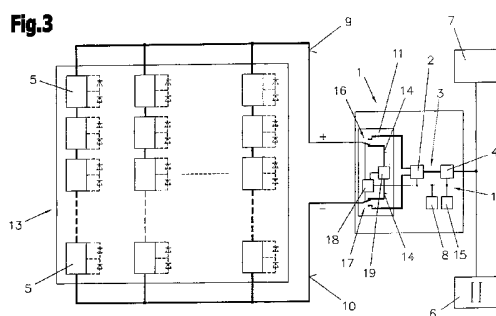


(51) Int. Cl. : **G08B 13/14** (2006.01)
H02N 6/00 (2006.01)
H02H 3/00 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
4643 PETTENBACH (AT)

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung des Diebstahl zumindest eines Solarmoduls (5) einer Photovoltaikanlage und einen Wechselrichter (1) mit einem DC-DC-Wandler (2), inem Zwischenkreis (3), einem DC-AC-Wandler (4) zumindest einem über Anschlussleitungen (19) verbundenen Solarmodul (5), und mit einer Steuervorrichtung (8), einer Steuereinheit (18) zur Messung der Spannung des zumindest einen Solarmoduls (5), wobei eine mit den Anschlussleitungen (9, 10) verbindbare Signaleinheit (19) zur Erzeugung und Aussendung eines elektrischen Signals in einem Überwachungsbetrieb, und eine Einrichtung zum Messen und Auswerten des von dem zumindest einen Solarmodul (5) empfangenen Signals vorgesehen, sodass aus dem empfangenen Signal über den Diebstahl eines Solarmoduls (5) rückschließbar ist. Zur zuverlässigen Erkennung eines Diebstahls zumindest eines Solarmoduls (5) ist vorgesehen, dass die Signaleinheit (19) mit der Steuervorrichtung (8) des Wechselrichters (1) verbunden und zur Erzeugung unterschiedlicher elektrischer Signale ausgebildet ist, sodass jenes elektrisches Signal auswählbar ist, welches bei vorhandenem zumindest einem Solarmodul (5) in Abhängigkeit des jeweiligen Typs des Solarmoduls (5) ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung des Diebstahls zumindest eines Solarmoduls einer Photovoltaikanlage, wobei das zumindest eine Solarmodul über Anschlussleitungen an zumindest einem Wechselrichter angeschlossen wird, wobei ein elektrisches Signal erzeugt und zumindest an eine der Anschlussleitungen des zumindest einen Solarmoduls angelegt wird, und das von dem zumindest einen Solarmodul empfangene Signal gemessen und zur Beurteilung eines Diebstahls ausgewertet wird.

[0002] Ebenso betrifft die Erfindung einen Wechselrichter mit einem DC-DC-Wandler, einem Zwischenkreis, einem DC-AC-Wandler, zumindest einem über Anschlussleitungen verbundenen Solarmodul, sodass die Solarmodule über die Anschlussleitungen eine Spannung an den DC-DC-Wandler liefern, und mit einer Steuervorrichtung, einer Steuereinheit zur Messung der Spannung des zumindest einen Solarmoduls, wobei eine mit den Anschlussleitungen verbindbare Signaleinheit zur Erzeugung und Aussendung eines elektrischen Signals in einem Überwachungsbetrieb und eine Einrichtung zum Messen und Auswerten des von dem zumindest einen Solarmodul empfangenen Signals vorgesehen ist, sodass aus dem empfangenen Signal über den Diebstahl zumindest eines Solarmoduls rückschließbar ist.

[0003] Photovoltaikanlagen dienen zur Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie. Dazu sind Solarmodule, welche eine Gleichspannung produzierten und Wechselrichter, welche die Gleichspannung in eine Wechselspannung umwandeln, erforderlich. Die erzeugte Wechselspannung kann in das öffentliche Stromnetz oder an direkt angeschlossene Verbraucher angelegt werden.

[0004] Photovoltaikanlagen mit hoher Leistung und entsprechend großer Anzahl an Solarmodulen werden häufig im freien Gelände montiert. Hierbei sind die Komponenten der Photovoltaikanlage der Gefahr eines Diebstahls bzw. einer gewaltsamen Entfernung ausgesetzt. Insbesondere sind davon die teuren Solarmodule betroffen.

[0005] Es sind zwar Sicherheitsvorrichtungen, wie Umzäunungen, Videoüberwachungen, Bewegungsmelder oder dgl. bekannt, erzielen aber oft nicht den gewünschten Effekt. Weiters sind derartige Maßnahmen relativ aufwändig und beispielsweise durch Tiere störanfällig.

[0006] Andere Vorrichtungen verwenden mechanische Sicherungen, wie Schlösser, Sensoren oder dgl., welche an den Solarmodulen befestigt werden. Hierbei ist der zusätzliche Montageaufwand, beispielsweise durch Verlegung zusätzlicher Leitungen, nachteilig.

[0007] Beispielsweise beschreibt die WO 2007/048421 A2 einen Schaltkreis für eine Photovoltaikanlage, mit dem Fehlfunktionen der Solarmodule erkannt werden können.

[0008] Die DE 101 61 480 A1 zeigt ein Verfahren und eine Einrichtung zur Überwachung von Solarmodulen, wobei charakteristische Messgrößen auf sprunghafte Änderungen überwacht werden.

[0009] Die DE 94 11 783 U1 beschreibt einen Diebstahlschutz für photovoltaische Solargeneratoren, wobei im Falle der Entfernung einer Solarzelle die Spannung stark ansteigt, wodurch eine Alarmauslösung erfolgt und der Diebstahl detektiert werden kann.

[0010] Schließlich zeigt die JP 2000-164906 A eine Vorrichtung zur Erkennung eines Diebstahls von Solarmodulen einer Photovoltaikanlage, wobei an die Solarmodule ein Prüfstrom angelegt wird, dessen Unterschreitung im Falle eines Diebstahls erkannt wird.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines oben genannten Verfahrens und eines oben genannten Wechselrichters, durch welche eine Photovoltaikanlage wirkungsvoll gegen einen Diebstahl der Solarmodule geschützt werden kann.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung wird in verfahrensmäßiger Hinsicht dadurch gelöst, dass in Form und Amplitude unterschiedliche elektrische Signale hintereinander an das zumindest eine Solarmodul gesendet werden, und jenes elektrische Signal als Referenzsignal für die Beurtei-

lung eines Diebstahls ausgewählt wird, welches bei vorhandenem zumindest einem Solarmodul ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft.

[0013] Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine Entfernung eines Solarmoduls wirkungsvoll erkannt werden. Der Aufwand ist relativ gering.

[0014] Durch den Einsatz von elektrischen Signalen, welche sich in Form und Amplitude unterscheiden, kann für den jeweiligen Typ des Solarmoduls ein optimales elektrisches Signal für die Diebstahlerkennung ausgewählt werden.

