(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
23. Februar 2012 (23.02.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/022345 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2011/075176

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juli 2011 (25.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 036 816.4
3. August 2010 (03.08.2010) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **NEWTOS AG** [CH/CH]; Seestraße 54, CH-8806 Bäch (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **WILLER, Bernd** [DE/DE]; Beethovenstr. 8, 85368 Moosburg (DE).

(74) Anwalt: **KAUFMANN, Sigfrid**; Loschwitzer Str. 42, Patentanwalt, 01309 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD FOR CONTROLLING INDIVIDUAL PHOTOVOLTAIC MODULES IN A PHOTOVOLTAIC INSTALLATION, AND CONTROL DEVICE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINZELNER PHOTOVOLTAIK-MODULE EINER PHOTOVOLTAIK-ANLAGE UND STEUEREINRICHTUNG

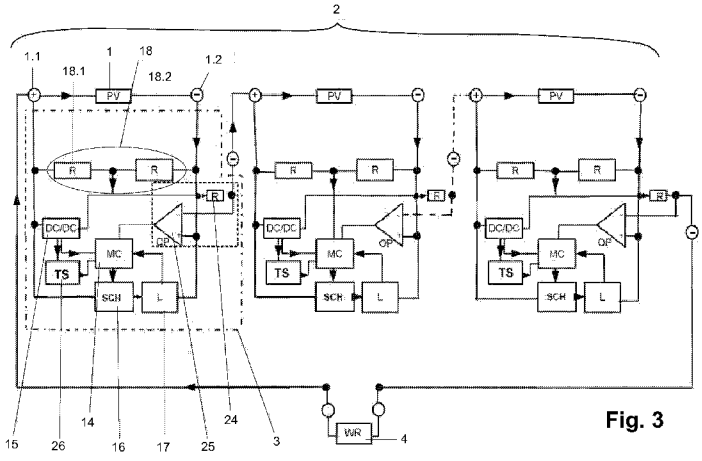


Fig. 3

(57) **Abstract**: The invention relates to a method which can be used to switch photovoltaic modules (PV modules) in a PV installation to a safe state in the case of a hazard. Control units (3), which are each associated with a PV module, are used to measure the voltage profile and/or the current for each PV module (1). As soon as the voltage of a PV module (1) increases from the operating voltage to the idle voltage or the voltage drops from the idle voltage to the operating voltage or the current in the phase (2) falls below a reference value, the control unit (3) associated with the PV module (1) is activated. When the control unit (3) is activated, either the PV module (1) is isolated from the phase (2) on at least one connection side (1.1, 1.2), with the result of at least one isolation location having a capacitor (22) remaining connected in parallel with it, or the PV module (1) has a low-impedance load (17) connected in parallel with it in clocked fashion.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/022345 A2

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit dem Photovoltaik-Module (PV-Module) einer PV-Anlage im Gefahrenfall in einen sicheren Zustand geschaltet werden können. Mittels Steuereinheiten (3), die jeweils einem PV-Modul zugeordnet sind, wird der Spannungsverlauf und/oder der Strom jedes PV-Moduls (1) gemessen. Sobald sich die Spannung eines PV-Moduls (1) von der Betriebsspannung auf die Leerlaufspannung erhöht oder die Spannung von der Leerlaufspannung auf die Betriebsspannung absinkt bzw. der Strom im Strang (2) unter einen Referenzwert sinkt, wird die dem PV-Modul (1) zugeordnete Steuereinheit (3) aktiviert. Bei der Aktivierung der Steuereinheit (3) wird entweder das PV-Modul (1) auf mindestens einer Anschlussseite (1.1, 1.2) vom Strang (2) getrennt, wobei der hierdurch entstehenden mindestens einen Trennstelle ein Kondensator (22) parallel geschaltet bleibt, oder dem PV-Modul (1) wird eine niederohmige Last (17) getaktet parallel geschaltet.

Verfahren zur Steuerung einzelner Photovoltaik-Module einer Photovoltaik-Anlage und Steuereinrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit dem die Photovoltaik-Module (PV-Module) einer PV-Anlage im Gefahrenfall oder bei Servicearbeiten mittels entsprechender Steuereinrichtungen einer Steuereinheit in einen sicheren Zustand geschaltet werden können, ohne dass dabei die PV-Module oder der Wechselrichter Schaden nehmen. Sind alle PV-Module mit solchen Steuereinheiten versehen, dann wird der PV-Generator (die PV-Anlage) im Gefahrenfall an jedem Punkt in einen für Menschen ungefährlichen Zustand geschaltet. Die Steuereinrichtungen nutzen die bereits bestehende Verkabelung der PVAnlage, es ist somit diesbezüglich kein zusätzlicher Aufwand bei der Montage der PV-Module erforderlich.

Aus dem Stand der Technik sind bereits Vorrichtungen bekannt, mit denen PV-Anlagen automatisch in für Menschen ungefährliche Zustände geschaltet werden können.

Aus DE 10 2005 017 835 B3 ist ein Photovoltaikgenerator mit einem Thermoschalter bekannt, der bei einer Temperaturzunahme anspricht und die PV-Module kurzschließt.

Der Photovoltaikgenerator hat jedoch den Nachteil, dass der Thermoschalter (was bei Bränden nicht immer eintreten muss) nur bei einem Temperaturanstieg in seiner unmittelbaren Nähe auslöst, und sich wieder öffnet, sobald die Temperatur (z.B. beim Einsatz von Löschwasser) sinkt. Von außen ist weder zu erkennen, ob die Module spannungsfrei geschaltet sind, noch kann die Anlage manuell spannungsfrei geschaltet werden.

In DE 10 2008 052 037 B3 wird ein Solarmodul beschrieben, bei dem mittels externer Druck-Steuerleitungen und mechanischer Druck-Aktivatoren eine Reihe von Solarzellen niederohmig überbrückt werden kann.

