



(10) **DE 20 2010 006 020 U1** 2011.10.20

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2010 006 020.6**

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

(22) Anmeldetag: **22.04.2010**

(47) Eintragungstag: **29.08.2011**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **20.10.2011**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**voltwerk electronics GmbH, 20537, Hamburg, DE**

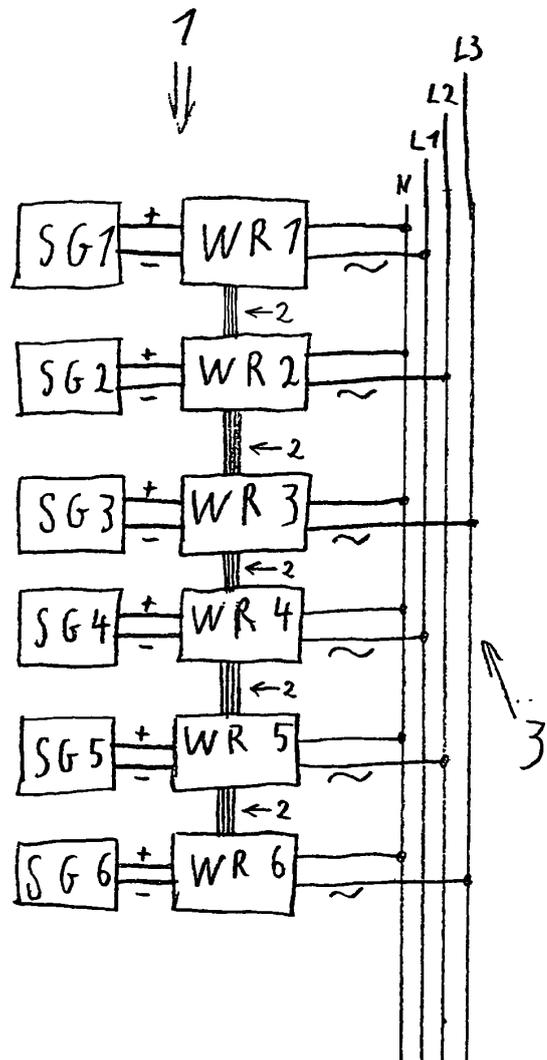
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Eisenführ, Speiser & Partner, 28217, Bremen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einspeisevorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz, umfassend mehrere insbesondere einphasige Wechselrichter (WR1–WR6), wobei die Vorrichtung so vorbereitet ist, dass

- jeweils einer der Wechselrichter (WR1–WR6) eine elektrische Leistung in jeweils eine Phase einspeist,
- die eingespeiste oder einzuspeisende Leistung einer ersten Phase durch den bzw. die Wechselrichter (WR1–WR6) reduziert wird, wenn diese Leistung der ersten Phase die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung einer dritten Phase um mehr als einen ersten vorbestimmten Wert überschreitet und/oder
- die eingespeiste oder einzuspeisende Leistung einer zweiten Phase durch den bzw. die Wechselrichter (WR1–WR6) reduziert wird, wenn diese Leistung der zweiten Phase die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung der dritten Phase um mehr als den ersten vorbestimmten Wert überschreitet.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz mit mehreren, einphasigen Wechselrichtern sowie ein entsprechendes Verfahren. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Solarsystem zum Erzeugen elektrischer Energie aus Sonneneinstrahlung und zum Einspeisen elektrischer aus Sonneneinstrahlung erzeugter Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz mit Hilfe mehrerer einphasiger Wechselrichter.

**[0002]** Systeme zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz sind allgemein bekannt. Unter bestimmten Voraussetzungen, wenn beispielsweise mehrere kleinere Quellen elektrischer Energie vorhanden sind, werden zum Einspeisen in das dreiphasige Wechselspannungsnetz mehrere einphasige Wechselrichter verwendet. Jeder einphasige Wechselrichter kann dabei mit einer elektrischen Stromquelle wie beispielsweise einem Solargenerator verbunden sein und speist elektrische Energie dieser Quelle in eine Phase des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes ein. Andere einphasige Wechselrichter dieses Systems speisen andere bzw. in andere Phasen ein. Hierdurch wird im Wesentlichen gleichmäßig in die drei Phasen eingespeist. Dies setzt voraus, dass die hierfür vorhandenen einphasigen Wechselrichter im Wesentlichen gleichmäßig auf die drei Phasen verteilt sind, und dass eine entsprechende Anzahl einphasiger Wechselrichter vorhanden ist.

**[0003]** Es kommt vor, dass eine oder mehrere dieser Bedingungen zum symmetrischen Einspeisen kurzzeitig oder dauerhaft nicht gegeben sind. Beispielsweise kann einer der einphasigen Wechselrichter ausfallen. In diesem Fall kann nicht mehr von einer insgesamt symmetrischen Einspeisung gesprochen werden, sondern diese Situation wird als Schiefast bezeichnet. Eine Schiefast wird bis zu einem gewissen Grad seitens des Netzbetreibers toleriert. So wird beispielsweise eine maximale Differenz der eingespeisten Leistung zwischen den Phasen von 5 kW toleriert. Eine solche maximale Asymmetrie wird auch als Schiefastbedingung bezeichnet.

**[0004]** Es ist bekannt, dass Systeme, die mittels mehrerer einphasiger Wechselrichter in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz einspeisen, eine solche Schiefastbedingung nicht überschreiten dürfen. Entsprechend wird bei solchen Systemen beim Einspeisen überwacht, ob diese Schiefastbedingung eingehalten wird. Ist das nicht der Fall, ist das System abzuschalten. Ein solches Abschalten ist unerwünscht, weil die zum Einspeisen zur Verfügung stehende Energie – beispielsweise durch einen Solargenerator bei entsprechender Sonneneinstrahlung erzeugt – nicht eingespeist werden kann. Um die Sym-

metrie des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes aber nicht über Gebühr zu beeinträchtigen, wird dieser Nachteil in Kauf genommen, in der Annahme, dass die der zu großen Schiefast zugrunde liegende Ursache bald behoben wird. Eine solche zu große Schiefastbedingung sollte daher so selten und so kurz wie möglich auftreten.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es somit, wenigstens eines der geschilderten Probleme zu beheben oder zumindest zu minimieren. Insbesondere sollte eine Lösung vorgeschlagen werden, die ein unnötiges Abschalten vermeidet. Zumindest soll eine alternative Lösung zu dem bisher bekannten vorgeschlagen werden.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung nach Anspruch 1 vorgeschlagen.

