

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Dezember 2024 (19.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256660 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02J 3/00 (2006.01) H02J 3/38 (2006.01)
H02H 3/16 (2006.01) G01R 31/52 (2020.01)
H02H 7/20 (2006.01) H02H 3/33 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/066608

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Juni 2024 (14.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 115 773.6
16. Juni 2023 (16.06.2023) DE

(71) Anmelder: SMA SOLAR TECHNOLOGY AG
[DE/DE]; Sonnenallee 1, 34266 Niestetal (DE).

(72) Erfinder: FALK, Andreas; Neckarweg 38, 34131 Kassel (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ENERGY PRODUCTION PLANT WITH A POWER CONVERTER UNIT

(54) Bezeichnung: ENERGIEERZEUGUNGSANLAGE MIT LEISTUNGSWANDLEREINHEIT

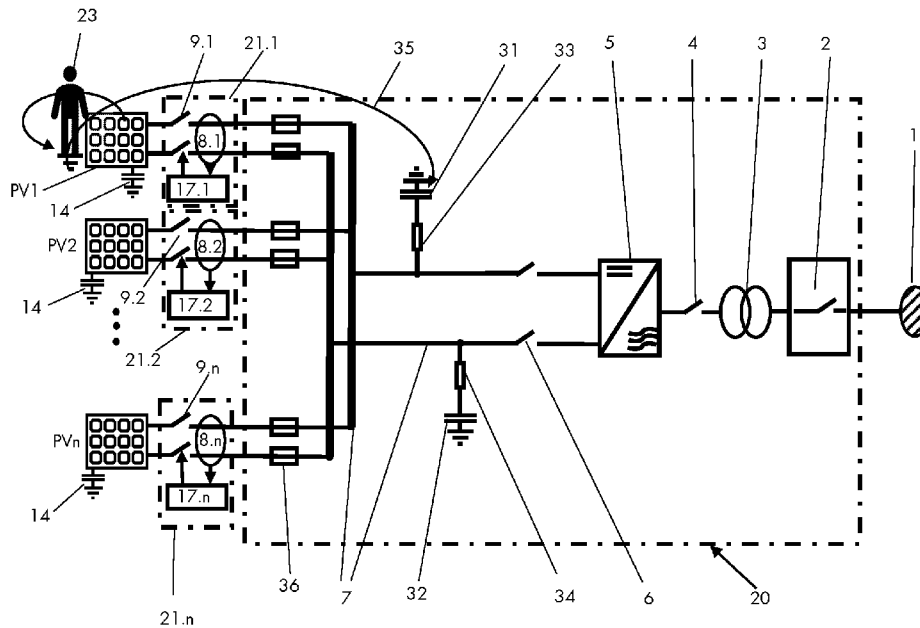


Fig. 1

(57) Abstract: The application describes an energy production plant with a power converter unit (20) for connection to a PV generator, wherein the PV generator comprises a plurality of PV main strings (PVn) which are connected in parallel and are each connected to the power converter unit (20) of the PV energy production plant via two DC input lines on the input side via a DC intermediate circuit (7), wherein the DC intermediate circuit (7) of the power converter unit (20) is electrically insulated. A monitoring unit (21.n) comprising a differential current measuring device (8.n), an isolating switch (9.n) and a controller (17.n) is assigned to each pair of DC input lines assigned to a PV main string (PVn). The controller (17.n) of the monitoring unit (21.n) is configured to switch the isolating switch (9.n) and to isolate the PV main string (PVn) after a fault has been identified by virtue of a differential current threshold value being exceeded.



WO 2024/256660 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

At least a defined discharge capacitance (31, 32) to earth is arranged, as a feedback path (35) for an earth current measurement by the differential current measuring device (8.n), at at least one pole of the DC intermediate circuit (7).

(57) Zusammenfassung: Die Anmeldung beschreibt eine Energieerzeugungsanlage mit einer Leistungswandlereinheit (20) zum Anschluss an einen PV-Generator, wobei der PV-Generator eine Mehrzahl von parallel geschalteten PV-Haupt-Strings (PVn) umfasst, die über jeweils zwei DC-Eingangsleitungen mit der Leistungswandlereinheit (20) der PV-Energieerzeugungsanlage eingangsseitig über einen DC-Zwischenkreis (7) verbunden sind, wobei der DC-Zwischenkreis (7) der Leistungswandlereinheit (20) elektrisch isoliert ausgeführt ist. Jedem Paar von einem PV-Haupt-String (PVn) zugeordneten DC-Eingangsleitungen ist eine Überwachungseinheit (21.n), umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung (8.n), einen Trennschalter (9.n) und eine Steuerung (17.n) zugeordnet. Die Steuerung (17.n) der Überwachungseinheit (21.n) ist dazu eingerichtet, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter (9.n) zu schalten und den PV-Haupt-String (PVn) zu trennen. Dabei ist an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises (7) mindestens eine definierte Ableitkapazität (31, 32) gegen Erde als Rückstrompfad (35) für eine Erdstrommessung der Differenzstrommesseinrichtung (8.n) angeordnet.

ENERGIEERZEUGUNGSANLAGE MIT LEISTUNGSWANDLEREINHEIT

Technisches Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft Energieerzeugungsanlagen mit einer Leistungswandlereinheit, die in einem ersten Aspekt einen DC/AC-Wandler umfasst, der sowohl Energie in ein Wechselspannungsnetz (AC-Netz) einspeisen kann, als auch Energie aus dem AC-Netz entnehmen kann. Weiter kann die Erfindung auch einen DC-DC-Wandler betreffen. In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist eine DC-seitige Energiequelle eine Photovoltaik-Energieerzeugungsanlage (PV-Anlage) in einer anderen Ausführungsform ist sie ein batterieelektrisches Speichersystem (BESS).

Stand der Technik

PV-Energieerzeugungsanlagen erschließen im Rahmen von Großanlagen eine immer größere Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten. Neben privater hausgebundener Energieerzeugung, also Umwandlung der von PV-Generatoren bereitgestellten DC-Gleichspannung in eine AC-Netzspannung mittels eines Wechselrichters und Versorgung eines Hausnetzes oder Einspeisung in ein öffentliches Versorgungsnetz, übernehmen PV-Kraftwerke in immer größeren Leistungsklassen als Großkraftwerke einen wesentlichen Anteil an der öffentlichen Stromversorgung. Dazu kommen weitere Anwendungen im Rahmen der allgemeinen Umstellung industrieller Vorgänge auf ökologisch nachhaltigere Verfahren. So können große PV-Energieerzeugungsanlagen, ohne Umwandlung und Bereitstellung von AC-Leistung, als DC-Quelle genutzt werden, um industrielle Anlagen wie beispielsweise Batterieparks, Fabriken, Elektrolyseure oder Meerwasserentsalzungsanlagen zu speisen und ein Gleichspannungsnetz bereitzustellen.