[0015] Die Erzeugung des elektrischen Signals erfolgt vorzugsweise im Wechselrichter der Photovoltaikanlage, sodass keine zusätzlichen Komponenten montiert werden müssen. Auch ist es von Vorteil, dass die Diebstahlerkennung für einen Dieb nicht sichtbar ist.

[0016] Vorteilhafterweise wird das elektrische Signal automatisch erzeugt und angelegt, wenn von zumindest einem Wechselrichter kein Wechselstrom erzeugt wird. Somit wird das Diebstahlerkennungsverfahren automatisch bei Dämmerung bzw. während der Nachtstunden, in welchen die Solarmodule keine Spannung liefert, automatisch aktiviert.

[0017] Um den Einbruch der Dämmerung bzw. der Nachtstunden zu erkennen, wird vorteilhafterweise die Spannung des zumindest einen Solarmoduls überwacht. Dadurch kann auch wieder automatisch der Tagesanbruch erkannt werden und die Diebstahlerkennung vorzugsweise automatisch abgeschaltet werden.

[0018] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass das zumindest eine Solarmodul mit einer Umschaltvorrichtung von dem zumindest einen Wechselrichter getrennt werden, wenn eine definierte Spannung des zumindest einen Solarmoduls gemessen wird. Dadurch kann erreicht werden, dass die Solarmodule während der Nachtstunden vom Wechselrichter oder den Wechselrichtern getrennt und mit der Diebstahlerkennungsvorrichtung verbunden wird.

[0019] Das elektrische Signal wird von einer vorzugsweise in der Umschaltvorrichtung integrierten Signaleinheit erzeugt, wobei diese von einer Steuervorrichtung eines Wechselrichters aktiviert wird. Dadurch ist die Umschaltvorrichtung unabhängig vom Wechselrichter und bzw. kann auf diesen abgestimmt und auch nachträglich eingebaut werden. Der Normalbetrieb des Wechselrichters wird durch die Umschaltvorrichtung nicht beeinflusst.

[0020] Zur Aktivierung der Umschaltvorrichtung und der Diebstahlerkennung wird von der Steuervorrichtung des Wechselrichters vorzugsweise ein Startsignal an die Umschaltvorrichtung übermittelt.

[0021] Vorzugsweise wird die Verbindung zumindest einer Anschlussleitung mit dem zumindest einen Wechselrichter durch zumindest einen Umschalter unterbrochen und zumindest eine der Anschlussleitungen durch zumindest einen Umschalter mit der Signaleinheit verbunden, wenn die Umschaltvorrichtung aktiviert wird. Durch die Umschaltung kann für die Diebstahlerkennung ein eigener Stromkreis gebildet werden, wodurch dieser unabhängig von der eigentlichen Wechselrichterfunktion betrieben werden kann. Ebenso ist durch die Umschaltung die Elektronik des zumindest einen Wechselrichters vom elektrischen Signal zur Diebstahlerkennung getrennt und somit geschützt.

[0022] Wenn der Typ des zumindest einen Solarmoduls nicht bekannt ist, können unterschiedliche elektrische Signale hintereinander an das zumindest eine Solarmodul gesendet werden und jenes elektrische Signal als Referenzsignal ausgewählt werden, welches bei vorhandenen Solarmodulen ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft. Dadurch kann das optimale Signal für den jeweiligen Typ des Solarmoduls automatisch ermittelt werden. Demnach erfolgt eine Kalibrierung des elektrischen Signals auf den Typ der eingesetzten Solarmodule. Dadurch kann auch ein Tausch der Solarmodule auf einen anderen Typ automatisch erkannt werden.

[0023] Alternativ dazu können mit dem Startsignal zur Aktivierung der Diebstahlerkennung Informationen über den Typ der Solarmodule übermittelt und in Abhängigkeit des Typs der Solarmodule bzw. der Informationen ein entsprechendes elektrisches Signal von der Signalein-

heit erzeugt werden. Auf diese Weise kann das elektrische Signal aufgrund der übermittelten Informationen über den Typ der Solarmodule von der Signaleinheit generiert und ausgesendet werden.

[0024] Als elektrisches Signal kann ein Gleichspannungssignal oder Wechsellspannungssignal zwischen den Anschlussleitungen oder ein Hochfrequenzsignal zwischen den Anschlussleitungen oder zwischen einer der Anschlussleitungen und „Erde“ angelegt werden.

[0025] Wenn das elektrische Signal in vorzugsweise periodischen Zeitabständen ausgesendet wird, kann der Energieverbrauch sehr niedrig gehalten und trotzdem ein Diebstahl eines Solarmoduls im Wesentlichen sofort erkannt werden.

[0026] Vorteilhafterweise wird ein Diebstahl eines Solarmoduls aufgrund einer sprunghaften Änderung des empfangenen Signals erkannt und ein Alarmsignal erzeugt.

[0027] Dabei kann das Alarmsignal an eine Datenkommunikationseinheit übermittelt werden und beispielsweise von dieser Datenkommunikationseinheit eine Nachricht an einen definierten Empfänger auf eine definierte Übertragungsmethode übermittelt werden. Insbesondere kann ein im Wechselrichter allenfalls vorhandenes Kommunikationssystem verwendet werden, wodurch sich der Aufwand bei einem nachträglichen Einbau der Komponenten der Diebstahlerkennung reduziert.

[0028] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch einen oben genannten Wechselrichter gelöst, wobei die Signaleinheit mit der Steuervorrichtung des Wechselrichters verbunden und zur Erzeugung unterschiedlicher elektrischer Signale ausgebildet ist, sodass jenes elektrische Signal auswählbar ist, welches bei vorhandenem zumindest einem Solarmodul in Abhängigkeit des jeweiligen Typs des Solarmoduls ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft.

[0029] Vorteile dazu und zu den abhängigen Ansprüchen können aus den bereits angeführten Vorteilen entnommen werden. Ebenso können weitere Vorteile der Erfindung aus der nachfolgenden Beschreibung entnommen werden.

[0030] Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0031] Darin zeigen

[0032] Fig. 1 eine schematische Übersichtsdarstellung eines Wechselrichters einer Photovoltaikanlage;

[0033] Fig. 2 einen detaillierten schematischen Aufbau einer Photovoltaikanlage mit der erfindungsgemäßen Diebstahlerkennung im Normalbetrieb;

[0034] Fig. 3 einen detaillierten schematischen Aufbau einer Photovoltaikanlage mit der erfindungsgemäßen Diebstahlerkennung im Überwachungsbetrieb; und

[0035] Fig. 4 einen detaillierten schematischen Aufbau einer Photovoltaikanlage mit der erfindungsgemäßen Diebstahlerkennung im Überwachungsbetrieb bei einem Diebstahl eines Solarmoduls.

[0036] Einführend wird festgehalten, dass gleiche Teile des Ausführungsbeispiels mit gleichen Bezugszeichen versehen werden.

