


 12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


 21 Anmeldenummer: 83102274.4


 51 Int. Cl.³: G 05 F 1/66

 22 Anmeldetag: 08.03.83

 30 Priorität: 31.03.82 DE 3212022


 71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

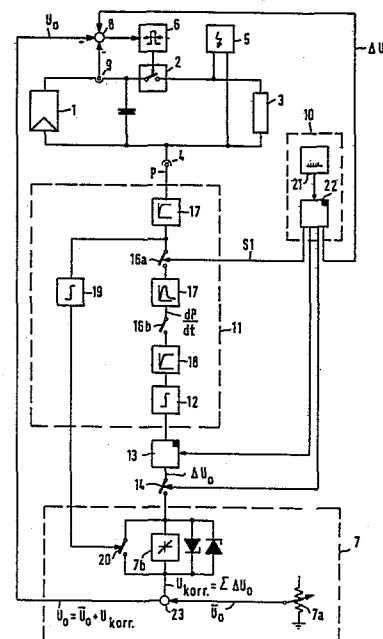
 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.10.83
Patentblatt 83/40

 72 Erfinder: **Assbeck, Franz, Dipl.-Ing., Gebbertstrasse 77, D-8520 Erlangen (DE)**
Erfinder: **Fleckenstein, Volker, Dipl.-Ing., Hermann-Strebel-Strasse 48, D-8500 Nürnberg (DE)**

 84 Benannte Vertragsstaaten: AT DE FR GB IT NL

 54 Verfahren und Vorrichtung zum selbsttätigen Einstellen des optimalen Arbeitspunktes einer Gleichspannungsquelle.

 57 Solargeneratoren, Brennstoffzellen und ähnliche Gleichspannungsquellen besitzen eine Strom/Spannungskennlinie, auf der ein Punkt («Maximum Power Point» MPP) dadurch ausgezeichnet ist, daß dort der Gleichspannungsquelle die maximale Leistung entnommen werden kann. Bei einer Anordnung, bei der die Gleichspannungsquelle 1 über einen steuerbaren Leistungsübertrager, z. B. einen Anpaßwandler 2 einen Verbraucher 3 speist, wird der optimale Arbeitspunkt selbsttätig dadurch eingestellt, daß dem Wandler ein Sollwert U_0 für Spannung oder Strom vorgegeben wird, dem in bestimmten Zeitabständen ein Zusatzsollwert $\Delta U'$ als Störgröße vorübergehend aufgeschaltet wird. Nimmt infolge der Aufschaltung die abgegebene Leistung der Gleichspannungsquelle zu, so wird der Sollwert U_0 um einen Betrag ΔU_0 in Richtung des Zusatzsollwertes verstellt. Ist das Vorzeichen der Leistungsänderung dagegen negativ, so wird der Sollwert entgegengesetzt dem Vorzeichen des Zusatzsollwertes verändert. Dadurch wird erreicht, daß nach einer endlichen Zahl von Sollwertänderungen der momentane Arbeitspunkt jeweils dem optimalen Arbeitspunkt nachgeführt wird. Da das Vorzeichen der Leistungsänderung durch Auswertung der zeitlichen Ableitung des Leistungsistwertes erfaßt wird (Differenzierer 17), kann die Störgrößenamplitude $\Delta U'$ sehr klein gewählt werden, so daß der Betrieb des Verbrauchers nicht beeinträchtigt wird.



EP 0 090 212 A2

5 Verfahren und Vorrichtung zum selbsttätigen Einstellen
des optimalen Arbeitspunktes einer Gleichspannungsquelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum selbsttätigen Einstellen des optimalen Arbeitspunktes einer mit einem
10 Innenwiderstand behafteten Gleichspannungsquelle, insbesondere eines Solargenerators, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Dabei wird für eine den Arbeitspunkt des Solargenerators bestimmende elektrische Zustandsgröße der Gleichspannungsquelle ein
15 Sollwert vorgegeben, mit dem die Leistungsaufnahme eines der Gleichspannungsquelle nachgeschalteten steuerbaren Leistungsträgers gesteuert oder geregelt wird.

Eine derartige Gleichspannungsquelle kann z.B. ein Akku-
20 mulator, ein Thermoelement, eine Brennstoffzelle oder insbesondere ein Solargenerator sein. Abgesehen davon, daß die von diesen Gleichspannungsquellen abgegebene Leistung von nicht-elektrischen Parametern, wie der Umgebungstemperatur, der Innentemperatur, dem Ladezustand bei Akkumulatoren bzw. der eingestrahlten Leistung bei
25 Solargeneratoren abhängig ist, ist diesen Gleichspannungsquellen gemeinsam, daß zwischen ihren beiden elektrischen Zustandsgrößen (Ausgangsspannung und Ausgangstrom) ein bestimmter physikalischer Zusammenhang besteht, der im Ersatzschaltbild meist durch einen Innenwiderstand beschrieben wird. Wird daher durch einen Gleichstromsteller, einen Spannungswandler oder einen anderen Anpaßwandler diesen Gleichspannungsquellen elektrische Leistung entnommen, die einer nachgeschalteten
35 Last zugeführt wird, so bricht die an sich erreichbare maximale Ausgangsspannung umso stärker ein, je mehr Strom über den Spannungswandler entnommen wird. Wird

umgekehrt der Spannungswandler so gesteuert oder geregelt, daß eine bestimmte Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle aufrecht erhalten wird, so ist damit der entnehmbare Strom festgelegt. Die Spannungsquelle besitzt
5 nur einen einzigen elektrischen Freiheitsgrad, der als Arbeitspunkt der Spannungsquelle bzw. des Anpaßwandlers vorgegeben werden kann. Die Leistungsabgabe einer derartigen Spannungsquelle ist dabei durch eine Funktion des entsprechenden Freiheitsgrades, d.h. des Arbeitspunktes,
10 gegeben, die im allgemeinen bei einem bestimmten Wert, der hinsichtlich der Ausnutzung der Spannungsquelle den optimalen Arbeitspunkt darstellt ("Maximum power point", "MPP"), ihr Maximum an. Vor allem bei Spannungsquellen, deren Primärenergie kostenlos (z.B. Solarenergie) oder im
15 Vergleich zum Installationsaufwand praktisch kostenlos ist, ist es für eine optimale Ausnutzung der Anlage wünschenswert, die Anlage praktisch stets auf Vollast laufen zu lassen, d.h. stets beim MPP zu arbeiten, um möglichst viel elektrische Energie aus der Gleichspannungsquelle in eine Last, z.B. einen Energiespeicher,
20 einzuspeisen.

