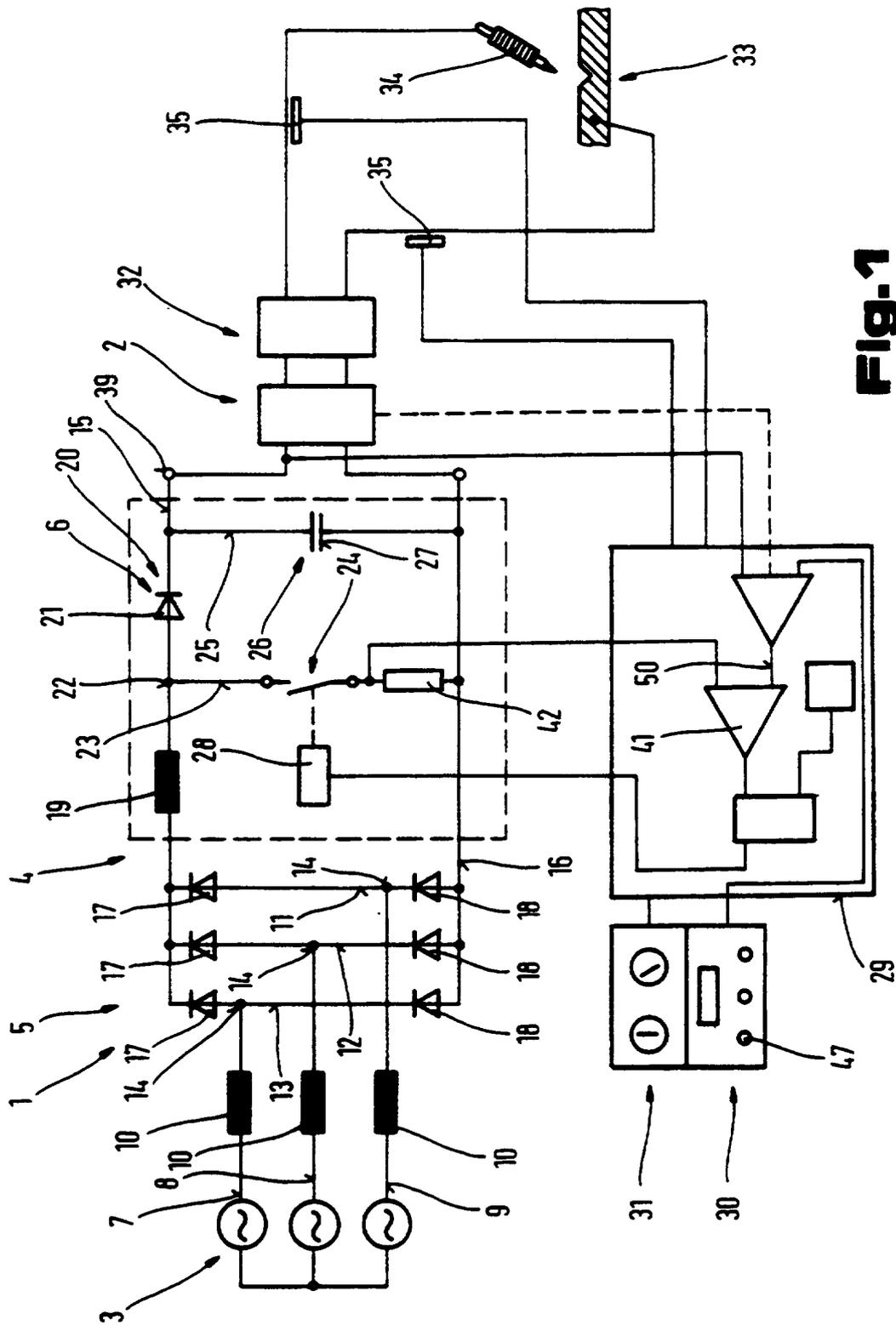
35

40

45

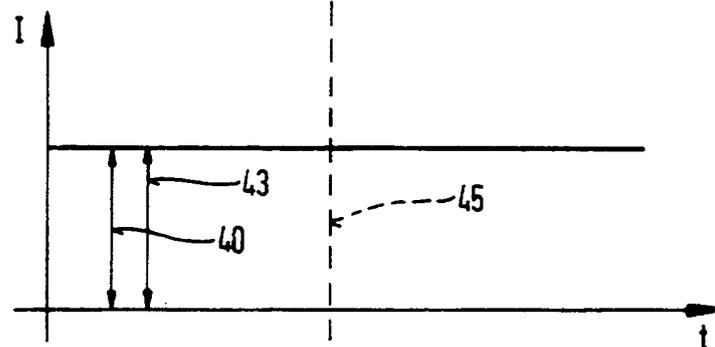
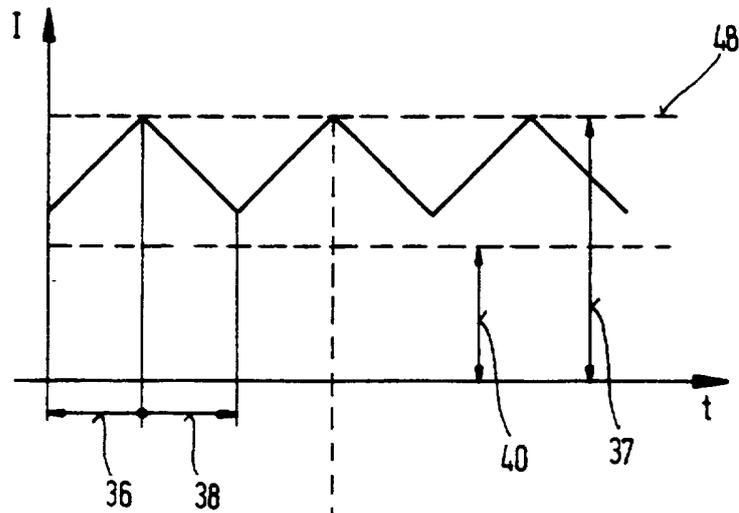
50