**[0007]** Somit wird eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz vorgeschlagen, die mehrere, einphasige Wechselrichter umfasst. Die Vorrichtung zum Einspeisen ist dazu vorbereitet, dass jeweils einer der Wechselrichter eine elektrische Leistung in jeweils eine Phase einspeist. Es können auch für jeweils eine Phase mehrere Wechselrichter vorgesehen sein. Zumindest ist ein Wechselrichter pro Phase vorgesehen. Unter dem Einspeisen einer elektrischen Leistung in eine Phase des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes ist zu verstehen, dass das dreiphasige Wechselspannungsnetz zumindest drei Leitungen zum Führen jeweils einer Phase aufweist, wobei die Phasen und die entsprechenden Leitungen beispielsweise mit L1, L2 und L3 bezeichnet werden können. Ein einphasiger Wechselrichter speist somit elektrischen Strom unter der entsprechenden Leitungsspannung in eine der drei Leitungen L1, L2 oder L3 ein. Unter der Phase der eingespeisten Leistung ist entsprechend die Zuordnung zu einer der drei Phasen bzw. Leitungen L1, L2 oder L3 zu verstehen. Unter einer Phasenlage der eingespeisten Leistung ist die Phase der zugehörigen Netzphase zu verstehen, in die entsprechender der Strom eingespeist wird.

**[0008]** Es wird nun vorgeschlagen, dass die eingespeiste oder einzuspeisende Leistung einer ersten Phase durch den bzw. durch die Wechselrichter – wenn zum Einspeisen einer Leistung einer Phase mehrere Wechselrichter verwendet werden – reduziert wird, wenn diese Leistung dieser ersten Phase die eingespeiste Leistung einer dritten Phase um mehr als einen vorbestimmten Wert überschreitet. Überschreitet die eingespeiste Leistung einer zweiten Phase auch die Leistung der dritten Phase um mehr als den ersten vorbestimmten Wert, so wird auch diese eingespeiste Leistung der zweiten Phase reduziert.

**[0009]** Dieser erste vorbestimmte Wert kann durch eine Schiefastbedingung vorgegeben sein und beispielsweise 5 kW betragen. Überschreitet also die eingespeiste Leistung einer der drei Phasen die eingespeiste Leistung wenigstens einer der übrigen beiden Phasen um diesen vorbestimmten Wert – im genannten Beispiel 5 kW – erfolgt eine Reduzierung der besagten größeren Leistung. Nach der Reduzierung weichen diese Leistungen somit nicht mehr um mehr als diesen ersten vorbestimmten Wert voneinander ab. Vorzugsweise entspricht dieser erste vorbestimmte Wert der jeweiligen Schiefastbedingung und durch das Reduzieren wird diese Schiefastbedingung eingehalten.

**[0010]** Die Reduzierung kann auch derart erfolgen, dass nicht erst ein Überschreiten um mehr als diesen ersten vorbestimmten Wert abgewartet wird, sondern so, dass jeder Wechselrichter bereits unmittelbar vorm Einspeisen einen Wert der Leistung angibt, die eingespeist werden soll. So kann beispielsweise die zur Einspeisung dem Wechselrichter zur Verfügung gestellte Leistung erfasst und entsprechend die zur Einspeisung durch diesen Wechselrichter vorgegebene Leistung abgeschätzt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die zur Verfügung stehende Leistung durch eine Strommessung zu erfassen.

**[0011]** Der erste vorbestimmte Wert kann auch etwas kleiner als die Schiefastbedingung gewählt werden. Eine Reduzierung beginnt dann beim Überschreiten um mehr als diesen ersten vorbestimmten Wert, wobei die Grenze der Schiefastbedingung gerade noch nicht überschritten ist.

**[0012]** Durch diese Vorgehensweise wird erreicht, dass im Falle des Überschreitens einer Schiefastbedingung oder wenn ein solches Überschreiten der Schiefastbedingung bevorsteht, ein Abschalten der gesamten Vorrichtung wie beispielsweise einer Solaranlage mit diversen Wechselrichtern vermieden wird. Es wird vielmehr vorgeschlagen, im Falle des Abfallens der Leistung einer Phase die Leistungen der übrigen Phasen nur so weit zu reduzieren, dass die besagte Schiefastbedingung für die Gesamtheit der betroffenen Wechselrichter eingehalten wird. In diesem Fall erfolgt zwar auch eine Reduzierung der einzuspeisenden Leistung, so dass eine Einbuße der Einspeisung akzeptiert wird, ein vollständiges Abschalten der gesamten Vorrichtung kann aber vermieden werden.

**[0013]** Grundsätzlich ist es auch möglich, hierdurch einer Schiefast in dem dreiphasigen Wechselspannungsnetz entgegenzuwirken. Hierzu müsste entsprechend der vorbestimmte Wert nach den Verhältnissen der Schiefast im Wechselspannungsnetz ausgewählt werden. Das könnte auch bedeuten, dass dieser Wert negativ gewählt wird.

**[0014]** Die vorgeschlagene Lösung führt im Grunde dazu, dass die eingespeiste Leistung einer Phase abhängig der eingespeisten Leistung der anderen Phasen begrenzt wird.

**[0015]** Eine Schiefastbedingung kann beispielsweise durch den Ausfall eines einphasigen Wechselrichters hervorgerufen werden. Wenn für eine Phase nur ein Wechselrichter überhaupt vorhanden ist und dieser ausfällt, so speisen die übrigen Wechselrichter in ihre Phasen entsprechend nur mit der Amplitude des vorbestimmten Wertes ein.

