



(10) **DE 10 2011 053 524 B4** 2015.05.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 053 524.1**

(22) Anmeldetag: **12.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **14.03.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.05.2015**

(51) Int Cl.: **H02S 50/10 (2014.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

SMA Solar Technology AG, 34266 Niestetal, DE

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Loesenbeck, Specht,
Dantz, 33602 Bielefeld, DE**

(72) Erfinder:

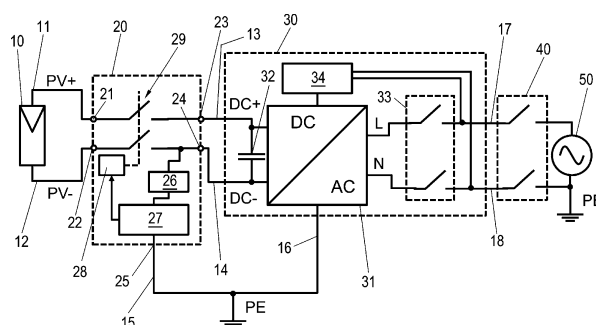
**Friebe, Jens, 34246 Vellmar, DE; Bieniek,
Sebastian, 34266 Niestetal, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 018 173	A1
DE	10 2006 060 815	A1
DE	10 2009 022 508	A1
DE	10 2010 037 760	A1

(54) Bezeichnung: **Sicherheitseinrichtung für eine Photovoltaikanlage und Verfahren zum Betreiben einer Sicherheitseinrichtung für eine Photovoltaikanlage**

(57) Hauptanspruch: Sicherheitseinrichtung (20) für eine Photovoltaikanlage zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz (50), wobei die Sicherheitseinrichtung (20) mindestens einen Eingang (21, 22) zur Verbindung mit einem PV-Generator (10) und mindestens einen Ausgang (23, 24) zur Verbindung mit einem Wechselrichter (30) aufweist und ein Schaltorgan (29) aufweist, um den mindestens einen Ausgang (23, 24) spannungsfrei zu schalten, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherheitseinrichtung (20) eine Auswerteeinheit (27) aufweist, die dazu eingerichtet ist, das Schaltorgan (29) abhängig von einem an dem mindestens einen Ausgang (23, 24) anliegenden niederfrequenten Signal zu schalten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sicherheitseinrichtung für eine Photovoltaikanlage und ein Betriebsverfahren für eine Sicherheitseinrichtung einer Photovoltaikanlage.

[0002] Photovoltaikanlagen, im Folgenden abkürzend PV-Anlagen genannt, dienen der Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie. Üblicherweise wird dazu eine Vielzahl von Photovoltaikmodulen, im Folgenden abkürzend PV-Module genannt, von denen jedes eine Zusammenschaltung von mehreren Photovoltaikzellen darstellt, elektrisch als ein Photovoltaikgenerator zusammengeschaltet. Der Photovoltaikgenerator (PV-Generator) ist mit einem häufig entfernt montierten Wechselrichter verbunden, der der Umwandlung des von dem PV-Generator gelieferten Gleichstroms in Wechselstrom dient, welcher zur Einspeisung in ein öffentliches oder privates (Inselbetrieb) Energieversorgungsnetz geeignet ist.

[0003] Die PV-Module werden dabei meist derart serienverschaltet, dass die zwischen dem PV-Generator und dem Wechselrichter verlaufenden Gleichstromleitungen mit Spannungen im Bereich von deutlich mehr als 100 V beaufschlagt sind. Eine Spannung dieser Größenordnung ist aus Effizienzgründen sinnvoll, unter anderem um ohmsche Verluste in den Leitungen erträglich klein zu halten, ohne dass ein allzu großer Leitungsquerschnitt gewählt werden muss. Bei Lichteinfall auf die PV-Module besteht aufgrund der hohen Spannung jedoch bei Schadensfällen, z. B. im Brandfall, oder bei Installations- und Wartungsarbeiten die Gefahr eines lebensgefährlichen elektrischen Schlags. Ohne weitere Schutzmaßnahmen lässt sich die Lebensgefahr bei einer direkten Berührung oder einer indirekten Berührung, z. B. über Löschwasser, nur bannen, wenn die Stromerzeugung durch die PV-Module unterbunden wird, beispielsweise durch eine Verdunkelung der PV-Module. Dieses ist bei großen PV-Anlagen oder im Brandfall allerdings nur schwer umsetzbar.

[0004] Um beim Betrieb einer PV-Anlage das Auftreten von gefährlichen Spannungen im Brandfall oder bei Wartungsarbeiten zu vermeiden, ist es bekannt, in räumlicher Nähe zu den PV-Modulen, beispielsweise in einer Anschlussdose des PV-Moduls, Schaltorgane, z. B. Schütze oder Halbleiterschalter, anzuordnen, die vom Wechselrichter oder einer sonstigen Steuerzentrale über Zentralleitungen geschaltet die Verbindungsleitungen zwischen den PV-Modulen und dem Wechselrichter spannungslos schalten. Dieses kann durch eine Unterbrechung der Verbindungsleitungen durch die Schaltorgane geschehen oder durch ein Kurzschließen der PV-Module, wie beispielsweise in der Zeitschrift Photon, Ausgabe Mai 2005, S. 75–77 offenbart.

[0005] Die Verbindungsleitungen zwischen dem PV-Generator und dem Wechselrichter können auch, wie in der Druckschrift DE 10 2005 018 173 A1 offenbart, durch ein einzelnes, am PV-Generator angeordnetes Schaltorgan spannungslos geschaltet werden. Die Druckschriften DE 10 2009 022 508 A1 und DE 10 2010 037 760 A1 beschreiben jeweils einen ähnlichen Aufbau einer PV-Anlage, bei der in unmittelbarer Nähe zu einem PV-Generator ein Schaltorgan zur Spannungsfreischaltung der Gleichstromleitungen zwischen dem PV-Generator und einem Wechselrichter vorgesehen ist. Gemäß den beiden Druckschriften werden die Schaltorgane über das Haus-Lichtnetz angesteuert und unterbrechen die Gleichstromleitung entsprechend abhängig vom Vorliegen einer Netzspannung in dem Haus-Lichtnetz. Dieses setzt somit voraus, dass eine Netzleitung bis zum PV-Generator geführt ist.

[0006] In den genannten Fällen werden somit zur Übertragung der Steuersignale zu den Schaltorganen zusätzlich verlegte (Steuer-)Leitungen eingesetzt, was jedoch, insbesondere bei großen PV-Anlagen, mit einem erhöhten Installationsaufwand einhergeht.

[0007] Als Alternative ist aus der Druckschrift DE 10 2006 060 815 A1 bekannt, die Steuersignale als Hochfrequenzsignale über die Gleichstromleitungen zur Leistungsübertragung zu senden. Die Schaltorgane sind zu diesem Zweck mit einer Steuereinheit versehen, die die hochfrequent übertragenen Steuersignale dekodiert und den Schaltvorgang steuert. Zur Erzeugung der Hochfrequenzsignale sind separate und im Allgemeinen aufwendige und kostenintensive Signalgeneratoren vorgesehen. Die Verwendung von hochfrequenten Signalen bedingt zudem einen relativ hohen Aufwand bei der elektromagnetischen Abschirmung der Signalgeneratoren, um den EMV(elektromagnetische Verträglichkeit)-Richtlinien gerecht zu werden.

[0008] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sicherheitseinrichtung für eine PV-Anlage zu schaffen, die bei einfachem Aufbau zuverlässig und sicher verhindert, dass die von einem PV-Generator zu einem Wechselrichter führenden Gleichspannungsleitungen im Gefahrenfall mit hohen Spannungen beaufschlagt sind. Es ist eine weitere Aufgabe, ein Betriebsverfahren für eine solche Sicherheitseinrichtung anzugeben.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Sicherheitseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst, sowie durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 17.

[0010] Eine erfindungsgemäße Sicherheitseinrichtung für eine Photovoltaikanlage zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz weist einen Eingang zur

Verbindung mit einem PV-Generator und mindestens einen Ausgang zur Verbindung mit einem Wechselrichter auf und umfasst ein Schaltorgan, um den mindestens einen Ausgang spannungsfrei zu schalten. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass sie weiter eine Auswerteeinheit aufweist, die dazu eingerichtet ist, das Schaltorgan abhängig von einem niederfrequenten Signal an dem mindestens einen Ausgang zu schalten.

[0011] Die Erfindung macht sich zunutze, dass bei handelsüblichen Wechselrichtern zumindest einer der Gleichstromeingänge des Wechselrichters mit einem niederfrequenten Signal geringer Amplitude gegenüber dem Erdpotential beaufschlagt ist, sobald der Wechselrichter mit einem funktionsfähigen Energieversorgungsnetz verbunden ist. Dieses gilt auch, wenn ein internes Schaltorgan des Wechselrichters abgeschaltet ist, beispielsweise nachts, wenn keine zur Einspeisung ausreichende Leistung vom PV-Generator bereitgestellt wird. Nur wenn ein dem Wechselrichter vorgelagertes Trennorgan, z. B. ein Hauptschalter der PV-Anlage oder ein Sicherungshauptschalter des kompletten Gebäudes, geöffnet ist oder wenn das Energieversorgungsnetz keine Spannung bereitstellt, wird kein niederfrequentes Signal an einem der Gleichstromeingänge des Wechselrichters beobachtet. Folglich wird das Schaltorgan über die erfindungsgemäße Detektion des niederfrequenten Signals parallel mit dem dem Wechselrichter vorgelagerten Trennorgan geschaltet, ohne dass eine dedizierte Signalleitung oder Signalübermittlung, beispielsweise über ein hochfrequentes Signal, dazu benötigt wird. Es wird zur Steuerung des Schaltorgans vielmehr das vom Wechselrichter inhärent aufgebrachte niederfrequente (Stör-)Signal zur Steuerung ausgenutzt. Ein übliches Vorgehen im Gefahrenfall, z. B. im Brandfall, besteht darin, mit dem Trennorgan die PV-Anlage von der Wechselstromseite her spannungsfrei zu schalten. Die anmeldungsgemäße Sicherheitseinrichtung schaltet dann automatisch auch die Gleichspannungsseite spannungsfrei und ermöglicht so beispielsweise sichere Löscharbeiten.

