

(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. Dezember 2011 (15.12.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/154538 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/059726

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juni 2011 (10.06.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 023 338.2 10. Juni 2010 (10.06.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). **ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG** [DE/DE]; Fahnbergplatz, 79085 Freiburg (DE). **HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwenningen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FREY, Alexander** [DE/DE]; Wichernweg 4, 81737 München (DE). **MANOLLI, Yiannos** [CY/DE]; Wintererstr. 76, 79104 Freiburg (DE). **MAURATH, Dominic** [DE/DE]; Basler Str. 11, 79100 Freiburg (DE). **MINTENBECK, Dieter** [DE/DE];

Schalmenäcker 15, 78052 Freiburg (DE). **SCHIENLE, Meinrad** [DE/DE]; Hirtenstr. 13a, 85521 Ottobrunn (DE). **TASCHWER, Armin** [AT/FR]; 3, Rue des Vignes, F-68240 Sigolsheim (FR). **HEHN, Thorsten** [DE/DE]; Dorfstr. 46, 79194 Heuweiler (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

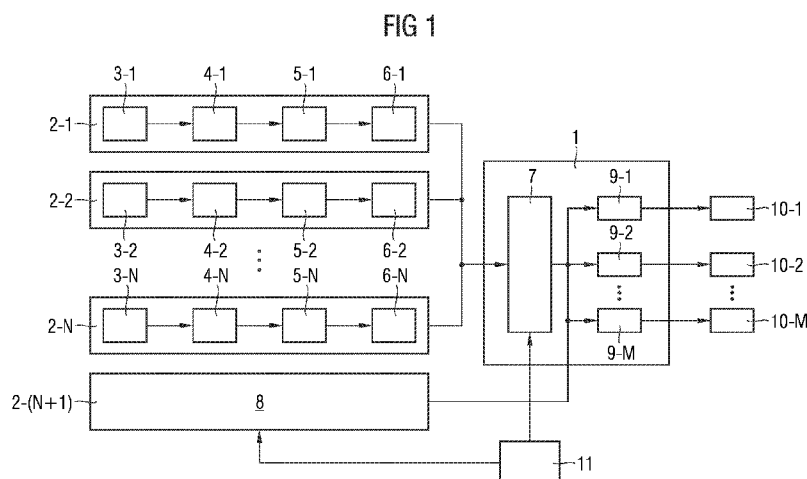
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENERGY SELF-SUFFICIENT MICROSYSTEM AND METHOD FOR OPERATING SAME

(54) Bezeichnung : ENERGIEAUTARKES MIKROSYSTEM UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB



(57) Abstract: The invention relates to an energy self-sufficient microsystem, comprising at least two local energy sources (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40), at least one of which comprises a microgenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) and an interface circuit (4-1, 4-2, 4-N, 42) for extracting energy from the microgenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41), and a central unit (1), which has at least one central storage unit (7) for storing the energy extracted from the microgenerator(s) (3-1, 3-2, 3-N, 41). As a result, increased system reliability is achieved with highly efficient use of the energy. Fields of application can be found, for example, in industrial automation, in automobile technology, or in building automation.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/154538 A2



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).

Veröffentlicht:

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

Die Erfindung betrifft ein energieautarkes Mikrosystem mit mindestens zwei lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40), von welchen mindestens eine einen Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) und eine Schnittstellen-Schaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) umfasst, und einer Zentraleinheit (1), welche mindestens eine zentrale Speichereinheit (7) zum Speichern der aus dem/den Mikrogenerator/en (3-1, 3-2, 3-N, 41) extrahierten Energie aufweist. Dadurch wird bei hocheffizienter Energienutzung eine erhöhte Systemzuverlässigkeit erreicht. Anwendungsgebiete finden sich z.B. in der Industrieautomatisierung, der Automobiltechnik oder der Hausautomatisierung.

Beschreibung

Energieautarkes Mikrosystem und Verfahren zu dessen Betrieb

- 5 Die Erfindung betrifft ein energieautarkes Mikrosystem und ein Verfahren zu dessen Betrieb.

Energieautarke Sensorsysteme finden heute in vielen Bereichen, wie zum Beispiel der Industrieautomatisierung, der Automobiltechnik (Reifendrucksensorik) und der Hausautomatisierung, eine breite Anwendung. Viele herkömmliche energieautarke Mikrosysteme umfassen dabei einen Mikrogenerator, welcher in der Umgebung latent vorhandene Energie, wie beispielsweise Wärme, Licht oder mechanische Vibrationen, in elektrische
10 Energie umwandelt. Derartige Mikrogeneratoren können aber nur relativ geringe Leistungen bereitstellen, so dass das Bestreben besteht, Leistungen bzw. Energie aus dem Mikrogenerator mit Hilfe einer sogenannten Schnittstellen-Schaltung (Interface-Schaltung) möglichst (energie-)effizient zu extrahieren.
15 Auch die Speicherung sowie der Transport der Energie zu einem Verbraucher sind möglichst effizient auszulegen. In herkömmlichen energieautarken Mikrosystemen wird die notwendige Energieeffizienz dadurch erreicht, dass eine auf die jeweilige Anwendung zugeschnittene und optimal angepasste Systemarchitektur aus Mikrogenerator, Schnittstellen-Schaltung, Speicher-
20 einheit und Spannungsregler verwendet wird. Derartige Systeme haben jedoch den Nachteil, dass sie nur anwendungsspezifisch einsetzbar sind und nur eine geringe Ausfallsicherheit aufweisen.