**[0016]** Wird in jede Phase jeweils mit mehreren Wechselrichtern eingespeist und fällt einer dieser Wechselrichter aus, so wird in die betreffende Phase weiterhin eingespeist, aber mit reduzierter Leistung. Entsprechend werden die eingespeisten Leistungen der übrigen Phasen so reduziert, dass die Schiefastbedingung eingehalten werden kann. Bei Verwendung mehrerer Wechselrichter pro Phase erfolgt die Leistungsreduzierung vorzugsweise für die Wechselrichter dieser Phase gleichmäßig.

**[0017]** Insoweit nachfolgend von eingespeister Leistung gesprochen wird, bezieht dies grundsätzlich auch immer den Fall der einzuspeisenden Leistung mit ein, soweit sich nichts anderes ergibt.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung führt die beschriebenen Verfahrensschritte beispielsweise mit Hilfe eines Prozessrechners, Mikrocomputers oder Mikroprozessors oder dergleichen bzw. mit Hilfe mehrerer solcher Komponenten aus. Mit anderen Worten zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, dass die beschriebenen Verfahrensschritte vorprogrammiert sind.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die Reduzierung der eingespeisten Leistung der ersten Phase und/oder der zweiten Phase so durchgeführt wird, dass die betreffende reduzierte Leistung die Leistung der dritten Phase um nicht mehr als einen zweiten vorbestimmten Wert übersteigt, wobei der zweite vorbestimmte Wert dem ersten vorbestimmten Wert entspricht oder kleiner als dieser ist. Wenn der zweite vorbestimmte Wert kleiner als der erste vorbestimmte Wert ist, kann ein Unempfindlichkeitsbereich erzielt werden.

**[0020]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die in jede Phase eingespeiste oder einzuspeisende Leistung erfasst. Als weiteres wird für jede Leistung einer Phase, die die Leistung einer anderen Phase um mehr als den ersten vorbestimmten Wert überschreitet, jeweils festgestellt, um welchen Wert diese Leistung über den ersten vorbestimmten Wert hinaus überschritten wird. Dieser überschreitende Wert wird zu der erfassten Leistung der betreffenden Phase ins Verhältnis gesetzt und ein entspre-

chender Verhältniswert bestimmt. Die eingespeiste Leistung der betreffenden Phase wird dann in dem Verhältnis reduziert wie durch den Verhältniswert angegeben wird.

**[0021]** Beträgt beispielsweise die einzuspeisende Leistung der ersten Phase 20 kW, die eingespeiste Leistung der dritten Phase 13 kW und der erste vorbestimmte Wert 5 kW, so überschreitet die einzuspeisende Leistung der ersten Phase die eingespeiste Leistung der dritten Phase um 7 kW. Die einzuspeisende Leistung der ersten Phase liegt damit um 2 kW über den vorbestimmten 5 kW über den 13 kW der eingespeisten Leistung der dritten Phase. Diese 2 kW im Verhältnis zur einzuspeisenden Leistung von 20 kW ergeben somit einen Verhältniswert von 0,1 der auch als prozentualer Wert von 10% ausgedrückt werden kann. Die einzuspeisende Leistung der ersten Phase wird somit dann um 0,1 also 10% reduziert, nämlich auf 18 kW.

**[0022]** Eine weitere Ausführungsform schlägt vor, dass die eingespeisten bzw. einzuspeisenden Leistungen sich aus Teilleistungen zusammensetzen. Die Leistung jeder Phase setzt sich somit aus Teilleistungen zusammen. Grundsätzlich kommt auch in Betracht, dass sich nur die Leistung einer oder die Leistungen zweier Phasen jeweils zusammensetzt, worauf hier nur der Vollständigkeit halber hingewiesen wird. Jede Teilleistung wird jeweils durch einen einphasigen Wechselrichter bereitgestellt und in das Wechselspannungsnetz eingespeist. Dieses Einspeisen in das Wechselspannungsnetz kann dabei so vorgesehen sein, dass die Teilleistungen jeder Phase zunächst überlagert und dann gemeinsam, also mittels eines gemeinsamen Stromes, in die jeweilige Phase des Wechselspannungsnetzes eingespeist werden, um nur ein Beispiel der Umsetzung zu erwähnen. Jeder Wechselrichter erfasst zu der Teilleistung, die er einspeist, die Phasenlage, um hierdurch seine Teilleistung einer der drei Phasen des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes zuzuordnen. Jeder Wechselrichter ist mit einer Zentralsteuereinheit verbunden, um den Wert der eingespeisten bzw. einzuspeisenden Leistung an diese Zentralsteuereinheit zu übergeben. Die Zuordnung zu der jeweiligen Phase kann dabei mit übergeben werden. Somit kann und wird in der zentralen Steuereinheit die Leistung jeder Phase als Summe der Teilleistungen jeder Phase bestimmt. Wird eine Leistungsreduzierung nötig, kann jeder einphasige Wechselrichter der betroffenen Phase seine Teilleistung um den entsprechenden Verhältniswert für diese Phase reduzieren. Die Verbindung zur zentralen Steuereinheit kann kabellos oder kabelgebunden beispielsweise über ein Datenbussystem erfolgen. Die zentrale Steuereinheit kann separat oder als Teil eines der Wechselrichter vorgesehen sein.

**[0023]** Somit kann auf einfache Weise die jeweilige eingespeiste bzw. einzuspeisende Gesamtleistung jeder Phase bestimmt werden und eine Leistungsreduzierung – soweit nötig – ist auf einfache Weise durchführbar.

**[0024]** Vorzugsweise definiert ein Referenzwechselrichter die Phasenlage der von ihm in das Netz eingespeisten Leistung als Referenzphasenlage und sendet ein Synchronisationssignal an die übrigen Wechselrichter. Wird ein Datenbussystem zur Verbindung der Wechselrichter verwendet und ist jedem Wechselrichter eine individuelle Adresse in diesem Datenbussystem zugeordnet, so kann beispielsweise der Wechselrichter mit der kleinsten Datenbusadresse als Referenzwechselrichter definiert werden. Das Synchronisationssignal kann beispielsweise einen positiven Nulldurchgang der Netzspannung der Netzphase, in die eingespeist wird bezeichnen und die übrigen Wechselrichter können anhand dessen die Phasenlage ihrer eingespeisten Leistung bestimmen und jeweils einer der drei Phasen zuordnen.

