

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 138/87

(51) Int.Cl.⁵ : **H02M 5/458**

(22) Anmeldetag: 26. 1.1987

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 9.1989

(45) Ausgabetag: 25. 4.1990

(30) Priorität:

28. 1.1986 DE 3602496 beansprucht.

(73) Patentinhaber:

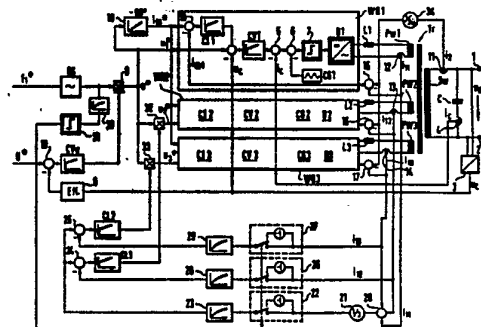
ELEKTRO-GERÄTE-BAU GUSTAV KLEIN GMBH & CO. KG
D-8920 SCHONGAU/LECH (DE).

(56) Entgegenhaltungen:

DE-AS1463336 DE-PS2904786 DE-PS2231152 US-PS3458797
US-PS4114048
IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, BAND
IA-20, NR. 4, JULI/AUGUST 1984. SEITEN 961-966

(54) WECHSELRICHTERANORDNUNG MIT N PARALLEL BETRIEBENEN WECHSELRICHTERN

(57) Betrieben wird eine Wechselrichteranordnung mit n parallel beschriebenen Wechselrichtern, deren Ausgangsströme zu einem Summenstrom addiert und so geregelt werden, daß ihre Phasen im wesentlichen übereinstimmen und ihre Beträge je das 1/n-fache des Betrages des Summenstroms sind. Dazu werden die Ausgangsströme von (n-1) der Wechselrichter geregelt. Als Sollwert für die Regelung dient der Betrag derjenigen Komponente eines durch Teilung des Summenstroms durch n erhaltenen Strombezugssignals, deren Phase gleich einer Bezugsphase ist. Als Istwert dient jeweils der Betrag derjenigen Komponente des Ausgangstroms des jeweiligen Wechselrichters, deren Phase gleich der Bezugsphase ist.



Die Erfindung betrifft eine Wechselrichteranordnung mit n parallel betriebenen Wechselrichtern, deren Ausgangsströme zu einem Summenstrom addiert und so geregelt werden, daß ihre Phasen im wesentlichen übereinstimmen und ihre Beträge je das 1/n-fache des Betrages des Summenstroms sind, umfassend einen eigenen Spannungsregler für jeden der n Wechselrichter, Meßeinrichtungen zur Erfassung der Ausgangsströme aller n Wechselrichter, eine Summiereinrichtung zur Bildung eines Summenstromsignals entsprechend der Summe der erfaßten Ausgangsströme, eine Teilungseinrichtung zur Erzeugung eines Strombezugssignals, das dem durch n geteilten Summenstrom entspricht, Stromistwertbildungseinrichtungen zur Bildung von Stromistwertsignalen, und Einrichtungen, von denen jede mit der Differenz zwischen einem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme beaufschlagt ist und mit ihrem Ausgangssignal den Spannungssollwert für den Spannungsregler des zugeordneten Wechselrichters steuert.

Eine Wechselrichteranordnung dieser Art ist aus der DE-AS 29 04 786 bekannt.

Es gibt Anwendungsbereiche, bei denen man Wechselrichter hoher Leistung (50 kVA und mehr) benötigt, die hohen dynamischen Anforderungen genügen. Als bevorzugtes Beispiel für derartige Anwendungsbereiche seien statische unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen genannt, die dort eingesetzt werden, wo selbst kurzzeitige Netzunterbrechungen oder andere Netzstörungen zum Ausfall oder zur Fehlfunktion wichtiger Anlagen führen können.

Thyristorwechselrichter lassen sich heute für sehr hohe Leistungen herstellen. Schwierigkeiten bereitet es bei ihnen aber, mit vertretbarem Aufwand für die Steuerelektronik das beispielsweise für unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen erforderliche dynamische Verhalten zu erzielen. In den letzten Jahren hat man daher zunehmend auf inzwischen entwickelte Leistungstransistoren als Ventile für derartige Wechselrichter zurückgegriffen. Es stehen heute Leistungstransistoren zur Verfügung, die Ströme bis zu 300 Ampere schalten können. Dabei lassen sich mit diesen Leistungstransistoren ohne größeren Aufwand höhere Schaltfrequenzen als mit Thyristoren erzielen, so daß man mit Leistungstransistoren heute Wechselrichter bis zu 15 kVA (einphasig) herstellen kann, die hohen Anforderungen an das dynamische Verhalten genügen. Für manchen Anwendungsfall reicht diese Leistung nicht aus, so daß nach Wegen gesucht wurde, mit den dynamisch hervorragenden Transistorwechselrichtern höhere Leistungen zu erreichen.

Aus der Druckschrift IEEE Transactions On Industry Applications, Band IA-20, Nr. 4, Juli/August 1984, Seiten 961 bis 966, ist eine Wechselrichteranordnung mit Leistungstransistoren für den Einsatz in unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen bekannt, die eine Ausgangsleistung von bis zu 100 kVA besitzt. Der Leistungsteil dieser Wechselrichteranordnung enthält zwei 3-Phasen-Brückenschaltungen, die mit einer Phasendifferenz von 30° betrieben werden, eingangsseitig parallel an eine Gleichstromquelle angeschlossen sind und ausgangsseitig je einen gesonderten Ausgangstransformator speisen. Die Sekundärwicklungen der Ausgangstransformatoren, von denen die des einen in Sternschaltung und die des anderen in Zickzackschaltung ausgebildet sind, sind in Reihe geschaltet. Zur Erzielung der hohen Leistungen sind bei dieser bekannten Wechselrichteranordnung bis zu sechs Leistungstransistoren zur Bildung eines Ventils parallelgeschaltet. Eine solche Parallelschaltung von Transistoren setzt eine statische und dynamische Stromgleichverteilung auf alle Transistoren voraus.

Damit dies erreicht werden kann, müssen nicht nur besondere schaltungstechnische Maßnahmen bezüglich Anordnung und Verdrahtung der Transistoren getroffen werden, vor allem müssen die Transistoren auch so ausgesucht werden, so daß die parallelgeschalteten Transistoren übereinstimmende Kenndaten besitzen. Der damit verbundene Aufwand führt zu enormen Herstellungskosten. Darüber hinaus muß im Fall des Versagens eines der Transistoren praktisch immer die gesamte Parallelschaltung ausgewechselt werden.