30

Bekannt sind darüber hinaus auch energieautarke Mikrosysteme, welche sich einer Batterie als Energiequelle bedienen. Die begrenzte Energiespeicherkapazität einer Batterie bedingt jedoch einen relativ hohen Wartungsaufwand. Außerdem ist auch
35 bei Einsatz einer Batterie nur eine geringe Ausfallsicherheit gegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein energieautarkes Mikrosystem und ein Verfahren zu dessen Betrieb anzugeben, welche mit möglichst geringem schaltungstechnischem Aufwand eine universelle Anwendbarkeit für verschiedene Anwendungen bei erhöhter Zuverlässigkeit des Systems gewährleisten.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein energieautarkes Mikrosystem, mit mindestens zwei lokalen Energiequellen, von welchen mindestens eine einen Mikrogenerator und eine Schnittstellen-Schaltung zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator umfasst, und einer Zentraleinheit, welche mindestens eine zentrale Speichereinheit zum Speichern der aus dem/den Mikrogenerator/en extrahierten Energie aufweist.

Durch die mehreren, insbesondere verschiedenartigen, Energiequellen, welche sequentiell oder simultan genutzt werden können, kann die Zuverlässigkeit des energieautarken Systems erhöht werden.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist eine der lokalen Energiequellen als Batterie ausgestaltet. Eine Steuerlogik kann dann situationsbedingt festlegen, ob die an einen Verbraucher abzugebende Energie aus der zentralen Speichereinheit oder der Batterie entnommen wird. Durch das Vorsehen einer zweiten Energiequelle in Form eines Mikrogenerators mit nachgeschalteter Schnittstellen-Schaltung kann das Wartungsintervall zur Kontrolle und ggf. dem Austausch der Batterie deutlich erhöht werden.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung weisen die mindestens zwei lokalen Energiequellen jeweils einen Mikrogenerator und eine Schnittstellen-Schaltung zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator auf.

Die jeweilige Zuordnung einer Schnittstellen-Schaltung zu den einzelnen Mikrogeneratoren erlaubt eine hocheffiziente Extraktion von Energie aus dem jeweiligen Mikrogenerator, in

dem zum Beispiel der Arbeitspunkt des jeweiligen Mikrogenerators optimal eingestellt wird.

Die erfindungsgemäße Architektur erlaubt darüber hinaus einen
5 modularen Aufbau, bei welchem je nach Anwendung und Umgebung
verschiedene Energiequellen eingesetzt werden können. Trotz
mehrerer und vorzugsweise verschiedenartiger Energiequellen
kann die zentrale Speichereinheit geladen werden, ohne dass
es zu dadurch bedingten Verlusten und Effizienzverringerungen
10 bezüglich der einzelnen Energiequellen kommt. Die Quellen ha-
ben auch keinen Einfluss aufeinander, so dass jede unabhängig
von der aktuellen Lastsituation und unabhängig von einem ak-
tuellen Spannungspegel der zentralen Speichereinheit in ihrem
optimalen Arbeitspunkt betrieben werden kann. Auch der Aus-
15 fall oder die Hinzunahme einer Energiequelle beeinflusst die
übrigen Energiequellen des energieautarken Systems nicht, so
dass der Betrieb des Gesamtsystems nicht unterbrochen werden
muss.

20 Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Zent-
raleinheit mindestens einen Spannungsregler, vorzugsweise in
Form eines verlustarmen Gleichspannungswandlers (DC/DC-
Wandler) aufweist, welcher eine Ausgangsspannung der zentra-
len Speichereinheit und/oder der Batterie auf eine vorgebbare
25 Soll-Ausgangsspannung regelt. Ein derartiger Spannungsregler
ermöglicht die Erzeugung verbraucherspezifischer Ausgangs-
spannungspegel, wodurch neben der hocheffizienten Extraktion
von Energie aus den Mikrogeneratoren auch ein energieeffi-
zienter Transport der Energie zu dem oder den Verbrauchern
30 gewährleistet ist. Sind mehrere Verbraucher an das energieau-
tarke System angeschlossen, so können dementsprechend auch
mehrere Spannungsregler vorgesehen sein.

Eine lokale Energiequelle kann neben einem Mikrogenerator und
35 einer Schnittstellen-Schaltung auch eine lokale Speicherein-
heit umfassen, so dass vor dem Speichern der Energie in der
zentralen Speichereinheit eine lokale Zwischenspeicherung
möglich ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist mindestens eine der lokalen Energiequellen neben einem Mikrogenerator und einer Schnittstellen-Schaltung auch einen lokalen Gleichspannungswandler auf, welcher der lokalen Speichereinheit oder der zentralen Speichereinheit vorgeschaltet ist und eine Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers in eine aktuelle Speicherspannung der lokalen Speichereinheit bzw. der zentralen Speichereinheit wandelt.