Die externe Druck-Steuerleitungen und mechanische Druck-Aktuatoren sind jedoch in Folge der bewegten Teile vergleichsweise anfällig. Beim Solarmodul werden au-

ßerdem die PV-Module statisch kurzgeschlossen, wodurch die einzelnen PV-Module und der Wechselrichter geschädigt werden können. Nachteilig ist zudem, dass neben der Verkabelung der Solaranlage zusätzliche Steuerleitungen erforderlich sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem Photovoltaik-Module einer PV-Anlage im Gefahrenfall (d.h. z.B. im Brandfall) oder bei Servicearbeiten in einen sicheren Zustand geschaltet werden können, ohne dass dabei die PV-Module oder der Wechselrichter Schaden nehmen. Die Steuereinrichtung soll ausschließlich mit der bereits bestehenden Verkabelung der PV-Anlage betrieben werden können.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 7 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungen und Verwendungen der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen 2 bis 6 sowie 8 bis 11.

Nach Maßgabe der Erfindung wird zur Steuerung der einzelnen PV-Module in mindesten einem (aus mehreren solcher PV-Module bestehenden) Strang der PV-Anlage (bevorzugt in jedem Strang) jedem (zu steuernden) PV-Modul eine separate Steuereinheit zugeordnet. Die Steuereinheiten überwachen den Spannungsverlauf und/oder den Strom des PV-Moduls, dem sie zugeordnet sind.

Wird der Spannungsverlauf überwacht und zeigt sich eine Erhöhung der Spannung des PV-Moduls von der Betriebsspannung auf die Leerlaufspannung (oder sinkt alternativ die Spannung von der Leerlaufspannung auf die Betriebsspannung ab), dann wird die Steuereinheit des betreffenden PV-Moduls aktiviert (d. h. die Steuereinheit löst die jeweils vorgesehene Aktion aus, siehe unten). Damit kurzzeitige, ungefährliche Spannungsspitzen (oder Spannungseinbrüche) keine Aktivierung der Steuereinheit bewirken können, wird die Steuereinheit erst dann aktiviert, wenn eine Spannungserhöhung (Spannungsabsenkung) am PV-Modul für eine definierte Zeitspanne einen vorgegebenen kritischen Wert überschreitet.

Überwacht eine Steuereinheit den Strom durch das PV-Modul, dann wird die Steuereinheit aktiviert, sobald der Strom unter einen Referenzwert (z. B. 100 mA) sinkt.

Bei der Aktivierung der Steuereinheit wird in einer ersten Variante das PV-Modul auf mindestens einer Anschlussseite davon vom zugehörigen Strang getrennt. Der hierdurch entstehenden, mindestens einen Trennstelle bleibt jedoch ein Kondensator parallel geschaltet, d. h., die PV-Module bleiben auch nach dem Abtrennen über die Kondensatoren miteinander verbunden. Gleichströme durch den Strang werden somit unterbunden, Wechselströme (und pulsförmige Gleichstromsignale) können jedoch nach wie vor fließen.

In einer zweiten Variante wird dem PV-Modul eine niederohmige Last getaktet parallel geschaltet, d. h., die niederohmige Last wird abwechselnd dem PV-Modul für eine bestimmte Zeit parallel geschaltet und wieder von diesem getrennt. Durch die getaktete Parallelschaltung sinkt die Effektivspannung (zeitlicher Mittelwert) des PV-Moduls.

Um zu verhindern, dass der Wechselrichter der PV-Anlage oder das mindestens eine PV-Modul durch Stromspitzen Schaden nimmt, wird während des Zuschaltens der niederohmigen Last die Taktung derart variiert, dass der Mittelwert der Zeit, in dem die Last zum PV-Modul parallel geschaltet ist, stetig zunimmt und schließlich einen konstanten Wert erreicht. Beim Wegschalten der niederohmigen Last nimmt entsprechend der Mittelwert stetig ab und wird schließlich zu Null.

In einer vorteilhaften Ausführung der zweiten Variante wird die Taktung derart gewählt, dass in den Steuereinheiten enthaltene Mikrocontroller durch die vom PV-Modul gelieferte Effektivspannung (Restspannung) gerade noch mit ihrer minimal zulässigen Betriebsspannung versorgt werden.

Werden alle Steuereinheiten in einem Strang aktiviert (entweder entsprechend der ersten Variante durch Trennen eines entsprechenden PV-Moduls vom Strang oder entsprechend der zweiten Variante durch getaktetes Parallelschalten einer niederohmigen Last), sinkt die Gesamtspannung des mindestens einen Stranges auf einen für Menschen ungefährlichen Wert ab.

Um die PV-Anlage wieder in Betrieb zu nehmen (durch Zurücksetzen aller aktivierten Steuereinheiten), wird, sofern bei der Aktivierung der Steuereinheiten den PV-

Modulen eine Last getaktet parallel geschaltet wird und während der getakteten Parallelschaltung der dem mindestens einen PV-Modul zugeordnete Mikrocontroller mit mindestens seiner minimalen Betriebsspannung versorgt wird, der mindestens eine Strang für etwa 2 Sekunden kurzgeschlossen. Die Betriebsspannung der Mikrocontroller bricht innerhalb der 2 Sekunden zusammen und der Mikrocontroller wird zurückgesetzt (neu gestartet).

Alternativ dazu kann, wenn entweder dem mindestens einen PV-Modul die Last getaktet parallel geschaltet und der dem mindestens einen PV-Modul zugeordnete Mikrocontroller mit mindestens seiner minimalen Betriebsspannung versorgt wird oder das PV-Modul auf mindestens einer Seite vom Strang getrennt ist (erste oder zweite Variante), um alle aktivierten Steuereinheiten des mindestens einen Stranges zurückzusetzen, ein elektrischer Impuls oder eine elektrische Impulsfolge über die Leitungen des mindestens einen Strangs gesendet werden. Die Mikrocontroller in den Steuereinheiten sind so programmiert, dass sie den elektrischen Impuls bzw. die elektrische Impulsfolge erkennen und die aktivierten Steuereinheiten zurücksetzen.

Die erfindungsgemäße Steuereinrichtung umfasst mehrere Steuereinheiten, die in Verbindung mit einem jeweiligen PV-Modul eingesetzt sind. Bevorzugt wird jedes PV-Modul der PV-Anlage mit einer Steuereinheit versehen.

