



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 38 593 T2** 2009.04.23

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 817 350 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 38 593.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 109 954.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.06.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H02J 3/38** (2006.01)

H02J 3/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

16280896 **24.06.1996** **JP**

16280996 **24.06.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

Sanyo Electric Co., Ltd., Moriguchi, Osaka, JP

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITL, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, IT, NL

(72) Erfinder:

Ishida, Takeo, Hirakata-shi, Osaka, JP; Hagiwara, Ryuzo, Kadoma-shi, Osaka, JP; Kozuma, Shinichi, Hirakata-shi, Osaka, JP; Kishi, Hitoshi, Neyagawa-shi, Osaka, JP

(54) Bezeichnung: **Stromversorgungssystem mit Systemverbindung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Stromversorgungssystem, welches eine Systemzusammenschaltung aufweist, die durch mehrere Wechselstrommodule bewirkt wird, die an eine Einphasen-Dreileiter-Verteilerleitung angeschlossen sind. Die Erfindung betrifft weiterhin ein hierbei eingesetztes Wechselstrommodul

Schilderung des Stands der Technik

[0002] Momentan wird ein Stromversorgungssystem, welches eine Systemzusammenschaltung aufweist, in die Praxis umgesetzt. Wie in der JP-A-05-308780 geschildert, weist dieses Stromversorgungssystem eine Solarbatterie auf, die an ein Einphasen-Dreileiter-Netzstromversorgungssystem angeschlossen ist, über einen Wechselrichter, so dass elektrische Energie, die von der Solarbatterie erzeugt wird, einem Verbraucher zugeführt werden kann, beispielsweise einem elektrischen Haushaltsgerät. **Fig. 6** dieses Dokuments und die zugehörige Beschreibung schildern ein Stromversorgungssystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wobei weiterhin zwei AC-Module vorgesehen sind, von denen eines an den ersten äußeren Leiter und das andere an den zweiten äußeren Leiter angeschlossen ist.

[0003] Beispielsweise liefert eine Solarbatterie eine Klemmenspannung von 180 V, wenn sechs Solarzellenmodule, die jeweils eine Gleichspannung von etwa 30 V liefern können, elektrisch in Reihe geschaltet sind, zur Ausbildung der Solarbatterie. Eine Gleichspannung von 180 V, die so erhalten wird, wird durch einen Wechselrichter in eine einphasige Wechselspannung von 100 V umgewandelt. Die Ausgangsklemmen des Wechselrichters sind an zwei äußere Leiter R und T einer Einphasen-Dreileiter-Verteilerleitung angeschlossen.

[0004] Um eine Gleichspannung von etwa 180 oder 360 V an den Wechselrichter anzulegen, setzt daher das Stromversorgungssystem der voranstehend geschilderten Art etwa 6 bis 12 Solarzellenmodule ein, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, wobei der Nachteil auftritt, dass dann, wenn bei einem einzigen Solarzellenmodul eine Störung auftritt, sämtliche Solarzellenmodule nicht mehr eingesetzt werden können.

[0005] Das Stromversorgungssystem der wie voranstehend geschildert ausgebildeten Art weist einen weiteren Nachteil in der Hinsicht auf, dass bei einigen Orten, an welchen die Solarzellenmodule installiert

sind, ein Zeitraum vorhanden ist, in welchem ein Gebäude oder dergleichen einige der Solarzellenmodule abdeckt. Eine Verringerung der Ausgangsleistung von den abgeschatteten Solarzellenmodulen führt dazu, dass die erzeugte Energie sich bei den Solarzellenmodulen in solchem Ausmaß ändert, dass die maximale Ausgangsleistung nicht von der Solarbatterie abgenommen werden kann, selbst bei einer Steuerung durch eine Nachführeinrichtung für den Punkt der maximalen Leistung (MPPT).

[0006] Das Stromversorgungssystem nach dem Stand der Technik der voranstehend geschilderten Art ist mit einer Schutzvorrichtung versehen, um die Verbindung zwischen dem Wechselrichter und dem Netzstromsystem zu unterbrechen, wenn ein anormaler Zustand auftritt, oder ein versehentlicher Stromausfall in dem Netzstromversorgungssystem auftritt. Die Schutzvorrichtung erfasst den anormalen Zustand oder den versehentlichen Stromausfall, öffnet einen Schalter, um die Verbindung zwischen dem Wechselrichter und dem Netzstromsystem innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer zu unterbrechen, und unterbricht den Betrieb des Wechselrichters.

[0007] In diesem Fall wird daher elektrische Energie, die von der Solarbatterie erzeugt wird, nicht genutzt. Ein derartiger Ausfall in Bezug auf eine ordnungsgemäße Verwendung des Sonnenlichts stellt ein ernsthaftes Problem dar.

[0008] Die WO 94/03857 A und die zugehörige EP 0 612 133 A1 beschreiben ein Stromversorgungssystem, das eine einzelne Solarbatterie und einen einzelnen Wechselrichter aufweist. Die EP 0 570 976 A beschreibt ein Stromversorgungssystem zum Einsatz beispielsweise in einem Flugzeug, welches eine Wechselstromenergiequelle aufweist, beispielsweise einen Generator, und einen Energiewandler, beispielsweise einen Wechselrichter, die parallel betrieben werden. Die EP 0 718 952 A, welche Stand der Technik gemäß Art. 54(3) EPÜ darstellt, und die EP 0 591 620 A1 beschreiben ein Stromversorgungssystem, das ein Solarzellen-Array aufweist, das mehrere Solarzellenmodule und einen Wechselrichter aufweist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Das primäre Ziel der Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Stromversorgungssystems der voranstehend geschilderten Art, welches arbeitsfähig gehalten werden kann, selbst wenn eine Störung bei einem der Solarzellenmodule auftritt, wodurch ermöglicht wird, eine maximale Ausgangsleistung von der Solarbatterie abzuziehen, und welches einen hohen Umwandlungswirkungsgrad aufweist.

[0010] Ein anderes Ziel der Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Stromversorgungssystems der

voranstehend geschilderten Art, bei welchem ein Wechselrichter arbeitsfähig gehalten werden kann, selbst wenn die Verbindung zwischen dem Wechselrichter und dem Netzstromsystem unterbrochen wird. Diese Anordnung ermöglicht einen effektiven Einsatz elektrischer Energie, die von der Solarbatterie erzeugt wird.

[0011] Das Stromversorgungssystem gemäß der Erfindung weist die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale auf. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0012] Das Stromversorgungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung kann darüber hinaus eine unabhängige Betriebssteuervorrichtung zum unabhängigen Betreiben des Wechselstrommoduls aufweisen, wenn die Verbindung zwischen dem Wechselstrommodul und dem Netzwerkversorgungssystem unterbrochen wird.

[0013] Ein Solarzellenmodul kann eine Gleichspannung von etwa 30 V liefern. Der Wechselrichter weist einen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler auf, der das Ausgangssignal von dem Solarzellenmodul in eine Gleichspannung von etwa 180 V umwandelt, und einen Spannungswandler, der das Ausgangssignal von dem Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler in eine Wechsellspannung von etwa 100 V umwandelt, die eine Frequenz von 50 oder 60 Hz aufweist.

[0014] Bei einer geschilderten Ausführungsform sind mehrere Wechselstrommodule an die Einphasen-Dreileiter-Verteilerleitung angeschlossen, so dass die Anzahl an Wechselstrommodulen, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind, ebenso groß ist wie die Anzahl an Wechselstrommodulen, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind. Bei einer Anschlussverzweigung ist ein Ende an eine der drei Klemmen angeschlossen, die bei jedem Wechselstrommodul vorgesehen sind, und ist deren anderes Ende an ein Kabel angeschlossen. Wenn jedes Wechselstrommodul mit einer Vorrichtung zur Durchführung einer Umschaltung von der Verbindung mit dem äußeren Leiter R zur Verbindung mit dem äußeren Leiter T und umgekehrt versehen ist, werden bislang erforderliche Unterbrechungen zur Durchführung einer derartigen Umschaltung nicht mehr erforderlich. Weiterhin erleichtert diese Umschaltungsvorrichtung das Zuordnen von Wechselstrommodulen zu den äußeren Leitern R und T. Eine Jumper-Schaltung oder ein Umschalterschalter kann als die Umschaltungsvorrichtung eingesetzt werden.

[0015] Bei einer anderen geschilderten Ausführungsform weist die unabhängige Betriebssteuervorrichtung einen Bezugssignalgenerator auf, einen Akkumulator, einen Batterielader, einen zweiten Wech-

selrichter, und eine allgemeine Steuereinheit.

[0016] Wenn die Verbindung zwischen dem erstgenannten Wechselrichter und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen wird, schickt der Bezugssignalgenerator ein Signal an die Wechselstrommodule über die Verteilerleitung. Die Spannung und die Frequenz des Signals sind ebenso wie bei jenem Strom, der durch das Netzstromversorgungssystem geflossen ist, beispielsweise 100 V bzw. 50 oder 60 Hz. Zum Zeitpunkt des unabhängigen Betriebs erfassen die Wechselstrommodule das Bezugssignal, das von dem Bezugssignalgenerator übertragen wird, und geben einen Strom mit derselben Frequenz wie jener des Bezugssignals aus.

[0017] Die allgemeine Steuereinheit steuert den Ausgangsstrom oder die Ausgangsspannung, die von dem erstgenannten Wechselrichter geliefert werden so, dass der Akkumulator nicht durch den Batterielader überladen wird. Wenn beispielsweise die Klemmenspannung des Akkumulators ansteigt, mit fortschreitender Ladung, schickt die allgemeine Steuereinheit ein Befehlssignal, so dass eine wesentliche Verringerung des Ladestroms erhalten wird. Die allgemeine Steuereinheit schickt ein anderes Befehlssignal zum Steuern des Ausgangsstroms der Wechselstrommodule so, dass die Eingangsspannung, die an den Batterielader angelegt wird, ordnungsgemäß innerhalb einer vorgegebenen Toleranz liegt.

[0018] Der Akkumulator dient als Energieversorgungsquelle für den zweiten Wechselrichter, der beispielsweise einen Netzstromversorgungs-Wechselstrom ausgibt, der in einem Notfall eingesetzt werden soll. Eine Brennstoffzelle oder eine Speicherzelle kann als der Akkumulator eingesetzt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung der elektrischen Schaltung, die in einem Stromversorgungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird.

[0020] [Fig. 2](#) ist eine Darstellung des darin eingesetzten Wechselstrommoduls;

[0021] [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung der elektrischen Schaltung, die in dem Wechselstrommodul eingesetzt wird;

[0022] [Fig. 4](#) ist eine schematische Darstellung, welche die Wechselstrommodule zeigt, die an eine Verteilerleitung angeschlossen sind;

[0023] [Fig. 5](#) ist eine Darstellung zur Unterstützung der Erläuterung eines Anschlusses der Wechselstrommodule;

[0024] [Fig. 6\(A\)](#) und [Fig. 6\(B\)](#) zeigen schematisch die Relativpositionen der Wechselstrommodule;

[0025] [Fig. 7](#) ist eine Darstellung zur Unterstützung der Erläuterung eines anderen Anschlusses der Wechselstrommodule;

[0026] [Fig. 8](#) ist eine Darstellung zur Unterstützung der Erläuterung eines weiteren Anschlusses der Wechselstrommodule;

[0027] [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm, das die Art und Weise darstellt, auf welche die unabhängige Betriebssteuervorrichtung arbeitet; und

[0028] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm, das aufeinander folgende Schritte bei einer typischen Umsetzung in die Praxis des unabhängigen Betriebs darstellt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0029] In [Fig. 1](#) weist ein Stromversorgungssystem **1** gemäß der Erfindung eine Einphasen-Dreileiter-Verteilerleitung **3** auf, die eine Art des Netzstromversorgungssystems darstellt, eine Schutzvorrichtung **4**, Wechselstrommodule **5a**, **5b**, **5c**, usw., eine unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6**, sowie einen Personal Computer **7**. Sämtliche Wechselstrommodule **5a**, **5b**, **5c**, usw., oder einige von diesen, können nachstehend als Wechselstrommodul **5** oder die Wechselstrommodule **5** bezeichnet werden.