[0012] Im Rahmen der Anmeldung ist dabei unter einem spannungsfreien Zustand des mindestens einen Ausgangs ein sicherer Zustand zu verstehen, bei dem eine Berührung von am Ausgang angeschlossenen ggf. freiliegenden Leitern oder Elementen nicht mit einer Lebens- oder Gesundheitsgefährdung einhergeht.

[0013] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Sicherheitseinrichtung ist das niederfrequente Signal ein Spannungssignal. Besonders bevorzugt weist die Sicherheitseinrichtung dann einen Anschluss zur Verbindung mit einem Erdpotential auf, wobei die Auswerteeinheit dazu eingerichtet ist, das Spannungssignal zwischen dem mindestens einen Aus-

gang und dem Erdpotential zu bestimmen. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Sicherheitseinrichtung ist das niederfrequente Signal ein Stromsignal. Besonders bevorzugt weist die Sicherheitseinrichtung dann eine mit der Auswerteeinheit verbundene Strommesseinrichtung auf, wobei die Auswerteeinheit dazu eingerichtet ist, als Stromsignal einen über den mindestens einen Ausgang fließenden Strom zu bestimmen. Beides, die Messung eines Spannungs- oder eines Stromsignals stellen geeignete Möglichkeiten zur Detektion des niederfrequenten Signals dar. Auch eine Kombination, bei der sowohl als auch ein Spannungs- und ein Stromsignal gemessen werden, ist möglich. Je nach Eigenschaften des PV-Generators und abhängig von Betriebs- und Umgebungsbedingungen, z. B. Feuchtigkeit, ist eine Spannungs- oder eine Strommessung besser geeignet, um das niederfrequente Signal sicher zu detektieren. Die Kombination beider Messungen kann somit vorteilhaft für eine sichere Detektion des niederfrequenten Signals sein.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Sicherheitseinrichtung hat das niederfrequente Signal eine Frequenz, die einem ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz entspricht. Besonders bevorzugt entspricht die Frequenz mindestens dem 1-fachen und höchstens dem 10-fachen der Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz. Das niederfrequente Signal ist bei der Netzfrequenz selbst oder bei einem kleinen ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz besonders ausgeprägt, weswegen eine Messung bei einer solchen Frequenz besonders geeignet ist.

[0015] In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der Sicherheitseinrichtung erfolgt eine Spannungsfreiheit des mindestens einen Ausgangs über einen Kurzschluss an den Eingängen der Sicherheitseinrichtung oder durch ein Auftrennen der Verbindung des mindestens einen Einganges und des mindestens einen Ausgangs. Beides sind geeignete Möglichkeiten, um den Ausgang frei von gefährlichen Spannungen zu schalten.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben einer Sicherheitseinrichtung für eine Photovoltaikanlage zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz weist die folgenden Schritte auf: Es wird ein Pegel eines niederfrequenten Signals an mindestens einem mit einem Wechselrichter verbundenen Ausgang der Sicherheitseinrichtung bestimmt. Der Ausgang wird mit einem Eingang, der mit einem PV-Generator gekoppelt ist, verbunden, falls der Pegel des niederfrequenten Signals über einem ersten Schwellenwert liegt. Liegt der Pegel des niederfrequenten Signals unter einem zweiten Schwellenwert, wird der Ausgang spannungsfrei geschaltet. Es ergeben sich die gleichen Vorteile wie im Zusammen-

hang mit der erfindungsgemäßen Sicherheitseinrichtung beschrieben.

[0017] Weitere Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen der Sicherheitseinrichtung und des Betriebsverfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von acht Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen:

[0019] **Fig. 1** Eine schematische Darstellung einer PV-Anlage mit einer Sicherheitseinrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0020] **Fig. 2** ein Ersatzschaltbild einer in einem Wechselrichter enthaltenen Messeinrichtung,

[0021] **Fig. 3** bis **Fig. 6** jeweils ein Schaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Sicherheitseinrichtung,

[0022] **Fig. 7** eine schematische Darstellung einer PV-Anlage mit mehreren Sicherheitseinrichtungen in einem weiteren Ausführungsbeispiel und

[0023] **Fig. 8** eine schematische Darstellung einer PV-Anlage mit einer Sicherheitseinrichtung in einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0024] **Fig. 1** zeigt schematisch den Grundaufbau einer PV-Anlage mit einer Sicherheitseinrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel.

[0025] Die PV-Anlage weist einen PV-Generator **10** auf, der über Anschlussleitungen **11**, **12** mit Eingängen **21** und **22** einer Sicherheitseinrichtung **20** verbunden ist. Die Sicherheitseinrichtung **20** weist zudem Ausgänge **23** und **24** auf, von denen Gleichstromleitungen **13** und **14** zu einem Wechselrichter **30** führen, der über Wechselstromleitungen **17**, **18** über ein Trennorgan **40** mit einem Energieversorgungsnetz **50** verbunden ist.

[0026] Beispielhaft ist der PV-Generator **10** in der **Fig. 1** durch das Schaltzeichen einer einzelnen Photovoltaikzelle symbolisiert. In einer Umsetzung der dargestellten PV-Anlage kann es sich bei dem PV-Generator **10** um ein einzelnes PV-Modul handeln, das seinerseits eine Vielzahl von Photovoltaikzellen enthält. Ebenso kann es sich bei dem PV-Generator **10** auch um eine Serienschaltung mehrerer PV-Module handeln, einem sogenannten String, bei dem sich die Spannungen der einzelnen PV-Module addieren. Auch eine Parallelerschaltung oder eine gemischte Serien- und Parallelerschaltung von PV-Modulen ist möglich.

[0027] Der Wechselrichter **30** weist als zentrale Komponente einen DC/AC-Wandler **31** auf. An seinem DC-seitigen Eingang weist der Wechselrichter **30** eine Eingangskapazität auf, die in der Figur durch einen parallel zum Eingang geschalteten Eingangskondensator **32** symbolisiert ist. Beispielhaft ist der DC/AC-Wandler **31** – und damit der Wechselrichter **30** – für eine einphasige Einspeisung in das Energieversorgungsnetz **50** ausgelegt. Es versteht sich jedoch, dass der Wechselrichter **30** ebenso mehrphasig, insbesondere dreiphasig ausgelegt sein kann. Auch das Energieversorgungsnetz **50** ist vorliegend nur einphasig mit einer Phase L und einem Nullleiter N dargestellt, wobei es selbstverständlich weitere Phasen aufweisen kann, die nur bei der gezeigten PV-Anlage nicht kontaktiert werden. Zudem besteht im Energieversorgungsnetz **50** ein Erdschluss des Nullleiters N auf ein Erdpotential PE. Das Erdpotential PE steht über einen weiteren Erdungsanschluss, eine Erdleitung **15** und den Anschluss **25** auch der Sicherheitseinrichtung **20** und über eine Erdleitung **16** auch dem Wechselrichter **30** zur Verfügung.

[0028] Gegebenenfalls enthält der Wechselrichter zwischen Eingangskapazität **32** und DC/AC-Wandler **31** zusätzlich einen DC/DC-Wandler und eine nachgeschaltete Zwischenkreiskapazität (in **Fig. 1** nicht dargestellt). Der DC/DC-Wandler wandelt die DC-Spannung des PV-Generators in eine DC-Spannung, die innerhalb des Arbeitsbereiches des DC/AC-Wandlers liegt, und stellt die gewandelte DC-Spannung an der Zwischenkreiskapazität bereit.

[0029] Wechselstromseitig ist der DC/AC-Wandler **31** über ein zweipoliges internes Schaltorgan **33** mit dem Ausgang des Wechselrichters **30** und damit letztlich mit dem Energieversorgungsnetz **50** verbindbar. Das interne Schaltorgan **33** trennt dabei sowohl die Phase L, als auch den Nullleiter N der Verbindung zum Energieversorgungsnetz **50**. Bei einem mehrphasigen Wechselrichter **30** ist das interne Schaltorgan **33** entsprechend mehrpolig ausgeführt, sodass sich die Trennung vom Energieversorgungsnetz **50** auf alle Phasen erstreckt.

[0030] Weiter umfasst der Wechselrichter **30** eine Messanordnung **34**, die zum einen mit dem Wechselstromausgang des Wechselrichters **30** verbunden ist und zum anderen eine Verbindung mit der Gleichstromseite des DC/AC-Wandlers **31** hat. Die Messeinrichtung **34** dient der Bestimmung von Parametern der Netzspannung, die für den Betrieb des Wechselrichters **30** relevant sind. Informationen über diese Parameter der Netzspannung werden insbesondere auch dann benötigt, wenn das ausgangsseitige interne Schaltorgan **33** geöffnet ist. So wird z. B. während der Aufstartphase des Wechselrichters die Ausgangsspannung des DC/AC-Wandlers mit der Netzspannung in Amplitude und Phase synchronisiert. Diese Synchronisation erfolgt bei geöffnetem in-

ternen Schaltorgan **33**. Erst nach erfolgter Synchronisation wird der Wechselrichter durch Schließen des internen Schaltorgans **33** an das Netz angebunden. Daher ist die Messeinrichtung **34** unmittelbar am Ausgang des Wechselrichters **30** und nicht am Wechselstromausgang des DC/AC-Wandlers **31** kontaktiert.

[0031] Die Sicherheitseinrichtung **20** dient dazu, im Gefahrenfall unabhängig von der vom PV-Generator **10** bereitgestellten Spannung das Auftreten von gefährlich hohen Spannungen an den Ausgängen **23**, **24** und somit an den Gleichstromleitungen **13**, **14**, die zum Wechselrichter **30** führen, zu verhindern. Da der PV-Generator **10** bei Lichteinstrahlung die Anschlussleitungen **11**, **12** mit einer Spannung von u. U. lebensgefährlicher Höhe beaufschlagt, wird die Sicherheitseinrichtung **20** bevorzugt möglichst nah am PV-Generator **10** positioniert, um die Länge der Anschlussleitungen **11**, **12** entsprechend kurz zu halten.