55

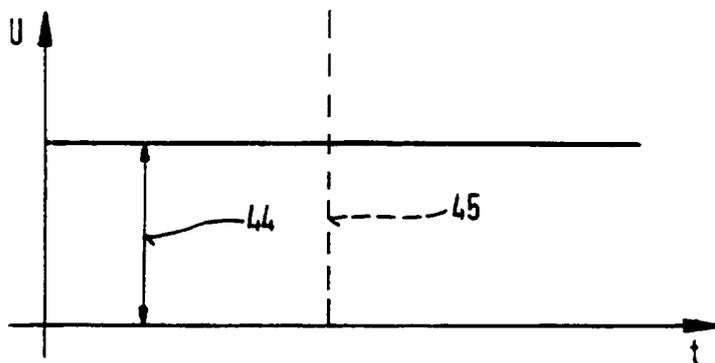


**Fig. 1**

**Fig.2**

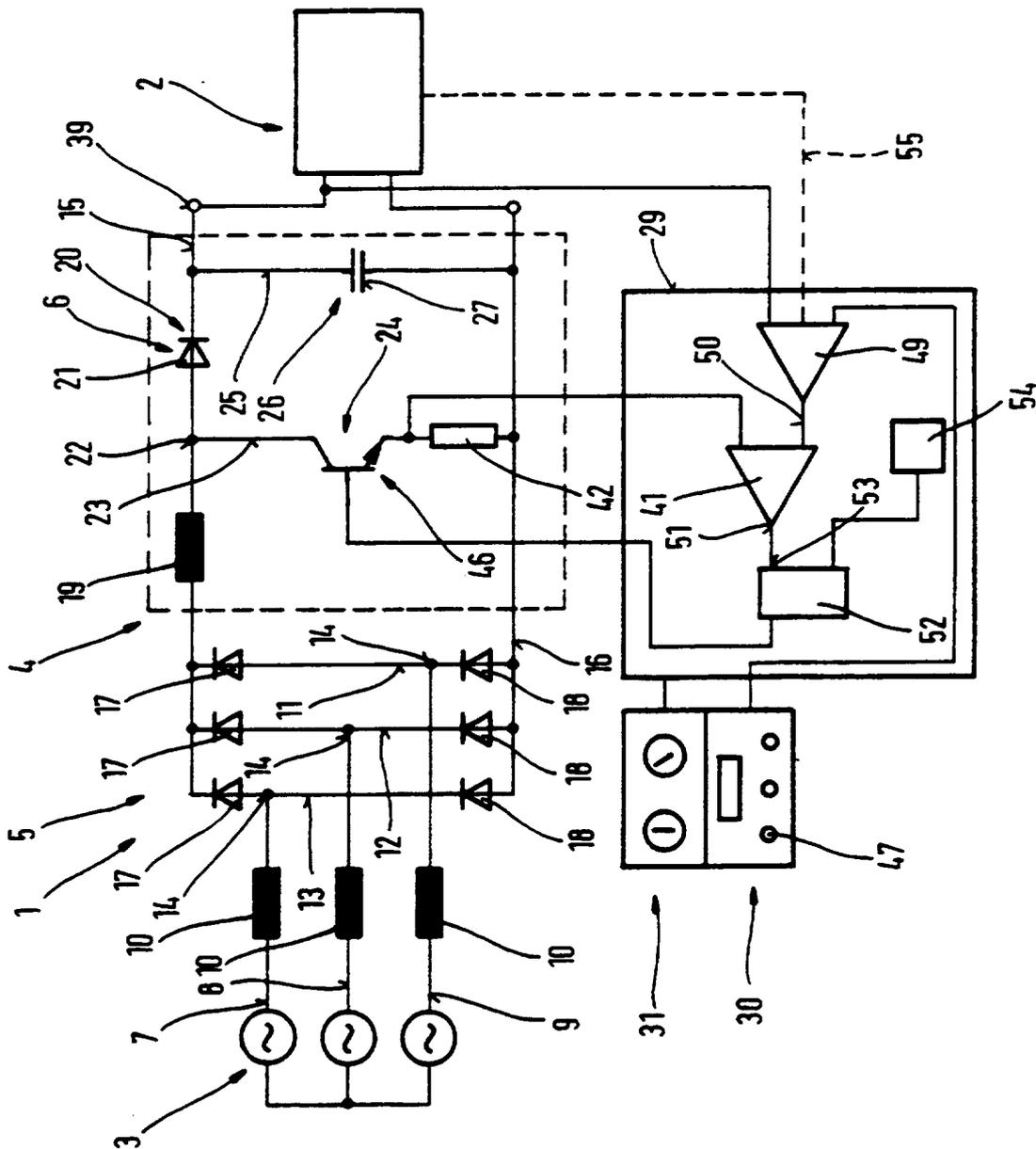