Als Last kommen - in Verbindung mit einem Gleichstromsteller oder einem anderen Gleichspannungsübertrager -
25 Gleichstromverbraucher (z.B. das Bordnetz eines Fahrzeuges) infrage. Dabei kann der Gleichspannungsübertrager auch als Laderegler für einen Akkumulator dienen und dem Akkumulator ein steuerbarer Wechselrichter nachgeschaltet sein, der z.B. die Sammelschiene eines "Inselnetzes", d.h. einer abgelegenen, nicht von einem öffentlichen Versorgungsnetz gespeisten Gruppe von Verbrauchern, speist. Wird anstelle eines Gleichspannungsübertragers ein steuerbarer Wechselrichter (allgemein: ein steuerbarer Leistungsübertrager) verwendet, um die von der Gleichspannungsquelle aufgenommene Primärenergie in eine andere
35 elektrische Energie auf steuerbare Weise umzuwandeln, so

kommen als Verbraucher auch Wechselstromverbraucher wie etwa Förderpumpen infrage, die zur weiteren Energieumwandlung, beispielsweise die Förderarbeit eines Mediums, dienen können.

5

Aus der DE-OS 29 03 559 ist es bereits bekannt, die Leistungsaufnahme einer Last mittels eines an einen Solargenerator angeschlossenen Gleichspannungswandlers zu steuern, wobei dem Gleichspannungswandler eine Stellspannung zugeführt wird, durch die die Ausgangsspannung des Solargenerators auf dem zum optimalen Arbeitspunkt gehörigen optimalen Spannungswert gesteuert werden soll. Dementsprechend wird die Stellspannung aus der Regelabweichung der Generatorausgangsspannung von einer Referenzspannung gebildet, wobei die Referenzspannung von einer baugleichen, aber unbelasteten Solarzelle geliefert wird, um die Einflüsse nicht-elektrischer Umweltgrößen zu berücksichtigen. Der Einfluß einer Arbeitspunktveränderung infolge des aus der (auch als "Panel" bezeichneten) Gleichspannungsquelle fließenden Stromes mit seiner abfallenden Kennlinie kann durch die künstliche, durch die unbelastete Meßzelle gebildete Referenzspannung jedoch nicht ausreichend berücksichtigt werden. Ferner führen Exemplarstreuungen infolge der Fertigungstoleranzen zu Fehleinstellungen des Arbeitspunktes.

Bei der bekannten Vorrichtung ist außerdem bei einer teilweisen Abschattung oder Verschmutzung des Solargenerators oder der die Referenzspannung liefernden unbelasteten Meßzelle das Auffinden des optimalen Arbeitspunktes überhaupt nicht mehr möglich.

Die Erfindung gibt ein einfaches Verfahren und eine einfache Vorrichtung an, um den Arbeitspunkt jeweils auf den optimalen Arbeitspunkt selbsttätig einzustellen bzw. bei Änderungen der Zustandsparameter des Panels nachzustellen.

Dies gelingt durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale. Ausgangspunkt ist demnach eine Gleichspannungsquelle, insbesondere ein Solargenerator, der ein steuerbarer Leistungsüberträger zur Speisung eines Verbrauchers nachgeschaltet ist. Der Überträger wird so gesteuert oder geregelt, daß seine Leistungsaufnahme, d.h. die vom Panel abgegebene elektrische Leistung, maximal ist. Hierzu wird für eine den Arbeitspunkt des Panels bestimmende Zustandsgröße, d.h. die Panelspannung oder den Panelstrom, ein entsprechender Sollwert vorgegeben. Diesem Sollwert wird in bestimmten Zeitabständen ein Zusatzwert im Sinn einer Störgröße vorübergehend aufgeschaltet und die dadurch hervorgerufene differentielle Änderung der Pannelleistung wird erfaßt. Nach beendeter Aufschaltung des Zusatzwertes (Wegnahme der Störgröße) wird der Sollwert korrigiert, d.h. bleibend geändert, wobei das Vorzeichen dieser Sollwertänderung gleich dem Vorzeichen des Zusatzwertes gewählt wird, wenn während der Aufschaltung eine positive differentielle Änderung der Pannelleistung festgestellt wurde, d.h. die durch die Aufschaltung hervorgerufene zeitliche Ableitung des Leistungsmeßwertes positiv ist. Hat die Aufschaltung des Zusatzsollwertes jedoch zu einer negativen differentiellen Änderung der abgegebenen Pannelleistung geführt, so ist der Korrektursinn (das Vorzeichen der Sollwertänderung) entgegengesetzt dem Vorzeichen des Zusatzsollwertes zu wählen. Es erfolgt also eine Sollwertkorrektur, die stets zu einem Arbeitspunkt mit höherer Pannelleistung führt, bis der MPP überschritten ist. Von da ab bewirken die weiteren Korrekturen, daß der Arbeitspunkt um den MPP pendelt. Die durch diese Pendelungen bedingten Schwankungen können umso geringer gehalten werden, je kleiner die Korrekturschritte und die Störgrößenamplitude (Zusatzsollwert) gewählt werden können. Gemäß der Erfindung wird nicht die Änderung ΔP der Pannelleistung P selbst ausgewertet, sondern deren zeitliche Ableitung $\frac{d\Delta P}{dt}$, so daß bereits

kleine Störgrößenamplituden genügen, um eine exakte qualitative Aussage über Zu- oder Abnahme der Panelleistung zu machen.

- 5 Die Störgrößenamplituden können dabei so gering gewählt werden, daß sie nur noch 1 ‰, vorzugsweise weniger als 1 ‰ Änderung in der Panelleistung bewirken, also die eigentliche Panelregelung praktisch nicht mehr stören.
- 10 Würde man andererseits die Leistungsistwerte selbst vor und während der Störgrößenaufschaltung miteinander vergleichen, so wären bei der Genauigkeit der üblichen Meß- und Auswerteeinrichtungen die Differenzen dieser Leistungsistwerte nicht mehr mit der gewünschten Zuverlässigkeit 15 erfaßbar.