[0032] Um die Ausgänge **23**, **24** und damit die Gleichstromleitungen **13**, **14** spannungsfrei schalten zu können, weist die Sicherheitseinrichtung **20** ein Schaltorgan **29** zwischen den Eingängen **21**, **22** und den Ausgängen **23**, **24** auf, das von einer Treiberschaltung **28** angesteuert wird. Das Schaltorgan **29** kann beispielsweise ein Schütz sein, es ist aber auch der Einsatz von Halbleiterschaltern denkbar. Geeignete Halbleiterschalter sind hier z. B. IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) oder MOSFETs (Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistors). Das Schaltorgan **29** kann wie dargestellt beide Ausgänge **23** und **24** schalten. Es ist aber ebenso möglich, mittels des Schaltorgans **29** nur einen der Ausgänge **23** oder **24** zu schalten. Auch kann, beispielsweise zur Erhöhung der Schaltsicherheit, vorgesehen sein, mehrere Schalter, beispielsweise mehrere Halbleiterschalter, in einer Reihenverschaltung als Schaltorgan **29** einzusetzen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Schaltorgan Mittel zur Löschung und/oder zur Vermeidung eines Schaltlichtbogens auf. Ein Schaltlichtbogen kann z. B. durch die Verwendung eines Vakuum-Schalterschützes oder durch eine Kombination von Halbleiterschaltern und elektromechanischen Schaltern gelöscht beziehungsweise vermieden werden. Anstelle einer Trennung der Verbindungen zwischen den Eingängen **21**, **22** und den Ausgängen **23**, **24** ist es auch möglich, das Schaltorgan so anzuordnen, dass zur Spannungsfreischaltung die Eingänge **21**, **22** kurzgeschlossen werden.

[0033] Die Treiberschaltung **28** und über diese das Schaltorgan **29** werden von einer Auswerteeinheit **27** angesteuert, die über ein Filter **26** mit dem Ausgang **24** und somit mit dem negativen Gleichspannungspotential DC- des Wechselrichters **30** verbunden ist und die über den Eingang **25** mit Erdpotential PE verbunden ist. Die Komponenten der Sicherheitseinrichtung **20** werden über die an den Eingängen **21**,

22 anliegende PV-Spannung versorgt. Entsprechende Einrichtungen zur Stromversorgung der Komponenten (Tiefsetzsteller, Spannungsregler, usw.) sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

[0034] Der Filter **26** lässt bevorzugt niederfrequente Wechselspannung passieren, insbesondere Wechselspannung, deren Frequenz ein kleines ganzzahliges Vielfaches der Netzfrequenz ist. Der Filter **26** kann also z. B. auf die 1-fache Netzfrequenz (Grundfrequenz), die 2-fache oder eine mehrfache Netzfrequenz ausgelegt sein. Die Frequenz, auf die der Filter **26** ausgelegt ist, übersteigt typischerweise jedoch nicht das 10-fache der Netzfrequenz. Er kann beispielsweise als analoger Bandpassfilter oder Hochpassfilter ausgeführt sein. Auch eine digitale Signalverarbeitung mit einer entsprechenden Filtercharakteristik eines Band- oder Hochpassfilters ist zur Realisierung des Filters **26** denkbar.

[0035] Die Auswerteeinheit **27** ist dazu eingerichtet, den Pegel des Signals am Ausgang des Filters **26** gegenüber dem Erdpotential PE zu bestimmen und abhängig von der Größe des Pegels das Schaltorgan **29** zu schalten. Nur wenn eine vorgegebene Höhe des Pegels überschritten wird, schaltet das Schaltorgan **29** ein und verbindet die Ausgänge **23**, **24** mit den Eingängen **21**, **22** und beaufschlagt so die Gleichstromleitungen **13**, **14** mit der PV-Spannung.

[0036] Wie im Zusammenhang mit **Fig. 2** noch detaillierter erläutert wird, ist bei handelsüblichen Wechselrichtern **30** der negative Gleichstromeingang (DC-) mit einem niederfrequenten, üblicherweise netzfrequenten, Signal geringer Amplitude gegenüber dem Erdpotential beaufschlagt, sobald der Wechselrichter **30** mit einem funktionsfähigen Energieversorgungsnetz **50** verbunden ist. Dieses gilt auch, wenn das interne Schaltorgan **33** des Wechselrichters **30** abgeschaltet ist, beispielsweise nachts, wenn keine zur Einspeisung ausreichende Leistung vom PV-Generator **10** bereitgestellt wird. Nur wenn das dem Wechselrichter **30** vorgelagerte Trennorgan **40**, z. B. ein Hauptschalter der PV-Anlage oder ein Sicherungshauptschalter des kompletten Gebäudes, geöffnet ist oder wenn das Energieversorgungsnetz **40** keine Spannung bereitstellt, wird kein niederfrequentes Signal am negativen Gleichstromeingang (DC-) des Wechselrichters **30** beobachtet. Folglich wird das Schaltorgan **29** über die Detektion des netzfrequenten Signals parallel mit dem dem Wechselrichter **30** vorgelagerten Trennorgan **40** geschaltet, ohne dass eine dedizierte Signalleitung oder Signalübermittlung über ein hochfrequentes Signal dazu benötigt wird. Es wird zur Steuerung des Schaltorgans **29** vielmehr das vom Wechselrichter **30** inhärent aufgebrachte netzfrequente (Stör-)Signal zur Steuerung ausgenutzt. Ein übliches Vorgehen im Gefahrenfall, z. B. im Brandfall, besteht darin, mit dem Trennorgan **40** die PV-Anlage von der Wechselstromsei-

te her spannungsfrei zu schalten. Die anmeldungsgemäße Sicherheitseinrichtung **20** schaltet dann automatisch auch die Gleichspannungsseite spannungsfrei und ermöglicht so beispielsweise sichere Löscharbeiten.

[0037] Im Folgenden wird anhand der **Fig. 2** der Ursprung des zur Steuerung des Schaltorgans **29** benutzten Signals erläutert.

[0038] **Fig. 2** zeigt ein Ersatzschaltbild der Messeinrichtung **34** des Wechselrichters **30**. Zweck der Messeinrichtung **34** ist es, Parameter des Energieversorgungsnetzes, beispielsweise die Höhe und den Zeitverlauf der Netzspannung zur Steuerung des Wechselrichters **30** und insbesondere zur Steuerung des DC/AC-Wandlers **31** in Form einer ungefährlichen Kleinspannung zur Messung der Parameter bereitzustellen. Im dargestellten Fall stellt das Potential DC– am negativen Gleichstromeingang, also an dem in **Fig. 1** mit der Gleichstromleitung **14** verbundenen Eingang des Wechselrichters **30** innerhalb des DC/AC Wandlers **31** das Referenzpotential, auch Massepotential genannt, dar. Innerhalb der Messeinrichtung **34** werden die Phase L und der Nullleiter N des Energieversorgungsnetzes **50** über ein Netzwerk aus Kondensatoren **341** bis **344** und Widerständen **345** und **346** auf ein leichter handhabbares Kleinsignalniveau mit diesem Referenzpotential DC– als Bezugspotential gebracht. Die eigentliche Messung der Netzspannungsparameter ist in dem Ersatzschaltbild der **Fig. 2** nicht dargestellt, sie erfolgt an dem durch Pfeilspitzen symbolisierten Messpunkten **347** und **348**.

[0039] Für den Anmeldungsgegenstand ist dabei relevant, dass durch die Kopplung zwischen der AC- und der DC-Seite der negative und/oder positive Gleichstromeingang des Wechselrichters **30** mit einer netzfrequenten Wechselspannung gegenüber dem Erdpotential PE beaufschlagt wird. Die Amplitude dieses aufgebrachten Wechselspannungssignals ist von der Höhe der Netzspannung, den Größen der Kopplungselemente, also der Kopplungskondensatoren **341** bis **344** sowie der Kopplungswiderstände **345**, **346** abhängig, sowie von einer Erdschlusskapazität **350**, die die Kapazität der Gleichspannungsseite der PV-Anlage, insbesondere des PV-Generators **10** sowie der Gleichstromleitungen **11**, **12** und **13**, **14** gegenüber dem Erdpotential PE hat. In **Fig. 2** ist diese Erdschlusskapazität durch einen Ersatzkondensator **350** symbolisiert.

[0040] In vielen Fällen koppelt das netzfrequente Signal von der DC– Gleichstromleitung **14** über den Eingangskondensator **32** und/oder einen Zwischenkreiskondensator (nicht dargestellt) auch auf die DC+ Gleichstromleitung **13** über, so dass letztendlich auf beiden Gleichstromleitungen **13**, **14** das netzfrequente Signal vorhanden ist. Zusätzlich zu dem dargestell-

ten Fall ist auch denkbar, dass als Referenzpotential für die Spannungsmessung das DC+ Potential anstelle des DC– Potentials gewählt wird. In diesem Fall wird das netzfrequente Signal zunächst auf die DC + Gleichstromleitung **13** eingekoppelt. Von dort aus wird es dann über den Eingangskondensator **32** und/oder ggf. den Zwischenkreiskondensator auf die DC– Gleichstromleitung **14** übertragen. Auch hier ist das Signal dann letztendlich auf beiden Gleichstromleitungen **13**, **14** vorhanden. Alternativ zu den dargestellten Ausführungsbeispielen, bei denen der Filter **26** ein auf der DC– Gleichstromleitung **14** anliegendes Signal am Ausgang **24** der Sicherheitseinrichtung **20** abgreift, kann der Filter auch mit dem Ausgang **23** verbunden sein, um ein auf der DC+ Gleichstromleitung **13** anliegendes Signal abzugreifen.

[0041] In **Fig. 3** ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer Sicherheitseinrichtung **20**, wie sie in einer in **Fig. 1** gezeigten PV-Anlage eingesetzt sein könnte, dargestellt. Gleiche Bezugszeichen kennzeichnen in dieser wie auch den folgenden Figuren gleiche oder gleichwirkende Elemente wie in **Fig. 1**. Einrichtungen zur Stromversorgung der Komponenten der Sicherheitseinrichtung **20** sind wiederum nicht dargestellt.

