

(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. August 2013 (15.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/117305 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/000238
(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Januar 2013 (28.01.2013)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 002 185.2
7. Februar 2012 (07.02.2012) DE

(71) Anmelder: SEW-EURODRIVE GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Ernst-Blickle-Str. 42, 76646 Bruchsal (DE).

(72) Erfinder: SCHIFFMANN, Sebastian; Eichenweg 4,
76709 Kronau (DE). SCHMIDT, Josef; Erfurter Straße 8,
76676 Graben-Neudorf (DE). HAUCK, Matthias;
Sauerbruchstr. 55, 68723 Schwetzingen (DE).
LAMPERT, Christian; Näherweg 59, 76646 Bruchsal
(DE). TRITSCHLER, Daniel; Ste-Marie-Aux-Mines-Str.
17, 76646 Bruchsal (DE). ZÖLLER, Thomas; Vogelholde
2, 76646 Bruchsal (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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENERGY HARVESTING SYSTEM WITH ENERGY ACCUMULATOR AND METHOD FOR OPERATING AN
ENERGY HARVESTING SYSTEM

(54) Bezeichnung : ENERGIEGEWINNUNGSSYSTEM MIT ENERGIESPEICHER, VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES
ENERGIEGEWINNUNGSSYSTEMS

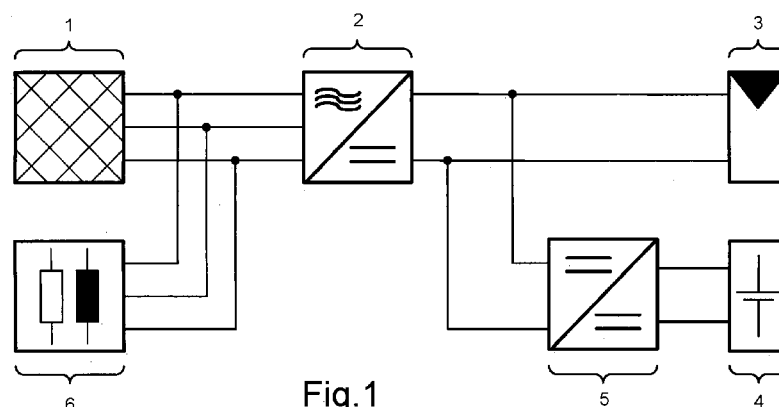


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an energy harvesting system with an energy accumulator and to a method for operating an energy harvesting system, wherein solar cells, particularly a module comprising solar cells, are connected to an inverter, particularly to the DC-side terminal thereof, the inverter being connected at its AC-side terminal to a load and/or an AC power network. A DC/DC converter is connected, particularly at the first DC-side terminal thereof, in parallel to the solar cells, particularly the module comprising solar cells, the DC/DC converter, particularly the second DC-side terminal of the DC/DC converter, being connected to an energy accumulator.

(57) Zusammenfassung: Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher, Verfahren zum Betreiben eines Energiegewinnungssystems, wobei Solarzellen, insbesondere ein Solarzellen umfassendes Modul, mit einem Wechselrichter verbunden sind, insbesondere an dessen gleichstromseitigem Anschluss, wobei der Wechselrichter an seinem wechsellspannungsseitigen Anschluss mit einem Verbraucher und/oder

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/117305 A2



-
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) | <p>Veröffentlicht:</p> <ul style="list-style-type: none">— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g) |
|--|---|

einem Wechselstromnetz verbunden ist, wobei den Solarzellen, insbesondere dem Solarzellen umfassenden Modul, ein DC/DC-Wandler parallel geschaltet ist, insbesondere mit dessen erstem gleichstromseitigen Anschluss, wobei der DC/DC-Wandler mit einem Energiespeicher verbunden ist, insbesondere der mit dem zweiten gleichstromseitigen Anschluss des DC/DC-Wandlers verbunden ist.

Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher, Verfahren zum Betreiben eines Energiegewinnungssystems

Beschreibung:

5

Die Erfindung betrifft ein Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher und ein Verfahren zum Betreiben eines Energiegewinnungssystems.

10

Es ist allgemein bekannt, dass beleuchtete Solarzellen elektrische Energie in Form von Gleichstrom erzeugen, die einem Wechselrichter an dessen gleichstromseitigem Anschluss zuführbar ist.

15

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Energiegewinnungssystem weiterzubilden.

20

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher nach den in Anspruch 1 und bei dem Verfahren nach Anspruch 5 oder 9 angegebenen Merkmalen gelöst.

25

Wichtige Merkmale der Erfindung bei dem Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher sind, dass ein Solargenerator, insbesondere ein Solarzellen umfassendes Modul, mit einem Wechselrichter verbunden ist, insbesondere an dessen gleichstromseitigem Anschluss,

wobei der Wechselrichter an seinem wechsellspannungsseitigen Anschluss mit einem Verbraucher und/oder einem Wechselstromnetz verbunden ist,

30

wobei dem Solargenerator, insbesondere dem oder den Solarzellen umfassenden Modulen, ein DC/DC-Wandler parallel geschaltet ist, insbesondere mit dessen erstem gleichstromseitigen Anschluss,

wobei der DC/DC-Wandler mit einem Energiespeicher verbunden ist, insbesondere der mit dem zweiten gleichstromseitigen Anschluss des DC/DC-Wandlers verbunden ist.

Statt DC/DC-Wandler ist auch ein anderer Stromrichter verwendbar.

Von Vorteil ist dabei, dass der Wechselrichter, insbesondere der MPP-Tracker des Wechselrichters, trotz zusätzlich verbundenem Energiespeicher ungestört weiterarbeitet. Denn die Arbeitskennlinien des DC/DC-Wandlers sind derart wählbar, dass zwar der
5 Energiefluss in oder aus dem Energiespeicher steuerbar ist. Trotzdem ist aber das Auffinden des Leistungs-Maximums der von dem Solargenerator erzeugten elektrischen Energie in gleicher Weise vom MPP-Tracker, also Maximum Power Point Tracker, auffindbar.

Somit sind vorhandene Solaranlagen, welche einen Solargenerator und einen
10 **Wechselrichter zur Netzeinspeisung der erzeugten Energie aufweisen, mit einem Energiespeicher nachrüstbar**, indem der DC/DC-Wandler parallel zu dem Solargenerator zugeschaltet wird. Somit ist dann nach Bedarf Energie von dem Solargenerator über den DC/DC-Wandler in den Energiespeicher einspeisbar. Entsprechend ist Energie aus dem Energiespeicher dem Wechselrichter zuführbar, wenn entsprechender Bedarf vorliegt –
15 beispielsweise bei Nacht oder bei zu geringer Beleuchtungsstärke des Solargenerators.

