

(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
15. März 2018 (15.03.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/046653 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 31/02 (2006.01) H02S 50/00 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/072568

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. September 2017 (08.09.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

93202	12. September 2016 (12.09.2016)	LU
2017/5253	11. April 2017 (11.04.2017)	BE
2017/5252	11. April 2017 (11.04.2017)	BE
2017/5277	21. April 2017 (21.04.2017)	BE

(71) Anmelder: PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Flachmarktstrasse 8, 32825 Blomberg (DE).

(72) Erfinder: HÖFT, Wolfgang; Breslauer Ring 9, 32683 Bar-
ntrup (DE). ENDE, Andreas Stefan; Landert 31, 31860
Emmerthal (DE).

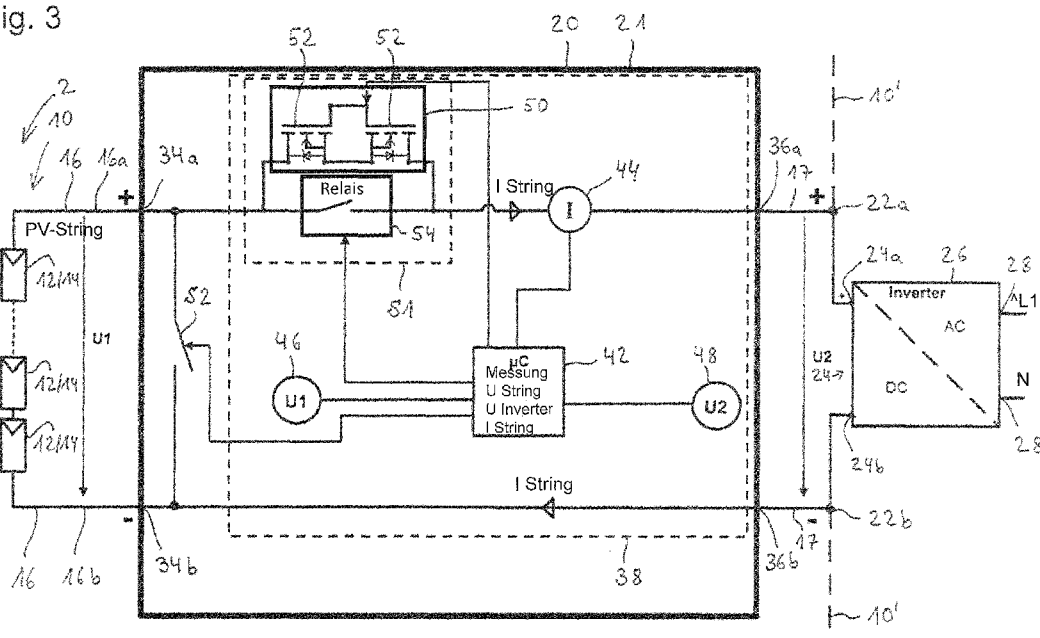
(74) Anwalt: BLUMBACH & ZINNGREBE; Alexandrastras-
se 5, 65187 Wiesbaden (DE).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: PHOTOVOLTAIC SYSTEM, DIRECT CURRENT HYBRID SWITCHING DEVICE, USE AND METHOD FOR
SWITCHING A PHOTOVOLTAIC STRING ON AND OFF

(54) Bezeichnung: PHOTOVOLTAIK-ANLAGE, GLEICHSTROM-HYBRID-SCHALTEINRICHTUNG, VERWENDUNG UND
VERFAHREN ZUM AN- UND ABSCHALTEN EINES PHOTOVOLTAIK-STRANGS

Fig. 3



42 μ C Measurement U string U inverter I string
54 Relay

(57) Abstract: The invention relates to a photovoltaic system (1) having a switching device (38) for switching at least one photovoltaic string (10) on and off, to an electronically controlled direct current hybrid switching device for switching at least one photovoltaic string (10) on and off in a user-controlled manner, to the use of a hybrid switch (S1) for switching a photovoltaic string (10), and to a method for switching at least one photovoltaic string (10) of the photovoltaic system (1) off and back on. The photovoltaic system (1) comprises: at least one photovoltaic string (10), wherein the at least one photovoltaic string is formed by photovoltaic modules (12)

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

which are series-connected by means of a string line and thus generate a string voltage; a switching device (38), which is installed in series in the string line to switch the at least one photovoltaic string on and off with the switching device (38), wherein the switching device (38) comprises a hybrid switch (S1) with a relay (54) and a semiconductor switching device (50) which is connected parallel to the relay (54) and has at least one semiconductor switch.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Photovoltaik-Anlage (1) mit einer Schalteinrichtung (38) zum An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs (10), eine elektronisch gesteuerte Gleichstrom- Hybrid-Schalteinrichtung zum benutzergesteuerten An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs (10), die Verwendung eines Hybridschalters (S1) zum Schalten eines Photovoltaik-Strangs (10), sowie ein Verfahren zum Abschalten und Wiederanschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs (10) der Photovoltaik-Anlage (1). Die Photovoltaik-Anlage (1) umfasst: zumindest einen Photovoltaik-Strang (10), wobei der zumindest eine Photovoltaik-Strang durch Photovoltaik-Module (12) gebildet wird, welche mittels einer Strangleitung seriell miteinander verschaltet sind und so eine Strangspannung erzeugen, eine Schalteinrichtung (38), welche seriell in die Strangleitung eingebaut ist, um den zumindest einen Photovoltaik-Strang mit der Schalteinrichtung (38) an- und abzuschalten, wobei die Schalteinrichtung (38) einen Hybridschalter (S1) mit einem Relais (54) und einer parallel zu dem Relais (54) geschalteten Halbleiterschalteinrichtung (50) mit zumindest einem Halbleiterschalter umfasst.

Photovoltaik-Anlage, Gleichstrom-Hybrid-Schalteneinrichtung, Verwendung und Verfahren zum An- und Abschalten eines Photovoltaik-Strangs

Beschreibung

5 Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Photovoltaik-Anlage mit einer Schalteinrichtung zum An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs, eine elektronisch gesteuerte Gleichstrom-Hybrid-Schalteneinrichtung zum benutzergesteuerten An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs, die Verwendung eines Hybridschalters zum Schalten eines Photovoltaik-Strangs, sowie ein Verfahren zum Abschalten und Wiederanschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs der Photovoltaik-Anlage.

Hintergrund der Erfindung

Eine Photovoltaik-Anlage umfasst typischerweise eine Vielzahl von Photovoltaik-Modulen, welche zu Strängen, manchmal auch als „Strings“ bezeichnet, in Serie geschaltet sind, um eine nominelle Photovoltaik-Generatorgleichspannung von typischerweise derzeit bis zu 1000 Volt oder sogar 1500 Volt zu erreichen. Ferner werden je nach Anzahl der zusammen geschalteten Photovoltaik-Module und deren Einzelspannung wiederum ggf. mehrere der Photovoltaik-Stränge parallel geschaltet, von denen jeder Photovoltaik-Strang beispielsweise einen nominellen Strom von 10 A erzeugen kann. Wenn mehrere Stränge parallel geschaltet werden, wird dies auch als Multistrang- oder Multistringverschaltung bezeichnet.

Aufgrund der hohen Spannung und der hohen Ströme im Gleichspannungsteil der Photovoltaik-Anlage, besteht bei Wartung oder bei Störfällen, wie z.B. bei einem Brand, die Gefahr, dass Personen lebensgefährlichen Spannungen ausgesetzt sein könnten.

Daher wurden Photovoltaik-Modul-Schutzschaltungen entwickelt, mit welchen die Photovoltaik-Module einzeln abgeschaltet werden können (vgl. WO2013/026539 A1 sowie das Produkt SCK-RSD-100 der Anmelderin). Ferner wurden Startboxen entwickelt, mit welchen solche „intelligenten“ Photovoltaik-Module wieder aktiviert werden können (vgl. WO2014/122325 A1 sowie die Produkte SCK-RSD-400 und SCK-RSD-600 der Anmelderin).

In der DE 10 2016 117 049 (nicht vorveröffentlicht) ist ferner eine Rückstromschutzschaltung beschrieben, mittels welcher es möglich ist, einen Strang vom zentralen Sammelpunkt zu trennen, um Querströme zu verhindern. Die Zielsetzung der DE 10 2016 117 049 ist es, mittels der Rückstromschutzschaltung automatisch einen Stromfluss

entgegen der Flussrichtung des in dem jeweiligen Strang photovoltaisch erzeugten Stroms aus den anderen Photovoltaik-Strängen (Querstrom oder Rückstrom) zu verhindern.

In einer deutschen Patentanmeldung derselben Anmelderin, eingereicht am selben Tag wie die vorliegende Anmeldung, ist eine Strangabschaltvorrichtung zur Einzelstrangabschaltung
5 in einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage beschrieben.

Die vorliegende Erfindung baut hierauf auf, weshalb der Offenbarungsgehalt der DE 10 2016 117 049 sowie der am selben Tag wie die vorliegende Anmeldung eingereichten Patentanmeldung (Anwaltsaktenzeichen 16PH 0346DEP) hiermit durch Referenz inkorporiert wird.

10 Um z.B. einen Photovoltaik-Strang aus einem Verbund einer Parallelschaltung von Strängen bei einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage elektrisch zu trennen, ist ein geeigneter DC-Trenner erforderlich.

Zwar weist eine Photovoltaik-Anlage typischerweise im sogenannten Generatoranschlusskasten einen DC-Haupttrennschalter auf, allerdings lässt sich hiermit, z.B. bei
15 Schäden durch Feuer, Wasser, Hagel etc. an den Solarpaneelen oder an den Anschlussleitungen nicht der Bereich vor dem Generatoranschlusskasten freischalten. Ferner sind derartige DC-Haupttrennschalter im Generatoranschlusskasten typischerweise handbetätigt, so dass eine übergeordnete Fernsteuerung typischerweise nicht möglich ist. Außerdem sind solche handbetätigten DC-Haupttrennschalter vom Bauvolumen her groß und kostenintensiv. Es sind
20 auch motorbetriebene Notschalter bekannt, allerdings sind diese ebenfalls platz- und kostenintensiv. Eine selektive Freischaltung einzelner Photovoltaik-Stränge ist hiermit im Übrigen gar nicht möglich.

Nichtsdestotrotz ist bei Schaltvorgängen innerhalb eines Photovoltaik-Generators typischerweise eine Kombination aus hoher DC-Strangspannung und hohem DC-Strangstrom zu
25 schalten. Beim Schalten einer hohen Gleichspannung und eines hohen Gleichstroms kann es anders als bei einer Anwendung mit Wechselspannung aufgrund der fehlenden Nulldurchgänge zu einem nicht verlöschenden Lichtbogen kommen. Bei einer üblichen Wechselspannungsfrequenz würde ein Lichtbogen typischerweise spätestens nach 10 ms von alleine wieder verlöschen.

30 Aus der WO 2016/091281 A1 ist eine Vorrichtung mit einer Schalteinrichtung zum Schalten einer Wechselspannung bzw. eines Wechselstroms bekannt, welche eine Überbrückungseinrichtung zum Überbrücken der Schalteinrichtung in einer Betriebsphase

aufweist. Diese Vorrichtung wird allerdings ausschließlich für Wechselspannung bzw. Wechselstrom beschrieben.

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

5 Der vorliegenden Erfindung liegt unter anderem die Erkenntnis zugrunde, dass mit der hier offenbarten Schalteinrichtung Photovoltaik-Generatoren im Gleichstromteil (DC-Teil), teilweise oder vollständig, sicher und verlustleistungsarm an- und abgeschaltet bzw. elektrisch getrennt und wieder verbunden werden können.

10 Die vorliegende Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, eine Photovoltaik-Anlage mit einer Schalteinrichtung zum An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs bereit zu stellen, wobei die Schalteinrichtung bei den in Photovoltaik-Anlagen typischen DC-Strangspannungen und DC-Strangströmen kostengünstig, zuverlässig und langlebig ist, sowie eine geringe Verlustleistung aufweist und in kleinem Bauraum untergebracht werden kann.

15 Eine weiterer Aspekt der Aufgabe der Erfindung ist es, eine Photovoltaik-Anlage mit einer Schalteinrichtung zum An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs bereit zu stellen, die hohen Sicherheitsanforderungen genügt, wartungs- und reparaturfreundlich ist und komfortabel für den Benutzer zu bedienen ist.

20 Ein weiterer Aspekt der Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum An- und Abschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs einer Photovoltaik-Anlage bereit zu stellen, das eine hohe Sicherheit und Flexibilität, z.B. bei der Wartung bietet und für den Benutzer komfortabel zu bedienen ist.

25 Ein weiterer Aspekt der Aufgabe der Erfindung ist es, eine elektronisch gesteuerte Gleichstrom-Hybrid-Schalteinrichtung zur Durchführung von Schaltvorgängen im DC-Teil einer Photovoltaik-Anlage bereit zu stellen, welche bei den in Photovoltaik-Anlagen typischen Strangspannungen und Strangströmen kostengünstig, zuverlässig und langlebig ist, sowie gleichzeitig eine geringe Verlustleistung aufweist und in kleinem Bauraum untergebracht werden kann, und mit welcher ggf. vorhandene Photovoltaik-Anlagen nachgerüstet werden können.

 Die Aufgabe der Erfindung wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

30 Die Erfindung betrifft eine Photovoltaik-Anlage mit zumindest einem Strang oder Photovoltaik-Strang, welcher durch eine Mehrzahl von Photovoltaik-Modulen gebildet wird, die mittels einer Strangleitung seriell miteinander verbunden sind, um die erwünschte

Strangspannung zu erzeugen und photovoltaisch erzeugte elektrische Leistung mit der erwünschten Strangspannung und einem erwünschten Strangstrom an einen Stromabnehmer, z.B. einen Wechselrichter (manchmal auch als Solar-Inverter bezeichnet) zu liefern. Die Photovoltaik-Anlage kann aber auch ohne Wechselrichter, z.B. an eine Ladeeinheit als

5 Stromabnehmer angeschlossen sein. Derzeit sind gemäß Schutzklasse II Strangspannungen bis zu 1000 V DC möglich. An einer weiteren Erhöhung auf bis zu 1500 V DC, dem Grenzwert der Niederspannungsdefinition nach VDE0100 wird gearbeitet. Im Rahmen der Erfindung sollen also DC-Strangspannungen geschaltet, die ein Vielfaches der Spannung eines einzelnen Photovoltaik-Moduls betragen.

10 Die Photovoltaik-Anlage umfasst eine Schalteinrichtung, welche seriell in die Strangleitung eingebaut ist, um den zumindest einen Photovoltaik-Strang mit der Schalteinrichtung an- und abzuschalten, d.h. den zumindest einen Photovoltaik-Strang von dem Stromabnehmer, z.B. von einem zentralen Sammelpunkt oder von einem Wechselrichter, elektrisch zu trennen.

15 Die Schalteinrichtung umfasst einen Hybridschalter mit einem, insbesondere elektromechanischen, Relais und einer parallel zu dem Relais geschalteten Halbleiterschalteinrichtung, welche insbesondere zumindest einen, vorzugsweise zwei Halbleiterschalter bzw. Transistoren aufweist. Dadurch können die Schaltvorgänge, bei denen die Strangspannung geschaltet werden muss, von der Halbleiterschalteinrichtung vollzogen werden und das Relais entlastet die Halbleiterschalteinrichtung von dem Strangstrom, wenn das Relais
20 im Dauerbetrieb geschlossen ist. Mit anderen Worten wird einerseits mit dem Relais beim An- und Abschalten lediglich die verbleibende Restspannung über der Halbleiterschalteinrichtung geschaltet und andererseits kommutiert das Relais auf Grund seines geringen Durchleitwiderstands nahezu vollständig den von dem zumindest einen Photovoltaik-Strang
25 erzeugten Strangstrom.

Beim Anschalten des Photovoltaik-Strangs schaltet also insbesondere die Halbleiterschalteinrichtung den Photovoltaik-Strang zunächst alleine an, wobei das Relais geöffnet ist und zunächst auch noch geöffnet bleibt. Nach einer gewissen Zeitverzögerung wird dann bei vorher bereits geschlossener Halbleiterschalteinrichtung zusätzlich das Relais
30 geschlossen, sodass die Halbleiterschalteinrichtung durch das parallel geschaltete später geschlossene Relais von dem Stromfluss entlastet wird. Dadurch braucht das Relais lediglich eine geringe Spannung zu schalten und die Halbleiterschalteinrichtung braucht den Strangstrom

allenfalls kurzzeitig und nicht dauerhaft zu tragen. Dadurch können günstige Standardhalbleiterschalter und Standardrelais verwendet werden und die Verlustleistung im Dauerbetrieb kann trotzdem gering gehalten werden. Das Abschalten erfolgt in umgekehrter Reihenfolge; erst wird das Relais bei noch geschlossener Halbleiterschalteneinrichtung geöffnet und nach einer gewissen Zeitverzögerung wird bei vorher bereits geöffnetem Relais die Halbleiterschalteneinrichtung geöffnet. Mit anderen Worten wird nach dem Öffnen des Relais der zumindest ein Photovoltaik-Strang abgeschaltet, indem zusätzlich die Halbleiterschalteneinrichtung geöffnet wird.