[0042] Vom Grundaufbau entspricht die Sicherheitseinrichtung **20** der **Fig. 3** der der **Fig. 1**. Bezüglich der Ein- und Ausgänge **21–24**, des Schaltorgans **29** und der Treiberschaltung **28** wird auf die Beschreibung im Zusammenhang mit **Fig. 1** verwiesen. Zur Auskopplung des netzfrequenten Signals am Ausgang **24** wird hier eine induktive Kopplung **261** eingesetzt, beispielsweise realisiert durch eine Rogowski-Spule. Die Rogowski-Spule bildet so eine Strommesseinrichtung für niederfrequenten Strom, der über den Ausgang **24** fließt. Das ausgekoppelte Stromsignal wird nach Filterung durch den Filter **26** zusammen mit dem Erdpotential PE der Auswerteeinheit **27** zugeführt. Die Auswerteeinheit **27** ist beispielsweise als Komparator ausgeführt, dem ein gleichrichtender Verstärker vorgeschaltet ist. Wenn der Pegel des Signals am Ausgang des Filters **26** einen ersten vorbestimmten Wert übersteigt, schaltet die Treiberschaltung **28** das Schaltorgan **29** ein. Wird ein zweiter vorbestimmter Wert unterschritten schaltet die Treiberschaltung **28** das Schaltorgan **29** wieder aus. Der erste vorbestimmte Wert entspricht einem ersten Einschalt-Schwellenwert für das Signal und der zweite vorbestimmte Wert einem Ausschalt-Schwellenwert. Bevorzugt ist eine Schalthysterese vorgesehen, indem der Ausschalt-Schwellenwert unter dem Einschalt-Schwellenwert liegt, um ein gesichertes Schaltverhalten zu erzielen. Weiter ist bevorzugt die Verstärkung des Verstärkers in der Auswerteeinheit **27** einstellbar, um die Sicherheitseinrichtung **20** an den Signalpegel des netzfrequenten Signals anzupassen, da dieser, wie im Zusammenhang mit **Fig. 2** ausgeführt ist, für unterschiedliche PV-Anlagen individuell verschieden sein kann.

[0043] Bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** wird das netzfrequente Signal als Stromsignal detektiert. Um zu gewährleisten, dass auch bei geöffnetem Schaltelement **29** ein niederfrequentes Stromsignal auf zumindest der DC- Gleichstromleitungen **14** fließen kann und am Ausgang **24** beobachtbar ist, ist ein Kondensator **262** vorgesehen, der einen niederfrequenten Stromfluss zum Erdpotential PE hin ermöglicht. Alternativ kann auch ein Kondensator **263** (in der **Fig. 3** gestrichelt dargestellt) vorgesehen sein, der den mit dem Ausgang **24** verbundenen Schaltkontakt des Schaltorgans **29** überbrückt. Durch einem solchen Kondensator **263** wird ein niederfrequenter Stromfluss zum Erdpotential hin über den PV-Generator **10** ermöglicht, z. B. wenn der PV-Generator **10** mit einem seiner Anschlüsse (einpolig) geerdet ist.

[0044] In **Fig. 4** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Sicherheitseinrichtung **20** gezeigt. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** ist hier der Filter **26** direkt an den Ausgang **24** angeschlossen. Es wird also nicht ein Stromsondern ein Spannungssignal detektiert. Alternativ ist es auch möglich, sowohl ein Strom- als auch ein Spannungssignal zu detektieren. Die Betriebszustände und die Umgebungsbedingungen, z. B. Feuchtigkeit, beeinflussen die Erdschlusskapazität (vgl. Ersatzkondensator **350** in **Fig. 2**) des PV-Generators **10** und damit seine Impedanz gegenüber dem Erdpotential PE. Je nach Impedanz gegenüber dem Erdpotential PE ist das Spannungs- oder das Stromsignal am Ausgang **24** ausgeprägter. Das Detektieren von sowohl Strom- als auch Spannungssignal bietet den Vorteil, dass unabhängig von den Betriebszuständen und Umgebungsbedingungen des Wechselrichters **30** und des PV-Generators **10** ein aussagekräftiges Signal zur Verfügung steht.

[0045] Zudem ist das Schaltorgan **29** in diesem Ausführungsbeispiel dreistufig ausgelegt. Neben den Ein- und Ausschaltstufen ist eine mittlere Schaltstufe vorgesehen, in der die Ein- und Ausgänge **21**, **22** bzw. **23**, **24** über je einen hochohmigen Widerstand **291**, **292** verbunden sind.

[0046] Bei zunächst eingeschaltetem Trennorgan **40**, aber ausgeschaltetem internem Schaltorgan **33** des Wechselrichters **30** (z. B. nachts) zeigt das netzfrequente Signal am Ausgang **24** nur einen geringen Pegel. Wenn dann die PV-Spannung steigt und die Sicherheitseinrichtung **20** ihre Funktion aufnimmt, das Vorliegen des netzfrequenten Signals detektiert und, wie es beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** ist, das Schaltorgan **29** unmittelbar einschaltet, wird durch die hinzu geschaltete Kapazität des PV-Generators **10** gegenüber dem Erdpotential PE der Pegel des Signals verringert. Dieses könnte dazu führen, dass der Pegel des netzfrequenten Signals unter den Schwellenwert fällt, bei dem das Schaltorgan **29**

wieder abgeschaltet. Um dieses zu verhindern wird bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 4** beim Überschreiten der Einschaltsschwelle zunächst die mittlere Schaltstufe des Schaltorgans **29** aktiviert und, falls die Einschaltsschwelle auch nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit, die beispielsweise im Bereich von einigen 10 Sekunden liegt, überschritten ist, wird das Schaltorgans **29** ganz eingeschaltet. Durch die mittlere Schaltstufe wird der Eingang des Wechselrichters **30** mit Gleichspannung beaufschlagt, woraufhin der seinen Betrieb aufnimmt und das interne Schaltorgan **33** einschaltet. Der Einfluss der Kapazität des PV-Generators ist durch die Widerstände **291**, **292** verringert, weswegen der Einschaltpegel zunächst weiter überschritten wird. Durch das Einschalten des internen Schaltorgans **33** steigt der Pegel des netzfrequenten Signals in der Regel zudem an. Wenn nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit das Schaltorgans **29** ganz eingeschaltet wird, ist der Pegel des netzfrequenten Signals dadurch ausreichend hoch, um auch durch die vollständig wirksame Kapazität des PV-Generators **10** nicht wieder unter die Ausschaltsschwelle zu fallen. Es ist auch denkbar, die mittlere Schaltstufe des Schaltorgans **29** als zusätzliche Kontrolle für die Existenz des Freigabesignales während einer Ausschaltprozedur des Schaltorgans **29** zu nutzen. Fällt der Pegel des Signales am Ausgang **24** unter den zweiten vorbestimmten Wert, so wird zunächst die mittlere Schaltstufe aktiviert. Bei dieser wird kontrolliert, ob der zweite vorbestimmte Wert zur vollständigen Abschaltung weiterhin unterschritten wird. Ist dies der Fall, erfolgt die vollständige Abschaltung, anderenfalls wird nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit das Schaltorgan wieder ganz eingeschaltet.

[0047] Bei einer alternativen Ausgestaltung der Sicherheitseinrichtung **20** ist auch denkbar, dass sowohl ein niederfrequentes Spannungs- als auch ein niederfrequentes Stromsignal detektiert wird. Das Schaltorgan **29** schaltet dann ein, wenn entweder Strom- oder Spannungssignal über einem vorgegebenen Pegel liegen. In einem solchen Fall kann unabhängig von Umgebungsbedingungen, z. B. Feuchtigkeit, die die Impedanz des PV-Generators **10** gegenüber dem Erdpotential PE beeinflussen, erreicht werden, dass das netzfrequente Signal sicher detektiert wird.

[0048] In **Fig. 5** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Sicherheitseinrichtung **20** gezeigt. Im Unterschied zu den zuvor gezeigten Ausführungsbeispielen wird hier neben dem niederfrequenten Signal am Ausgang **24** auch die Höhe der PV-Spannung an den Eingängen **21** und **22** ausgewertet und bei der Steuerung des Schaltorgans **29** berücksichtigt. Dazu ist ein Spannungsschwellenwertschalter **281** vorgesehen, dessen Ausgang mit der Treiberschaltung **28** verbunden ist. Nur wenn die PV-Spannung einen vorgegebenen Wert übersteigt und das netzfrequente Signal den zuvor bereits beschriebenen vorge-

gegebenen Kriterien genügt, schaltet das Schaltorgan **29** ein. Durch die Berücksichtigung der Höhe der PV-Spannung kann verhindert werden, dass der Wechselrichter einen Einschaltversuch unternimmt, wenn die PV-Spannung und damit die von dem PV-Generator maximal bereitgestellte Leistung für einen Betrieb des Wechselrichters noch nicht ausreichend ist, z. B. in der Morgendämmerung. Derartige Einschaltversuche führen zu nicht notwendigen Schaltvorgängen des Schaltorgans **29** und gegebenenfalls auch des internen Schaltorgans **33**, wodurch deren Lebensdauer verringert wird.

[0049] Die Detektion des netzfrequenten Signals am Ausgang **24** erfolgt wie beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 4** spannungsgekoppelt. Sie ist vorliegend etwas detaillierter dargestellt. Das am Ausgang des Filters **26** anliegende Signal wird über einen Spannungsteiler aus dem Widerstand **271** und der Parallelschaltung eines weiteren Widerstands **272** mit einer Zenerdiodenanordnung **273** in der Höhe seiner Amplitude begrenzt, um eine Zerstörung oder Übersteuerung der nachfolgenden Komponenten zu verhindern. Das spannungsbegrenzte Signal wird zunächst von einem Verstärker **274** verstärkt. Bevorzugt weist der Verstärker **274** einen einstellbaren Verstärkungsfaktor auf, der eine optimale Anpassung an Höhe des netzfrequenten Signals und damit an die PV-Anlage ermöglicht. Das verstärkte Signal wird in einem nachgeschalteten Gleichrichter **275** gleichgerichtet und geglättet und einem Komparator **277** zugeführt. Dort wird es mit einer Referenzspannung, die von einer mit dem Erdpotential verbundenen Referenzspannungsquelle **276** bereitgestellt wird, verglichen.