[0030] Ein Einphasen-Wechselstrom kann durch die Verteilerleitung **3** fließen, die einen neutralen Leiter N und zwei äußere Leiter R und T aufweist. Der neutrale Leiter N wird auf einer Potentialdifferenz von 100 V gegenüber jedem der beiden äußeren Leiter R und T gehalten. Diese beiden äußeren Leiter weisen an sich eine Potentialdifferenz von 200 V zwischen ihnen auf.

[0031] Die Schutzvorrichtung **4** weist Schalter **11** auf, eine Funktionsstörungsdetektorschaltung **12**, und eine Zusammenschaltungssteuerschaltung **13**.

[0032] Die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und der Verteilerleitung **3** wird unterbrochen, wenn die Schalter **11** in Reaktion auf ein Signal geöffnet werden, das von der Funktionsstörungsdetektorschaltung **12** empfangen wird.

[0033] Die Funktionsstörungsdetektorschaltung **12** weist ein Überspannungsrelais auf, ein Unterspannungsrelais, ein Überfrequenzrelais und ein Unterfrequenzrelais, und untersucht das Netzstromversorgungssystem in Bezug auf das Auftreten einer anormalen Spannung und/oder Frequenz. Wenn eine anormale Spannung und/oder Frequenz festgestellt wird, gibt die Funktionsstörungsdetektorschaltung **12**

ein Signal zum Öffnen der Schalter **11** aus. Die Funktionsstörungsdetektorschaltung **12** führt weiterhin aktive und passive Funktionen aus, zur Anpassung an den isolierten Betrieb eines Wechselstrommoduls oder von Modulen **5**. Wenn ein oder mehrere Wechselstrommodule **5** in einen isolierten Betriebszustand versetzt werden, infolge eines versehentlichen Stromausfalls oder dergleichen, der in dem Netzstromversorgungssystem auftritt, stellt die Funktionsstörungsdetektorschaltung **12** einen derartigen Betriebszustand fest, und gibt ein Signal zum Öffnen der Schalter **11** aus.

[0034] Die Zusammenschaltungssteuerschaltung **13** weist Kommunikationsklemmen auf, die als Schnittstelle RS485 festgelegt sind, und führt eine Steuerung der gesamten Schutzvorrichtung **4** durch. Wenn die Schalter **11** durch die Funktionsstörungsdetektorschaltung **12** geöffnet werden, die eine anormale Spannung und/oder Frequenz feststellt, schickt die Zusammenschaltungssteuerschaltung **13** einen Befehl an sämtliche Wechselstrommodule **5**, um den dort hindurch fließenden Strom zu unterbrechen. Die Zusammenschaltungssteuerschaltung **13** empfängt ein Signal SK, welches anzeigt, dass die Schalter **11** geöffnet oder geschlossen sind, gibt das Signal SK an die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** weiter, und sammelt Information von den Wechselstrommodulen **5** in Bezug auf den Zustand des Betriebs und der Energieerzeugung.

[0035] Die Zusammenschaltungssteuerschaltung **13** steht in Kommunikation mit dem Personal Computer **7**, der Information von der Schutzvorrichtung **4** empfängt, und überwacht, ob elektrische Energie ordnungsgemäß erzeugt wird, und ob irgendeine Störung in den Wechselstrommodulen **5** auftritt oder nicht.

[0036] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, weist das Wechselstrommodul **5** ein Solarzellenmodul PVM und eine Wechselrichtereinheit VTU auf. Das Solarzellenmodul PVM kann eine Gleichspannung von etwa 30 V liefern. Die Wechselrichtereinheit VTU weist einen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler auf (also eine Wandlerschaltung **21**, wie sie in [Fig. 3](#) gezeigt ist), welcher das Ausgangssignal von dem Solarzellenmodul PVM in eine Gleichspannung von etwa 180 V umwandelt, und einen Spannungswechselrichter (also eine Wechselrichterschaltung **23**, die in

[0037] [Fig. 3](#) gezeigt ist), welcher das Ausgangssignal von dem Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler in eine Wechselspannung umwandelt, die eine Frequenz von 50 oder 60 Hz aufweist.

[0038] Um eine Zusammenschaltung mit einem Netzstromsystem zu erzielen, sind mehrere Wechselstrommodule **5** an die Verteilerleitung **3a** ange-

geschlossen, so dass die Anzahl an Wechselstrommodulen, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind, ebenso groß ist wie die Anzahl der Wechselstrommodule, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind. Unter Bezugnahme auf die [Fig. 6\(A\)](#) und [Fig. 6\(B\)](#) wird deutlich, dass nur zwei Beispiele für die Relativpositionen dargestellt sind, die von den Wechselstrommodulen **5** zum Zeitpunkt der Anbringung im Außenbereich eingenommen werden. Diese Anordnungen weisen die folgenden Vorteile auf:

(1) Obwohl jedes der Solarzellenmodule PVM unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt ist, beispielsweise in Bezug auf die Himmelsrichtung, die Abschattung und die Temperatur, können negative Einflüsse, die durch einen Unterschied dieser Umweltbedingungen einwirken, durch die voranstehend geschilderten Anordnungen ausgeschaltet werden. Jedes der Solarzellenmodule PVM kann durch eine Nachführeinrichtung für den Punkt der maximalen Leistung zu dem Zweck gesteuert werden, dass die Energieerzeugung effizient verläuft.

(2) Einige der Solarzellenmodule PVM sind parallel zum neutralen Leiter und dem äußeren Leiter R geschaltet, wogegen andere parallel zum neutralen Leiter und dem äußeren Leiter T geschaltet sind. Die voranstehend geschilderten Anordnungen nutzen daher den verfügbaren Raum gut, und erleichtern die Auslegung und die Ausführung des Installierungsvorgangs.

(3) Die Ausgangsleistung eines Wechselstrommoduls **5** ist niedrig und beträgt etwa 100 Watt. Dies bedeutet, dass das Stromversorgungssystem gemäß der Erfindung in verschiedenen Bereichen betrieben werden kann, die von etwa 100 Watt bis zu einigen Kilowatt betragen, abhängig davon, wie viele Wechselstrommodule **5** vorgesehen sind, wobei trotz der Tatsache, dass eine gerade Anzahl an Wechselstrommodulen **5** dazu erforderlich ist, einen Phasenausgleich zwischen den äußeren Leitern R und T der Verteilerleitung **3** zu erreichen, ein Ungleichgewicht, das durch eine ungeradzahlige Anzahl an Wechselstrommodulen **5** hervorgerufen wird, höchstens etwa 100 Watt beträgt.

(4) Das Stromversorgungssystem gemäß der Erfindung weist keine Gleichstromschaltung auf, und schaltet das Erfordernis aus, eine in Rückwärtsrichtung sperrende Diode vorzusehen, die zu einem Energieverlust führen würde. Die Verdrahtung, die nur für die Wechselstromschaltung benötigt wird, kann auf dieselbe Art und Weise ausgeführt werden wie bei der üblichen Verdrahtung.

(5) Die Anzahl an Wechselrichtereinheiten VTU, die bei dem Stromversorgungssystem gemäß der Erfindung vorgesehen sind, und die größer ist als das Zehnfache der Anzahl jener Einheiten, die bei einem Wechselrichtermodul mit 3 Kilowatt verwendet werden, ist ausreichend groß, um die Aus-

wirkung hervorzurufen, die Kosten zu verringern, wenn die Wechselrichtereinheiten VTU mittels Massenproduktion hergestellt werden.

(6) Jedes der AC-Module **5** weist nicht die komplizierte und mühsame Funktionsweise auf, die Systemzusammenschaltung zu schützen, und einen unabhängigen Betrieb zu steuern, sondern hat nur die Funktion, einen Eigenschutz bereitzustellen. Daher weist die elektrische Schaltung jedes Wechselstrommoduls **5** einen einfachen Aufbau auf, der dazu dient, wesentlich die Anzahl an Schaltungselementen zu verringern. Dies bedeutet eine weitere Einsparung an Kosten und führt zu einer äußerst verlässlichen elektrischen Schaltung.

(7) Eine kompakte Anordnung wird erzielt, wenn eine integrierte Schaltung mit einem dicken Film oder dergleichen in der Hauptschaltung jedes Wechselstrommoduls **5** verwendet wird.

(8) Die Ausgangsspannung, die sich über jeder Wechselrichtereinheit VTU einstellt, beträgt 100 V, also die Hälfte von 200 V, die zwischen den beiden äußeren Leitern R und T der Verteilerleitung **3** aufrechterhalten werden. Dies bedeutet, dass die Wechselrichtereinheiten VTU einen hohen Gesamtwandlerwirkungsgrad aufweisen.

(9) Wenn die Verbraucher so angeordnet sind, dass sie nicht ausgeglichen sind, und beispielsweise die Spannung von Wechselstrommodulen **5**, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind, 102 V beträgt, und die Spannung von Wechselstrommodulen **5**, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind, gleich 98 V beträgt, kann das Ungleichgewicht dadurch ausgeschaltet oder verringert werden, dass die Anzahl an Wechselstrommodulen **5** erhöht wird, die an den äußeren Leiter T (der stärker belastet ist) angeschlossen sind, so dass mehr Wechselstrommodule vorhanden sind, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind, als Wechselstrommodule **5**, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind.

[0039] Wie nunmehr aus [Fig. 3](#) hervorgeht, weist die Wechselrichtereinheit VTU eine Wandlerschaltung **21** auf, eine MPPT-Schaltung **22**, eine Wechselrichterschaltung **23**, eine Gate-Steuerschaltung **24**, einen Operationsverstärker **25**, einen Multiplizierer **26**, Operationsverstärker **27** und **28**, ein Bandpassfilter **29**, eine Schnittstelle **30**, einen Stromtransformator **31**, und einen Transformator **32**.

[0040] Die Wandlerschaltung **21** führt eine Funkfrequenz-Schaltwirkung beim Umwandeln einer Gleichspannung von etwa 30 V, die von dem Solarzellenmodul PVM abgegeben wird, in eine Gleichspannung von etwa 180 V durch. Um eine maximale Ausgangsleistung von dem Solarzellenmodul PVM zu erhalten, verfolgt die MPPT-Schaltung **22** einen optimalen Arbeitspunkt auf eine auf diesem Gebiet wohlbekannt Weise.

[0041] Die Wechselrichterschaltung **23** besteht aus mehreren Schaltelementen, die in Brückenschaltung angeordnet sind. Die Gate-Steuerschaltung **24** weist einen Mikroprozessor auf, und überträgt ein Schaltsteuersignal an die Wechselrichterschaltung **23**, nachdem mit dem Signal eine Impulsbreitenmodulation durchgeführt wurde.