**[0025]** Hierdurch ist es möglich, die beschriebene Leistungsreduzierung auf einfache Art und Weise durchzuführen. Zwar muss beim Anschluss einer Vielzahl von einphasigen Wechselrichtern darauf geachtet werden, dass diese gleichmäßig verteilt an eine der drei Phasen des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes angeschlossen werden, gleichwohl benötigt die beschriebene Leistungserfassung und -reduzierung keine separate Information über einen zugrunde liegenden Anschlussplan. Vielmehr kann das System sogar einen fehlerhaften Anschluss erkennen, wenn nämlich alle Wechselrichter einschließlich der jeweils vorgeschalteten Energiequelle einwandfrei funktionieren und dennoch eine unerwartete Schiefast vorliegt. Die beschriebene Erfassung der eingespeisten bzw. einzuspeisenden Gesamtleistungen ermöglicht auch auf einfache Weise Wechselrichter in die Vorrichtung zu integrieren oder zu entfernen.

**[0026]** Günstig ist es, wenn die einphasigen Wechselrichter baulich voneinander getrennt angeordnet sind. Es können somit baulich getrennte Teilsysteme, wie beispielsweise ein Solargenerator mit einem Wechselrichter jeweils vorgesehen sein. Für die Koordination und vorgeschlagene Leistungsreduzierung ist eine Kommunikationsverbindung der Wechselrichter untereinander ausreichend.

**[0027]** Gemäß einer weiteren günstigen Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass die Vorrichtung ein Datenbussystem zum Verbinden der Wechselrichter mit einer bzw. der zentralen Steuereinheit aufweist. Optional ist dieses Datenbussystem zum Verbinden der Wechselrichter untereinander vorgesehen. Die Wechselrichter übertragen Informationen über die eingespeiste und/oder einzuspeisende Leistung an

die Zentralsteuereinheit bzw. untereinander. Die zentrale Steuereinheit berechnet wenigstens einen Wert zum Reduzieren einer Leistung einer der Phasen und überträgt diesen Wert, der vorzugsweise ein relativer oder prozentualer Wert ist, an den bzw. die betreffenden Wechselrichter, so dass der bzw. die betreffenden Wechselrichter ihre Teilleistung entsprechend diesem Wert reduzieren.

**[0028]** Somit kann auf einfache Weise eine Schiefastbedingung eingehalten werden, ohne dass es erforderlich wird, im Falle einer Überschreitung oder drohenden Überschreitung der Schiefastbedingung die gesamte Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in das dreiphasige Wechselspannungsnetz abzuschalten.

**[0029]** Weiterhin wird ein Solarsystem vorgeschlagen, das mehrere Solargeneratoren zum Erzeugen elektrischer Energie aus Sonneneinstrahlung aufweist, sowie eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz, wie oben beschrieben wurde. Jeder Solargenerator ist hierbei mit einem der einphasigen Wechselrichter verbunden, um von dem Solargenerator erzeugte elektrische Energie in jeweils eine Phase des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes einzuspeisen. Insbesondere für Solarsysteme ist es zweckmäßig, eine Aufteilung in mehrere Solargeneratoren vorzusehen, wobei jeder Solargenerator mit einem einphasigen Wechselrichter gekoppelt ist. Eine solche Solarvorrichtung umfasst somit eine Vielzahl von Teilsystemen mit einem Solargenerator und einem damit gekoppelten einphasigen Wechselrichter, der die von dem Solargenerator erzeugte elektrische Energie einphasig in das Wechselspannungsnetz einspeisen kann. Eine Vielzahl solcher Teilsysteme bildet eine Solarvorrichtung, die dreiphasig und im Wesentlichen symmetrisch in das dreiphasige Wechselspannungsnetz einspeisen kann. Die Kombination einer Vielzahl von Solargeneratoren vereinfacht sich dadurch und auch das Ergänzen oder gegebenenfalls Entfernen einzelner Solargeneratoren einschließlich des jeweiligen zugeordneten Wechselrichters vereinfacht sich ebenfalls. Etwas auftretende Schiefasten können ohne Abschaltung der gesamten Solarvorrichtung berücksichtigt werden.

**[0030]** Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren, das auch in seinen verschiedenen Ausführungsformen so funktioniert wie sich oben aus der Beschreibung im Zusammenhang mit der Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz ergibt.

**[0031]** Zusammenfassend schafft die vorliegende Erfindung die nachfolgend anhand eines Beispiels exemplarisch beschriebene Lösung.

**[0032]** Bei einphasigen Wechselrichtern tritt besonders bei Wechselrichtern über 5 kW oder größeren Anlagen – die auch mit Geräten jeweils < 5 kW aufgebaut sein können – das Problem auf, dass im Fehlerfall eines Teils der Solaranlage, die diese einphasigen Wechselrichter einsetzt, die Schiefastbedingung des Netzes – des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes – noch eingehalten werden muss. Eine übliche solche Schiefastbedingung lautet, dass Abweichungen zwischen den Phasen unter 5 kW liegen sollen.

**[0033]** Durch geschickte Nutzung der Kommunikation zwischen den Geräten – hierzu kann ein CAN-Bus verwendet werden – können die beiden durch den besagten Fehlerfall nicht betroffenen Phasen weiterhin mit 5 kW mehr Leistung als die betroffene Phase einspeisen.

**[0034]** Um dies zu erreichen wird vorgeschlagen:  
Das Gerät, welches die kleinste CAN-Adresse – für das Beispiel eines CAN-Busses – am Kommunikationsnetz der Wechselrichter hat, definiert die Phasenlage der Phase 1 und sendet ein Sync-Signal auf den Bus.