Ferner ist bekannt, zur Erhöhung der mit Transistorwechselrichtern erzielbaren Leistung die Sekundärwicklungen von zwei oder mehr unabhängig voneinander betriebenen Wechselrichtergeräten über Ausgleichsdrosseln parallelzuschalten. Durch stets vorhandene Unsymmetrien im Steuerungs- und Leistungsteil der Wechselrichtergeräte kann bei diesem bekannten Parallelbetrieb eine vollständig symmetrische Lastaufteilung nicht erreicht werden. Deshalb muß eine Minderausnutzung der an sich verfügbaren Wechselrichterleistung in Kauf genommen werden.

Beim Stand der Technik der schon erwähnten DE-AS 2904786 wird zur Regelung von Spannung und Lastaufteilung der parallelgeschalteten Wechselrichter für jeden Wechselrichter eine Ersatzregelgröße gebildet, in die unter anderem das Produkt aus der Differenz zwischen einem Sollstrom und dem Iststrom des Wechselrichters und einer komplexen Impedanz eingeht, deren Wirk- und Blindanteil vorzugsweise dem Wirk- bzw. Blindanteil des Innenwiderstands des Wechselrichters entsprechen. Die mittels einer Rechenschaltung ermittelte Ersatzregelgröße liefert die Istwerte für zwei getrennte Regelkanäle, nämlich einen Phasenregelkanal und einen Betragsregelkanal. Zur Ermittlung der Ersatzregelgröße findet bei diesem Stand der Technik ein Vergleich zwischen dem Stromistwert des jeweiligen Wechselrichters und dem zugehörigen Stromsollwert statt. Der Stromsollwert für die einzelnen Wechselrichter wird aus dem Summenstrom durch Multiplikation mit einem Anteilfaktor gewonnen, der dem zugewiesenen Lastanteil des jeweiligen Wechselrichters entspricht. Die Bildung der Ersatzregelgröße und damit auch der Stromsoll-Ist-Vergleich findet für alle der n Wechselrichter statt.

Aus der US-PS 4,114,048 sind in Verbindung mit ausgangsseitig parallelgeschalteten Wechselrichtern Lastverteilungsregler bekannt, denen die Aufgabe zukommt, für gleiche Belastung der ebenfalls parallelgeschalteten, die Wechselrichter speisenden Gleichrichter zu sorgen. Zu diesem Zweck wird der

Ausgangsstrom jedes der Gleichrichter erfaßt und der Mittelwert der Summe aller erfaßten Ausgangsströme gebildet. Der Ausgangsstrom jedes einzelnen Gleichrichters wird mit dem Mittelwert verglichen und eine etwaige Abweichung zur Steuerung eines dem Gleichrichter zugeordneten Spannungsreglers verwendet.

5 Aus der DE-AS 14 63 336 ist eine Wechselrichteranlage mit zwei eingangs- und ausgangsseitig parallelgeschalteten Wechselrichtergeräten bekannt. Jedes dieser Wechselrichtergeräte stellt einen sogenannten Blockspannungswechselrichter dar, der zwei gegeneinander phasenverschobene Rechteck-Ausgangsspannungen erzeugt, die einander überlagert werden. Die Spannungsregelung bei dieser Art Wechselrichter erfolgt durch Einstellung der Phasenverschiebung zwischen den beiden Rechteck-Ausgangsspannungen. Bei den
10 parallelgeschalteten Wechselrichtergeräten sind zusätzlich Phasenvergleichsglieder vorgesehen, die einen Vergleichswert zwischen den an zugeordneten Wechselrichtereinheiten der beiden Wechselrichtergeräte anliegenden Zündimpulsen herstellen und damit den Zündimpulsgeber beeinflussen. Bei diesem Stand der Technik ist weder eine Stromregelung noch ein Phasenvergleich im Zuge einer Stromregelung vorgesehen.

Die DE-AS 22 31 152 beschreibt eine Weiterbildung des aus der genannten DE-AS 14 63 336 bekannten Standes der Technik zur Erzielung des Gleichlaufs von mindestens drei derartiger im Parallelbetrieb arbeitenden
15 Wechselrichtergeräten. Dabei werden die Ausgangsspannungen jeweils phasengleichnamiger Wechselrichtereinheiten der Wechselrichtergeräte über Übertrager und Wechselspannungstabilisierglieder auf ein zugeordnetes Phasenvergleichsglied in jedem Wechselrichtergerät gegeben. Zusätzlich wird dieses Ist-Phasenlage der Ausgangsspannung einer jeweiligen Wechselrichtereinheit angegebende Signal über einen Widerstand auf eine für die phasen- gleichnamigen Wechselrichtereinheiten gemeinsame Sammelschiene gegeben.
20 Dieses Signal an der Sammelschiene stellt den Sollwert für die erwähnten Phasenvergleichler dar. Die von den Phasenvergleichern gegebenenfalls ermittelte Phasendifferenz steuert den Zündimpulsgeber der zugehörigen Wechselrichtereinheit. Eine Stromregelung zur Erzielung einer gleichnamigen Lastaufteilung findet auch bei diesem Stand der Technik nicht statt.

Aus aus der US-PS 3,458,797 ist ein Blockspannungswechselrichter mit zwei Wechselrichtereinheiten
25 bekannt, die gegeneinander phasenverschobene Rechteckspannungen liefern, welche hier mit Hilfe eines zwei Primärwicklungen und eine gemeinsame Sekundärwicklung aufweisenden Ausgangstransformators addiert werden. In der Druckschrift ist angegeben, daß mit Hilfe eines die Sekundärspannung erfassenden Spannungsfühlers und eines den Laststrom erfassenden Stromfühlers eine Spannungsregelung und/oder eine Stromregelung- oder -begrenzung erfolgen könne. Da bei dieser Art Wechselrichter durch die Überlagerung der von den beiden
30 Wechselrichtereinheiten erzeugten Ausgangsspannungen und die Beeinflussung ihrer Phasendifferenz eine Veränderung der Ausgangsspannung überhaupt erst möglich wird, dienen Spannungs- und gegebenenfalls Stromregelung hier nicht dazu, die Lastaufteilung zwischen den beiden Wechselrichtereinheiten zu beeinflussen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Wechselrichteranordnung zum Parallelbetrieb von Wechselrichtern zu schaffen, die bei geringem Aufwand eine vollständig symmetrische Lastaufteilung auf die einzelnen
35 Wechselrichter erlaubt.