[0042] Die Spannung V11, die der Wechselrichterschaltung **23** zugeführt wird, wird auch dem Operationsverstärker **25** zugeführt, der ein Eingangsfehlersignal Sa in Form einer Differenz zwischen der Spannung V11 und dem Spannungsführungsgrößensignal Vref entwickelt. Das Eingangsfehlersignal Sa wird an einer Eingangsleitung des Multiplizierers **26** empfangen, während ein Signal S12 an dessen anderer Eingangsleitung empfangen wird. Das Signal S12 stammt von dem Operationsverstärker **28**, bei welchem ein Spannungssteuersignal S13, das von einem Signal Sc stammt, der Fundamentalfrequenzkomponente S11 der Spannung V3 an dem Verbindungspunkt zwischen der Wechselrichtereinheit VTU und dem Netzstromversorgungssystem hinzugefügt wird, und die Spannung V3 wird dem Operationsverstärker **28** über das Bandpassfilter **29** zugeführt. Das Signal S12, das mit dem Eingangsfehlersignal Sa multipliziert wurde, wird zu einem Stromführungsgrößensignal Si, welches den erforderlichen Steuerpegel anzeigt. Das Stromführungsgrößensignal Si, ein momentaner Ausgangsstrom, der von dem Stromtransformator **31** erfasst wird, und ein Stromsteuersignal S14, das von dem Signal Sc stammt, werden dem Operationsverstärker **27** zugeführt, der ein Stromfehlersignal SΔi entwickelt, welches der Gate-Steuerschaltung **24** zugeführt werden soll.

[0043] Die Gate-Steuerschaltung **24** erzeugt ein Schaltsignal, welches der Wechselrichterschaltung **23** zugeführt werden soll. Die Impulsbreite des Schaltsignals wurde eingestellt als Ergebnis eines Vergleichs des Stromfehlersignals SΔi mit einem Bezugssignal, welches die Form von Dreiecksimpulsen aufweist, die eine Frequenz von etwa 20 kHz aufweisen.

[0044] Die Schnittstelle **30** führt eine digitale und serielle Kommunikation mit externen Geräten über eine Schnittstelle RS485 durch, empfängt das Spannungssteuersignal S13 und das Stromsteuersignal S14 von den externen Geräten, und überträgt Information an die externen Geräte in Bezug auf den Arbeitszustand der Wechselrichtereinheit VTU.

[0045] Die voranstehend geschilderte Rückkopplungsregelung ermöglicht, dass Wechselstromenergie mit einem Leistungsfaktor von **1** von der Wechselrichterschaltung **23** an die Verbraucher abgegeben wird, die an die äußeren Leiter R und T der Verteilerleitung **3** angeschlossen sind, wobei der Wert des Stroms ordnungsgemäß eingestellt wird, und der

Strom in Phase mit der Spannung des Netzstromversorgungssystems ist.

[0046] Wenn die Wechselrichtereinheit VTU in Verbindung mit dem Netzstromversorgungssystem steht, ist die Spannung V3 am Verbindungspunkt zwischen der Wechselrichtereinheit VTU und dem Netzstromversorgungssystem gleich der Spannung des Netzstromversorgungssystems. Allerdings wird die Spannung V3 auf Null abgesenkt, wenn die Verbindung zwischen der Wechselrichtereinheit VTU und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen wird. In diesem Fall wird eine Wechselspannung, die ebenso ist wie jene, die von dem Netzstromversorgungssystem geliefert wird, von einem Bezugssignalgenerator **61** ([Fig. 1](#)) geliefert, anstatt von dem Netzstromversorgungssystem, so dass die Wechselrichtereinheit VTU weiter arbeiten kann. Weiterhin kann in diesem Fall, beispielsweise wenn die in der Schutzvorrichtung **4** vorgesehenen Schalter **11** geöffnet sind, die Steuerung mit Hilfe des Spannungssteuersignals S13 durchgeführt werden, das anstelle der Spannung V3 eingesetzt wird. Das Spannungssteuersignal S13 muss mit hoher Geschwindigkeit gesteuert werden, da es eine vorgeschriebene Signalform mit einer geeigneten Frequenz aufweisen muss. Um diese Anforderung zu erfüllen, kann die Wechselrichtereinheit VTU einen Oszillator aufweisen, von welchem eine vorzuziehende Signalform in einem geeigneten Frequenzbereich erhalten werden kann. Die Amplitude des Ausgangssignals von dem Oszillator kann mit Hilfe des Signals SC gesteuert werden. Die Stärke des Ausgangsstroms kann mit Hilfe des Stromsteuersignals S14 gesteuert werden.

[0047] Nachstehend erfolgt eine Zusammenfassung eines typischen Verfahrens zum Anschließen der Wechselstrommodule **5** an die Verteilerleitung **3a** (oder **3**):

Nunmehr wird auf [Fig. 4](#) Bezug genommen, in welcher zwei ortsfeste Verbinder **41a** und **41b** auf der Wechselrichtereinheit VTU angebracht sind. Jeder der ortsfesten Verbinder **41a** und **41b** ist mit fünf Verbindungs-Polschuhen R, N, T, PO und E versehen, zum Anschließen einer Ausgangsklemme der Wechselrichterschaltung **23** an den äußeren Leiter R oder T. Die Verbindungs-Polschuhe, die auf dem ortsfesten Verbinder **41a** vorgesehen sind, sind parallel zu den entsprechenden Verbindungs-Polschuhen geschaltet, die auf dem ortsfesten Verbinder **41b** vorgesehen sind.

[0048] Alternativ kann jeder der ortsfesten Verbinder **41a** und **41b** nur mit drei Verbindungs-Polschuhen R, N und T versehen sein, und können die übrigen zwei Verbindungs-Polschuhe PO und E über Verbindungsleitungen angeschlossen sein, die zu einem getrennten System gehören, welches weitere Verbindungs-Polschuhe zusätzlich zu PO und E aufweisen kann.

[0049] Eine Jumper-Schaltung **42** ist zwischen den Verbindungs-Polschuhen R, T und einer Ausgangsklemme der Wechselrichterschaltung **23** angeordnet. Durch Umlegen eines Jumper-Drahts **42a** auf die eine oder andere Seite wird die Ausgangsklemme der Wechselrichterschaltung **23** wahlweise mit dem äußeren Leiter R oder T verbunden.

[0050] Nunmehr wird auf die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) Bezug genommen, in welchen benachbarte Wechselrichtereinheiten VTU miteinander über ein Verbindungskabel **50** verbunden sind. Verbinder **51a** und **51b** sind jeweils an jedem Ende des Verbindungskabels **50** vorhanden. Jeder der Verbinder **51a** und **51b** ist mit fünf Verbindungs-Polschuhen R, N, T, PO und E versehen, die an die entsprechenden Verbindungs-Polschuhe angeschlossen werden sollen, die auf dem ortsfesten Verbinder **41a** oder **41b** vorhanden sind. Die Verbinder **51a** und **51b** werden in die ortsfesten Verbinder **41b** und **41a** eingeführt, die jeweils auf den benachbarten Wechselrichtereinheiten VTU angebracht sind. Auf diese Weise werden mehrere Wechselrichtereinheiten VTU, also mehrere Wechselstrommodule **5**, hintereinander geschaltet.

[0051] Das Bezugszeichen VTU1 bezeichnet eine Wechselrichtereinheit, die sich an erster Stelle in der Reihe der voranstehend geschilderten mehreren Wechselrichtereinheiten VTU befindet. Ein Verbinder **51a**, der an einem Ende eines Verbindungskabels **55** vorgesehen ist, wird in den ortsfesten Verbinder **41a** der Wechselrichtereinheit VTU1 eingeführt. Das Verbindungskabel **55** enthält fünf Leitungen, von welchen drei, nämlich R, N und T, an die Verteilerleitung **3a** angeschlossen sind, und zwei, nämlich PO und E, an die Schutzvorrichtung **4** bzw. eine Schnittstellen-schaltung angeschlossen sind, die in der unabhängigen Betriebssteuervorrichtung **6** vorgesehen sind.

[0052] Daher wird eine Ausgangsklemme jedes der Wechselstrommodule **5** an den äußeren Leiter R oder T der Verteilerleitung **3** angeschlossen. Die Schnittstelle **30**, die in jedem der Wechselstrommodule **5** vorgesehen ist, überträgt ein Signal SC an die Schutzvorrichtung **4** und die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** über die Verbindungs-Polschuhe PO und E.

[0053] Nunmehr wird Bezug genommen auf [Fig. 6\(A\)](#), bei welcher mehrere Wechselstrommodule **5** (oder 24 Wechselstrommodule bei dieser Ausführungsform) schachbrettartig angeordnet sind. Wie durch eine gepunktet-gestrichelte Linie angedeutet, sind benachbarte Wechselstrommodule **5** miteinander über Verbindungskabel **50** verbunden. Sowohl in Zeilen als auch in Spalten wechseln sich die Wechselstrommodule **5**, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind, mit jenen ab, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind. Eine derartige versetzte Anordnung wird durch die Bereitstellung der Jumper-

per-Drähte **42a** erleichtert.

[0054] Die versetzte Anordnung, die in [Fig. 6\(A\)](#) gezeigt ist, weist den Vorteil auf, dass dann, wenn ein Gebäude oder dergleichen einige der Wechselstrommodule **5** abschattet, sich herausstellt, dass annähernd die Hälfte der abgeschatteten Wechselstrommodule **5** an den äußeren Leiter R angeschlossen ist, und die andere Hälfte an den äußeren Leiter T angeschlossen ist. Daher kann ein erhebliches Ungleichgewicht verhindert werden.

[0055] Die Verdrahtung für den Anschluss der Wechselstrommodule **5** an die Verteilerleitung **3a** wird durch den Einsatz der Verbindungskabel **50** erleichtert, die mit standardisierten Verbindern versehen sind, durch welche benachbarte Wechselstrommodule **5** miteinander verbunden werden, unabhängig davon, ob sie an den äußeren Leiter R oder T angeschlossen werden sollen. Bei einer derartigen Anordnung ist es unmöglich, einen Fehler beim Anschluss hervorzurufen. Die für die Verdrahtung benötigte Zeit kann wesentlich verringert werden. Durch Umlegen des Jumper-Drahts **42a** auf die eine oder andere Seite kann die Umschaltung von dem Anschluss an den äußeren Leiter R auf den Anschluss an den äußeren Leiter T und entgegengesetzt einfach durchgeführt werden, ohne dass das Wechselstrommodul **5** zu einem anderen Ort bewegt wird.

[0056] Wie nunmehr aus [Fig. 6\(B\)](#) hervorgeht, bilden die Wechselstrommodule **5**, die an den äußeren Leiter R angeschlossen sind, eine obere Doppelleitung, wogegen die Wechselstrommodule **5**, die an den äußeren Leiter T angeschlossen sind, eine untere Doppelleitung ausbilden. Daher sind die Wechselstrommodule **5** in zwei Gruppen gesammelt, was dazu führt, dass sie einfach überwacht werden können. Wenn sie teilweise abgeschattet werden, ist jedoch eine erhebliche Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, dass das Gleichgewicht zwischen den beiden Gruppen verloren geht.