**Fig.3**

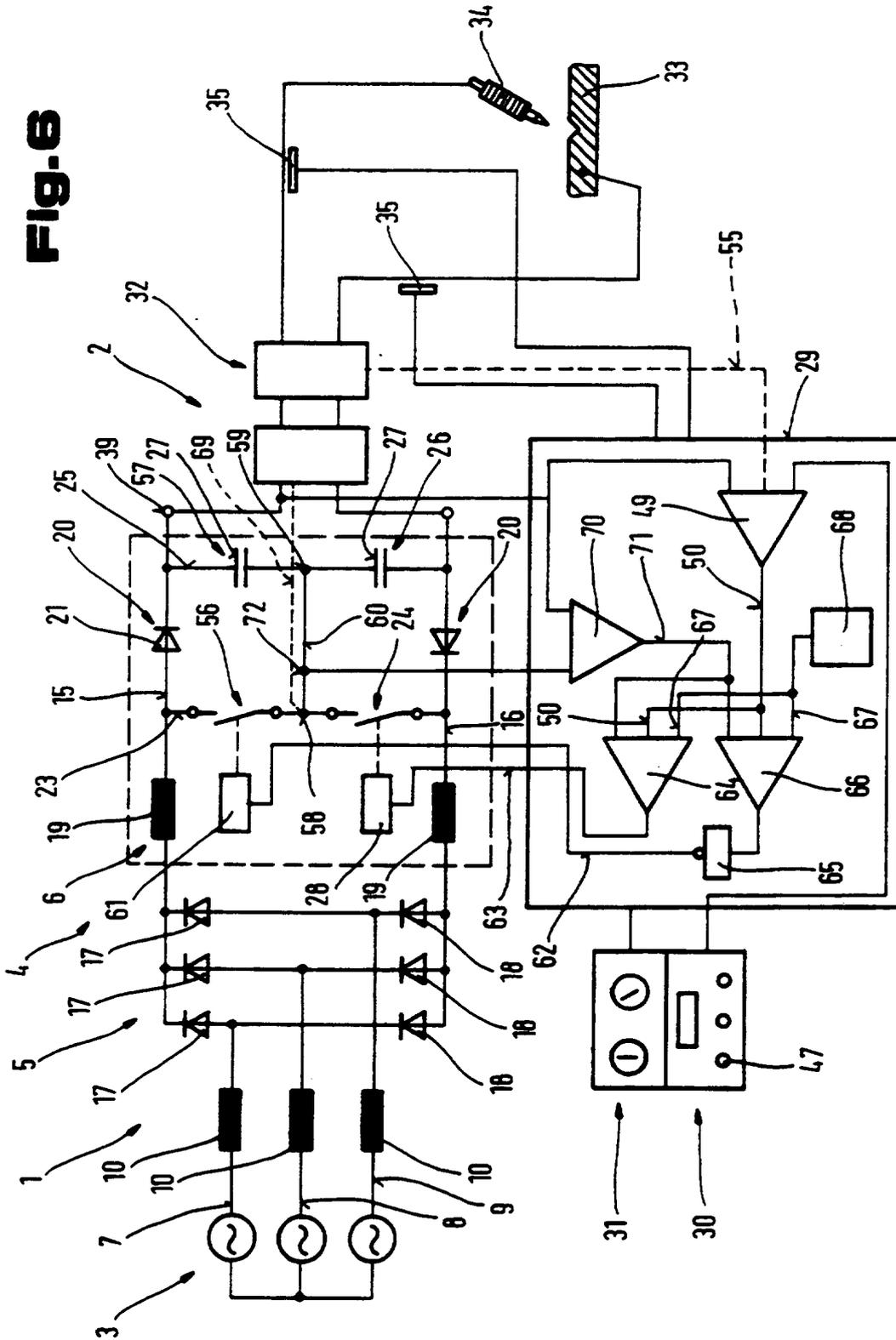


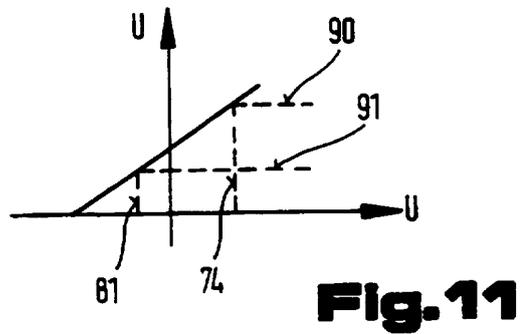
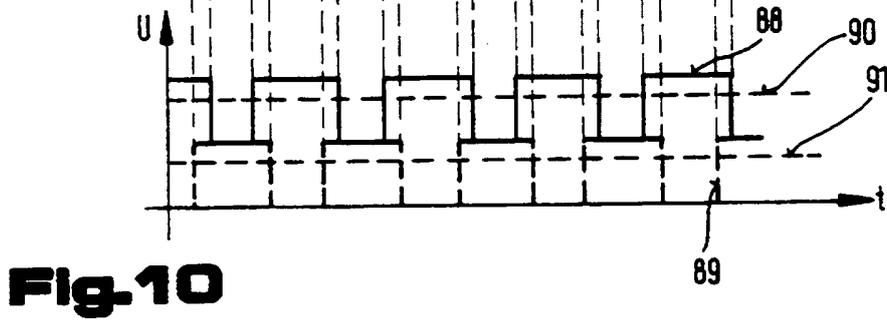