Bei einer besonders einfachen Vorrichtung werden Betrag und Vorzeichen des Zusatzsollwertes für alle Aufschaltungen gleich und fest vorgegeben. Der Betrag der Sollwertänderung selbst kann in Abhängigkeit von der jeweiligen, durch die Aufschaltung des Zusatzsollwertes bedingten Änderung der Panelleistung bestimmt werden, wodurch bei großen Abweichungen zwischen dem maximum power point und dem jeweiligen Arbeitspunkt der Arbeitspunkt zunächst 20 rasch an den MPP angenähert wird. Das Verfahren läßt sich aber noch einfacher durchführen, wenn der Betrag der Sollwertänderungen für alle Sollwertänderungen gleich und fest vorgegeben wird, insbesondere kann der Betrag der Sollwertänderungen kleiner als der Betrag des Zusatzsollwertes gewählt werden. 25 30

Bevorzugt wird die Änderung der abgegebenen Panelleistung durch differentielles Auswerten der eingeschwungenen Zustände der Panelleistung vor und nach Aufschalten des Zusatzsollwertes festgestellt. Hierzu kann der (beispielsweise geringfügig geglättete) Leistungsistwert, der im 35

stationären Zustand vor einer Störgrößenaufschaltung erfaßt wird, unmittelbar vor Beginn der Störgrößenaufschaltung in einen Speicher gegeben werden, der diesen zwischengespeicherten Istwert solange an den Eingang
5 eines Differenziergliedes legt, bis sich bei aufgeschalteter Störgröße wieder ein stationärer Leistungswert einstellt, der dann dem Eingang des Differenziergliedes anstelle des zwischengespeicherten Leistungswertes aufgeschaltet wird. Dadurch entsteht eine sprunghafte
10 Änderung ΔP am Eingang des Differenziergliedes, das selbst bei sehr kleinem ΔP ein großes Ausgangssignal $d \Delta P / dt$ erzeugt.

Da z.B. bei geringer Beleuchtungsintensität eines Solar-
15 generators eine Sollwertänderung nur noch zu entsprechend kleineren, schwer auswertbaren Änderungen der Panelleistung führt, kann ein unveränderlicher Sollwert vorgegeben werden, sobald die Leistungsabgabe einen eingestellten Minimalwert unterschreitet.

20

Eine vorteilhafte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist in den Unteransprüchen angegeben. Anhand von vier Figuren und einem Ausführungsbeispiel wird die Erfindung näher erläutert.

25

Figur 1 zeigt den Verlauf der Strom-Spannungskennlinie eines Solargenerators sowie die Abhängigkeit der Panelleistung von dem Freiheitsgrad der Anordnung. In Figur 2 ist eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und
30 in Figur 3 der wichtigste Teil einer Auswerteschaltung zum Erfassen der stationären Leistungsänderung dargestellt, Figur 4 zeigt die Ansteuerung der einzelnen Schaltglieder der Vorrichtung.

In Figur 1 ist der Zusammenhang zwischen der Ausgangs-
spannung U (Panelspannung) eines Solargenerators und dem
entnommenen Strom I (Panelstrom) aufgetragen. Ferner ist
die Solarleistung P , d.h. das Produkt aus Panelspannung
5 und Panelstrom, gezeigt. Die Solarleistung P weist ein
ausgeprägtes Maximum P_{opt} auf, dem auf dem U/I -Zustands-
diagramm die Werte U_{opt} und I_{opt} der beiden elektrischen
Zustandsgrößen U und I entsprechen. Die gezeigten Dia-
gramme, die selbst für verschiedene Panels des gleichen
10 Types noch etwas voneinander abweichen, sind bei einer
Einstrahlung von 930 W/m^2 , einer Umgebungstemperatur von
 24°C und einer Paneltemperatur von 36°C gemessen. Werden
diese äußeren, nicht-elektrischen Parameter verändert,
so ergeben sich andere Diagramme. Mit der Erfindung wird
15 jeweils der optimale Arbeitspunkt, der durch U_{opt} und
 I_{opt} gegeben ist, selbsttätig eingestellt.

Im folgenden wird der Fall betrachtet, daß gemäß Fig. 2
ein Solargenerator 1 über einen elektrischen Leistungs-
20 übertrager 2 einen Verbraucher 3 speist. Im gegebenen
Fall ist der Leistungsübertrager als Gleichstromsteller
ausgebildet und dient als Laderegler einer Batterie 3.
Die Klemmenspannung der Batterie ändert sich während
einer Störgrößenaufschaltung nur ganz geringfügig, so
25 daß die der Batterie zugeführte elektrische Leistung,
die über den Gleichstromsteller dem Solargenerator ent-
nommen wird, praktisch proportional dem Ladestrom der
Batterie ist, welcher an der Meßzelle 4 gemessen werden
kann. Die Eingangsspannung der Batterie dient ferner da-
30 zu, über ein Netzgerät 5 die Betriebsspannung für das
Steuergerät 6 des Gleichstromstellers sowie die weiteren
Regeleinrichtungen zu liefern.

Ziel der erfindungsgemäßen Regelung ist es, die Zustands-
35 größe U (in diesem Fall also die Panelspannung) als Füh-
rungsgröße der Anordnung auf den optimalen Arbeitspunkt

U_{opt} einzuregeln, was durch Veränderung des Puls-Pausen-Verhältnisses des im Gleichstromsteller 2 enthaltenen Schalters geschieht. Dadurch wird der über den Steller 2 fließende Strom als Stellgröße des Systems so verändert, wie es dem angestrebten Arbeitspunkt entspricht.