[0057] Wenn bei einem der Wechselstrommodule **5** eine Störung auftritt, und wenn die Verbraucher so angeordnet sind, dass sie nicht ausgeglichen sind, oder wenn die Anzahl von Wechselstrommodulen **5** erhöht oder verringert wird, werden die arbeitenden Wechselstrommodule **5** insgesamt dadurch ausgeglichen, dass der Jumper-Draht **42a** in einem der arbeitenden Wechselstrommodule **5** umgelegt wird.

[0058] Aus den [Fig. 6\(A\)](#) und [Fig. 6\(B\)](#) geht hervor, dass die Gesamtlänge einer Leitung, die dazu erforderlich ist, dass sie in den Verbindungskabeln **50** enthalten ist, wesentlich verringert werden kann, da jedes Verbindungskabel nur drei Leitungsteile zum Anschluss der Wechselstrommodule **5** an die Verteilerleitung aufweisen muss. Dies führt zu einer weiteren Kosteneinsparung, zu einer höheren Verlässlichkeit,

und zu einer einfacheren Wartung. Um eine versetzte Anordnung zu erzielen, wie in [Fig. 6\(A\)](#) gezeigt ist, können die Wechselstrommodule **5**, die an den äußeren Leiter R angeschlossen werden sollen, selbstverständlich getrennt von den Wechselstrommodulen **5** angeschlossen werden, die an den äußeren Leiter T angeschlossen werden sollen. In diesem Fall ist jedoch die Gesamtlänge einer Leitung, die dazu erforderlich ist, in den Verbindungskabeln enthalten zu sein, groß, da zwei Leitungsteile zum Anschluss an den äußeren Leiter R und weitere zwei Leitungsteile zum Anschluss an den äußeren Leiter T in der Gesamtheit der Verbindungskabel vorhanden sein müssen. Daher besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Verdrahtungsfehler auftritt, und Wartungsarbeiten nicht einfach durchgeführt werden können.

[0059] Nachfolgend erfolgt eine Zusammenfassung eines weiteren Verfahrens zum Anschluss der Wechselstrommodule **5** an die Verteilerleitung **3a**:

Wie aus [Fig. 7](#) hervorgeht, ist die Wechselrichtereinheit VTUA1 mit einem Klemmenblock **43** versehen, der sechs Verbindungs-Polschuhe R1, R2, N1, N2, T1 und T2 aufweist, in Gruppen von jeweils dreien. Die Verbindungs-Polschuhe R1, N1 und T1 sind parallel zu den jeweiligen Verbindungs-Polschuhen R2, N2 und T2 geschaltet.

[0060] Mehrere Wechselrichtereinheiten VTUA werden miteinander durch Anschluss von Kabeln **52** verbunden, die an die Klemmenblöcke **43** angeschlossen werden. Die Wechselrichtereinheit VTUA1, die als erste in der Reihe der voranstehend geschilderten, mehreren Wechselrichtereinheiten VTU angeordnet ist, ist an die Verteilerleitung **3a** über ein Anschlusskabel **56** angeschlossen, das mit den Verbindungs-Polschuhen R1, N1 und T1 des Klemmenblocks **43** verbunden ist.

[0061] Ein Umschalter **44** ist zwischen den Verbindungs-Polschuhen R, T und einer Ausgangsklemme U der Wechselrichterschaltung angeordnet. Durch Umliegen des Umschalters **44** auf die eine oder andere Seite wird die Ausgangsklemme der Wechselrichterschaltung wahlweise mit dem äußeren Leiter R oder T verbunden.

[0062] Anstelle eines einzelnen Klemmenblocks **43**, der als Unterstützung für sechs Verbindungs-Polschuhe bei der geschilderten Ausführungsform eingesetzt wird, ist es ebenfalls möglich, zwei Klemmenblöcke einzusetzen, die jeweils drei Verbindungs-Polschuhe aufweisen. Alternativ kann eine Wechselrichtereinheit mit einem einzelnen Klemmenblock versehen sein, der drei Verbindungs-Polschuhe aufweist, an welche jeweils zwei Leitungen angeschlossen sind. Der einzelne Klemmenblock kann darüber hinaus zwei Verbindungs-Polschuhe aufweisen, an welche die Leitung PO bzw. E angeschlossen ist.

[0063] Wie aus [Fig. 8](#) hervorgeht, ist ein ortsfester Verbinder **45**, der drei Verbindungs-Polschuhe R, N und T aufweist, auf der Wechselrichtereinheit VTUB1 angebracht. Mehrere Wechselrichtereinheiten VTUB sind miteinander durch Verbindungskabel **53** verbunden, die wiederum gegenseitig durch Verbinder **54** verbunden sind, so dass zwei Leitungen, die sich jeweils von zwei Verbindungskabeln **53** aus erstrecken, an einen der Verbindungs-Polschuhe angeschlossen sind, die auf einem Verbinder **54** vorgesehen sind. Die Wechselrichtereinheit VTUB1, die zuerst in der Reihe der voranstehend geschilderten, mehreren Wechselrichtereinheiten VTUB vorhanden ist, ist an die Verteilerleitung **3a** über ein Verbindungskabel **57** angeschlossen, das an den Verbinder **54** angeschlossen ist.

[0064] Anstelle des ortsfesten Verbinders **45**, der als Halterung für drei Verbindungs-Polschuhe bei der geschilderten Ausführungsform verwendet wird, ist es ebenfalls möglich, einen ortsfesten Verbinder einzusetzen, der zwei Verbindungs-Polschuhe aufweist, an welche die Leitung PO bzw. E angeschlossen ist.

[0065] Die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** betreibt unabhängig die Wechselstrommodule **5**, wenn die Schalter **11**, die in der Schutzvorrichtung **4** vorgesehen sind, geöffnet sind, um die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und dem Netzstromversorgungssystem zu unterbrechen. Daher sind die Wechselstrommodule **5** zum Einsatz als Notfall-Energieversorgungsquelle ausgebildet. Die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** weist einen Bezugssignalgenerator **61** auf, eine Batterieladdevorrichtung **62**, einen Notfall-Wechselrichter **63**, eine allgemeine Steuereinheit **64**, eine Batterie **65**, einen Umschalter **66**, und eine Steckerbuchse **67**.

[0066] Wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist, schickt der Bezugssignalgenerator **61** ein Signal an die Verteilerleitung **3a**, so dass die Fundamentalfrequenzkomponente S11 der Spannung V3 an dem Verbindungspunkt zwischen der Wechselrichtereinheit VTU und dem Netzstromversorgungssystem den Wechselstrommodulen zugeführt werden kann. Die Spannung und die Frequenz des Signals, das von dem Bezugssignalgenerator **61** übertragen wird, sind ebenso wie bei der elektrischen Energie, die durch das Netzstromversorgungssystem geliefert wurde. Dies bedeutet, dass der Bezugssignalgenerator **61** nicht die Verteilerleitung **3a** mit elektrischer Energie versorgen muss, aber das Ausgangssignal von dem Bezugssignalgenerator **61** nur die gleiche Signalform aufweisen muss wie bei der Spannung V3. Vorzugsweise sollte jedoch der Bezugssignalgenerator **61** dazu fähig sein, die Verteilerleitung **3a** mit elektrischer Energie in der Größenordnung von einigen zehn bis hundert Milliwatt zu versorgen, also in dem Ausmaß, um

den erdfreien Zustand der Verteilerleitung **3a**, usw. sicherzustellen.

[0067] Die Batterieladevorrichtung **62** führt eine Gleichrichtung des Ausgangssignals von den Wechselstrommodulen **5** durch, und lädt die Batterie **65** auf. Die Werte des Eingangsstroms, der Eingangsspannung, des Ausgangsstroms und der Ausgangsspannung der Batterieladevorrichtung **62** werden durch (nicht dargestellte) Detektoren erfasst, und der allgemeinen Steuereinheit **64** zugeführt. Die Batterieladevorrichtung **62** weist einen elektromagnetischen Schalter auf, der dazu ausgebildet ist, die Verbindung der Schaltung zur Verteilerleitung **3a** herzustellen oder zu unterbrechen, so dass die Batterieladevorrichtung **62** nur dann arbeitet, wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist. Anstelle des elektromagnetischen Schalters ist es ebenfalls möglich, eine elektronische Steuerung einzusetzen. Der Ausgangsstrom der Batterieladevorrichtung **62** wird durch Eingangssignale von den Wechselstrommodulen **5** festgelegt, die durch die allgemeine Steuereinheit **64** in Abhängigkeit von dem Ladungszustand der Batterie **65** gesteuert werden, so dass die Batterie **65** nicht durch die Batterieladevorrichtung **62** überladen wird. Die Ausgangsspannung der Wechselstrommodule **5** wird ebenfalls durch die allgemeine Steuereinheit **64** so gesteuert, dass die an die Batterieladevorrichtung **62** angelegte Spannung nicht die zulässige Eingangsspannung überschreitet.

[0068] Der Notfall-Wechselrichter **63** wandelt die Gleichspannungsenergie, die in der Batterie **65** gespeichert ist, in Einphasen-Wechselstromenergie von 100 V für eine Netzstromversorgung um. Durch Umliegen des Umschalters **66** auf die eine oder andere Seite wird die erwähnte Wechselstromenergie der Steckerbuchse **67** zugeführt. Normalerweise wird Wechselstromenergie der Steckerbuchse **67** über die Verteilerleitung **3b** zugeführt, jedoch wird, wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist, bei einem Energieversorgungsausfall, oder wenn die Wechselstromenergie aus anderen Gründen nicht geliefert wird, der Umschalter **66** umgelegt, und wird die Wechselstromenergie der Steckerbuchse **67** von dem Notfall-Wechselrichter **63** zugeführt. Der Notfall-Wechselrichter **63** ist vom trägen Typ, und kann momentan einen Stoßstrom ausgeben, der etwa das Zehnfache eines Nennstroms beträgt. Daher können induktive Verbraucher, die einen hohen Anlassstrom benötigen, beispielsweise ein Motor, betrieben werden. Ein Kühlschranks, eine Waschmaschine, eine Klimaanlage und dergleichen können an die Steckerbuchse **67** angeschlossen werden.

[0069] Die allgemeine Steuereinheit **64** steuert insgesamt die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6**

so, dass ermöglicht wird, dass die Wechselstrommodule **5** unabhängig von dem Netzstromversorgungssystem arbeiten können, wenn die Verbindung dazwischen durch Öffnen der Schalter **11** unterbrochen wird. Die allgemeine Steuereinheit **64** erzeugt ein Führungsgrößensignal SC, aus welchem ein Stromsteuersignal S14 entsteht. Der Zweck des Stromsteuersignals S14 besteht darin, den Ausgangsstrom jedes Wechselstrommoduls **5** so zu steuern, dass ein Strom, der zum Aufladen der Batterie **65** verwendet werden soll, einen geeigneten Wert annimmt. Das Führungsgrößensignal SC wird an jedes Wechselstrommodul **5** über die Schnittstelle RS485 in Abständen von beispielsweise einer Sekunde übertragen. Jedes Wechselstrommodul **5** erzeugt das Stromsteuersignal S14 auf Grundlage des Führungsgrößensignals SC.

[0070] Daher müssen die Intervalle, in welchen das Führungsgrößensignal SC zum Steuern des Ausgangsstroms für jedes Wechselstrommodul **5** ausgegeben wird, nur in der Größenordnung von einer Sekunde liegen. Dies bedeutet, dass der Ausgangsstrom jedes Wechselstrommoduls **5** in derartigen geeigneten Intervallen gesteuert werden kann, um zu ermöglichen, dass eine serielle Kommunikation durchgeführt wird.