[0037] In Fig. 1 ist ein Aufbau eines Wechselrichters 1, im Detail eines HF-Wechselrichters, dargestellt. Da die einzelnen Komponenten bzw. Baugruppen und Funktionen von Wechselrichtern 1 bereits aus dem Stand der Technik bekannt sind, wird auf diese nachstehend nicht im Detail eingegangen.

[0038] Der Wechselrichter 1 weist zumindest einen Eingangs-DC-DC-Wandler 2, einen Zwischenkreis 3 und einen Ausgangs-DC-AC-Wandler 4 auf. Am Eingangs-DC-DC-Wandler 2 ist eine Energiequelle 13 bzw. ein Energieerzeuger angeschlossen, die bevorzugt aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell zueinander geschalteten Solarmodulen 5 (s. Fig. 2-4) gebildet wird. Der Wechselrichter 1 und die Solarmodule 5 werden auch als Photovoltaikanlage bzw.

als PV-Anlage bezeichnet. Der Ausgang des Wechselrichters 1 bzw. der Ausgangs-DC-AC-Wandler 4 kann mit einem Versorgungsnetz 6, wie ein öffentliches oder privates Wechselspannungsnetz oder ein Mehr-Phasennetz, und/oder mit zumindest einem elektrischen Verbraucher 7, welcher eine Last darstellt, verbunden sein. Beispielsweise wird ein Verbraucher 7 durch einen Motor, Kühlschrank, Funkgerät usw. gebildet. Ebenso kann der Verbraucher 7 auch eine Hausversorgung darstellen. Die einzelnen Komponenten des Wechselrichters 1, wie der Eingangs-DC-DC-Wandler 2 usw., können über einen Datenbus 12 mit einer Steuervorrichtung 8 verbunden sein.

[0039] Bevorzugt dient ein derartiger Wechselrichter 1 als sogenannter netzgekoppelter Wechselrichter 1, dessen Energiemanagement daraufhin optimiert ist, möglichst viel Energie in das Versorgungsnetz 6 einzuspeisen. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, werden die Verbraucher 7 über das Versorgungsnetz 6 versorgt. Selbstverständlich können auch mehrere parallel geschaltete Wechselrichter 1 eingesetzt werden. Dadurch kann mehr Energie zum Betrieb der Verbraucher 7 bereitgestellt werden.

[0040] Die Steuervorrichtung 8 bzw. der Regler des Wechselrichters 1 ist beispielsweise durch einen Mikroprozessor, Mikrocontroller oder Rechner gebildet. Über die Steuervorrichtung 8 kann eine entsprechende Steuerung der einzelnen Komponenten des Wechselrichters 1 wie dem Eingangs-DC-DC-Wandler 2 oder dem Ausgangs-DC-AC-Wandler 4, insbesondere der darin angeordneten Schaltelemente, vorgenommen werden. In der Steuervorrichtung 8 sind hier zu die einzelnen Regel- bzw. Steuerabläufe durch entsprechende Software-Programme und/oder Daten bzw. Kennlinien gespeichert.

[0041] Die Energiequelle 13 ist über zwei Anschlussleitungen 9, 10 mit dem Wechselrichter 1 verbunden und liefert eine entsprechende Gleichspannung.

[0042] Erfindungsgemäß werden diese zwei Anschlussleitungen 9, 10 dazu herangezogen, ein elektrisches Signal durch die Energiequelle 1 bzw. Solarmodule 5 zu senden. Da die am Wechselrichter 1 angeschlossene Energiequelle 13 bzw. Solarmodule 5 einen elektrischen Stromkreis bilden, wird das vom Wechselrichter 1 ausgesandte Signal wieder empfangen. Somit kann über das vom Wechselrichter 1 ausgesandte Signal beurteilt werden, ob die Energiequelle 13 bzw. ein Solarmodul 5 entfernt bzw. gestohlen wurde.

[0043] Eine derartige Diebstahlerkennung wird nur dann durchgeführt, wenn die Solarmodule 5 keine ausreichend hohe Gleichspannung liefern, welche der Wechselrichter 1 entsprechend in eine netzkonforme Wechselspannung umwandeln könnte. Dies ist der Fall, wenn der Wechselrichter 1 keinen Wechselstrom mehr in das Versorgungsnetz 6 liefert. Somit startet bzw. aktiviert der Wechselrichter 1 die Diebstahlerkennung in den Nachtstunden bzw. bei Dämmerung.

[0044] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung des Diebstahls eines Solarmoduls 5 mit dem erfindungsgemäßen Wechselrichter 1 ist in den folgenden Fig. 2 bis 4 dargestellt.

[0045] Für die Diebstahlerkennung ist im Wechselrichter 1 eine erfindungsgemäße Umschaltvorrichtung 11 vorgesehen. Über die Umschaltvorrichtung 11 werden im Normalbetrieb des Wechselrichters 1, wenn dieser Energie ins Versorgungsnetz 6 einspeist, die Anschlussleitungen 9, 10 mit dem DC-DC-Wandler 2 verbunden, wie in Fig. 2 dargestellt. Sinkt die Spannung der Solarmodule 5, wie es bei Einbruch der Nachtstunden der Fall ist, kann der Wechselrichter 1 keine Energie mehr in das Versorgungsnetz 6 einspeisen. Bevorzugt in diesem Fall wird die erfindungsgemäße Diebstahlerkennung aktiviert, indem die Umschaltvorrichtung 11 den Wechselrichter 1 von den Solarmodulen 5 trennt, wie in Fig. 3 dargestellt. Hierzu werden die Anschlussleitungen 9, 10 beispielsweise über zwei Umschalter 16, 17 vom Eingangs-DC-DC-Wandler 2 des Wechselrichters 1 getrennt. Damit wird die Verbindung zwischen den Solarmodulen 5 und dem Wechselrichter 1 unterbrochen und insbesondere der Eingangskondensator des Wechselrichters 1 abgeklemmt, sodass dieser durch das elektrische Signal zur Diebstahlerkennung nicht zerstört werden kann. Über die Umschaltvorrichtung 11 bzw. die Umschalter 16, 17 werden nunmehr die Anschlussleitungen 9, 10 für die Energiequelle 13 bzw. die Solarmodule 5 über Verbindungsleitungen 14 mit einer Signaleinheit 19 verbunden wie dies in Fig. 3

dargestellt ist. Bevorzugt wird diese Unterbrechung über ein Startsignal, welches beispielsweise die Steuervorrichtung 8 des Wechselrichter 1 über den Datenbus 12 an eine Steuereinheit 18 der Umschaltvorrichtung 11 übermittelt, ausgelöst. Daraufhin veranlasst die Steuereinheit 18 die Aktivierung der Umschalter 16, 17.

[0046] Selbstverständlich kann die Umschaltvorrichtung 11 auch nur einen Umschalter enthalten, wodurch lediglich die Spannungsverluste eines Umschalters berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise können Halbleiter, Relais oder ähnliche Bauteile als Umschalter 16, 17 eingesetzt werden.