Eine PV-Anlage kann dabei eine Vielzahl an elektrischen Komponenten, insbesondere an PV-Modulen umfassen, die in dezentraler Weise über eine große Fläche verteilt sind. Eine Gruppe von PV-Modulen, die stringweise, also untereinander in Form einer Reihenschaltung gruppiert ist, wird auch PV-String genannt. Ein PV-Generator einer PV-Anlage kann einen oder mehrere PV-Teilgeneratoren oder Haupt-Strings aufweisen, die aus mehreren PV-Strings besteht, die mittels einer Verbindungseinrichtung, auch Combiner-Box genannt, parallel zueinander, gegebenenfalls jeweils über einen separaten DC/DC-Wandler, mit einem gemeinsamen Gleichspannungs-Zwischenkreis (DC-Zwischenkreis) eines PV-Wechselrichters oder, je nach Anwendungsfall, einer anderen

Leistungswandlereinheit, wie zum Beispiel eines DC/DC-Wandlers, verbunden sind. Jeder der PV-Teilgeneratoren kann einen oder mehrere parallel zueinander verschaltete PV-Strings aufweisen. Konstruktionsbedingt weisen die PV-Module einer PV-Anlage stets eine elektrische Kapazität gegenüber ihrer Umgebung, insbesondere gegenüber ihrer, meist geerdeten, Aufständigung auf. Diese Kapazität ist zur Funktion der PV-Anlage nicht zwingend erforderlich, ergibt sich jedoch unweigerlich aus dem mechanischen Aufbau der PV-Module. Sie wird daher oftmals als „parasitäre Kapazität“ oder „Ableitkapazität“ bezeichnet. Die parasitäre Kapazität der PV-Anlage steigt üblicherweise mit der Größe des ihr zugeordneten PV-Generators, weswegen ein leistungsstarker PV-Generator auch eine entsprechend große parasitäre Kapazität aufweist. Zudem ist die parasitäre Kapazität abhängig von Umgebungsbedingungen und steigt beispielsweise bei Regen aufgrund einer damit verbundenen feuchten Oberfläche der PV-Module und/oder einer wegen einer erhöhten Luftfeuchtigkeit geänderten Dielektrizitätskonstante der Luft weiter an.

Aufgrund der parasitären Kapazität der PV-Module gegenüber dem Erdpotential ergibt sich im normalen Betrieb der PV-Anlage stets ein mehr oder weniger starker Ableitstrom des PV-Generators gegen das Erdpotential.

Kommt es nun aufgrund eines Fehlers, z. B. einer schadhafte Leitungsisolierung, zu einem Kontakt einer geerdeten Person mit einer spannungsführenden Komponente des PV-Generators, beispielsweise der schadhafte Leitung, so ergibt sich – aufgrund des direkten Kontaktes üblicherweise sprunghaft - ein zusätzlicher Fehlerstrom gegen das Erdpotential. Da ein Fehlerstrom ab einem Wert von ca. 30 mA personengefährdend sein kann und ab ca. 300 mA brandschutzrelevant ist, ist es normativ gefordert, einen derartigen Fehlerstrom sicher zu erkennen und bei Detektion eines derartigen Fehlerstroms weitere Maßnahmen, beispielsweise ein Abschalten und/oder Kurzschließen des PV-Generators, insbesondere des betreffenden PV-Teilgenerators einzuleiten. Dabei sind in aller Regel zwei Kriterien einzuhalten. Zum einen darf der Fehlerstrom keine Sprünge, d. h. keine schnellen Anstiege über einen vergleichsweise niedrigen Grenzwert von zum Beispiel 30 mA aufweisen, um einen maximalen Personenschutz sicherzustellen. Zum anderen darf aus Brandschutz- und Anlagenschutzgründen ein insgesamt auftretender, über die Anschlussleitungen eines PV-Generators gemessener Differenzstrom, beziehungsweise kapazitiver Ableitstrom, einen deutlich höher liegenden Grenzwert von einigen 100 mA nicht überschreiten.

Aufgrund immer größer werdender Nominalleistungen von PV-Anlagen steigen auch die parasitären Kapazitäten der zugeordneten PV-Generatoren oder PV-Teilgeneratoren und somit auch die im Normalbetrieb der PV-Anlage stets vorhandenen kapazitiven Ableitströme. Der dem Ableitstrom zugeordnete Schwellwert von beispielsweise 300 mA bleibt jedoch konstant, kann allenfalls aufgrund strengerer normativer Beschränkungen noch verkleinert werden. Daher kann ein eventuell vorhandener Fehlerstrom bedeutend kleiner im Vergleich zu dem stets vorhandenen kapazitiven Ableitstrom der PV-Anlage sein. Die Detektion des Fehlerstroms wird daher aufgrund des geringen Signal-zu-Rausch-Verhältnisses und den damit verbundenen empfindlich auszulegenden Messsystemen zunehmend aufwendiger und teurer. Es ist daher wünschenswert, insbesondere auch bei größeren PV-Anlagen einen potenziell auftretenden Fehlerstrom sicher und dennoch kostengünstig detektieren zu können, insbesondere dann, wenn der potenziell auftretende Fehlerstrom klein gegen den im normalen Betrieb der PV-Anlage stets vorhandenen kapazitiven Ableitstrom ist.

Normative Vorgaben, beispielsweise die IEC 63112, schreiben bezüglich Erdschlussfehlern vor, dass PV-Energieerzeugungsanlagen ab einer gewissen Leistungsklasse entweder hinter einem Zaun in einem elektrischen Betriebsbereich betrieben werden müssen oder, wenn sie allgemein zugänglich sind, mit einem sogenannten RCD („residual current detection“) ausgestattet sein müssen, der die genannten Kriterien erfüllt.

Problematisch ist, dass die parasitäre Kapazität eines PV-Feldes, das an einem zentralen DC-Zwischenkreis einer Leistungswandlereinheit, wie beispielsweise eines Zentralwechselrichters, angeschlossen ist, so groß ist, dass falls ein Mensch oder Tier durch einen Isolationsfehler begingt einen Pol des PV-Feldes berührt, durch den großen Entladestrom geschädigt werden kann, der auftritt, wenn die gesamte Kapazität über seinen Körper umgeladen wird.

Im Falle von besonders großen PV-Feldern erfolgt eine Parallelschaltung indem einzelne PV-Generatoren zu PV-Strings zusammengeschaltet werden und diese wiederum in Verbindungseinheiten zu Teilgeneratoren, oder „Haupt-Strings“ zusammengeführt werden und die Ströme von mehreren dieser Verbindungseinheiten dann in einer DC-Sammeleinheit, wie beispielsweise einer DC-Sammelschiene oder einem gemeinsamen DC-Zwischenkreis zusammengeführt werden, bevor sie einer

Leistungswandlereinheit, wie beispielsweise einem Wechselrichter oder einem DC/DC-Wandler zugeführt werden. RCDs, die eine Fehlerüberwachung durchführen und bevorzugt auch eine Fehlertrenneinrichtung umfassen, sind bevorzugt in den Verbindungseinheiten angeordnet, um gezielt einen Teilgenerator zu überwachen und im Bedarfsfall trennen zu können. Die Erdschlussfehlerüberwachung in den RCDs erfolgt dabei in der Regel über eine Differenzstrommessung der DC- und DC+ Zuleitungen der einzelnen PV-Teilgeneratoren. Damit ein RCD eingesetzt werden kann, muss der ungewollte Erdstrom zumindest teilweise an dem RCD vorbeifließen können. Das kann nur dann geschehen, wenn auf der dem Fehler abgewandten Seite des RCDs eine Erdverbindung besteht, also insbesondere, wenn das PV-Feld, genauer der DC-Zwischenkreis, geerdet, also nicht floatend oder nicht isoliert ausgeführt ist.