[0071] Kurz gefasst kann, durch Bereitstellung der unabhängigen Betriebssteuervorrichtung **6**, elektrische Energie, die von den Wechselstrommodulen **5** erzeugt wird, als Notfall-Energieversorgungsquelle eingesetzt werden, wenn Verbindungen in dem System unterbrochen werden, infolge eines Störfalls der Energieversorgung oder dergleichen, der in dem Netzstromversorgungssystem auftritt. Der Grund für die Bereitstellung der Batterie **65** besteht darin, dass die elektrische Energie, die durch Sonnenlicht erzeugt wird, und direkt den Verbrauchern zugeführt wird, nicht dazu ausreicht, die Zufuhr elektrischer Energie zu den Verbrauchern zu stabilisieren. Um das Sonnenlicht ausreichend zu nutzen, wird elektrische Energie, die von den Solarzellenmodulen PVM erzeugt wird, in der Batterie **65** gespeichert, von dort abgenommen, in Netzstromenergie umgewandelt, und dann den Verbrauchern zugeführt. Elektrische Haushaltsgeräte, wie beispielsweise ein Home-Computer, die an die Verteilerleitung **3** oder **3a** angeschlossen waren, werden auf die Verteilerleitung **3b** zu dem Zeitpunkt umgeschaltet, wenn der Systemanschluss unterbrochen wird. Daher kann das Stromversorgungssystem **1** gemäß der Erfindung als eine unterbrechungsfreie Stromversorgung für den Computer eingesetzt werden. Alle diese komplizierten Steuervorgänge werden von der unabhängigen Betriebssteuervorrichtung **6** durchgeführt, wodurch es nicht mehr erforderlich ist, eine komplizierte elektrische Schaltung in jedem der Wechselstrommodule **5** vorzusehen.

[0072] Die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** stellt sich als vorteilhaft heraus, wenn sie eine Auswahl zwischen einem automatischen Start und einem Handstart ermöglicht, wenn die Systemverbindung unterbrochen wird. Obwohl nicht in der Zeichnung dargestellt, wird darauf hingewiesen, dass daher die allgemeine Steuereinheit **64** vorzugsweise einen Umschalter aufweist, um eine Umschaltung der Vorgehensweise zum Starten der Steuerung durch Ausführung durch die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** vom automatischen Start zum Handstart und entgegengesetzt durchzuführen. Andere Teile, die zur Vereinfachung bei der Zeichnung weggelassen sind, umfassen einen Startschalter, der dann eingesetzt werden soll, wenn ein Handstart ausgewählt wird.

[0073] Die Art und Weise, auf welche die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** arbeitet, wird nunmehr unter Bezugnahme auf [Fig. 9](#) geschildert.

[0074] Gemäß [Fig. 9](#) wird der Bezugssignalgenerator **61** in Betrieb gesetzt, und wird ein Bezugssignal an die Verteilerleitung **3a** (Schritt **14**) übertragen, wenn der unabhängige Betrieb gestartet wird, wenn die Schalter **11** geöffnet sind, und wenn die Leitungsspannung auf Null abgesunken ist (also wenn sämtliche Abfragen in den Schritten **11** bis **13** bejahend beantwortet werden). Der Betrieb der Wechselstrommodule **5** wird fortgesetzt (Schritt **15**), und es wird eine Steuerung des unabhängigen Betriebsablaufs durchgeführt (Schritt **16**).

[0075] Der Start des unabhängigen Betriebs kann durch die Tatsache festgestellt werden, dass der voranstehend erwähnte Umschalter auf die Position "automatischer Start" geschaltet wurde, oder dass, wenn ein Handstart ausgewählt ist, der Starterschalter geschlossen ist. Das Öffnen der Schalter **11** kann durch das Signal SK erfasst werden, das von den Schaltern **11** empfangen wird. Die Tatsache, dass die Leitungsspannung auf Null abgesunken ist, kann durch die Tatsache erfasst werden, dass die Spannung V3 an dem Verbindungspunkt zwischen der Wechselrichtereinheit VTU und dem Netzstromversorgungssystem auf Null abgesunken ist.

[0076] Wie nunmehr aus [Fig. 10](#) hervorgeht, beginnt die Steuerung des unabhängigen Betriebs mit Abgabe einer Beurteilung, ob ein Stoppbefehl übertragen wurde oder nicht (Schritt **21**). Wenn der Starterschalter geöffnet ist, oder wenn ein Stoppschalter betätigt wird (also wenn die Abfrage in Schritt **21** positiv beantwortet wird), werden der Prozess der Unterbrechung der Ausgangssignale von der Batterieladevorrichtung **62**, den Wechselstrommodulen **5** und des Notfall-Wechselrichters **63** und der Prozess zur Unterbrechung der Arbeit des Bezugssignalgenerators **61** durchgeführt (Schritt **31**).

[0077] Es wird eine Beurteilung weitergeleitet in der Hinsicht, ob ein Ausgangsstrombefehl I_1 an die Wechselstrommodule **5** erneut werden sollte oder nicht (Schritt **22**). Ob der Ausgangsstrombefehl I_1 erneut werden soll oder nicht hängt von dem Zustand der Ladung oder Entladung der Batterie **65** ab, und hierbei gibt beispielsweise die Klemmenspannung der Batterie **65** einen Hinweis. Die Klemmenspannung der Batterie **65** wird innerhalb eines geeigneten Zeitraums überwacht (beispielsweise in Abständen von einigen Minuten).

[0078] Der Wert der Ausgangsstromführungsgröße I_1 wird aktualisiert (Schritt **23**), wenn die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** festgestellt hat, dass die Führungsgröße I_1 aktualisiert werden sollte (also wenn bei der in Schritt **22** erfolgenden Abfrage eine bejahende Antwort erfolgt). Ein Korrekturfaktor α wird auf 1,0 eingestellt (Schritt **24**). Eine Stromführungsgröße I_p ($= \alpha \times I_1$) wird an einen Stromführungsgrößenport übertragen (Schritt **25**). Das Signal SC wird auf Grundlage der Stromführungsgröße I_p entwickelt, und an die Wechselstrommodule **5** übertragen, in welchen das Stromsteuersignal S14 auf Grundlage des Signals SC entwickelt wird.

[0079] Der Ausgangsstrom I_0 der Wechselstrommodule **5** wird gemessen (Schritt **26**), und mit der Ausgangsstromführungsgröße I_1 verglichen (Schritt **27**). Die Prozeduren der Schritte **21** bis **27** werden wiederholt, wenn der Ausgangsstrom I_0 kleiner ist als die Ausgangsstromführungsgröße I_1 (also wenn bei der in Schritt **27** erfolgenden Abfrage eine verneinende Antwort vorhanden ist). Wenn der Ausgangsstrom I_0 größer ist als die Ausgangsstromführungsgröße I_1 (also die Abfrage in Schritt **27** bejahend beantwortet wird), wird der Korrekturfaktor α dadurch verkleinert, dass er mit einem Faktor d multipliziert wird, der kleiner ist als 1 (Schritt **28**). Der Faktor d kann einen festen Wert aufweisen. Alternativ können Werte für den Faktor d entsprechend den verschiedenen Klemmenspannungen der Batterie **65** vorher tabelliert werden. Die Prozedur des Schritts **28** wird bei dem Zustand wiederholt, bei welchem der Korrekturfaktor α nicht einen Minimalwert aufweist (Schritt **29**).

[0080] Wenn der Korrekturfaktor α kleiner wird als der Minimalwert (also wenn die in Schritt **29** erfolgende Abfrage bejahend beantwortet wird), so wird festgestellt, dass die Einstellung des Ausgangsstroms I_0 unmöglich ist, und werden Prozeduren durchgeführt, um mit einer anormalen Situation fertig zu werden (Schritt **30**), so dass die Ausgangssignale von der Batterieladevorrichtung **62**, den Wechselstrommodulen **5** und dem Notfall-Wechselrichter **63** unterbrochen werden, der Betrieb des Bezugssignalgenerators **61** ebenfalls unterbrochen wird, und eine Alarmleuchte eingeschaltet wird.

[0081] Daher wird der Ausgangsstrom der Wechsel-

strommodule **5** in Abhängigkeit von der Klemmenspannung der Batterie **65** eingestellt, so dass der Ladestrom absinken kann, im Verlauf der Aufladung der Batterie **65**.

[0082] Selbst wenn bei einigen der Solarzellenmodule PVM eine Störung auftritt, kann der Betrieb der betreffenden Wechselstrommodule **5** unterbrochen werden, und kann das Gleichgewicht zwischen den äußeren Leitern R und T durch Betätigung der Jumper-Schaltung **62** aufrechterhalten werden, so dass die übrigen Solarzellenmodule PVM weiter arbeiten können. Jedes der Solarzellenmodule PVM arbeitet unabhängig. Selbst wenn ein unterschiedlicher Zustand der Energieerzeugung zwischen ihnen auftritt, können eine maximale Ausgangsleistung und ein hoher Wandlungswirkungsgrad hierdurch erzielt werden.

[0083] Wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen **5** und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen wird, sind die Wechselstrommodule **5** dazu ausgebildet, dass sie unabhängig arbeiten können, so dass elektrische Energie, die von den Solarzellenmodulen PVM erzeugt wird, effizient genutzt werden kann. Die Batterie **65** wird durch das Ausgangssignal von den Wechselstrommodulen **5** geladen. Netzstromversorgungsenergie wird von dem Notfall-Wechselrichter **63** geliefert, der durch die Batterie **65** versorgt wird. Daher wird die Zufuhr elektrischer Energie stabilisiert. Die Wechselstrommodule **5** und die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** können als eine Notfall-Energieversorgungsquelle für elektrische Haushaltsgeräte verwendet werden.

[0084] Anstelle der Schnittstelle RS485, die dazu verwendet wird, in zwei Richtungen das Signal SC zwischen der Schutzvorrichtung **4**, den Wechselstrommodulen **5** und der unabhängigen Betriebssteuervorrichtung **6** abzugeben und zu empfangen, ist es ebenfalls möglich, eine andere Schnittstelle als RS485 einzusetzen, beispielsweise RS422 oder RS232C, oder ein Analogsignal auszugeben und zu empfangen. Anstelle der Jumper-Schaltung **42** ist es ebenfalls möglich, einen Umschalter einzusetzen. Im Normalfall, bei welchem die Wechselstrommodule **5** in Verbindung mit dem Netzstromversorgungssystem stehen, kann bei der Batterie **65** eine Erhaltungsladung durchgeführt werden. Die unabhängige Betriebssteuervorrichtung **6** kann eine Auswahl zwischen einem automatischen Start und einem Handstart ermöglichen, wenn Verbindungen in dem System unterbrochen werden. Falls ein Handstart ausgewählt wird, kann die Tatsache, dass eine Verbindung in dem System unterbrochen ist, mit Hilfe einer Signalleuchte oder einer Alarmvorrichtung zur Kenntnis gebracht werden.