Die Steuereinheiten sind jeweils mit mindestens einer Messeinrichtung, die zur Erfassung des Spannungsverlaufes des PV-Moduls (bzw. des durch das PV-Modul fließenden Stroms) dient, einem Mikrocontroller zur Überwachung des Spannungsverlaufes des PV-Moduls (bzw. des durch das PV-Modul fließenden Stroms) sowie entweder mindestens einem Modul-Trennschalter, der zum Trennen von mindestens einer Seite des der Steuereinheit zugeordneten PV-Moduls vom Strang dient, oder einer Schaltung ausgestattet, die zur getakteten Parallelschaltung einer niederohmigen Last zum zugehörigen PV-Modul dient.

Die Messeinrichtung für die Erfassung des durch das PV-Modul fließenden Stroms umfasst als Beispiel einen niederohmigen Shunt-Widerstand, der jeweils seriell zwischen das PV-Modul mit dem zugeordneten Mikrocontroller und ein benachbartes PV-Modul desselben Strangs geschaltet ist; einen Operationsverstärker, mit dem die

über dem Shunt-Widerstand abfallende Spannung ermittelt, verstärkt und mit Spannungsreferenzwerten verglichen wird; und eine TemperaturKompensationsschaltung, die von der Temperatur abhängige Spannungsreferenzwerte für den Operationsverstärker bereitstellt.

Die Steuereinheiten, die bei ihrer Aktivierung dem zugehörigen PV-Modul getaktet eine niederohmige Last parallel schalten, weisen als Beispiel einen Schalter (elektronisch, mechanisch oder als Kombination aus beidem ausgeführt) und einen Widerstand (niederohmige Last) zur Strombegrenzung auf, wobei der Schalter und der Widerstand seriell geschaltet sind. Die Serienschaltung aus dem Widerstand und dem Schalter ist zum zugehörigen PV-Modul parallel geschaltet.

Die Steuereinheiten werden üblicherweise in den Verbindungsboxen der PV-Module integriert, an den Verbindungsboxen montiert oder in unmittelbarer Nähe der Verbindungsboxen angeordnet.

Damit schnell erkannt werden kann, welche der Stränge in einen sicheren Betriebszustand geschaltet sind (für Menschen ungefährliche Gesamtspannung), ist vorgesehen, die Steuereinheiten mit LEDs auszustatten, die aufleuchten, wenn die jeweilige Steuereinheit aktiviert ist.

Die Steuereinrichtung ist kostengünstig herstellbar, da sie sich mit Standard-Elektronikbauteilen realisieren lässt und neben der ohnehin vorhandenen Verkabelung der Solaranlage keine zusätzlichen Steuerleitungen erforderlich sind.

Besonders vorteilhaft kann die Steuereinrichtung in Verbindung mit einer Überwachungseinrichtung für PV-Anlagen mit einem Versorgungsteil, einem Stromsensor, der den Strom durch den mindestens einen Strang erfasst, einem Generator mit Kapazitäts-Spannungsumsetzer, der zur Diebstahlerkennung dient, einem Mikrocontroller, der zur Auswertung der vom Stromsensor gelieferten Strom- und der vom Kapazitäts-Spannungsumsetzer gelieferten Spannungswerte dient, einem Entkoppelungselement zur Entkoppelung des mindestens einen Strangs zumindest von den Kondensatoren des Wechselrichters, einer Rücksetzeinrichtung für die Steuereinheiten der Steuereinrichtung, einer Alarm-Reset-Einrichtung und einer Schnittstelle mit

galvanischer Trennung, die zur Übermittlung von Alarmen an eine externe Alarmzentrale dient, betrieben werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert; hierzu zeigen in Blockschaltbildern:

Fig. 1: eine mit einer Steuer- und einer Überwachungseinrichtung ausgestatteten Photovoltaikanlage,
Fig. 2: eine Überwachungseinrichtung,
Fig. 3: eine Reihenschaltung dreier Steuereinheiten, die bei Aktivierung die PV-Module getaktet schalten,
Fig. 4: eine Reihenschaltung dreier Steuereinheiten, die bei Aktivierung die PV-Module vom Strang trennen.

In Fig. 1 ist eine PV-Anlage dargestellt, bei der mehrere PV-Module 1 seriell-parallel zu einem Strang 2 zusammengeschaltet sind, wobei zur Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens parallel zu jedem der PV-Module 1 eine jeweilige Steuereinheit 3 angeordnet ist. Die von den PV-Modulen erzeugte Gleichspannung wird über den Wechselrichter 4 der PV-Anlage in die Netzspannung umgeformt. Zwischen Wechselrichter und Strang 2 ist die Überwachungseinrichtung 5 geschaltet, die die PV-Anlage auf Diebstahl und auf die Bildung von Lichtbögen (Spannungsüberschlägen) überwacht. Die Steuereinheiten 3 bilden zusammen die erfindungsgemäße Steuereinrichtung.

In der in Fig. 2 dargestellten Überwachungseinrichtung 5, die mit Netzwechselspannung betrieben wird, werden die Leitungen des angeschlossenen Strangs 2 über das Entkoppelungselement 6, das als Kapazitäts-Trennung dient, zum Wechselrichter 4 durchgeschleift. Die Netzwechselspannung wird vom Versorgungsteil 7 in Niederspannung gewandelt. Mit dieser Niederspannung werden der Mikrocontroller 8 (Überwachungs-Mikrocontroller), der Generator mit Kapazitäts-Spannungsumsetzer 9, der Stromsensor 10 sowie die Leuchtdiode 13 mit Spannung versorgt. Der Mikrocontroller 8 erfasst die Ausgangssignale des Generators mit Kapazitäts/Spannungsumsetzer 9 und des Stromsensors 10. Bei Auftreten eines Rückstromes oder eines Lichtbogens im angeschlossen Strang 2 gibt der Stromsensor 10

einen charakteristischen Spannungsverlauf aus, der vom Mikrocontroller 8 erfasst und (als Fehlfunktion) erkannt wird. Dieser öffnet daraufhin das Entkoppelungselement 6 und/oder er sendet ein Signal an die Alarmsignal-Schnittstelle 11; der Alarm wird an die Alarmzentrale 12 weitergegeben. Außerdem wird der Fehler über die entsprechende Leuchtdiode 13 an der Überwachungseinrichtung 5 angezeigt.