Vorteilhaft liefert der Sollwertbildner einen Grund-Sollwert \bar{U}_0 und einen Korrektursollwert U_{korr} , die zu dem Sollwert $U_0 = \bar{U}_0 + U_{korr}$ zusammengesetzt werden. Es sei zunächst angenommen, daß die Vorrichtung bei einem vom optimalen Arbeitspunkt (maximum power point MPP) abweichenden Arbeitspunkt arbeitet, der durch die Spannung \bar{U}_0 gegeben und an einer Einstelleinrichtung 7a im Sollwertbildner fest eingestellt ist. Die Anordnung kann gesteuert betrieben werden, es kann aber auch eine Regelung vorgesehen sein. So kann z.B. an einem Vergleichsglied 8 die Regelabweichung zwischen dem Sollwert U_0 und einem mittels eines entsprechenden Meßgliedes 9 abgegriffenen Istwertes für die Panelspannung gebildet werden, um die Steuergröße der Steuereinrichtung 6 des Stellers 2 zu erhalten.

Eine Zeitstufe 10 erzeugt nun eine Störgröße (Zusatzsollwert $\Delta U'$), die als Störspannungsstoß dem am Sollwertbildner eingestellten Sollwert U_0 vorübergehend aufgeschaltet wird, z.B. am Vergleichsglied 8. Ist das Vorzeichen des Zusatzsollwertes $\Delta U'$ negativ, so führt es in dem in Figur 1 gezeigten Fall $U_0 < U_{opt}$ zu einer Abnahme der von Solargenerator abgegebenen Pannelleistung P . Das Vorzeichen dieser Leistungsänderung $\Delta P'$, die durch die Differenz der zum eingestellten Arbeitspunkt U_0 gegebenen Pannelleistung P_0 und der durch die Störgrößen-Aufschaltung $\Delta U'$ bewirkten Pannelleistung gegeben ist, zeigt somit an, in welcher Richtung U_0 verändert werden muß, um zu einer Annäherung an U_{opt} zu kommen. Eine Auswerteschaltung 11, die die zeitliche Ableitung der vor

und während der Störgrößenaufschaltung abgegebenen Panelleistung auswertet, stellt daher die durch die Aufschaltung hervorgerufene Änderung der Leistungsabgabe des Solargenerators fest.

5

In Abhängigkeit von dem Vorzeichen der von der Auswerteschaltung festgestellten Leistungsänderung wird dann der vom Sollwertbildner gelieferte Sollwert U_0 verändert. Zu diesem Zweck enthält der Sollwertbildner 7 vorteilhaft
10 einen Integrator 7b, dem zur Spannungsbegrenzung zwei antiparallele Zenerdioden parallel geschaltet sind. Zum Nachstellen des Sollwertes kann vorgesehen sein, daß die Auswerteschaltung 11 an ihrem Ausgang einen Grenzwert-
15 melder 12 enthält, der das Vorzeichen der Leistungsänderung in Form eines digitalen Signals liefert und in einen Speicher, z.B. eine Flip-Flop-Schaltung 13, eingibt. Der Speicherausgang ist so beschaltet, daß entsprechend dem
20 gespeicherten Signal eine positive oder negative Spannung ΔU_0 (entsprechend einer Zunahme oder Abnahme der Leistung) konstanten Betrages bereitgestellt ist. Nach
Beendigung der Aufschaltung des Zusatzsollwertes $\Delta U'$ schließt die Zeitstufe 10 einen Schalter 14 zwischen den
25 Speicher 13 und dem Integrator 7, so daß nun dem Integrator kurzfristig die vom Speicher bereitgestellte Spannung
als Eingangsspannung mit einem dem Vorzeichen der differentiellen Leistungsänderung entsprechenden Vorzeichen aufgeschaltet ist. Der Integrator summiert diese kurzfristigen Spannungsstöße ΔU_0 , so daß die Integratorausgangsspannung $U_{\text{korr}} = \sum \Delta U_0$ als Korrekturgröße des
30 Grund-Sollwertes \bar{U}_0 entsprechend nachgeführt wird.

Der Sollwert U_0 wird somit nach jeder Aufschaltung um einen konstanten, fest vorgegebenen Korrekturbetrag ΔU_0 geändert. Nach einer endlichen Zahl von derartigen Korrekturschritten, die jeweils aus einer vorübergehenden
35 Aufschaltung des Zusatzsollwertes $\Delta U'$ und einer

anschließenden bleibenden Sollwertänderung um ΔU_0 bestehen, wird damit der Maximum Power Point MPP erreicht und bei allen weiteren Aufschaltungen kann der Arbeitspunkt nur noch geringfügig um diesen optimalen Arbeitspunkt pendeln.

Vorzeichen und Betrag des Zusatzsollwertes $\Delta U'$ ist im gegebenen Fall durch die Zeitstufe 10 fest vorgegeben. Wegen der sehr empfindlichen differentiellen Erfassung der Leistungsänderung kann $\Delta U'$ so gewählt werden, daß die durch die Störgrößenaufschaltung bedingte Änderung der Ausgangsspannung U 1 ‰ bis maximal 1 ‰ der Spannung U_{opt} im MPP beträgt. Die Sollwertänderung ΔU_0 ist durch die Schließzeit des Schalters 14 festgelegt und wird 15 vorteilhaft so gewählt, daß ΔU_0 etwas kleiner als $\Delta U'$ ist.

Die Zeitstufe 10 steuert ferner eine aus zwei Schaltern 16a und 16b bestehende Schaltvorrichtung innerhalb der Auswerteschaltung 11. Im gegebenen Fall ist für die Auswerteschaltung 11 ein Strommeßglied zur Erfassung der Leistungsabgabe der Gleichspannungsquelle ausreichend, da die Klemmenspannung des Verbrauchers, also die Batterie-Eingangsspannung, bei Auf- und Abschalten der Störgröße praktisch konstant bleibt und eine vom Ladezustand der Batterie abhängige langsame Änderung der Klemmenspannung für die differentielle Leistungsänderung ohne Bedeutung ist. In anderen Fällen muß zur Erfassung der Leistung bzw. deren differentieller Änderung Strom und Spannung 30 erfaßt und miteinander multipliziert werden.