[0085] Es können Änderungen in Bezug auf die Ausgangsspannung der Solarzellenmodule PVM, die

Anzahl der Wechselstrommodule **5**, die Konstruktion der Wechselrichtereinheit VTU, der Schutzvorrichtung **4** und der unabhängigen Betriebssteuervorrichtung **6** vorgenommen werden, in Bezug auf die Art und Weise der Kommunikation zwischen ihnen, in Bezug auf die Konstruktion und Abfolge des Betriebs des Stromversorgungssystems **1**, und diese Abänderungen können jene Maßnahmen ersetzen, die hier dargestellt und beschrieben wurden, ohne von der Erfindung abzuweichen, wie sie in den Patentansprüchen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Stromversorgungssystem (**1**) mit Systemzusammenschaltung, bei welchem vorgesehen sind: Wechselstrommodule (**5**), die jeweils ein Solarzellenmodul (PVM) und eine Wechselrichtereinheit (VTU) enthalten, die zur Ausgabe von Einphasen-Wechselstrom ausgebildet ist, und an eine Einphasen-Dreileiter-Verteilungsleitung (**3a**) angeschlossen ist, die einen Neutralleiter (N) und einen ersten (R) und einen zweiten (T) äußeren Leiter aufweist;

dadurch gekennzeichnet, dass:

mehrere Wechselstrommodule (**5a**, **5c**) an den ersten äußeren Leiter (R) angeschlossen sind, und mehrere Wechselstrommodule (**5b**, **5d**) an den zweiten äußeren Leiter (T) angeschlossen sind;

jedes der Wechselstrommodule (**5a**, **5b**, **5c**, **5d**) zumindest drei Verbindungs-Polschuhe (R, N, T) aufweist, um die Wechselrichtereinheit (VTU) mit dem ersten äußeren Leiter (R) oder dem zweiten äußeren Leiter (T) zu verbinden;

benachbarte Wechselstrommodule (**5**) durch Verbindungskabel (**50**, **52**, **53**) zusammengeschaltet sind, die an die Verbindungs-Polschuhe angeschlossen sind; und

jedes der Wechselstrommodule (**5**) eine Umschaltvorrichtung (**42**, **44**) aufweist, um eine Umschaltung der Verbindung zwischen der Wechselrichtereinheit (VTU) und den zumindest drei Verbindungs-Polschuhendurchzuführen, um es der Wechselrichtereinheit (VTU) zu ermöglichen, selektiv an den ersten äußeren Leiter (R) oder den zweiten äußeren Leiter (T) angeschlossen zu sein.

2. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1, welches weiterhin aufweist:

eine unabhängige Betriebsteuereinrichtung (**6**) zum unabhängigen Betreiben zumindest eines Wechselstrommoduls (**5**), wenn die Verbindung zwischen zumindest einem anderen Wechselstrommodul (**5**) und einem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist.

3. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass: sämtliche Wechselstrommodule (**5**) die gleiche Nennleistung aufweisen; und die Anzahl an Wechselstrommodulen (**5a**, **5c**), die an

den ersten äußeren Leiter (R) angeschlossen sind, gleich der Anzahl an Wechselstrommodulen (**5b**, **5d**) ist, die an den zweiten äußeren Leiter (T) angeschlossen sind.

4. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1, bei welchem jedes der Wechselstrommodule (**5**) zwei Gruppen aus den zumindest drei Verbindungs-Polschuhen (R, N, T) aufweist, sodass eine der beiden Gruppen parallel zur anderen geschaltet ist.

5. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1 oder 4, bei welchem jedes der Wechselstrommodule (**5**) einen oder zwei ortsfeste Verbinder (**41a**, **41b**, **45**) aufweist, auf denen jeweils eine Gruppe der zumindest drei Verbindungs-Polschuhe vorgesehen ist.

6. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1 oder 4, bei welchem jedes der Wechselstrommodule (**5**) einen Anschlussblock (**43**) aufweist, auf welchem die zumindest drei Verbindungs-Polschuhe vorgesehen sind.

7. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass:

jedes der Wechselstrommodule (**5**) zumindest zwei ortsfeste Verbinder (**41a**, **41b**) aufweist, auf denen jeweils zumindest drei Verbindungs-Polschuhe vorgesehen sind, um zu ermöglichen, dass die Wechselrichtereinheit (VTU) an den ersten äußeren Leiter (R) oder den zweiten äußeren Leiter (T) angeschlossen werden kann;

die auf einem ortsfesten Verbinder vorgesehenen Verbindungs-Polschuhe parallel zu den entsprechenden Verbindungs-Polschuhen geschaltet sind, die auf dem anderen ortsfesten Verbinder vorgesehen sind; benachbarte Wechselstrommodule (**5**) miteinander über ein Verbindungskabel (**50**) verbunden sind, Verbinder (**51a**, **51b**) an jedem Ende des Verbindungskabels (**50**) vorgesehen sind, und jeder der Verbinder (**51a**, **51b**) mit Verbindungs-Polschuhen versehen ist, um an die entsprechenden Verbindungs-Polschuhe angeschlossen zu werden, die auf den ortsfesten Verbindern (**41a**, **41b**) vorgesehen sind; und ein Verbinder (**51a**), der an einem Ende eines Verbinderkabels (**55**) vorgesehen ist, an ein Wechselstrommodul (**5**) angeschlossen ist, dass das erste in einer Reihe der Wechselstrommodule (**5**) ist, die miteinander verbunden sind, und das andere Ende des Verbindungskabels (**55**) an die Verteilerleitung (**3a**) angeschlossen ist.

8. Stromversorgungssystem nach Anspruch 2, bei welchem die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (**6**) aufweist:

einen Bezugssignalgenerator (**61**), der ein Signal an die Wechselstrommodule (**5**) überträgt, wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist, wobei das Signal dieselbe Spannung und Frequenz

aufweist wie ein Strom, der durch das Netzstromversorgungssystem geflossen ist; und eine allgemeine Steuereinheit (**64**), die ein Befehlssignal an die Wechselstrommodule (**5**) überträgt, um die Ausgangsspannung oder den Ausgangsstrom zu steuern, die bzw. der von den Wechselstrommodulen geliefert wird.

9. Stromversorgungssystem nach Anspruch 8, bei welchem die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (**6**) weiterhin aufweist:

einen Akkumulator (**65**); und ein Batterieladegerät (**62**), das an die Verteilerleitung angeschlossen ist, um den Akkumulator zumindest dann zu laden, wenn die Verbindung zwischen den Wechselstrommodulen und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist.

10. Stromversorgungssystem nach Anspruch 9, bei welchem die allgemeine Steuereinheit (**64**) einen Ausgangsstrom der Wechselstrommodule (**5**) erfasst, damit die an das Batterieladegerät angelegte Eingangsspannung gut innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereiches liegt.

11. Stromversorgungssystem nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem die allgemeine Steuereinheit (**64**) einen Ladestrom erfasst, der an den Akkumulator (**65**) geliefert wird, und ein anderes Befehlssignal entwickelt, damit der Ladestrom gut innerhalb eines geeigneten Toleranzbereiches liegt.

12. Stromversorgungssystem nach Ansprüche 9 bis 11, bei welchem die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (**6**) weiterhin einen zweiten Wechselrichter (**63**) aufweist, für welchen der Akkumulator als Stromquelle dient.

13. Stromversorgungssystem nach Anspruch 5, bei welchem die auf einem ortsfesten Verbinder vorgesehenen Verbindungs-Polschuhe parallel zu den entsprechenden Verbindungs-Polschuhen geschaltet sind, die auf dem anderen ortsfesten Verbinder vorgesehen sind.

14. Stromversorgungssystem nach Anspruch 1, welches weiterhin aufweist:

eine unabhängige Betriebssteuereinrichtung (**6**), die in dem Stromversorgungssystem eingesetzt wird, und eine Wechselrichtereinheit (VTU) und ein Netzstromversorgungssystem verbindet, wenn die Verbindung zwischen der Wechselrichtereinheit (VTU) und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist, sodass die Wechselrichtereinheit (VTU) unabhängig betrieben werden kann, wobei die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (**6**) einen Bezugssignalgenerator (**61**) aufweist, der ein Signal an die Wechselrichtereinheit (VTU) überträgt, wenn die Verbindung zwischen der Wechselrichtereinheit (VTU) und dem Netzstromversorgungssystem

tem unterbrochen ist, wobei das Signal dieselbe Spannung und Frequenz aufweist, wie ein Strom, der durch das Netzstromversorgungssystem geflossen ist; und

die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (6) eine allgemeine Steuereinheit (64) aufweist, die ein Befehlssignal an die Wechselrichtereinheit (VTU) überträgt, um die Ausgangsspannung oder den Ausgangsstrom zu steuern, die bzw. der von der Wechselrichtereinheit (VTU) geliefert wird.

15. Stromversorgungssystem nach Anspruch 14, bei welchem die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (5) aufweist:

einen Akkumulator (65); und

ein Batterieladegerät (62), das an die Verteilerleitung angeschlossen ist, um den Akkumulator zumindest dann zu laden, wenn die Verbindung zwischen der Wechselrichtereinheit (VTU) und dem Netzstromversorgungssystem unterbrochen ist.

16. Stromversorgungssystem nach Anspruch 15, bei welchem die allgemeine Steuereinheit (64) einen Eingangsstrom und eine Eingangsspannung erfasst, die an das Batterieladegerät angelegt werden, wobei das Befehlssignal übertragen wird, um den Ausgangsstrom der Wechselrichtereinheit (VTU) so zu steuern, dass die an das Batterieladegerät angelegte Eingangsspannung gut innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt.

17. Stromversorgungssystem nach Anspruch 15, bei welchem die allgemeine Steuereinheit (64) einen dem Akkumulator zugeführten Ladestrom erfasst, und ein anderes Befehlssignal entwickelt, damit der Ladestrom gut innerhalb eines ordnungsgemäßen Toleranzbereiches liegt.

18. Stromversorgungssystem nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei welchem die unabhängige Betriebssteuereinrichtung (6) weiterhin einen zweiten Wechselrichter (63) aufweist, für welchen der Akkumulator (65) als eine Stromquelle dient.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