Weiterer Vorteil ist also auch, dass bestehende Photovoltaikanlagen nachrüstbar sind ohne gerätespezifisches Wissen über den jeweiligen Photovoltaikwechselrichter und ohne Implementierung einer Kommunikation bzw. eines Datenaustausches zur
20 **bestehenden Anlage.**

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist dem Solargenerator, insbesondere dem Solarzellen umfassenden Modul, ein Folienkondensator parallel geschaltet. Von Vorteil ist dabei, dass
hochfrequente Spannungsschwankungen abpufferbar sind.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Energiespeicher einen Doppelschichtkondensator auf und/oder besteht aus mehreren miteinander verschalteten Doppelschichtkondensatoren und/oder der Energiespeicher weist einen Akkumulator und/oder eine Batterie auf. Von Vorteil ist dabei, dass sehr hohe Kapazitäten in
30 kostengünstiger Weise bei geringer Masse des Energiespeichers bereit stellbar sind.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Wechselrichter einen MPP-Tracker auf. Von Vorteil ist dabei, dass der MPP-Tracker den Arbeitspunkt maximaler Leistung des Solargenerators ansteuert. Somit ist auch bei schwankenden Betriebsbedingungen, wie
35 Temperaturschwankungen und/oder Beleuchtungsstärke-Schwankungen, die maximale

Leistungsausbeute bei dem Solargenerator erreichbar. Hierzu regelt der Wechselrichter auf die zu diesem Arbeitspunkt zugehörige Spannung hin, indem er kleine Spannungsänderungen einsteuert und die sich daraufhin einstellende Leistung bestimmt. Schrittweise wird dann die Spannung in diejenige Richtung verändert, in welcher die Leistung anwächst.

Wichtige Merkmale bei dem Verfahren zum Betreiben eines Energiegewinnungssystems, nach Anspruch 5 sind, dass ein Solargenerator, insbesondere ein oder mehrere Solarzellen umfassende Module, mit einem Wechselrichter verbunden ist, insbesondere an dessen gleichstromseitigem Anschluss,

wobei der Wechselrichter an seinem wechsellspannungsseitigen Anschluss mit einem Verbraucher und/oder einem Wechselstromnetz verbunden ist,

insbesondere wobei der Wechselrichter einen MPP-Tracker aufweist,

wobei aus einem Energiespeicher über einen DC/DC-Wandler elektrische Energie dem Wechselrichter zugeführt wird,

wobei am Wechselrichter gleichstromseitig anliegende Spannung erfasst wird und eine vom DC/DC-Wandler an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters zu liefernde Soll-Leistung gemäß einer Kennlinie bestimmt wird,

Von Vorteil ist dabei, dass die Kennlinie derart wählbar ist, dass das Auffinden des Arbeitspunktes mit der maximalen von dem Solargenerator erzeugten Leistung unverändert ermöglicht ist.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die vom DC/DC-Wandler an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters gelieferte Soll-Leistung bestimmt, insbesondere indem die gleichstromseitig anliegende Spannung mit dem vom DC/DC-Wandler an den Wechselrichter gelieferten Strom multipliziert wird, und aus der Differenz zwischen Soll-Leistung und Ist-Leistung der vom DC/DC-Wandler an den Wechselrichter zu liefernde Strom bestimmt wird, insbesondere wobei weitere Einflussgrößen, wie Betriebsart, Verhalten des MPP-Trackers des Wechselrichters oder dergleichen, berücksichtigt werden.

Von Vorteil ist dabei, dass über die Vorgabe der Kennlinie des DC/DC-Wandlers die vom

Energiespeicher zum gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters zugeführte oder von dort abgeführte elektrische Leistungsmenge steuerbar ist.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung stellt die Kennlinie einen derartigen Zusammenhang zwischen Leistung und gleichstromseitiger Spannung dar, dass nach Addition der entsprechenden Leistungs-Spannungs-Kennlinie des Solargenerators derjenige Wert der Spannung, bei dem ein Maximum an Leistung vorliegt, im Wesentlichen unverändert bleibt. Von Vorteil ist dabei, dass der die Arbeitsweise des MPP-Trackers im Wesentlichen ungestört verläuft, obwohl zusätzlich der DC/DC-Wandler parallel zu dem Solargenerators zugeschaltet ist.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Kennlinie derart wenig veränderlich, dass nach Addition der entsprechenden Leistungs-Spannungs-Kennlinie des Solargenerators derjenige Wert der Spannung, bei dem ein Maximum an Leistung vorliegt, im Wesentlichen unverändert bleibt, insbesondere so dass der MPP-Tracker auf dasselbe Leistungsmaximum des Solargenerators hinregelt, wie wenn kein Energiespeicher mit DC/DC-Wandler vorhanden wäre. Von Vorteil ist dabei, dass wiederum der die Arbeitsweise des MPP-Trackers im Wesentlichen ungestört verläuft, obwohl zusätzlich der DC/DC-Wandler parallel zu dem Solargenerator zugeschaltet ist.

Wichtige Merkmale bei dem Verfahren zum Betreiben eines Energieerzeugungssystems nach Anspruch 9 sind, dass ein Wechselrichter mit MPP-Tracker den gleichstromseitigen Eingangsstrom erfasst und die Spannung an seinem gleichstromseitigen Anschlussklemmen auf ein Maximum an Leistung hin regelt,

wobei Energieerzeugungsmittel, insbesondere Solargenerator, an seinem gleichstromseitigen Anschluss angeschlossen sind,

wobei eine Vorrichtung an dem gleichstromseitigen Anschluss angeschlossen wird, welche aus der gleichstromseitig erfassten Spannung unter Berücksichtigung einer Kennlinie eine Soll-Leistung bestimmt und den von der Vorrichtung an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters gelieferten Ist-Strom sowie die gleichstromseitig am Wechselrichter anliegende Spannung erfasst und daraus eine Ist-Leistung bestimmt, die die Vorrichtung auf die Soll-Leistung hinregelt, indem sie einen entsprechenden Soll-Strom bestimmt und darauf hinregelt,

insbesondere wobei die Kennlinie die Abhängigkeit der Soll-Leistung von der gleichstromseitig am Wechselrichter anliegenden Spannung darstellt,

insbesondere wobei die Kennlinie mittels eines primären Stelleingriffs veränderbar ist.

5

Von Vorteil ist dabei, dass der DC/DC-Wandler einen Stromregler aufweist, dem ein Leistungsregler beziehungsweise ein Leistungsbestimmungsmittel übergeordnet ist, wobei eine Kennlinie verwendet wird, mittels welcher das Leistungsmanagement des Energiespeichers ausführbar ist. Dabei ist dieses Leistungsmanagement unabhängig von der Arbeitsweise des Wechselrichters samt MPP Tracker ausführbar.

10

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Kennlinie entsprechend von Einflussgrößen verändert wird, insbesondere gedehnt oder gestaucht. Von Vorteil ist dabei, dass die Ordinatenwerte mit einem Faktor abhängig von den Einflussgrößen multipliziert werden.

15

Somit ist durch einfache Rechenoperationen ein Anpassen an Einflussgrößen ausführbar.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Vorzeichen der Kennlinie abhängig von der Betriebsart, insbesondere Entnahme von Energie aus dem oder Zuführung von Energie in den Energiespeicher. Von Vorteil ist dabei, dass mittels des Vorzeichens die Entnahme oder Zuführung, also die Energieflussrichtung steuerbar ist.

20

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Kennlinie einen im Wesentlichen konstanten Soll-Leistungs-Wert auf in einem Spannungs-Bereich, welcher denjenigen jeweiligen Spannungswert umfasst, welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist, insbesondere welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist bei allen Beleuchtungsstärken des Solargenerators. Von Vorteil ist dabei, dass eine flache Kennlinie in diesem Spannungsberiech bewirkt, dass der MPP-Tracker ungestört arbeitet.