[0050] **Fig. 6** zeigt eine Erweiterung der Schaltung aus **Fig. 5**. Es sind hier ausgehend von dem Ausgang des Filters **26** zwei Detektionsschaltungen vorgesehen. Eine erste entspricht der in **Fig. 5** gezeigten und ist vorliegend durch zwei Widerstände **271a**, **272a**, eine Zenerdiodenanordnung **273a**, einen Verstärker **274a**, einen Gleichrichter **275a**, eine Referenzspannungsquelle **276a** und einen Komparator **277a** gebildet. Eine zweite Detektionsschaltung weist einen zweiten Gleichrichter **275b**, eine zweite Referenzspannungsquelle **276b** und einen zweiten Komparator **277b** auf. Der zweite Gleichrichter **275b** ist über einen Schalter **278** mit dem Ausgang des Filters **26** verbunden, wobei wiederum ein Widerstand **272b** und eine Zenerdiodenanordnung **273b** zur Spannungsbegrenzung vorhanden sind. Die Ausgänge der beiden Komparatoren **277a**, **277b** werden über ein Oder-Glied **282** miteinander verknüpft und dann der Treiberschaltung **28** zugeführt. Die zweite Detektionsschaltung weist dabei eine deutlich höhere Empfindlichkeit auf als die erste. Der Schalter **278** sei zunächst geschlossen. Die zweite Detektionsschaltung ist dazu geeignet, bereits bei den kleinsten zu erwartenden Signalpegeln des netzfrequenten Signals am Ausgang **24** das Schaltorgan **29**

sicher einzuschalten. Wenn im Betrieb des Wechselrichters **30** deutlich höhere Signalpegel auftreten, spricht auch die erste Detektionsschaltung an und steuert das Schaltorgan **29** über das Oder-Glied **282** und die Treiberschaltung **28** ebenfalls an. Bevorzugt wird bei Existenz relativ hoher Signalpegel der Schalter **278** geöffnet und dadurch die zweite Detektionsschaltung vor Übersteuerung geschützt.

[0051] **Fig. 7** zeigt in einer Darstellung ähnlich zur **Fig. 1** schematisch den Grundaufbau einer PV-Anlage mit Sicherheitseinrichtungen in einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0052] Bei der PV-Anlage der **Fig. 7** sind mehrere, hier beispielhaft drei, PV-Generatoren **10** vorgesehen, die nachfolgend auch als PV-Teilgeneratoren **10** bezeichnet werden. Jeder der PV-Teilgeneratoren **10** ist mit je einer separaten Sicherheitseinrichtung **20** verbunden. Die Ausgänge der Sicherheitseinrichtungen **20**, die aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur nicht mit Bezugszeichen versehen sind, sind in Serie zueinander geschaltet. Die Serienschaltung der Sicherheitseinrichtungen **20**, die bei jeweils geschlossenen Schaltorganen **29** auch einer Serienschaltung der PV-Teilgeneratoren **10** entspricht, ist mit dem Eingang des Wechselrichters **30** verbunden. Dieser ist wiederum über ein Trennorgan **40** (z. B. einen Anlagenhauptschalter) an ein Energieversorgungsnetz **50** angebunden. Das Trennorgan **40** und das Energieversorgungsnetz **50** sind in der **Fig. 5** aus Platzgründen nicht dargestellt.

[0053] Bezüglich der Sicherheitseinrichtungen **20** und des Wechselrichters **30** wird auf die Beschreibung im Zusammenhang mit den vorstehenden Figuren verwiesen. Im Unterschied zu den zuvor gezeigten Ausführungsbeispielen sind bei den Sicherheitseinrichtungen **20** der **Fig. 7** jedoch zusätzlich Kondensatoren **264** zwischen den Ausgängen der Sicherheitseinrichtungen **20** vorgesehen. Die Kondensatoren gewährleisten ähnlich wie die Kondensatoren **262** und **263** in der **Fig. 3**, dass auch bei geöffneten Schaltelementen **29** ein niederfrequentes Signal an den Ausgängen aller Sicherheitseinrichtungen **20** vorliegt. Ein solches niederfrequentes, insbesondere netzfrequentes Signal kann also von jeder der Sicherheitseinrichtungen **20** getrennt detektiert werden, woraufhin die entsprechende Sicherheitseinrichtungen **20** ihr Schaltelement **29** einschaltet. Wenn dieses bei jeder der Sicherheitseinrichtungen **20** erfolgt ist, werden die Gleichstromleitungen **13**, **14** und der Eingang des Wechselrichters **30** mit der durch die Serienschaltung aufsummierten PV-Spannung der PV-Teilgeneratoren beaufschlagt.

[0054] Eine derartige Sicherheitseinrichtung **20** mit Kondensator **264** an den Ausgängen eignet sich insbesondere zur Integration mit einem einzelnen PV-Modul als PV-Teilgenerator **10**. Besonders bevorzugt

kann die Sicherheitseinrichtung **20** dabei in eine Anschlussdose des PV-Moduls integriert werden. Dadurch wird ein Exponieren von Leitungen, die mit einer potentiell gefährlichen Spannung beaufschlagt sind, gänzlich vermieden.

[0055] Fig. 8 zeigt schematisch den Grundaufbau einer PV-Anlage mit einer Sicherheitseinrichtung in einem weiteren Ausführungsbeispiel. Im Grundaufbau entspricht diese PV-Anlage der in Fig. 7 dargestellten. Wiederum sind mehrere PV-Teilgeneratoren **10** seriell verschaltbar angeordnet und mit einem Wechselrichter **30** gekoppelt. Im Unterschied zu dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel ist vorliegend zu jedem der PV-Teilgeneratoren **10** eine Schalteinheit **20b** vorgesehen. Jede der Schalteinheiten **20b** ist über eine Steuerleitung **20c** mit einer zentralen Detektionseinrichtung **20a** verbunden, wobei die Schalteinheiten **20b** zusammen mit den Steuerleitungen **20c** und der zentralen Detektionseinrichtung **20a** die Sicherheitseinrichtung **20** bilden. Die zentrale Detektionseinrichtung **20a** ist bevorzugt generatornah angeordnet, um einen Verdrahtungsaufwand bei den Steuerleitungen **20c** möglichst gering zu halten. Die zentrale Detektionseinrichtung **20a** weist solche Komponenten der Sicherheitseinrichtung **20** auf, die im Zusammenhang mit allen PV-Teilgeneratoren **10** gemeinsam genutzt werden können, beispielsweise den Filter **26** und die Auswerteeinheit **27**. Die Schalteinheiten **20b** umfassen jeweils zumindest das Schaltorgan **29** und ggf., wie im vorliegenden Beispiel, je eine Treiberschaltung **28** für das Schaltorgan **29**. Die Treiberschaltung **28** könnte jedoch ggf. auch zentral in der Detektionseinrichtung **20a** angeordnet sein.

Bezugszeichenliste

10	PV-Generator
11, 12	Anschlussleitung
13, 14	Gleichstromleitung
15, 16	Erdleitung
17, 18	Wechselstromleitung
20	Sicherheitseinrichtung
20a	zentrale Detektionseinrichtung
20b	Schalteinheit
20c	Steuerleitung
21, 22	Eingang
23, 24	Ausgang
25	Anschluss
26	Filter
261	induktive Kopplung
262–264	Kondensator
27	Auswerteeinheit
271, 272	Widerstand
273	Zenerdiodenanordnung
274	Verstärker
275	Gleichrichter
276	Referenzspannungsquelle
277	Komparator

28	Treiberschaltung
281	Spannungsschwellenwertschalter
282	Oder-Glied
29	Schaltorgan
291, 292	hochohmiger Widerstand
30	Wechselrichter
31	DC/AC-Wandler
32	Eingangskondensator
33	internes Schaltorgan
34	Messanordnung
341–344	Kopplungskondensator
345–346	Kopplungswiderstand
347, 348	Messpunkt
350	Erdschlusskapazität
40	Trennorgan
50	Energieversorgungsnetz
N	Nullleiter
L	Phase
PE	Erdpotential

Patentansprüche

1. Sicherheitseinrichtung (**20**) für eine Photovoltaikanlage zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz (**50**), wobei die Sicherheitseinrichtung (**20**) mindestens einen Eingang (**21, 22**) zur Verbindung mit einem PV-Generator (**10**) und mindestens einen Ausgang (**23, 24**) zur Verbindung mit einem Wechselrichter (**30**) aufweist und ein Schaltorgan (**29**) aufweist, um den mindestens einen Ausgang (**23, 24**) spannungsfrei zu schalten, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sicherheitseinrichtung (**20**) eine Auswerteeinheit (**27**) aufweist, die dazu eingerichtet ist, das Schaltorgan (**29**) abhängig von einem an dem mindestens einen Ausgang (**23, 24**) anliegenden niederfrequenten Signal zu schalten.

2. Sicherheitseinrichtung (**20**) nach Anspruch 1, bei der die Auswerteeinheit (**27**) dazu eingerichtet ist, das niederfrequente Signal als ein Spannungssignal zu messen.

3. Sicherheitseinrichtung (**20**) nach Anspruch 2, die einen Anschluss (**25**) zur Verbindung mit einem Erdpotential (PE) aufweist, wobei die Auswerteeinheit (**27**) dazu eingerichtet ist, das Spannungssignal zwischen dem mindestens einen Ausgang (**23, 24**) und dem Erdpotential (PE) zu bestimmen.

4. Sicherheitseinrichtung (**20**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, die dazu eingerichtet ist, das niederfrequente Signal als ein Stromsignal zu messen.

5. Sicherheitseinrichtung (**20**) nach Anspruch 4, die eine mit der Auswerteeinheit (**27**) verbundene Strommesseinrichtung aufweist, wobei die Auswerteeinheit (**27**) dazu eingerichtet ist, als Stromsignal einen über den mindestens einen Ausgang (**23, 24**) fließenden Strom zu bestimmen.

6. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend einen Filter (26), insbesondere einen Bandpassfilter, über den die Auswerteeinheit (27) mit dem mindestens einen Ausgang (23, 24) verbunden ist.

7. Sicherheitseinrichtung (20) nach Anspruch 6, bei der der Filter (26) dazu eingerichtet ist, eine niederfrequente Wechselspannung passieren zu lassen, deren Frequenz einem ganzzahligen Vielfachen einer Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz (50) entspricht.