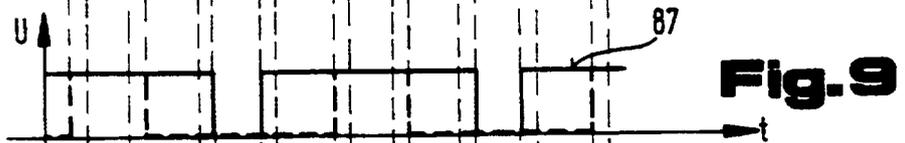
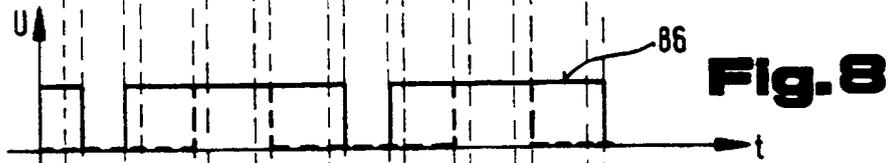
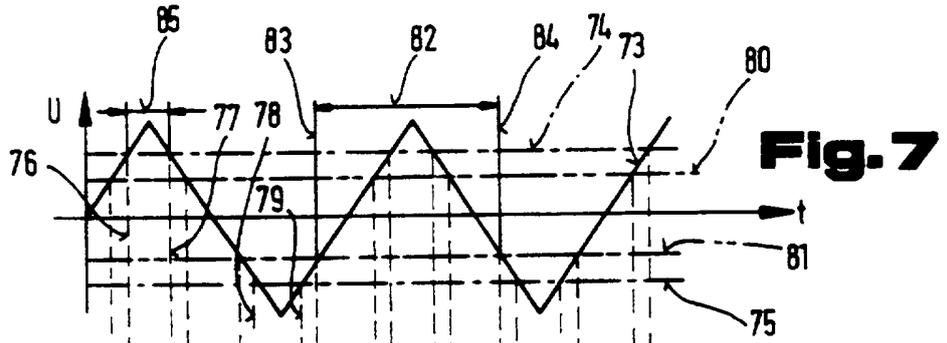
**Fig.4**

