



(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 512/99
(22) Anmeldetag: 22.03.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.02.2002
(45) Ausgabetag: 25.10.2002

(51) Int. Cl.⁷: **G01R 29/02**
G05F 1/67

(56) Entgegenhaltungen:
US 5648731 DE 19502762 EP 0628901A2
EP 0326489A1 EP 0090212A2 US 4263548

(73) Patentinhaber:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.TECHN.
A-2351 WR. NEUDORF, NIEDERÖSTERREICH
(AT).

(72) Erfinder:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.TECHN.
WR. NEUDORF, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ERFASSUNG DER MESSDATEN VON SOLARGENERATOREN ZUR
BESTIMMUNG DES PUNKTES MAXIMALER LEISTUNG

AT 409 674 B

(57) Beim Einsatz von photovoltaischen Anlagen spielt die optimale Nutzung der vom Solargenerator zur Verfügung gestellten Energie eine überragende Bedeutung. Um die Leistung zu maximieren, ist eine Strom- und eine gleichzeitige Spannungserfassung notwendig. Durch die steilen Schaltflanken des Konverters sind die zu messenden Signale durch Störungen überlagert. Durch eine Mittelung über mehrere Messungen und entsprechender Filterung kann der Fehler reduziert werden.

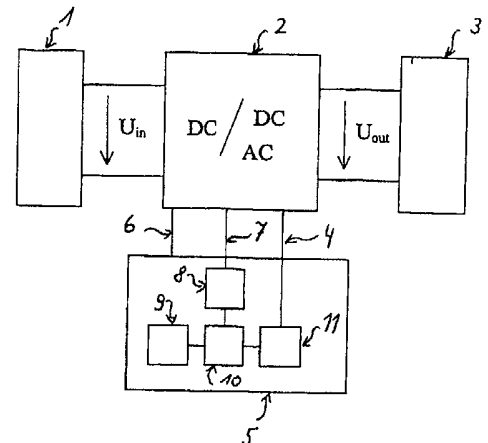


Fig.1

Bei der Nutzung von photovoltaischen Anlagen stellt der Wirkungsgrad ein wichtiges Kriterium dar. Die Kosten für die Solarzellen (photovoltaischer Generator) stellen den größten Anteil an den Gesamtkosten dar. Um die Anlage optimal auszunutzen, muß daher versucht werden - wenn von der Last her möglich - , die maximal mögliche Leistung (bei vorgegebenen Einstrahlungsverhältnissen) aus den Zellen zu entnehmen.

Um die Leistung zu maximieren, ist eine Strom- und eine gleichzeitige Spannungserfassung notwendig. Durch die steilen Schaltflanken des Konverters sind die zu messenden Signale durch Störungen überlagert. Durch eine Mittelung über mehrere Messungen kann der Fehler reduziert werden. Bei der Anwendung in Solargeneratoren kann die Ermittlung der Leistung problemlos einige Zeit dauern (wenn alle Sekunden die Leistung bestimmt wird, wird das im allgemeinen völlig ausreichend sein).

Der Stand der Technik wird nun wie folgt behandelt. In US 5,648,731 (DECKER) ist eine Methode beschrieben, um die Charakteristiken von Solarpaneelen in einem arbeitendem solarelektrischen System zu ermitteln. Dabei werden insbesondere die Leerlaufspannung und der Kurzschlußstrom, weiters die Spannung am Punkt maximaler Leistung und das Verhältnis von Spannung am Punkt maximaler Leistung zur Leerlaufspannung erfaßt. Diese Daten können gespeichert werden, bzw. durch Anpassung einer Kurve an die Meßwerte zu einer Kennlinie verarbeitet werden. Ein spezielles Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Strom- und Spannungswerte ist damit nicht angegeben.

In DE 19 502 762 (RUDISCHER) ist ein Verfahren dargestellt, um eine photovoltaische Anlage im Punkt maximaler Leistung zu betreiben. Dazu wird vorzugsweise im Minutentakt der Solargenerator von der Anlage getrennt und Kurzschlußstrom und Leerlaufspannung bestimmt. In einem Mikrorechner sind Kennlinien des Solargenerators gespeichert und es wird nach der Messung der aus der passenden Kennlinie zu entnehmende Arbeitspunkt angefahren. Auch hier ist kein spezielles Verfahren zur Meßdatenerfassung zu entnehmen.