8. Sicherheitseinrichtung (20) nach Anspruch 7, bei der der Filter (26) dazu eingerichtet ist, eine niederfrequente Wechselspannung passieren zu lassen, deren Frequenz mindestens dem 1-fachen und höchstens dem 10-fachen der Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz (50) entspricht.

9. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend einen Verstärker (274, 274a, 274b) für das niederfrequente Signal.

10. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Sicherheitseinrichtung (20) dazu eingerichtet ist, bei einem Signalpegel oberhalb eines ersten Schwellenwertes den mindestens einen Ausgang (21, 22) mit dem mindestens einen Ausgang (23, 24) zu verbinden.

11. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Sicherheitseinrichtung (20) dazu eingerichtet ist, bei einem Signalpegel unterhalb eines zweiten Schwellenwertes den mindestens einen Ausgang (23, 24) spannungsfrei zu schalten.

12. Sicherheitseinrichtung nach Anspruch 10 und 11, wobei der zweite Schwellenwert unterhalb des ersten Schwellenwertes liegt.

13. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei eine Spannungsfreiheit des mindestens einen Ausganges (23, 24) über einen Kurzschluss an den Eingängen (21, 22) der Sicherheitseinrichtung (20) erfolgt.

14. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei eine Spannungsfreiheit des mindestens einen Ausganges (23, 24) über ein Auftrennen der Verbindung des mindestens einen Einganges (21, 22) und des mindestens einen Ausganges (23, 24) erfolgt.

15. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das Schaltorgan (29) Mittel zur Löschung eines Lichtbogens aufweist.

16. Sicherheitseinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, aufweisend eine zentrale Detektionseinheit (20a) mit der Auswerteeinheit (27) und mindestens eine Schalteinheit (20b) mit dem Schaltorgan (29), wobei die zentrale Detektionseinheit (20a) und die mindestens eine Schalteinheit (20b) in separaten Gehäusen untergebracht sind.

17. Verfahren zum Betreiben einer Sicherheitseinrichtung (20) für eine Photovoltaikanlage zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz (50), wobei die Sicherheitseinrichtung (20) mindestens einen Eingang (21, 22) zur Verbindung mit einem PV-Generator (10) und mindestens einen Ausgang (23, 24) zur Verbindung mit einem Wechselrichter (30) aufweist und ein Schaltorgan (29) aufweist, um den mindestens einen Ausgang (23, 24) spannungsfrei zu schalten, mit den folgenden Schritten:

- Bestimmen eines Pegels eines niederfrequenten Signals an dem mindestens einen Ausgang (23, 24);
- Verbinden des mindestens einen Ausganges (23, 24) mit dem mindestens einen Eingang (21, 22), falls der Pegel des niederfrequenten Signals über einem ersten Schwellenwert liegt, und
- Spannungsfreischnalten des mindestens einen Ausganges (23, 24), falls der Pegel des niederfrequenten Signals unter einem zweiten Schwellenwert liegt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem der Pegel des niederfrequenten Signals bei einer Frequenz bestimmt wird, die einem ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz (50) entspricht.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem der Pegel des niederfrequenten Signals bei einer Frequenz bestimmt wird, die mindestens dem 1-fachen und höchstens dem 10-fachen der Netzfrequenz in dem Energieversorgungsnetz (50) entspricht.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