Die Schalteinrichtung ist im Gleichstromteil des Photovoltaik-Generators, vorzugsweise vor dem zentralen Sammelpunkt eingebaut und schaltet hier den zumindest einen Photovoltaik-Strang an und ab. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, dass genau eine Schalteinrichtung genau einen Photovoltaik-Strang schaltet. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass mehrere parallel geschaltete Photovoltaik-Stränge gemeinsam von derselben Schalteinrichtung geschaltet werden und auch dass der Photovoltaik-Generator nur einen Photovoltaik-Strang aufweist. Allgemein wird demnach ein Teil des oder der gesamte Photovoltaik-Generator von der Schalteinrichtung geschaltet. Es handelt sich jedoch insbesondere nicht um eine Schaltung auf Modulebene bei einer geringen Modulspannung, sondern um eine Schaltung einer Mehrzahl von im Photovoltaik-Strang seriell verbundenen Photovoltaik-Modulen, was die hohe Schaltspannung erfordert. Demnach ist die Schalteinrichtung zwischen der Mehrzahl seriell verbundener Photovoltaik-Module und dem Stromabnehmer, z.B. dem Wechselrichter bzw. zwischen der Mehrzahl seriell verbundener Photovoltaik-Module und einem Generatoranschlusskasten angeordnet. Die Schalteinrichtung ist elektronisch und damit extern triggerbar. Daher kann die Schalteinrichtung, oder bei Vorliegen mehrerer Schalteinrichtungen können die Schalteinrichtungen, vom Benutzer ferngesteuert getriggert werden, was gegenüber einem konventionellen Handbetätigten DC-Trenner im Generatoranschlusskasten vorteilhaft ist.

Die Schalteinrichtung ist in vorteilhafter Weise trotz der in Photovoltaik-Anlagen typischen DC-Strangspannungen und DC-Strangströmen kostengünstig, zuverlässig und langlebig, und weist eine geringe Verlustleistung auf. Sie kann insbesondere in kleinem Bauraum untergebracht werden.

In vorteilhafter Weise wird somit eine Photovoltaik-Anlage bereit gestellt, welche es ermöglicht, zumindest einen Photovoltaik-Strang benutzergesteuert und ggf. elektronisch

getriggert an-und abzuschalten, was komfortabel ist und hohe Sicherheitsstandards gewährleistet, sowie wartungs- und reparaturfreundlich ist.

Die Schalteinrichtung wird vorzugsweise in die Strangverkabelung eingesetzt.

Insbesondere wird die Schalteinrichtung von einer Photovoltaik-Modul-überbergreifenden Strangbox, vorzugsweise mit einem (Kunststoff)-Gehäuse beherbergt, und diese Strangbox wird in die Strangverkabelung zwischen die Serienschaltung der Photovoltaik-Module und den Stromabnehmer eingesetzt. Die Strangbox kann am Eingang und/oder Ausgang Steckverbinder zum lösbaren Einsetzen in die Strangleitung sowie zum Nachrüsten aufweisen. Dadurch ist sogar das Nachrüsten bestehender Photovoltaik-Anlagen möglich.

Die Schalteinrichtung kann in eine Strangbox, z.B. in eine Startbox gemäß der WO2014/122325 A1 integriert werden, welche hiermit vollumfänglich durch Referenz inkorporiert wird.

Der Benutzer kann z.B. an einem externen Schalter an der Photovoltaik-Modul-überbergreifenden Strangbox den zugehörigen Photovoltaik-Strang abschalten oder der Benutzer sendet von einer zentralen Steuerung der Multistrang-Photovoltaik-Anlage selektiv an eine, einzelne, mehrere oder alle Strangboxen ein Abschalt-Triggersignal, wobei in Ansprechen hierauf die zugehörige Schalteinrichtung bzw. die zugehörigen Schalteinrichtungen den bzw. die zugehörigen Photovoltaik-Stränge abschaltet bzw. abschalten.

Der Benutzer kann also in vorteilhafter Weise lokal am zugehörigen Photovoltaik-Strang und/oder zentral Anlagenseitig, insbesondere aber Photovoltaik-Modul-überbergreifend gesteuert, gezielt den oder die gewünschten Photovoltaik-Stränge abschalten bzw. deren stromführende Verbindung zu dem zentralen Sammelpunkt bzw. Wechselrichter trennen.

Die Schalteinrichtung schaltet vorzugsweise entweder den Pluspolleiter oder den Minuspolleiter und trennt damit den elektrischen Stromkreis des zumindest einen Photovoltaik-Strangs. Es kann trotzdem vorteilhaft sein, die Strangbox in beide Leiter (Pluspol und Minuspol) der Strangleitung, vor und hinter dem ersten bzw. letzten Photovoltaik-Modul, in den zumindest einen Photovoltaik-Strang einzusetzen.

Das Relais und die Halbleiterschalteinrichtung sind zueinander parallel geschaltet und die Parallelschaltung aus Relais und Halbleiterschalteinrichtung ist seriell in den Photovoltaik-Strang geschaltet. Das Relais und die Halbleiterschalteinrichtung sind demnach jeweils seriell und parallel zueinander in den Photovoltaik-Strang geschaltet.

Die Photovoltaik-Anlage umfasst einen Photovoltaik-Generator mit einem oder mehreren parallel zueinander geschalteten Photovoltaik-Strängen. Wenn mehrere Photovoltaik-Stränge parallel geschaltet sind, kann mit der Schalteinrichtung entweder ein Photovoltaik-Strang oder ggf. auch mehrere oder alle Photovoltaik-Stränge selektiv an- und abgeschaltet werden, je nachdem welche Nennströme die Photovoltaik-Stränge liefern und für welchen Strom die Schalteinrichtung ausgelegt. D.h. bei mehreren Photovoltaik-Strängen kann die Schalteinrichtung stromaufwärts oder stromabwärts des zentralen Sammelpunktes angeordnet sein. Der zentrale Sammelpunkt bildet einen Parallelschaltpunkt mehrerer Photovoltaik-Stränge. Bei Vorliegen mehrerer paralleler Photovoltaik-Stränge (Multistrang-Photovoltaik-Anlage) ist es allerdings besonders vorteilhaft, die Schalteinrichtung stromaufwärts des zentralen Sammelpunktes anzuordnen.

Dies hat mehrere Vorteile, erstens muss dann je Schalteinrichtung lediglich der Strom eines Photovoltaik-Strangs geschaltet werden und zweitens kann jeder Photovoltaik-Strang einzeln an- und abgeschaltet werden. Bei einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage sind also zwei oder mehr Photovoltaik-Stränge parallel geschaltet und die Photovoltaik-Stränge werden jeweils von seriell geschalteten Photovoltaik-Modulen gebildet.

Mit anderen Worten wird im Gleichstromteil der Photovoltaik-Anlage der zumindest eine Photovoltaik-Strang von dem Stromabnehmer, z.B. dem Wechselrichter getrennt, indem der Hybridschalter öffnet und dadurch den Stromfluss aus dem zumindest einen Photovoltaik-Strang zu dem Stromabnehmer unterbricht und der zumindest eine Photovoltaik-Strang wird angeschaltet indem der Hybridschalter schließt und den zumindest einen Photovoltaik-Strang mit dem Stromabnehmer elektrisch verbindet, so dass der Stromfluss aus dem zumindest einen Photovoltaik-Strang in den Stromabnehmer ermöglicht wird.

Insbesondere definiert die Schalteinrichtung einen geschlossenen und einen geöffneten Zustand und leitet in dem geschlossenen Zustand photovoltaisch erzeugten Strom aus dem zumindest einen Photovoltaik-Strang zu einem Stromabnehmer durch und unterbricht in dem geöffneten Zustand die Durchleitung von photovoltaisch erzeugtem Strom aus dem zumindest einen Photovoltaik-Strang. Vorzugsweise ist eine Steuereinrichtung umfasst, welche dazu ausgebildet ist, in Ansprechen auf eine Benutzereingabe die Schalteinrichtung bzw. den Hybridschalter benutzergesteuert zu öffnen und/oder zu schließen. Somit kann der Benutzer, z.B. bei Störungen oder für Wartungsarbeiten den zumindest einen Photovoltaik-Strang zu einem beliebigen Zeitpunkt gezielt an- und abschalten.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, ein externes benutzergeneriertes Strangabschalt-Triggersignal zu empfangen und in Ansprechen auf das Strangabschalt-Triggersignal den zumindest einen Photovoltaik-Strang abzuschalten, indem die Steuereinrichtung die Schalteinrichtung öffnet und damit den zumindest einen Photovoltaik-Strang zumindest einseitig von dem Stromabnehmer trennt. Die Schalteinrichtung ist demnach insbesondere eine aktiv schaltbare und/oder elektronisch gesteuerte Schalteinrichtung.

Bei einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage weist zumindest einer der parallelen Photovoltaik-Stränge, vorzugsweise alle der parallelen Photovoltaik-Stränge in ihrer jeweils zugehörigen Strangleitung, insbesondere zwischen den Photovoltaik-Modulen dieses jeweiligen Photovoltaik-Strangs und dem zentralen Sammelpunkt eine erfindungsgemäße Schalteinrichtung auf, mittels welcher die stromführende Verbindung zwischen diesem zugehörigen Photovoltaik-Strang und dem zentralen Sammelpunkt benutzergesteuert, also auf Anforderung des Benutzers selektiv trennbar ist, um den zumindest einen Photovoltaik-Strang, bzw. um einen beliebigen gewünschten Photovoltaik-Strang, gezielt und einzeln von der Parallelschaltung abzuschalten.

Mit anderen Worten kann die erfindungsgemäße Schalteinrichtung auch zur Einzelstrangabschaltung in einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage verwendet werden. D.h. es kann ein einzelner oder es können mehrere einzelne Photovoltaik-Stränge gezielt abgeschaltet werden und die anderen Photovoltaik-Stränge der Parallelschaltung bleiben weiter in Betrieb und können weiter photovoltaisch erzeugten Strom über den zentralen Sammelpunkt, insbesondere in den Wechselrichter, einspeisen. In diesem Fall kann der Benutzer somit, z.B. zu Wartungszwecken, Reparatur oder bei örtlich begrenzten Fehlfunktionen gezielt einen oder mehrere der Photovoltaik-Stränge einzeln abschalten bzw. die stromführende Verbindung des oder der vom Benutzer gewünschten Photovoltaikstränge zu dem zentralen Sammelpunkt trennen, so dass diese keinen Strom mehr über den zentralen Sammelpunkt einspeisen. Es können demnach ganze Photovoltaik-Stränge abgeschaltet (und nicht nur lediglich einzelne Photovoltaik-Module) bzw. die stromführende Verbindung eines oder mehrerer ganzer Photovoltaik-Stränge zu dem zentralen Sammelpunkt getrennt werden.

Der zumindest eine Halbleiterschalter bzw. Transistor ist insbesondere ein Feldeffekt-Transistor, vorzugsweise ein MOSFET.

Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Schalteinrichtung bzw. der Hybridschalter dazu ausgebildet ist, in dem geöffneten Zustand den Stromfluss nicht nur in einer Richtung, sondern in beiden Richtungen zu unterbrechen. Dadurch kann nicht nur eine

Sicherheitsabschaltung z.B. bei Störungen oder zur Wartung, also eine Unterbrechung des Flusses des von dem zugehörigen Photovoltaik-Strang photovoltaisch erzeugten Stroms erreicht werden. Es können auch Ströme in entgegengesetzter Richtung, also Quer- oder Rückströme, z.B. aus anderen parallel geschalteten Photovoltaik-Strängen, in den zugehörigen Photovoltaik-
5 unterbrochen werden. Dies ist bei Multistrang-Photovoltaik-Anlagen besonders vorteilhaft, für die vorliegend beanspruchte Erfindung jedoch optional.

Dies kann z.B. dadurch erreicht werden, dass der Hybridschalter eine Back-to-Back-Schaltung aus zwei Halbleiterschaltern bzw. Transistoren, insbesondere eine Back-to-Back-Schaltung aus zwei Feldeffekt-Transistoren, vorzugsweise aus zwei MOSFETs, umfasst, bzw. die
10 Halbleiterschalteneinrichtung aus einer solchen Back-to-Back-Schaltung besteht. Mit anderen Worten ist der Hybridschalter eine Parallelschaltung aus dem Relais und einer Back-to-Back-Schaltung aus zwei Halbleiterschaltern, insbesondere eine Parallelschaltung aus einem Relais und einer Back-to-Back-Schaltung aus zwei Feldeffekt-Transistoren, vorzugsweise MOSFETs. Diese Parallelschaltung ist dabei seriell in die Strangleitung geschaltet.

15 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Schalteinrichtung zusätzlich eine Rückstromschutzschaltung umfassen. Die Schalteinrichtung kann einen mit der Steuereinrichtung verbundenen Sensor zum Messen einer elektrischen Kenngröße an dem zugehörigen Photovoltaik-Strang umfassen, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, in Ansprechen auf die mit dem Sensor gemessene elektrische Kenngröße die Verbindung des
20 zugehörigen Photovoltaik-Strangs mit dem zentralen Sammelpunkt auch in Rückstromrichtung automatisch zu unterbrechen. Mit anderen Worten ist die Schalteinrichtung vorzugsweise mit der Rückstromschutzfunktion gemäß der DE 10 2016 117 049 kombiniert. Somit können die Vorteile der Rückstromverhinderung gemäß der in der DE 10 2016 117 049 beschriebenen Erfindung und einer benutzergesteuerten Abschaltung im DC-Teil einer Photovoltaik-Anlage kombiniert werden,
25 was aber optional ist.

Die Schalteinrichtung ist vorzugsweise dazu ausgebildet, beim Anschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs, bzw. elektrischem Verbinden mit dem Stromabnehmer, zunächst die Halbleiterschalteneinrichtung, insbesondere den oder die Feldeffekt-Transistoren, vorzugsweise MOSFETs, zu schließen und erst nach einer zeitlichen Verzögerung danach das
30 Relais zu schließen.

Die Schalteinrichtung ist vorzugsweise ferner dazu ausgebildet beim Abschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs, bzw. Trennen des zugehörigen Photovoltaik-Strangs von dem

Stromabnehmer, zunächst das Relais zu öffnen und erst nach einer zeitlichen Verzögerung danach die Halbleiterschalteneinrichtung, insbesondere den oder die Feldeffekt-Transistoren, vorzugsweise MOSFETs zu öffnen.

5 Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Relais nicht die volle Strangspannung schalten muss, so dass ein aufgrund der Gleichspannung möglicherweise nicht verlöschender Lichtbogen vermieden werden kann. Trotzdem entlastet das Relais die Halbleiterschalteneinrichtung im Dauerbetrieb, so dass die Dauer-Verlustleistung in einem für die besonderen Einbauverhältnisse bei einem Photovoltaik-Generator akzeptablen Rahmen gehalten werden kann. In vorteilhafter Weise braucht kein Hochstromrelais verwendet zu werden, sondern
10 es kann ein einfaches kleines Standard-Relais verwendet werden. Das Relais wird geschont, was der Langlebigkeit der Schalteneinrichtung dienlich ist und wodurch Sicherheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit in einem für Photovoltaik-Anlagen erforderlichen Maß gewährleistet werden können.

15 Die Schalteneinrichtung kann dazu ausgebildet sein, vor dem (Wieder-)Anschalten des zumindest einen Photovoltaik-Strangs eine Prüfroutine durchzuführen, in der Prüfroutine zumindest eine elektrische Kenngröße des zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu prüfen und bei Einhalten eines vordefinierten Schwellenwerts für die zumindest eine elektrische Kenngröße den zumindest einen Photovoltaik-Strang anzuschalten, wenn eine Benutzerfreigabe vorliegt.

20 Die Schalteneinrichtung kann auch dazu ausgebildet sein, den photovoltaisch erzeugten Stromfluss durch die zugehörige Strangleitung zu messen und das Relais erst dann zu schließen, wenn der durch die Strangleitung fließende photovoltaisch erzeugte Strom I einen vordefinierten Schwellenwert $I_{\min}$ überschreitet, bzw. nach einer zeitlichen Verzögerung nachdem der durch die Strangleitung fließende photovoltaisch erzeugte Strom I einen vordefinierten Schwellenwert $I_{\min}$ überschritten hat.

25 Die Schalteneinrichtung kann ferner eine Steuereinrichtung und eine mit der Steuereinrichtung verbundene Sensoreinrichtung zum Messen zumindest einer elektrischen Kenngröße an dem zugehörigen Photovoltaik-Strang enthalten. Die Steuereinrichtung kann dazu ausgebildet sein, in Ansprechen auf die mit der Sensoreinrichtung gemessene zumindest eine elektrische Kenngröße den zugehörigen Photovoltaik-Strang an den Stromabnehmer elektrisch
30 anzuschalten, wenn eine Benutzerfreigabe vorliegt, wobei die Sensoreinrichtung insbesondere einen Eingangsspannungssensor umfasst, welcher die strangseitige Eingangsspannung U_1 an der Schalteneinrichtung misst und/oder einen Ausgangsspannungssensor umfasst, welcher die

sammelpunktseitige Ausgangsspannung U2 an der Schalteinrichtung misst. Die Steuereinrichtung kann dazu ausgebildet sein, in Ansprechen auf die gemessene strangseitige Eingangsspannung U1 und/oder auf die gemessene sammelpunktseitige Ausgangsspannung U2 die Schaltvorgänge des Relais und/oder der Halbleiterschalter zu steuern.