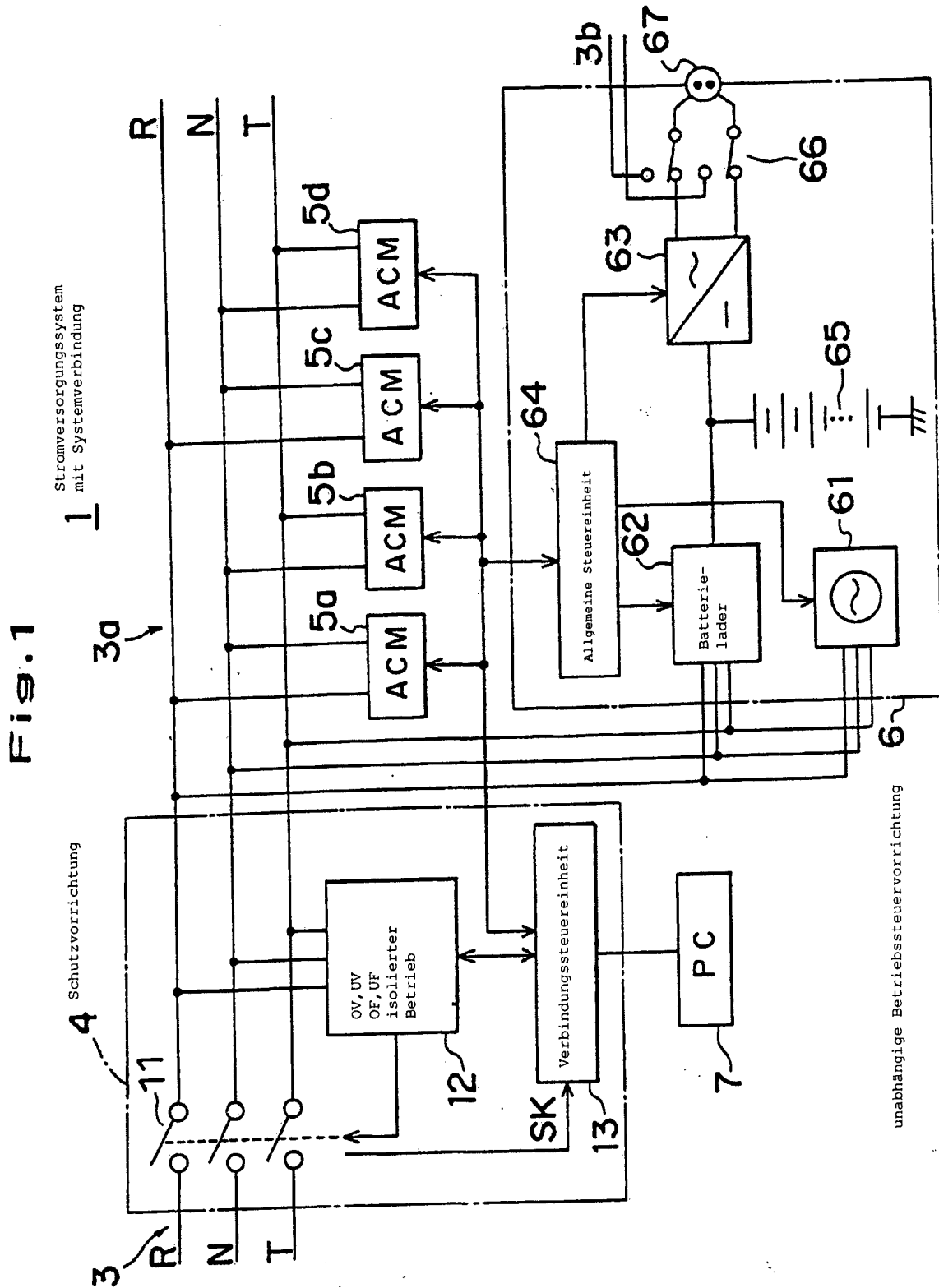


Fig. 2

5 Wechselstrommodul

VTU Wechselrichtereinheit

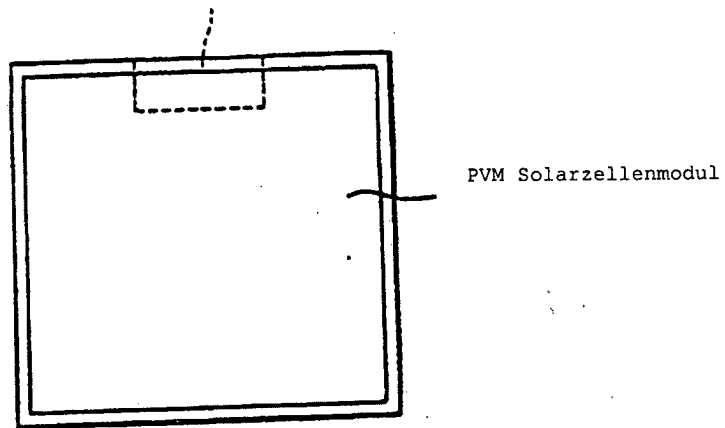


Fig. 3

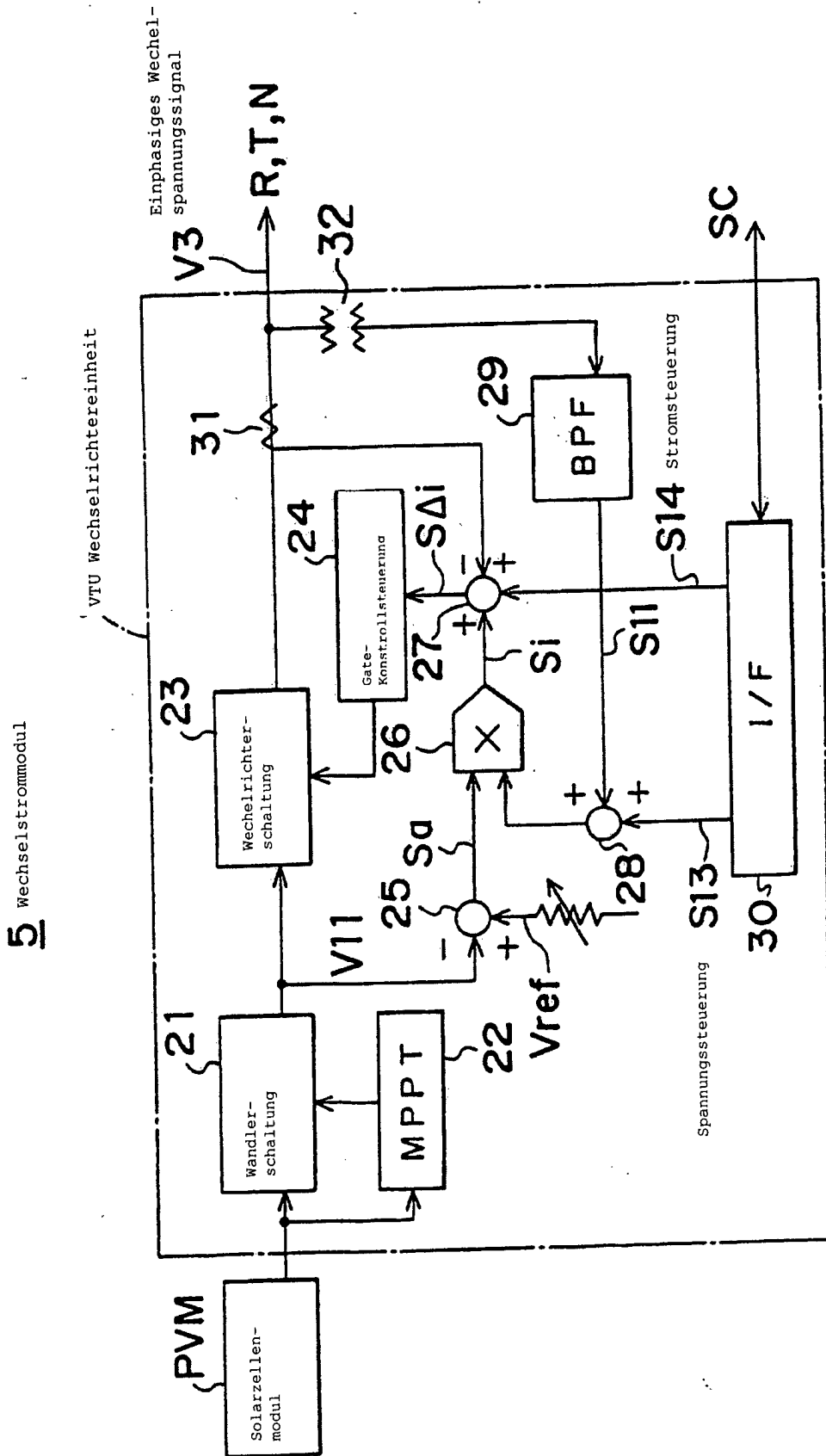


Fig. 4

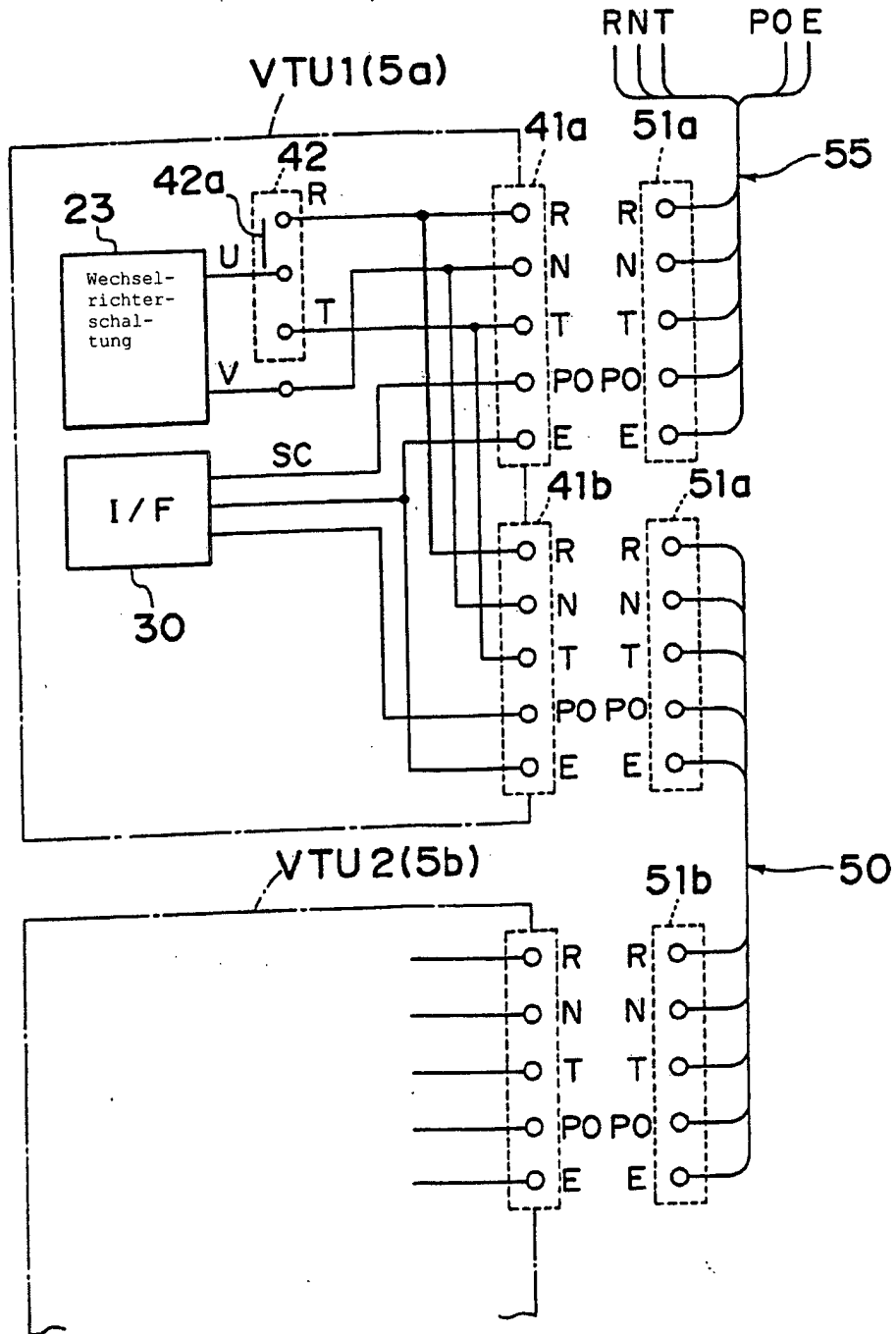


Fig. 5

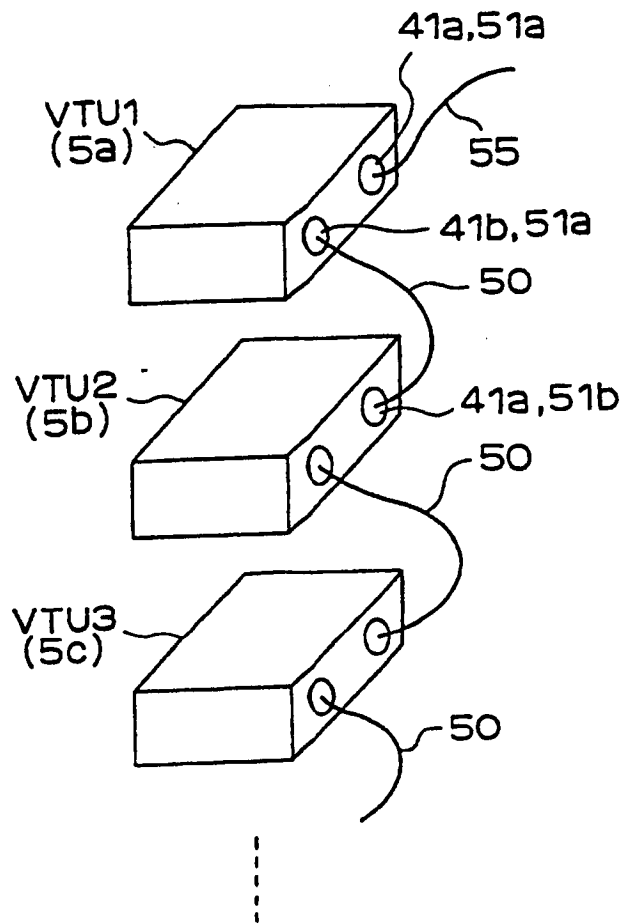


Fig. 6 (A)