Diese Aufgabe wird bei einer Wechselrichteranordnung der eingangs angegebenen Art dadurch gelöst, daß eine Stromsollwertbildungseinrichtung zur Erzeugung eines Stromsollwertes entsprechend dem Betrag derjenigen
40 Komponente des Strombezugssignals, deren Phase gleich einer Bezugsphase ist, vorgesehen ist, daß Stromistwertbildungseinrichtungen Stromistwertsignale bilden, von denen jedes dem Betrag derjenigen Komponente des Ausgangsstroms eines jeweils anderen von (n-1) der Wechselrichter entspricht, deren Phase gleich der Bezugsphase ist, und daß es sich bei den mit der Differenz zwischen dem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme beaufschlagten Einrichtung um (n-1) Stromregler handelt, derart, daß die Ausgangsströme von (n-1) der Wechselrichter geregelt werden.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird die Aufgabe alternativ dadurch gelöst, daß
45 Phasenvergleichseinrichtungen zur Erzeugung eines jeweiligen Phasendifferenzsignals entsprechend der Phasendifferenz zwischen dem Ausgangsstrom eines ersten der n Wechselrichter und dem Ausgangsstrom eines i-ten Wechselrichters vorhanden sind, und daß es sich bei den mit der Differenz zwischen dem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme beaufschlagten Einrichtungen um (n-1) Stromregler handelt, von denen jeder mit dem Ausgangssignal einer jeweils anderen der
50 Phasenvergleichseinrichtungen beaufschlagt wird, derart, daß die Ausgangsströme von (n-1) der Wechselrichter geregelt werden.

Eine direkte Parallelschaltung der Ausgangsklemmen der Brückenschaltungen von mehreren Wechselrichtern setzt voraus, daß diese Brückenschaltungen eingangsseitig von gesonderten Gleichstromquellen gespeist werden, die potentialmäßig voneinander unabhängig sind. Steht dagegen für die Gleichstromspeisung der
55 Wechselrichterbrückenschaltungen nur eine gemeinsame Gleichstromquelle oder stehen potentialmäßig verbundene Gleichstromquellen zur Verfügung, dann ist ausgangsseitig eine Potentialtrennung erforderlich, das heißt die Ausgangsströme der Wechselrichter können nicht direkt durch Parallelschaltung der Ausgangsklemmen der Brückenschaltungen addiert werden. In diesem letzteren Fall wird daher eine indirekte Addition der Ausgangsströme gewählt. Hierzu besitzt jeder der parallel zu betreibenden Wechselrichter einen gesonderten
60 Ausgangstransformator, wobei die Sekundärwicklungen dieser Ausgangstransformatoren parallelgeschaltet sind. Alternativ speist jeder der parallel zu betreibenden Wechselrichter eine gesonderte von einer entsprechenden Anzahl von Primärwicklungen eines gemeinsamen Ausgangstransformators, was zu einer Addition der

Durchflutungen führt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich aus durch einen gemeinsamen Ausgangstransformator mit n Primärwicklungen gleicher Windungszahl, von denen jede von einem anderen der n Wechselrichter gespeist wird, wobei ein der Ausgangsspannung an der gemeinsamen Sekundärwicklung des Ausgangstransformators entsprechendes Signal als Spannungssignalsignal den Spannungsreglern der n Wechselrichter zugeführt wird.

Die Verwendung eines einzigen Ausgangstransformators für alle Wechselrichter bietet außer dem Vorteil, daß er billiger als jeweils gesonderte Ausgangstransformatoren für alle Wechselrichter ist, noch einen besonderen Vorteil, auf den später näher eingegangen wird.

Unabhängig davon, ob die Ausgangsströme der Wechselrichter direkt oder indirekt addiert werden, setzt die zur Erzielung einer symmetrischen Lastaufteilung notwendige Vermeidung von Ausgleichsströmen zwischen den Wechselrichtern gleiche Ausgangsspannung voraus. Da der Lastkreis jedes der parallel zu betreibenden Wechselrichter sehr niederohmig ist, erweist sich die Regelung der Ausgangsspannungen der einzelnen Wechselrichter bei wirtschaftlich vertretbarem Aufwand als problematisch, weil bereits Regelabweichungen im Genauigkeitsbereich der Istwerterfassung zu sehr hohen Stromänderungen führen würden. Die beanspruchte Erfindung löst deshalb das Problem der gleichmäßigen Lastaufteilung auf die parallel betriebenen Wechselrichter durch Regelung von deren Ausgangsströmen. Wenn bei n parallel betriebenen Wechselrichtern die Ausgangsströme von $(n-1)$ dieser Wechselrichter so geregelt werden, daß sie jeweils die gleiche Phasenlage wie der Summenstrom aus den Ausgangsströmen aller n Wechselrichter aufweisen und ihr Betrag jeweils ein n -tel des Betrags des Summenstroms ist, dann ist gewährleistet, daß keine Ausgleichsströme zwischen den Wechselrichtern fließen, sondern alle Wechselrichter gleichen Anteil am Laststrom haben.

Eine andere Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß jedem Wechselrichter eine Magnetisierungsstrommeßeinrichtung zur Erfassung des Magnetisierungsstromanteils im Ausgangsstrom des Wechselrichters sowie eine Gleichstromunterdrückungseinrichtung zugeordnet ist, durch die eine Gleichstromkomponente im Magnetisierungsstromanteil unterdrückbar ist.

Es ist angebracht, eine Gleichstromvormagnetisierung des Ausgangstransformators sowie Gleichstromunsymmetrien unter den Wechselrichtern zu vermeiden. Hierzu wird mit Hilfe der Magnetisierungsstrommeßeinrichtung der Magnetisierungsstromanteil im Ausgangsstrom der jeweiligen Wechselrichter erfaßt. Die Magnetisierungsstrommeßeinrichtung umfaßt in einer vorteilhaften Ausgestaltung eine Einrichtung zum Messen des Sekundärstromes des Ausgangstransformators, eine Teilungseinrichtung zum Teilen des gemessenen Sekundärstroms durch n , wenn $ü$ das Übersetzungsverhältnis des Ausgangstransformators ist, und eine Einrichtung zur Bildung der Differenz zwischen dem Ausgangsstrom des jeweiligen Wechselrichters und dem durch n geteilten Sekundärstrom.

Zur Regelung des Magnetisierungsstroms und zur Unterdrückung einer Gleichstromkomponente im Magnetisierungsstrom ist es vorteilhaft, daß ein Phasenschieber zur Erzeugung eines dem Spannungssollsignal für die Spannungsregler der Wechselrichter um 90° nacheilenden Magnetisierungsstrom-Sollsignals vorgesehen ist und daß die Gleichstromunterdrückungseinrichtung ein Magnetisierungsstromregler ist, der mit der Differenz zwischen dem Magnetisierungsstrom-Istsignal beaufschlagt wird und dessen Ausgangssignal dem Spannungssollsignal für den Spannungsregler des jeweiligen Wechselrichters überlagert wird.

Diese Weiterbildung der Erfindung stellt eine einfache Möglichkeit der Verhinderung einer Gleichstromvormagnetisierung des Ausgangstransformators sowie von Gleichstromunsymmetrien unter den Wechselrichtern dar.