[0047] Sind an den Anschlussleitungen 9, 10 beispielsweise zwei Wechselrichter 1 parallel geschaltet, werden beide Wechselrichter 1 zur Diebstahlerkennung durch die jeweils integrierte Umschaltvorrichtung 11 von den Solarmodulen 5 getrennt. Bevorzugt sind die Wechselrichter 1 mit einem Datenbus 12 verbunden, so dass die Trennung der Wechselrichter 1 im Wesentlichen gleichzeitig erfolgt. Ebenso werden bevorzugt über den Datenbus 12 Informationen ausgetauscht, zu welchem Zeitpunkt welcher Wechselrichter 1 das elektrische Signal zur Diebstahlerkennung sendet bzw. welcher von den Wechselrichtern 1 diese Funktion übernimmt. Somit ist gewährleistet, dass stets nur ein elektrisches Signal zur Diebstahlerkennung ausgesendet wird und daher keinen Störungen ausgesetzt ist.

[0048] Gemäß Fig. 3 wurde der Wechselrichter 1 von den Solarmodulen 5 getrennt, sodass das erfindungsgemäße Verfahren zur Diebstahlerkennung durchgeführt werden kann. Zu diesem Zweck wird ein in der Signaleinheit 19 erzeugtes elektrisches Signal über die Verbindungsleitungen 14 und die Anschlussleitungen 9, 10 in die Solarmodule 5 gesendet, um das Vorhandensein aller Solarmodule 5 zu überprüfen. Die Signaleinheit 19 kann in der Steuereinheit 18 der Umschaltvorrichtung 11 integriert oder mit dieser verbunden sein und beispielsweise durch einen Signalgenerator gebildet sein.

[0049] Die Signaleinheit 19 kann bevorzugt unterschiedliche elektrische Signale generieren, welche sich hauptsächlich in ihrer Signalform und der Amplitude unterscheiden. Somit ist die vom elektrischen Signal abhängige Diebstahlerkennung nicht auf bestimmte Typen von Solarmodulen 5 beschränkt. Beispielsweise können für verschiedene Typen von Solarmodulen 5 entsprechende Daten in einem Speicher der Steuereinheit 18 hinterlegt sein, aus denen die Signaleinheit 19 ein entsprechend geeignetes elektrisches Signal generiert. Damit nun die Signaleinheit 19 das an die verwendeten Solarmodule 5 angepasste elektrische Signal generieren kann, muss der Signaleinheit 19 der Typ der Solarmodule 5 bekannt sein. Dies kann nun anhand mehrerer Möglichkeiten festgestellt werden.

[0050] Zum einen kann bei der Inbetriebnahme der PV-Anlage der Typ der Solarmodule 5 im Wechselrichter 1 bzw. in der Steuervorrichtung 8 oder in der Umschaltvorrichtung 11 bzw. in der Steuereinheit 18 eingestellt werden. Aus dieser Einstellung generiert die Signaleinheit 19 anhand der hinterlegten Daten ein entsprechendes elektrisches Signal zur Durchführung der Diebstahlerkennung.

[0051] Ist bzw. wurde der Typ der Solarmodule 5 nicht eingestellt, so werden bevorzugt alle anhand der hinterlegten Daten generierbaren Signalformen hintereinander generiert und über die Anschlussleitungen 9, 10 durch die Solarmodule 5 gesendet. Jene Signalform, welche von der Signaleinheit 19 wieder korrekt bzw. verwertbar empfangen wird, wird dann für die Diebstahlerkennung verwendet. Entsprechende Kriterien für eine korrekt empfangene Signalform sind bevorzugt in einem Speicher hinterlegt.

[0052] Bevorzugt werden nun zur Diebstahlerkennung die im Folgenden beschriebenen Signalformen von der Signaleinheit 19 generiert, welche entsprechend auf den Typ der Solarmodule 5 abgestimmt sind. Die Signalform kann durch ein Gleich- oder Wechsellspannungssignal mit unterschiedlichen Amplituden gebildet werden. Beispielsweise kann als Signalform für einen bestimmten Typ von Solarmodulen 5 eine Gleichspannung mit konstanter Amplitude verwendet werden. Die Gleichspannung ruft einen entsprechenden durch die Solarmodule 5 fließenden Strom hervor. Diese Signalform eignet sich für Solarmodule 5 mit integrierten Dioden, welche

einen Stromfluss nur in der Durchlassrichtung der Dioden zulässt. Durch Messung und Auswertung des an der Umschaltvorrichtung 11 bzw. an der Signaleinheit 19 ankommenden Stroms kann ein Diebstahl erkannt werden.

[0053] Auch kann als Signalfom ein Wechselspannungssignal mit bestimmter Frequenz (insbesondere Hochfrequenz) und konstanter Amplitude verwendet werden. Das erzeugte Signal wird über eine Verbindungsleitung 14, die Sendeleitung und die entsprechende Anschlussleitung 9, 10 in die Solarmodule 5 übertragen und über die andere Anschlussleitung 10, 9 und die als Empfangsleitung dienende andere Verbindungsleitung 14 wieder empfangen. Diese Signalfom wird bevorzugt für Solarmodule 5 verwendet, welche keine Dioden aufweisen und somit einen Stromfluss in beide Richtungen ermöglichen. Welche Richtung als Stromfluss zur Diebstahlerkennung verwendet wird, entscheidet die Umschaltvorrichtung 11 aufgrund der empfangenen Signalfom, sodass ein Diebstahl auch korrekt erkannt wird. Somit kann wiederum der Strom durch die Solarmodule 5 fließen und von der Umschaltvorrichtung 11 bzw. der Signaleinheit 19 gemessen bzw. ausgewertet werden.

[0054] Ebenso kann ein solches Wechselspannungssignal zwischen einer der Anschlussleitungen 9, 10 und „Erde“ angelegt werden. Demnach wird ein Wechselspannungssignal mit einer entsprechenden Amplitude, beispielsweise 20 Volt, an einer der Anschlussleitungen 9, 10 angelegt, sodass ein Teil dieser Wechselspannung zwischen einer geerdeten Halterung der Solarmodule 5 und „Erde“ anliegt. Die Halterung und die Solarmodule 5 stellen eine Kapazität dar, sodass der Teil der Wechselspannung bzw. der daraus resultierende Strom als kapazitiver Ableitstrom bezeichnet wird. Dieser kapazitive Ableitstrom kann zwischen einer der Anschlussleitungen 9, 10 und „Erde“ der Umschaltvorrichtung 11 gemessen werden, wobei dazu die Umschaltvorrichtung 11 geerdet sein muss. Bei einer Änderung dieses kapazitiven Ableitstroms kann ein Diebstahl festgestellt werden.

[0055] Da die Form des empfangenen Signals durch die Kapazität verändert wird, kann ein Diebstahl der Solarmodule 5 auch über einen Unterschied zwischen der Form des empfangenen und des gesendeten Signals erkannt werden. In diesem Fall wird das Wechselspannungssignal zwischen den Anschlussleitungen 9, 10 angelegt.