– Anhand der Phasenverschiebung des Spannungsnulldurchganges zu diesem Sync-Signal definieren die übrigen Wechselrichter ihre Zugehörigkeit zu den Phasen 1, 2 bzw. 3 und liefern in regelmäßigen Abständen ihre gemittelten Leistungswerte an den Wechselrichter mit der kleinsten CAN-Adresse, nämlich der kleinsten Busadresse.

– Dieser addiert die Leistungen der einzelnen Phasen und veranlasst eine prozentuale Reduktion der Leistungslevel der durch besagten Fehlerfall nicht betroffenen Phasen, sofern eine Schiefast > 5 kW gegenüber der am schwächsten einspeisenden Phase entsteht.

**[0035]** Somit kann auch im Fehlerfall die Einspeisung weiter am erlaubten Level erfolgen. Zusätzlich kann die Anlage selbst ermitteln, ob die Wechselrichter gleichmäßig auf die Phasen angeschlossen sind und somit Installationsfehlern vorbeugen.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Vorrichtung vorgeschlagen mit wenigstens einem elektrischen Zwischenspeicher zum Speichern elektrischer Energie, wobei die Vorrichtung dazu vorbereitet ist, elektrische Energie in den Zwischenspeicher zu speichern, wenn die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung wenigstens eines Wechselrichters reduziert wird.

**[0037]** Ein solcher Zwischenspeicher kann bspw. eine – wieder aufladbare – Batterie sein. Es wird somit vorgeschlagen, im Falle einer Schiefastbedingung, wenn wenigstens einer der Wechselrichter nicht mehr alle verfügbare Leistung in das Netz einspeisen darf, die verbleibende Leistung in den Zwischenspeicher

zu führen und dort als elektrische Energie zu speichern. Diese Energie kann dann eingespeist werden, wenn besagte Schiefastbedingung nicht mehr existiert. Vorzugsweise wird die in dem Speicher gespeicherte Energie nicht sofort und/oder nicht vollständig nach Ende der Schiefastbedingung in das Netz eingespeist, sondern zumindest teilweise in dem Zwischenspeicher belassen. Es wird vorgeschlagen, diese Energie dann einzuspeisen, wenn der diesem Zwischenspeicher zugeordnete Wechselrichter nur so wenig Leistung zur Verfügung hat, dass die Leistung eines oder mehrerer der übrigen Wechselrichter ihre Leistung reduzieren müssten. In diesem Fall könnte die gespeicherte Energie eingespeist werden, wodurch ein Reduzieren der eingespeisten Leistung der übrigen Wechselrichter verhindert würde, oder zumindest nicht so stark reduziert werden müsste.

**[0038]** Vorzugsweise ist jedem Wechselrichter ein Zwischenspeicher zugeordnet, oder mehrere Wechselrichter sind mit einem gemeinsamen Zwischenspeicher gekoppelt. Im Übrigen können auch mehrere einphasige Wechselrichter unterschiedlicher Phasen mit einem gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis verbunden sein. Je nach konkreter Ausgestaltung können so verbundene einphasige Wechselrichter einen dreiphasigen Wechselrichter bilden.

**[0039]** Das Verfahren kann auch eingesetzt werden, um eine gezielte Netzstützung bei Schiefast vorzunehmen, indem aktiv in die Phasen entsprechend unterschiedlich viel Leistung eingespeist wird.

**[0040]** Weiterhin wird eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz mit mehreren Wechselrichtereinrichtungen vorgeschlagen, wobei jede Phase des Wechselspannungsnetzes mit wenigstens einem Wechselrichter zum Einspeisen in die jeweilige Phase verbunden ist. Dabei ist die Vorrichtung dazu vorbereitet, dass elektrische Leistung aus einer ersten Phase des Wechselspannungsnetzes entnommen wird und in wenigstens eine zweite Phase des Wechselspannungsnetzes eingespeist wird, wenn die in der ersten Phase verfügbare Leistung die in der zweiten Phase verfügbare Leistung um einen vorbestimmten Wert übersteigt.

**[0041]** Somit werden Asymmetrien des Wechselspannungsnetzes berücksichtigt, um ggf. entsprechen asymmetrisch in das Wechselspannungsnetz einzuspeisen und Leistung zu entnehmen, um gezielt Phasen zu stützen. Die Steuerung der Wechselrichter der einzelnen Phasen kann wie oben beschrieben erfolgen. Insbesondere kann die Steuerung und Koordination so erfolgen, dass ein Verhältniswert für jede Phase und/oder für jeden Wechselrichter vorgesehen ist, der einen relativen Wert darstellt. Dies kann in Relation zu einem gemeinsamen Bezugswert für alle Wechselrichter oder in Bezug auf jeweils ei-

nen Bezugswert für jeden Wechselrichter einzeln erfolgen, wie oben beschrieben wurde. Für die Wechselrichter oder Phasen für die der Verhältniswert negativ wird, bedeutet das, dass eine entsprechende Leistung aus dem Wechselspannungsnetz entnommen werden soll. Ein positiver Wert zeigt an, dass eingespeist werden soll.

**[0042]** Wechselrichtereinrichtungen können sowohl einphasige Wechselrichter sein, als auch jeweils einen Teil eines dreiphasigen Wechselrichters bilden. Sofern ein dreiphasiger Wechselrichter verwendet wird, umfasst dieser drei Wechselrichtereinrichtungen, die im Grunde wie oben beschrieben wie einphasige Wechselrichter angesteuert werden können. Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand einer Ausführungsform unter Bezugnahme auf eine begleitende Figur exemplarisch näher erläutert.