5 In vorteilhafter Weise können beim Anschalten eine Mehrzahl von Schaltvorgängen zunächst durch die Halbleiterschalteneinrichtung, z.B. die Back-to-Back-MOSFET-Schaltung durchgeführt werden, z.B. bis bestimmte Betriebsparameter erreicht sind, bevor das Relais geschlossen wird. Mit anderen Worten bleibt bei Anschalten das Relais solange geöffnet, bis bestimmte Betriebsparameter erreicht sind, selbst wenn in dieser Zeit mehrere Schaltvorgänge mit der Halbleiterschalteneinrichtung durchgeführt werden. So kann die Anzahl der Schaltvorgänge des Relais niedrig gehalten werden. Im Produktions- oder Dauerbetrieb, insbesondere nachdem die erwünschten Betriebsparameter erreicht wurden, entlastet das Relais dann aber die Halbleiterschalteneinrichtung. Trotzdem kann bei vollständig geöffnetem Hybridschalter, d.h. wenn sowohl die Halbleiterschalter als auch das Relais geöffnet sind, eine bidirektionale Trennung der elektrischen Verbindung erreicht werden, d.h. der Stromfluss in beiden Richtungen unterbrochen werden, wenn eine Back-to-Back-Schaltung verwendet wird.

Die zeitliche Verzögerung beim Anschalten und/oder beim Abschalten beträgt vorzugsweise kleiner oder gleich 2000 ms, vorzugsweise kleiner oder gleich 700 ms, vorzugsweise kleiner oder gleich 300 ms. Zumindest sollte die Halbleiterschalteneinrichtung nicht länger als für diese maximale Verzögerungszeit geschlossen und dabei nicht durch das Relais entlastet sein, also die Halbleiterschalteneinrichtung geschlossen und das Relais geöffnet sein, wenn der volle (Nenn-)Strangstrom, bzw. wenn ein Strangstrom von größer oder gleich 5 A, größer oder gleich 8 A, größer oder gleich 10 A, oder 12,5 A +/- 40% durch die Halbleiterschalteneinrichtung fließt. D.h. die maximale Verzögerungszeit kann ab dem Zeitpunkt gerechnet werden, ab dem zumindest theoretisch der Nennstrom fließen könnte, wenn die Bestrahlung entsprechend groß ist. Mit anderen Worten wird der Hybridschalter so gesteuert, dass ein Zustand in dem die Halbleiterschalteneinrichtung geschlossen, das Relais geöffnet und gleichzeitig der Nennstrom fließen kann, d.h. der Nennstrom durch die nicht-entlastete Halbleiterschaltung fließen kann, nicht länger als die maximale Verzögerungszeit besteht. Weiter bevorzugt beträgt die Verzögerungszeit zwischen 50 ms und 2000 ms, vorzugsweise zwischen 100 ms und 1000 ms, vorzugsweise zwischen 150 ms und 500 ms, vorzugsweise zwischen 200 ms und 300 ms, zumindest wenn in dem Photovoltaik-Strang ein Strangstrom fließt oder

zumindest fließen kann, der im Wesentlichen dem Nennstrom entspricht. Je nachdem welche Bauteile verwendet werden, kann die Halbleiterschaltanordnung zumindest für eine entsprechend kurze Verzögerungszeit die volle Strangleistung auch ohne Entlastung durch das Relais alleine durchleiten selbst wenn sie ohne besondere Kühlmaßnahmen in einer Strangbox eingebaut ist.

- 5 Die zeitliche Verzögerung des Schaltvorgangs der Halbleiterschaltanordnung kann demnach bezogen sein auf den vorherigen Schaltvorgang des Relais bzw. umgekehrt oder auf das Erreichen bestimmter Schwellenwerte für die elektrischen Kenngrößen, z.B. für die Eingangsspannung U_1 , für die Ausgangsspannung U_2 und/oder für den Strangstrom I .

- Der Teil des Photovoltaik-Generators der von der Schaltanordnung geschaltet wird, also insbesondere der zugehörige Photovoltaik-Strang weist vorzugsweise eine DC-Nennspannung von größer oder gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich 800 V, vorzugsweise von 1250 V $\pm$ 30% und/oder einen DC-Nennstrom von größer oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise von 12,5 A $\pm$ 40% auf.

- 15 Der Hybridschalter als Ganzes ist demnach für eine DC-Schaltspannung von größer oder gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich 800 V, vorzugsweise von 1250 V $\pm$ 30% und/oder für einen DC-Durchleitstrom von größer oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise von 12,5 A $\pm$ 40% ausgelegt. Insbesondere ist der Hybridschalter als Ganzes für eine DC-Schaltspannung von größer oder gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich 800 V, vorzugsweise von 1250 V $\pm$ 30% ausgelegt.

- Insbesondere ist die Halbleiterschaltanordnung bzw. sind der oder die Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs, vorzugsweise für eine Drain-Source-Spannung (V_{DS}) von größer oder gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich 800 V, vorzugsweise von 1250 V $\pm$ 30% ausgebildet.

- Die Halbleiterschaltanordnung bzw. der oder die Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs, sind vorzugsweise für einen Drain-Strom (I_D) von größer oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise von 12,5 A $\pm$ 40% ausgebildet.

- 30 Aufgrund der kurzen Dauer des Stromflusses durch die Halbleiterschaltanordnung ist trotzdem die dabei an dem Hybridschalter entstehende Verlustleistung vertretbar. Es brauchen keine übermäßig großen und teuren Halbleiterschalter verwendet werden.

Es können Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs, verwendet werden, die einen Einschaltwiderstand (Resistance-Drain-Source-On, kurz RDS-on) von größer oder gleich 100 mOhm, vorzugsweise größer oder gleich 300 mOhm, vorzugsweise größer oder gleich 500 mOhm, vorzugsweise von 690 mOhm +/- 40% aufweisen.

- 5 Dies erzeugt zwar eine relativ große Verlustleistung von ggf. einem Watt, einigen Watt oder mehr, was aber insbesondere durch die Entlastung durch das parallel geschaltete Relais akzeptabel ist. Solche Feldeffekttransistoren, insbesondere MOSFETs, sind günstig erhältlich und weisen eine geringe Baugröße auf.

- 10 Der oder die Halbleiterschalter, Feldeffekttransistoren, bzw. MOSFETs, können, bezogen auf einen Nennstrom von 8,5 A oder 10 A des zumindest einen Photovoltaik-Strangs, sogar eine berechnete Verlustleistung von größer oder gleich 2 W, von größer oder gleich 5 W, von größer oder gleich 10 W, insbesondere von größer oder gleich 40 W aufweisen, wenn der oder die Halbleiterschalter, Feldeffekttransistoren, bzw. MOSFETs, geschlossen sind und das Relais geöffnet ist (intermediärer Schaltzustand).

- 15 Auf der anderen Seite erzeugt der Hybridschalter bezogen auf einen Nennstrom von 8,5 A oder 10 A des zumindest einen Photovoltaik-Strangs trotzdem nur eine berechnete Verlustleistung von vorzugsweise kleiner oder gleich 10 W, vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 2 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 1 W, wenn die Halbleiterschalteneinrichtung und das Relais geschlossen sind (Dauerbetriebszustand).

- 20 Insbesondere weist der Hybridschalter im Produktionsbetrieb eine Verlustleistung von kleiner oder gleich 1 W, beispielsweise bei 1000 Volt und 10 Ampere (typ. plus 25% Reserve) pro Photovoltaik-Strang auf, wenn die Halbleiterschalteneinrichtung und das Relais geschlossen sind.

- Das Relais ist vorzugsweise für einen DC-Durchleitstrom von größer oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise von 25 12,5 A +/- 40% ausgebildet. Auf der anderen Seite genügt es vorzugsweise, wenn für das Relais für einen DC-Schaltstrom von kleiner oder gleich 8 A, insbesondere kleiner oder gleich 6 A, insbesondere kleiner oder gleich 4 A, insbesondere von 2 A +/- 50% ausgebildet ist.

- Ferner vorzugsweise genügt es, wenn das Relais eine maximale AC-Schaltspannung von kleiner oder gleich 800 V, insbesondere kleiner oder gleich 500 V, insbesondere von 30 400 V +/-50% aufweist.

Dies hält Kosten und Baugröße des Relais, insbesondere für den Einbau in einer Strangbox ebenfalls in vertretbaren Grenzen.

Ferner bevorzugt kann die Schalteinrichtung dazu ausgebildet sein, vor dem (Wieder-)Anschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs in einer Prüfroutine elektrische Kenngrößen des zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu prüfen und bei Einhalten vordefinierter Schwellenwerte für die elektrischen Kenngrößen und nach Benutzerfreigabe die Schalteinrichtung zu schließen. D.h. das Schließen der Schalteinrichtung erfolgt erst dann wenn beides vorliegt, d.h. wenn sowohl die Prüfbedingungen für die elektrischen Kenngrößen erfüllt sind, als auch die Benutzerfreigabe für das (Wieder-)Anschalten vorliegt. Erst dann wird der zugehörige Photovoltaik-Strang wieder angeschaltet. Insbesondere können die Halbleiterschalter zunächst testweise geschlossen und bei noch offenem Relais elektrische Kenngrößen, wie Eingangsspannung, Ausgangsspannung und/oder der Strangstrom gemessen werden. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden, bevor auch das Relais geschlossen wird, wodurch das Relais geschont werden kann.

Insbesondere umfasst die Schalteinrichtung also einen Stromsensor, welcher den photovoltaisch erzeugten Stromfluss durch die zugehörige Strangleitung misst. Die Schalteinrichtung schließt das Relais vorzugsweise nur dann, wenn der durch die Strangleitung fließende photovoltaisch erzeugte Strom einen vordefinierten Schwellenwert überschreitet. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der zugehörige Photovoltaik-Strang erst in dauerhaften Produktionsbetrieb genommen wird, wenn er vollständig betriebsbereit ist.

Vorzugsweise fließt zumindest zeitweise, insbesondere im dauerhaften Produktionsbetrieb des Photovoltaik-Strangs der photovoltaisch erzeugte Strom in dem Teil des Photovoltaik-Strangs, in dem die volle nominelle Spannung der mehreren seriellen Photovoltaik-Module oder des gesamten Photovoltaik-Strangs anliegt, vorzugsweise ausschließlich, durch metallische Leiter, z.B. Metalkabel, Metallsteckverbinder und das Relais und zumindest nicht dauerhaft durch Halbleiterbauelemente. Dadurch kann in vorteilhafter Weise die Verlustleistung gering gehalten werden, so dass die Schalteinrichtung ggf. in vorhandene Gehäuse eingebaut werden kann, ohne dass diese überhitzen.

Bei einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage weist vorzugsweise jeder parallele Photovoltaik-Strang vor dem zentralen Sammelpunkt eine solche Schalteinrichtung auf. Die Schalteinrichtungen sind Photovoltaik-Modul-übergreifend, d.h. sind jeweils für den gesamten Photovoltaik-Strang mit mehreren seriell verschalteten Photovoltaik-Modulen zuständig.

Die Schalteinrichtungen weisen eingangsseitig (also Photovoltaik-Strang- oder Photovoltaik-Modul-seitig) einen Pluspoleingang und einen Minuspoleingang zum Anschließen des Pluspols bzw. Minuspols der Strangleitung sowie ausgangsseitig (also sammelpunktseitig) einen Pluspolausgang und einen Minuspolausgang zum Anschließen des Pluspols bzw.

- 5 Minuspols einer Fortsetzung der Strangleitung bis zu dem zentralen Sammelpunkt der Photovoltaik-Stränge bzw. bis zum Gleichstromeingang des Wechselrichters auf. Es liegt demnach insbesondere die gesamte Strangspannung an der Schalteinrichtung an und/oder der gesamte Strangstrom fließt durch die Schalteinrichtung hindurch

- Wie vorstehend bereits ausgeführt wurde, entfaltet die vorliegende Erfindung
10 besondere Vorteile in Kombination mit dem Rückstromschutz gemäß der DE 10 2016 117 049. Wenn die Schalteinrichtung auch als Rückstromschutzvorrichtung in einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage wirkt, verhindert diese zusätzlich, dass ein Querstrom so groß wird, dass sich die Richtung des Stromflusses in dem zugehörigen Photovoltaik-Strang umkehrt, d.h. ein negativer Strom zurück in den zugehörigen Photovoltaik-Strang fließt. Das kann insbesondere mit
15 der Back-to-Back-Schaltung aus zwei Halbleiterschaltern, insbesondere der Back-to-Back-Schaltung aus zwei Feldeffekttransistoren, z.B. MOSFETs, erreicht werden. In vorteilhafter Weise können also unerwünschte Rückströme verhindert werden, welche ansonsten entstehen könnten, wenn der zugehörige Photovoltaik-Strang niederimpedanter sein sollte als der Wechselrichter oder entsprechende Stromabnehmer stromabwärts des zentralen Sammelpunkts. Dies kann
20 einen positiven Einfluss auf die Lebensdauer der zugehörigen Photovoltaik-Module haben. Je nach Sicherheitsausrüstung der Photovoltaik-Anlage kann die Rückstromschutzfunktion auch die Sicherheit der Anlage erhöhen, insbesondere beim Abschalten einzelner Photovoltaik-Stränge oder der Photovoltaik-Anlage, z.B. aufgrund nicht mehr hinreichender Bestrahlung, Wartungsarbeiten oder bei einer Gefahrenabschaltung, insbesondere in dem die
25 Rückstromschutzfunktion verhindert, dass eine Abschaltung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs aufgrund eines Rückstroms verhindert wird.

- Vorzugsweise ist die Schalteinrichtung in ein elektrisch isolierendes Gehäuse eingebaut, welches am strangseitigen Eingang einen Pluspol-Anschluss für den Pluspol der Strangleitung und einen Minuspol-Anschluss für den Minuspol der Strangleitung des zugehörigen
30 Photovoltaik-Strangs aufweist. Ferner vorzugsweise weist die Schalteinrichtung am sammelpunktseitigen Ausgang einen Pluspol-Anschluss für den Pluspol und einen Minuspol-Anschluss für den Minuspol der Verlängerung der Strangleitung, die zu dem zentralen

Sammelpunkt führt, auf. Die Anschlüsse an dem Gehäuse sind vorzugsweise als Photovoltaik-Steckverbinder, z.B. gemäß dem SUNCLIX®-System der Anmelderin/Inhaberin ausgebildet. Das Gehäuse mit der Schalteinrichtung, welches mit den Steckverbindern in die beiden Leitungen der Strangleitung des zugehörigen Photovoltaik-Moduls eingefügt werden können, kann demnach
5 eine separat steckbare Einheit in Form einer Strangbox bilden, die auch als Nachrüstlösung noch in vorhandene Strangleitungen zwischen die Photovoltaik-Module jeweils eines Photovoltaik-Strangs und den zentralen Sammelpunkt bzw. den gemeinsamen Wechselrichter eingefügt werden kann, um eine vorhandene Multistrang-Photovoltaik-Anlage nachzurüsten.

Vorzugsweise enthält die Schalteinrichtung einen mit der Steuereinrichtung
10 verbundenen Sensor zum Messen einer elektrischen Kenngröße an dem zugehörigen Photovoltaik-Strang. In Ansprechen auf die mit dem Sensor gemessene elektrische Kenngröße kann die Steuereinrichtung die Schalteinrichtung schalten, ggf. aber nur dann wenn auch eine Benutzerfreigabe vorliegt. Insbesondere verhindert die Steuereinrichtung in Ansprechen auf die mit dem Sensor gemessene elektrische Kenngröße das Schließen der Schalteinrichtung
15 und/oder zumindest des Relais, z.B. wenn die gemessene elektrische Kenngröße außerhalb einer für das Wieder-Anschalten maßgeblichen Sicherheitsbedingung für die erste elektrische Kenngröße liegt.

Der Sensor ist vorzugsweise ein Stromsensor oder ein Spannungssensor, welcher zumindest eine der folgenden elektrischen Kenngrößen misst:

- 20 - Eingangsspannung am strangseitigen Eingang der Schalteinrichtung,
- Ausgangsspannung am sammelpunktseitigen bzw. wechselrichterseitigen Ausgang der Schalteinrichtung,
- Strangstrom des zugehörigen Photovoltaik-Strangs bzw. durch die Schalteinrichtung oder Strangbox,
- 25 - negativer Stromfluss.

Ein negativer Stromfluss bedeutet, dass der Strom in dem Photovoltaik-Strang entgegen der Flussrichtung des im Betrieb photovoltaisch erzeugten Stroms durch die Schalteinrichtung fließt. D.h. der Stromsensor ist insbesondere dazu ausgebildet, auch einen negativen Stromfluss messen zu können.