In EP 0 628 901 A2 (CANON K. K.) ist ein interessantes Verfahren zur Bestimmung des MPPs und zum Betrieb des Konverters daselbst dargestellt. Der Konverter wird an mehrere Betriebspunkte gesteuert und Spannung und Strom werden gemessen. Es werden so viele Punkte bewertet wie erforderlich sind, um eine vorgegebene Kurve durch die ermittelten Punkte zu legen (z.B. drei Punkte, wenn eine quadratische Funktion verwendet wird). Anschließend wird für diese Kurve das Maximum und daraus der erforderliche Arbeitspunkt bestimmt. Ein Problem bei diesem Verfahren stellt sicher die störungsarme Erfassung der Meßdaten dar; es werden aber keine speziellen Maßnahmen dazu angeführt.

EP 0 326 489 A1 (ROUZIES) bzw. davon abhängig US 4 899 296 wird ein Suchverfahren zur Auffindung des MPP und gleichzeitiger Steuerung des Konverters dargestellt. In Abhängigkeit von Schaltschwellen, die verstellbar sind, wird der Arbeitspunkt in zyklischer Bewegung in Richtung des Punktes maximaler Leistung getrieben. Zur erforderlichen Meßdatenerfassung wird keine spezielle Maßnahme durchgeführt.

In EP 0 090 212 A2 (SIEMENS) wird der Arbeitspunkt des an den Solargenerator angeschlossenen Konverters um einen kleinen Wert geändert und die Reaktion des Differentials der Leistung darauf untersucht. Durch die kleine Sollwertänderung wird der Normalbetrieb nicht gestört. Aber gerade diese kleinen Änderungen müssen möglichst störarm gemessen werden.

In US 4,263,548 (CARLSON) ist ein Meßgerät zur Messung der Amplitude eines Strom- oder Spannungspulses zeitlich versetzt zu einem Auslöseimpuls dargestellt. Das Meßgerät dient dabei zur Erfassung von Signalparametern und zur Überprüfung von Pulsenergiegeneratoren. Bei der vorliegenden Erfindung steht jedoch die störarme Erfassung eines Stromes, der von diesem Signal getrennt ist, im Vordergrund. Es geht dabei nicht, den Strom- oder Spannungswert an einer bestimmten Stelle des Pulssignals, sondern den Strom in einem leistungselektronischen Konverter möglichst störarm zur weiteren Verarbeitung zu erfassen. Das hier in dieser Anmeldung vorgeschlagenen Verfahren muß auch nicht zu ganz bestimmten Zeitpunkten das Stromsignal erfassen, da die Störunterdrückung erst durch die folgende willkürlich gleichverteilte Abtastung erfolgt.

Das in der Anmeldung dargestellte Verfahren arbeitet prinzipiell unabhängig vom gewählten Verfahren zur MPP Bestimmung, ist jedoch am besten für Suchalgorithmen geeignet, die gleichzeitig mit dem Betrieb der Anlage ablaufen.

Blickt man auf den Stand der Technik der Verfahren zur Auffindung des Punktes maximaler

Leistung, so ist die Bedeutung eines störunempfindlichen Meßverfahrens für die relevanten Größen von entscheidender Bedeutung. Hier kann die gegenständliche Erfindung einen Beitrag leisten.

Aus meßtechnischen Gründen wird man, wenn von der Schaltungstopologie her möglich, die Stromerfassung in Serie mit der Konverterinduktivität legen, da dort der Strom nicht springen kann, oder in die Zuleitung zum Akkumulator bei einem Ladegerät. Befindet sich im Konverter eine Stromerfassung, zum Beispiel in Serie mit einem aktiven Schalter (zwecks Überstromschutz, oder weil der Konverter mit current mode control geregelt wird), so kann auch diese verwendet werden. Man wird dann als Meßwert den unmittelbar vor dem Abschalten fließenden Strom verwenden.

Die Leistungserfassung kann durch eine stochastisch ergodische Multiplikation mit geringer Störung erfolgen. Die Abtastung des Meßsignals kann dabei zu einem bestimmten Zeitpunkt in Bezug auf den Einschalt- oder Ausschaltzeitpunkt erfolgen, oder rein zufällig nicht korreliert mit dem Schaltsignal des Transistors durchgeführt werden. Als Referenzsignal für den Komparator (die Komparatoren) dient ein Rauschsignal. Bei der Leistungsmessung sind zwei statistisch voneinander unabhängige Rauschgeneratoren erforderlich.

Bei einer analogen Realisierung wird man als Referenzsignal einen Sägezahn verwenden. Dieser wird durch einen Kondensator, der über eine Stromquelle geladen und über eine Schalter entladen wird, realisiert. Die Variation des Referenzsägezahns kann durch unterschiedliche Steigung, die über ein Zufallsignal gesteuert wird, erreicht werden; damit bleibt die Grundfrequenz konstant, die Pulsweite jittert jedoch. Man kann aber auch einen konstanten Strom, der proportional der Solargeneratorspannung ist, verwenden und die Taktfrequenz über ein Rauschen verändern. Die Amplitude des Sägezahns ist dabei begrenzt. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung des Referenzsignals ist die Nutzung des Störsignals, das durch den Schaltvorgang verursacht wird, dem ein stromproportionaler Offset hinzugefügt ist.