Wenn als Entkoppelungselement 6 ein Trennschalter eingesetzt ist, dient bei Tag eine Überwachung der von den PV-Modulen erzeugten Spannung als Diebstahlüberwachung; sinkt die Spannung auf eine festgelegte Solar-Mindestspannung, so liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Diebstahl eines PV-Moduls 1 vor. Zur Überwachung der PV-Module 1 auf Diebstahl bei Nacht (oder bei Tag und Nacht, wenn als Entkoppelungselemente Stringdioden eingesetzt sind) wird von dem Generator mit Kapazitäts-Spannungsumsetzer 9 ein Rechteckimpuls (Spannungsimpuls) auf die Leitungen des Stranges 2 gegeben. Aus dem Spannungssignal, das sich als kapazitive Antwort des Strangs 2 auf den Rechteckimpuls einstellt, wird ermittelt, ob ein oder mehrere PV-Module 1 aus dem Strang 2 entfernt wurden oder ob Manipulationen durch Überbrücken von PV-Modulen vor einem beabsichtigten Diebstahl ausgeführt wurden; das Entkoppelungselement 6 dient als Kapazitäts-Trennung, damit die Kapazitäten der Kondensatoren im Wechselrichter 4 nicht mit gemessen werden.

In Fig. 3 ist eine Reihenschaltung von drei PV-Modulen 1 dargestellt, die jeweils mit einer Steuereinheit 3 ausgestattet sind. Die Steuereinheiten 3 erfassen den durch das jeweilige PV-Modul 1 fließenden Strom oder die Spannung des PV-Moduls 1. Beim ersten der drei PV-Module 1 ist die dem PV-Modul 1 zugeordnete Steuereinheit 3 mit einer gestrichelten Linie (Punkt-Strich-Linie) eingerahmt.

In der Steuereinheit 3 sind der Mikrocontroller 14 (Steuer-Mikrocontroller), der Spannungswandler 15, der Schalter 16, die Last 17 und der Spannungsteiler 18 untergebracht. Der Mikrocontroller 14 wird über den Spannungswandler 15, der seine Eingangsspannung über die Klemmen 1.1 und 1.2 des PV-Moduls 1 bezieht, mit Spannung versorgt. Solange die Spannung am PV-Modul 1 über der zum Betrieb des Mikrocontrollers 14 erforderlichen Spannung liegt, liefert der Spannungswandler 15 die Versorgungsspannung des Mikrocontrollers 14. Der Mikrocontroller 14 erfasst über den Spannungsteiler 18, der aus den in Serie geschalteten Widerständen 18.1 und

18.2 besteht, die Spannung des PV-Moduls 1. Sobald die von dem Mikrocontroller 14 erfasste Spannung einen bestimmten Wert überschreitet, gibt der Mikrocontroller 14 ein Signal an den Schalter 16. Der Schalter 16 schaltet daraufhin die Last 17 getaktet parallel zu den Klemmen 1.1 und 1.2. Da die Last 17 einen sehr geringen ohmschen Widerstand hat, fließt ein hoher Strom über die Last 17, wodurch die Spannung zwischen den Klemmen 1.1 und 1.2 stark absinkt.

Sobald die Last 17 zugeschaltet ist, wird von dem Mikrocontroller 14 außerdem der Spannungsabfall über der Last 17 ermittelt. Aus den Spannungsabfällen über der Last 17 und dem Spannungsteiler 18 ermittelt der Mikrocontroller 14 eine Taktrate, mit der der Schalter 16 geschaltet werden muss, damit die Spannung zwischen den Klemmen 1.1 und 1.2 nicht unter die minimal nötige Versorgungsspannung des Spannungswandlers 15 für den Mikrocontroller 14 fällt (definierter Regelkreis). Dieser Betriebszustand wird so lange beibehalten, bis der Mikrocontroller 14 zurückgesetzt wird und den Schalter 16 nicht mehr ansteuert bzw. öffnet.

Die Strom-Messeinrichtung besteht aus dem niederohmigen Shunt-Widerstand 24, der seriell zwischen das PV-Modul 1 sowie das benachbarte PV-Modul 1 (desselben Strangs 2) geschaltet ist; dem Operationsverstärker 25, mit dem die über dem Shunt-Widerstand 24 abfallende Spannung ermittelt, verstärkt und mit Spannungsreferenzwerten verglichen wird; und der Temperatur-Kompensationsschaltung 26, die von der Temperatur abhängige Spannungsreferenzwerte für den Operationsverstärker 25 bereitstellt.

In Fig. 4 ist ebenfalls eine Reihenschaltung von drei PV-Modulen 1 mit Steuereinheiten 3 (die zum ersten der drei PV-Module 1 zugeordnete Steuereinheit 3 ist mit der gestrichelten Linie gekennzeichnet) dargestellt, bei der im Havariefall die Gesamtspannung des Strangs 2, nicht wie beim vorherigen Beispiel durch getaktetes Parallelschalten einer niederohmigen Last 17, sondern durch elektrisches Trennen der einzelnen PV-Module 1 vom jeweiligen Strang 2, auf einen ungefährlichen Wert (z. B. unterhalb eines vorgegebenen Grenzwerts) abgesenkt wird. Die Trennung der einzelnen PV-Module 1 voneinander wird durch den Modul-Trennschalter 21, ausgeführt als Halbleiterschalter oder Relais, bewirkt. Für den Betrieb eines Halbleiterschalters wird der Grundlastwiderstand 23 benötigt. Um ein unkompliziertes Zurücksetzen der

Steuereinheiten 3 zu ermöglichen, ist zum Modul Trennschalter 21 ein Kondensator 22 parallel geschaltet (bei geöffnetem Modul-Trennschalter 21 bleiben die einzelnen PV-Module noch über jeweils einen Kondensator 22 miteinander verbunden), sodass zum Zurücksetzen der Steuereinheiten 3 über die bestehende Verkabelung der PV-Anlage Wechselstromsignale oder Pulsfolgen zu den Steuereinheiten 3 gesendet werden können.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