30 Der Hybridschalter kann in Ansprechen auf eine oder mehrere dieser mit dem oder den Sensoren gemessenen elektrischen Kenngrößen öffnen und die Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs mit dem Stromabnehmer unterbrechen. Die Schalteinrichtung enthält also

vorzugsweise einen Stromsensor, der ggf. auch negative Ströme messen kann und/oder einen Eingangsspannungssensor und/oder einen Ausgangsspannungssensor.

Weitere Details einer optionalen zusätzlichen Rückstromverhinderung sind im Folgenden beschrieben.

- 5 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Sensor ein Stromsensor, welcher auch einen negativen Stromfluss durch die Schalteinrichtung messen kann. Die Schalteinrichtung kann die Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu dem zentralen Sammelpunkt, d.h. zu der Parallelschaltung mit den anderen Photovoltaik-Strängen und zu dem Gleichstromeingang des Wechselrichters unterbrechen, zumindest wenn der Strom
- 10 in dem zugehörigen Photovoltaik-Strang negativ ist und/oder einen vordefinierten Schwellenwert für den Betrag des negativen Stroms überschreitet. Ein negativer Strom ist allerdings keine notwendige Voraussetzung für das Trennen. Je nachdem welche Betriebs- und Sicherheitsparameter vorgegeben sind, kann die Schalteinrichtung die Unterbrechung auch bereits dann durchführen, wenn der Strom zwar noch positiv ist, aber unterhalb eines
- 15 vordefinierten Sicherheits-Schwellwertes liegt. Dies kann z.B. dann vorkommen, wenn die Photovoltaik-Module des zugehörigen Photovoltaik-Strangs erheblich stärker abgeschattet sind als die Photovoltaik-Module der anderen Photovoltaik-Stränge. In diesem Fall sorgen die Querströme möglicherweise noch nicht für einen negativen Gesamt-Stromfluss in dem zugehörigen Photovoltaik-Strang, reduzieren aber den von den von den zugehörigen
- 20 Photovoltaik-Strang photovoltaisch erzeugten Strom ggf. bereits so weit, dass der Produktionsbetrieb dieses zugehörigen Photovoltaik-Strangs wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll ist, so dass es besser ist, die Verbindung dieses zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu der Parallelschaltung mit den anderen Photovoltaik-Strängen und zu dem gemeinsamen Wechselrichter zu unterbrechen. Dies kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn der von der
- 25 Schalteinrichtung gemessene Strom zwar noch positiv ist, aber erheblich unter dem Maximalstrom des Photovoltaik-Strangs, z.B. kleiner als 10% des Maximalstroms des Photovoltaik-Strangs ist. Mit anderen Worten ist die Steuereinrichtung vorzugsweise dazu ausgebildet, die Schalteinrichtung automatisch zu schalten, bzw. die Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu der Parallelschaltung und zu dem Wechselrichter zu
- 30 unterbrechen, wenn die Bedingung eintritt, dass der Strangstrom I kleiner wird als ein vordefinierter Schwellenwert I_0 . Der vordefinierte Schwellenwert I_0 kann zwischen positiv und erheblich kleiner als der Maximalstrom des zugehörigen Photovoltaik-Strangs und einem

negativen Sicherheitswert für den Stromfluss ausgewählt werden. Mathematisch ausgedrückt kann die Schaltbedingung definiert werden als $I < I_0$, wobei I_0 ausgewählt wird aus einem Intervall $[I_1, I_2]$, wobei I_1 ein negativer Sicherheitswert ist, bei welchem der zugehörige Photovoltaik-Strang beschädigt werden könnte und I_2 ein positiver Wert ist, unterhalb dessen ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr sinnvoll erscheint.

Insbesondere schaltet die Schalteinrichtung den zugehörigen Photovoltaik-Strang auch wieder elektrisch an die Parallelschaltung mit den anderen Photovoltaik-Strängen und an den gemeinsamen Wechselrichter elektrisch an, wenn die Betriebs- und Sicherheitsparameter dies erlauben und die Benutzerfreigabe, z.B. in Form eines Triggersignals, z.B. durch einen geschlossenen Schalter vorliegt. Hierzu ist die Steuereinrichtung mit einer Sensoreinrichtung zum Messen zumindest einer elektrischen Kenngröße verbunden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform schaltet die Schalteinrichtung in Ansprechen auf die gemessene strangseitige Eingangsspannung und/oder auf die gemessene sammelpunktseitige bzw. wechselrichterseitige Ausgangsspannung den zugehörigen Photovoltaik-Strang, dessen Verbindung zu dem zentralen Sammelpunkt unterbrochen ist, wieder an den zentralen Sammelpunkt mit den anderen parallelen Photovoltaik-Strängen und damit an den Gleichstromeingang des Wechselrichters elektrisch an, wenn die Benutzerfreigabe vorliegt.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Eingangsspannung mit der Ausgangsspannung verglichen und die Steuereinrichtung steuert in Ansprechen auf den Vergleich der gemessenen strangseitigen Eingangsspannung und der gemessenen stromabnehmerseitigen Ausgangsspannung die Schalteinrichtung, insbesondere dahingehend, dass der zugehörige Photovoltaik-Strang, dessen Verbindung zu dem Stromabnehmer unterbrochen ist, wieder an den Stromabnehmer an, wenn die Benutzerfreigabe vorliegt. Durch den Spannungsvergleich kann gewährleistet werden, dass nach dem elektrischen Wiederanschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs die erwünschten Betriebs- und Sicherheitsparameter erfüllt sind, z.B. dass kein negativer Strom zurück in den zugehörigen Photovoltaik-Strang fließt bzw. der positive Produktionsstrom einen Mindestwert übersteigt, indem der zugehörige Photovoltaik-Strang nur dann elektrisch wieder angeschaltet wird, wenn die Differenz aus Ausgangsspannung U_2 minus Eingangsspannung U_1 kleiner ist, als ein vordefinierter Schwellenwert U_0 . Wenn $U_0=0$ gilt, bedeutet das, dass die Ausgangsspannung U_2 kleiner ist als die Eingangsspannung U_1 . Hierbei kann eine gewisse Toleranz vorhanden sein, insbesondere kann der Effekt ausgenutzt werden, dass die Eingangsspannung des zugehörigen

Photovoltaik-Strangs, dessen Verbindung zu dem zentralen Sammelpunkt unterbrochen ist, die Leerlaufspannung ist, wohingegen die Ausgangsspannung, welche die von den anderen parallelen Photovoltaik-Modulen erzeugte Spannung darstellt, bereits eine Lastspannung darstellt, welche typischerweise um etwa 20% niedriger ist als die Leerlaufspannung, weil der Wechselrichter bereits arbeitet. Demnach kann die Steuereinrichtung in Ansprechen auf den Vergleich der Leerlaufspannung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs mit der Lastspannung der anderen Photovoltaik-Stränge den zugehörigen Photovoltaik-Strang, dessen Verbindung zu dem zentralen Sammelpunkt unterbrochen ist, wieder an den zentralen Sammelpunkt mit den anderen parallelen Photovoltaik-Strängen und damit an den Gleichstromeingang des Wechselrichters anschalten, wenn die Benutzerfreigabe vorliegt. Zusätzlich zu dem Spannungsvergleich kann noch geprüft werden, ob die Spannung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs einen vordefinierten Schwellenwert $U_{\min}$ übersteigt, z.B. um zu gewährleisten, dass der zugehörige Photovoltaik-Strang zu diesem Zeitpunkt eine hinreichende Leistung erzeugen kann.

Die Schalteinrichtung verbindet im geschlossenen Zustand den zugehörigen Photovoltaik-Strang elektrisch mit dem Stromabnehmer und unterbricht im offenen Zustand die stromführende Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs zu dem Stromabnehmer innerhalb der Strangleitung bidirektional.

Vorzugsweise sind die verwendeten Halbleiterschalter und/oder das Relais als Schließer (Normally Off oder Normally Open, NO) ausgebildet. Dies könnte zwar auf den ersten Blick nachteilig erscheinen, da für das Halten des On-Zustandes elektrische Leistung benötigt wird. Dies wird aber in Kauf genommen, um die damit verbundene Sicherheit zu erzielen, nämlich dass die Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs im Normalzustand der Schalteinrichtung zu der Parallelschaltung mit den anderen Photovoltaik-Strängen und zu dem Gleichstromeingang des Wechselrichters unterbrochen ist.

Die vorliegend offenbarte Erfindung ist insbesondere vorteilhaft einzusetzen in Photovoltaik-Anlagen, bei welchen die seriell geschalteten Photovoltaik-Module in zumindest einem der Photovoltaik-Stränge, vorzugsweise in allen Photovoltaik-Strängen, jeweils Schutzschaltungen aufweisen, mittels welchen die Photovoltaik-Module einzeln von dem zugehörigen Photovoltaik-Strang abgeschaltet werden können, und wobei die Schutzschaltungen der einzelnen Photovoltaik-Module den Ausgang des jeweiligen Photovoltaik-Moduls an den Anschlusspunkten für die Strangleitung kurzschließt, um einen niederohmigen Bypass für das jeweilige Photovoltaik-Modul zu erzeugen. Solche Schutzschaltungen für die Photovoltaik-Module

sind in der WO2013/026539 A1 genauer beschrieben, auf welche hiermit Bezug genommen und welche diesbezüglich hiermit durch Referenz inkorporiert wird. Ferner ist die vorliegend offenbarte Erfindung insbesondere vorteilhaft einzusetzen in Photovoltaik-Anlagen, bei welchen der zugehörige Photovoltaik-Strang eine Startschaltung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, solche oder andere Schutzschaltungen der einzelnen Photovoltaik-Module des zugehörigen Photovoltaik-Strangs wieder zu aktivieren. Solche Startschaltungen für die Photovoltaik-Stränge sind in der WO2014/122325 A1 genauer beschrieben, auf welche hiermit Bezug genommen und welche diesbezüglich hiermit durch Referenz inkorporiert wird.

Bevorzugt können eine solche Startschaltung zum Starten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs und die Schalteinrichtung für den zugehörigen Photovoltaik-Strang in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht werden, so dass eine Strangbox mit kombinierter An- und Abschaltfunktion für den zugehörigen Photovoltaik-Strang entsteht. Die Strangbox wird mit Pluspol- und Minuspol-Anschlüssen am Eingang und Pluspol- und Minuspol-Anschlüssen am Ausgang der Strangbox zwischen die Serie aus Photovoltaik-Modulen des zugehörigen Photovoltaik-Strangs und den zentralen Sammelpunkt mit den anderen Photovoltaik-Strängen in den zugehörigen Photovoltaik-Strangs geschaltet. Hierdurch können überflüssige Komponenten, insbesondere Steckverbindungen eingespart werden, was sich positiv auf Kosten, Lebensdauer und Verlustleistung der Photovoltaik-Anlage auswirken kann. Die Verlustleistung der Schalteinrichtung ist im Produktionsbetrieb bei geschlossenem Relais so niedrig, dass die thermische Belastung akzeptabel ist.

Vorzugsweise ist jeder Photovoltaik-Strang mit der beschriebenen Photovoltaik-Modul-übergreifenden Schalteinrichtung bzw. Strangbox ausgerüstet.

Die Erfindung betrifft ferner eine elektronisch gesteuerte Gleichstrom-Trenn-Schalteinrichtung für den Gleichstromteil einer Photovoltaik-Anlage zum Trennen von zumindest einem Photovoltaik-Strang von einem Stromabnehmer, z.B. einem Wechselrichter, wobei die Gleichstrom-Trenn-Schalteinrichtung einen Hybridschalter aus einem, insbesondere elektromechanischen, Relais und einer parallel zu dem Relais geschalteten Halbleiterschalteinrichtung umfasst.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer solchen Schalteinrichtung für den Gleichstromteil einer Photovoltaik-Anlage.

Die Erfindung betrifft ferner eine Verfahren zum benutzergesteuerten Abschalten und Wiederanschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs einer Photovoltaik-Anlage, umfassend folgende Schritte:

benutzergesteuertes Triggern der Schalteinrichtung des zumindest einen
5 Photovoltaikstrangs durch ein elektrisches oder elektronisches Triggersignal, um den zumindest einen Photovoltaik-Strang von dem Stromabnehmer abzuschalten,

benutzergesteuertes Triggern der Schalteinrichtung des zumindest einen Photovoltaik-Strangs durch ein elektrisches oder elektronisches Triggersignal, um den zumindest einen Photovoltaik-Strang wieder an den Stromabnehmer anzuschalten, ggf. in Ansprechen auf die
10 Erfüllung weiterer Prüfbedingungen.

Es ist für den Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung zwar besonders vorteilhaft für Photovoltaik-Anlagen verwendbar, jedoch prinzipiell auch für andere DC-Generatoren einsetzbar ist. Diese sollen nicht ausgeschlossen sein.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und unter
15 Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert, wobei gleiche und ähnliche Elemente teilweise mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und die Merkmale der verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden können.

Kurzbeschreibung der Figuren

20 Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Photovoltaik-Anlage mit parallelen Photovoltaik-Strängen,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Schutzschaltung für ein Photovoltaik-Modul,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Strangbox mit der Schalteinrichtung,

Fig. 4 einen Schaltplan der Ansteuerung der Hybrid-Schaltung aus Relais und MOSFET-Back-to-Back-Schaltung,
25

Fig. 5 einen Schaltplan für ein Schaltnetzteil zur Ansteuerung der MOSFET-Back-to-Back-Schaltung, und

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm für das Starten, Prüfen und Abschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs.

30

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Bezug nehmend auf **Fig. 1** umfasst die Multistrang-Photovoltaik-Anlage 1 eine Mehrzahl von parallel geschalteten Photovoltaik-Strängen, von denen der Einfachheit halber lediglich zwei Photovoltaik-Stränge 10, 10' dargestellt sind.

Jeder Photovoltaik-Strang umfasst eine Mehrzahl von Photovoltaik-Modulen oder Photovoltaik-Paneeelen 12, 12', welche jeweils mit einer Schutzschaltung 14, 14' ausgerüstet sind, z.B. wie sie in der WO 2013/026539 A1 beschrieben sind. Die Schutzschaltungen 14, 14' sind jeweils einem Photovoltaik-Modul 12, 12' zugeordnet und die jeweilige Strangleitung 16, 16' führt durch die dem Photovoltaik-Strang 10, 10' zugehörige Schutzschaltung 14, 14' zweipolig hindurch.

Bezug nehmend auf **Fig. 2** enthält jede Schutzschaltung 14, 14' einen Kurzschlusschalter S3 zum strangseitigen Kurzschließen des zugehörigen Photovoltaik-Moduls 12, 12' sowie einen seriellen Trennschalter S4, mit welchem das zugehörige Photovoltaik-Modul 12, 12' vom Photovoltaik-Strang 10, 10' getrennt werden kann. Bei Beschattung oder Ausfall eines Photovoltaik-Moduls 12, 12' schließt der Kurzschlusschalter S3 und der serielle Trennschalter S4 öffnet, so dass das jeweilige Photovoltaik-Modul 12, 12' vom Photovoltaik-Strang getrennt wird, leerläuft und der Photovoltaik-Strang 10, 10' trotzdem geschlossen bleibt, so dass weiterhin der photovoltaisch erzeugte Strom der übrigen Photovoltaik-Module dieses Photovoltaik-Strangs 10, 10' durch die auch in diesem Schutzzustand geschlossene Strangleitung 16, 16' fließen kann. Für weitere Details der für die vorliegende Erfindung optionalen Schutzschaltung 14, 14' wird auf die WO 2013/026539 verwiesen, welche diesbezüglich hiermit durch Referenz zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht wird.

Wieder Bezug nehmend auf **Fig. 1** ist in jeden Photovoltaik-Strang 10, 10' eine Strangbox 20, 20' eingefügt, welche als Startboxen gemäß der WO 2014/122325 A1 ausgebildet sein können, und durch welche beide Strangleitungen 16, 16' hindurch gehen. Wechselrichterseitig der Strangboxen 20, 20' sind Fortsetzungen 17, 17' der Strangleitungen 16, 16' an einem zentralen Sammelpunkt 22a, 22b, bzw. dessen Plus- und Minuspol, parallel zusammen geschaltet, um die photovoltaisch erzeugte Leistung der in diesem Beispiel mehreren Photovoltaik-Stränge 10, 10' etc. parallel geschaltet in den Gleichstromeingang 24a, 24b des gemeinsamen Wechselrichters 26 einzuspeisen. Am Wechselstromausgang 28 des Wechselrichters 26 wird der Wechselstrom zum Einspeisen in ein Versorgungsnetz bereitgestellt.

Die Strangboxen 20, 20' werden in diesem Beispiel von einem externen 24-Volt Netzteil 32 (Fig. 2) versorgt, um die gewünschten Schaltvorgänge auszuführen. Die Versorgung kann allerdings auch durch ein Start-Photovoltaik-Modul erfolgen, welches keine Schutzschaltung 14, 14' aufweist und somit bei Lichteinfall automatisch den jeweiligen Photovoltaik-Strang 10, 10' und damit auch die zugehörige Strangbox 20, 20' mit elektrischer Leistung versorgt. Für weitere Details hierzu wird auf die WO 2014/122325 A1 verwiesen, welche diesbezüglich hiermit durch Referenz zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht wird.