Der Schalter 16a, der unmittelbar vor oder wenigstens mit Beginn der Aufschaltung des Zusatzsollwertes geöffnet wird, verbindet das Meßglied 4 (bzw. ein nachgeschaltetes 35 Istwert-Glättungsglied 17 mit kleiner Zeitkonstante) mit einem Speicher, in dem dann der vor der Aufschaltung

gemessene, zu einem eingeschwungenen Zustand des Panels
gehörende Wert der Leistungsabgabe gespeichert ist. Noch
vor dem Ende der Aufschaltung wird, sobald die Anordnung
auf einen neuen, zu $U_0 + \Delta U'$ gehörenden stationären Wert
5 eingeschwungen ist, der Schalter 16 wieder geschlossen
und der Speicher enthält den neuen stationären Meßwert.
Dem Speicher ist ein Differenzierglied nachgeschaltet,
wobei Speicher und Differenzierglied zu einer gemeinsamen
Differenziereinrichtung 18, die in Fig. 3 dargestellt ist,
10 zusammengefaßt sein können.

Speicher und Schalter wirken so zusammen, daß am Eingang
des Differenziergliedes vor dem Öffnen des Schalters der
jeweilige Leistungsmeßwert, bei geöffnetem Schalter der
15 unmittelbar vor der Störgrößenaufschaltung gemessene und
abgespeicherte Meßwert und nach dem Schließen des Schal-
ters wieder der gemessene, jetzt zu $U_0 + \Delta U'$ gehörende
Meßwert zugeführt sind. Da diese Meßwerte jeweils bei
eingeschwungenen Zuständen gewonnen sind, erfaßt das Dif-
20 ferenzierglied also nur die störgrößenbedingte Änderung
der stationären Leistung P_{stat} bzw. deren Änderung
 ΔP_{stat} , die nach dem erneuten Schließen des Schalters
16a als Spannungsstoß anliegt und differenziert wird. Am
Ausgang des Differenziergliedes 18 liegt also die diffe-
25 rentielle Änderung der stationären Leistungsabgabe der
Gleichspannung an.

Gemäß Figur 3 wirkt der einem Operationsverstärker 30
vorgeschaltete Kondensator 31 als Speicher, der sich beim
30 Schließen des hochisolierenden Schalters 16 entsprechend
dem angelegten Eingangssignal auflädt und diese Ladung
praktisch unverändert bis zum Wiederschließen des Schal-
ters 16 beibehält. Der Operationsverstärker 30 ist über
die Kapazität 31 und den Widerstand 34 als Differenzie-
35 rer und über die RC-Beschaltung 33, 34 als zusätzliche
Glättung ausgelegt. Der Schalter 16 b, der über ein

Steuersignal S1 gemeinsam mit dem Schalter 16a angesteuert und betätigt wird, verhindert, daß während der Öffnungszeit von 16a Ströme aus der Differenziereinrichtung 17 in ein nachgeschaltetes Glättungsglied 18 fließen. Dieses Glättungsglied 18 kann z.B. aus einem passiven Tiefpaß und einem aktiven Glättungsglied bestehen und dazu dienen, einen überlagerten Wechselspannungsanteil der Differenziererausgangsspannung, der von Oberschwingungen des Leistungswertes herrührt, zu glätten.

10

Der bereits erwähnte Grenzwertmelder 12 erfaßt das Vorzeichen dieser (geglätteten) Leistungsänderung und führt über die bereits beschriebene Umschaltung mittels der Elemente 13 und 14 zum Nachstellen des Korrektur-Sollwertes U_{korr} bzw. des Sollwertes U_0 um die Spannung ΔU_0 .

15

Ferner ist ein weiterer Grenzwertmelder 19 vorgesehen, der den Istwert der abgegebenen Leistung auf Unterschreiten eines Minimalwertes überprüft, einen Überbrückungsschalter 20 am Integrator 7 schließt und damit die Mittel zum Nachstellen des Sollwertes U_0 außer Eingriff bringt, sobald die abgegebene Leistung des Solargenerators so gering ist, daß eine einwandfreie Erfassung in der Auswerteschaltung 11 nicht mehr möglich ist.

25

Das Wechselspiel zwischen Umschaltung des Zusatzsollwertes $\Delta U'$ und Nachstellen des Sollwertes geschieht in Arbeitszyklen, die von der Zeitsteuerschaltung 10 vorgegeben werden. Die Dauer eines derartigen Zyklus kann z.B. 2 Sekunden betragen und durch einen entsprechenden Oszillator mit nachgeschaltetem Zähler in 256 Zeitschritte unterteilt werden.

30

Sind Störungen der Leistungserfassung durch den Arbeitskontakt des Stellers 2 zu befürchten, so kann der Oszillator 21 auf den Stellertakt abgestimmt werden. Mit den Oszil-

35

latorimpulsen werden nacheinander die Adressen eines Speichers 22 angesteuert, in dem für jeden Zeitschritt die entsprechenden Ansteuerimpulse für die Nachführregelung abgespeichert sind. Figur 4 zeigt einen beispielhaften Verlauf der entsprechenden Steuersignale in Abhängigkeit von den Zeitschritten n .

Bei Beginn eines Zyklus' wird die zunächst geschlossene Schalteinrichtung 16a, 16b geöffnet (Steuersignal S1) und unmittelbar darauf der Zusatzsollwert $\Delta U'$ der Additionsstelle 8 aufgeschaltet (Spannung S2). Ist das Panel entsprechend dem neuen Spannungssollwert $U_0 + \Delta U'$ auf einen stationären Leistungswert eingeschwungen, wird - bei beibehaltener Aufschaltung von $\Delta U'$ - die Schalteinrichtung 16 geschlossen. Die Eingangsspannung des Differenziergliedes 17 springt dadurch auf den neuen Leistungswert und es entsteht ein Impuls am Differenzierererausgang und dem Glättungsglied 18, dessen Vorzeichen vom Schwellwertglied 12 ausgewertet ist. Wenn die Spannung des Glättungsgliedes etwa auf ihren Höchstwert angewachsen ist, wird mit dem Steuersignal S3 der Speicher 13 kurzzeitig geöffnet und das anstehende Ausgangssignal des Schwellwertgliedes 12 für die Dauer eines Zyklus' gespeichert. Anschließend wird die Störgrößen-aufschaltung $\Delta U'$ beendet und es beginnt die Korrektur des Sollwertes U_{korr} . Dazu wird für eine fest vorgegebene Korrekturzeit der Ausgang des Speichers auf den Integrator 7b gegeben, dessen Ausgangsspannung U_{korr} sich dadurch um die zum Signal S4 gehörende Spannungszeitfläche ΔU_0 ändert.