Ist die aktuelle lokale Speicherspannung einer lokalen Speichereinheit größer als die aktuelle zentrale Speicherspannung der zentralen Speichereinheit so kann Energie an den zentralen Speicher ohne zusätzliche Spannungswandlung transportiert werden. Ist die lokale Speicherspannung aber kleiner als die zentrale Speicherspannung so kann die lokale Speicherspannung mit Hilfe eines lokalen Gleichspannungswandlers an eine aktuelle zentrale Speicherspannung angepasst werden. Alternativ dazu kann der Gleichspannungswandler auch einer lokalen Speichereinheit vorgeschaltet werden, um die aus dem Mikrogenerator extrahierte Energie unmittelbar an die momentane lokale Speicherspannung anzupassen. Bei einer derartigen Architektur ist es auch möglich, den lokalen Gleichspannungswandler in die Schnittstellenschaltung der Energiequelle zu integrieren.

Um Querkopplungen oder Querströme zwischen einzelnen lokalen Speichereinheiten zu vermeiden, ist es gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die lokalen Energiequellen steuerbare Schaltelemente, z.B. in Form von Sperrschaltern oder Längstransistoren, umfassen, durch welche die jeweiligen Energiequellen mit der Zentraleinheit verbindbar und von dieser trennbar sind.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist jedem Schaltelement eine lokale Steuereinheit zugeordnet, welche das jeweilige Schaltelement derart steuert, dass das Schaltelement nur geschlossen wird, wenn eine aktuelle lokale Speicherspannung an der lokalen Speichereinheit höher ist als eine aktu-

elle zentrale Speicherspannung an der zentralen Speichereinheit und wenn kein Schaltelement einer weiteren Energiequelle geschlossen ist. Weist die jeweilige lokale Energiequelle einen lokalen Gleichspannungswandler auf, welcher dem Schaltelement unmittelbar vorgeschaltet ist, so kann dieser die notwendige Spannungsanpassung an die aktuelle zentrale Speicherspannung durchführen, so dass in diesem Fall die Spannungsbedingung nicht eigens überwacht werden muss. Andernfalls kann die Spannungsbedingung auf einfache Weise, z.B. mit Hilfe eines Komparators, überprüft werden.

Bei Verwendung von Sperrschaltern kann der jeweilige Sperrschalter nach dem Ladungsausgleich, welcher typischer Weise sehr schnell erfolgt, wieder geöffnet werden.

Alternativ zu einer dezentralen Steuerung kann auch eine zentrale Steuereinheit vorgesehen sein, welche die Schaltelemente derart steuert, dass jeweils nur ein einziges Schaltelement geschlossen ist, wobei die aktuelle lokale Speicherspannung an der jeweiligen lokalen Speichereinheit höher sein muss als die aktuelle zentrale Speicherspannung an der zentralen Speichereinheit.

Sind die Schaltelemente als Sperrschalter ausgestaltet, so kann die zentrale Steuereinheit bei ausreichender lokaler Speicherspannung des jeweiligen Lokalspeichers die Sperrschalter zum Beispiel zyklisch öffnen. Sind anstelle von Sperrschaltern geregelte Längstransistoren vorgesehen, so kann auf ein derartiges zyklisches (Zeitmultiplex-)Verfahren verzichtet werden, da die Längstransistoren beispielsweise derart gesteuert werden können, dass sie als Stromquelle arbeiten, welche die lokale Speichereinheit mit definiertem Strom in die zentrale Speichereinheit entlädt.

Alternativ dazu können die Längstransistoren auch derart gesteuert werden, dass sie in der Art eines Linearreglers arbeiten und die lokale Speicherspannung auf die aktuelle zentrale Speicherspannung des Zentralspeichers anpassen. Die

Steuerspannungen für die einzelnen Längstransistoren können dabei gleich oder auch spezifisch einstellbar sein.

Die Erfindung schafft auch ein Verfahren zum Betrieb eines
5 erfindungsgemäßen energieautarken Systems, bei dem Energie aus mindestens zwei Mikrogeneratoren extrahiert wird und in einer zentralen Speichereinheit gespeichert wird.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht
10 vor, dass die aus den Mikrogeneratoren extrahierte Energie in lokalen Speichereinheiten zwischengespeichert wird.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus Ausführungsbeispielen, welche im Folgenden anhand der Zeich-
15 nungen erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen energieautarken Mikrosystems,
20

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen energieautarken Mikrosystems,

25 Fig. 3 eine schematische Darstellung der zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen energieautarken Mikrosystems mit Schaltelementen in Form von Längstransistoren, und

30 Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild einer lokalen Energiequelle.

In den Figuren sind identische oder funktionsgleiche Komponenten jeweils mit dem gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.
35

Das in Fig. 1 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Mikrosystem umfasst eine Zentraleinheit 1 und N+1 lokale Energiequellen 2-1 bis 2-(N+1), wobei lediglich die erste, zwei-

te, N-te und (N+1)-te Energiequelle dargestellt sind. Die Energiequellen 2-1 bis 2-N umfassen jeweils einen Mikrogenerator 3-1 bis 3-N zur Erzeugung von elektrischer Energie und eine daran jeweils angeschlossene Schnittstellen-Schaltung 4-1 bis 4-N zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator und zur Energieübertragung an eine jeweils nachgeschaltete lokale Speichereinheit 5-1 bis 5-N. Diese lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N ermöglichen die Zwischenspeicherung der aus den Mikrogeneratoren 3-1 bis 3-N extrahierten Energie. Den lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N ist jeweils ein lokaler Gleichspannungswandler 6-1 bis 6-N nachgeschaltet, welcher eine aktuelle lokale Speicherspannung der lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N an eine aktuelle zentrale Speicherspannung einer zentralen Speichereinheit 7 in der Zentraleinheit 1 anpasst. Die (N+1)-te Energiequelle 2-(N+1) ist als Batterie 8 ausgeführt. Alternativ zu der dargestellten Ausführungsform kann die Zentraleinheit 1 auch mehrere, vorzugsweise verschiedenartige Energiespeicher-Einheiten aufweisen.