Für viele Anwendungen ist aber ein isolierter Aufbau der DC-Sammelschiene, beziehungsweise des DC-Zwischenkreises der Leistungswandlereinheit, eine Grundvoraussetzung, beispielsweise bei einer DC-Kopplung mit Batterien parallel zur PV-Spannung.

Für viele derartige Anwendungen ist es deshalb derzeit nicht möglich eine Bauweise mit einem zentralen DC-Zwischenkreis, beziehungsweise einer zentralen Leistungswandlereinheit, ohne umzäunten Sicherheitsschutzbereich und nur mit RCD-Überwachung zu realisieren.

Bei besonders großen PV-Anlagen besteht daher eine erhöhte Schwierigkeit, einen Fehlerstrom zu extrahieren, um ihn auf das Einhalten eines niedrigen Grenzwertes und kurzfristige Anstiege zu überwachen.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine PV-Energieerzeugungsanlage bereitzustellen, die auch bei großer elektrischer Leistung und entsprechend großer Kapazität angeschlossener PV-Generatoren eine verbesserte Fehlerstromüberwachung bereitstellt.

Lösung

Die Aufgabe wird durch eine Energieerzeugungsanlage mit einer Leistungswandlereinheit mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1

und durch ein Batterie-elektrisches Speichersystem mit einer Leistungswandlereinheit nach Anspruch 16 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 15 wiedergegeben.

Beschreibung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Energieerzeugungsanlage umfasst eine Leistungswandlereinheit zum Anschluss an einen PV-Generator, wobei der PV-Generator eine Mehrzahl von parallel geschalteten PV-Haupt-Strings umfasst, die über jeweils zwei DC-Eingangsleitungen mit der Leistungswandlereinheit der Energieerzeugungsanlage eingangsseitig über einen DC-Zwischenkreis verbunden sind, wobei der DC-Zwischenkreis der Leistungswandlereinheit elektrisch isoliert ausgeführt ist, wobei jedem Paar von einem PV-Haupt-String zugeordneten DC-Eingangsleitungen eine Überwachungseinheit, umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung, einen Trennschalter und eine Steuerung zugeordnet ist, wobei die Steuerung der Überwachungseinheit dazu eingerichtet ist, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter zu schalten und den PV-Haupt-String zu trennen, wobei an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises mindestens eine definierte Ableitkapazität gegen Erde als Rückstrompfad für eine Erdstrommessung der Differenzstrommesseinrichtung angeordnet ist.

Auf diese Weise wird ermöglicht, dass eine Überwachungseinheit in jedem Fall dazu in der Lage ist, über den durch die definierte Ableitkapazität definierten Rückstrompfad auszulösen, so dass durch die Differenzstrommesseinrichtung ein ungewollter Fehlerstrom detektiert werden kann. Die Ableitkapazitäten sind dabei derart definiert und dimensioniert, dass der isolierte (oder floatende) Aufbau der Anlage gewährleistet ist und ein natürlich vorhandener, über die parasitären Kapazitäten der einzelnen Teilgeneratoren auftretender Ableitstrom von einem ungewollten Fehlerstrom unterscheidbar ist. Die den Teilgeneratoren zugeordneten Differenzstrommesseinrichtungen können somit eine Differenz zwischen einem Eingangsstrom in einen Teilgenerator und einem Rückstrom detektieren, der ansonsten über eine Fehlerstelle an dem betroffenen Teilgenerator gegen Erde abfließt. Die beschriebene Überwachungseinheit, die eine Differenzstrommesseinrichtung, einen Trennschalter und eine Steuerung umfasst, wird auch RCD („residual current detection and interruption“) genannt. Der Begriff RCD

wird im Folgenden auch synonym für die Baugruppe der Überwachungseinheit verwendet.

Die parasitären Kapazitäten der nicht-fehlerbehafteten Teilgeneratoren sind in der Regel nicht ausreichend groß, dass ein Umladestrom über ebendiese parasitären Kapazitäten fließen kann und so lange andauert, dass der RCD im Fehlerpfad ausgelöst wird, bevor alle Kapazitäten eine neue stationäre Spannung gegen Erde angenommen haben.

Zudem ist die parasitäre Kapazität nicht eindeutig definiert, sondern abhängig von den Umgebungsbedingungen, Verschmutzungen und dem allgemeinen Zustand der PV-Module. Bei neuen, trockenen PV-Modulen sind diese parasitären Kapazitäten so klein, dass ein benötigtes Auslösen eines RCD eines fehlerbehafteten Teilgenerators nicht gelingen würde. Durch eine ausreichend große Dimensionierung der Ableitkapazitäten auf der dem Fehler abgewandten Seite des RCD, kann ein Umladestrom über die definierten Ableitkapazitäten fließen und so lange andauern, bis alle beteiligten Kapazitäten eine neue stationäre Spannung gegen Erde angenommen haben. Das reicht aus, um den RCD im Fehlerpfad auszulösen.

Das Trennen mittels des Trennschalters der Überwachungseinrichtung nach Fehlererkennung durch die Differenzstrommesseinrichtung wird erst nach Überschreiten eines definierten Differenzstromschwellwertes ausgelöst. Das ermöglicht einerseits eine Anpassung an normative Vorgaben bezüglich eines erlaubten Fehlerstroms, beispielsweise im Absolutwert oder in der Dynamik einer schnellen Änderung, andererseits wird verhindert, dass ein Auslösen bereits bei kleinen Strömen, die über die parasitären Kapazitäten der nicht-fehlerbehafteten Teilgeneratoren eingetragen werden, geschieht.

Eine erfindungsgemäße Energieerzeugungsanlage ist bevorzugt durch eine Photovoltaik-(PV-)Energieerzeugungsanlage gebildet, die über eine Mehrzahl parallel geschalteter PV-Hauptstrings verfügt. Diese sind über DC-Eingangsleitungen mit einem DC-Zwischenkreis, beispielsweise einer DC-Sammelleitung oder Sammelschiene der Leistungswandlereinheit, verbunden. Im Rahmen der Erfindung können Eingangsleitungen zusammen mit einer Sammelschiene auch als Teil des DC-Zwischenkreises angesehen werden. Die Leistungswandlereinheit kann je nach Anwendungsfall unterschiedlich realisiert sein. So kann die Leistungswandlereinheit