25

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Kennlinie einen lokal minimalen Verlauf der Soll-Leistungs-Werte in Abhängigkeit von der Spannung auf in einem Spannungs-Bereich, welcher denjenigen jeweiligen Spannungswert umfasst, welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist, insbesondere welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist bei allen Betriebsbedingungen, wie zulässigen Temperaturen und Beleuchtungsstärken, des Solargenerators. Von Vorteil ist dabei, dass mittels des lokalen Minimums der Leistungsfluss aus oder in den Energiespeicher entsprechend spannungsabhängig anpassbar ist.

30

35

Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die Erfindung ist nicht auf die Merkmalskombination der Ansprüche beschränkt. Für den Fachmann ergeben sich weitere sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten von Ansprüchen und/oder einzelnen

- 5 Anspruchsmerkmalen und/oder Merkmalen der Beschreibung und/oder der Figuren, insbesondere aus der Aufgabenstellung und/oder der sich durch Vergleich mit dem Stand der Technik stellenden Aufgabe.

Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der Figur 1 ist ein schematischer Aufbau eines erfindungsgemäßen dezentralen Energiegewinnungssystems mit Energiespeicher 4 gezeigt.

5

In der Figur 2 ist die Berücksichtigung der übergeordneten Einflussgrößen auf die Arbeitsweise des Energiespeichers 4 gezeigt.

In der Figur 3 ist die Erzeugung einer Arbeitskennlinie des Systems für den Zustand der Energieabgabe aus dem Speicher 4, insbesondere bei Tageslicht, gezeigt.

10

In der Figur 4 ist die Erzeugung einer Arbeitskennlinie des Systems für den Zustand der Energieaufnahme in den Speicher 4, insbesondere bei Tageslicht, gezeigt.

In der Figur 5 ist die Erzeugung einer Arbeitskennlinie des Systems für den Zustand der Energieabgabe aus dem Speicher 4, insbesondere bei Nacht, gezeigt.

15

In der Figur 6 ist ein erster Teil und in der Figur 7 ein weiterer Ausschnitt eines Kennlinienblocks gezeigt.

20

Wie in Figur 1 gezeigt, weist das System einen Solargenerator 3 auf, der bei Bestrahlung mit Licht elektrische Energie bereit stellt, insbesondere in Form einer unipolaren Spannung, insbesondere Gleichspannung. Der Solargenerator 3 ist an einen Wechselrichter 2 angeschlossen, dessen insbesondere ein- oder mehrphasiger Wechselstromausgang mit dem entsprechenden Netz 1 verbunden ist.

25

Parallel zu dem Solargenerator 3 ist ein DC/DC-Wandler 5 zugeschaltet, so dass Energie aus einem Energiespeicher 4 dem Wechselrichter 2 zuführbar ist.

Netzseitig sind auch Verbraucher als Last 6 am Wechselstromausgang des Wechselrichters 2 angeordnet.

30

Wie in Figur 2 dargestellt, wird aus Einflussgrößen, wie Marktpreis 23, Lastprognose 24, Speicherstand 25, zur Verfügung stellbare, im Energiespeicher 4 gespeicherte Energiemenge, lokaler Verbrauch 26, Solarleistung 27, Anforderungen 28 des Netzbetreibers

35

oder einer übergeordneten Steuerung und/oder Wetterprognose 29, eine Soll-Leistung P_{Soll} bestimmt.

5 Der ausgangsseitige Strom I_{Ist} des DC/DC-Wandlers 5 und die ausgangsseitige Spannung $U_{\text{Ist}} = U_{\text{S}}$ wird erfasst und daraus die Ist-Leistung P_{Ist} bestimmt.

10 Aus der in einer Nachführung 20 bestimmten Differenz zwischen der Ist-Leistung P_{Ist} und der Soll-Leistung P_{Soll} wird ein Wert bestimmt, der ebenso wie die Soll-Leistung P_{Soll} einem Bestimmungsblock zugeführt wird, der unter Berücksichtigung des Verhaltens 21 des MPP-Trackers und der Betriebsart 22 sowie der Spannung U_{S} einen Strom-Sollwert I_{Soll} bestimmt, auf den der vom DC/DC-Wandler 5 an den parallel geschalteten Wechselrichter 2 gespeiste Strom hin geregelt wird.

15 Auf diese Weise wird, wie in Figur 3 gezeigt, ermöglicht, dass der MPP-Tracker ungestört durch den zusätzlich zu dem Solargenerator 3 verbundenen DC/DC-Wandler 5 den Punkt maximaler Leistung findet. Dabei verändert der MPP-Tracker die jeweils an dem Solargenerator 3 anliegende Spannung U_{S} um einen kleinen Betrag und bestimmt aus dem daraus resultierenden erfassten Strom die momentane Leistung. Auf diese Weise wird die Spannung derart verändert, dass stets der Arbeitspunkt im Wesentlichen maximaler Leistung
20 für den Solargenerator 3 eingestellt wird.

Hierzu ist in dem linken Schaubild der Figur 3 die Leistung des Solargenerators als Funktion der an dem Solargenerator 3 anliegenden Spannung U_{S} gezeigt. Bei veränderten Betriebsbedingungen, insbesondere geringerer Beleuchtungsstärke, gilt die punktierte
25 Kennlinie statt der durchgezogene Kennlinie. In jedem Fall wird mit dem beschriebenen Suchverfahren des MPP-Trackers das Optimum der Leistung gefunden oder zumindest der Betriebspunkt auf dieses Optimum hin geregelt.

30 Wie im mittleren Schaubild der Figur 3 gezeigt, wird die von dem DC/DC-Wandler 5 zur Verfügung zu stellende Leistung gemäß einer Kennlinie bestimmt in Abhängigkeit von der Spannung U_{S} . Mit Bezugszeichen 30 ist hierbei der primäre Stelleingriff auf diese Kennlinie dargestellt. Denn die Kennlinie wird verändert, insbesondere gedehnt in Ordinateenrichtung, gemäß dem Vorgehen nach Figur 2.

Grundsätzlich ähneln sich dabei die Kennlinien, indem sie alle bei von 0 ansteigender Spannung U_S zunächst steil ansteigen auf einen fast konstanten Bereich, von dem aus sie bei hoher Spannung U_S wieder steil abfallen. Dabei hat der fast konstante Bereich ein lokales Maximum, welches so festgelegt ist, dass die dazugehörige Spannung kleiner
5 gleich allen möglichen MPP-Spannungen des Solargenerators ist. Wichtig ist dabei, dass die Änderungen im fast konstanten Bereich geringer sind als die Änderungen in der Kennlinie der Solarzelle im gleichen Spannungsbereich, jedoch groß genug um vom MPP-Tracker erfasst zu werden, falls keine solare Leistung zur Verfügung steht. Somit bleibt bei der addierten Kennlinie das Maximum im Wesentlichen bei denselben Spannungswerten.

10 Darüber hinaus wird durch diese Verfahren sichergestellt, dass im Falle eines plötzlichen starken Abfalls der MPP-Spannung des Solargenerators, z.B. aufgrund einer Wolkenabschattung, der neue MPP des Solargenerators immer sicher erkannt wird.

15 Vorteil ist also, dass bei gleichzeitiger Einspeisung, also Leistungszufuhr an den Wechselrichter, aus Solargenerator und Speicher, wie in Figur 3 dargestellt, sichergestellt ist, dass der MPP-Tracker nach einer Abschattung wieder auf einen Arbeitspunkt maximaler Leistung (MPP) unterhalb der aktuellen Solarspannung hinsteuert.

20 Somit wird also je nach den Einflussgrößen eine entsprechende Kennlinie bestimmt und diese wiederum verwendet zur Bestimmung der momentanen zur Verfügung zu stellenden Soll-Leistung P .