1	PV-Modul
1.1	Klemme
1.2	Klemme
2	Strang
3	Steuereinheit
4	Wechselrichter
5	Überwachungseinrichtung
6	Entkoppelungselement
7	Versorgungsteil
8	Mikrocontroller (Überwachungseinrichtung)
9	Generator mit Kapazitäts-Spannungsumsetzer
10	Stromsensor
11	Alarmsignal-Schnittstelle mit galvanischer Trennung
12	Alarmzentrale
13	Leuchtdiode
14	Mikrocontroller (Steuereinheit)
15	Spannungswandler
16	Schalter
17	Last
18	Spannungsteiler
18.1	Widerstand
18.2	Widerstand
19	Reset-Signal-Alarme
20	Rücksetzeinrichtung für die Steuereinheiten
21	Modul-Trennschalter
22	Kondensator
23	Grundlastwiderstand
24	Shunt-Widerstand
25	Operationsverstärker
26	Temperatursensor/Temperatur-Kompensationsschaltung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einzelner PV-Module (1) einer PV-Anlage, vorzugsweise zur Steuerung jedes einzelnen PV-Moduls (1) in mindestens einem Strang (2) der PV-Anlage, bei dem jedem PV-Modul (1) eine Steuereinheit (3) zugeordnet ist, wobei mittels der Steuereinheit (3) der Spannungsverlauf und/oder der Strom jedes PV-Moduls (1) gemessen wird, und, wenn sich die Spannung eines PV-Moduls (1) von der Betriebsspannung auf die Leerlaufspannung erhöht oder die Spannung von der Leerlaufspannung auf die Betriebsspannung absinkt bzw. der Strom im Strang (2) unter einen Referenzwert sinkt, die dem PV-Modul (1) zugeordnete Steuereinheit (3) aktiviert wird, wobei bei der Aktivierung der Steuereinheit (3) entweder das PV-Modul (1) auf mindestens einer Anschlussseite (1.1,1.2) vom Strang (2) getrennt wird, wobei der hierdurch entstehenden mindestens einen Trennstelle ein Kondensator (22) parallel geschaltet bleibt, oder dem PV-Modul (1) eine niederohmige getaktete Last (17) parallel geschaltet wird, wodurch bei der Aktivierung der Steuereinheit die Gesamtspannung des mindestens einen Stranges (2) auf einen für Menschen ungefährlichen Wert absinkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der Zuschaltung der dem mindestens einen PV-Modul (1) parallel geschalteten Last (17) die Taktung derart variiert wird, dass der Mittelwert der Zeit, in der die Last (17) mit dem PV-Modul (1) verbunden ist, stetig zunimmt und schließlich einen konstanten Wert erreicht, und beim Wegschalten der Last (17) der Mittelwert stetig abnimmt und schließlich zu Null wird, wodurch verhindert wird, dass der Wechselrichter (4) oder das mindestens eine PV-Modul (1) durch Stromspitzen Schaden nimmt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn dem mindestens einen PV-Modul (1) die Last (17) parallel geschaltet ist, die Taktung derart gewählt wird, dass ein in der dem mindestens einen PV-Modul (1) zugeordneten Steuereinheit (3) enthaltener Mikrocontroller (14) mit einer Spannung, die zumindest der minimalen Betriebsspannung des Mikrocontrollers (14) entspricht, versorgt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass, sofern bei der Aktivierung der Steuereinheiten (3) den PV-Modulen (1) die Last (17) getaktet parallel geschaltet und der dem mindestens einen PV-Modul (1) zugeordnete Mikrocontroller (14) mit mindestens seiner minimalen Betriebsspannung versorgt wird, um alle aktivierten Steuereinheiten (3) des mindestens einen Stranges (2) zurückzusetzen, der mindestens eine Strang (2) für etwa 2 Sekunden kurzgeschlossen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn entweder dem mindestens einen PV-Modul (1) die Last (17) getaktet parallel geschaltet und der dem mindestens einen PV-Modul (1) zugeordnete Mikrocontroller (14) mit mindestens seiner minimalen Betriebsspannung versorgt wird, oder das PV-Modul (1) auf mindestens einer Seite (1.1,1.2) vom Strang (2) getrennt ist, um alle aktivierten Steuereinheiten (3) des mindestens einen Stranges (2) zurückzusetzen, ein elektrischer Impuls oder eine elektrische Impulsfolge über die Leitungen des mindestens einen Strangs (2) gesendet wird, wobei der Mikrocontroller (14) einer jeweiligen Steuereinheit (3), die dem mindestens einen PV-Modul (1) zugeordnet ist, den elektrischen Impuls bzw. die elektrische Impulsfolge erkennt und die Steuereinheit (3) zurücksetzt.

6. Steuereinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Steuereinheiten (3) umfasst, die in Verbindung mit einem jeweiligen PV-Modul (1) eingesetzt sind, vorzugsweise mit jedem einzelnen PV-Modul (1) von mindestens einem Strang (2) einer PV-Anlage, wobei die Steuereinheiten (3) mindestens eine Messeinrichtung, die zur Erfassung des Spannungsverlaufes des entsprechenden PV-Moduls (1) und/oder des durch das PV-Modul fließenden Stroms dient, einen Mikrocontroller (14) zur Überwachung des Spannungsverlaufes des PV-Moduls (1) bzw. des durch das PV-Modul fließenden Stroms sowie entweder mindestens einen Modul-Trennschalter (21), der zum Trennen mindestens einer Seite (1.1,1.2) des der Steuereinheit (3) zugeordneten PV-Moduls (1) von dem zugehörigen Strang dient, oder eine Schaltung, die der getakteten Pa-

rallelschaltung einer niederohmigen Last (17) zum PV-Modul (1) dient, dem die Steuereinheit (3) zugeordnet ist, aufweisen.

7. Steuereinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheiten (3) jeweils eine Messeinrichtung, die zur Erfassung des durch das PV-Modul fließenden Stroms dient, umfassen, wobei die Messeinrichtung einen niederohmigen Shunt-Widerstand (24), der jeweils seriell zwischen das PV-Modul (1) mit dem zugeordneten Mikrocontroller (14) sowie ein benachbartes PV-Modul (1) desselben Strangs (2) geschaltet ist; einen Operationsverstärker (25), mit dem die über dem Shunt-Widerstand (24) abfallende Spannung ermittelt, verstärkt und mit Spannungsreferenzwerten verglichen wird; und eine Temperatur-Kompensationsschaltung (26) aufweist, die von der Temperatur abhängige Spannungsreferenzwerte für den Operationsverstärker (25) bereitstellt.

8. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheiten jeweils eine Serienschaltung eines Schalters (16) und eines Widerstands (17) zur Strombegrenzung umfassen, wobei die Serienschaltung aus dem Widerstand und dem Schalter (16) jeweils zum PV-Modul (1), dem die Steuereinheit (3) zugeordnet ist, parallel geschaltet ist.

9. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheiten (3) in den Verbindungsboxen der PV-Module (1) integriert, an den Verbindungsboxen montiert oder in unmittelbarer Nähe der Verbindungsboxen angeordnet sind.

10. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheiten (3) mit LEDs (13) ausgestattet sind, die anzeigen, ob die jeweilige Steuereinheit (3) aktiv geschaltet ist.

11. Verwendung der Steuereinrichtung in Verbindung mit einer Überwachungseinrichtung (5) für PV-Anlagen mit einem Versorgungsteil (7); einem Stromsensor (10), der den Strom durch den mindestens einen Strang (2) erfasst;

einem Generator mit Kapazitäts-Spannungsumsetzer (9), der zur Diebstahlerkennung dient; einem Mikrocontroller (8), der zur Auswertung der vom Stromsensor (10) gelieferten Strom- und der vom Kapazitäts-Spannungsumsetzer (9) gelieferten Spannungswerte dient; einem Entkoppelungselement (6) zur Entkoppelung des mindestens einen Strangs (2) zumindest von den Kondensatoren des Wechselrichters (4); einer Rücksetzeinrichtung (20) für die Steuereinheiten (3) der Steuereinrichtung; einer Alarm-Reset-Einrichtung (19) und einer Schnittstelle mit galvanischer Trennung (11), die zur Übermittlung von Alarmen an eine externe Alarmzentrale (12) dient.