Die Mikrogeneratoren 3-1 bis 3-N sind beispielsweise als Solar-Energiewandler, Vibrationswandler, thermo-elektrische Wandler oder Durchfluss-Energiewandler ausgestaltet und wandeln in der Umgebung latent vorhandene Energie, wie beispielsweise Licht, Wärme, mechanische Vibrationen bzw. Strömungen in elektrische Energie umwandelt. Vorzugsweise weist ein erfindungsgemäßes Mikrosystem Mikrogeneratoren auf, welche auf unterschiedlichen Wirkprinzipien basieren.

Die lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N sind lediglich optional und für die Anwendbarkeit der Erfindung nicht unbedingt erforderlich. Ebenso kann auf die lokalen Gleichspannungswandler 6-1 bis 6-N verzichtet werden, wenn die Ausgangsspannungen der Schnittstellen-Schaltungen 4-1 bis 4-N oder der lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N ohnehin an die Spannung der zentralen Speichereinheit 7 angepasst sind. Ebenso ist es denkbar, dass nur einige der Energiequellen 2-1

bis 2-N eine lokale Speichereinheit und/oder einen lokalen Gleichspannungswandler aufweisen.

In der Zentraleinheit 2 sind neben der zentralen Speichereinheit 7 auch M der zentralen Speichereinheit 7 nachgeschaltete Spannungsregler 9-1 bis 9-M vorgesehen, welche eine Ausgangsspannung der zentralen Speichereinheit 7 oder eine Ausgangsspannung der Batterie 8 auf vorgebbare, an Verbrauchern 10-1 bis 10-M jeweils benötigte Soll-Ausgangsspannungen anpasst.

Zur Vereinfachung der Darstellung sind lediglich die ersten beiden sowie der M-te Verbraucher dargestellt. Eine Steuerlogik 11 legt situationsbedingt, z.B. in Abhängigkeit vom jeweiligen Ladezustand der Batterie 8 und der zentralen Speichereinheit 7, fest, ob die an die Verbraucher 10-1 bis 10-M abzugebende Energie aus der zentralen Speichereinheit 7 oder der Batterie 8 entnommen wird. Auf die Steuerlogik 11 kann selbstverständlich verzichtet werden, wenn keine der lokalen Energiequellen als Batterie ausgestaltet ist.

Eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mikrosystems ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform dadurch, dass zum einen keine als Batterie ausgestaltete Energiequelle vorgesehen ist. Zum anderen umfassen die Energiequellen 1-1 bis 1-N jeweils ein steuerbares Schaltelement 20-1 bis 20-N, welches jeweils zwischen die lokalen Speichereinheit 5-1 bis 5-N und die zentrale Speichereinheit 7 geschaltet sind. Diese Schaltelemente 20-1 bis 20-N können zum Beispiel als Sperrschalter oder Längstransistoren ausgeführt sein und dienen dazu, die jeweiligen Energiequellen 2-1 bis 2-N mit der Zentraleinheit zu verbinden oder von dieser zu trennen. Auf diese Weise können Querkopplungen oder Querströmen zwischen den einzelnen lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N vermieden werden. Darüber hinaus sind im Gegensatz zur ersten Ausführungsform gemäß Figur 1 die lokalen Gleichspannungswandler 6-1 bis 6-N den lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N nicht nach-, sondern vorge-schaltet. Sie dienen damit nicht mehr der Spannungsanpassung

der Ausgangsspannung der lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N an die aktuelle zentrale Speicherspannung der zentralen Speichereinheit 7, sondern der Spannungsanpassung der Ausgangsspannungen der Schnittstellen-Schaltungen 4-1 bis 4-N an die aktuellen lokalen Speicherspannungen der lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N. Je nach Anordnung der lokalen Gleichspannungswandler 6-1 bis 6-N wird somit eine Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers in die aktuelle lokale Speicherspannung der jeweiligen lokalen Speichereinheit 5-1 bis 5-N oder in die aktuelle zentrale Speicherspannung der zentralen Speichereinheit 7 gewandelt.

In der Zentraleinheit 1 ist eine zentrale Steuereinheit 21 zur Steuerung der Schaltelemente 20-1 bis 20-N vorgesehen. Sind die Schaltelemente 20-1 bis 20-N als Sperrschalter ausgestaltet, so können die Sperrschalter bei ausreichender Speicherspannung an der jeweiligen lokalen Speichereinheit z.B. zyklisch durch die zentrale Steuereinheit 21 geschlossen werden. Das zyklische Schließen der Sperrschalter stellt sicher, dass stets nur ein einziger Sperrschalter geschlossen ist und somit Querströme zwischen den einzelnen lokalen Speichereinheiten 5-1 bis 5-N sicher vermieden werden. Diese Bedingung kann aber durch die zentrale Steuereinheit 21 selbstverständlich auch auf andere Weise als durch zyklisches Schließen der Sperrschalter sichergestellt werden.