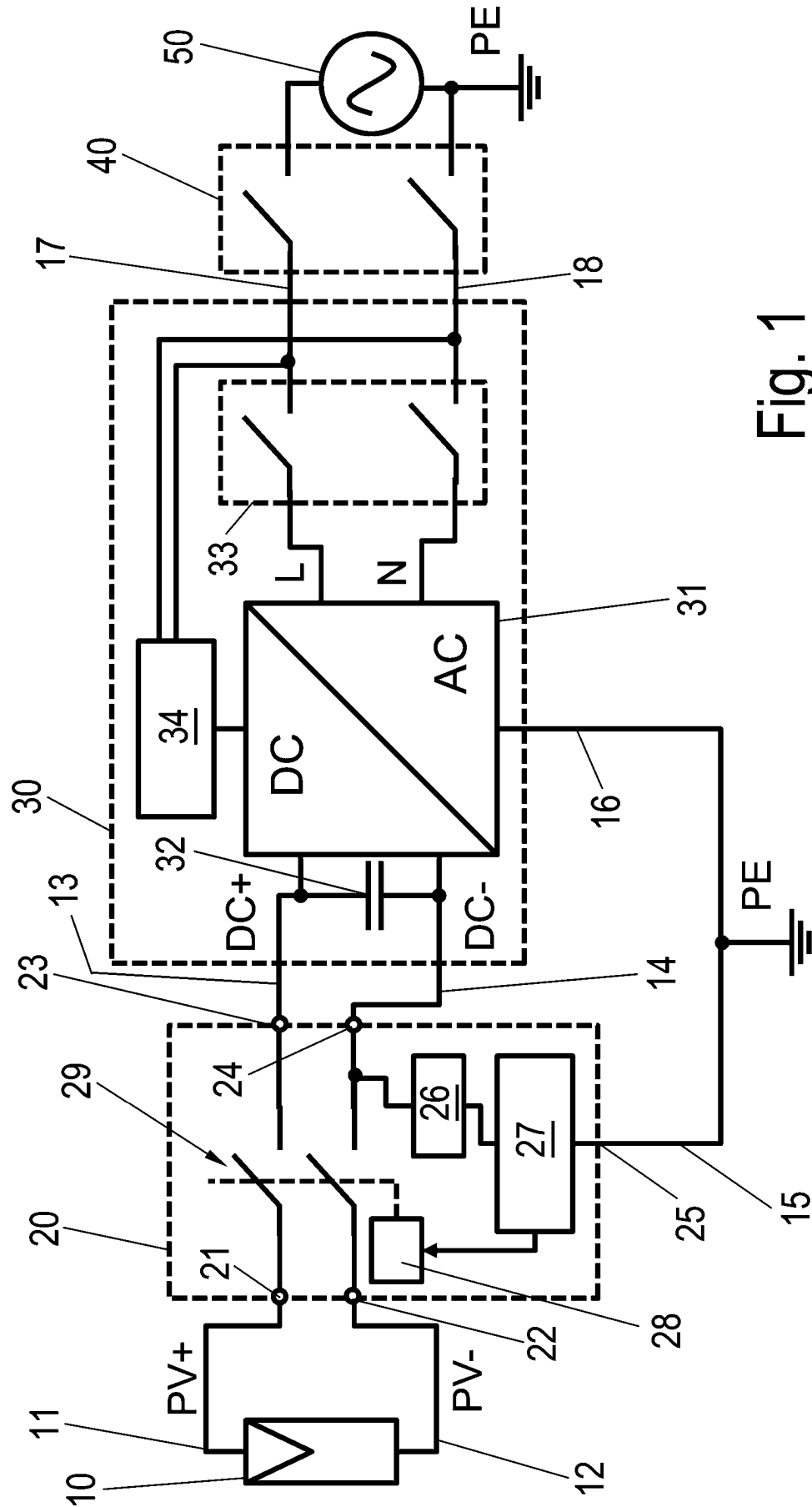


Fig. 1

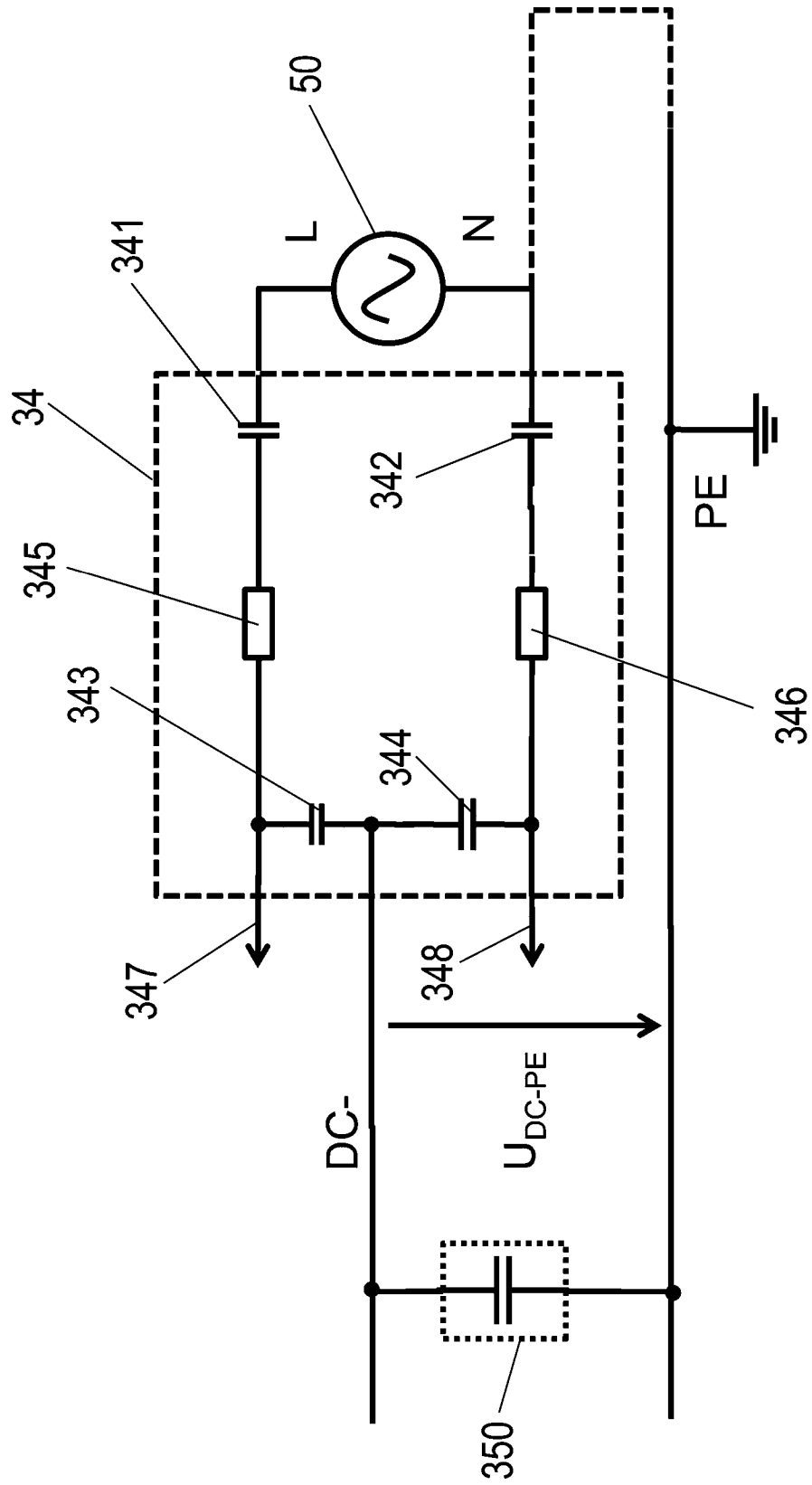


Fig. 2

Fig. 3

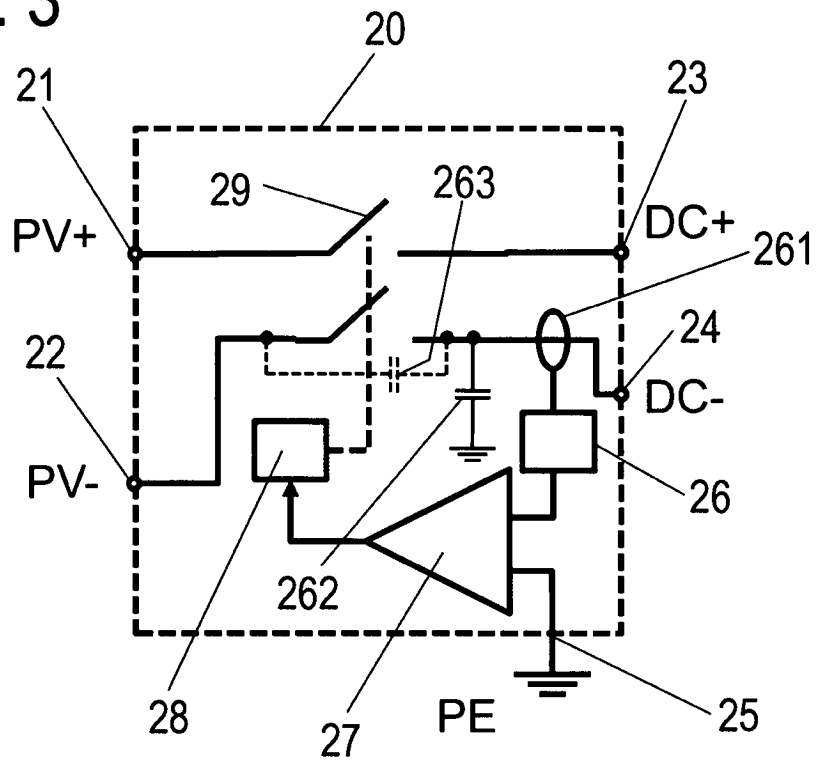
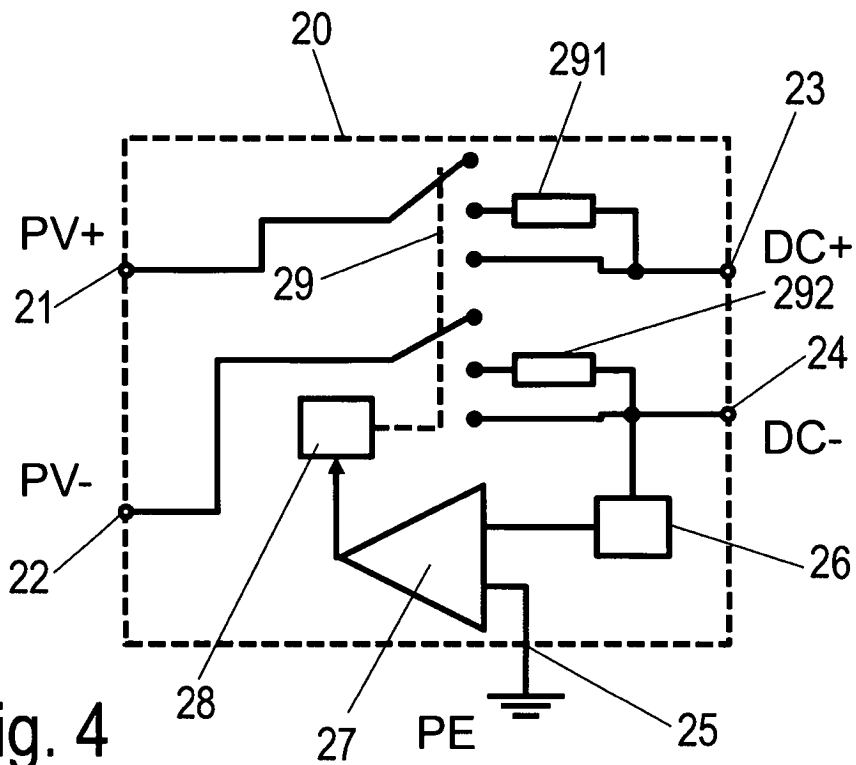