Bezug nehmend auf **Fig. 3** ist eine Strangbox 20 eines der Photovoltaik-Stränge 10 genauer dargestellt. Alle übrigen parallel geschalteten Photovoltaik-Stränge 10, 10' etc., sofern vorhanden, sind vorzugsweise gleich aufgebaut. Die vorliegende Erfindung kann jedoch auch in einer Einzelstrang-Photovoltaik-Anlage 1, also mit einem DC-Generator 2 verwendet werden, der aus nur einem Photovoltaik-Strang 10 besteht.

Die Photovoltaik-Module 12 mit angeschlossener Schutzschaltung 14, welche in Fig. 3 der Einfachheit halber nicht separat dargestellt ist, bilden in serieller Schaltung den Photovoltaik-Strang 10. Der Pluspol 16a und der Minuspol 16b der Strangleitung 16 sind an einen Pluspoleingang 34a bzw. einen Minuspoleingang 34b der Strangbox 20 angeschlossen, um in die Strangbox 20 eingespeist zu werden. An einen Pluspolausgang 36a bzw. einen Minuspolausgang 36b sind entsprechende Fortsetzungen 17 der Strangleitung 16 an den Pluspol 24a bzw. an den Minuspol 24b des Gleichstromeingangs 24 des Wechselrichters 26, der in diesem Beispiel den Stromabnehmer für den photovoltaisch erzeugten Strom bildet, angeschlossen. Der von den Photovoltaik-Modulen 12 des Photovoltaik-Strangs 10 photovoltaisch erzeugte Strom fließt demnach im Produktionsbetrieb durch die Strangbox 20 hindurch. An den Eingängen und Ausgängen 34a, 34b; 36a, 36b sind die modulseitigen und sammelpunktseitigen Abschnitte 16, 17 der Strangleitung, vorzugsweise mit Steckverbindern (nicht dargestellt) angeschlossen. Weitere optionale parallele Photovoltaik-Stränge 10' sind durch die gestrichelten Linien, welche zu den beiden Polen des zentralen Sammelpunkts 22a, 22b führen, symbolisiert.

Die Strangbox 20 enthält eine Schalteinrichtung 38, welche in das vorzugsweise wasserdichte Kunststoff-Gehäuse 21 der Strangbox 20 integriert ist. Die Schalteinrichtung 38 umfasst einen Hybridschalter S1, welcher seriell in den Photovoltaik-Strang 10, in diesem Beispiel in einen Ast der Strangleitung (in diesem Beispiel der Pluspol) geschaltet ist. Mit dem seriellen Hybridschalter S1 kann die stromführende Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 zu dem Wechselrichter 26 benutzergesteuert unterbrochen und der zugehörige

Photovoltaik-Strang 10 damit abgeschaltet werden. Eine Steuereinrichtung 42 in Form eines Mikrocontrollers steuert den seriellen Hybridschalter S1, der auch als Trenn-Hybridschalter bezeichnet werden kann, und überwacht einen Stromsensor 44, einen Eingangsspannungssensor 46 und einen Ausgangsspannungssensor 48, um elektrische
5 Kenngrößen des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 zu gewinnen.

Der Eingangsspannungssensor 46 ist parallel zu den Eingangsanschlüssen 34a, 34b der Strangbox 20 geschaltet, um die Eingangsspannung U1 zu messen, welche die Strangspannung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 ist. Der Ausgangsspannungssensor 48 ist parallel zu den Ausgangsanschlüssen 36a, 36b der Strangbox 20 geschaltet, um die
10 Ausgangsspannung U2 zu messen, welches diejenige Spannung ist, die am Wechselrichter 26 anliegt. Im Falle einer Multistrang-Photovoltaik-Anlage ist die Ausgangsspannung U2 diejenige Spannung, die von der Parallelschaltung aller anderen Photovoltaik-Stränge an den Wechselrichter 26 angelegt wird. Der Stromsensor 44 misst im Produktionsbetrieb den Strangstrom, welcher bei Stromproduktion des Photovoltaik-Strangs 10 in der normalen Richtung,
15 welche hier als positiv bezeichnet wird, durch die Strangleitung 16, die Strangbox 20 und die Fortsetzung der Strangleitung 17 in den Wechselrichter 26 fließt, um in den Wechselrichter 26 eingespeist zu werden. Der Stromsensor 44 ist optional auch dazu ausgelegt, einen Stromfluss in der umgekehrten Richtung, d.h. einen in Bezug auf die normale Stromrichtung der Produktion des Photovoltaik-Strangs 10 negativen Strom (also umgekehrtpolig zu den Gleichstromeingängen
20 24a, 24b des Wechselrichters) zu messen. Alternativ können aber auch zwei getrennte Stromsensoren, einer für den positiven Stromfluss und einen für den negativen Stromfluss vorgesehen sein (nicht dargestellt). Die Schalteinrichtung 38 ist demnach, falls gewünscht, dazu ausgebildet, positiven und/oder negativen Stromfluss zu messen.

In der Grundstellung der Strangbox 20 bzw. der Schalteinrichtung 38 ist der serielle
25 Hybridschalter S1 offen und befindet sich in seinem Normalzustand (Normally Open). Eine Hauptfunktion des seriellen Hybridschalters S1 ist es, die stromführende Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 zu dem Wechselrichter 26 zu unterbrechen. Ein Kurzschlusschalter S2 wird dazu benutzt, strangseitige Kurzschlüsse in dem zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 auszulösen und die Photovoltaik-Module 12 des zugehörigen
30 Photovoltaik-Strangs 10 über einen eingepprägten Startstrom zu aktivieren. Nach dem Senden des Startimpulses werden die Strangspannung U1 und die Wechselrichterspannung U2 gemessen und verglichen, um in Ansprechen auf den Spannungsvergleich den zugehörigen

Photovoltaik-Strang 10 an den Wechselrichter 26 elektrisch anzuschalten, ggf. wenn eine entsprechende Benutzerfreigabe vorliegt.

Der serielle Hybridschalter S1 wird in diesem Beispiel in Ansprechen auf einen Vergleich der Strangspannung U1 und der Wechselrichterspannung U2 geschlossen, d.h. die
5 Schaltbedingung für den Anschaltvorgang des seriellen Hybridschalters S1 hängt in diesem Beispiel von einem Vergleich der Strangspannung U1 und der Wechselrichterspannung U2 ab. Der serielle Hybridschalter S1 wird insbesondere nur dann geschlossen, wenn die Strangspannung U1 des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 entweder größer ist als die Wechselrichterspannung U2 oder nur um einen vorbestimmten Schwellenwert U0 (geringfügig)
10 kleiner ist als die Wechselrichterspannung U2. Mit anderen Worten ist eine Schaltbedingung für den seriellen Hybridschalter S1 zum elektrischen Anschalten des Photovoltaik-Strangs 10 an die Parallelschaltung und an den Wechselrichter 26: $U1 \geq U2 - U0$, wobei U0 ein vordefinierter Wert für die maximal zulässige Spannungsdifferenz für das sichere Anschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 an den Wechselrichter ist. Der vordefinierte und in dem Mikrocontroller
15 hinterlegte Schaltwert U0 ist demnach (deutlich) kleiner als die maximal mögliche Spannung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10. Erst wenn eine solche Schaltbedingung, welche von elektrischen Kenngrößen des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 und ggf. den anderen Photovoltaiksträngen abhängt, erfüllt ist, steuert die Steuereinrichtung 42 den seriellen Hybridschalter S1 derart, dass der Hybridschalter S1 geschlossen wird und damit den
20 zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 an den Wechselrichter 26 anschaltet. Somit ist in diesem speziellen Ausführungsbeispiel ein Systemstart des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 sogar ohne die Gefahr des Auftretens von unerwünschten Rückströmen möglich.

Um unerwünschte Rückströme von den in diesem Beispiel vorhandenen anderen Photovoltaik-Strängen in den zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 im Produktionsbetrieb zu
25 erfassen, in welchem der serielle Hybridschalter S1 geschlossen ist, wird während des Produktionsbetriebs der Stromfluss einschließlich die Stromflussrichtung überwacht. Hierfür wird dauerhaft eine Strommessung mit dem Stromsensor 44 durchgeführt. Mittels des Stromsensors 44 wird demnach eine dauerhafte Überwachung des Strangstroms durchgeführt, einschließlich des Vorzeichens des Strangstroms, also dahingehend ob der Strangstrom negativ wird. Falls der
30 Strangstrom negativ werden sollte oder ein Zustand erreicht wird, der dem nahe kommt, steuert der Mikrocontroller 42 den seriellen Hybridschalter S1 dahingehend, dass dieser öffnet und die

stromführende Verbindung des Photovoltaik-Strangs 10 zu dem zentralen Sammelpunkt 22a, 22b und zu dem Wechselrichter 26 unterbricht.

Damit alle Strangboxen 20 den jeweils zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 sauber vom Wechselrichter 26 trennen, wenn die gesamte Photovoltaik-Anlage 1 herunterfährt, werden, vorzugsweise und soweit vorhanden, die seriellen Hybridschalter S1 aller Schalteinrichtungen 38 aller Photovoltaik-Stränge ebenfalls geöffnet, sobald die Wechselrichterspannung U_2 unterhalb einer vordefinierten Mindestspannung $U_{\min}$ liegt, wobei $U_{\min}$ z.B. im Bereich von etwa 30 Volt liegen kann.

Bezug nehmend auf **Fig. 3 und 4** umfasst der Hybridschalter S1 eine Parallelschaltung aus einer Back-to-Back-Schaltung 50 zweier Halbleiterschalter, in diesem Beispiel zweier Feldeffekt-Transistoren, genauer zweier MOS-FETs 52, und einem elektromechanischen Relais 54. Der Hybridschalter S1 als Ganzes ist für die volle nominelle Strangspannung und den vollen nominellen Strangstrom des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 ausgelegt, welche typischerweise bis zu 1000 Volt oder sogar 1500 Volt sowie z.B. 10 A betragen. Die MOS-FETs 52 weisen allerdings einen typischen Einschaltwiderstand, den sogenannten Resistance-Drain-Source-On oder kurz RDS-on, von in diesem Beispiel 690 mOhm auf. Dadurch kann bei einem typischen Photovoltaik-Strang 10 an den MOS-FETs 52 eine Verlustleistung im Bereich von einigen Watt entstehen. Z.B. entsteht bei einem RDS-on von 690 mOhm und einem nominellen Strangstrom von $I_{\text{nom}} = 10 \text{ A}$ eine rechnerische Verlustleistung $P_{\text{VL}} = \text{RDS-on} * (I_{\text{nom}})^2$, d.h. in diesem Beispiel also $P_{\text{VL}} = 69 \text{ Watt}$. Da eine solche Verlustleistung insbesondere zum Einbau in vorhandene (Kunststoff-)Gehäuse unerwünscht ist, entlastet das Relais 54 die Back-to-Back-Schaltung 50 aus den beiden MOS-FETs 52 im Dauerbetrieb. D.h. der Einschaltvorgang wird zunächst von der Back-to-Back-Schaltung aus den beiden MOS-FETs 52 ausgeführt und wenn der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 für eine gewisse Mindestzeit im Produktionsbetrieb ist, wird das parallele Relais 54 geschlossen, um die MOS-FETs 52 zu entlasten. Dadurch wird einerseits die dauerhafte Erzeugung von hoher Verlustleistung an den MOS-FETs 52 vermieden und andererseits kann ein Relais 54 verwendet werden, das alleine nicht geeignet wäre, Schaltvorgänge bei einer nominellen DC-Strangspannung von 1000 V oder sogar 1500 V durchzuführen, ohne dass aufgrund der DC-Spannung eine erhöhte Gefahr eines nicht verlöschenden Lichtbogens entstünde.

Der Hybridschalter S1 kann trotz der hohen Anforderungen an nominelle Strangspannung, nominellen Strangstrom und die Gleichstrom-Anwendung mit handelsüblichen, relativ kleinen und kostengünstigen Bauteilen aufgebaut werden.

5 Z.B. haben sich die Relais des Typs RT.3T und RTS3L von TE Connectivity Ltd. (vgl. www.te.com) mit folgenden Eigenschaften als geeignet erwiesen:

	1 Pol 16A,		
	1 Form A (NO) Kontakt (AgSnO ₂ or W pre-make contact + AgSnO ₂)		
	mono- oder bistabile Spule		
10	5kV/10mm Spulenkontakt		
	verstärkte Isolation		
	WG Version: Produkt gemäß IEC60335-1		
	RTS3T: Elektronischer Ballast UL508/NEMA 410 bewertet		
	RTS3T: 165/20ms Einschaltspitzenstrom		
15	Kontakt Daten	RT.3T	RTS3L
	Kontaktanordnung	1 Form A (NO) Kontakt	
	Nennspannung	250VAC	
	Max. Schaltspannung	400VAC	
20	Nennstrom	16A	
	Begrenzender Dauerstrom	16A, UL: 20A (RTS3L)	
	Begrenzender Einschaltstrom,		
	max. 20ms (Glühlampen)	165A peak	120A peak
	max. 200µs	800A peak	
25	Schaltleistung max.	4000VA	
	Kontaktmaterial	W (pre-make cont.) +AgSnO ₂	AgSnO ₂
	Kontaktart	pre-make contact	single contact
	Betriebsfrequenz, mit/ohne Last	360/3600h ⁻¹	
	Betriebs-/Auslösezeit max., DC Spule	10/5ms	
30	Betriebs-/Rückstellzeit max., bistable version	10/10ms	
	Prellzeit	max. 4ms	

Für die Back-to-Back-Schaltung 50 haben sich z.B. die MOSFETs des Typs STH12N120K5-2, STP12N120K5, STW12N120K5, oder STWA12N120K5 von ST (vgl. www.st.com) mit folgenden Eigenschaften als geeignet erwiesen:

5	V_{DS} :	1200 V	
	RDS-on max.	690 mOhm	
	I_D	12 A	
	P_{TOT}	250 W	
	V_{GS}	Gate-Source Spannung	± 30 V
	I_D	Drain-Strom bei $T_C = 25^\circ\text{C}$	12 A
	I_D	Drain-Strom bei $T_C = 100^\circ\text{C}$	7,6 A
	I_{DM}	Drain-Strom (gepulst)	48 A
	P_{TOT}	Totale Dissipation bei $T_C = 25^\circ\text{C}$	250 W
	I_{AR}	Max Strom während wiederholter oder einzelner Puls-Lawine	4 A
	E_{AS}	Einzelpuls-Lawinen-Energie	215 mJ
	dv/dt	Spitzen-Dioden-Rückstellspannungsabfall	4,5V/ns
	dv/dt	MOSFET dv/dt Unempfindlichkeit	50 V/ns

10

Mit einer solchen Hybridschaltung S1 bestehend aus dem Relais 54 und der MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50, sowie der zugehörigen Ansteuerelektronik kann der Photovoltaik-Strang sicher und langfristig an und abgeschaltet werden.

Es wird also mittels des Hybridschalters S1 die stromführende Verbindung zwischen dem zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 bzw. dem hiermit geschalteten Teil des DC-Generators 2 und dem zentralen Sammelpunkt 22a, 22b bzw. dem Wechselrichter 26, in diesem Beispiel sogar bidirektional, getrennt, d.h. es wird ein möglicher Stromfluss, in diesem Beispiel in beiden Richtungen, unterbrochen.

Wenn der Benutzer ein Triggersignal zum Abschalten initiiert, was hier mit der Prüfbedingung „U ext. Start = Off“ bezeichnet wird, öffnet die Steuereinrichtung 42 automatisch den Hybridschalter S1.

Beim Abschalten des Photovoltaik-Strangs 10 wird zunächst das Relais 54 und erst mit einer Zeitverzögerung danach die Back-to-Back-Schaltung 50 geöffnet, um den zugehörigen

Photovoltaik-Strang 10 von dem zentralen Sammelpunkt 22a, 22b zu trennen. Die Zeitverzögerung beim Anschalten und/oder Abschalten beträgt in diesem Ausführungsbeispiel etwa 200 ms bis 300 ms, was kurz genug ist, um die MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52 ohne besondere Kühlung nicht zu überlasten.

5 **Fig. 4** zeigt den Hybridschalter S1 mit einer Ansteuerschaltung 60 zur Ansteuerung des Relais 54 sowie eine genauere Darstellung der MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52.

Am Steuereingang 62 „Relais“ erhält die Ansteuerschaltung 60 ein Normsignal (0/1) als Triggersignal von der Steuereinrichtung 42. Ein Bipolartransistor 64 schaltet gegen Erde 66 „GND“. Parallel zu dem Relais 54 ist zur Funkenunterbrechung ein Freilaufbauelement, in diesem
10 Beispiel eine Freilaufdiode 68 geschaltet. Die Gate-Spannung der Halbleiterschalteneinrichtung 50 bzw. FET-Back-to-Back-Schaltung ist potentialfrei gegen Source.