durch einen DC/AC-Zentralwechselrichter gebildet sein, der dazu eingerichtet ist, die aus der DC-Energiequelle, also beispielsweise den PV-Generatoren, bereitgestellte Energie zu wandeln und in ein Wechselspannungsnetz (AC-Netz) einzuspeisen und/oder auch Energie aus dem AC-Netz zu entnehmen. Dabei kann der Wechselrichter einstufig oder mehrstufig ausgeführt sein, beispielsweise weitere DC/AC oder DC/DC-Wandlerstufen umfassen. Um einen Rückstrompfad bereitstellen zu können, müssen die definierten Ableitkapazitäten dabei DC-seitig zwischen dem Leistungswandler und den Überwachungseinheiten der Teilgeneratoren am DC-Zwischenkreis angeordnet sein. Dabei muss mindestens eine Ableitkapazität an mindesten einem Pol des DC-Zwischenkreises vorhanden sein, damit die erfindungsgemäße Wirkung eintreten kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen angegeben, deren Merkmale einzeln und in beliebiger Kombination miteinander angewendet werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind mehr als eine Ableitkapazität an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises angeordnet. Dies führt zu einer verbesserten Ausfallsicherheit und Redundanz.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die mindestens eine Ableitkapazität ausschließlich oder zusätzlich an einem oder mehreren Zwischenpotentialen des DC-Zwischenkreises angeordnet. Insbesondere kann eine Ableitkapazität an einem Zwischenkreis-Mittelpunkt angeordnet sein. Das ist besonders vorteilhaft bei Leistungswandlereinheiten mit symmetrischen Topologien.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Ableitkapazitäten zusätzlich mit in Serie geschalteten Dämpfungswiderständen verschaltet. Diese sorgen in vorteilhafter Weise dafür, dass Umladeströme über eine ausreichend lange Zeit fließen können, so dass die Auslösezeit des RCD bei einem auftretenden gefährlichen Fehlerstrom nicht unterschritten wird, dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass die Dämpfungswiderstände zwischen 10 Ohm bis 2,5 kOhm betragen. Auf diese Weise können die definierten Ableitkapazitäten genauer auf die Gegebenheiten der Anlage angepasst werden. Zudem werden

dadurch störende Wechselwirkungen mit eventuell ebenfalls vorhandenen EMV-Entstörkondensatoren vermieden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die definierten Ableitkapazitäten deutlich kleiner dimensioniert als die maximale Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde, bevorzugt kleiner als 10%, besonders bevorzugt kleiner als 3% der Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde. Insbesondere sind die Ableitkapazitäten deutlich kleiner dimensioniert in Bezug zur maximalen Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde im ungünstigsten Betriebspunkt des PV-Generators. Auf diese Weise vergrößern die Ableitkapazitäten die Gesamtkapazität der Anlage nur sehr geringfügig und haben daher auch nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wirkungsgrad der PV-Anlage.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Differenzstromschwellwert der Überwachungseinheit kleiner oder gleich 300 mA und zusätzlich werden plötzliche Änderungen im Bereich von 30 bis 150 mA überwacht. Ein Wert von 300 mA als Grenzwert für den Fehlerstrom erfüllt gängige normative Brandschutzvorgaben, wie sie beispielsweise für Photovoltaikanlagen im Agrarbereich gefordert sind. Plötzliche Änderungen im Bereich von 30 bis 150 mA sind gemäß der Norm IEC 62109-2 zu überwachen. Auf diese Weise wird ein sicherer Betrieb der Anlage ermöglicht für Anwendungsfelder, die bisher isolierten PV-Energieerzeugungsanlagen nicht zugänglich waren.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung weist der DC-Zwischenkreis einen DC-Trennschalter auf, wobei die Ableitkapazitäten auf der Seite des DC-Trennschalters angeordnet sind, die der PV-Eingangsseite der Leistungswandlereinheit zugewandt ist. In vielen großen Anlagen ist es vorgesehen oder gar gefordert, dass die Leistungswandlereinheit über einen DC-Trennschalter verfügt, welcher den Zwischenkreis, oder die Zuleitung der Leistungswandlereinheit, von der Gesamtheit der PV-Generatoren trennt. Zum Beispiel zu Diagnose- oder Wartungszwecken, oder in Anlagen, in denen mehrere Komponenten parallel auf den gleichen Zwischenkreis geschaltet sind. Damit eine lückenlose Überwachung auf Fehlerstellen möglich ist, ist eine Ableitkapazität bevorzugt zwischen der PV-Eingangsseite und dem DC-Trennschalter angeordnet. Auf diese Weise kann eine Überwachung auch bei geöffnetem DC-Trennschalter fortgeführt werden, beispielsweise in Fällen, in denen die PV-Module dennoch Spannung führen.

In einer Ausbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Leistungswandlereinheit durch eine Zentralwechselrichtereinheit gebildet, die über einen AC-Trennschalter, einen Transformator und einer Netzzuschaltvorrichtung ausgangsseitig mit einem Wechselspannungsnetz zur Bereitstellung von elektrischer Leistung verbunden ist. In diesem Anwendungsfall ist die PV-Energieerzeugungsanlage zur Energieeinspeisung in ein Wechselspannungsnetz ausgebildet.

In einer weiteren Ausführung der Vorrichtung ist zusätzlich ein elektrisch isoliertes Batterie-elektrisches Speichersystem (BESS) vorgesehen, das auf der dem DC-Trennschalter abgewandten Seite mit dem DC-Zwischenkreis verbunden ist. Dabei ist den DC-Eingangsleitungen die dem Batterie-elektrischen Speichersystem zugeordnet sind, oder an Teilbatterien des Speichersystems, eine weitere Überwachungseinheit mit einer Differenzstrommesseinrichtung, einem Trennschalter und einer Steuerung zugeordnet, wobei die Steuerung der Überwachungseinheit dazu eingerichtet ist, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwelles, den Trennschalter zu schalten und das Batterie-elektrische Speichersystem zu trennen, wobei auf der dem DC-Trennschalter abgewandten Seite des DC-Zwischenkreises weitere Ableitkondensatoren angeordnet sein können. Dabei kann die Differenzstrommesseinrichtung aus einer Vielzahl p von einzelnen Differenzstrommesseinrichtungen bestehen, die jeweils einer Teilbatterie, bevorzugt einem Batterierack, zugeordnet sind. Entsprechend können bevorzugt auch bis zu p Trennschalter und Steuerungen vorgesehen sein. Entsprechende Batterie-elektrische Speichersysteme sind vorteilhaft elektrisch isoliert aufgebaut, wodurch sich auch hier die gleiche Problematik der Ableitstromüberwachung ergibt. Auf diese Weise kann die von dem PV-Generator erzeugte Leistung zum Laden der Teilbatterien des BESS verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann, für den Fall, dass der PV-Generator durch den DC-Trennschalter von der Leistungswandlereinheit getrennt ist, eine Bereitstellung von elektrischer Energie ausschließlich über das BESS erfolgen.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass auch die Ableitkapazitäten des Batterie-elektrischen Speichersystems zusätzlich mit in Serie geschalteten Dämpfungswiderständen verschaltet sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Überwachungseinheiten an DC-Eingangsleitungen angeordnet, die innerhalb eines Gehäuses der Leistungswandlereinheit angeordnet und somit Teil der Leistungswandlereinheit sind.