Die hier gezeigte Steuerung des Gleichstromstellers wirkt über die Puls-Pause-Steuerung primär auf den übertragenen Strom, wobei sich die Spannung entsprechend dem Lastwiderstand einstellt. Selbstverständlich können auch andere Leistungswandler verwendet werden.

0090212

- 14 -

VPA 82 P 3104 E

Die Vorrichtung ermöglicht es somit, den Arbeitspunkt jeweils auf den optimalen Arbeitspunkt nachzuführen, wobei alle Verschiebungen des optimalen Arbeitspunktes selbsttätig berücksichtigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum selbsttätigen Einstellen des optimalen
Arbeitspunktes einer mit einem Innenwiderstand behafteten
5 Gleichspannungsquelle, insbesondere eines Solargenera-
tors, mit dem folgenden Merkmal:

a) für eine den Arbeitspunkt der Gleichspannungsquelle
bestimmende elektrische Zustandsgröße wird ein Soll-
wert vorgegeben, mit dem die Leistungsaufnahme eines
10 der Gleichspannungsquelle nachgeschalteten steuerba-
ren Energieübertragers gesteuert oder geregelt wird,

gekennzeichnet durch folgende weitere
15 Merkmale:

b) dem Sollwert (U_0) wird in bestimmten Zeitabständen
ein Zusatzsollwert (Störgröße $\Delta U'$) vorübergehend auf-
geschaltet,

20

c) die durch diese Aufschaltung hervorgerufene differen-
tielle Änderung der abgegebenen Leistung der Gleich-
spannungsquelle wird erfaßt (Meßglied 4, Differenzier-
glied 17) und

25

d) nach beendeter Aufschaltung des Zusatzsollwertes wird
der Sollwert (U_0) geändert, wobei das Vorzeichen der
Sollwertänderung bei festgestellter positiver diffe-
rentieller Änderung der abgegebenen Leistung gleich
30 dem Vorzeichen des Zusatzsollwertes, bei festgestell-
ter negativer differentieller Leistungsänderung ent-
gegengesetzt dem Vorzeichen des Zusatzsollwertes ge-
wählt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß Betrag und Vorzeichen
des Zusatzsollwertes für alle Aufschaltungen gleich und
fest vorgegeben wird.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der Betrag der Soll-
wertänderung höchstens gleich dem Betrag des Zusatzsoll-
wertes gewählt wird.

10

4. Verfahren nach Anspruch 2 und 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der Betrag der Soll-
wertänderung für alle Sollwertänderungen gleich und
fest vorgegeben wird.

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß unter-
halb einer minimalen Leistungsabgabe ein unveränderli-
cher Sollwert vorgegeben wird.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Ände-
rung der Leistungsabgabe durch differentiell Auswerten
der eingeschwungenen Zustände der Gleichspannungsquelle
vor und während der Aufschaltung des Zusatzsollwertes
festgestellt wird.

25

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem
der Ansprüche 1 bis 6, g e k e n n z e i c h n e t
30 durch

a) eine Gleichspannungsquelle (1), einen nachgeschalteten
steuerbaren Energieübertrager (2) und eine Steuerein-
richtung (6) für den Energieübertrager, der ein Soll-
wert (U_0) für eine elektrische Zustandsgröße der
35

Gleichspannungsquelle als Führungsgröße vorgegeben ist,

- 5 b) einen Sollwertbildner (7, 7a) zur Bildung des Sollwertes (U_0),
- c) eine Zeitstufe (10) zum Erzeugen eines dem Sollwertbildner vorübergehend aufgeschalteten Ausgangssignals ($\Delta U'$, Additionsstelle 8.), das während der Aufschalt-
10 dauer eine Änderung des Sollwertes um einen Zusatzsollwert ($\Delta U'$) hervorruft,
- d) eine Auswerteschaltung (11), die die zeitliche Ableitung der sich durch die Aufschaltung ändernden Leistungsabgabe ("differentielle Leistungsänderung") der
15 Gleichspannungsquelle feststellt, und
- e) Mittel (13, 14) zum Nachstellen des vom Sollwertbildner gelieferten Sollwertes in Abhängigkeit von dem
20 Vorzeichen der von der Auswerteschaltung (11) festgestellten differentiellen Leistungsänderung.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die Auswerteschaltung
25 einen Grenzwertmelder (19) enthält, der die Mittel zum Nachstellen des Sollwertes außer Eingriff bringt (Schalter 20), wenn ein Minimalwert der Leistungsabgabe unterschritten ist.
- 30 9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Auswerteschaltung (11) ein Meßglied (4) für eine der abgegebenen Leistung entsprechende Größe aufweist, daß das Meßglied über einen mit dem Beginn der Aufschaltung zu öffnenden und vor dem
35 Ende der Aufschaltung zu schließenden Schalter (16) mit einem Speicher (31, Figur 3) verbunden ist, und daß dem

Speicher ein Differenzierglied (30, 32, Figur 3) nachgeschaltet ist, dessen Eingang vor dem Öffnen des Schalters der vom Meßglied gemessene, stationäre Leistungsmeßwert, bei geöffnetem Schalter der abgespeicherte Wert und nach
5 Schließen des Schalters wieder der vom Meßglied gemessene stationäre Leistungsmeßwert zugeführt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwertbildner den Sollwert (U_0) als Summe eines Grund-Sollwertes (\bar{U}_0) und eines Korrektur-Sollwertes (U_{korr}) bildet und zur Bildung des Grund-Sollwertes eine Einstelleinrichtung (7a) und zur Bildung des Korrektur-Sollwertes einen
15 Integrator (7b) enthält, dem nach jeder Aufschaltung des Zusatzsollwertes kurzzeitig eine vorgegebene Eingangsspannung mit einem dem Vorzeichen der differentiellen Leistungsänderung entsprechenden Vorzeichen aufgeschaltet ist.