Fig. 5 zeigt ein Schaltnetzteil 70 zur Ansteuerung der MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52. Über Drain 72 fließen bis zu 10 A. Ein Taktgeber 74 gibt einen 50/50-Takt mit etwa 200kHz auf die Schalttransistoren 76. Dieser Teil der Ansteuerung, welcher das
15 Ansteuersignal für die MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52 erzeugt, ist galvanisch von der MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52 getrennt. Die galvanische Trennung wird mittels eines Leiterplattenübertragers 78 hergestellt.

Die Dioden V17, C35, C36 sorgen für die Gleichrichtung und Glättung der zerhackten Spannung von 19,4 V.

20 Ferner umfasst die Ansteuerung für die MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52 einen Optokoppler 82, welcher eine galvanische Trennung von der Steuereinrichtung 42 bewirkt. Über den Steuerausgang 84 wird das Ansteuersignal bereit gestellt und die Spannung des Netzteils wird über den Optokoppler 82 an die MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50/52 angeschaltet.

Die Anschlüsse Gate 86 und Source 88 sind die Leistungen die mit der MOSFET-Back-
25 to-Back-Schaltung 50/52 verbunden sind.

Bezug nehmend auf **Fig. 6** läuft die Start- und Abschaltsequenz der Schalteinrichtung 38 beispielweise wie folgt ab.

Zum Systemstart bei 102 ist der Hybridschalter S1 im Schritt 104 offen (Halbleiterschalteneinrichtung 50 und Relais 54 offen). In einer Abfrage im Schritt 106 wird geprüft,
30 ob die Eingangsspannung U1 eine Mindestspannung $U_{\min 1}$ unterschreitet. Falls die Bedingung $U1 < U_{\min 1}$, wobei im vorliegenden Beispiel $U_{\min 1} = 30 \text{ V DC}$ ist, erfüllt ist und die Benutzerfreigabe zum Starten ($U_{\text{ext. Start}} = \text{on}$) vorliegt, werden in dem Schritt 108 mit dem

Kurzschlusschalter S2 die Startimpulse ausgelöst, um den zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 zu starten. Der serielle Hybridschalter S1 bleibt weiterhin offen und der Loop geht zurück zum Schritt 104.

Wenn nun durch die Startimpulse der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 gestartet ist, indem die zugehörigen Schutzschaltungen 14 die zugehörigen Photovoltaik-Module 12 an den Photovoltaik-Strang 10 elektrisch angeschaltet haben, sollte die Strangspannung U_1 deutlich über dem vordefinierten Mindestwert $U_{\min 1}$ liegen - sofern kein Fehler vorliegt - und der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 nicht total beschattet ist. Nachdem also im Schritt 106 die Bedingung $U_1 < U_{\min 1}$ bei normaler Einstrahlung und ohne Störung nicht mehr erfüllt ist und weiterhin die Benutzerfreigabe zum Starten ($U_{\text{ext. Start}} = \text{on}$) vorliegt, erfolgt eine weitere Abfrage im Schritt 110 dahingehend, ob die Eingangsspannung U_1 des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 größer oder gleich der Ausgangsspannung U_2 des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 minus einem vordefinierten Schwellenwert U_0 beträgt ($U_1 \geq U_2 - U_0$), wobei U_0 in diesem Beispiel 20 V DC beträgt, aber auch null sein könnte. Diese Bedingung soll vorzugsweise für eine vordefinierte Mindest-Zeit t_0 erfüllt sein, welche in diesem Fall $t_0 = 1\text{s}$ beträgt. Ferner wird nochmals geprüft, ob die Spannung U_1 größer oder gleich einem Mindestwert $U_{\min 2}$ ist, um sicherzustellen, dass der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 noch immer elektrisch angeschaltet ist, wobei in diesem Beispiel $U_{\min 2} = 150\text{ V DC}$ beträgt. Ferner wird wieder geprüft, ob die Benutzerfreigabe ($U_{\text{ext. Start}} = \text{on}$) vorliegt. Wenn mindestens eine dieser drei Prüfbedingungen in dem Abfrageschritt 110 nicht erfüllt ist, geht der Loop zurück zum Schritt 104 und zur Abfrage 106.

Sind jedoch alle diese drei Prüfbedingungen in der Abfrage 110 erfüllt, wird in Schritt 111 geprüft, ob der Strangstrom I größer ist, als ein vordefinierter Schwellenwert $I_{\min}$, wobei $I_{\min}$ in diesem Beispiel 500 mA (in positiver Richtung) beträgt. Ist diese Prüfbedingung nicht erfüllt, steuert der Mikrocontroller 42 im Schritt 112a den seriellen Hybridschalter S1, derart, dass zunächst nur die Halbleiterschaltanordnung 50 bzw. Back-to-Back-Schaltung schließt. Ist diese Prüfbedingung $I > I_{\min}$ erfüllt, steuert der Mikrocontroller 42 im Schritt 112b den seriellen Hybridschalter S1, derart, dass die Back-to-Back-Schaltung 50 geschlossen bleibt und nun auch das Relais 54 schließt. In beiden Fällen 112a, 112b wird der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 an den zentralen Sammelpunkt 22a, 22b bzw. den Wechselrichter 26 angeschaltet und der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 speist elektrische Leistung hier über den zentralen Sammelpunkt 22a, 22b in den Wechselrichter 26 ein, wobei der Hybridschalter S1 aber erst nach

dem Schließen des Relais 54 im Schritt 112b, d.h. im Zustand für den Dauer-Produktionsbetrieb, besonders verlustarm arbeitet. Dadurch dass die Halbleiterschalteneinrichtung 50 bzw. Back-to-Back-Schaltung alleine bereits vorher im Schritt 112a geschlossen wird, bewirkt diese Routine im Schritt 112b ein zeitlich versetztes Schließen des Relais 54 erst nach einer Verzögerung nach dem Schließen der Halbleiterschalter-Back-to-Back-Schaltung 50 im Schritt 112a. Die zeitliche Verzögerung beträgt in dem vorliegenden Beispiel etwa 200 ms bis 300 ms, was kurz genug ist, um die MOSFET-Back-to-Back-Schaltung 50 nicht zu überlasten, selbst wenn der volle nominelle Strangstrom fließen sollte.

Das Relais 54 übernimmt den Stromfluss in diesem Beispiel erst ab $I > 500 \text{ mA}$ und braucht nur eine geringe Spannung von typischerweise 1 Volt zu schalten, so dass ein relativ kleines, kostengünstiges und insbesondere nicht zum Schalten von 1000 V DC ausgelegten Relais verwendet werden kann, wie z.B. mit den vorstehend beschriebenen Eigenschaften.

Während des Produktionsbetriebs wird dann in einem Prüfschritt 114 dauerhaft oder regelmäßig geprüft, a) ob ein negativer Strom größer oder gleich einem vordefinierten Mindestwert I_{Reverse} vorliegt, und zwar über eine vordefinierte Mindest-Zeit t_1 ($t_1 = 1 \text{ s}$), oder b) ob die Eingangsspannung U_1 einen vordefinierten Mindestwert U_{min3} (hier $U_{1\text{min3}} = 150 \text{ V}$) unterschreitet oder c) ob die Benutzerfreigabe nicht vorliegt ($U_{\text{ext. Start}} = \text{Off}$). Der Mindestwert I_{Reverse} für den negativen Strom liegt typischerweise im Milli-Ampere-Bereich. In diesem Beispiel ist daher die entsprechende Prüfbedingung, ob einer negativer Strom von mindestens 20 mA vorliegt ($I_{\text{Reverse}} \leq -20 \text{ mA}$). Solange alle drei Prüfergebnisse a), b), c) negativ sind, d.h. logisch a) OR b) OR c) = NO, wird der Hybridschalter S1 geschlossen gehalten.

Anschließend wird ein weiterer Prüfschritt 116 durchgeführt, indem in einer Fehlerüberwachung abgefragt wird, ob die Temperatur $< 130^\circ \text{C}$ beträgt und ob die Differenzspannung zwischen U_1 und U_2 größer als 2V beträgt. Falls auch diese Fehlerprüfung negativ ausfällt wird der Loop zum Prüfschritt 111 geschlossen. Die Schritte 111-116 bilden demnach einen dauerhaften beziehungsweise kontinuierlichen Überwachungskreis für den zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 daraufhin, dass auch im Produktionsbetrieb keine unerwünschten Werte der überwachten elektrischen Kenngrößen auftreten.

Falls die Abfrage in dem Schritt 114 ergibt, dass eine der drei genannten Prüfbedingungen positiv ist, d.h. logisch a) OR b) OR c) = YES, z.B. wenn ein unerwünscht hoher negativer Rückstrom vorliegt, weil z.B. der zugehörige Photovoltaik-Strang 10 erheblich stärker abgeschattet ist als die anderen Photovoltaik-Stränge, oder weil der zugehörige Photovoltaik-

Strang 10 soweit an Strangspannung verloren hat, dass die Schwellenbedingung $U_1 < U_{\min 3}$ erfüllt ist, oder weil die benutzergesteuerte Abschaltanforderung an der Steuereinrichtung 42 vorliegt ($U_{\text{ext. Start}} = \text{Off}$), geht der Loop zurück zum Schritt 104, d.h. der Hybridschalter S1 öffnet, wobei erst das Relais 54 geöffnet wird und erst nach einer zeitlichen Verzögerung die Halbleiterschaltanordnung 50. Vorzugsweise ist der Hybridschalter S1 bzw. sowohl die MOSFETs 52 als auch das Relais 54 als Schließer (Normally Open) ausgebildet, so dass der Hybridschalter S1 als Ganzes automatisch in den geöffneten Zustand fällt, wenn nicht die MOSFETs 52 und das Relais 54 von der Steuereinrichtung 42 in dem geschlossenen Zustand (Loop 111-116) gehalten werden. Auch hierbei wird, falls erforderlich, die zeitliche Verzögerung sichergestellt. Der Loop 111-116 repräsentiert demnach den Produktionsbetrieb des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10.

Der Benutzer kann in dem Schritt 114 durch Triggern der Bedingung $U_{\text{ext. Start}} = \text{Off}$, nach Wunsch in den Loop 111-116 eingreifen, um die stromführende Verbindung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 benutzergesteuert vom Wechselrichter 26 zu trennen bzw. den zugehörigen Photovoltaik-Strang 10 benutzergesteuert abzuschalten. Wenn so benutzergesteuert durch Triggern der Bedingung $U_{\text{ext. Start}} = \text{Off}$ die Abfrage in dem Schritt 114 auf „ja“ gesetzt wird, wird der Loop 111-116 unterbrochen und der Pfad der Prüf-/Steerroutine geht zum Schritt 104, in welchem der Hybridschalter S1 öffnet, selbst dann wenn alle elektrischen Kenngrößen die vordefinierten Prüfbedingungen erfüllen. Der Benutzer hat hiermit also die Möglichkeit die Abschaltung des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 benutzergesteuert nach eigenem Ermessen zu triggern bzw. auszulösen. Auch hierbei wird, falls erforderlich, die zeitliche Verzögerung sichergestellt.

Wenn die Fehlerüberwachung im Schritt 116 ein positives Ergebnis ergibt, d.h. wenn eine der beiden genannten Fehlerbedingungen zutrifft, wird in einem Schritt 118 der Hybridschalter S1 wie im Schritt 114 geöffnet und zusätzlich der Meldeausgang getoggelt, der eine Fehlermeldung für den Benutzer abgibt. Anschließend wird der Zyklus mit dem Schritt 120 beendet. Dies signalisiert typischerweise eine Störung.

Mit der vorliegenden Erfindung ist es möglich, jeden mit einer solchen Schalteinrichtung 38 ausgerüsteten gestarteten bzw. im Produktionsbetrieb befindlichen Photovoltaik-Strang 10 benutzergesteuert kontrolliert abzuschalten, d.h. vom Stromabnehmer 26 zu trennen. Dies wird mittels des Hybridschalters S1 aus einer Parallelschaltung aus einer MOSFET-Back-to-Back-

Schaltung 50 und einem Relais 54 und einer entsprechenden Steuerung z.B. gemäß Fig. 6 bewerkstelligt.

Der in der Strangbox 20 verbaute Hybridschalter S1 ist in der Lage den Photovoltaik-Strang 10 aufzutrennen und den Stromfluss zu unterbinden. Dies veranlasst die in dem vorliegenden Beispiel an den Photovoltaik-Modulen 12 verbauten Schutzschaltungen 14 (z.B. Phoenix Contact SCK-RSD-100) ebenfalls abzuschalten. Mit anderen Worten deaktivieren sich also in dem vorliegenden Beispiel dann automatisch die an den Photovoltaik-Modulen 12 verbauten Schutzschaltungen 14 und schalten die einzelnen Photovoltaik-Module 12 ab, so dass der gesamte Photovoltaik-Strang 10 nicht nur elektrisch von dem zentralen Sammelpunkt 22a, 22b getrennt wird, sondern auch keine berührungsfähliche Spannung mehr führt.

Zum Starten des Photovoltaik-Strangs 10 werden über die Strangleitung 16 Startimpulse an die Schutzschaltungen 14 der Photovoltaik-Module 12 des zugehörigen Photovoltaik-Strangs 10 gesendet (Schritt 108), um den unbelasteten Photovoltaik-Strang 10 wieder zu aktivieren, aber noch nicht unmittelbar an den zentralen Sammelpunkt 22a, 22b anzuschließen. Danach wird die Prüfroutine mit Schritten 110-116 gemäß Fig. 6 durchgeführt.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht ein An- und Abschalten des zumindest einen Photovoltaik-Strangs 10 über eine (Modul-)übergeordnete Steuereinheit und stellt eine vorteilhafte Funktion für den Kunden dar, um nicht nur im Notfall, sondern auch z.B. zu Wartungszwecken Photovoltaik-Stränge oder ganze Bereiche eines DC-Generators 2 abzuschalten.

Zusammenfassend kann mit der vorliegenden Schalteinrichtung 38 auf kleinem Bauvolumen eine große Leistung bei geringer Verlustleistung geschaltet werden. Bevorzugt beträgt die nominelle Leistung des Photovoltaik-Strangs 10 mindestens 10 kW, welche von dem Hybridschalter S1 als Ganzes geschaltet werden kann. Die Verlustleistung des Hybridschalters S1 beträgt jedoch bei nominell 1000 V und 10 A kleiner oder gleich 10 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 5 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 2 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 1 W, wenn das Relais 54 den Strom kommutiert. Es werden die Vorteile der verschiedenen Schaltarten (elektromechanisch, Halbleiter) sinnvoll miteinander kombiniert. Beim Einschalten übernimmt die Halbleiterschalteinrichtung 50 den ersten Schaltvorgang um die bis zu 1000 V im ggf. kleinen Lastbereich (z.B. bis 500 mA) ein und wieder aus zu schalten. Hier wird der bezogen auf die DC-Anwendung wichtige Vorteil der Halbleiterschalteinrichtung 50 genutzt, große Spannungen ohne Funkenüberschlag schalten zu können. Nach dem Schalten der Halbleiterschalteinrichtung 50

geht es aber dann vorrangig darum, die Verlustleistung des fließenden Stromes in den Griff zu bekommen. Hierfür sind die Produktparameter eines Halbleiters nicht ideal geeignet, denn mit steigender Spannung an UBS steigt auch der interne Durchleitwiderstand R_{DS-on} . Hierfür werden die Vorteile eines elektromechanischen Schalters in Form eines Relais 54 genutzt. Relais
5 in kleiner Bauform sind zwar nicht in der Lage hohe Gleichspannungen zu trennen, aber dafür sind große Ströme bis z.B. 16 Ampere unproblematisch.

Beim Anschalten wird erst die Halbleiterschalteneinrichtung 50, und dann zeitverzögert das Relais eingeschaltet 54. Beim Abschalten erfolgt dies entsprechend umgekehrt, ebenfalls mit Zeitverzögerung. Das Relais 54 schaltet somit sowohl beim Anschalten als auch beim Abschalten
10 nur noch die verbleibende Restspannung, über der Halbleiterschalteneinrichtung 50, bzw. den MOSFETs 52, kommutiert aber auf Grund des geringen Durchleitwiderstands fast den kompletten Strom. Somit ist die Schalteneinrichtung 38 dazu geeignet 1000 V mit 10 A Gleichspannung/Gleichstrom bei geringer Verlustleistung zu schalten. Somit können mit der Erfindung ein Photovoltaik-Strang 10 oder Teile des DC-Generators 2 baugrößenoptimal und
15 kostenoptimal kontrolliert ein und aus geschaltet werden.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beispielhaft zu verstehen sind und die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist, sondern in vielfältiger Weise variiert werden kann, ohne den Schutzbereich der Ansprüche zu verlassen. Ferner ist ersichtlich, dass die Merkmale unabhängig davon, ob sie in der
20 Beschreibung, den Ansprüchen, den Figuren oder anderweitig offenbart sind, auch einzeln wesentliche Bestandteile der Erfindung definieren, selbst wenn sie zusammen mit anderen Merkmalen gemeinsam beschrieben sind.