In einer alternativen Ausführungsform sind die Überwachungseinheiten an DC-Eingangsleitungen angeordnet, die Teil einer Verbindungseinrichtung sind, die jedem Hauptstring zugeordnet sind und die eine Mehrzahl von PV-Strings zu einem Hauptstring verbinden, wobei die Verbindungseinrichtung (auch *Combiner-Box* genannt) außerhalb eines Gehäuses der Leistungswandlereinheit angeordnet ist. Diese dezentrale Anordnung ist insbesondere vorteilhaft für große Anlagen mit einer Vielzahl von Hauptstrings beziehungsweise für eine vereinfachte Aufstockung der Anlage oder Austauschbarkeit der einzelnen Komponenten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind mehrere Überwachungseinheiten vorgesehen und jedem einzelnen PV-String des PV-Haupt-Strings ist jeweils eine Überwachungseinheit zugeordnet. So kann in vorteilhafter Weise eine kleinteiligere Überwachung bereitgestellt werden, indem im Fehlerfall nicht der ganze Teilgenerator getrennt wird, sondern nur einzelne Strings des Teilgenerators und die nicht-fehlerbehafteten Strings weiterhin bereitstehen.

Weiter bevorzugt ist es, dass bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Ausfallüberwachung der Ableitkondensatoren durch eine Impedanzmessung oder eine Spannungsmessung durchführbar ist. Falls mehrere Ableitkondensatoren an einem DC-Zwischenkreis angeordnet sind, beispielsweise einer an einem Plus-Pol, einer an einem Minus-Pol und weitere an Zwischenpotentialen, kann die Auslegung derart erfolgen, dass bei einem Ausfall eines Ableitkondensators, dessen Funktion durch die anderen Ableitkondensatoren kompensiert wird.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung ist die Energieerzeugungsanlage ohne PV-Generator ausgeführt und lediglich ein Batterie-elektrisches Speichersystem ist als Gleichstromquelle vorhanden.

Das Gesamtsystem aus Batterie-elektrischem Speichersystem und Leistungswandlereinheit umfasst eine Mehrzahl von parallel geschalteten Teilbatterien, mit einem DC-Zwischenkreis der Leistungswandlereinheit verbunden sind, wobei der DC-Zwischenkreis der Leistungswandlereinheit elektrisch isoliert

ausgeführt ist. Dabei ist jeder Teilbatterie eine Überwachungseinheit, umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung, einen Trennschalter und eine Steuerung zugeordnet. Die Steuerung der Überwachungseinheit ist dazu eingerichtet, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter zu schalten und die Teilbatterie zu trennen, wobei an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises mindestens eine definierte Ableitkapazität gegen Erde als Rückstrompfad für eine Erdstrommessung der Differenzstrommesseinrichtung angeordnet ist. Die Funktionsweise und weiteren Ausführungsformen der einzelnen Komponenten entsprechen denen der Ausführung mit einem PV-Generator, so dass an dieser Stelle auf die entsprechenden vorangehenden Ausführungen diesbezüglich verwiesen wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen. Ohne dass hierdurch der Gegenstand der beigefügten Patentansprüche verändert wird, gilt hinsichtlich des Offenbarungsgehalts der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents Folgendes: weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere der relativen Anordnung und Wirkverbindung mehrerer Bauteile - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen.

Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also beispielsweise von einem Element die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Element, zwei Elemente

oder mehr Elemente vorhanden sind. Diese Merkmale können durch andere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, aus denen das jeweilige Erzeugnis besteht.

Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

Kurzbeschreibung der Figuren

Im Folgenden wird die Erfindung mithilfe von Figuren dargestellt. Von diesen zeigen

Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Batterie-elektrischen System.

Figurenbeschreibung

In **Fig. 1** ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen PV-Energieerzeugungsanlage dargestellt. Die PV-Energieerzeugungsanlage umfasst als Ausführungsform für einen Gleichstromgenerator einen Photovoltaikgenerator, der durch mehrere PV-Hauptstrings PV1, PV2...PVn gebildet ist. Jeder PV-Hauptstring PV1 bis PVn weist mehrere in Reihe geschaltete PV-Module oder mehrere PV-Strings, die wiederum aus mehreren in PV-Modulen bestehen, auf. Die PV-Hauptstrings PV1 bis PVn sind hinsichtlich Anzahl und Typ der PV-Module ähnlich, insbesondere gleich ausgebildet. Zusätzlich sind die PV-Hauptstrings PVn so nah beieinander angeordnet, dass sie zumindest ähnlichen Umgebungsbedingungen hinsichtlich Einstrahlung und Temperatur unterworfen sind. Eine Leistungswandlereinheit 20 ist exemplarisch als sogenannter Multistringwechselrichter ausgebildet. Hierzu weist er mindestens so viele DC-Eingänge für DC-Leitungen auf, wie es PV-Hauptstrings PVn in der Anlage gibt. Die DC-Eingänge sind bevorzugt über Paare von Sicherungen 36 abgesichert. Die einzelnen PV-Hauptstrings PVn sind, beispielsweise über DC-Sammelschienen, auf einen gemeinsamen DC-Zwischenkreis 7 parallelgeschaltet. Dieser DC-Zwischenkreis 7 kann beispielsweise auch durch einen geteilten Mittelpunktzwischenkreis gebildet sein. Der gemeinsame DC-Zwischenkreis 7 ist

wiederum mit einer DC-Seite eines DC/AC-Wandlers 5 der Leistungswandlereinheit 20 verbunden. Dabei ist bevorzugt auch ein DC-Trennschalter 6 vorgesehen, welcher im Bedarfsfall den gesamten PV-Generator vom DC/AC-Wandler 5 trennen kann. An die AC-Seite des in Fig. 1 exemplarisch dreiphasig ausgelegten DC/AC-Wandlers 5 ist ein ebenfalls dreiphasig ausgelegtes Wechsellspannungs-(AC-)Netz 1, beispielsweise ein Mittelspannungsnetz, über einen AC-Trennschalter 4, ein Trafo 3, insbesondere ein Mittelspannungstransformator und eine Netzzuschaltvorrichtung 2 angeschlossen. Es ist exemplarisch ein einstufiger DC/AC-Wandler 5 gezeigt. Dieser kann im Rahmen der Erfindung auch als mehrstufiger Wandler, beispielsweise mit zusätzlichen DC/DC-Stufen und sowohl unidirektional als auch bidirektional ausgeführt sein. Eine Steuerungseinheit (nicht gezeigt) der Leistungswandlereinheit 20 steuert die Schalter des DC/AC-Wandlers 5 zur gewünschten Spannungswandlung an. Weitere Komponenten wie beispielsweise EMV-Filter und Netzfilter sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Insbesondere ist die PV-Anlage, insbesondere der DC-Zwischenkreis 7, isoliert, beziehungsweise floatend, ohne festes Potential gegenüber Erde ausgebildet und über den Trafo 3 galvanisch vom AC-Netz 1 getrennt.

Zur Überwachung der Leistungswandlereinheit 20 auf das Auftreten kritischer Fehlerströme, die einen Hinweis auf Erdschlussfehler im Bereich der PV-Strings und ihrer Parallelschaltung geben, sind mehrere Überwachungseinheiten 21.1 bis 21.n vorgesehen, sogenannte RCDs (*residual current detection and interruption*). Diese umfassen jeweils eine Differenzstrommesseinrichtung 8.1 bis 8.n, einen Trennschalter 9.1 bis 9.n und eine Steuerung 17.1 bis 17.n. diese sind jeweils den PV-Hauptstrings PV1 bis PVn zugeordnet. Mit den Differenzstrommesseinrichtungen 8.1 bis 8.n wird jeweils der Differenzstrom über ein paar von Eingangsleitungen eines PV-Hauptstrings PV1 bis PVn erfasst. Die Überwachungseinheiten 21.1 bis 21.n können dabei als Teil der Leistungswandlereinheit 20, beispielsweise innerhalb eines Containergehäuses der Leistungswandlereinheit 20 oder extern ausgebildet sein, beispielsweise in einer Verbindungseinheit oder Combiner-Box, in der einzelne PV-Module oder PV-Strings zu einem PV-Hauptstring PVn zusammengeschaltet sind und in der auch noch weitere Überwachungs- und Sicherungskomponenten angeordnet sein können.