Die Bildung der Stromistwertsignale erfolgt gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung vorteilhaft dadurch, daß Stromsollwertbildungseinrichtung und die Stromistwertbildungseinrichtung getastete Doppelweggleichrichter umfassen, die von einem die Bezugsphase aufweisenden Steuersignal getastet werden und denen ein Tiefpaßfilter nachgeschaltet ist.

Durch die Tastung des Doppelweggleichrichters durch ein die Bezugsphase aufweisendes Steuersignal erhält man auf einfache Weise die Stromistwertsignale, deren Betrag der Komponente des Ausgangsstroms eines jeweiligen Wechselrichters entspricht, deren Phase gleich der Bezugsphase ist.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Bezugsphase eine der Phase der Grundschwingung der Ausgangsspannung eines der Wechselrichter um 45° bis 135° , vorzugsweise um 90° , nacheilende Phase ist.

Bei einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß ein Filterkondensator parallel zu den Ausgangsklemmen der Wechselrichteranordnung geschaltet ist und ein dem Strom durch den Filterkondensator entsprechendes Signal von den Ausgangssignalen der Spannungsregler der Wechselrichter subtrahiert wird.

Da der Kondensatorstrom die Ableitung der Ausgangsspannung ist, wird durch diese Rückkopplung eine Verbesserung der Dynamik erreicht. Außerdem unterdrückt diese Rückkopplung die Schwingungsfähigkeit des aus der Hauptinduktivität des Ausgangstransformators und dem Filterkondensator gebildeten Resonanzkreises.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 schematisch ein Schaltbild einer Wechselrichteranordnung mit drei parallel betriebenen Wechselrichtern und Fig. 2 ein Ersatzschaltbild und ein Zeigerdiagramm zur Erläuterung des zugrundeliegenden Prinzips.

Die in Fig. 1 dargestellte Wechselrichteranordnung enthält drei Wechselrichter (WR1), (WR2) und (WR3).

Die beschriebene Wechselrichteranordnung eignet sich grundsätzlich für eine beliebige Anzahl n von parallel zu betreibenden Wechselrichtern, und für die in Fig. 1 dargestellte und nachfolgend beschriebene Anordnung ist lediglich beispielshalber der Fall $n = 3$ gewählt. Die Wechselrichter (WR1) bis (WR3) weisen untereinander den gleichen Aufbau auf, so daß es ausreicht, den Wechselrichter (WR1) stellvertretend für alle zu beschreiben. Er enthält in seinem Leistungsteil eine vollgesteuerte 1-Phasen-Brückenschaltung des üblichen und daher hier nicht im einzelnen dargestellten Aufbaues. Als Ventile sind in dieser Brückenschaltung handelsübliche 300 A Darlington-Transistormodule mit integrierten Rückarbeitsdioden eingesetzt. Es sei an dieser Stelle hervorgehoben, daß das hier beschriebene Verfahren und die beschriebene Wechselrichteranordnung aus den eingangs genannten Gründen insbesondere für die schnellschaltenden, aber in ihrer Leistung begrenzten Leistungstransistoren geeignet sind. Dessen ungeachtet lassen sich Verfahren und Anordnung aber auch bei Wechselrichtern einsetzen, deren Brückenschaltungen nicht Leistungstransistoren sondern Thyristoren, GTOs oder andere Schalterelemente als Ventile aufweisen.

Die Brückenschaltung (B1) ist eingangsseitig an eine Gleichstromquelle in Form einer Batterie, eines netzgespeisten Gleichrichters od. dgl. angeschlossen, was in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Ausgangsseitig ist die Brückenschaltung (B1) über eine Filterinduktivität (L1) mit einer Primärwicklung (Pw1) eines Ausgangstransformators (Tr) verbunden. Die Primärwicklungen (Pw1), (Pw2) und (Pw3) sind mit gleichen Windungszahlen ausgeführt, so daß für alle dasselbe Übersetzungsverhältnis \ddot{u} (\ddot{u} = Primärwindungszahl: Sekundärwindungszahl) gilt. Die Filterinduktivität (L1) kann unter Umständen entfallen, wenn die Streuinduktivität des Ausgangstransformators (Tr) ausreichend groß ist. Die Sekundärwicklung (Sw) des Ausgangstransformators (Tr) ist an die Ausgangsklemmen (1), (2) der Wechselrichteranordnung angeschlossen. Parallel zu den Ausgangsklemmen (1), (2) liegt ein Filterkondensator (C), der in Verbindung mit der Filterinduktivität (L1) die Ausgangsspannung glättet. Der Ausgangstransformator (Tr) ist so ausgelegt, daß seine Hauptinduktivität den Grundschwingungsanteil des Stroms durch den Filterkondensator (C) liefert.

Der Wechselrichter (WR1) enthält einen Spannungsregler (CV1), der mit der Differenz zwischen einem Spannungssollsignal (u_1^*) und einem Spannungsisignal (u_c) beaufschlagt wird. Das Spannungsisignal wird mittels eines Trennverstärkers (3) von den Ausgangsklemmen (1), (2) abgenommen, entspricht also der Klemmenspannung (u_a) des Filterkondensators (C), nicht der Ausgangsspannung des Wechselrichters (WR1). Mittels einer Strommeßstelle (4) wird ein dem Kondensatorstrom durch den Filterkondensator (C) entsprechendes Signal (i_c) erfaßt und als zusätzliches Rückkopplungssignal mittels eines Addierers (5) vom Ausgangssignal des Spannungsreglers (CV1) subtrahiert. Da der Kondensatorstrom die Ableitung der Ausgangsspannung (u_a) ist, wird durch diese Rückkopplung eine Verbesserung der Dynamik erreicht. Außerdem unterdrückt diese Rückkopplung die Schwingungsfähigkeit des aus der Hauptinduktivität des Ausgangstransformators (Tr) und dem Filterkondensator (C) gebildeten Resonanzkreises. Von dem Ausgangssignal des Addierers (5) wird mittels eines Addierers (6) ein Dreieckssignal von einem Dreiecksgenerator (CG1) subtrahiert und die Differenz mittels eines Komparators (7) in eine pulsbreitenmodulierte Rechteckspannung für die Steuerung der Leistungstransistoren der Brückenschaltung (B1) umgesetzt. Die Brückenschaltung arbeitet im Dreipunktbetrieb mit einer Taktfrequenz (f_T) von 1 kHz, wenn das Dreieckssignal eine Frequenz von 2 kHz besitzt. Wenn eine Phasenverschiebung der Dreieckssignale der Dreiecksgeneratoren der verschiedenen Wechselrichter um 120° (bei n Wechselrichtern um $360^\circ/n$) vorgesehen wird, dann verschwinden die Harmonischen der Frequenzen $2f_T$ bis $2nf_T$ in der Ausgangsspannung (u_a). Dementsprechend erlaubt diese Maßnahme der Verwendung einfacherer Filtermittel und führt damit auch zu einer Verbesserung des dynamischen Verhaltens der Wechselrichteranordnung. Bei der hier beschriebenen Verwendung eines gemeinsamen Ausgangstransformators für alle Wechselrichter tritt der eingangs schon angedeutete zusätzliche Vorteil auf, daß sich die in der Ausgangsspannung (u_a) fehlenden Harmonischen bereits primärseitig aufheben und daher im Eisenkreis und in der Sekundärwicklung des Ausgangstransformators keine Verluste verursachen.