25 Wie in Figur 3 gezeigt, führt die Summe aus den beiden genannten Kennlinien zu einer Kennlinie, deren Maximum an im Wesentlichen derselben Stelle angeordnet ist. Daher bleibt die Arbeitsweise des MPP-Trackers ungestört. Denn dieser findet weiterhin durch Variieren der Spannung den Arbeitspunkt mit der vom Solargenerator erzeugten größeren Leistung.

30 In Figur 4 sind für die Energieaufnahme in den Energiespeicher 4 bei Tag, also bei elektrischer Leistung erzeugendem Solargenerator 3, die entsprechenden Kennlinien gezeigt. Auch hier bleibt die Arbeitsweise des MPP-Trackers ungestört.

35 In Figur 5 ist der Zustand bei nicht beleuchtetem Solargenerator 3 gezeigt, wobei diese dann keine elektrische Leistung erzeugen. Die entsprechend vorgegebene Kennlinie weist ein Maximum auf, auf welches der MPP-Tracker hinsteuert und somit auf den hierzu

vorgegebenen Arbeitspunkt. Vorzugsweise ist das Maximum im optimalen Arbeitspunkt des DC/DC-Wandlers und/oder des Gesamtsystems angeordnet.

Wichtig ist also bei der Erfindung, dass durch das Vorgeben einer geeigneten Kennlinie aus einer durch den Primären Stelleingriff jeweils aktivierbaren Kennlinienschar die Arbeitsweise des MPP-Trackers ungestört bleibt im Vergleich zu nicht vorhandenem Energiespeicher 4 mit DC/DC-Wandler 5.

Somit ist also ein bestehendes System ohne Energiespeicher 4 und DC/DC-Wandler 5 nachrüstbar, wobei das bisherige System ungestört weiterarbeitet. Durch Vorgabe einer Kennlinie für die Leistungsbestimmung des DC/DC-Wandlers, die die Kennlinie des Solargenerators 3 qualitativ nicht verändert, findet der MPP-Tracker weiterhin den optimalen Arbeitspunkt.

Bei beleuchtetem Solargenerator 3 und Energieabgabe aus dem Energiespeicher 4, also erster Betriebsart, oder bei unbeleuchtetem Solargenerator 3 und Energieaufnahme in den Energiespeicher 4, also dritter Betriebsart oder bei beleuchtetem Solargenerator 3 und Energieabgabe des Energiespeichers 4, also zweiter Betriebsart werden jeweils verschiedenartige Kennlinien verwendet. Abhängig von dem primären Stelleingriff 30 wird bei jeder der Betriebsarten die jeweilige Kennlinie gedehnt oder gestaucht. Jedoch gehen die bei den genannten drei Betriebsarten verwendeten Kennlinien nicht durch Dehnung oder Stauchung ineinander über. Insbesondere weist die Kennlinie der zweiten Betriebsart ein anderes Vorzeichen auf als die Kennlinie der ersten Betriebsart. Außerdem weist die Kennlinie der zweiten Betriebsart kein lokales Maximum auf sondern ein Minimum, welches als Plateau ausgeführt ist. Bei der dritten Betriebsart weist die Kennlinie ein einziges ausgeprägtes Extremum auf, so dass der MPP-Tracker diesen Betriebspunkt findet.

Der Wechselrichter weist also einen Gleichstromanschluss auf, an dem der Solargenerator 3 und der DC/DC-Wandler 5 angeschlossen sind. Außerdem weist er einen Wechselstromanschluss auf, an dem er mit dem Wechselspannungsnetz 1 und zumindest einem Verbraucher verbunden ist.

Vorzugsweise ist der Wechselrichter an seinem Wechselstromseitigen Anschluss für ein einphasiges oder ein dreiphasiges Netz ausgeführt.

Die normierte Kennlinie nach Figur 3, also Leistungsaufnahme des Speichers, hat über den gesamten Arbeitsbereich des Solargenerators einen konstanten, insbesondere negativen, Verlauf und fällt am Rand des Arbeitsbereiches auf null ab. Die vorgelagerte Steuerung zur Bestimmung von P_{soll} sorgt dafür, dass der Betrag des Sollwertes der Speicherleistung P_{soll} stets unterhalb der aktuellen Solarleistung liegt.

Die Kennlinie nach Figur 4, also zur Leistungsabgabe des Speichers bei vorhandener PV-Leistung (Tag), hat über den gesamten Arbeitsbereich des Solargenerators einen **nahezu** konstanten Verlauf und fällt am Rand des Arbeitsbereiches auf null ab. Im nahezu konstanten Bereich existiert ein Maximum, welches so festgelegt ist, dass die dazugehörige Spannung kleiner gleich allen möglichen MPP-Spannungen des Solargenerators ist.

Die Kennlinie nach Figur 5, also zur Leistungsabgabe des Speichers ohne vorhandene PV-Leistung (Nacht), hat ein ausgeprägtes Maximum bei der Spannung U_S , welche sich nach dem Arbeitspunkt der höchsten Effizienz des Gesamtsystems richtet.

Der Verlauf der Kennlinien der Figuren 3, 4 und 5 wird unter Berücksichtigung der zeitlich nicht veränderlichen Systemparameter bestimmt, wie in Figur 6 und 7 gezeigt:

- Spannungsschrittweitenverhalten des MPPT
- Auflösung der Leistungsmessung des MPPT
- Spannungsbereich des Solargenerators
- Spannungsbereich des MPPT

Die Systemparameter werden entweder messtechnisch durch das Energiespeichersystem erfasst und/oder bei Inbetriebnahme als Parameter vorgegeben.

Wie in Figur 6 und Figur 7 gezeigt, erfolgt die Auswahl der jeweiligen Kennlinie abhängig von der Betriebsart, die sich aus dem Sollwert der Speicherleistung und dem Zustand des Solargenerators (z.B. Tag / Nacht) ergibt.

Mit der mittels eines Auswahlmittels Betriebsart-abhängig-gewählten Kennlinie und der anliegenden Solarspannung wird ein normierter Leistungssollwert P_{norm} ermittelt, der mit einem korrigierten Leistungssollwert P_{korr} multipliziert wird. Bezüglich der Kennlinie bedeutet dies ein Strecken derselben, **also den Primären Stelleingriff**. Das Ergebnis P wird durch die anliegende Solarspannung U_S dividiert und anschließend begrenzt. Das Resultat I_{soll} wird dem DC/DC-Wandler als Stromsollwert vorgegeben.

Die Nachführung hat die Aufgabe mögliche Abweichungen zwischen Soll und Ist-Speicherleistung auszuregeln. Dabei muss die Zeitkonstante des Regelgliedes mindestens eine Größenordnung über der des MPPT liegen, um eine gegenseitige Beeinflussung zu verhindern.

P_{Korr} wird also als Summe von P_{Soll} und dem Ausgangssignal P_{nach} der Nachführung bestimmt. Dieses Ausgangssignal P_{nach} wird als Ausgangssignal eines Regelgliedes, insbesondere PI-Regelgliedes, bestimmt dem eingangsseitig die Differenz zwischen P_{Soll} und der erfassten Istleistung P_{Ist} zugeführt wird, die durch Erfassen des Istwertes des ausgangsseitig am DC/DC-Wandler austretenden Stromes I_{Ist} und Multiplikation mit der Spannung U_{S} bestimmt wird.