Die einzelnen PV-Hauptstrings PV1 bis PVn weisen eine parasitäre Kapazität 14 gegenüber dem Erdpotential auf, die jeweils unterschiedlich sein kann. Über die parasitären Kapazitäten 14 fließen stets Ableitströme in Richtung Erdpotential. Dabei

handelt es sich um kapazitive Blindströme. Die Ableitströme sind zusammen mit den parasitären Kapazitäten 14 von den Umgebungsbedingungen der PV-Strings wie Feuchtigkeit, Temperatur, Niederschlag, oder ähnlichem abhängig. Sie können sich zeitlich gegebenenfalls stark, wenn auch zeitlich eher langsam ändern. Allerdings ändern sie sich dabei für die ähnlichen PV-Hauptstrings PV1 bis PVn in ähnlicher Weise.

Im Fehlerfall, zum Beispiel wenn eine geerdete Person 23 einen Kontakt zwischen einem der PV-Module, in Fig. 1 beispielhaft für PV-Hauptstring PV1 dargestellt, und dem Erdpotential herstellt, fließt zusätzlich zu dem Ableitstrom an demjenigen PV-String, an dem der Fehlerfall verursacht wurde, ein Fehlerstrom gegen das Erdpotential.

Für den Schutz gegen elektrischen Schlag von Personen 23 müssen nun plötzliche Änderungen der Ströme detektiert werden können, wie sie durch das Fließen lebensgefährlicher Ströme durch menschliche Körper von Personen 23 entstehen können. Derartige Fehlerströme sind bereits bei Stromstärken lebensgefährlich, die deutlich unter den üblichen Stromstärken der ungefährlichen kapazitiven Ableitströme liegen können.

Eine derartige Überwachung kann über die Differenzstrommesseinrichtungen 8.1 bis 8.n nur dann verlässlich ermittelt werden, wenn eine Stromdifferenz an den beiden überwachten Leitungen eines PV-Hauptstrings auftritt. In Fig.1 ist das am Beispiel des PV-Hauptstrings PV1 dargestellt. Um die über die Ableitkapazitäten 14 und, im Fehlerfall, über die geerdete Person 23 abfließenden Ströme erkennen zu können, wird ein Rückstrompfad benötigt, der allerdings bei einem isolierten Aufbau des DC-Zwischenkreises 7 nicht vorliegt. Aus diesem Grund werden definierte Ableitkapazitäten 31, 32 vorgesehen, durch welche ein Rückstrompfad 35 bereitgestellt wird. Diese sind an mindestens einem Pol des Zwischenkreises 7, beispielsweise am Pluspol, am Minuspol, oder an einem möglichen Mittelpunkt, falls vorhanden. Dabei können definierte Ableitkapazitäten 31, 32 auch, wie in Fig. 1 dargestellt, zur Erhöhung der Sicherheit an mehreren Stellen, hier sowohl am Plus- als auch am Minuspol, vorgesehen sein. Die Ableitkondensatoren sind dabei auf derjenigen Seite des DC-Trennschalters 6 angeordnet, die dem PV-Generator zugewandt ist. Damit ist auch eine Überwachung bei geöffnetem DC-Trennschalter 6 möglich.

Nur auf diese Weise wird für einen isolierten, bzw. floatenden Aufbau ein definierter Rückstrompfad 35 bereitgestellt, der nicht von Umgebungsbedingungen abhängt, wie im Fall der parasitären Kapazitäten 14. Durch die Differenzstrommesseinrichtung 8.1 kann nun eine plötzliche Änderung der üblichen Ableitströme und/oder eine Überschreitung eines festgelegten Grenzwertes festgestellt werden. Dieses Signal wird an die Steuerung 17.1 gesendet, die daraufhin den Trennschalter 9.1 auslöst, und den fehlerbehafteten PV-Hauptstring PV1 trennt.

Der Differenzstromschwellewert der Überwachungseinheit 21.1 ist bevorzugt kleiner oder gleich 300 mA und zusätzlich werden plötzliche Änderungen im Bereich von 30 bis 150 mA überwacht. Die definierten Ableitkapazitäten 31, 32 sind deutlich kleiner dimensioniert als die maximale Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde, bevorzugt kleiner als 10%, besonders bevorzugt kleiner als 3% der Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde. Auf diese Weise vergrößern die Ableitkapazitäten die Gesamtkapazität der Anlage nur sehr geringfügig und haben daher auch nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wirkungsgrad der PV-Anlage.

Zusätzlich sind die definierten Ableitkapazitäten mit in Serie geschalteten Dämpfungswiderständen 33, 34 verschaltet, damit Umladeströme über eine ausreichend lange Zeit fließen können, so dass die Auslösezeit des RCD bei einem auftretenden gefährlichen Fehlerstrom nicht unterschritten wird. Diese betragen beispielsweise zwischen 10 Ohm bis 2,5 kOhm.

In **Fig. 2** ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen PV-Energieerzeugungsanlage dargestellt, die im Wesentlichen der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform entsprechen. Deshalb sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Details der Ausführungsform erklärt und mit Referenznummern versehen, die bereits in der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform erläutert sind und eindeutig erkennbar identisch mit dieser sind. Zusätzlich zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist ein elektrisch isoliertes Batterie-elektrisches Speichersystem (BESS) 37 vorgesehen, das zwischen dem DC-Trennschalter 6 und dem DC/AC-Wandler 5 mit dem DC-Zwischenkreis 7 über einen DC/DC-Wandler 38 verbunden ist. Dabei ist den DC-Eingangsleitungen, die dem Batterie-elektrischen Speichersystem 37 zugeordnet sind, oder an Teilbatterien des Speichersystems 37, eine weitere Überwachungseinheit 21' mit einer Differenzstrommesseinrichtung 8', einem

Trennschalter 9' und einer Steuerung 17' zugeordnet. Die Steuerung 17' der Überwachungseinheit 21' ist in analoger Weise, wie die Überwachungseinheiten 21.1 bis 21.n des PV-Generators dazu eingerichtet, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter 9' zu schalten und das Batterie-elektrische Speichersystem 37 zu trennen, wobei auf der dem DC-Trennschalter 6 abgewandten Seite des DC-Zwischenkreises 7 weitere definierte Ableitkondensatoren 31', 32' sowie Dämpfungswiderstände 33', 34' angeordnet sind. Dabei kann die Differenzstrommesseinrichtung 8' aus einer Vielzahl p von einzelnen Differenzstrommesseinrichtungen 8' bestehen, die jeweils einer Teilbatterie, bevorzugt einem Batterierack, zugeordnet sind. Entsprechend können bevorzugt auch bis zu p Trennschalter 9' und Steuerungen 17' vorgesehen sein. Entsprechende Batterie-elektrische Speichersysteme sind zumeist ebenfalls elektrisch isoliert aufgebaut, wodurch sich auch hier die gleiche Problematik der Ableitstromüberwachung ergibt. Auf diese Weise kann die von dem PV-Generator erzeugte Leistung zum Laden der Teilbatterien des BESS verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich erfolgt, für den Fall, dass der PV-Generator durch den DC-Trennschalter 6 von der Leistungswandlereinheit 20 getrennt ist, eine Bereitstellung von elektrischer Energie ausschließlich über das BESS 37.