[0056] Im Fall von parallel und in Serie angeordneten Solarmodulen 5 wird sich das elektrische Signal im Wesentlichen gleichmäßig auf die parallel geschalteten Stränge aufteilen. Die Umschaltvorrichtung 11 bzw. die Signaleinheit 19 empfängt die Summe der Ströme aller Stränge.

[0057] Nachdem die Signalfom für die Diebstahlerkennung entsprechend dem Typ der Solarmodule 5 festgelegt wurde, wird diese Signalfom und die Form des normalerweise (d.h. bei Vorhandensein aller Solarmodule 5) empfangenen Signals gespeichert und eine Art Kalibrierung durchgeführt. Dabei dienen die gespeicherten Signalfomen zumindest für die bevorstehende Nacht als Referenzwerte bzw. Vergleichswerte, sodass bei einer Abweichung der Form der empfangenen Signale vom Referenzwert ein Diebstahl zuverlässig erkannt wird.

[0058] Eine Änderung bzw. Abweichung der empfangenen Signalfom von der gesendeten Signalfom wird im Wesentlichen daran erkannt, dass sich der Strom durch die Solarmodule 5 ändert, da sich aufgrund fehlender Solarmodule 5 dessen Widerstand ändert. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine sprunghafte Änderung, da sich bei Diebstahl eines oder mehrerer Solarmodule 5 aus dem Stromkreis auch der Widerstand im Wesentlichen sprunghaft ändert. Dieser Fall ist an Hand des Symboles eines Blitzes in Fig. 4 dargestellt. Dadurch ändert sich der durch das elektrische Signal hervorgerufene Strom entsprechend, wodurch aus einer Änderung des Stromes auf einen Diebstahl eines oder mehrerer Solarmodule 5 rückgeschlossen werden kann. Die Erkennung einer sprunghaften Änderung des empfangenen elektrischen Signals zur Erkennung des Diebstahls zumindest eines Solarmoduls 5 ist insbesondere bei der oben beschriebenen Variante, gemäß der der kapazitive Ableitstrom gemessen wird, von Bedeutung. Andere Einflussfaktoren, wie z.B. die Änderung der Luftfeuchtigkeit der Temperatur od. dgl., können nämlich nicht zu einer sprunghaften Änderung des Ableitstroms führen. Umgekehrt kann eine sprunghafte Änderung des gemessenen Stromes verlässlich auf die Entfernung eines Solarmoduls 5 rückgeschlossen werden. In der Regel werden gleich mehrere Solarmodule 5

entfernt werden, da bevorzugt mehrere Solarmodule 5 in Serie zu einem sogenannten Strang zusammengeschaltet sind. Wird nun zumindest ein Solarmodul 5 eines Stranges entfernt, wird somit der Widerstand der gesamten Energiequelle 13 durch Entfernen des Widerstands eines Stranges geändert.

[0059] Bei einer Erkennung eines Diebstahls durch die Umschaltvorrichtung 11 bzw. die Signaleinheit 19 kann ein Alarmsignal generiert werden, welches über den Datenbus 12 an eine Datenkommunikationseinheit 15 des Wechselrichters 1 übermittelt werden kann. Die Datenkommunikationseinheit 15 kann eine Warnmeldung, welche per Telefon, Fax, e-Mail od. dgl. an definierte Personen bzw. Einrichtungen übermittelt wird, erzeugen oder eine Warnleuchte, eine Signalhupe oder dgl. im Bereich der PV-Anlage bzw. in einer Zentrale aktivieren. Somit kann ein Diebstahl rasch erkannt und gegebenenfalls sogar verhindert werden.

[0060] Wird insbesondere während der Nachtstunden kein Diebstahl von Solarmodulen 5 erkannt, kann der Wechselrichter 1 wieder in den Normalbetrieb gemäß Fig. 2 umgeschaltet werden. Diese Umschaltung erfolgt wieder durch die Umschaltvorrichtung 11, welche die von den Solarmodulen 5 gelieferte Spannung überwacht. Überschreitet diese Spannung einen definierten bzw. einstellbaren Schwellwert, werden die Umschalter 16, 17 umgeschaltet, sodass die Anschlussleitungen 9, 10 mit dem Eingangs-DC-DC-Wandler 2 verbunden werden. Gleichzeitig wird ein entsprechendes Signal von der Steuereinheit 18 der Umschaltvorrichtung 11 an die Steuervorrichtung 8 des Wechselrichters 1 über den Datenbus 12 übermittelt, sodass bevorzugt die entsprechenden Hard- bzw. Softwarekomponenten aktiviert werden können. Somit kann der Wechselrichter 1 wieder Energie in das Versorgungsnetz 6 einspeisen bzw. die Verbraucher 7 versorgen.

[0061] Der Wechselrichter 1 wird während der Diebstahlerkennung vom Versorgungsnetz 6 oder einem Energiespeicher mit elektrischer Energie versorgt. Damit durch die dafür benötigte Energie der Wirkungsgrad des Wechselrichters 1 nicht wesentlich beeinflusst wird, kann das elektrische Signal auch in periodischen Zeitintervallen, beispielsweise im Sekundentakt, Zehntsekundentakt oder dgl., gesendet werden. Durch eine derartige energiesparende Maßnahme wird dennoch im Wesentlichen eine permanente Diebstahlerkennung erzielt.

[0062] Ebenso sei noch angemerkt, dass die erfindungsgemäße Diebstahlerkennung unabhängig vom Typ des Wechselrichters 1 ist. Anstelle des im Ausführungsbeispiel verwendeten HF-Wechselrichters 1 kann ebenso ein Wechselrichter 1 mit einem 50Hz-Trafo, ein transformatorloser Wechselrichter 1 oder ein Inselwechselrichter mit der Einrichtung zur Erkennung eines Diebstahls der Energiequelle 13 bzw. eines Solarmoduls 5 ausgestattet werden.

[0063] Obgleich in der obigen Beschreibung hauptsächlich auf Solarmodule 5 als Energiequellen 13 eingegangen wird, kann die vorliegende Erfindung auch auf andere Energiequellen 13 angewendet werden.