Das Spannungssollsignal für die einzelnen Wechselrichter (WR1) bis (WR3) wird auf folgende Weise gebildet. Ein Referenzsignalgenerator (RS) erzeugt ein sinusförmiges Referenzsignal, dessen Frequenz (f_1^*) vorgebar ist. Die Amplitude dieses sinusförmigen Signals wird mittels eines Multiplizierers (8) vom Ausgangssignal eines Effektivwertreglers (CVe) gesteuert. Der Effektivwertregler (CVe) ist Teil eines übergeordneten Regelkreises für die Effektivspannung, durch den der Geschwindigkeitsfehler der Spannungsregler (CVi) ($i = 1, 2, 3$) kompensiert werden soll. Eine Effektivwertbildungseinrichtung (9) erzeugt an Hand des Ausgangssignals (u_c) des Trennverstärkers (3) ein dem Effektivwert der Ausgangsspannung (u_a) entsprechendes Signal, das mittels eines Addierers (10) von einem vorgegebenen Sollwert (U^*) subtrahiert wird. Das Differenzausgangssignal des Addierers (10) beaufschlagt den Effektivwertregler (CVe), dessen Ausgang, wie schon angegeben, mit dem Multiplizierer (8) verbunden ist.

Eine Gleichstromvormagnetisierung des Ausgangstransformators (Tr) sowie Gleichstromunsymmetrien zwischen den drei Wechselrichtern werden mit Hilfe gesonderter Magnetisierungsstromregler (CII) bis (CI3) der einzelnen Wechselrichter (WR1) bis (WR3) vermieden. Die Magnetisierungsstromregler werden mit der

Differenz zwischen einem für alle Wechselrichter gemeinsam erzeugten sinusförmigen Sollsignal (i_m^*) und dem jeweiligen Magnetisierungsstromistsignal (i_{m1}) für Wechselrichter (WR1) beaufschlagt. Das Magnetisierungsstromistsignal wird als Differenz zwischen dem Ausgangsstrom des jeweiligen Wechselrichters und dem durch $3ü$ ($n = 3$) dividierten Strom der Sekundärwicklung (Sw) gewonnen. Ein dem Strom durch die Sekundärwicklung (Sw) entsprechendes Signal (i_2) wird mit Hilfe einer Strommeßstelle (11) gewonnen und mittels einer Teilungseinrichtung (34) durch $3ü$ geteilt. Strommeßstellen (12), (13) und (14) dienen der Gewinnung von Signalen (i_{11}), (i_{12}) und (i_{13}) entsprechend den Ausgangsströmen der Wechselrichter (WR1) bis (WR3). In Addierern (15), (16), (17) wird das Ausgangssignal der Teilungseinrichtung (34) von den Signalen (i_{11}), (i_{12}) bzw. (i_{13}) subtrahiert. Der Ausgang des Addierers (15) ist mit dem invertierten Eingang eines Addierers (18) im Wechselrichter (WR1) verbunden. Entsprechendes gilt für die Ausgänge der Addierer (16) und (17), obwohl es in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Das den nicht invertierten Eingang des Addierers (18) beaufschlagende Sollsignal (i_m^*) wird mit Hilfe eines als Phasenschieber wirkenden Integrators (19) aus dem Spannungssollsignal (u^*) gewonnen. Auf diese Weise erhält man ein Sollsignal für die Magnetisierungsstromregler (CI1) bis (CI3), das dem Spannungssollsignal (u^*) und damit den Ausgangsspannungen der Wechselrichter um 90° nacheilt. Die Amplitude des Sollsignals für den Magnetisierungsstrom kann beispielsweise mit Hilfe der Integrationszeitkonstanten des Integrators (19) eingestellt werden.

Zwei Lastverteilungsregler (CL1), (CL2) dienen dazu, die symmetrische Lastaufteilung auf die drei Wechselrichter (WR1) bis (WR3) in bezug auf Wirk- und Blindleistung sicherzustellen. Zu diesem Zweck werden mittels eines Addierers (20) die den Ausgangsströmen entsprechenden Signale (i_{11}), (i_{12}) und (i_{13}) aller drei Wechselrichter (WR1) bis (WR3) zu einem Summenstrom addiert. Der Summenstrom wird mittels einer Teilungseinrichtung (21) durch $n = 3$ geteilt. Der Ausgang der Teilungseinrichtung (21) ist mit dem Eingang eines schematisch dargestellten getasteten Doppelweggleichrichters (22) verbunden. Dessen Ausgang ist über ein Tiefpaßfilter (23) Addierern (24) und (25) zugeführt, die als Soll-Ist-Vergleichsstellen den Lastverteilungsreglern (CL1) bzw. (CL2) vorgeschaltet sind. Die Signale (i_{12}) und (i_{13}), die den Lastströmen der Wechselrichter (WR2) bzw. (WR3) entsprechen, sind an die Eingänge von getasteten Doppelweggleichrichtern (26) bzw. (27) geführt. Deren Ausgänge liegen über ein jeweiliges Tiefpaßfilter (28), (29) an den invertierten Eingängen des Addierers (24) bzw. (25). Die Gleichrichter (22), (26) und (27) werden mittels eines Steuersignals getastet, das mit Hilfe eines als Phasenschieber dienenden Tiefpasses (30) und eines nachgeschalteten Komparators (31) aus dem Ausgangssignal des Referenzsignalgenerators (RS) gewonnen wird. Es handelt sich daher bei diesem Steuersignal um ein Rechtecksignal, dessen Phase gegenüber der Phase der Grundschlingung der Ausgangsspannung irgendeines der Wechselrichter (WR1) bis (WR3) um 45° bis 135° , vorzugsweise um 90° nacheilt. Die Gründe hierfür werden später an Hand von Fig. 2 näher erläutert.