**[0043]** **Fig. 1** zeigt eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz in einer schematischen Darstellung.

**[0044]** Die Vorrichtung zum Einspeisen gemäß **Fig. 1** umfasst 6 Solargeneratoren SG1 bis SG6, die jeweils mit einem einphasigen Wechselrichter WR1 bis WR6 verbunden sind. Jeder Solargenerator SG1 bis SG6 liefert eine Gleichspannung an den betreffenden Wechselrichter WR1 bis WR6. Jeder der Wechselrichter WR1 bis WR6 speist einen Wechselstrom und damit eine entsprechende Leistung in eine der Phasen L1, L2 und L3 ein. Im gezeigten Beispiel speisen die Wechselrichter WR1 und WR4 einphasig in die Phase L1 ein, die Wechselrichter WR2 und WR5 speisen in die Phase L2 ein und die Wechselrichter WR3 und WR6 speisen in die Phase L3 ein. Sofern die Solargeneratoren SG1 bis SG6 und die Wechselrichter WR1 bis WR6 im Wesentlichen die gleiche Größe aufweisen und die Solargeneratoren SG1 bis SG6 im Wesentlichen gleiche Sonneneinstrahlung empfangen, speist die gezeigte Vorrichtung 1 im Wesentlichen symmetrisch in das dreiphasige Wechselspannungsnetz L1 bis L3 ein. Fällt nun beispielsweise der Wechselrichter WR6 aus, wird in die Phase L3 weniger Leistung eingespeist als in die Phasen L1 und L2. Beträgt die eingespeiste Leistung jeder der Wechselrichter WR1 bis WR6 beispielsweise 10 kW und ist die Schiefastbedingung bei einer Abweichung von > 5 kW gegeben, so würde im Falle des Wegfalls des Wechselrichters WR6 jeweils 10 kW mehr in die Phase L1 und auch in die Phase L2 eingespeist werden, als in die Phase L3 eingespeist wird. Eine Schiefastbedingung von maximal 5 kW wäre in diesem Fall nicht erfüllt. Herkömmliche Systeme müssten nun abschalten und statt der verbleibenden 50 kW der Wechselrichter WR1 bis WR5 würde keine Leistung mehr eingespeist werden.

**[0045]** Erfindungsgemäß wird aber der die Schief- lastbedingungen übersteigende Wert betrachtet. Im vorliegenden Fall dürfte die Leistung der Phasen L1 und L2 jeweils um 5 kW über der in die Phase L3 eingespeisten Leistung liegen. Tatsächlich liegt sie in dem gezeigten Beispiel aber um 10 kW über der in die Phase L3 eingespeisten Leistung. Es liegt also ein unzulässiger Überstieg in Höhe von 5 kW sowohl für die Phase L1 als auch die Phase L2 vor. Bezogen auf die eingespeiste bzw. auch zunächst weiterhin einzuspeisende Leistung von 20 kW sind das 25%. Entsprechend wird nun die Leistung der Wechselrichter WR1 und WR4 für die Phase L1 und WR2 und WR5 für die Phase L2 um 25% reduziert. Die Wechselrichter WR1 und WR2, WR4 und WR5 speisen nach dieser Reduzierung noch jeweils 7,5 kW ein. Somit wird mit dieser Reduzierung sowohl in die Phase L1 als auch in die Phase L2 15 kW jeweils eingespeist. Das entspricht 5 kW mehr als in die Phase L3 noch durch den Wechselrichter WR3 alleine eingespeist wird. Insgesamt erfolgt somit aufgrund der Reduzierung eine Einspeisung von insgesamt 40 kW in das Wechselspannungsnetz, nämlich 15 kW in die Phase L1, 15 kW in die Phase L2 und 10 kW in die Phase L3. Anstatt abzuschalten werden somit von den möglichen 50 kW immerhin noch 40 kW eingespeist.

**[0046]** Die konkrete Durchführung erfolgt in dem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel so, dass einer der Wechselrichter WR1 bis WR6 als Referenzwechselrichter definiert wird. Dies erfolgt anhand der kleinsten Adresse in Bezug auf den Datenbus **2**, der die Wechselrichter WR1 bis WR6 verbindet. Angenommen der Wechselrichter WR1 hat die kleinste Adresse, so ist dies der Referenzwechselrichter und die Leistung und entsprechend die Netzphase, in die der Strom durch diesen Wechselrichter WR1 in das dreiphasige Wechselspannungsnetz **3** eingespeist wird, bildet die Referenzphase. Demnach entspräche die Referenzphase der Phase L1. Bei einem positiven Nulldurchgang der Spannung dieser Phase L1, dem dieser Wechselrichter WR1 zugeordnet ist, gibt dieser ein sogenanntes Sync-Signal über den Datenbus **2** an die übrigen Wechselrichter WR2 bis WR6. Ausgehend von diesem Sync-Signal bestimmen die übrigen Wechselrichter WR2 bis WR6 den Nulldurchgang der Spannung der Netzphase, in die jeweils eingespeist wird und können dadurch ihre Phase in Bezug auf die Referenzphase des Referenzwechselrichters WR1 bestimmen. Der Wechselrichter WR4 speist somit mit derselben Phasenlage und damit in dieselbe Phase, nämlich L1 ein. Eine zweite Phasenlage wird im Wechselrichter WR2 und ebenso im Wechselrichter WR5 erfasst, nämlich die der Phase L2 zugeordnete Phasenlage. Schließlich identifizieren die Wechselrichter WR3 und WR6 die dritte Phasenlage und damit ihre Zugehörigkeit zur dritten Phase L3. Zugeordnet zu der jeweiligen Phase geben alle Wechselrichter WR2 bis WR6 ihre Leistungsdaten, nämlich die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung

an den Wechselrichter WR1. Dieser umfasst somit eine zentrale Steuereinheit für die gesamte Vorrichtung **1**. Da der durchzuführende Rechenaufwand verhältnismäßig gering ist, braucht im gezeigten Beispiel keine separate zusätzliche Zentralsteuereinheit vorgesehen zu sein. Die zentral durchzuführende Koordination und Berechnung kann der Wechselrichter WR1 mit der ohnehin vorgesehenen Hardware vornehmen, die im Übrigen auch in den Wechselrichtern WR2 bis WR6 vorhanden ist. Es ist zu beachten, dass auch der Wechselrichter WR1 ausfallen könnte. In diesem Fall wäre die gesamte Vorrichtung **1** nicht mehr funktionsfähig, wenn nur der Wechselrichter WR1 eine Steuereinheit enthielte, die die beschriebene Koordination und Berechnung vornehmen könnte. Das beispielhaft erläuterte System geht aber von dem Wechselrichter aus, der die kleinste Busadresse aufweist. Im Beispiel war das der Wechselrichter WR1. Fällt dieser aber aus, wird der Wechselrichter mit der nächstkleinsten Busadresse verwendet, der auch gleichzeitig Koordination und Berechnung übernimmt, wenn der Wechselrichter WR1 ausfällt.