Patentansprüche

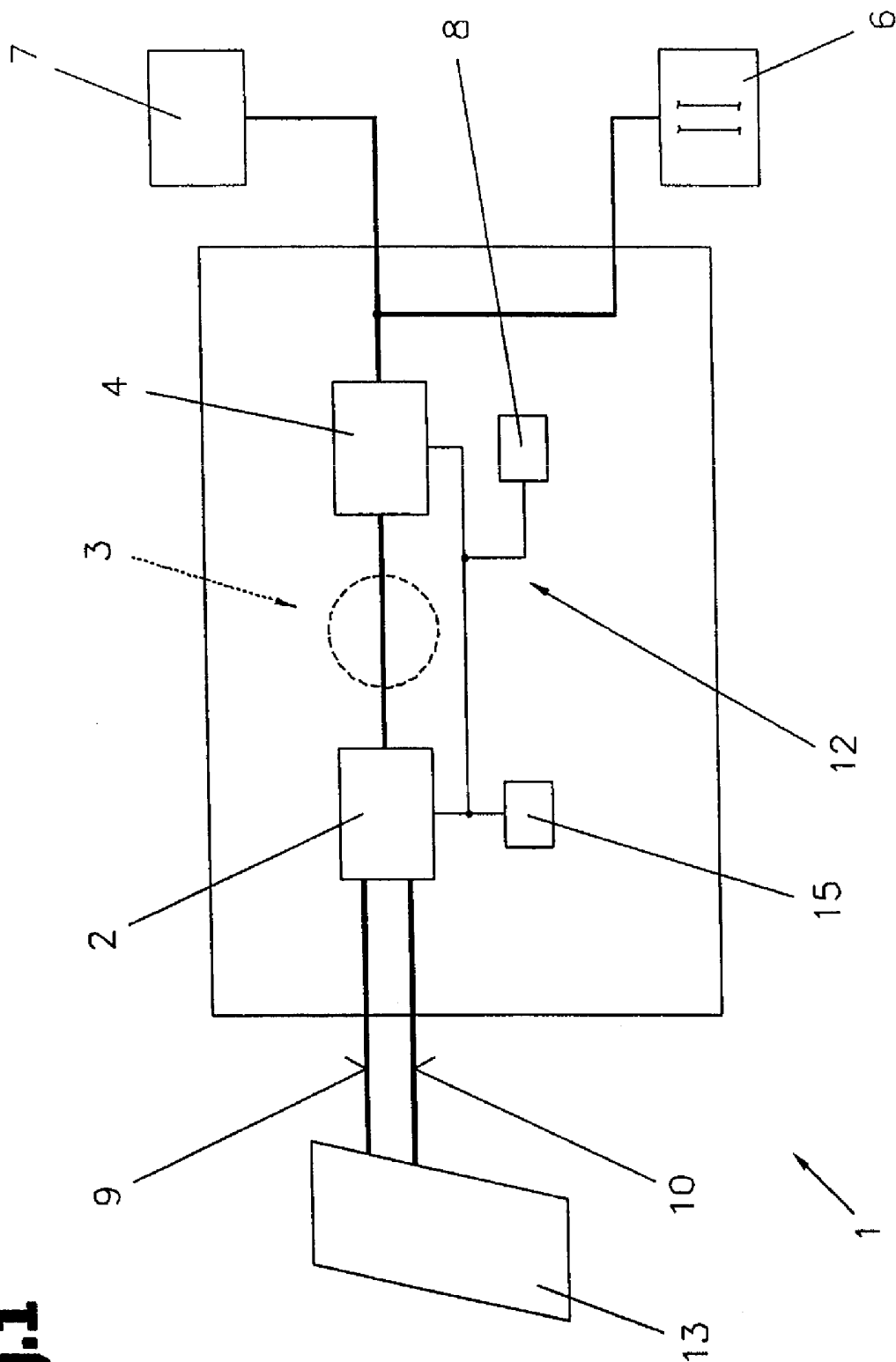
1. Verfahren zur Erkennung des Diebstahls zumindest eines Solarmoduls (5) einer Photovoltaikanlage, wobei das zumindest eine Solarmodul (5) über Anschlussleitungen (9, 10) an zumindest einem Wechselrichter (1) angeschlossen wird, wobei ein elektrisches Signal erzeugt und zumindest an eine der Anschlussleitungen (9, 10) des zumindest einen Solarmoduls (5) angelegt wird, und das von dem zumindest einen Solarmodul (5) empfangene Signal gemessen und zur Beurteilung eines Diebstahls ausgewertet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Form und Amplitude unterschiedliche elektrische Signale hintereinander an das zumindest eine Solarmodul (5) gesendet werden, und jenes elektrische Signal als Referenzsignal für die Beurteilung eines Diebstahls ausgewählt wird, welches bei vorhandenem zumindest einen Solarmodul (5) ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrische Signal automatisch erzeugt und angelegt wird, wenn von zumindest einem Wechselrichter (1) kein Wechselstrom erzeugt wird.