Bezugszeichenliste

1	Wechselspannungsnetz
2	Netzzuschaltvorrichtung
3	Trafo
4	AC-Trennschalter
5	DC/AC-Wandler
6	DC-Trennschalter
7	DC-Zwischenkreis/Sammelstromschiene
8.1 – 8.n, 8'	Differenzstrommesseinrichtung
9.1 – 9.n, 9'	Stringtrennschalter
13	Erdung
14	Parasitäre Kapazität
17.1 – 17.n, 17'	RCD-Steuerung
20	Leistungswandlereinheit
21	Überwachungseinheit
23	Person
31,32,31',32'	Definierte Ableitkapazität
33,34,33',34'	Dämpfungswiderstände
35	Rückstrompfad
36	Sicherungen
37	Batterie-elektrisches Speichersystem (BESS)
38	DC/DC-Wandler
PV1 – PVn	Teilgeneratoren/PV-Haupt-String

Patentansprüche

1. Energieerzeugungsanlage mit einer Leistungswandlereinheit (20) zum Anschluss an einen PV-Generator, wobei der PV-Generator eine Mehrzahl von parallel geschalteten PV-Haupt-Strings (PVn) umfasst, die über jeweils zwei DC-Eingangsleitungen mit der Leistungswandlereinheit (20) der PV-Energieerzeugungsanlage eingangsseitig über einen DC-Zwischenkreis (7) verbunden sind, wobei der DC-Zwischenkreis (7) der Leistungswandlereinheit (20) elektrisch isoliert ausgeführt ist, wobei jedem Paar von einem PV-Haupt-String (PVn) zugeordneten DC-Eingangsleitungen eine Überwachungseinheit (21.n), umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung (8.n), ein Trennschalter (9.n) und eine Steuerung (17.n) zugeordnet ist, wobei die Steuerung (17.n) der Überwachungseinheit (21.n) dazu eingerichtet ist, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter (9.n) zu schalten und den PV-Haupt-String (PVn) zu trennen, wobei an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises (7) mindestens eine definierte Ableitkapazität (31, 32) gegen Erde als Rückstrompfad (35) für eine Erdstrommessung der Differenzstrommesseinrichtung (8.n) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mehr als eine Ableitkapazität (31, 32) an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises (7) angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mindestens eine Ableitkapazität (31, 32) ausschließlich oder zusätzlich an einem oder mehreren Zwischenpotentialen des DC-Zwischenkreises (7) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Ableitkapazitäten (31, 32) zusätzlich mit in Serie geschalteten Dämpfungswiderständen (33, 34) verschaltet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Dämpfungswiderstände (33, 34) zwischen 10 Ohm bis 2,5 kOhm betragen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Ableitkapazitäten (31, 32) deutlich kleiner als die maximale Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde sind,

bevorzugt kleiner als 10%, besonders bevorzugt kleiner als 3% der Gesamtkapazität des PV-Generators gegen Erde.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Differenzstromschwellwert der Überwachungseinheit (21.n) kleiner oder gleich 300 mA ist und plötzliche Änderungen im Bereich von 30 bis 150 mA erfassbar sind.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der DC-Zwischenkreis (7) einen DC-Trennschalter (6) aufweist, wobei die Ableitkapazitäten (31, 32) auf der Seite des DC-Trennschalters (6) angeordnet sind, die der PV-Eingangsseite der Leistungswandlereinheit 20 zugewandt ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungswandlereinheit (20) durch eine Zentralwechselrichtereinheit gebildet ist, die über einen AC-Trennschalter (4), einen Transformator (3) und einer Netzzuschaltvorrichtung (2) ausgangsseitig mit einem Wechselspannungsnetz (1) zur Bereitstellung von elektrischer Leistung verbunden ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei ein elektrisch isoliertes Batterie-elektrisches Speichersystem (37) auf der dem DC-Trennschalter (6) abgewandten Seite über eine DC/DC-Wandlereinheit (38) mit dem DC-Zwischenkreis (7) verbunden ist, wobei an den Batterie-elektrischen Speichersystem (37) zugeordneten DC-Eingangsleitungen oder an Teilbatterien des Speichersystems (37) mindestens eine weitere Überwachungseinheit (21'), umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung (8'), einen Trennschalter (9') und eine Steuerung (17') zugeordnet ist, wobei die Steuerung (17') der Überwachungseinheit (21') dazu eingerichtet ist, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter (9') zu schalten und das Batterie-elektrische Speichersystem (37) zu trennen, wobei am DC-Zwischenkreis (7) weitere Ableitkondensatoren (31', 32') angeordnet sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Ableitkapazitäten (31', 32') des Batterie-elektrischen Speichersystems (37) zusätzlich mit in Serie geschalteten Dämpfungswiderständen (33', 34') verschaltet sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Überwachungseinheiten (21.n, 21') an DC-Eingangsleitungen angeordnet sind, die innerhalb eines Gehäuses der Leistungswandlereinheit (20) angeordnet und somit Teil der Leistungswandlereinheit (20) sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Überwachungseinheiten (21.n, 21') Teil einer Verbindungseinrichtung sind, die jedem PV-Haupt-String (PVn) zugeordnet ist und die eine Mehrzahl von PV-Strings zu einem PV-Haupt-String (PVn) verbindet, wobei die Verbindungseinrichtungen außerhalb eines Gehäuses der Leistungswandlereinheit (20) angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei mehrere Überwachungseinheiten (21.n, 21') vorgesehen sind und jedem einzelnen PV-String des PV-Haupt-Strings (PVn) jeweils eine Überwachungseinheit (21.n, 21') zugeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Ausfallüberwachung der Ableitkondensatoren (31, 32, 31', 32') durch eine Impedanzmessung oder eine Spannungsmessung durchführbar ist.
16. Batterie-elektrisches Speichersystem (37) mit einer Leistungswandlereinheit (20) umfassend eine Mehrzahl von parallel geschalteten Teilbatterien, die elektrisch isoliert mit einem DC-Zwischenkreis (7) der Leistungswandlereinheit (20) verbunden sind, wobei der DC-Zwischenkreis (7) der Leistungswandlereinheit (20) elektrisch isoliert ausgeführt ist, wobei jeder Teilbatterie eine Überwachungseinheit (21.n), umfassend eine Differenzstrommesseinrichtung (8.n), ein Trennschalter (9.n) und eine Steuerung (17.n) zugeordnet ist, wobei die Steuerung (17.n) der Überwachungseinheit (21.n) dazu eingerichtet ist, nach einem Erkennen eines Fehlers durch Überschreiten eines Differenzstromschwellwertes, den Trennschalter (9.n) zu schalten und die Teilbatterie zu trennen, wobei an mindestens einem Pol des DC-Zwischenkreises (7) mindestens eine definierte Ableitkapazität (31, 32) gegen Erde als Rückstrompfad für eine Erdstrommessung der Differenzstrommesseinrichtung (8.n) angeordnet ist.