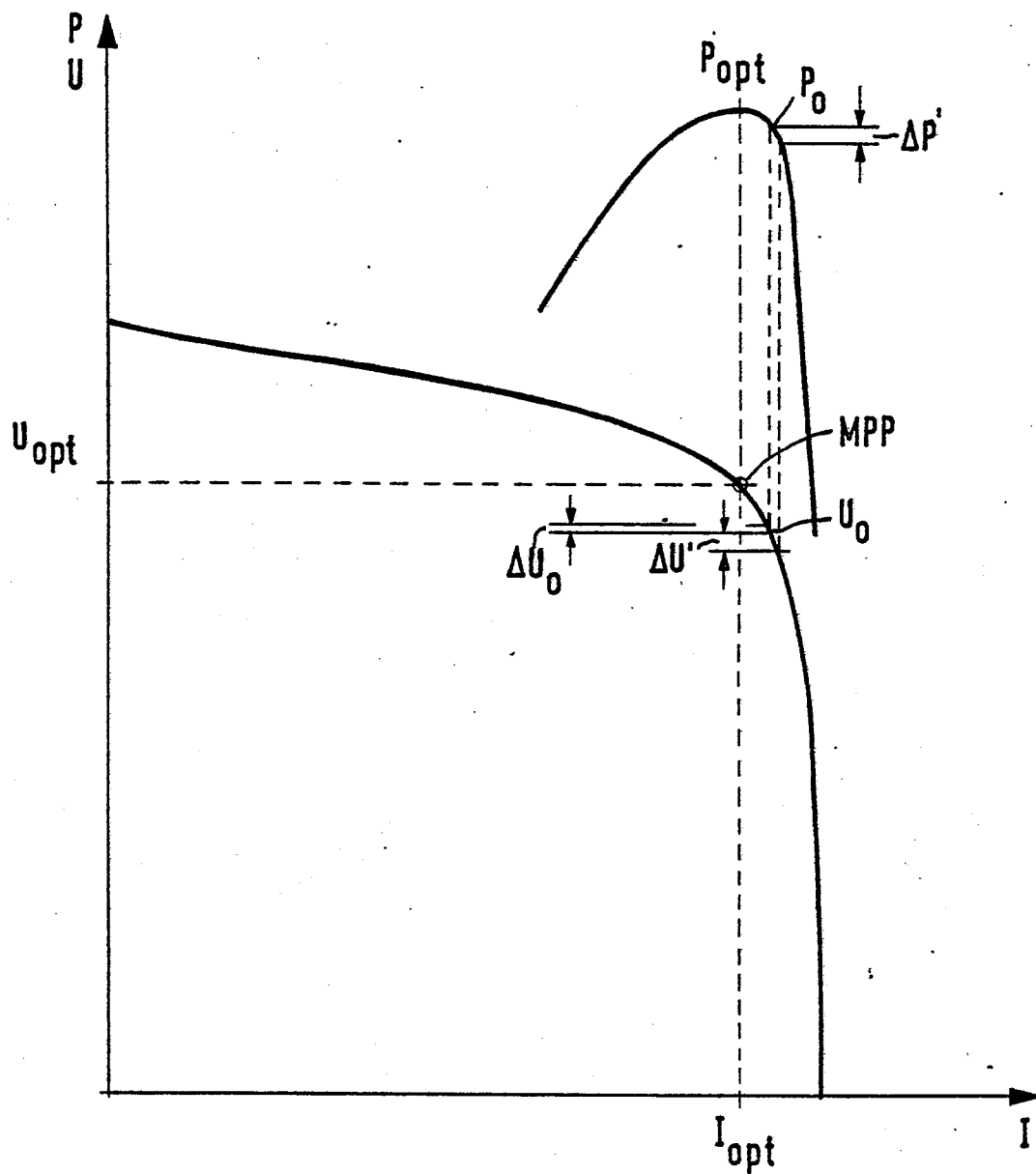


FIG 1

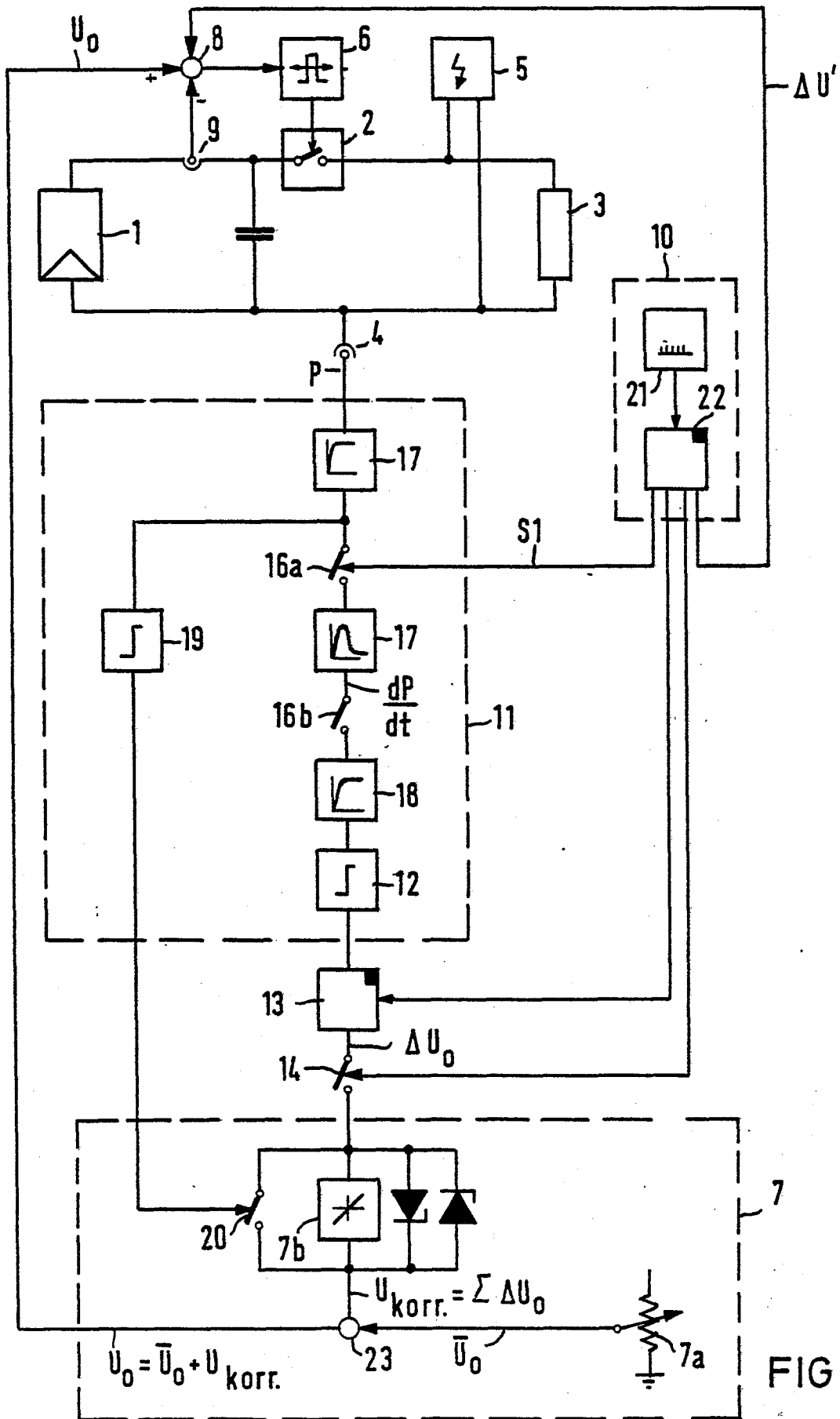


FIG 2