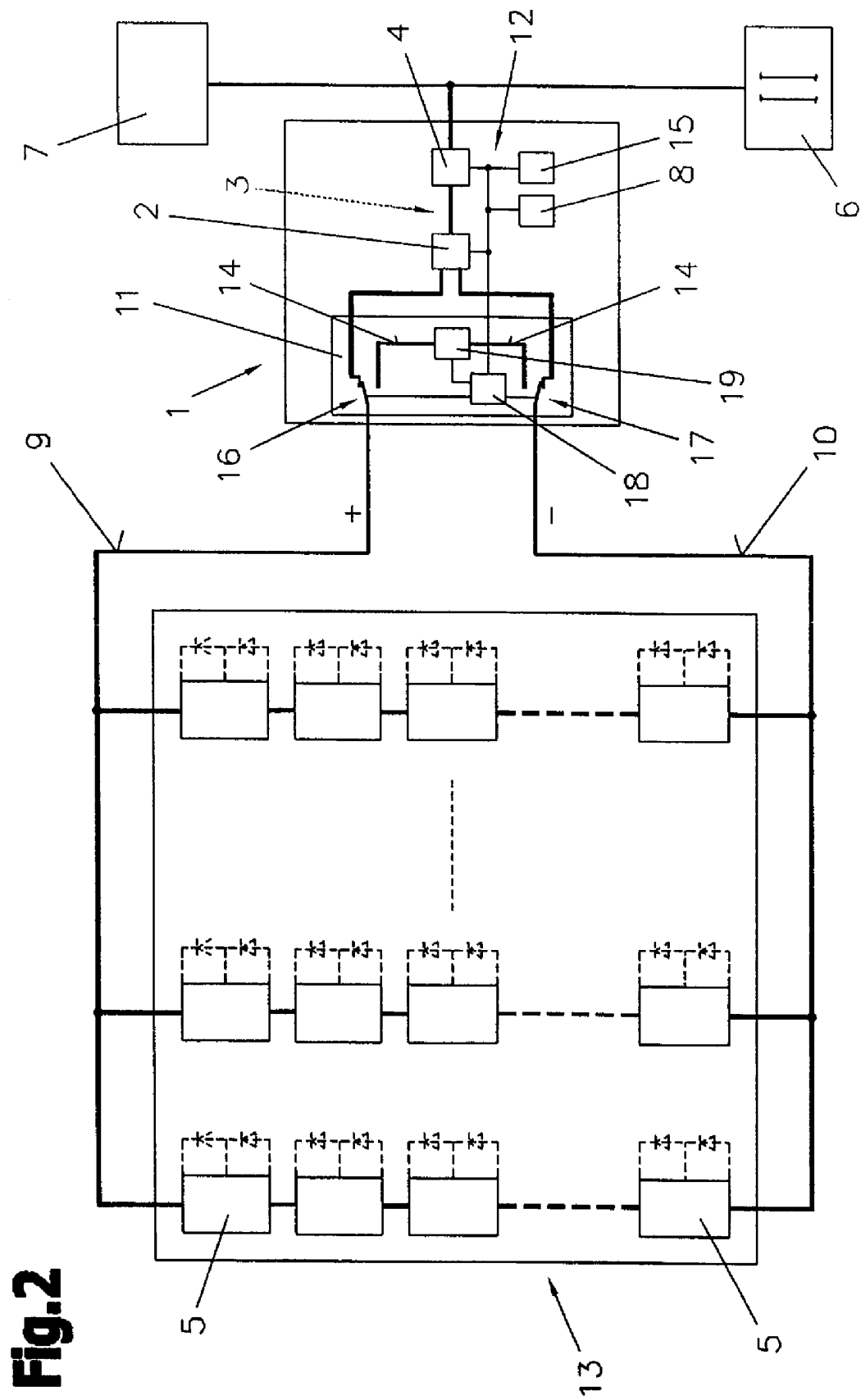
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannung des zumindest einen Solarmoduls (5) überwacht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Solarmodul (5) mit einer Umschaltvorrichtung (11) von dem zumindest einen Wechselrichter (1) getrennt wird, wenn eine definierte Spannung des zumindest einen Solarmoduls (5) gemessen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrische Signal von einer vorzugsweise in der Umschaltvorrichtung (11) integrierten Signaleinheit (19) erzeugt wird, wobei diese von einer Steuervorrichtung (8) eines Wechselrichters (1) aktiviert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Aktivierung der Umschaltvorrichtung (11) von der Steuervorrichtung (8) ein Startsignal an die Umschaltvorrichtung (11) übermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung zumindest einer Anschlussleitung (9, 10) mit dem zumindest einen Wechselrichter (1) durch zumindest einen Umschalter (16, 17) unterbrochen wird und zumindest eine der Anschlussleitungen (9, 10) durch zumindest einen Umschalter (16, 17) mit der Signaleinheit (19) verbunden wird, wenn die Umschaltvorrichtung (11) aktiviert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form und Amplitude des elektrischen Signals von der Signaleinheit (19) in Abhängigkeit des Typs des Solarmoduls (5) erzeugt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit dem Startsignal Informationen über den Typ des zumindest einen Solarmoduls (5) übermittelt werden und in Abhängigkeit des Typs des zumindest einen Solarmoduls (5) ein entsprechendes elektrisches Signal von der Signaleinheit (19) erzeugt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als elektrisches Signal ein Gleichspannungssignal oder Wechselspannungssignal zwischen den Anschlussleitungen (9, 10) angelegt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als elektrisches Signal ein HF-Signal zwischen den Anschlussleitungen (9, 10) oder zwischen einer der Anschlussleitungen (9, 10) und Erde angelegt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrische Signal in vorzugsweise periodischen Zeitabständen ausgesendet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Diebstahl aufgrund einer sprunghaften Änderung des empfangenen Signals erkannt und ein Alarmsignal erzeugt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Alarmsignal an eine Datenkommunikationseinheit (15) übermittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Datenkommunikationseinheit (15) eine Nachricht an einen definierten Empfänger auf eine definierte Übertragungsmethode übermittelt wird.
16. Wechselrichter (1) mit einem DC-DC-Wandler (2), einem Zwischenkreis (3), einem DC-AC-Wandler (4), zumindest einem über Anschlussleitungen (9, 10) verbundenen Solarmodul (5), sodass die Solarmodule (5) über die Anschlussleitungen (9, 10) eine Spannung an den DC-DC-Wandler (2) liefern, und mit einer Steuervorrichtung (8), einer Steuereinheit (18) zur Messung der Spannung des zumindest einen Solarmoduls (5), wobei eine mit den Anschlussleitungen (9, 10) verbindbare Signaleinheit (19) zur Erzeugung und Aussendung eines elektrischen Signals in einem Überwachungsbetrieb, und eine Einrichtung zum Messen und Auswerten des von dem zumindest einen Solarmodul (5) empfangenen Signals