Alternativ zu einer in Figur 2 dargestellten zentralen Steuereinheit 21 kann auch jedem Schaltelement 20-1 bis 20-N eine nicht dargestellte lokale Steuereinheit zugeordnet sein. Sind die Schaltelemente 20-1 bis 20-N als Sperrschalter ausgestaltet, so muss das jeweilige Schaltelement 20-1 bis 20-N derart gesteuert werden, dass das Schaltelement nur geschlossen wird, wenn die aktuelle lokale Speicherspannung an der lokalen Speichereinheit 5-1 bis 5-N höher ist als die aktuelle Speicherspannung an der zentralen Speichereinheit 7. Außerdem ist auch bei dezentraler Steuerung sicherzustellen, dass kein Schaltelement 20-1 bis 20-N einer weiteren Energiequelle 2-1 bis 2-N geschlossen ist. Nach dem Ladungsausgleich, welcher

typischer Weise sehr schnell erfolgt, kann der jeweilige Sperrschalter wieder geöffnet werden.

Anstelle von Sperrschaltern können auch Längstransistoren als steuerbare Schaltelemente 20-1 bis 20-N eingesetzt werden. Damit kann auf ein zyklisches (Zeitmultiplex-) Verfahren verzichtet werden. Ein Längstransistor darf allerdings auch nur dann schließen, d.h. durchschalten, wenn die lokale Speicherspannung der jeweils zugeordneten lokalen Speichereinheit 5-1 bis 5-N größer ist als die aktuelle zentrale Speicherspannung der zentralen Speichereinheit 7. Dies kann z.B. mit Hilfe eines Komparators 30 realisiert werden (vgl. Figur 3). Zur Vereinfachung der Darstellung sind in Figur 3 die Schnittstellen-Schaltungen und ggf. die lokalen Speichereinheiten und lokalen Gleichspannungswandler jeweils in einem Block 31-1 bis 31-N zusammengefasst. Außerdem ist der Komparator 30 lediglich für das Schaltelement 20-1 der ersten Energiequelle 1-1 dargestellt. Ebenfalls aus Gründen der zeichentechnischen Vereinfachung ist von der Zentraleinheit 7 lediglich die zentrale Steuereinheit 21 dargestellt.

Die Steuerspannung U_G kann dabei durch die zentrale Steuereinheit 21 oder auch durch eine nicht dargestellte lokale Steuereinheit derart geregelt werden, dass der Längstransistor als Stromquelle arbeitet, welche die lokale Speichereinheit 5-1 bis 5-N mit definiertem Strom in die zentrale Speichereinheit 7 entlädt. Alternativ dazu kann die Steuerspannung U_G auch derart geregelt werden, dass der Längstransistor in der Art eines Linearreglers arbeitet und die lokale Speicherspannung an die aktuelle Speicherspannung der zentralen Speichereinheit 7 anpasst. Die Steuerspannungen U_G der einzelnen Längstransistoren können dabei gleich oder auch individuell einstellbar sein.

Das erfindungsgemäße Mikrosystem zeichnet sich unter anderem durch seine Modularität aus. Je nach Anwendungsfall und Umgebungsbedingungen können verschiedene Energiequellen eingesetzt, hinzugeschaltet oder auch entfernt werden.

Fig. 4 zeigt schematisch ein solches Modul in Form einer einzelnen lokalen Energiequelle 40, welche einen Mikrogenerator in Form eines Solar-Energiewandlers oder Solarmoduls 41 sowie
5 eine nachgeschaltete Schnittstellen-Schaltung in Form eines sogenannten Maximum Powerpoint-Trackers (MPP) 42 umfasst. Die aus dem Solar-Energiewandler 41 extrahierte Energie wird in einer lokalen Speichereinheit 43 zwischengespeichert und kann von dort über einen lokalen Gleichspannungswandler 44 an den
10 Ausgang der Energiequelle 40 weitergeleitet werden. Ein steuerbares Schaltelement ist bei dieser Ausführungsform nicht vorgesehen. Die lokale Speicherspannung an der lokalen Speichereinheit 43 wird von einem ersten Komparator 45 überwacht. Übersteigt die lokale Speicherspannung einen vorgebbaren ersten
15 Maximalwert $V_{\max 1}$ so kann der Maximum Powerpoint-Tracker 42 angehalten werden. Ein zweiter Komparator 46 überwacht die Ausgangsspannung V_{out} der Energiequelle 40. Übersteigt die Ausgangsspannung V_{out} der Energiequelle 40 einen vorgebbaren zweiten Maximalwert $V_{\max 2}$, so wird der lokale Gleichspannungswandler 44 gestoppt. Auf diese Weise kann mit einfachen
20 schaltungstechnischen Mitteln auch eine erhöhte Betriebssicherheit gewährleistet werden.