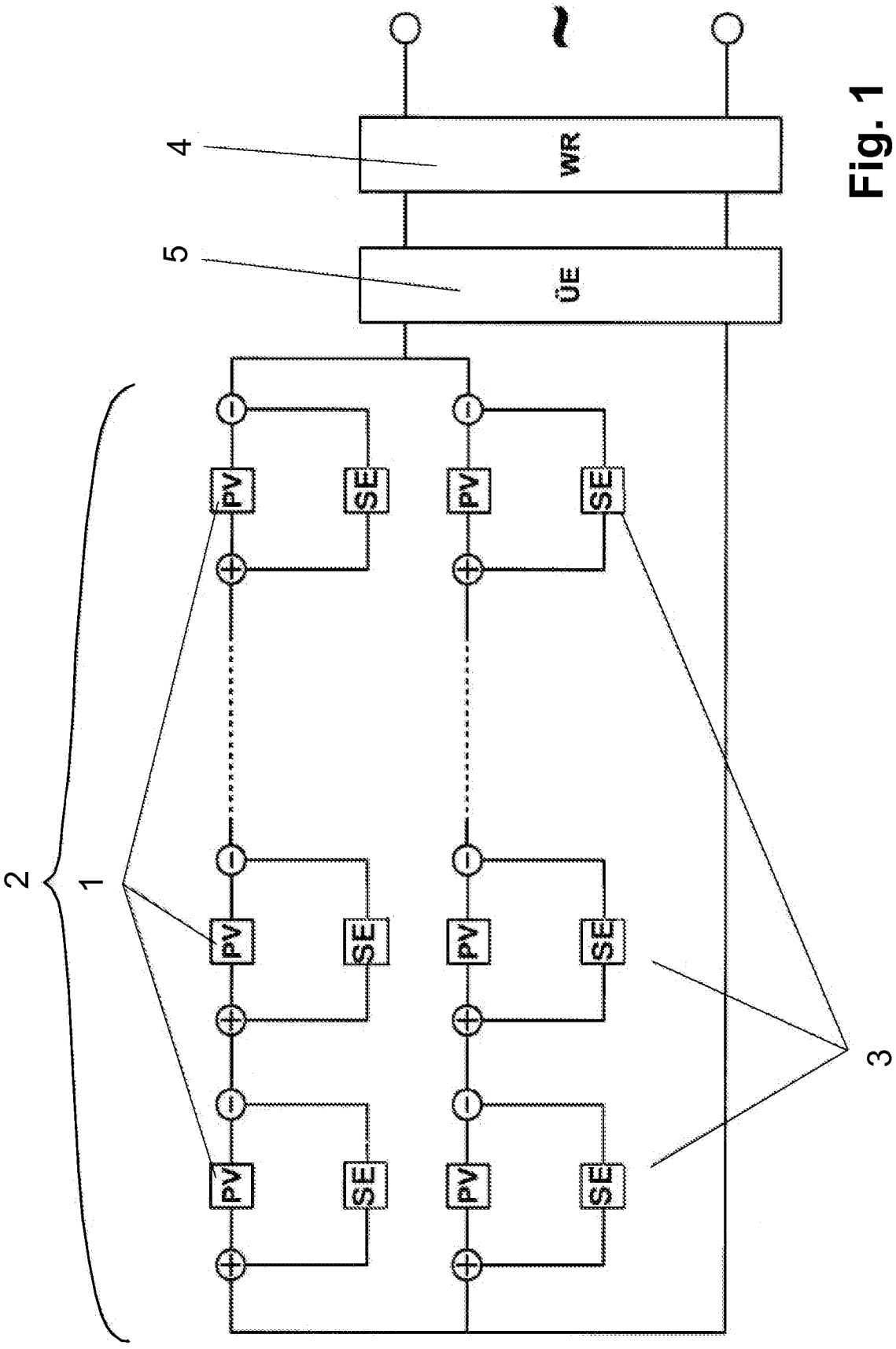


Fig. 1

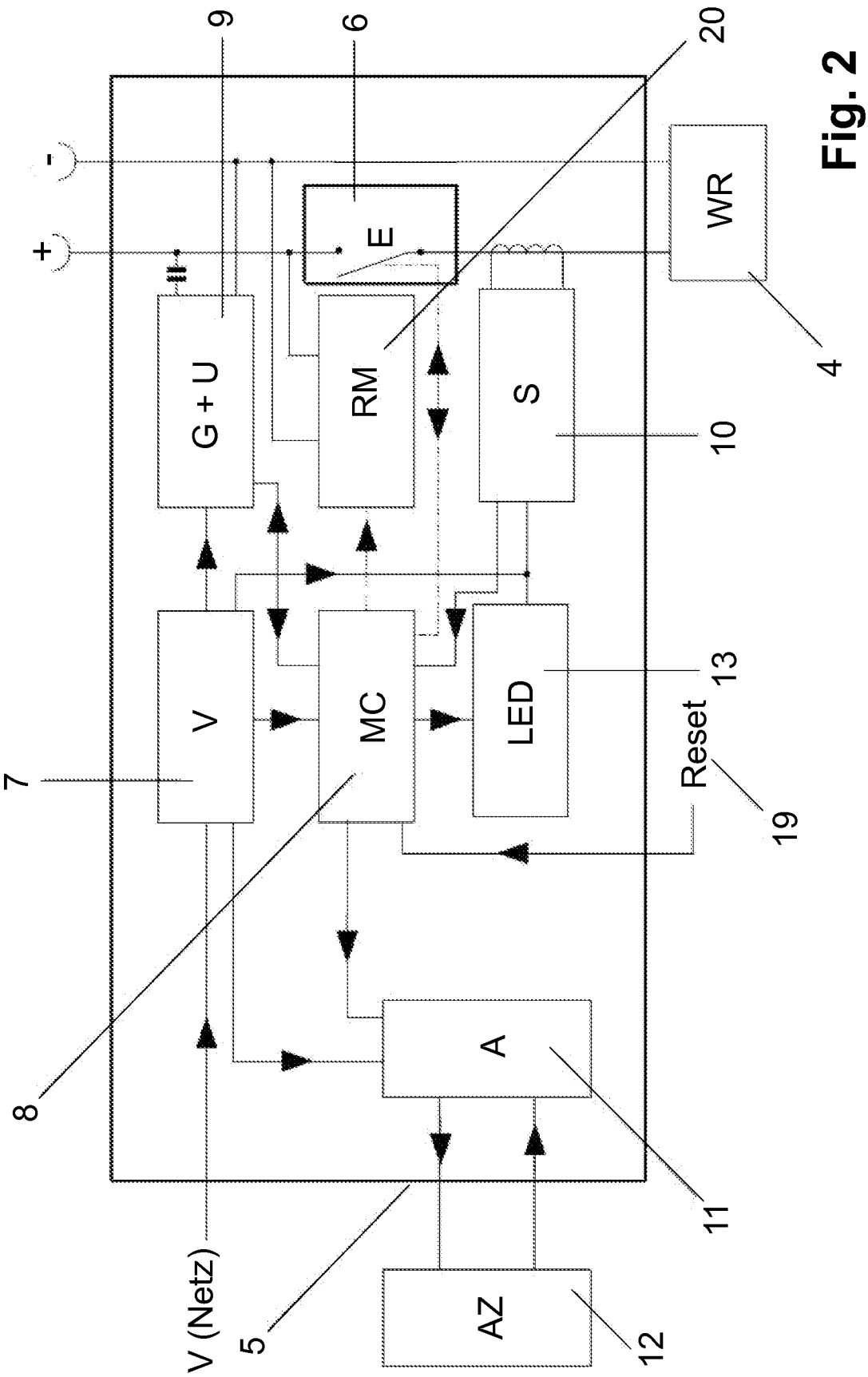


Fig. 2

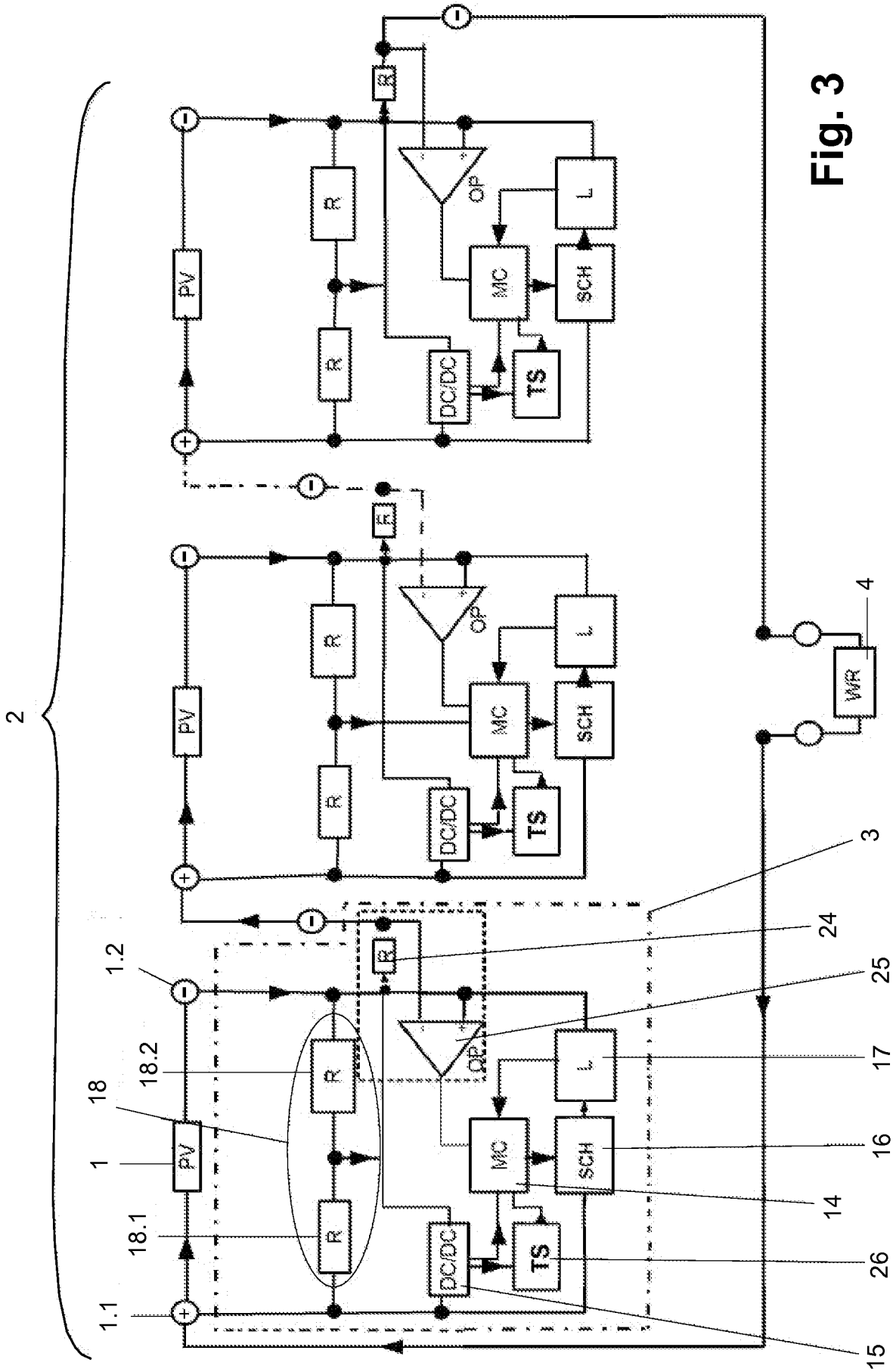