**Fig. 6**

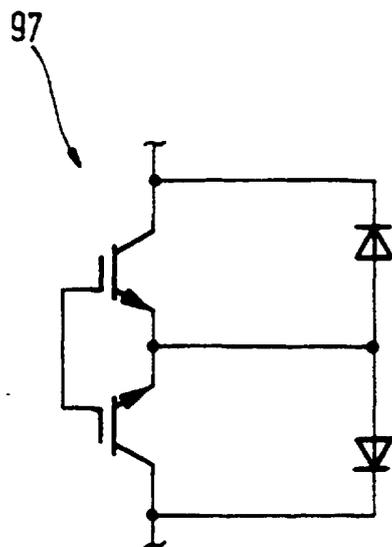


**FIG. 6**

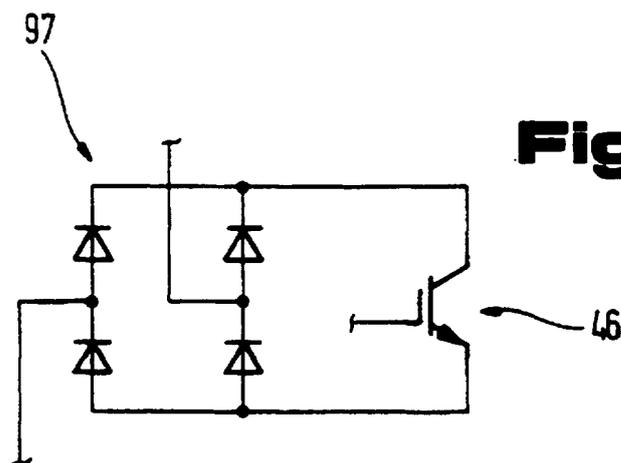