P_{korr} wird als Streckungsfaktor für P_{norm} verwendet.

Durch Division des durch die Multiplikation von P_{norm} und P_{korr} bestimmten Wertes P durch U_{S} und nachfolgende Begrenzung des Divisionsergebnisses wird der Sollstrom I_{Soll} bestimmt, welcher dem DC/DC-Wandler vorgegeben wird.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird als Energiespeicher ein Rotationsspeicher verwendet, wobei dann statt des DC/DC-Wandlers ein DC/AC-Wandler verwendet wird, wobei die Wechselstromanschlüsse AC mit dem Rotationsspeicher verbunden sind. Der Einfachheit halber soll deshalb in dieser Schrift unter einem Stromrichter entweder ein DC/DC-Wandler für einen Energiespeicher, wie Kondensator, Akkumulator oder Batterie, oder ein DC/AC-Wandler für einen Rotationsspeicher verstanden werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Netz
- 5 2 Wechselrichter mit MPP-Tracker
- 3 Solargenerator, insbesondere ein oder mehrere Solarzellen umfassende Module
- 4 Energiespeicher
- 5 DC/DC-Wandler
- 6 Last, Verbraucher
- 10
- 20 Nachführung
- 21 Verhalten des MPP-Trackers
- 22 Betriebsart
- 23 Marktpreis
- 15 24 Lastprognose
- 25 Speicherstand, zur Verfügung stellbare, im Energiespeicher 4 gespeicherte Energiemenge
- 26 lokaler Verbrauch
- 27 Solarleistung P_{Soll}
- 20 28 Anforderungen des Netzbetreibers oder einer übergeordneten Steuerung
- 29 Wetterprognose
- 30 primärer Stelleingriff
-
- P_{Soll} Soll-Leistung
- 25 P_{Ist} Ist-Leistung
- I_{Soll} Soll-Strom
- I_{Ist} Ist-Strom
- U_{S} Solarspannung
- P Speicherleistung
- 30 P_{S} Solarleistung
- P_{Ges} Gesamtleistung

5 **Patentansprüche:**

1. Energiegewinnungssystem mit Energiespeicher,

10 wobei ein Solargenerator, insbesondere ein oder mehrere Solarzellen umfassende Module,
mit einem Wechselrichter verbunden sind, insbesondere an dessen gleichstromseitigem
Anschluss,

15 wobei der Wechselrichter an seinem wechsellspannungsseitigen Anschluss mit einem
Verbraucher und/oder einem Wechselstromnetz verbunden ist,

20 **dadurch gekennzeichnet, dass**

dem Solargenerator ein Stromrichter parallel geschaltet ist, insbesondere mit dessen erstem
gleichstromseitigen Anschluss,

25 wobei der Stromrichter mit einem Energiespeicher verbunden ist, insbesondere der mit dem
zweiten gleichstromseitigen Anschluss des Stromrichters verbunden ist.

2. Energiegewinnungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 der Stromrichter ein DC/DC-Wandler für einen Energiespeicher ist

oder dass

der Stromrichter ein DC/AC-Wandler für einen Rotationsspeicher ist,

10

insbesondere wobei der Rotationsspeicher einen elektromechanischen Energiewandler umfasst, insbesondere eine motorisch oder generatorisch betreibbare Elektromaschine.

15 3. Energiegewinnungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

dem Solargenerator ein Folienkondensator parallel geschaltet ist.

4. Energiegewinnungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Energiespeicher einen Doppelschichtkondensator aufweist und/oder aus mehreren miteinander verschalteten Doppelschichtkondensatoren besteht

und/oder dass

25

der Energiespeicher einen Akkumulator und/oder eine Batterie aufweist.

5. Energiegewinnungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 der Wechselrichter einen MPP-Tracker aufweist.

6. Verfahren zum Betreiben eines Energiegewinnungssystems, insbesondere nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

5 wobei dem Solargenerator, insbesondere einem oder mehreren Solarzellen umfassenden Modulen, mit einem Wechselrichter verbunden sind, insbesondere an dessen gleichstromseitigem Anschluss,

wobei der Wechselrichter an seinem wechsellspannungsseitigen Anschluss mit einem
10 Verbraucher und/oder einem Wechselstromnetz verbunden ist,

insbesondere wobei der Wechselrichter einen MPP-Tracker aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

15 aus einem Energiespeicher über einen Stromrichter elektrische Energie dem Wechselrichter zugeführt wird,

wobei am Wechselrichter gleichstromseitig anliegende Spannung erfasst wird und eine vom
20 Stromrichter an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters zu liefernde Soll-Leistung gemäß einer Kennlinie bestimmt wird,

7. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 die vom Stromrichter an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters gelieferte Soll-Leistung bestimmt wird, insbesondere indem die gleichstromseitig anliegende Spannung mit dem vom Stromrichter an den Wechselrichter gelieferten Strom multipliziert wird, und aus der Differenz zwischen Soll-Leistung und Ist-Leistung der vom Stromrichter an den Wechselrichter zu liefernde Strom bestimmt wird, insbesondere wobei weitere
- 10 Einflussgrößen, wie Betriebsart, Verhalten des MPP-Trackers des Wechselrichters oder dergleichen, berücksichtigt werden.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 15 die Kennlinie einen derartigen Zusammenhang zwischen Leistung und gleichstromseitiger Spannung darstellt, dass nach Addition der entsprechenden Leistungs-Spannungs-Kennlinie des Solargenerators derjenige Wert der Spannung, bei dem ein Maximum an Leistung vorliegt, im Wesentlichen unverändert bleibt.

20 9. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Kennlinie derart wenig veränderlich ist, dass nach Addition der entsprechenden Leistungs-Spannungs-Kennlinie des Solargenerators derjenige Wert der Spannung, bei dem ein Maximum an Leistung vorliegt, im Wesentlichen unverändert bleibt, insbesondere so
- 25 dass der MPP-Tracker auf dasselbe Leistungsmaximum des Solargenerators hinregelt, wie wenn kein Energiespeicher mit Stromrichter vorhanden wäre.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 30 die Kennlinie ein Maximum in demjenigen Spannungsbereich aufweist, aus denjenigen Spannungswerten gebildet ist, die jeweils zu einem Arbeitspunkt mit maximaler Leistung des Solargenerators in Abhängigkeit von der Spannung gehören, wobei hierbei alle Betriebsbedingungen, insbesondere Temperatur und Beleuchtungsstärke berücksichtigt werden.

11. Verfahren zum Betreiben eines Energieerzeugungssystems,

wobei ein Wechselrichter mit MPP-Tracker den gleichstromseitigen Eingangsstrom erfasst
5 und die Spannung an seinem gleichstromseitigen Anschlussklemmen auf ein Maximum an Leistung hin regelt,

wobei Energieerzeugungsmittel, insbesondere Solarzellen, an seinem gleichstromseitigen Anschluss angeschlossen sind,

10 **dadurch gekennzeichnet, dass**

eine Vorrichtung an dem gleichstromseitigen Anschluss angeschlossen wird, welche aus der gleichstromseitig erfassten Spannung unter Berücksichtigung einer Kennlinie eine Soll-
15 Leistung bestimmt und den von der Vorrichtung an den gleichstromseitigen Anschluss des Wechselrichters gelieferten Ist-Strom sowie die gleichstromseitig am Wechselrichter anliegende Spannung erfasst und daraus eine Ist-Leistung bestimmt, die die Vorrichtung auf die Soll-Leistung hinregelt, indem sie einen entsprechenden Soll-Strom bestimmt und darauf hinregelt,

20 insbesondere wobei die Kennlinie die Abhängigkeit der Soll-Leistung von der gleichstromseitig am Wechselrichter anliegenden Spannung darstellt,

insbesondere wobei die Kennlinie mittels eines primären Stelleingriffs veränderbar ist.