Fig. 3

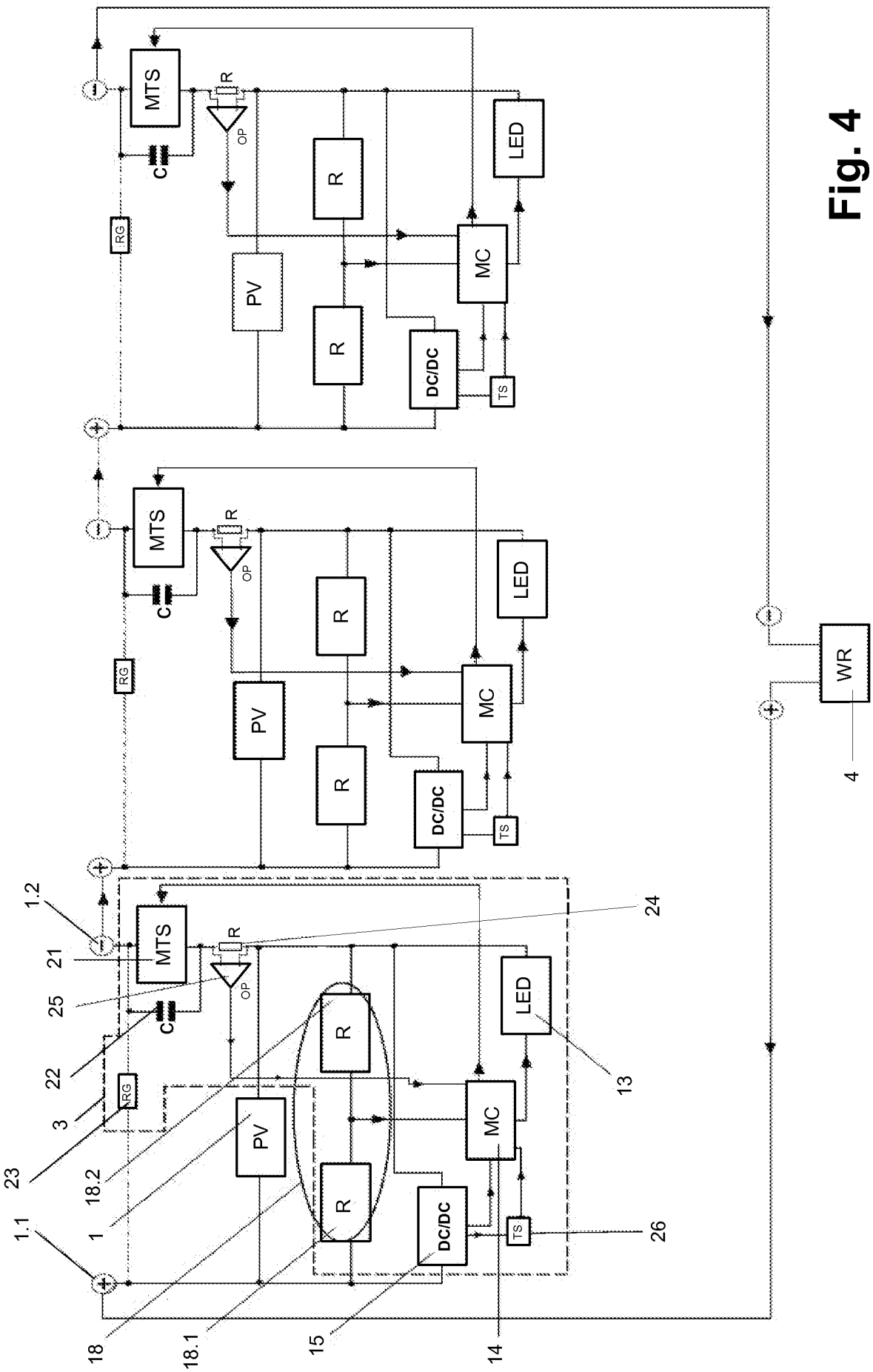

MTS
R
OP
C
RG
PV
R
R
MC
LED
DC/DC
TS
WR
4
1.2
21
25
22
3
23
18.2
1
1.1
18
18.1
15
14
24
13
26

Fig. 4