Patentansprüche:

1. Photovoltaik-Anlage (1) umfassend:
zumindest einen Photovoltaik-Strang (10), wobei der zumindest eine
5 Photovoltaik-Strang durch Photovoltaik-Module (12) gebildet wird, welche mittels einer
Strangleitung seriell miteinander verschaltet sind und so eine Strangspannung erzeugen,
eine Schalteinrichtung (38), welche seriell in die Strangleitung eingebaut ist, um
den zumindest einen Photovoltaik-Strang mit der Schalteinrichtung (38) an- und
abzuschalten,
10 wobei die Schalteinrichtung (38) einen Hybridschalter (S1) mit einem Relais (54)
und einer parallel zu dem Relais (54) geschalteten Halbleiterschalteneinrichtung (50) mit
zumindest einem Halbleiterschalter umfasst.
2. Photovoltaik-Anlage (1) nach Anspruch 1,
15 wobei der Hybridschalter (S1) einen geschlossenen und einen geöffneten
Zustand definiert und in dem geschlossenen Zustand photovoltaisch erzeugten Strom aus
dem zumindest einen Photovoltaik-Strang (10) zu einem Stromabnehmer durchleitet und in
dem geöffneten Zustand die Durchleitung von photovoltaisch erzeugtem Strom aus dem
zumindest einen Photovoltaik-Strang (10) unterbricht, und
20 wobei eine Steuereinrichtung (42) umfasst ist, welche dazu ausgebildet ist, in
Ansprechen auf eine Benutzereingabe den Hybridschalter (S1) benutzergesteuert zu
öffnen.
3. Photovoltaik-Anlage (1) nach Anspruch 1 oder 2,
25 wobei der Halbleiterschalter ein Feldeffekttransistor, vorzugsweise ein MOSFET
(52) ist.
4. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der Hybridschalter (S1) dazu ausgebildet ist, in dem geöffneten Zustand
30 den Stromfluss in beiden Richtungen zu unterbrechen.

5. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der Hybridschalter (S1) eine Parallelschaltung aus dem Relais (54) und
einer Back-to-Back-Schaltung (50) aus zwei Halbleiterschaltern, insbesondere eine
Parallelschaltung aus einem Relais (54) und einer Back-to-Back-Schaltung (50) aus zwei
5 Feldeffekt-Transistoren, vorzugsweise MOSFETs (52), umfasst.
6. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die
Schalteinrichtung (38) dazu ausgebildet ist,
beim Anschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs (10) zunächst die
10 Halbleiterschalteinrichtung (50), insbesondere den oder die Feldeffekt-Transistoren,
vorzugsweise MOSFETs (52), zu schließen und erst nach einer zeitlichen Verzögerung
danach das Relais (54) zu schließen und/oder
beim Abschalten des zugehörigen Photovoltaik-Strangs (10) zunächst das Relais
(54) zu öffnen und erst nach einer zeitlichen Verzögerung danach die
15 Halbleiterschalteinrichtung (50), insbesondere den oder die Feldeffekt-Transistoren,
vorzugsweise MOSFETs (52), zu öffnen.
7. Photovoltaik-Anlage (1) nach Anspruch 6,
wobei die zeitliche Verzögerung beim Anschalten und/oder beim Abschalten
20 kleiner oder gleich 2000 ms, vorzugsweise kleiner oder gleich 700 ms, vorzugsweise
kleiner oder gleich 300 ms beträgt, zumindest wenn in dem Photovoltaik-Strang (10) ein
Strangstrom fließt, der im Wesentlichen dem Nennstrom entspricht.
8. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
25 wobei die Schalteinrichtung (38) eine Steuereinrichtung (42) und eine mit der
Steuereinrichtung (42) verbundene Sensoreinrichtung (46, 48) zum Messen zumindest
einer elektrischen Kenngröße an dem zugehörigen Photovoltaik-Strang (10) enthält, wobei
die Steuereinrichtung (42) dazu ausgebildet ist, in Ansprechen auf die mit der
Sensoreinrichtung (46, 48) gemessene zumindest eine elektrische Kenngröße den
30 zugehörigen Photovoltaik-Strang (10) an den Stromabnehmer elektrisch anzuschalten,
wenn eine Benutzerfreigabe vorliegt, wobei die Sensoreinrichtung insbesondere umfasst:
einen Eingangsspannungssensor (46), welcher die strangseitige

- Eingangsspannung (U1) an der Schalteinrichtung (38) misst und/oder
einen Ausgangsspannungssensor (48), welcher die stromabnehmerseitige
Ausgangsspannung (U2) an der Schalteinrichtung (38) misst, und
wobei die Steuereinrichtung (42) dazu ausgebildet ist, in Ansprechen auf die
5 gemessene strangseitige Eingangsspannung (U1) und/oder auf die gemessene
stromabnehmerseitige Ausgangsspannung (U2) den zugehörigen Photovoltaik-Strang (10)
an den zentralen Sammelpunkt (22a,b) elektrisch anzuschalten, wenn eine
Benutzerfreigabe vorliegt.
- 10 9. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Schalteinrichtung (38) für eine DC-Schaltspannung von größer oder
gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich
800 V, vorzugsweise von 1250 V +/- 30% und/oder für einen DC-Durchleitstrom von größer
oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich
15 10 A, vorzugsweise von 12,5 A +/- 40% ausgebildet ist, und/oder
wobei der Hybridschalter (S1) eine bezogen auf den Nennstrom des zumindest
einen Photovoltaik-Strangs berechnete Verlustleistung von kleiner oder gleich 10 W,
vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 W, vorzugsweise kleiner oder gleich 2 W,
vorzugsweise kleiner oder gleich 1 W erzeugt, wenn die Halbleiterschalteinrichtung (50)
20 und das Relais (54) geschlossen sind, und/oder
wobei die Halbleiterschalteinrichtung (50) für eine DC-Schaltspannung von
größer oder gleich 300 V, vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer
oder gleich 800 V, vorzugsweise von 1250 V +/- 30% ausgebildet ist.
- 25 10. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der Ansprüche 3-9, wobei der oder die
Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs (52),
für eine Drain-Source-Spannung (V_{DS}) von größer oder gleich 300 V,
vorzugsweise größer oder gleich 600 V, vorzugsweise größer oder gleich 800 V,
vorzugsweise von 1250 V +/- 30% und/oder
30 für einen Drain-Strom (I_D) von größer oder gleich 5 A, vorzugsweise größer oder
gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise von 12,5 A +/- 40%

ausgebildet sind.

11. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der Ansprüche 3-10,
wobei der oder die Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs (52), ein
5 Resistance-Drain-Source-On von größer oder gleich 100 mOhm, vorzugsweise größer
oder gleich 300 mOhm, vorzugsweise größer oder gleich 500 mOhm, vorzugsweise von
690 mOhm +/- 40% aufweisen und/oder
wobei der oder die Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs (52), eine
bezogen auf den Nennstrom des zumindest einen Photovoltaik-Strangs (10) berechnete
10 Verlustleistung von größer oder gleich 2 W, von größer oder gleich 5 W, von größer oder
gleich 10 W, insbesondere von größer oder gleich 40 W erzeugen, wenn der oder die
Feldeffekttransistoren, vorzugsweise MOSFETs (52), geschlossen sind und das Relais
(54) geöffnet ist.
12. Photovoltaik-Anlage (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Relais (54) für einen DC-Durchleitstrom von größer oder gleich 5 A,
vorzugsweise größer oder gleich 8 A, vorzugsweise größer oder gleich 10 A, vorzugsweise
von 12,5 A +/- 40% und/oder für einen DC-Schaltstrom von kleiner oder gleich 8 A,
insbesondere kleiner oder gleich 6 A, insbesondere kleiner oder gleich 4 A, insbesondere
20 von 2 A +/- 50% ausgebildet ist und/oder
wobei das Relais (54) eine maximale AC-Schaltspannung von kleiner oder gleich
800 V, insbesondere kleiner oder gleich 500 V, insbesondere von 400 V +/-50% aufweist.
13. Elektronisch gesteuerte Gleichstrom-Hybrid-Schaltanordnung ausgebildet für den
25 Gleichstromteil einer Photovoltaik-Anlage (1), insbesondere nach einem der vorstehenden
Ansprüche, zum Abschalten von zumindest einem Photovoltaik-Strang (10) von einem
Stromabnehmer, wobei die Gleichstrom-Hybrid-Schaltanordnung einen Hybridschalter
(S1) aus einem Relais (54) und einer parallel zu dem Relais (54) geschalteten
Halbleiterschaltanordnung (50) umfasst.
14. Verwendung einer Schaltanordnung (38) umfassend einen Hybridschalter (S1) aus einem
30 Relais (54) und einer parallel zu dem Relais (54) geschalteten Halbleiterschaltanordnung

(50), insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, zum An- und Abschalten zumindest eines Teils eines Photovoltaik-Generators (2) im DC-Teil einer Photovoltaik-Anlage (1).

- 5 15. Verfahren zum benutzergesteuerten Abschalten und Wiederanschalten zumindest eines Photovoltaik-Strangs (10) einer Photovoltaik-Anlage (1), insbesondere gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend folgende Schritte:

benutzergesteuertes Triggern (U ext. Start = Off) einer Schalteinrichtung (38) des
zumindest einen Photovoltaikstrangs (10) durch ein Triggersignal, um den zumindest einen
10 Photovoltaik-Strang (10) von dem Stromabnehmer abzuschalten,

benutzergesteuertes Triggern (U ext. Start = On) der Schalteinrichtung (38) des
zumindest einen Photovoltaik-Strangs (10) durch ein Triggersignal, um den zumindest
einen Photovoltaik-Strang (10) wieder an den Stromabnehmer anzuschalten,
gegebenenfalls in Ansprechen auf die Erfüllung weiterer Prüfbedingungen.

15

Fig. 1

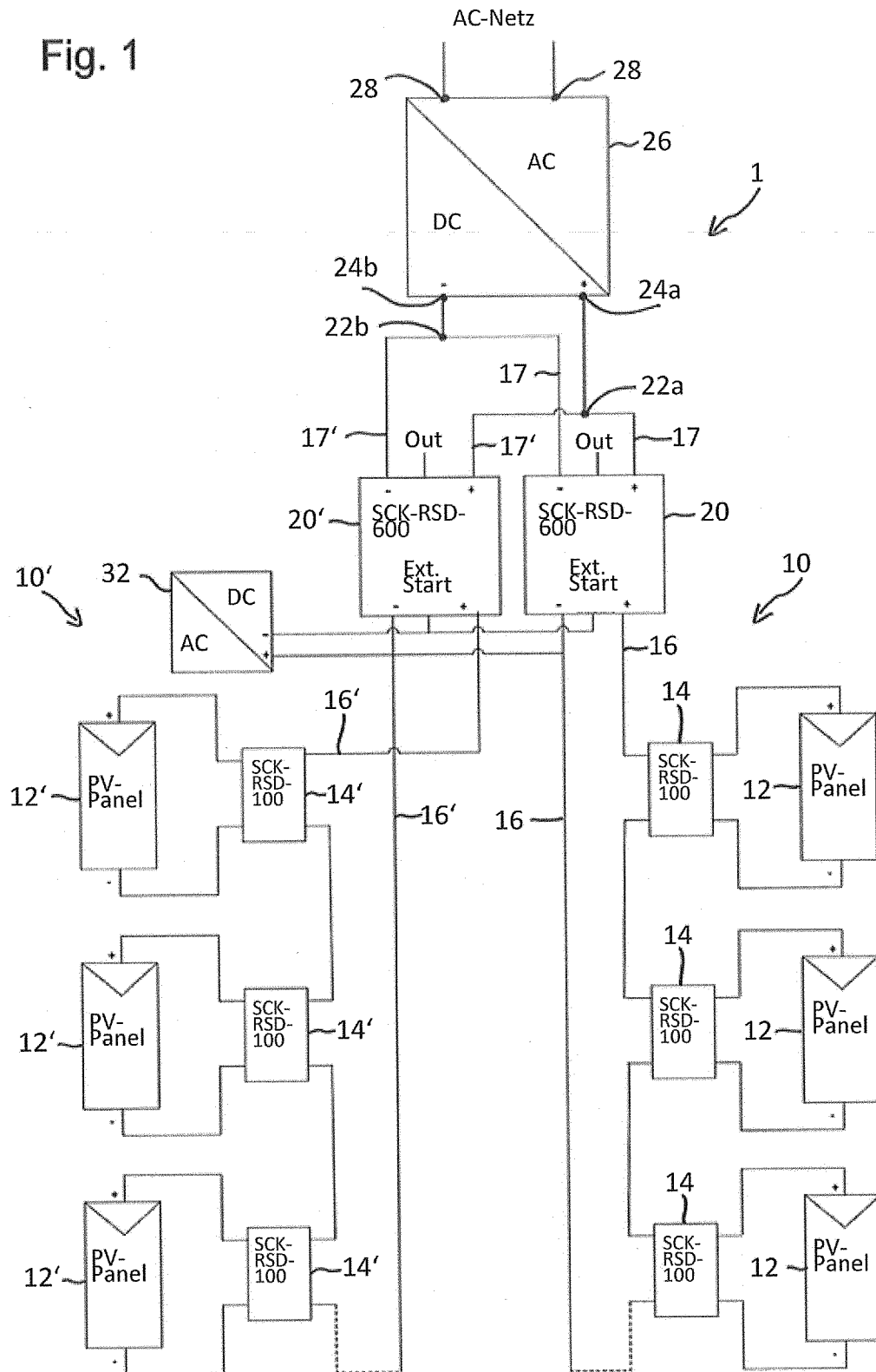
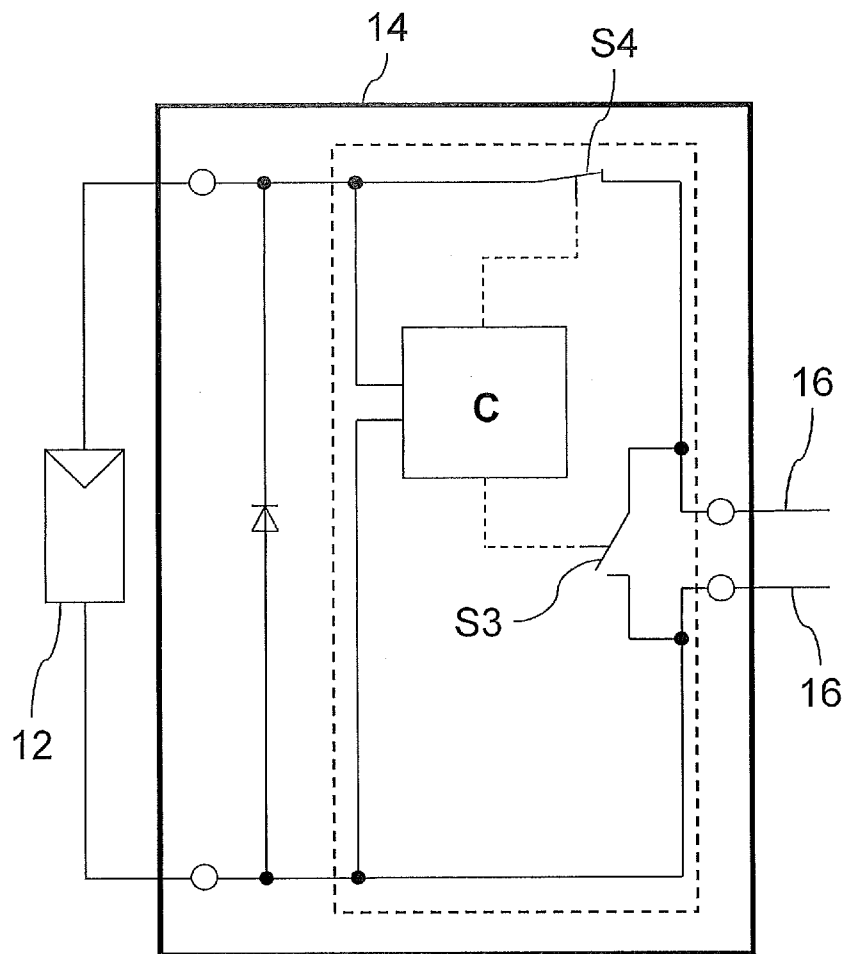