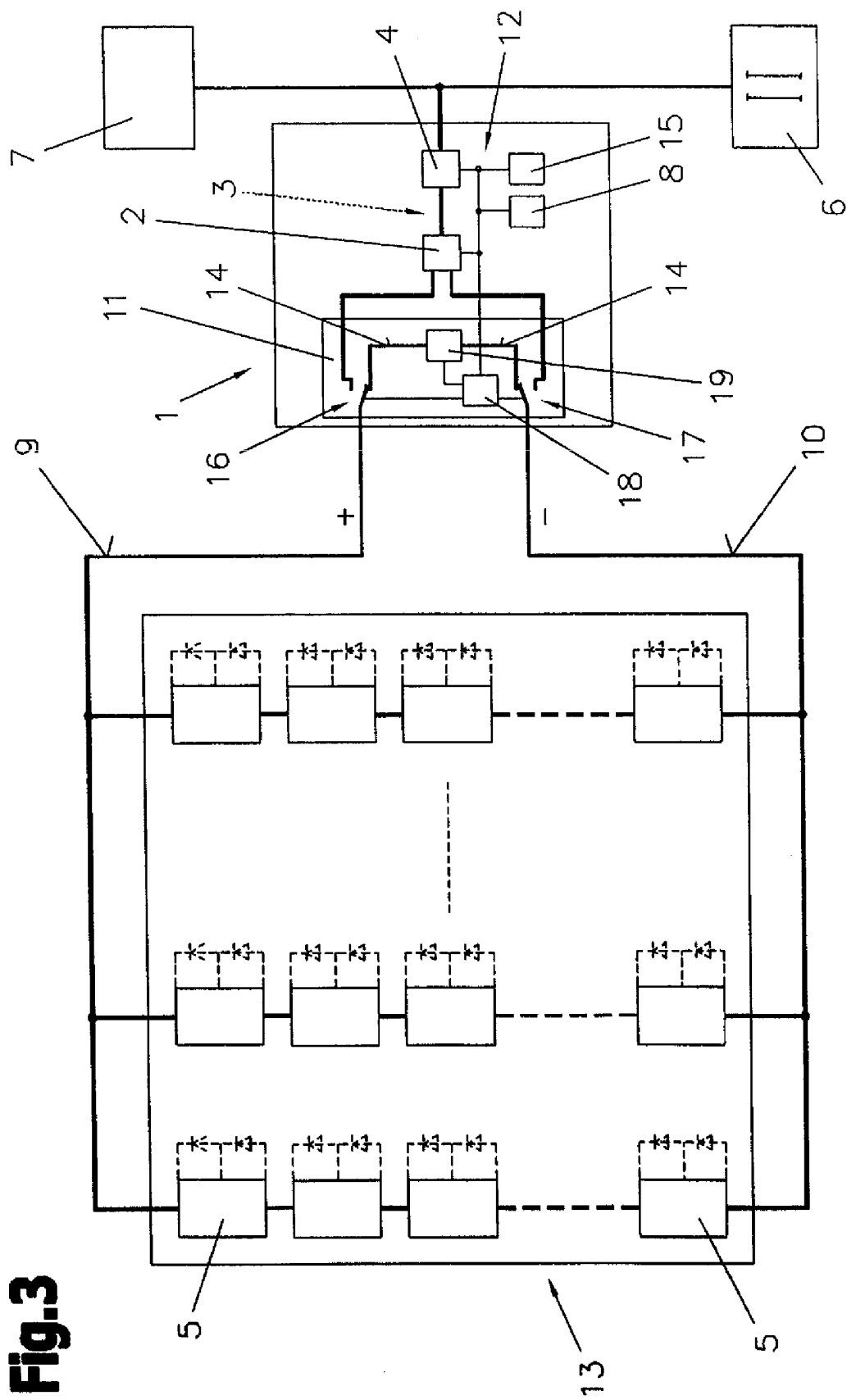
- vorgesehen ist, sodass aus dem empfangenen Signal über den Diebstahl zumindest eines Solarmoduls (5) rückschließbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signaleinheit (19) mit der Steuervorrichtung (8) des Wechselrichters (1) verbunden und zur Erzeugung unterschiedlicher elektrischer Signale ausgebildet ist, sodass jenes elektrisches Signal auswählbar ist, welches bei vorhandenem zumindest einem Solarmodul (5) in Abhängigkeit des jeweiligen Typs des Solarmoduls (5) ein verwertbares empfangenes Signal hervorruft.
17. Wechselrichter (1) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Umschaltvorrichtung (11) zur Trennung des zumindest einen Solarmoduls (5) vom DC-DC-Wandler (2) und zur Verbindung des zumindest einen Solarmoduls (5) mit der Signaleinheit (19) vorgesehen ist.
 18. Wechselrichter (1) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuereinheit (18) zur Aktivierung der Umschaltvorrichtung (11) und der Signaleinheit (19) vorgesehen ist.
 19. Wechselrichter (1) nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Umschaltvorrichtung (11) zumindest ein Umschalter (16, 17) angeordnet ist.
 20. Wechselrichter (1) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einer der Umschalter (16, 17) zur Verbindung zumindest einer der Anschlussleitungen (9, 10) mit der Signaleinheit (19) bei aktivierter Umschaltvorrichtung (11) und zur Verbindung zumindest einer der Anschlussleitungen (9, 10) mit dem Wechselrichter (1) bei deaktivierter Umschaltvorrichtung (11) ausgebildet ist.
 21. Wechselrichter (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (18) über einen Datenbus (12) mit der Steuervorrichtung (8) verbunden ist.
 22. Wechselrichter (1) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit dem Datenbus (12) verbundene Datenkommunikationseinheit (15) zur Übermittlung einer Nachricht in Abhängigkeit eines erkannten Diebstahls des zumindest einen Solarmoduls (5) vorgesehen ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig.1







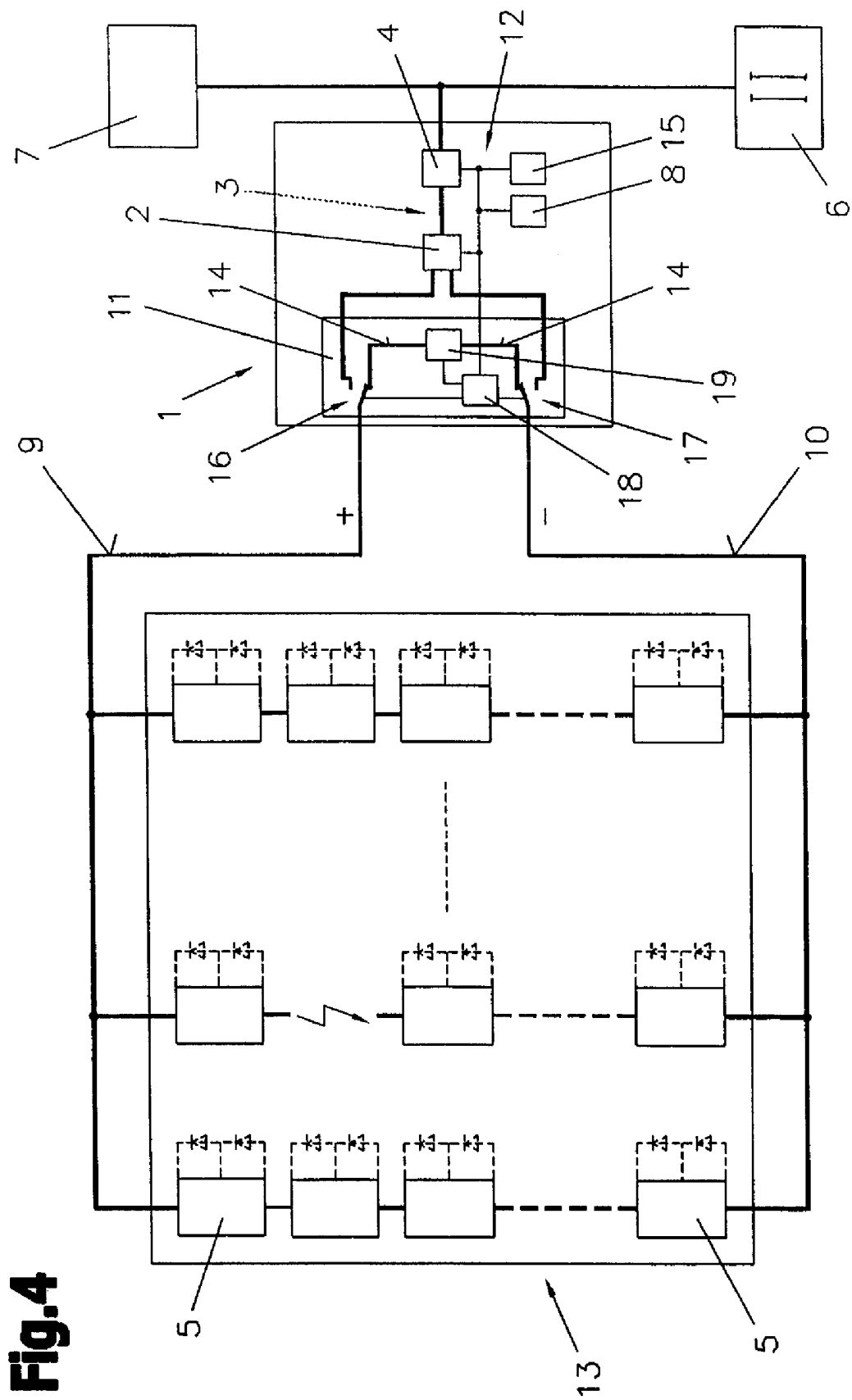


Fig. 4