Patentansprüche

1. Energieautarkes Mikrosystem mit

- mindestens zwei lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40), von welchen mindestens eine einen Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) und eine Schnittstellen-Schaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) umfasst, und
- einer Zentraleinheit (1), welche mindestens eine zentrale Speichereinheit (7) zum Speichern der aus dem/den Mikrogenerator/en (3-1, 3-2, 3-N, 41) extrahierten Energie aufweist.

2. Mikrosystem nach Anspruch 1,

- dadurch gekennzeichnet, dass eine der lokalen Energiequellen (2-(N+1)) als Batterie (8) ausgestaltet ist.

3. Mikrosystem nach Anspruch 1,

- dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N, 40) jeweils einen Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) und eine Schnittstellen-Schaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) zur Extraktion von Energie aus dem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) umfassen.

4. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

- dadurch gekennzeichnet, dass die Zentraleinheit (1) mindestens einen Spannungsregler (9-1, 9-2, 9-M), insbesondere einen Gleichspannungswandler, aufweist, welcher eine Ausgangsspannung der zentralen Speichereinheit (7) und/oder der Batterie (8) auf eine vorgebbare Soll-Ausgangsspannung regelt.

5. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

- dadurch gekennzeichnet, dass der/die Mikrogenerator/en (3-1, 3-2, 3-N, 41) als Solar-Energiewandler und/oder Vibrationswandler und/oder thermo-elektrisch/r Wandler und/oder Durchfluss-Energiewandler ausgestaltet ist/sind.

6. Mikrosystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40) zusätzlich zu einem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) und einer Schnittstellen-Schaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) eine lokale Speichereinheit (5-1, 5-2, 5-N, 43) zur Zwischenspeicherung der aus dem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) extrahierten Energie umfasst.

7. Mikrosystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40) zusätzlich zu einem Mikrogenerator (3-1, 3-2, 3-N, 41) und einer Schnittstellen-Schaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) einen lokalen Gleichspannungswandler (6-1, 6-2, 6-N, 44) aufweist, welcher der lokalen Speichereinheit (5-1, 5-2, 5-N, 43) oder der zentralen Speichereinheit (7) vorgeschaltet ist und eine Eingangsspannung des lokalen Gleichspannungswandlers (6-1, 6-2, 6-N, 44) in eine aktuelle Speicherspannung der lokalen Speichereinheit (5-1, 5-2, 5-N, 43) bzw. der zentralen Speichereinheit (7) wandelt.

8. Mikrosystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der lokale Gleichspannungswandler (6-1, 6-2, 6-N, 44) in die Schnittstellenschaltung (4-1, 4-2, 4-N, 42) der lokalen Energiequelle (2-1, 2-2, 2-N, 2-(N+1), 40) integriert ist.

9. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die lokalen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N) steuerbare Schaltelemente (20-1, 20-2, 20-N) umfassen, durch welche die jeweiligen Energiequellen (2-1, 2-2, 2-N) mit der Zentraleinheit (1) verbindbar und von dieser trennbar sind.

10. Mikrosystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltelemente (20-1, 20-2, 20-N) als Sperrschalter oder Längstransistoren ausgebildet sind.

11. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass jedem Schaltelement (20-1, 20-2,
20-N) eine lokale Steuereinheit zugeordnet ist, welche das
jeweilige Schaltelement (20-1, 20-2, 20-N) derart steuert,
5 dass das Schaltelement (20-1, 20-2, 20-N) nur geschlossen
wird, wenn die aktuelle lokale Speicherspannung an der loka-
len Speichereinheit (5-1, 5-2, 5-N) höher ist als die aktuel-
le Speicherspannung an der zentralen Speichereinheit (7) und
wenn kein Schaltelement (20-1, 20-2, 20-N) einer weiteren (2-
10 1, 2-2, 2-N) Energiequelle geschlossen ist.

12. Mikrosystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass eine zentrale Steuereinheit (21)
vorgesehen ist, welche die Schaltelemente (20-1, 20-2, 20-N)
15 derart steuert, dass jeweils nur ein einziges Schaltelement
(20-1, 20-2, 20-N) geschlossen ist, wobei die aktuelle lokale
Speicherspannung an der jeweiligen lokalen Speichereinheit
(5-1, 5-2, 5-N) höher sein muss als die aktuelle zentrale
Speicherspannung an der zentralen Speichereinheit (7).

20

13. Mikrosystem nach einem Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Längstransistoren derart ge-
steuert werden, dass sie als Stromquellen oder als Linearreg-
ler arbeiten.

25

14. Verfahren zum Betrieb eines energieautarken Systems, ins-
besondere Mikrosystems, gemäß einem der Ansprüche 3 bis 13,
bei dem Energie aus mindestens zwei Mikrogeneratoren (3-1, 3-
2, 3-N, 41) extrahiert wird und in einer zentralen Spei-
30 chereinheit (7) gespeichert wird.

15. verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass die aus den Mikrogeneratoren (3-
1, 3-2, 3-N, 41) extrahierte Energie in lokalen Speicherein-
35 heiten (5-1, 5-2, 5-N, 43) zwischengespeichert wird.