Am Ausgang des Tiefpaßfilters (23) erhält man im wesentlichen ein Gleichstromsignal, dessen Höhe dem Betrag derjenigen Komponente des durch drei geteilten Summenstroms ($i_{11} + i_{12} + i_{13}$) entspricht, deren Phase gleich einer Bezugsphase, nämlich der Phase des die Gleichrichter (22), (26) und (27) tastenden Steuersignals ist. In entsprechender Weise erhält man an den Ausgängen der Tiefpaßfilter (28) und (29) im wesentlichen Gleichstromsignale, deren Höhe dem Betrag der Bezugsphasenkomponente des Signals (i_{12}) bzw. (i_{13}) entspricht. Der Ausgang des Lastverteilungsreglers (CL1) ist mit einem Eingang des Multiplizierers (32), derjenige des Lastverteilungsreglers (CL2) mit einem Eingang eines Multiplizierers (33) verbunden. Der andere Eingang beider Multiplizierer (22) und (23) ist mit dem Ausgang des Multiplizierers (8) verbunden. Das Ausgangssignal des Lastverteilungsreglers (CL1) steuert die Amplitude des Spannungssollsignals (u_2^*) für den Wechselrichter (WR2). Entsprechend steuert das Ausgangssignal des Lastverteilungsreglers (CL2) die Amplitude des Spannungssollsignals (u_3) für den Wechselrichter (WR3). Durch diese Steuerung der Amplituden der Spannungssollsignale für die Wechselrichter (WR2) und (WR3) mittels der Lastverteilungsregler werden die Ausgangsströme dieser Wechselrichter so geregelt, daß die Bezugsphasenkomponenten ihrer Ausgangsströme nach Betrag und Phase mit der Bezugsphasenkomponente des durch drei geteilten Summenstroms übereinstimmen.

Das der Erfindung zugrundeliegende Prinzip sei nun an Hand von Fig. 2 erläutert. Fig. 2(a) zeigt ein Ersatzschaltbild der Wechselrichteranordnung von Fig. 1. In diesem Ersatzschaltbild sind die Wechselrichter (WR1) bis (WR3) als Wechselspannungsquellen eingezeichnet, die die Spannungen (u_1), (u_2) bzw. (u_3) liefern. Bei der nachfolgenden Erläuterung wird zur Vereinfachung vorausgesetzt, daß die Filterinduktivitäten (L1), (L2) und (L3) gleiche Werte besitzen. (C') in Fig. 2 entspricht dem auf die Primärseite des Ausgangstransformators umgerechneten Filterkondensator (C) von Fig. 1. Entsprechend ist (i_2') der auf die Primärseite umgerechnete Sekundärstrom des Ausgangstransformators. Mit (i_{11}), (i_{12}) bzw. (i_{13}) sind die Ausgangsströme der Wechselrichter bezeichnet, und (u_{L1}), (u_{L2}) bzw. (u_{L3}) stellen die Spannungsabfälle an den Filterinduktivitäten (L1) bis (L3) dar. (u_a') ist die auf die Primärseite des Ausgangstransformators

umgerechnete Ausgangsspannung der Wechselrichteranordnung.

Fig. 2(b) zeigt das zugehörige Zeigerdiagramm der Spannungen und der Ströme. Die Ausgangsspannungen (u_1) bis (u_3) der Wechselrichter sind, wie sich aus Fig. 1 ohne weiteres ergibt, gleichphasig. Der Betrag dieser Spannungen ist jedoch in dem mit der vorliegenden Erfindung auszuschließenden Fall der unsymmetrischen Lastaufteilung verschieden. Dabei ist im Zeigerdiagramm von Fig. 2(b) zur Vereinfachung der Erläuterung und ohne daß hierin irgendeine Beschränkung liegt, angenommen, daß der Betrag von (u_1) gleich $1/3$ der Summe der Beträge von (u_1) bis (u_3) ist. Unter dieser Voraussetzung ist die erstrebte symmetrische Lastaufteilung dann erreicht, wenn die Beträge der Spannungen (u_2) und (u_3) jeweils gleich dem Betrag der Spannung (u_1) geworden sind, alle Spannungen (u_1) bis (u_3) also nicht nur in der Phase sondern auch im Betrag übereinstimmen. Wie aus dem Zeigerdiagramm der Spannungen in Fig. 2(b) unmittelbar folgt, ist dieser Zustand der nach Betrag und Phase gleichen Spannungen bis (u_3) dann erreicht, wenn die Spannungsabfälle (u_{L2}) und (u_{L3}) in bezug auf Betrag und Phase gleich dem Spannungsabfall (u_{L1}) geworden sind. Dies aber ist dann der Fall, wenn die Ströme (i_{12}) und (i_{13}) nach Betrag und Phase mit dem Strom (i_{11}) übereinstimmen.

Das Zeigerdiagramm der Ströme in Fig. 2(b) ergibt sich durch eine Drehung um 90° (entsprechend der Multiplikation mit $1/j\Omega$) aus dem Zeigerdiagramm für die Spannungen (u_{L1}) bis (u_{L3}). Es folgt aus den obigen Annahmen, daß in dem hier gewählten Beispielfall die Phase (Phasenwinkel (ϑ_1)) des Stroms (i_{11}) übereinstimmt mit der Phase der Stromsumme (i_2'). Daraus folgt, daß im dargestellten Fall die symmetrische Lastaufteilung dann erreicht ist, wenn die Phasenwinkel (ϑ_2) und (ϑ_3) je gleich dem Phasenwinkel (ϑ_1) geworden sind. Da die Spitzen der die Ströme (i_{11}) bis (i_{13}) in Fig. 2(b) repräsentierenden Zeiger zwangsläufig auf einer gemeinsamen, die Spannungszeiger (u_1) bis (u_3) und einem rechten Winkel schneidenden Geraden liegen, führt die Übereinstimmung der Phasenwinkel (ϑ_1) bis (ϑ_3) automatisch zur Übereinstimmung auch der Beträge der Ströme. Aus diesem Grunde ist auch die Bedingung übereinstimmender Phasenwinkel (ϑ_1) bis (ϑ_3) gleichbedeutend mit der Bedingung, daß die Beträge der Komponenten der Ströme (i_{12}) und (i_{13}) mit dem beliebigen Bezugsphasenwinkel (ϑ_0) mit dem Betrag der entsprechenden Komponente des Stroms (i_{11}) übereinstimmen. Die Bezugsphase bzw. der Bezugsphasenwinkel (ϑ_0) ist beliebig, jedoch unter Ausschluß von (ϑ_0) = 0 (Richtung der Spannungszeiger (u_1) bis (u_3)). Wie dem Zeigerdiagramm der Ströme in Fig. 2(b) leicht zu entnehmen ist, stimmen die Komponenten der Ströme (i_{11}) bis (i_{13}) mit dem Phasenwinkel (ϑ_0) = 0 überein, obwohl alle Ströme nach Betrag und Phase unterschiedlich sind. Ein nur wenig von 0 abweichender Bezugsphasenwinkel (ϑ_0) im Zeigerdiagramm von Fig. 2(b) würde zu ungenauen Ergebnissen führen. Günstig ist deshalb eine der Phase der Ausgangsspannungen der Wechselrichter um etwa 45 bis 135° nacheilende Bezugsphase. Am besten eignet sich der in Fig. 2(b) dargestellte Bezugsphasenwinkel (ϑ_0) = 90° , das heißt, bezogen auf die Phase der Wechselrichterausgangsspannungen, eine um 90° nacheilende Bezugsphase.