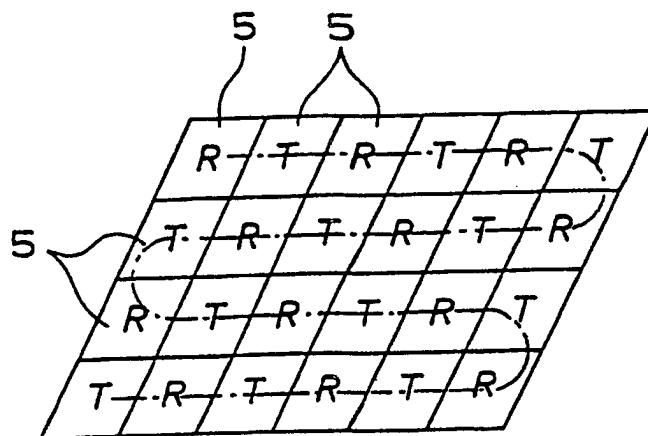


Fig. 6 (B)

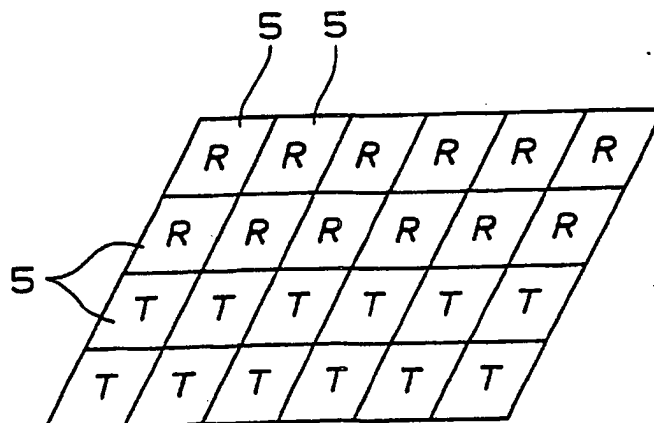


Fig. 7

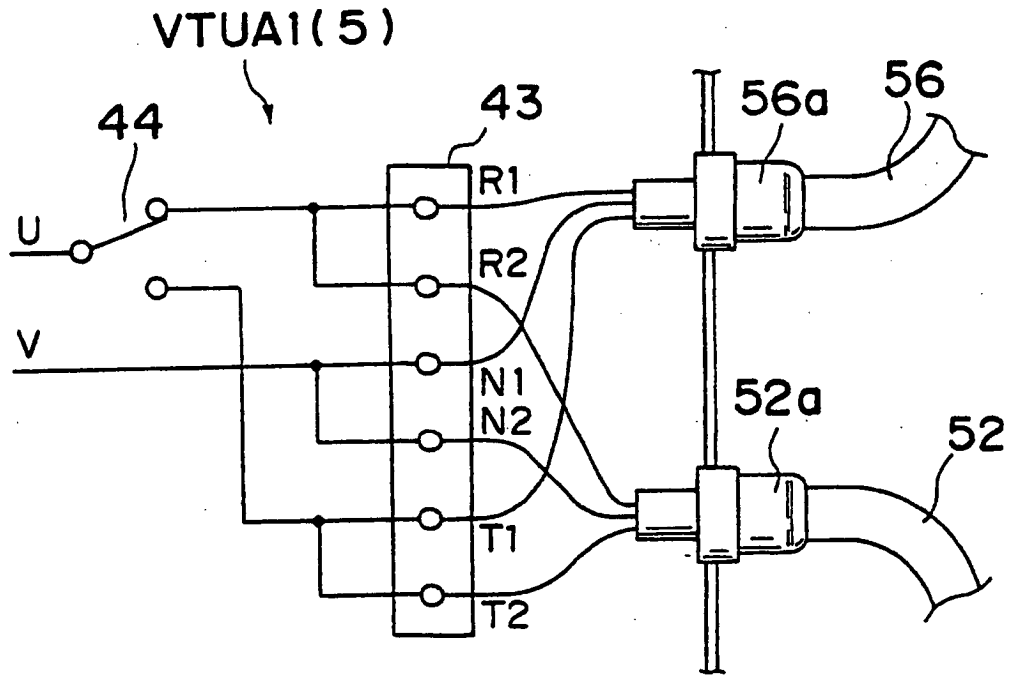


Fig. 8

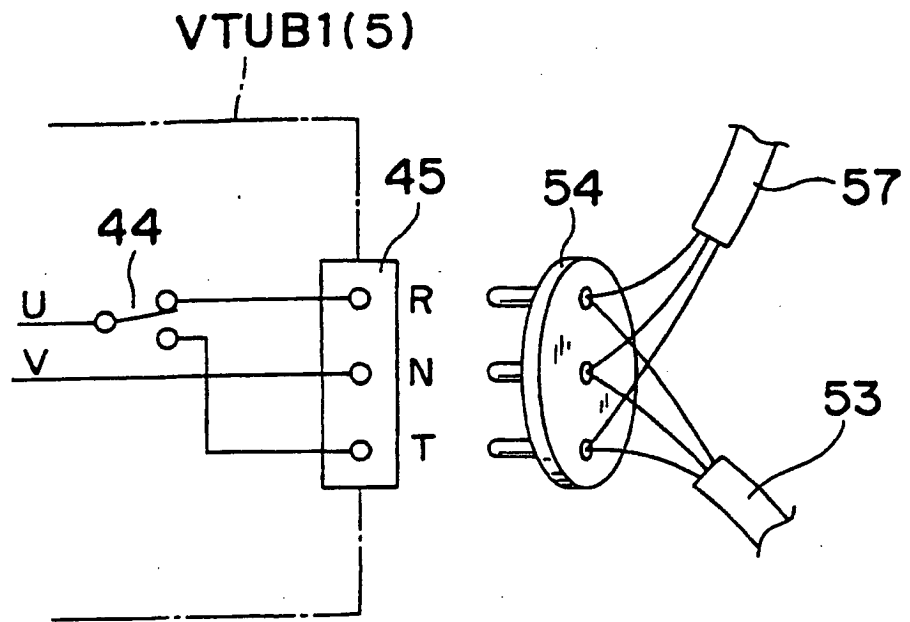


Fig. 9

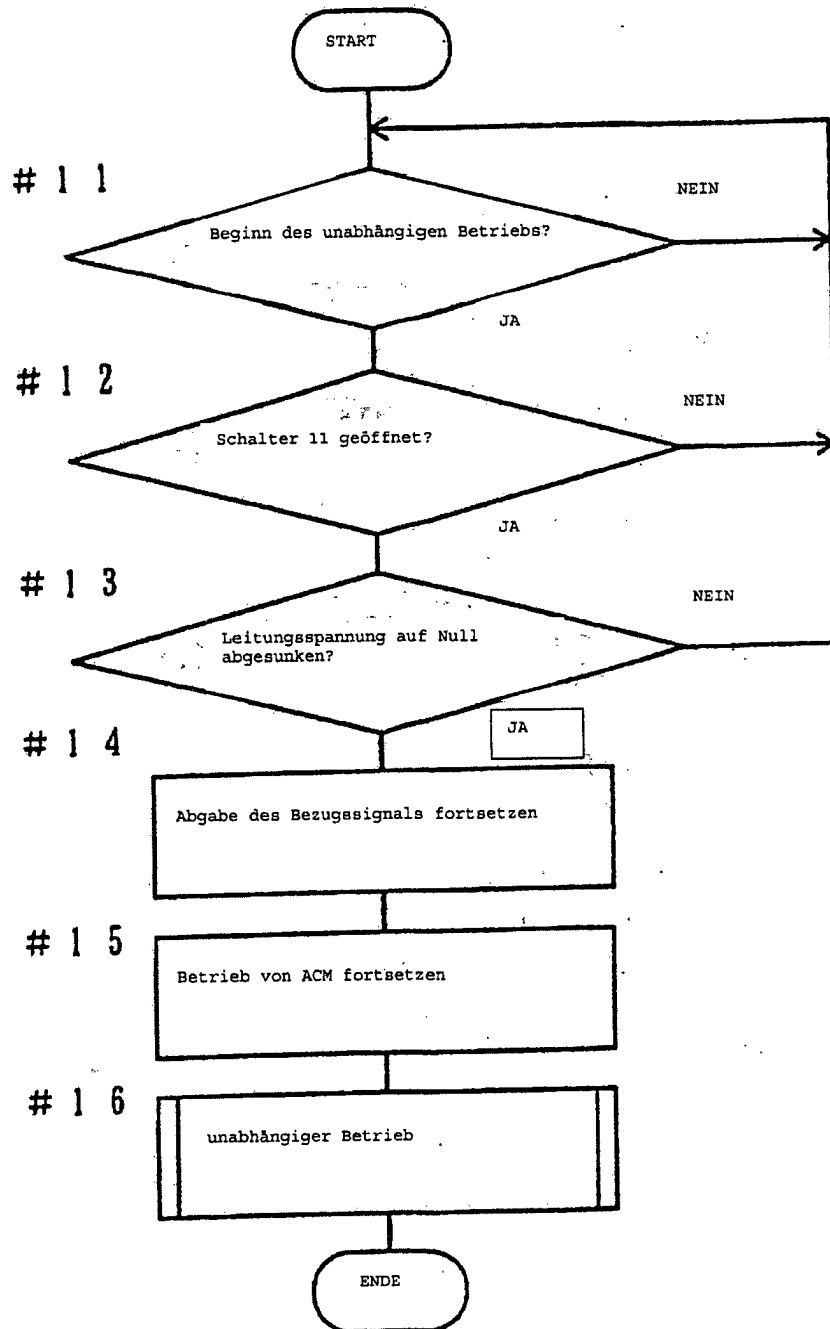


Fig.10