Der Meßwert des Stromkanals wird mit dem Referenzsignal verglichen; ist das Meßsignal höher als das Vergleichssignal, wird ein logisch Eins ausgegeben und anschließend eine Mittelwertbildung (Integration, Tiefpaß beispielhaft mit einem RC Glied) durchgeführt. Damit ist eine störungsarme Messung des Stromes erreicht. Möchte man die Leistung erfassen, so ist sowohl für die Spannung als auch für den Strom so ein Meßkanal aufzubauen, wobei die beiden Komparatorausgangssignale über z.B. ein EXOR Gatter verknüpft werden und anschließend die Mittelwertbildung erfolgt. Damit ist störungsarm die Leistung erfaßt und kann für den Algorithmus zur Bestimmung des Steuersignals für die Ansteuerung des aktiven Schalters verwendet werden.

Digital läßt sich dies sehr einfach realisieren. Die Meßwerte von Strom und Spannung werden mit Analog/Digital Wandler in digitale Form gebracht, als Referenzsignale werden digitale Rauschsignale, oder digital erzeugte, in der Frequenz variierende Dreieck- oder Trapezspannungen verwendet, der erforderliche Vergleich (Komparator) und die EXOR Verknüpfung sind Grundbefehle und die Mittelung erfolgt durch Addition (z.B. 256 Werte) und anschließende Verschiebung. Dies ist leicht mit einem Microcontroller mit 8 Bit ADC absetzbar. Der Vorteil ist neben der Einfachheit die große Störunempfindlichkeit, da die Multiplikation auf eine stochastisch ergodische Multiplikation zurückgeführt ist. In Fig.2 ist das Prinzip des Algorithmus zur Bestimmung der Leistung zusammengefaßt.

In Figur 1 ist der prinzipielle Aufbau eines Meßkanals und seine Eingliederung in das Gesamtsystem dargestellt. Der Solargenerator (1) ist an den Eingang (V_{in}) der Konverterstruktur (2), die entweder ein DC/DC (Gleichspannungswandler) oder ein DC/AC (Wechselrichter) Konverter sein kann, angeschlossen. Am Ausgang des Konverters (V_{out}) ist die Last (3) angeschlossen. Das Steuersignal für den/die aktiven Schalter wird über die Steuersignalzuführung (4) zum Konverter (2) aus dem Steuersignalgenerator (5) geführt. In den Steuersignalgenerator (5) können verschiedene Daten aus dem Leistungsteil des Konverters (2) übermittelt werden. Beispielhaft ist die Eingangsspannungssignalzuführung (6) gezeichnet. Im weiteren ist ein Meßkanal für den Strom dargestellt. Über die Stromsignalzuführung (7) wird das stromproportionale, pegelangepaßte Signal entweder direkt dem Komparator (10) zugeführt, wo es mit einem Referenzsignal aus dem Referenzgenerator (9) verglichen wird, oder es wird analog-digital gewandelt (8) und mit einem digitalen Referenzsignal aus dem Referenzgenerator (9) mit einem dann digital ausgeführten Komparator (10) verglichen und zur Weiterverarbeitung an den Block (11), der Auswertung, Modulator und Aufbereitung des Steuersignals enthält, geführt.

Das Verfahren ist auch zur Erfassung des Stromes zur reinen Strommaximierung bei der Batterieladung sinnvoll, um störungsfrei den Strom zu erfassen.

5

PATENTANSPRÜCHE:

1. Datenerfassung zur Erfassung der notwendigen Daten zur Bestimmung des Punktes maximaler Leistung von Solargeneratoren (Solarzellen, Solarpaneele) wobei die erforderlichen Signalwerte von Strom und Spannung nach einer Pegelanpassung, abgetastet werden, wobei der Abtastzeitpunkt in Relation mit einem Ansteuersignal für einen aktiven Schalter der verwendeten Konverterstruktur liegt, oder völlig unkorreliert mit den Ein- bzw. Ausschaltbefehlen der Schalter ist **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abtastwerte mit einem in der Frequenz veränderlichen, amplitudengleichverteilten Signal mit einem Komparator verglichen werden und das entstehende digitale Signal einer weiteren Verarbeitung zugeführt wird.
2. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Komparatorsignal gemittelt wird.
3. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** eine zeitliche Relation zwischen dem Einschaltzeitpunkt eines Schalters im Konverter und dem Abtastzeitpunkt vorhanden ist.
4. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** eine zeitliche Relation zwischen dem Ausschaltzeitpunkt eines Schalters im Konverter und dem Abtastzeitpunkt vorhanden ist.
5. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** keine zeitliche Relation zwischen dem Ausschaltzeitpunkt eines Schalters im Konverter und dem Abtastzeitpunkt vorhanden ist.
6. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** eine zeitliche Relation zwischen dem Einschaltzeitpunkt eines Schalters im Konverter und dem Abtastzeitpunkt vorhanden ist.
7. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung digital realisiert wird.
8. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung analog realisiert wird.
9. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung gemischt analog digital realisiert wird.
10. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Komparatorausgangssignale des Stromsignals und des Spannungssignals, die durch Vergleich mit jeweils voneinander unabhängigen Vergleichssignalen gewonnen wurden, einer logischen Verknüpfung, beispielhaft einer EXOR-Verknüpfung, zugeführt werden.
11. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** bei Verwendung in einem von einem Solargenerator gespeisten Ladegerät der Strom in der Akkumulatorzuleitung gemessen wird.
12. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strom in der vom Solargenerator zum Konverter führenden Verbindungsleitung gemessen wird.
13. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strom in Serie mit der im Konverter befindlichen Induktivität gemessen wird.
14. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strom in Serie mit einem im Konverter befindlichen Schalter gemessen wird.
15. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strom unmittelbar vor dem Abschalten des aktiven Schalters gemessen wird.
16. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannung parallel zum Eingangskondensator des Converters gemessen wird.
17. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Spannungsmessung ein kompensierter oder mit einem Tiefpassfilter versehener Spannungsteiler verwendet wird.

55

18. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichssignal durch einen Dreiecksgenerator mit von der Schaltfrequenz abweichenden Frequenz erzeugt wird.
- 5 19. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichssignal durch einen Dreiecksgenerator sich kontinuierlich oder diskontinuierlich ändernder Frequenz erzeugt wird.
20. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichssignal durch einen Dreiecksgenerator, dessen Frequenz über einen Zufallsprozeß geändert wird, erzeugt wird.
- 10 21. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichssignal durch einen Dreiecksgenerator dessen Frequenz und/oder Amplitude proportional der Eingangsspannung geändert wird, erzeugt wird.
22. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichssignal durch einen digitalen oder analogen Zufallsgenerator erzeugt wird.
- 15 23. Datenerfassung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** als Referenzsignal für den Vergleich das Störsignal, verursacht durch den Schaltvorgang, dem ein stromproportionaler Offset hinzugefügt ist und das zufällig abgetastet wird, dient.

20

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

25

30

35

40

45

50

55

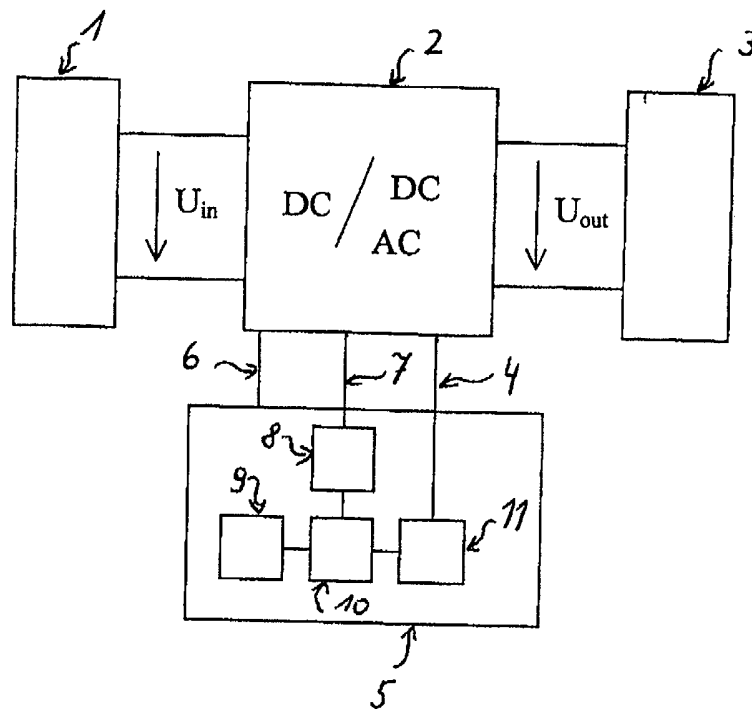


Fig.1

```

for i:=1 to 256 do
begin
wandle(1) # Strom
wandle(2) # Spannung
Referenzgenerator(1)
Referenzgenerator(2)
vergleiche(1)
vergleiche(2)
verknüpf(1,2)
addiere
end
verschiebe(8Bit)
    
```

Fig.2