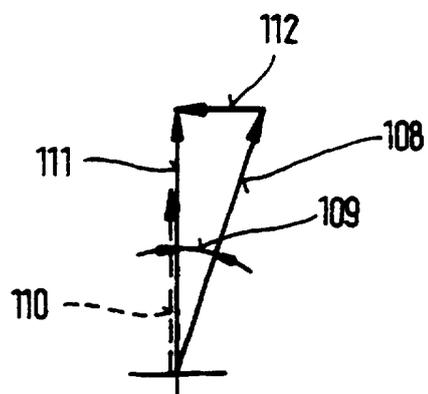




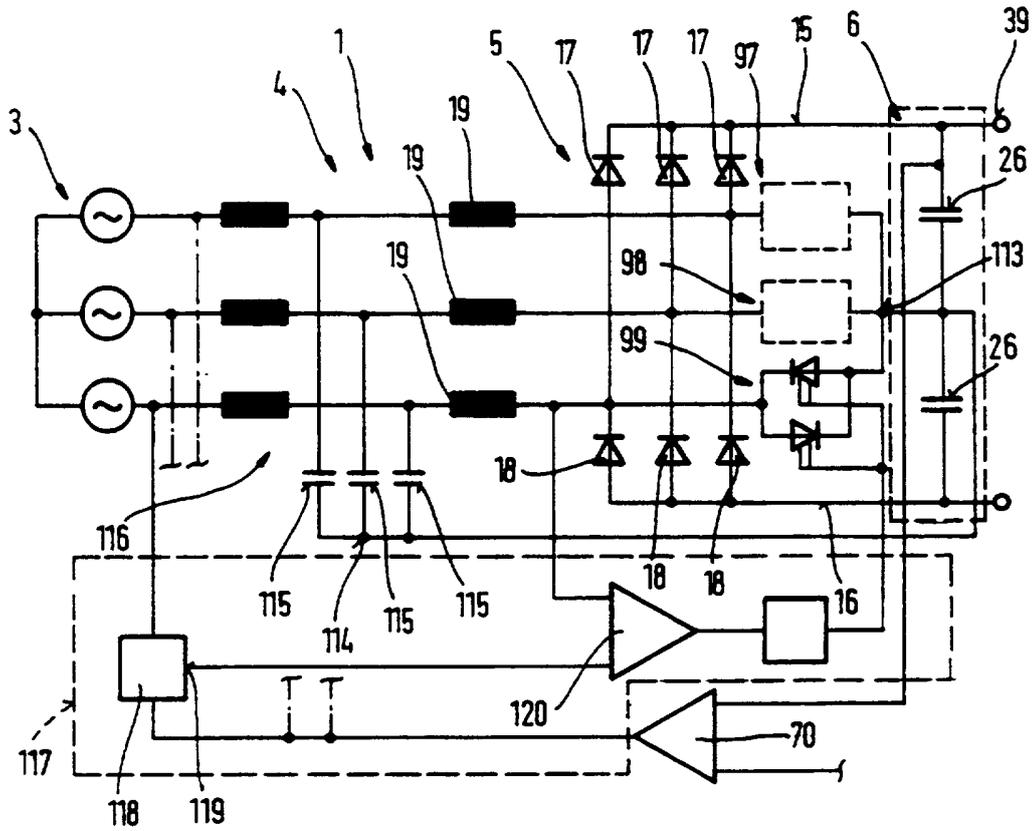
**Fig. 13**



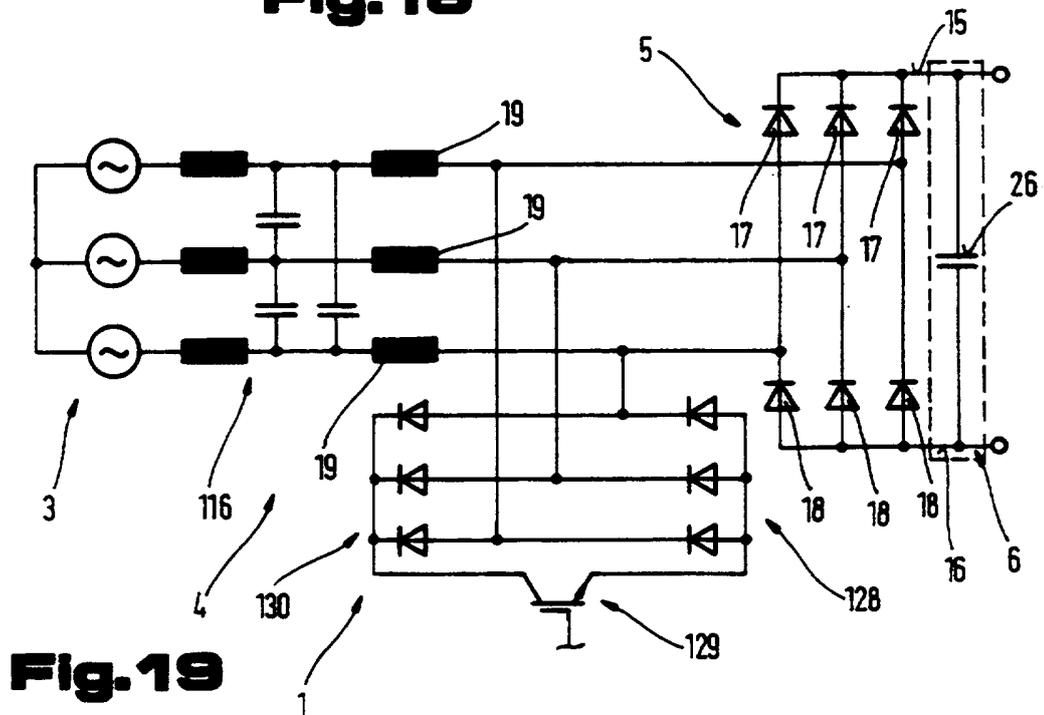