In der Schaltung von Fig. 1 kann die Bezugsphase durch Dimensionierung des Tiefpasses (30) eingestellt werden.

Abweichend von dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel der Wechselrichteranordnung kann die Phasengleichheit zwischen den Ausgangsströmen (i_{11}) bis (i_{13}) auch auf eine andere, in den Zeichnungen nicht dargestellte Weise erfolgen. Die Elemente (20) bis (29) von Fig. 1 wären durch zwei Phasenvergleichseinrichtungen an sich bekannter Art zu ersetzen. Eine dieser Phasenvergleichseinrichtungen wäre einseitig mit dem Signal (i_{11}) einerseits und dem Signal (i_{13}) andererseits zu beaufschlagen und mit dem Ausgang an den Eingang des Lastverteilungsreglers (CL2) anzuschließen. Die andere Phasenvergleichseinrichtung wäre einseitig mit dem Signal (i_{11}) einerseits und dem Signal (i_{12}) andererseits zu beaufschlagen und mit dem Ausgang an den Eingang des Lastverteilungsreglers (CL1) anzuschließen. Die beiden Phasenvergleichseinrichtungen erzeugen dann ein Ausgangssignal entsprechend der Phasendifferenz zwischen den Signalen (i_{11}) und (i_{13}) einerseits bzw. den Signalen (i_{11}) und (i_{12}) andererseits. Bei der im übrigen (mit Ausnahme des Wegfalls der Elemente (30) und (31)) gegenüber dem Aufbau von Fig. 1 unveränderten Schaltung würden die Lastverteilungsregler (CL1) und (CL2) sicherstellen, daß die Phasen aller Ausgangsströme der drei Wechselrichter übereinstimmen. Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß dann gleichzeitig der Betrag jedes einzelnen dieser Ausgangsströme gleich $1/3$ des Betrags des Summenstroms ist.

PATENTANSPRÜCHE

5

1. Wechselrichteranordnung mit n parallel betriebenen Wechselrichtern, deren Ausgangsströme zu einem Summenstrom addiert und so geregelt werden, daß ihre Phasen im wesentlichen übereinstimmen und ihre Beträge im wesentlichen das $1/n$ -fache des Betrages des Summenstroms sind, umfassend einen eigenen Spannungsregler für jeden der n Wechselrichter, Meßeinrichtungen zur Erfassung der Ausgangsströme aller n Wechselrichter, eine Summiereinrichtung zur Bildung eines Summenstromsignals entsprechend der Summe der erfaßten Ausgangsströme, eine Teilungseinrichtung zur Erzeugung eines Strombezugssignals, das dem durch n geteilten Summenstrom entspricht, Stromistwertbildungseinrichtungen zur Bildung von Stromistwertsignalen, und Einrichtungen, von denen jede mit der Differenz zwischen einem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme beaufschlagt ist und mit ihrem Ausgangssignal den Spannungssollwert für den Spannungsregler des zugeordneten Wechselrichters steuert, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Stromsollwertbildungseinrichtung (22, 23) zur Erzeugung eines Stromsollwertes entsprechend dem Betrag derjenigen Komponente des Strombezugssignals, deren Phase gleich einer Bezugsphase ist, vorgesehen ist, daß $(n-1)$ Stromistwertbildungseinrichtungen (26, 28; 27, 29) $(n-1)$ Stromistwertsignale bilden, von denen jedes dem Betrag derjenigen Komponente des Ausgangsstroms eines jeweils anderen von $(n-1)$ der Wechselrichter (WR1 bis WR3) entspricht, deren Phase gleich der Bezugsphase ist, und daß es sich bei den mit der Differenz zwischen dem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme (i_{12}, i_{13}) beaufschlagten Einrichtung um $(n-1)$ Stromregler (CL1, CL2) handelt, derart, daß die Ausgangsströme von $(n-1)$ der Wechselrichter geregelt werden.

2. Wechselrichteranordnung mit n parallel betriebenen Wechselrichtern, deren Ausgangsströme zu einem Summenstrom addiert und so geregelt werden, daß ihre Phasen im wesentlichen übereinstimmen und ihre Beträge je das $1/n$ -fache des Betrages des Summenstroms sind, umfassend einen eigenen Spannungsregler für jeden der n Wechselrichter, Einrichtungen, von denen jede mit der Differenz zwischen einem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme beaufschlagt ist und mit ihrem Ausgangssignal den Spannungssollwert für den Spannungsregler des zugeordneten Wechselrichters steuert, **dadurch gekennzeichnet**, daß $(n-1)$ Phasenvergleichseinrichtungen zur Erzeugung eines jeweiligen Phasendifferenzsignals entsprechend der Phasendifferenz zwischen dem Ausgangsstrom eines ersten der n Wechselrichter und dem Ausgangsstrom eines i -ten Wechselrichters ($i = 2$ bis n) vorhanden sind, und daß es sich bei den mit der Differenz zwischen dem Stromsollwertsignal und einem jeweiligen Stromistwertsignal der Ausgangsströme (i_{12}, i_{13}) beaufschlagten Einrichtungen um $(n-1)$ Stromregler handelt, von denen jeder mit dem Ausgangssignal einer jeweils anderen der Phasenvergleichseinrichtungen beaufschlagt wird, derart, daß die Ausgangsströme von $(n-1)$ der Wechselrichter geregelt werden.

3. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** einen gemeinsamen Ausgangstransformator (Tr) mit n Primärwicklungen (Pw1, Pw2, Pw3) gleicher Windungszahl, von denen jede von einem anderen der n Wechselrichter (WR1 bis WR3) gespeist wird, wobei ein der Ausgangsspannung an der gemeinsamen Sekundärwicklung (Sw) des Ausgangstransformators (Tr) entsprechendes Signal als Spannungssistignal den Spannungsreglern (CV1 bis CV3) der n Wechselrichter zugeführt wird.

4. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem Wechselrichter eine Magnetisierungsstrommeßeinrichtung (11 bis 17) zur Erfassung des Magnetisierungsstromanteils im Ausgangsstrom des Wechselrichters sowie eine Gleichstromunterdrückungseinrichtung (18, 19, CI1 bis CI3) zugeordnet ist, durch die eine Gleichstromkomponente im Magnetisierungsstromanteil unterdrückbar ist.

5. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Magnetisierungsstrommeßeinrichtung umfaßt: eine Einrichtung (11) zum Messen des Sekundärstromes des Ausgangstransformators (Tr), eine Teilungseinrichtung (34) zum Teilen des gemessenen Sekundärstroms durch n , wenn $ü$ das Übersetzungsverhältnis des Ausgangstransformators (Tr) ist und eine Einrichtung (15 bis 17) zur Bildung der Differenz zwischen dem Ausgangsstrom des jeweiligen Wechselrichters (WR1 bis WR3) und dem durch n geteilten Sekundärstrom.

60

- 5 6. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Phasenschieber (19) zur Erzeugung eines dem Spannungssollsignal (u^*) für die Spannungsregler (CV1 bis CV3) der Wechselrichter (WR1 bis WR3) um 90° nacheilenden Magnetisierungsstrom-Sollsignals vorgesehen ist und daß die Gleichstromunterdrückungseinrichtung ein Magnetisierungsstromregler (CI1 bis CI3) ist, der mit der Differenz zwischen dem Magnetisierungsstrom-Sollsignal und dem Magnetisierungsstrom-Istsignal beaufschlagt wird und dessen Ausgangssignal dem Spannungssollsignal für den Spannungsregler des jeweiligen Wechselrichters überlagert wird.
- 10 7. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 3 bis 6 in Verbindung mit Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromsollwertbildungseinrichtung und die Stromistwertbildungseinrichtung getastete Doppelweggleichrichter (22, 26, 27) umfassen, die von einem die Bezugsphase aufweisenden Steuersignal getastet werden und denen ein Tiefpaßfilter (23, 28, 29) nachgeschaltet ist.
- 15 8. Wechselrichteranordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bezugsphase eine der Phase der Grundschiwingung der Ausgangsspannung eines der Wechselrichter (WR1 bis WR3) um 45° bis 135° , vorzugsweise um 90° , nacheilende Phase ist.
- 20 9. Wechselrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Filterkondensator (C) parallel zu den Ausgangsklemmen (1, 2) der Wechselrichteranordnung geschaltet ist und ein dem Strom durch den Filterkondensator (C) entsprechendes Signal (i_c) von den Ausgangssignalen der Spannungsregler (CV1 bis CV3) der Wechselrichter (WR1 bis WR3) subtrahiert wird.

25

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

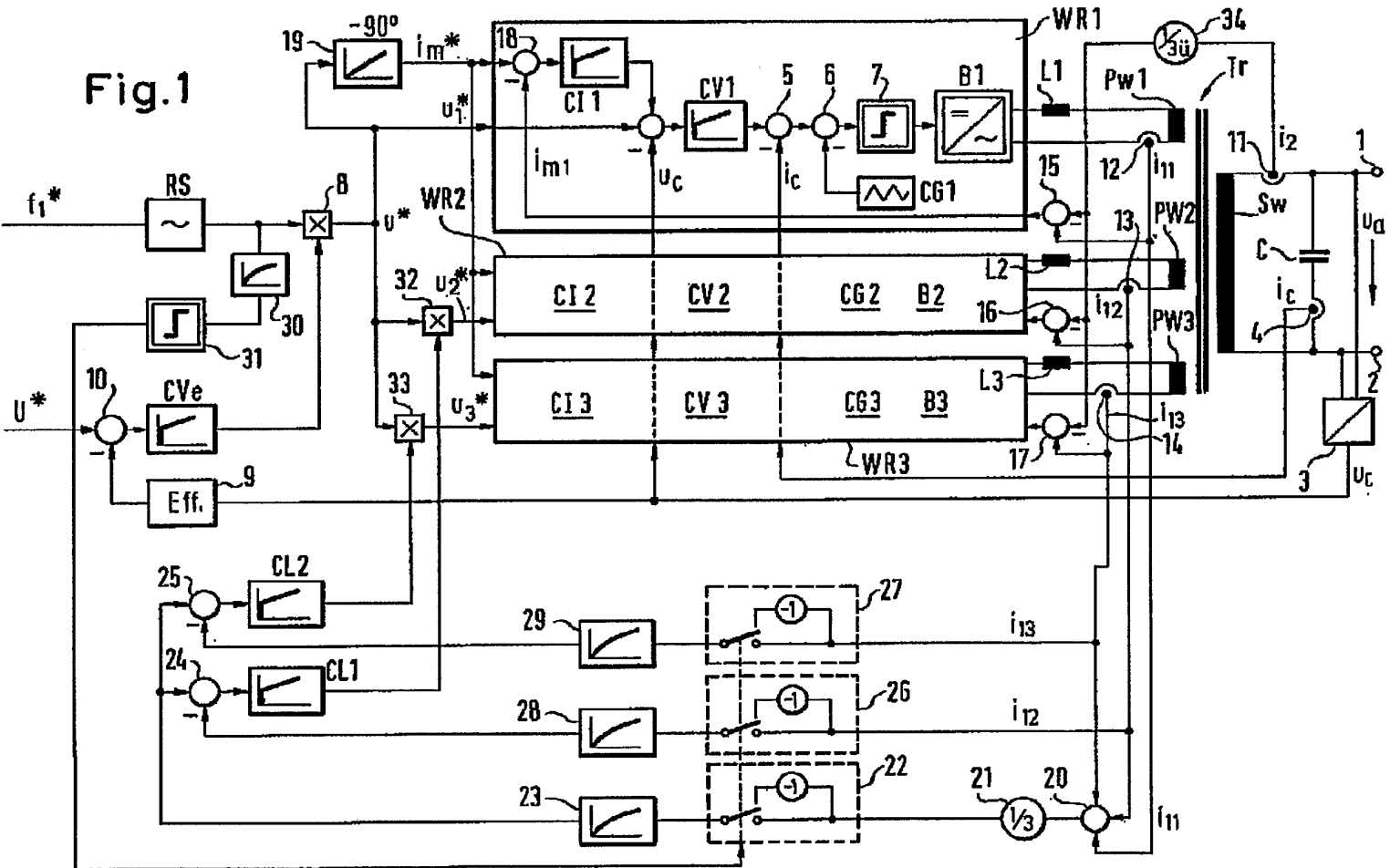
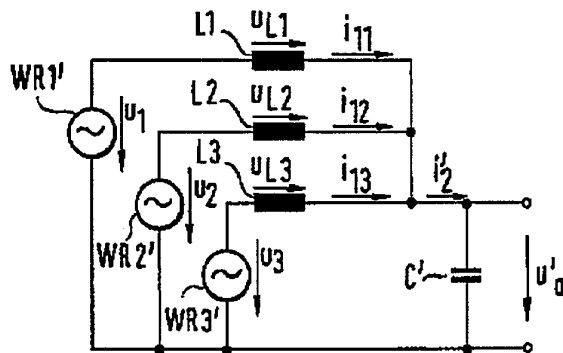


Fig. 2 (a)



(b)