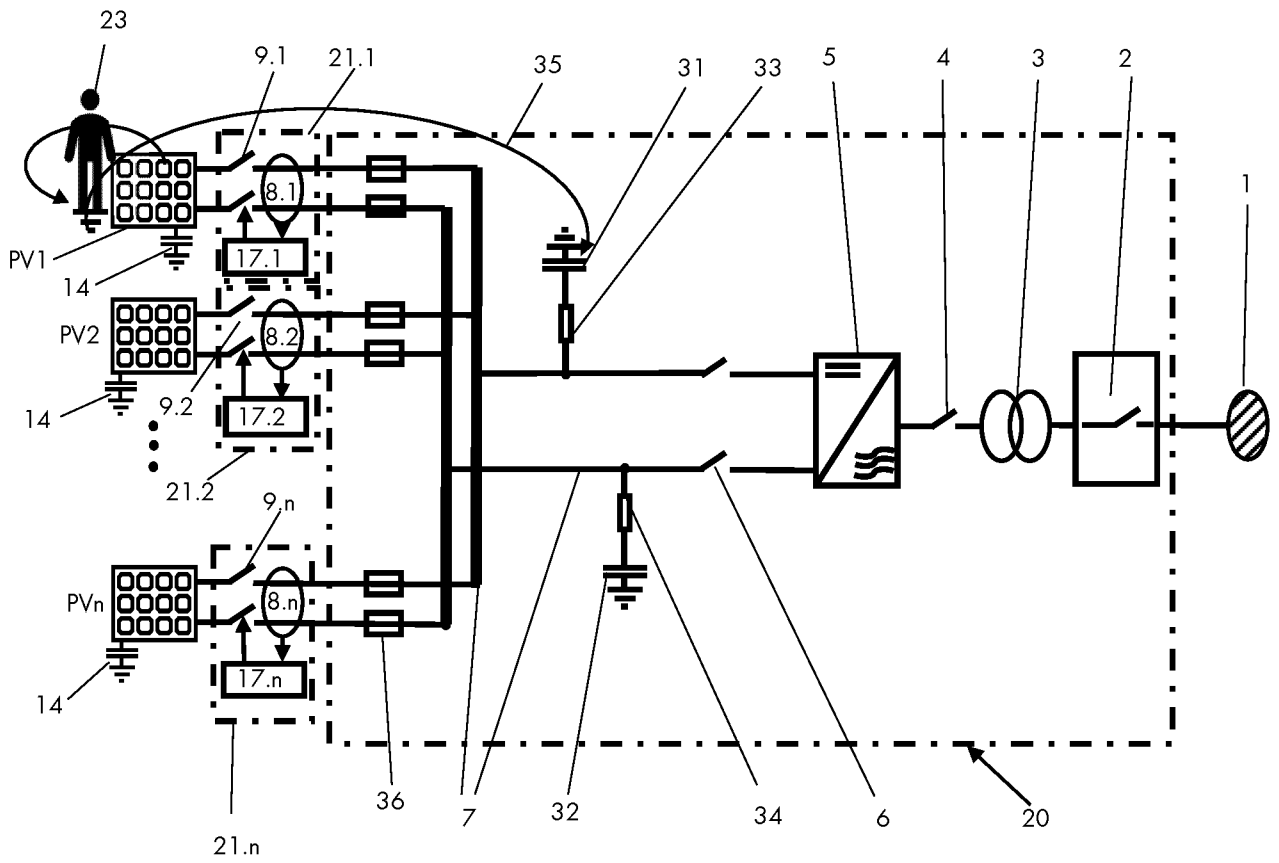


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/066608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02J 3/00 (2006.01)i; H02H 3/16 (2006.01)i; H02H 7/20 (2006.01)i; H02J 3/38 (2006.01)i; G01R 31/52 (2020.01)i; H02H 3/33 (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02J; H02H; G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2022038146 A1 (SMA SOLAR TECHNOLOGY AG [DE]) 24 February 2022 (2022-02-24) page 7, paragraph 2; figure 1	1-16
A	US 2015137850 A1 (FALK ANDREAS [DE] ET AL) 21 May 2015 (2015-05-21) figure 2	1-16
A	US 2022021335 A1 (ASKAN KENAN [AT]) 20 January 2022 (2022-01-20) figure 1	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 10 October 2024		Date of mailing of the international search report 22 October 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Ramcke, Ties Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/066608

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022038146	A1	24 February 2022	CN	115917904	A	04 April 2023
				DE	102020121593	A1	24 February 2022
				EP	4200463	A1	28 June 2023
				JP	2023539560	A	15 September 2023
				US	2023198247	A1	22 June 2023
				WO	2022038146	A1	24 February 2022

US	2015137850	A1	21 May 2015	CN	104704378	A	10 June 2015
				DE	112013003857	A5	23 April 2015
				EP	2880454	A1	10 June 2015
				JP	6195091	B2	13 September 2017
				JP	2015531859	A	05 November 2015
				US	2015137850	A1	21 May 2015

US	2022021335	A1	20 January 2022	CN	113039718	A	25 June 2021
				EP	3881429	A1	22 September 2021
				GB	2585173	A	06 January 2021
				US	2022021335	A1	20 January 2022

				WO	2020099157	A1	22 May 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/066608

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H02J3/00 H02H3/33	H02H3/16 H02H7/20
		H02J3/38 G01R31/52
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H02J H02H G01R		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2022/038146 A1 (SMA SOLAR TECHNOLOGY AG [DE]) 24. Februar 2022 (2022-02-24) Seite 7, Absatz 2; Abbildung 1 -----	1 - 16
A	US 2015/137850 A1 (FALK ANDREAS [DE] ET AL) 21. Mai 2015 (2015-05-21) Abbildung 2 -----	1 - 16
A	US 2022/021335 A1 (ASKAN KENAN [AT]) 20. Januar 2022 (2022-01-20) Abbildung 1 -----	1 - 16
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Oktober 2024		22/10/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Ramcke, Ties

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/066608

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2022038146 A1	24-02-2022	CN 115917904 A	04-04-2023
		DE 102020121593 A1	24-02-2022
		EP 4200463 A1	28-06-2023
		JP 2023539560 A	15-09-2023
		US 2023198247 A1	22-06-2023
		WO 2022038146 A1	24-02-2022
US 2015137850 A1	21-05-2015	CN 104704378 A	10-06-2015
		DE 112013003857 A5	23-04-2015
		EP 2880454 A1	10-06-2015
		JP 6195091 B2	13-09-2017
		JP 2015531859 A	05-11-2015
		US 2015137850 A1	21-05-2015
		WO 2014019864 A1	06-02-2014
US 2022021335 A1	20-01-2022	CN 113039718 A	25-06-2021
		EP 3881429 A1	22-09-2021
		GB 2585173 A	06-01-2021
		US 2022021335 A1	20-01-2022
		WO 2020099157 A1	22-05-2020