**Fig. 14**



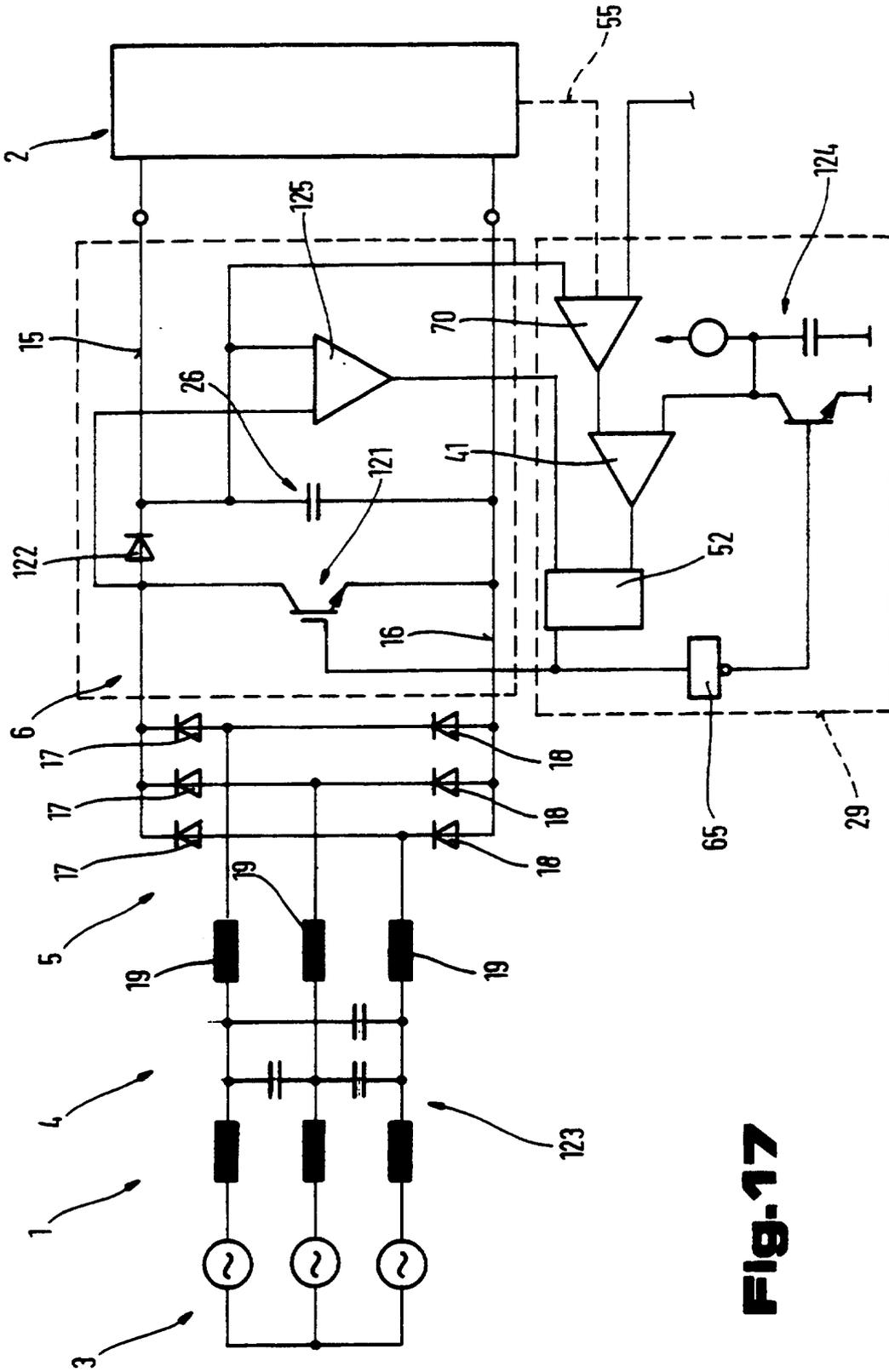
**Fig. 15**



**Fig.16**