Fig. 2



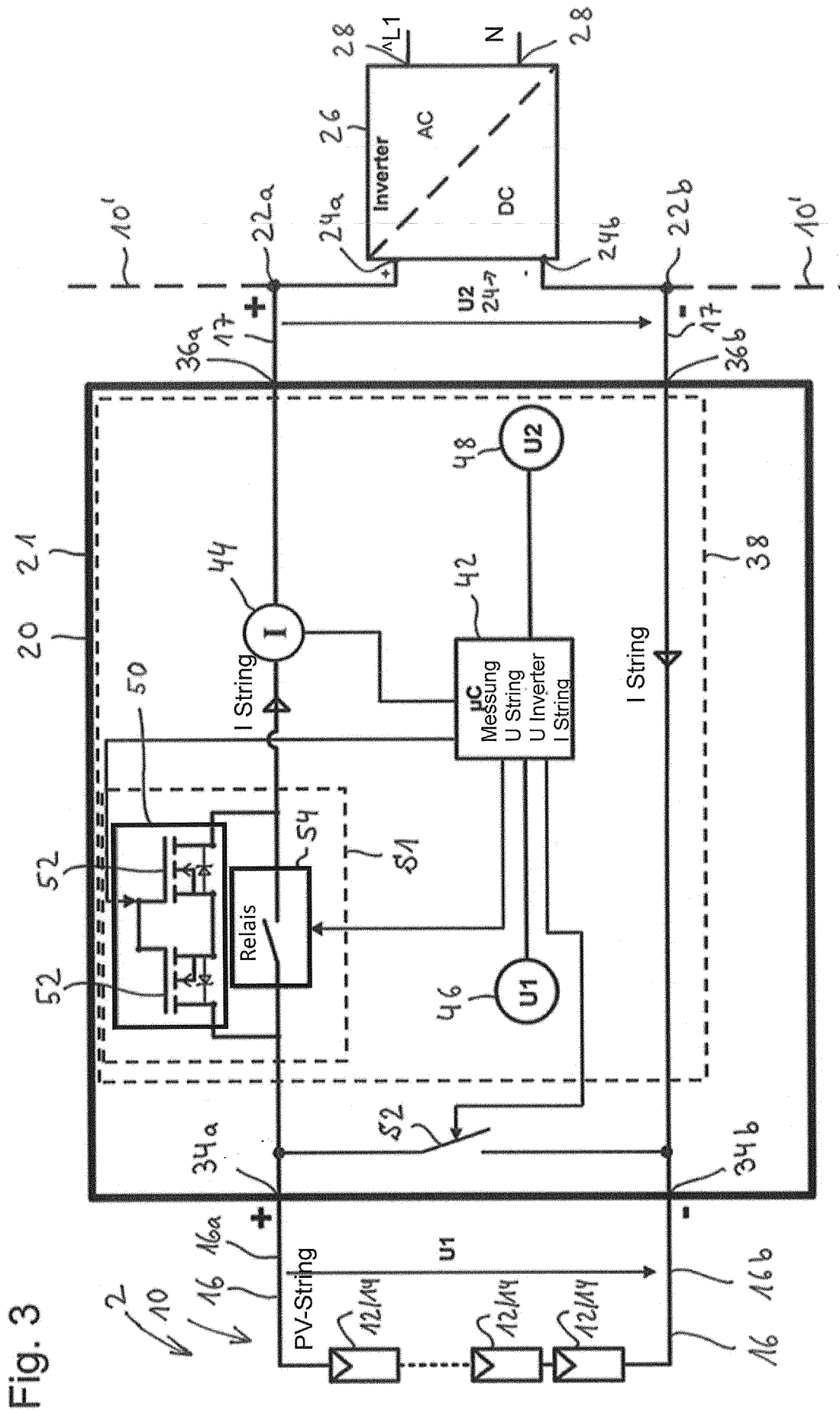
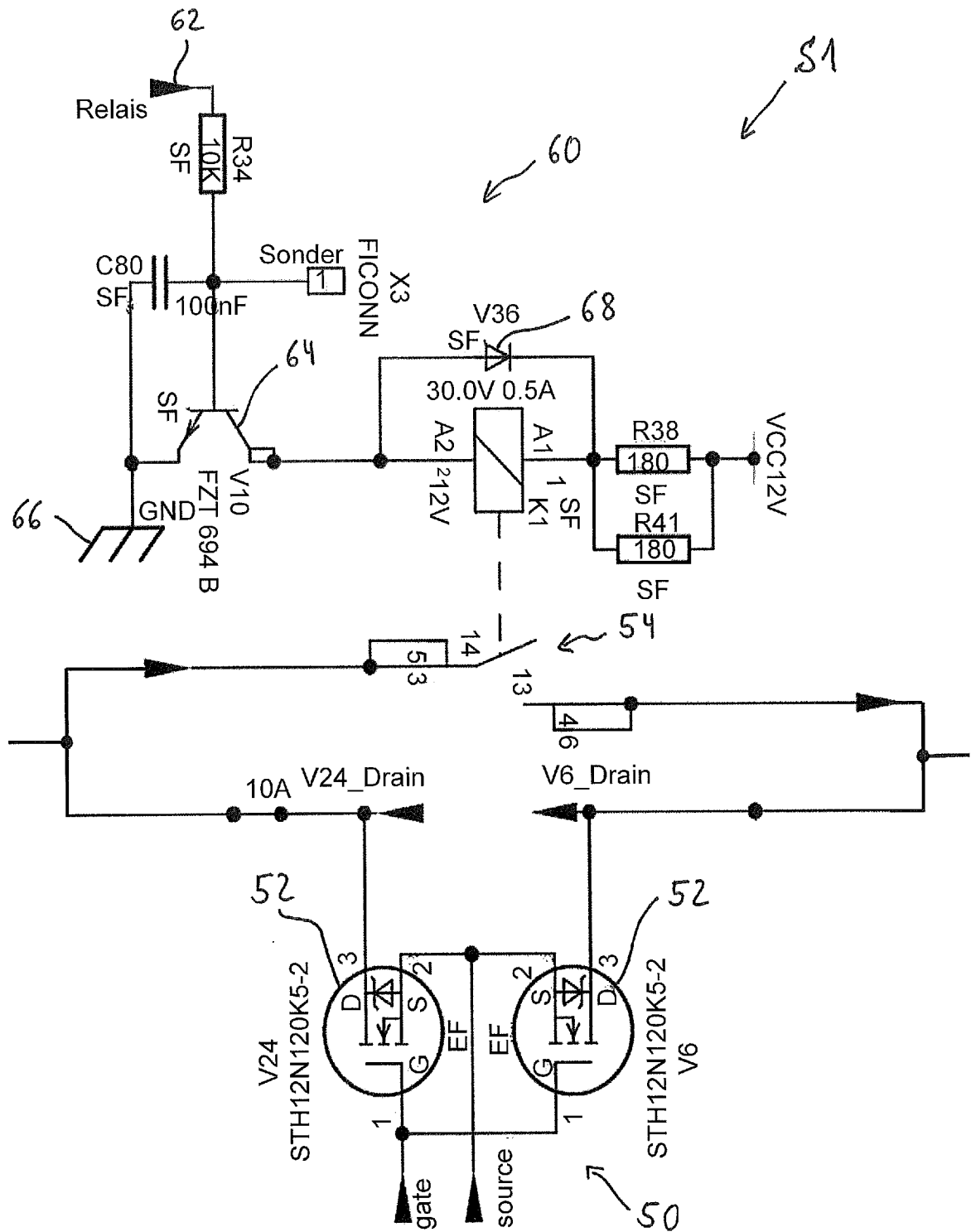


Fig. 3

Fig. 4



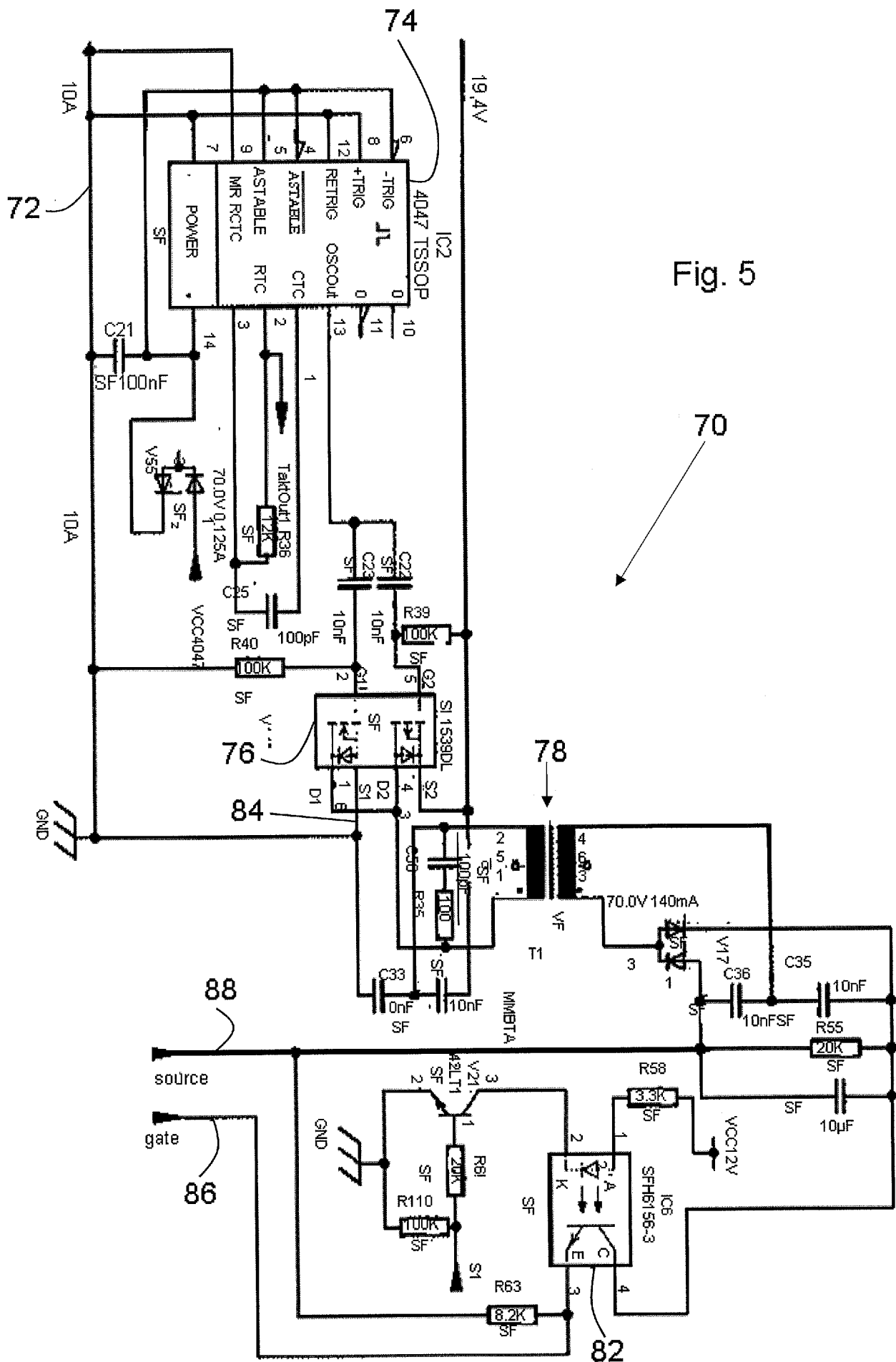
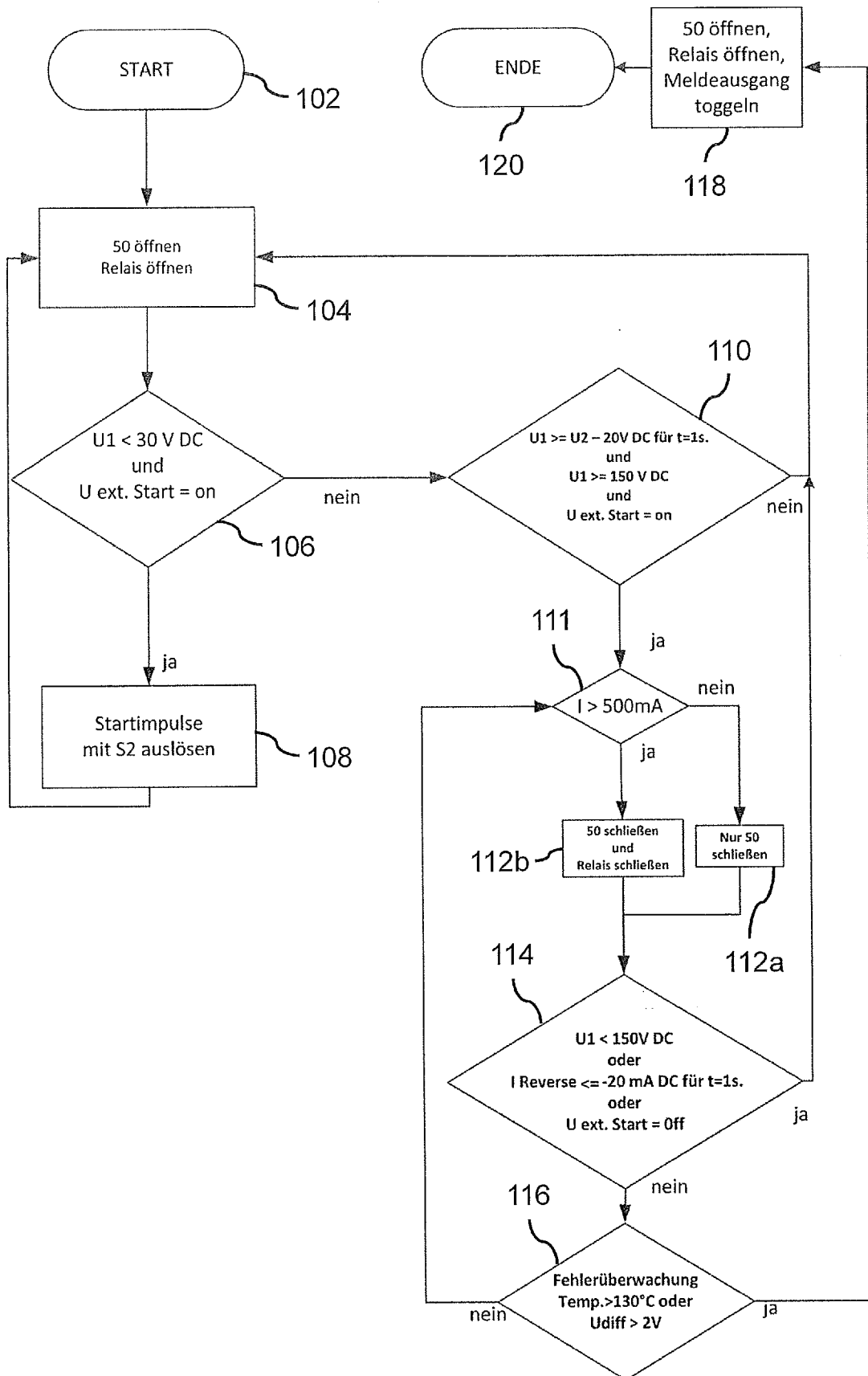


Fig. 5

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/072568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L31/02 H02S50/00
ADD.

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)
H01L H02S

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2012 024728 A1 (ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 3 July 2014 (2014-07-03) paragraph [0033] - paragraph [0053]; figures 1-3	1-15
A	----- WO 2016/091281 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16 June 2016 (2016-06-16) cited in the application page 11, line 10 - page 12, line 27; figure 1	1-15
A	----- EP 2 648 009 A1 (JX NIPPON OIL & ENERGY CORP [JP]) 9 October 2013 (2013-10-09) paragraph [0033] - paragraph [0057]; figures 1-5	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 November 2017

Date of mailing of the international search report

21/11/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stirn, Jean-Pierre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/072568

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012024728 A1	03-07-2014	CN 104904114 A	09-09-2015
		DE 102012024728 A1	03-07-2014
		EP 2936178 A1	28-10-2015
		US 2015288331 A1	08-10-2015
		WO 2014094929 A1	26-06-2014

WO 2016091281 A1	16-06-2016	NONE	

EP 2648009 A1	09-10-2013	CN 103229063 A	31-07-2013
		EP 2648009 A1	09-10-2013
		JP 5819602 B2	24-11-2015
		JP 2012119382 A	21-06-2012
		US 2013285670 A1	31-10-2013
		WO 2012073836 A1	07-06-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L31/02 H02S50/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L H02S

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2012 024728 A1 (ELLENBERGER & POENSGEN [DE]) 3. Juli 2014 (2014-07-03) Absatz [0033] - Absatz [0053]; Abbildungen 1-3	1-15
A	----- WO 2016/091281 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Juni 2016 (2016-06-16) in der Anmeldung erwähnt Seite 11, Zeile 10 - Seite 12, Zeile 27; Abbildung 1	1-15
A	----- EP 2 648 009 A1 (JX NIPPON OIL & ENERGY CORP [JP]) 9. Oktober 2013 (2013-10-09) Absatz [0033] - Absatz [0057]; Abbildungen 1-5	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"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)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. November 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/11/2017

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

Stirn, Jean-Pierre

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/072568

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012024728 A1	03-07-2014	CN 104904114 A	09-09-2015
		DE 102012024728 A1	03-07-2014
		EP 2936178 A1	28-10-2015
		US 2015288331 A1	08-10-2015
		WO 2014094929 A1	26-06-2014

WO 2016091281 A1	16-06-2016	KEINE	

EP 2648009 A1	09-10-2013	CN 103229063 A	31-07-2013
		EP 2648009 A1	09-10-2013
		JP 5819602 B2	24-11-2015
		JP 2012119382 A	21-06-2012
		US 2013285670 A1	31-10-2013
		WO 2012073836 A1	07-06-2012