25

12. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kennlinie entsprechend von Einflussgrößen verändert wird, insbesondere gedehnt oder
gestaucht wird, insbesondere in Ordinatendrichtung.

13. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Vorzeichen der Kennlinie abhängig von der Betriebsart, insbesondere Entnahme von
Energie aus dem oder Zuführung von Energie in den Energiespeicher.

14. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kennlinie einen im Wesentlichen konstanten Soll-Leistungs-Wert aufweist in einem
Spannungs-Bereich, welcher denjenigen jeweiligen Spannungswert umfasst, welcher dem
Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist, insbesondere welcher dem
Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist bei allen Betriebsbedingungen,
insbesondere zulässigen Temperaturen und/oder Beleuchtungsstärken, des Solargenerators.

15. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kennlinie einen lokal minimalen Verlauf der Soll-Leistungs-Werte in Abhängigkeit von der
Spannung aufweist in einem Spannungs-Bereich, welcher denjenigen jeweiligen
Spannungswert umfasst, welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet
ist, insbesondere welcher dem Leistungsmaximum des Solargenerators zugeordnet ist bei
allen Beleuchtungsstärken des Solargenerators.

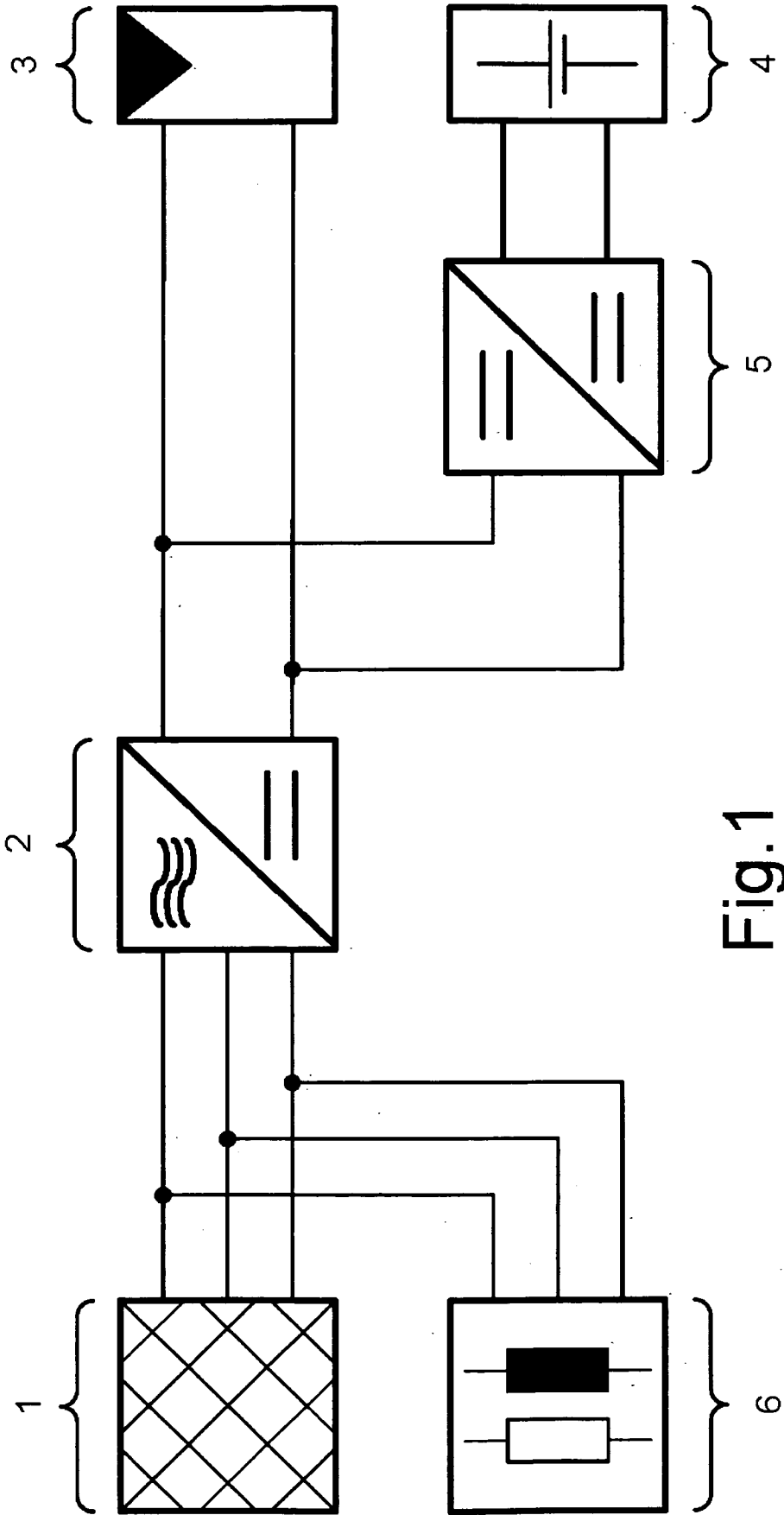


Fig.1

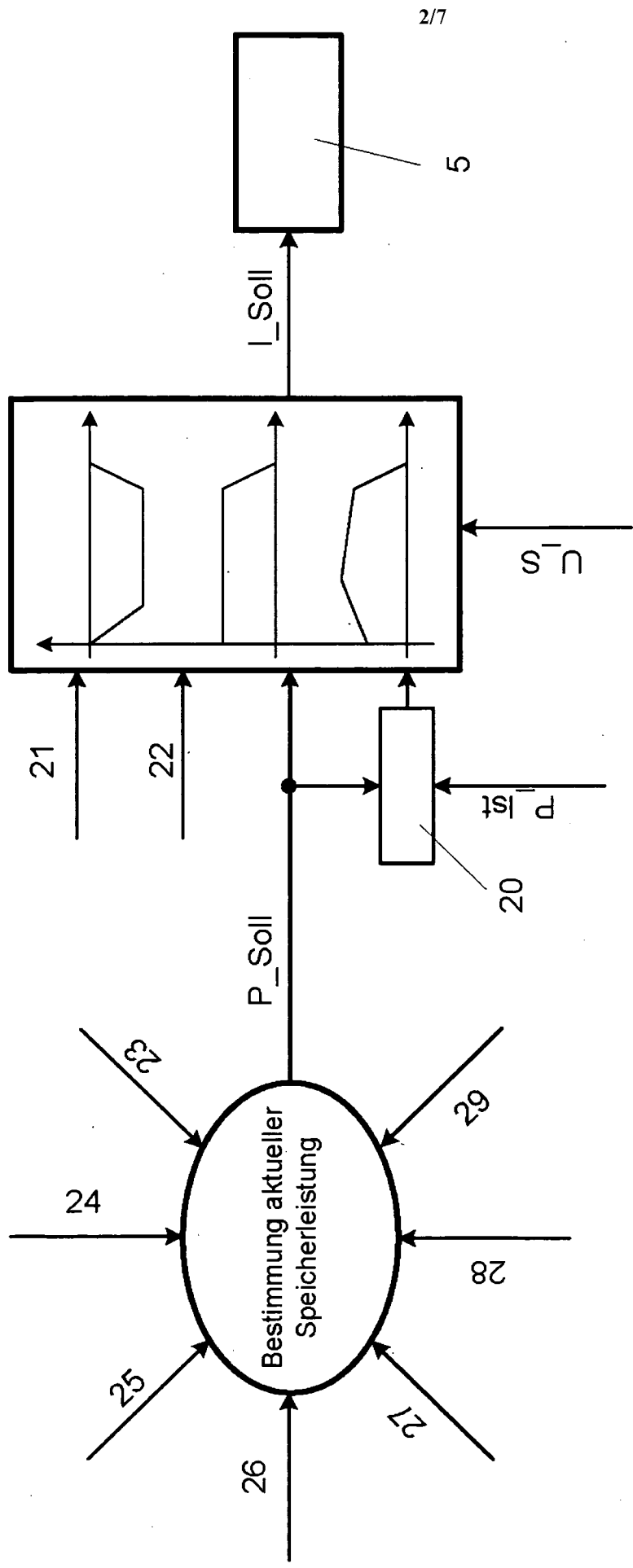


Fig.2

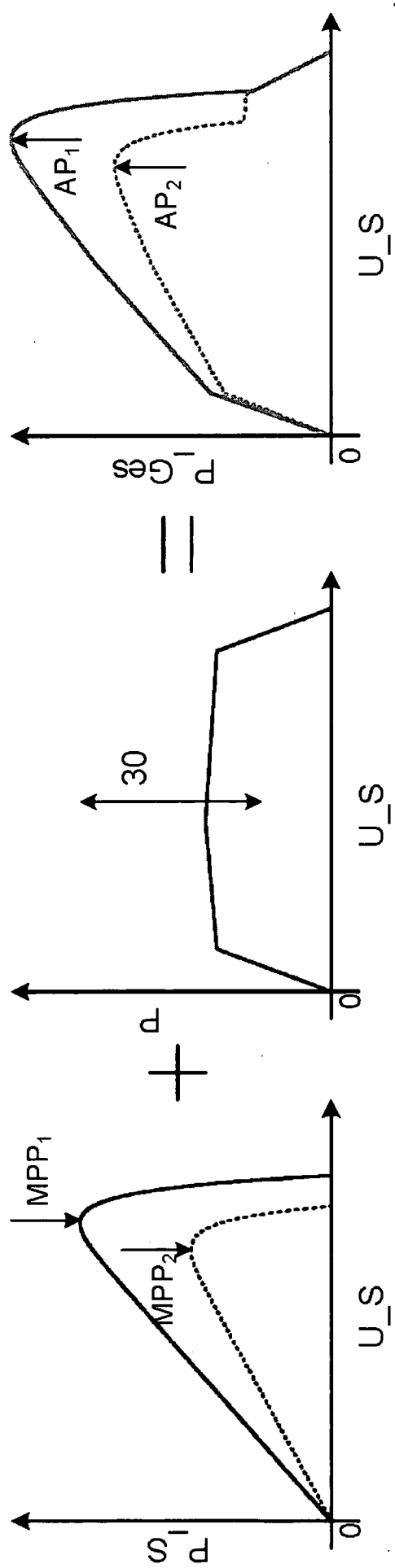


Fig.3

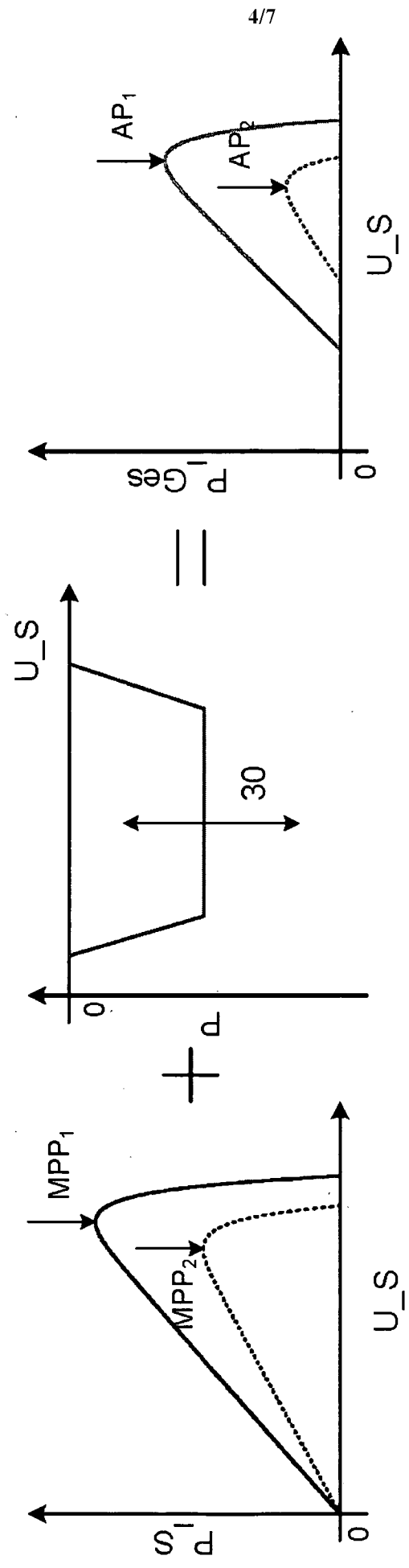


Fig.4

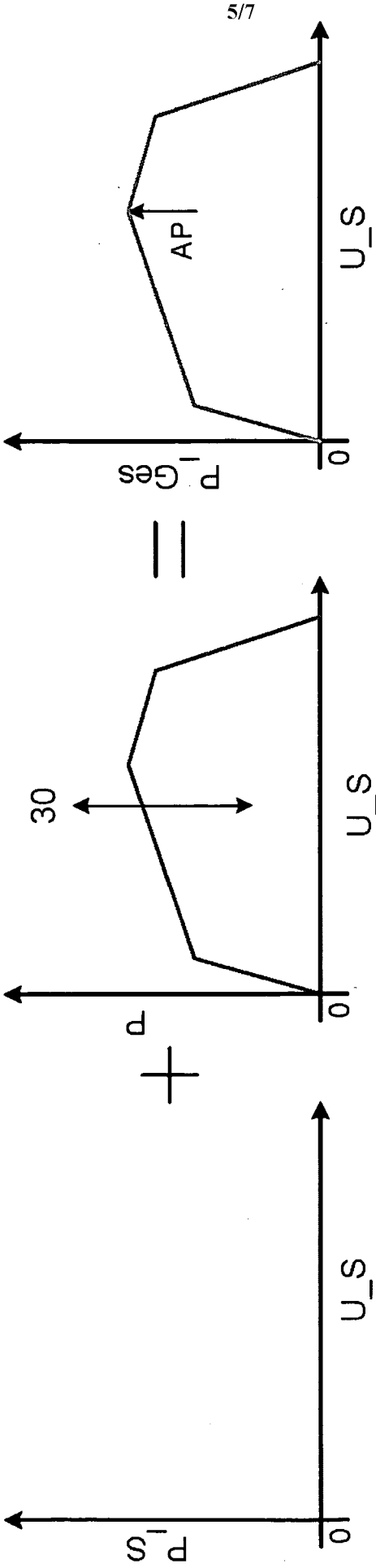


Fig.5

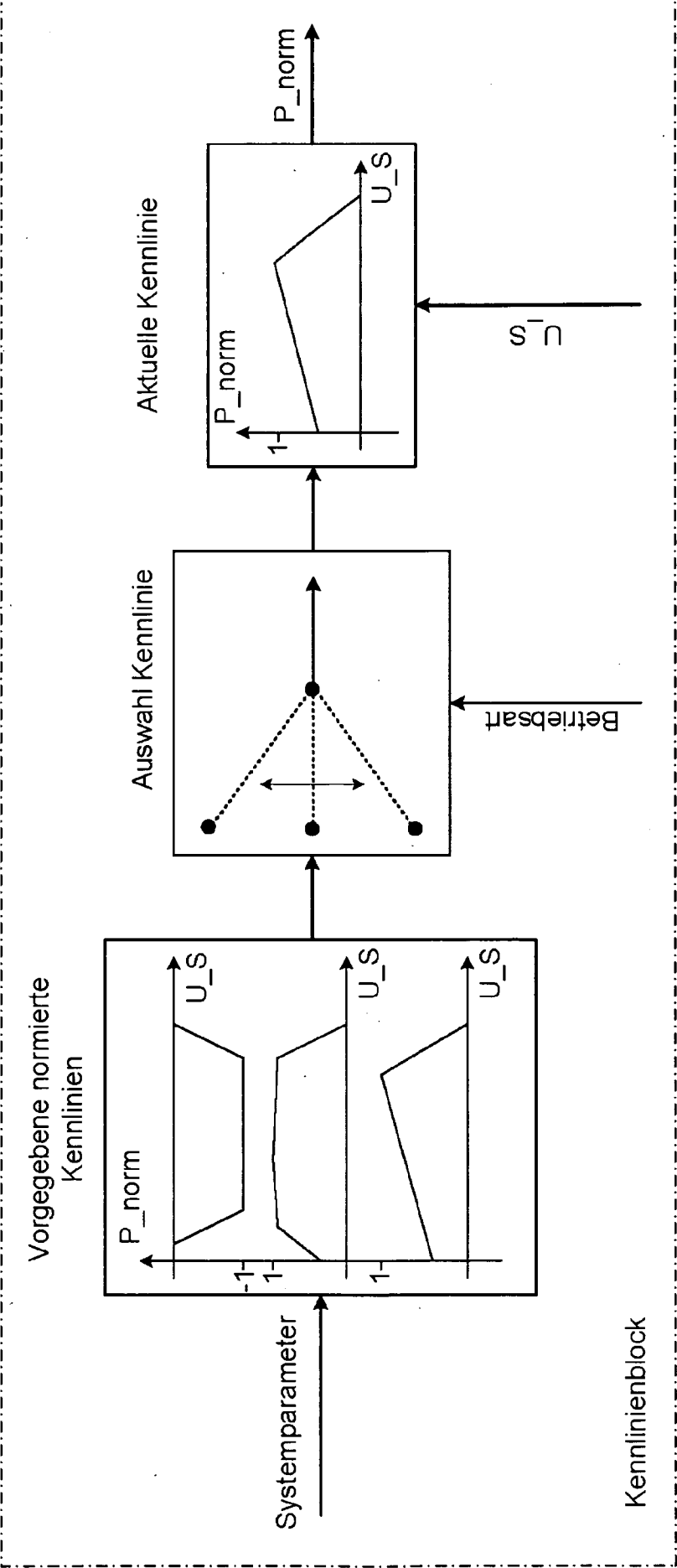


Fig.6

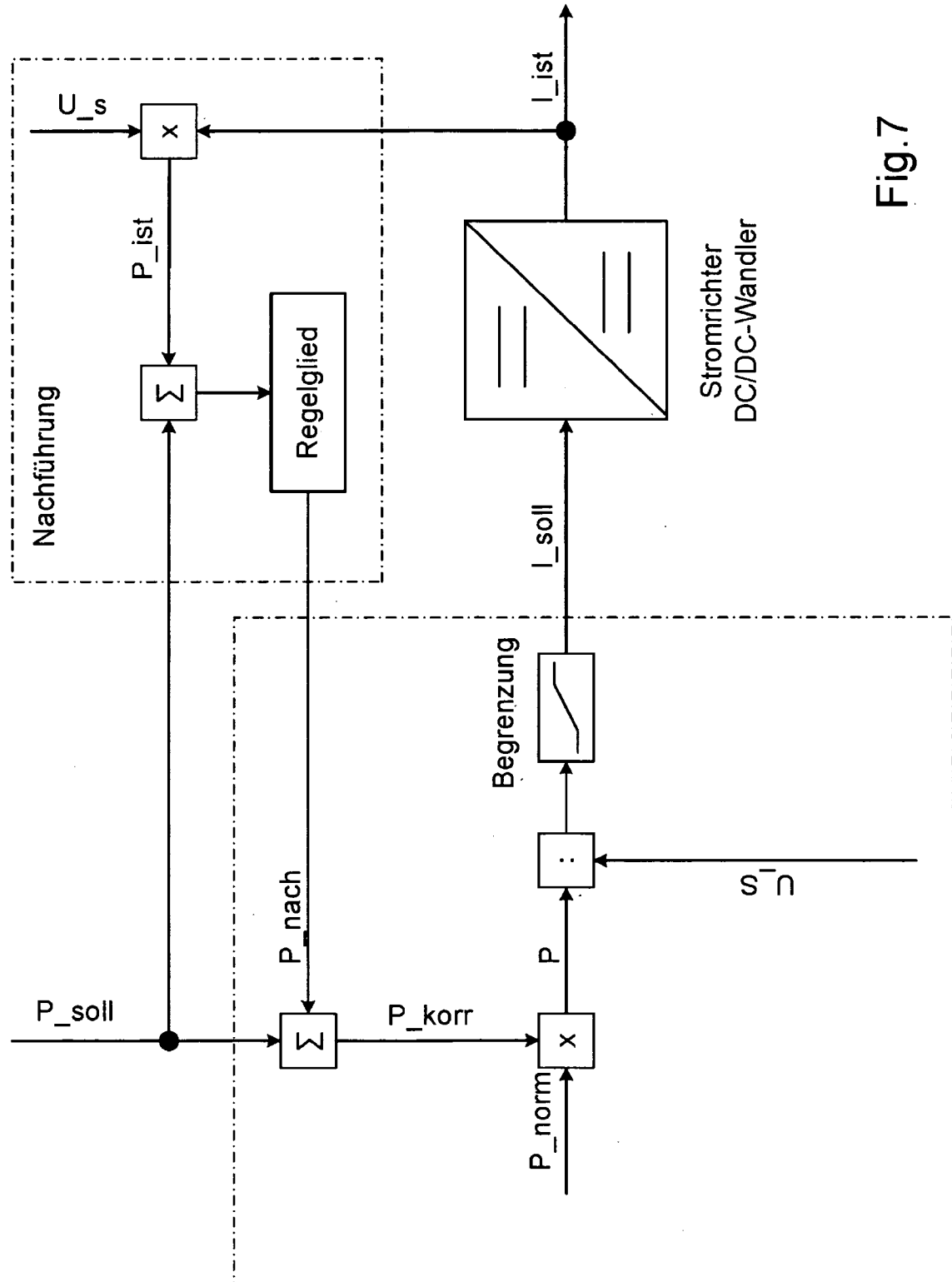


Fig.7