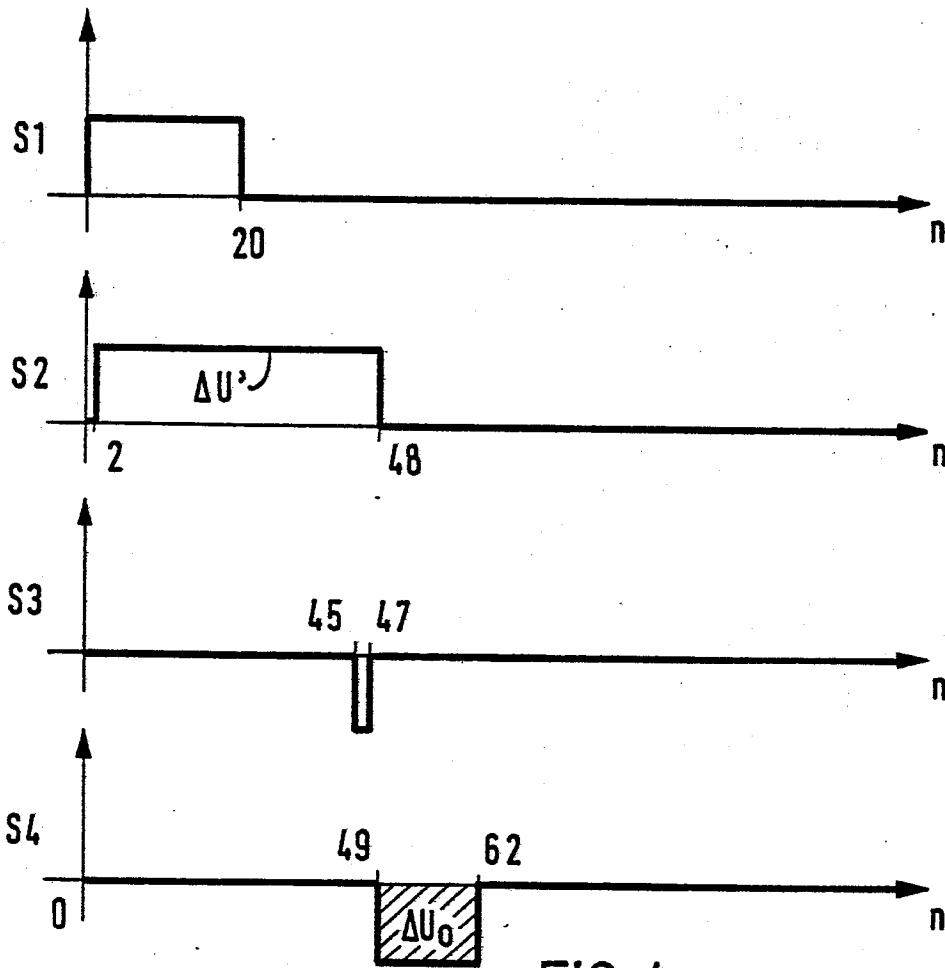


FIG 4

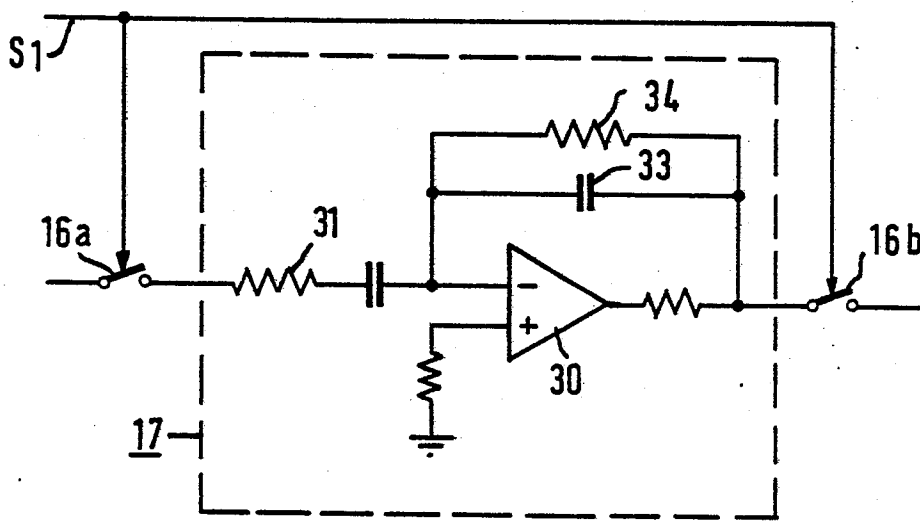


FIG 3