Fig. 4



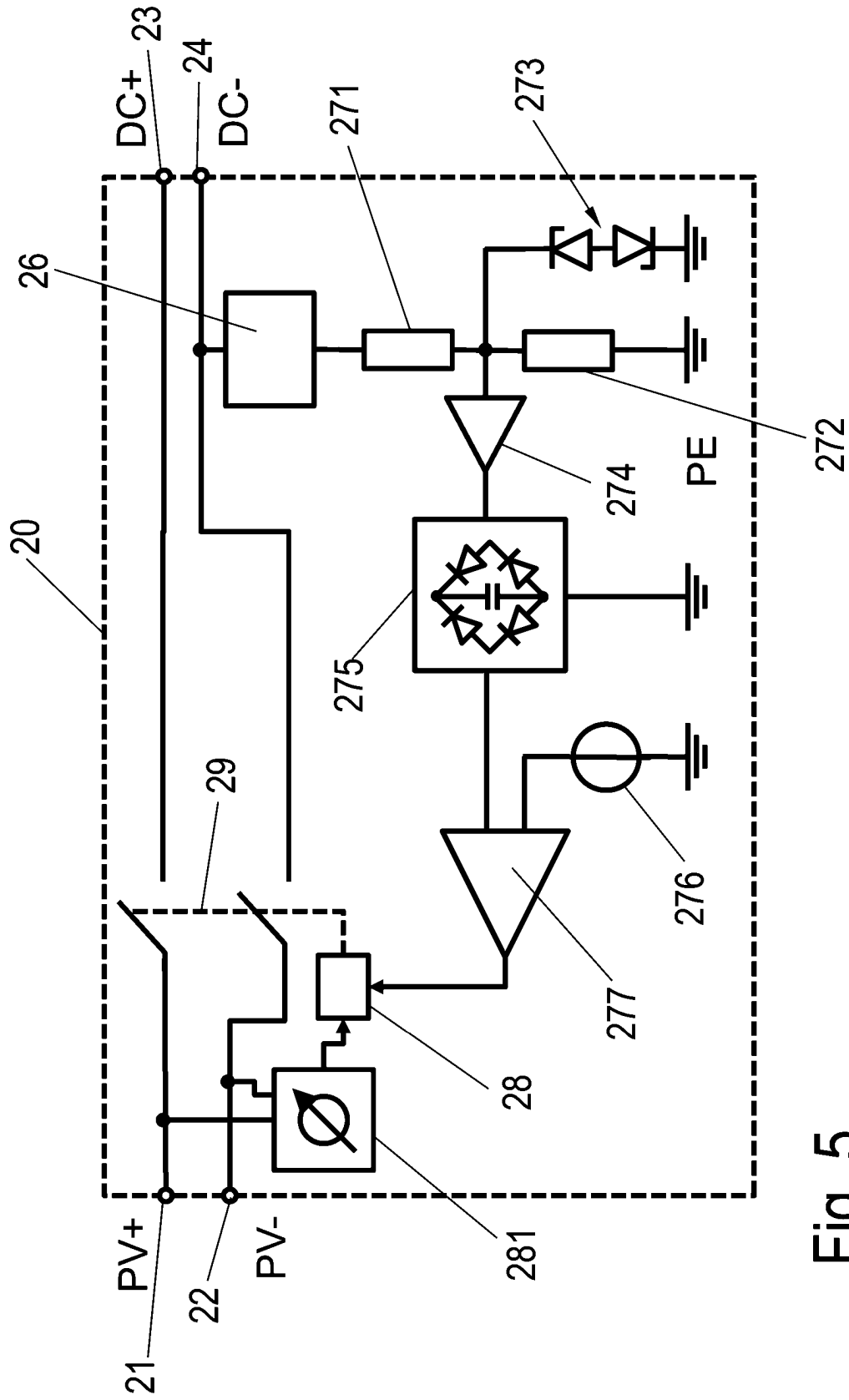


Fig. 5

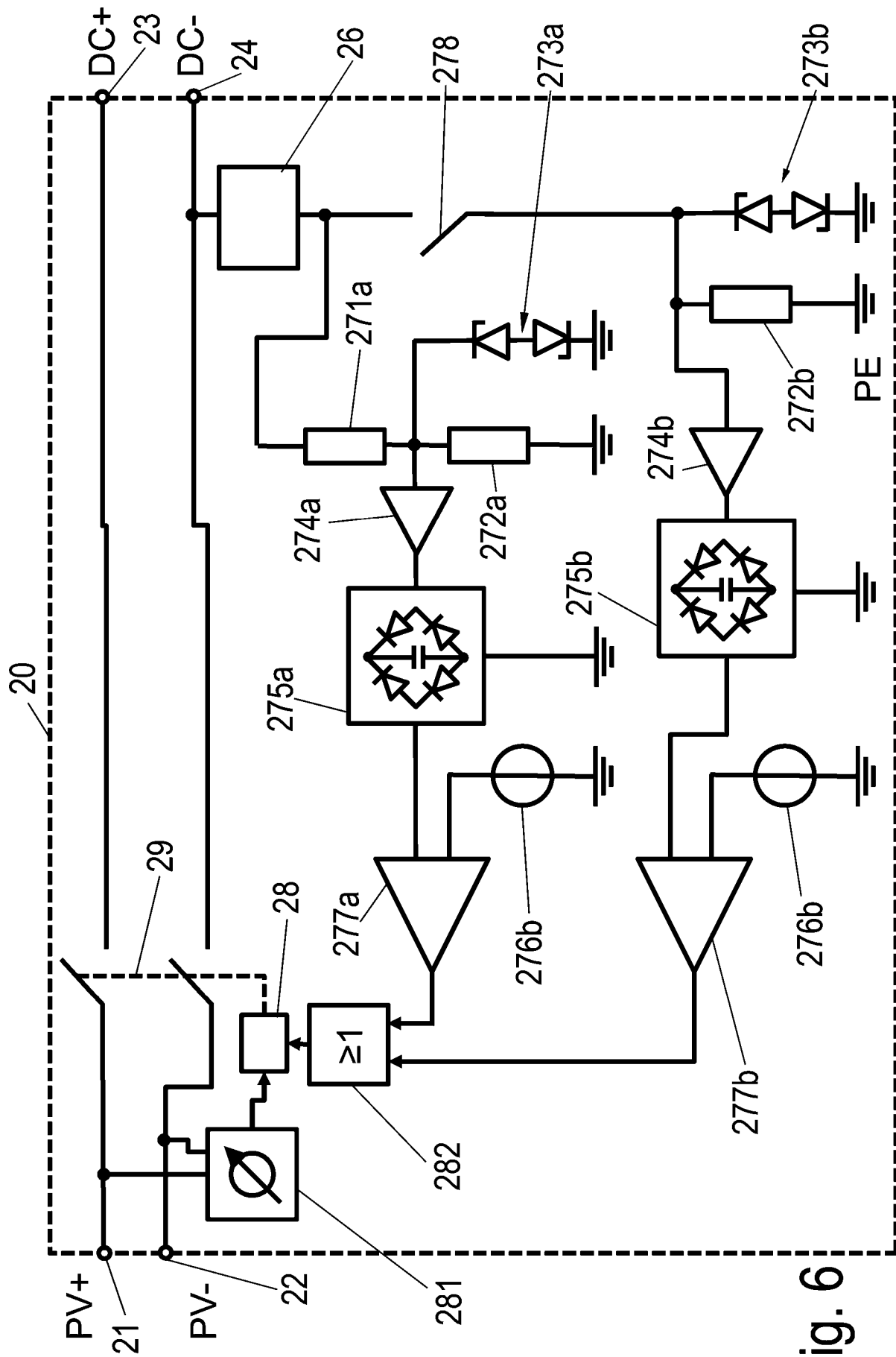


Fig. 6

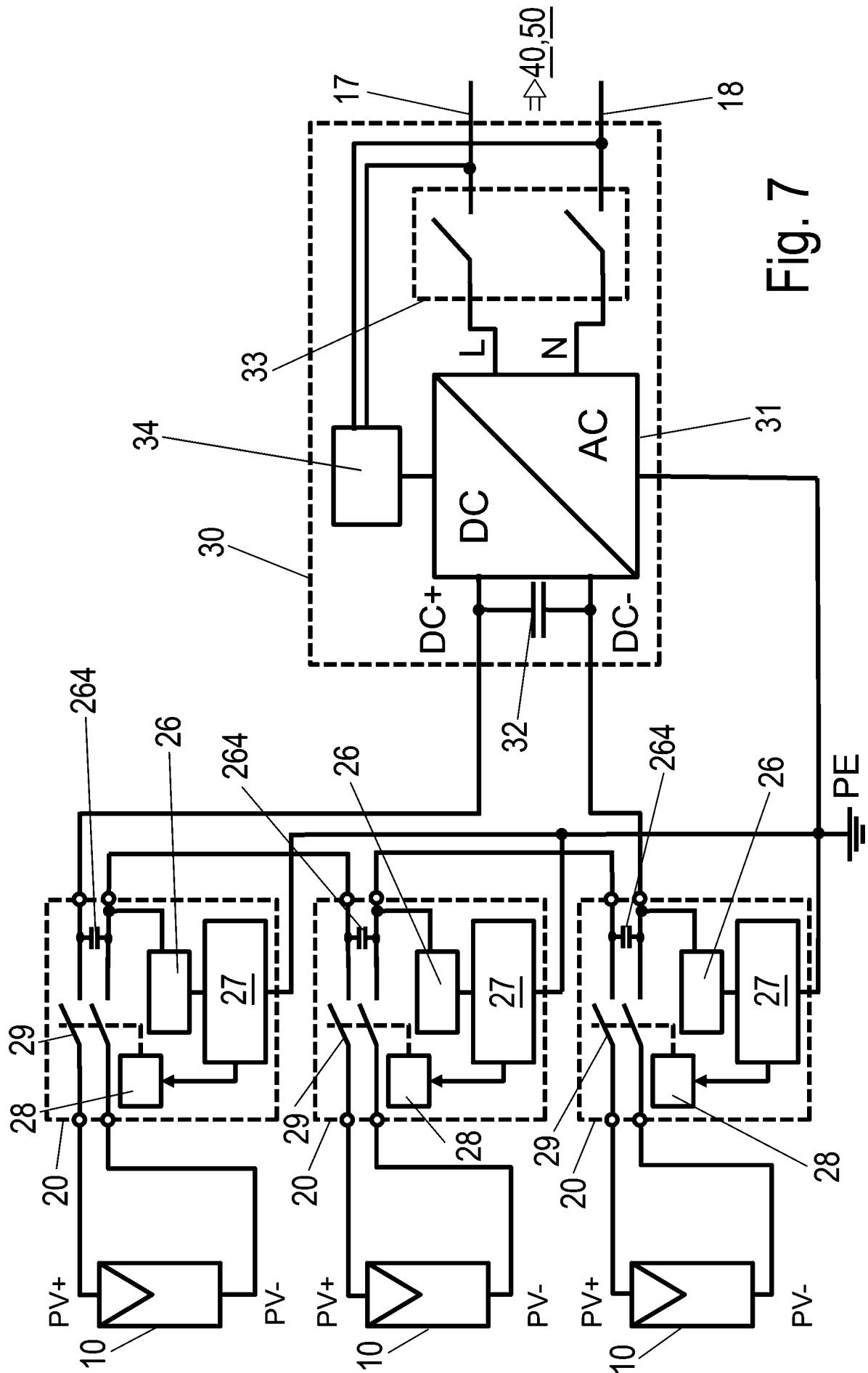


Fig. 7

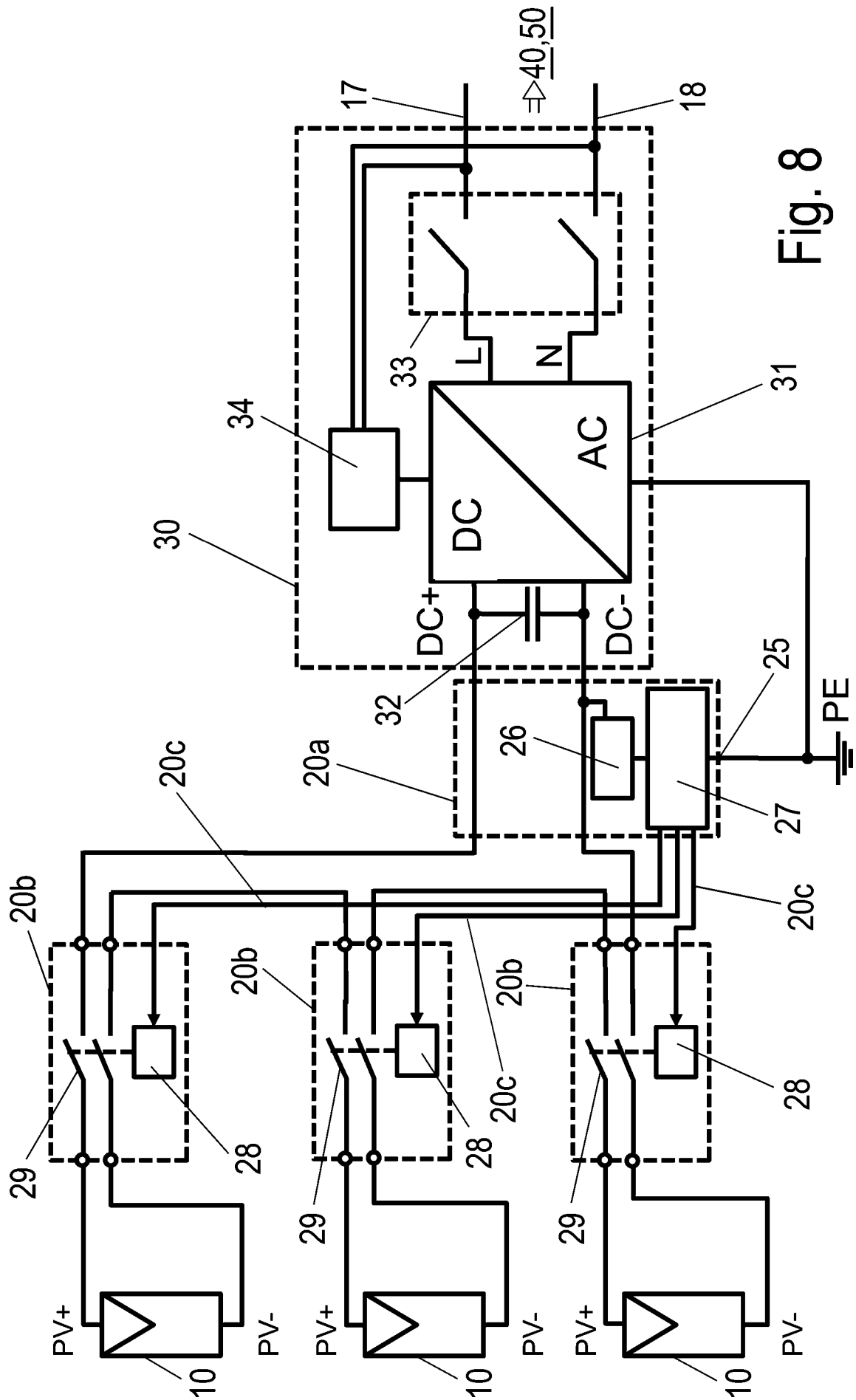


Fig. 8