FIG 1

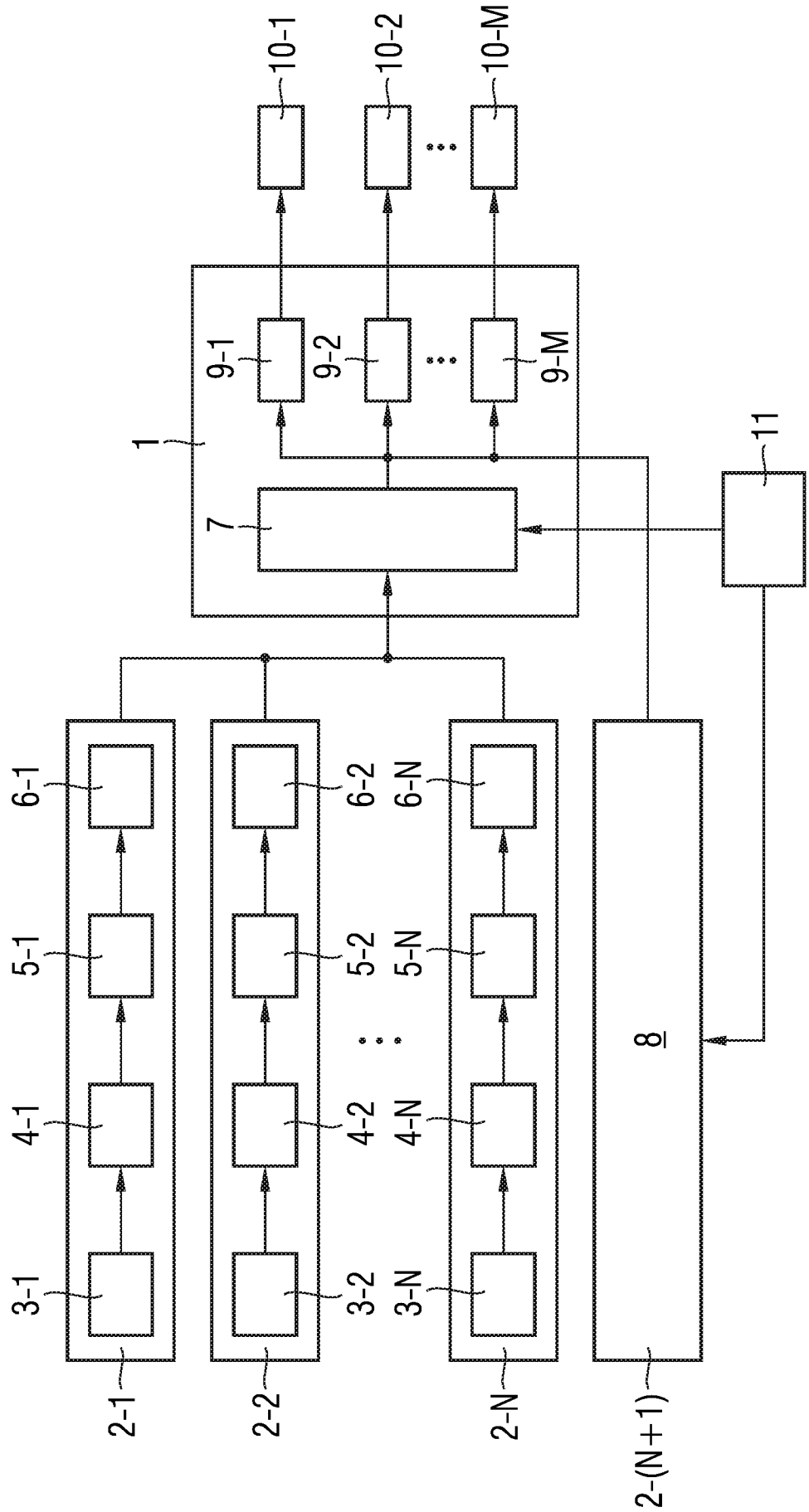


FIG 2

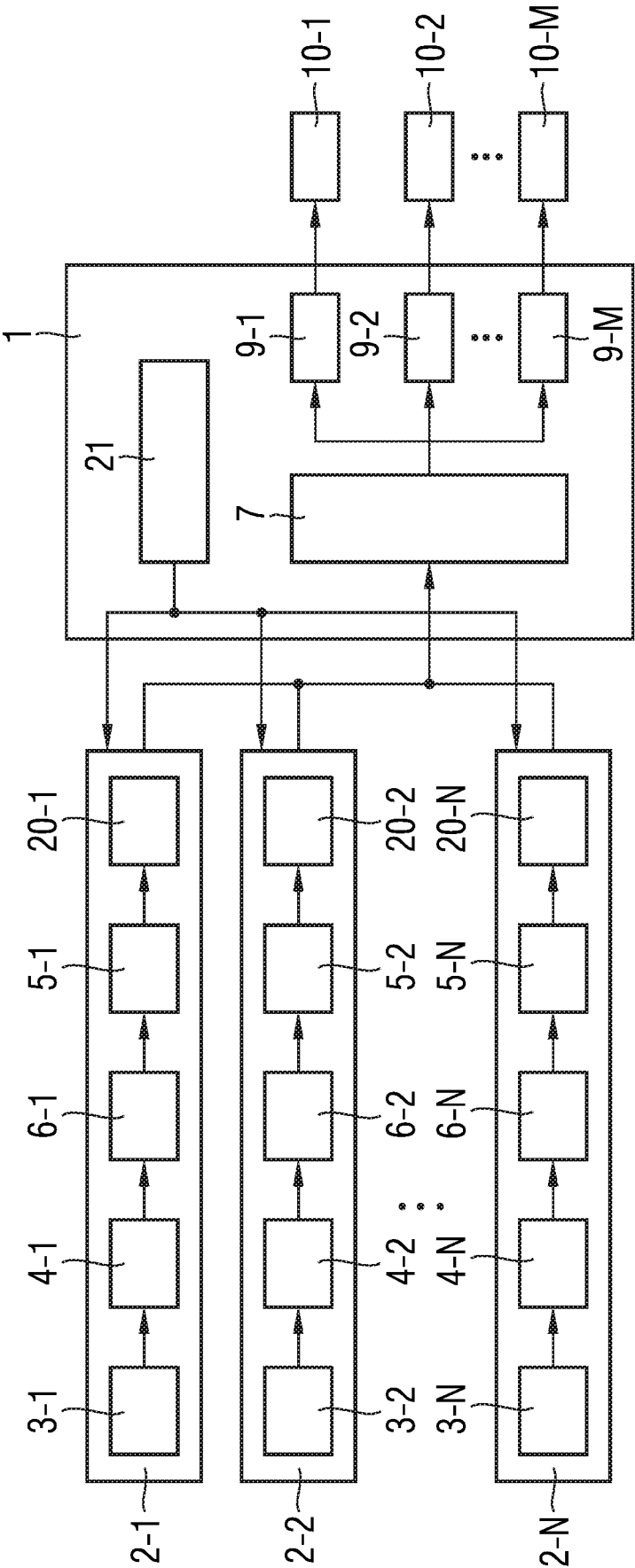