**[0047]** Im oben erläuterten Beispiel, bei dem der Wechselrichter WR6 ausfällt, sammelt der Wechselrichter WR1 somit die Daten der Amplitude der eingespeisten bzw. einzuspeisenden Leistung jedes Wechselrichters WR1 bis WR5 sowie deren Phasenzuordnung. Es wird nun wie oben beschrieben vorgegangen und die Leistungen der Wechselrichter WR1 und WR4, nämlich für die Phase L1 addiert, sowie die Leistung der Wechselrichter WR2 und WR5, nämlich für die Phase L2 addiert, und die Leistung des Wechselrichters WR3, nämlich für die Phase L3, aufgenommen. In dem Prozessor in dem Wechselrichter WR1 ist nun die Leistung jeder Phase bekannt und zusätzlich ist die Schief- lastbedingung, nämlich der vorbestimmte Erstwert, hinterlegt. Es kann nun der die Schief- lastbedingung noch übersteigende Wert berechnet und ins Verhältnis mit der in die jeweilige Phase einzuspeisenden Leistung gesetzt werden. Der sich ergebende Reduzierwert – der gemäß obigem Beispiel 25% für beide Phasen L1 und L2 betrug, sich aber zwischen den Phasen auch unterscheiden könnte – wird dann an die Wechselrichter WR2, WR4 und WR5 zurückgegeben und im Wechselrichter WR1 auch berücksichtigt. Der Wechselrichter WR3 erhält einen Reduzierwert von 0% bzw. gar keine Aufforderung zum Reduzieren. Jeder Wechselrichter WR1 bis WR5 – der Wechselrichter WR6 ist in dem Beispiel außer Funktion – reduziert nur seine Leistung gemäß dem vorgegebenen und über den Datenbus **2** übermittelten Reduzierwert prozentual.

**[0048]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Synchronisierung vorgeschlagen, bei der ein Wechselrichter bspw. wie oben beschrieben als Referenzwechselrichter definiert wird. Dieser Referenzwechselrichter bestimmt die Phasenlage der Phase, in die er einspeist, bspw. indem der Nulldurchgang

der Netzspannung dieser Phase bestimmt wird. Dieser Nulldurchgang – oder anderer Referenzzeitpunkt – wird einer absoluten Zeit zugeordnet und an die übrigen Wechselrichter übertragen. Auch diese Information kann als Synchronisationssignal angesehen werden. Diese Bestimmung und/oder Übertragung der Phasenlage braucht nicht für jede Periodendauer übertragen zu werden, sondern kann bspw. nach jeder zehnten Periode oder jede Sekunde einmal übertragen werden. Aufgrund der absoluten Zeit, die bei allen Wechselrichtern entsprechend genau vorliegen muss, kann sich jeder Wechselrichter einer Phase zuordnen.

**[0049]** Dies hat den Vorteil, dass jeder Wechselrichter dauernd seine Phasenlage kennt und im Falle, wenn die Leistung geändert werden muss, ist für jeden Wechselrichter seine Phasenzugehörigkeit klar, ohne dass sofort eine Bestimmung der Phasenlage durchzuführen wäre. Ggf. kann vorgesehen sein, die Uhren der Wechselrichter in bestimmten Abständen zumindest untereinander abzugleichen.

### Schutzansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz, umfassend mehrere insbesondere einphasige Wechselrichter (WR1–WR6), wobei die Vorrichtung so vorbereitet ist, dass

- jeweils einer der Wechselrichter (WR1–WR6) eine elektrische Leistung in jeweils eine Phase einspeist,
- die eingespeiste oder einzuspeisende Leistung einer ersten Phase durch den bzw. die Wechselrichter (WR1–WR6) reduziert wird, wenn diese Leistung der ersten Phase die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung einer dritten Phase um mehr als einen ersten vorbestimmten Wert überschreitet und/oder
- die eingespeiste oder einzuspeisende Leistung einer zweiten Phase durch den bzw. die Wechselrichter (WR1–WR6) reduziert wird, wenn diese Leistung der zweiten Phase die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung der dritten Phase um mehr als den ersten vorbestimmten Wert überschreitet.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung so vorbereitet ist, dass

- die Reduzierung der eingespeiste Leistung der ersten Phase und/oder die Reduzierung der eingespeiste Leistung der zweiten Phase so durchgeführt wird, dass die eingespeiste Leistung der ersten Phase bzw. der zweiten Phase die der dritten Phase um nicht mehr als einen zweiten vorbestimmten Wert übersteigt, wobei der zweite vorbestimmte Wert dem ersten vorbestimmten Wert entspricht oder kleiner als dieser ist.

3. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung vorbereitet ist zum Ausführen der Schritte

- Erfassen der in jede Phase eingespeisten Leistung oder der Leistung, die zum Einspeisen in die jeweilige Phase zur Verfügung steht,

- Ermitteln jeweils für die erfasste Leistung der ersten Phase und/oder für die erfasste Leistung der zweiten Phase, wenn diese den Wert der erfassten Leistung der dritten Phase um mehr als den vorbestimmten ersten Wert überschreitet, um welchen überschreitenden Wert die jeweilige erfasste Leistung über dem vorbestimmten Wert über der erfassten Leistung der dritten Phase liegt,

- Bestimmen jeweils eines Verhältniswertes des überschreitenden Wertes zu der erfassten Leistung der betreffenden Phase,

- Reduzieren der eingespeisten Leistung der betreffenden Phase relativ um den betreffenden Verhältniswert.

4. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- sich die eingespeisten Leistungen aus Teilleistungen zusammensetzen,

- jeder der Wechselrichter (WR1–WR6) eine der Teilleistungen einspeist,

- jeder Wechselrichter (WR1–WR6) zu der Teilleistung, die er einspeist, die Phasenlage erfasst, um seine Teilleistung einer Phase des dreiphasigen Wechselspannungsnetzes (3) zuzuordnen und

- jeder Wechselrichter (WR1–WR6) mit einer zentralen Steuereinheit verbunden ist, um den Wert der eingespeisten Leistung und/oder der einzuspeisenden Leistung an die zentrale Steuereinheit zu übergeben, so dass in der zentralen Steuereinheit die Leistung jeder Phase als Summe der Teilleistungen jeder Phase bestimmt wird.

5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Referenzwechselrichter (WR1) die Phasenlage der von ihm in das Netz eingespeisten Leistung als Referenzphasenlage definiert und an die übrigen Wechselrichter (WR1–WR6) ein Synchronisationssignal sendet,

- die übrigen Wechselrichter (WR2–WR6) die Phasenlage der jeweils von ihnen in das Netz (3) eingespeisten Leistung mit Hilfe des Synchronisationssignals relativ zu der Referenzphasenlage bestimmen und

- die Leistung jedes Wechselrichters (WR1–WR6) anhand der so ermittelten Phasenlage jeweils einer der Phasen zugeordnet wird.

6. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselrichter (WR1–WR6) baulich voneinander getrennt angeordnet sind.

7. Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend ein Daten-Bus-System (2) zum Verbinden der Wechselrichter (WR1–WR6) mit einer bzw. der zentralen Steuereinheit und optional zum Verbinden der Wechselrichter (WR1–WR6) untereinander, wobei die Wechselrichter (WR1–WR6) Informationen über die eingespeiste und/oder einzuspeisende Leistung an die zentrale Steuereinheit überträgt, die zentrale Steuereinheit wenigstens einen Wert zum Reduzieren berechnet und an den bzw. die betreffenden Wechselrichter (WR1–WR6) überträgt, so dass der bzw. die betreffenden Wechselrichter ihre Teilleistung entsprechend reduzieren.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend wenigstens einen, elektrischen Zwischenspeicher zum Speichern elektrischer Energie, wobei die Vorrichtung dazu vorbereitet ist, elektrische Energie in den Zwischenspeicher zu speichern, wenn die eingespeiste bzw. einzuspeisende Leistung wenigstens eines Wechselrichters reduziert wird.

9. Vorrichtung (1) zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz, mit mehreren Wechselrichtereinrichtungen (WR1–WR6), wobei jede Phase des Wechselspannungsnetzes mit wenigstens einem Wechselrichter zum Einspeisen in die jeweilige Phase verbunden ist, und die Vorrichtung dazu vorbereitet ist, dass elektrische Leistung aus einer ersten Phase des Wechselspannungsnetzes entnommen wird und in wenigstens eine zweite Phase des Wechselspannungsnetzes eingespeist wird, wenn die in der ersten Phase verfügbare Leistung die in der zweiten Phase verfügbare Leistung um einen vorbestimmten Wert übersteigt.

10. Solarvorrichtung zum Einspeisen elektrischer, aus Sonneneinstrahlung erzeugter Energie in ein Wechselspannungsnetz (3), umfassend

- mehrere Solargeneratoren zum Erzeugen elektrischer Energie aus Sonneneinstrahlung und
- eine Vorrichtung (1) zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz (3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- jeder Solargenerator mit einem der einphasigen Wechselrichter (WR1–WR6) verbunden ist, um von dem Solargenerator erzeugte elektrische Energie in jeweils eine Phase des Wechselspannungsnetzes einzuspeisen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

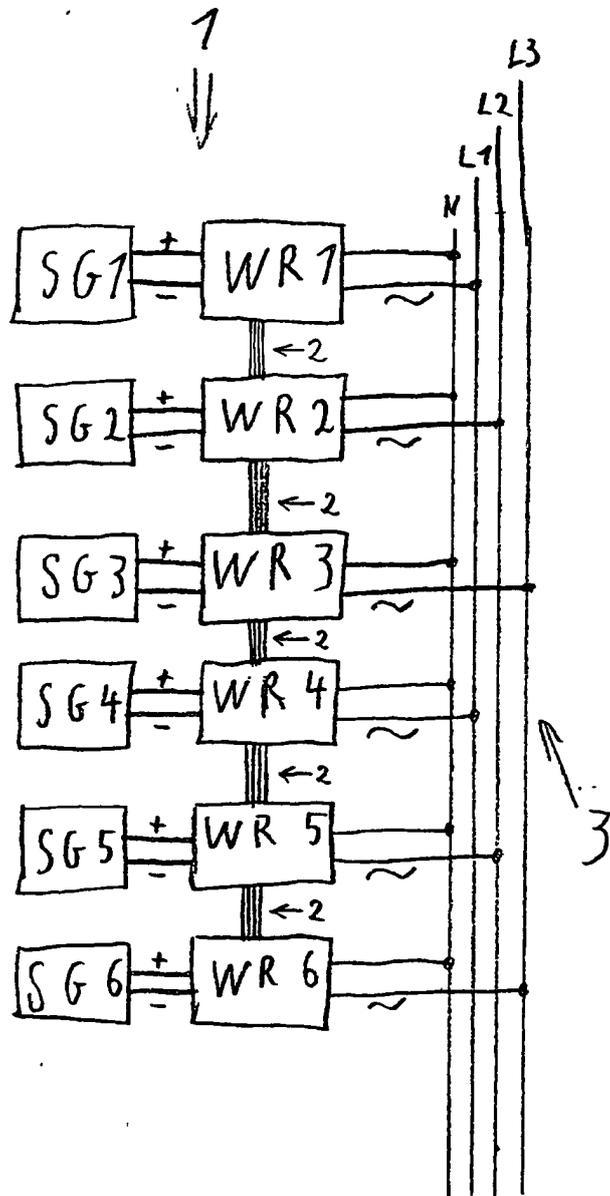


Fig. 1