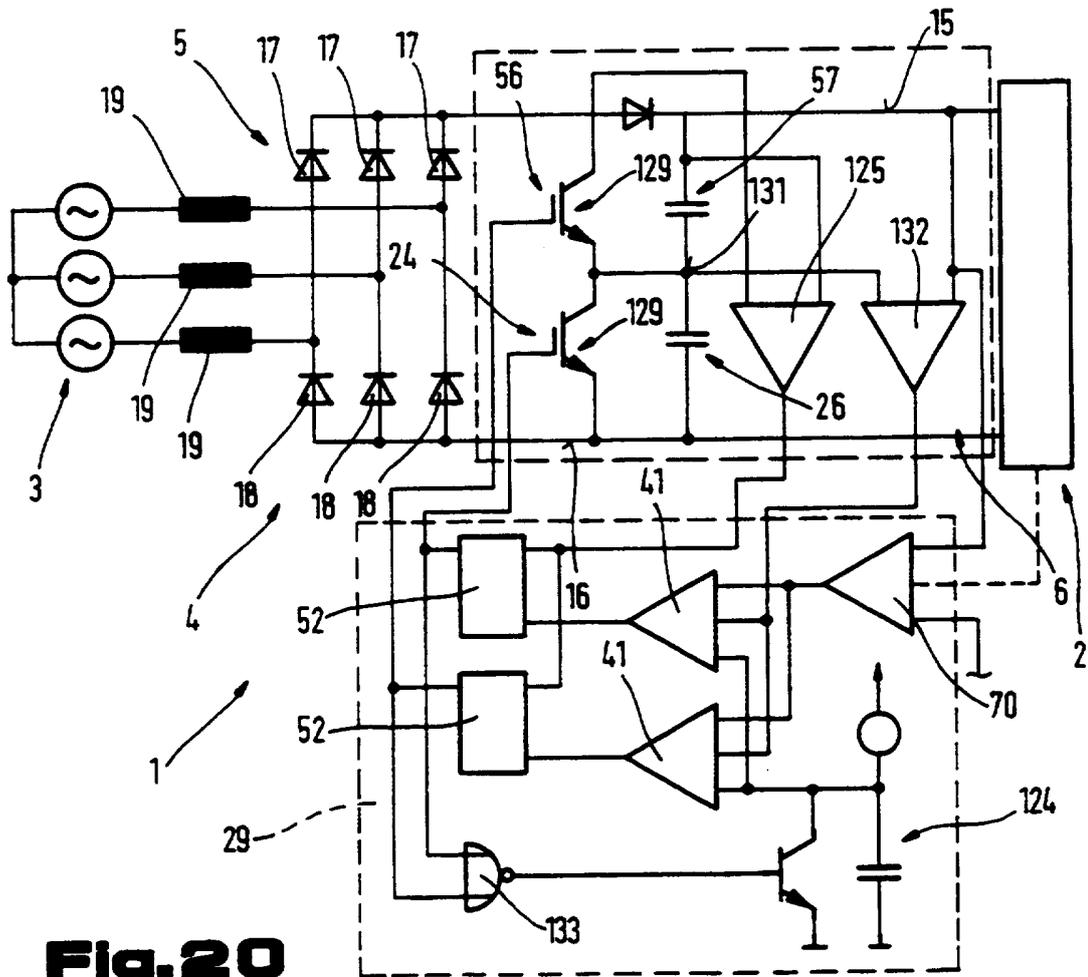
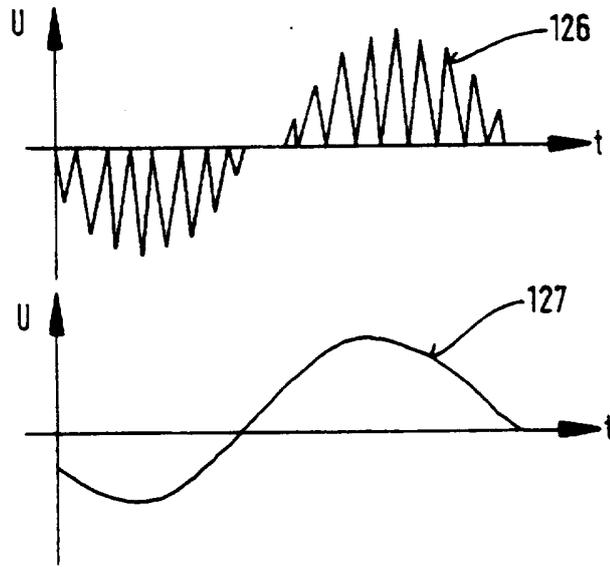


**Fig.19**



**Fig. 17**

**Fig.18**



**Fig.20**