FIG 3

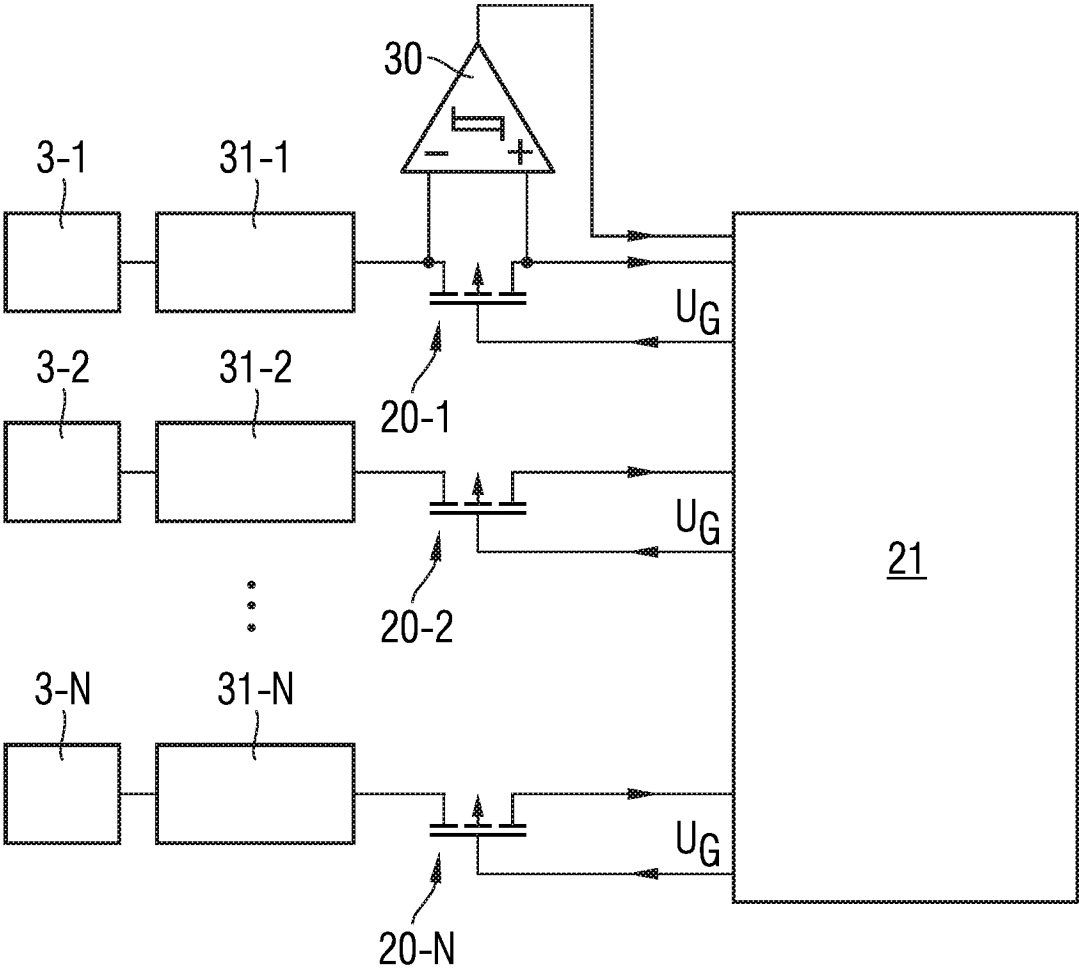


FIG 4

