

(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
25. Juli 2013 (25.07.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/107784 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/050770
- (22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2013 (17.01.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 200 702.4
19. Januar 2012 (19.01.2012) DE
- (71) Anmelder: **HÜTTINGER ELEKTRONIK GMBH + CO. KG** [DE/DE]; Bötzingen Strasse 80, 79111 Freiburg (DE).
- (72) Erfinder: **HOCH, Michael**; Dettenbach 8, 79183 Waldkirch (DE). **BANNWARTH, Armin**; Mühlenweg 6, 79183 Waldkirch (DE). **AYKAN, Cemalettin**; Hirschmattenstrasse 2, 79111 Freiburg (DE).
- (74) Anwalt: **KOHLER SCHMID MÖBUS**; Ruppmannstrasse 27, 70565 Stuttgart (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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE PHASE BALANCING OF SEVERAL HF POWER GENERATING UNITS OF AN HF POWER SUPPLY SYSTEM, AND POWER SUPPLY SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM PHASENABGLEICH MEHRERER HF-LEISTUNGSERZEUGUNGSEINHEITEN EINES HF-LEISTUNGSVERSORGUNGSSYSTEMS UND LEISTUNGSVERSORGUNGSSYSTEM

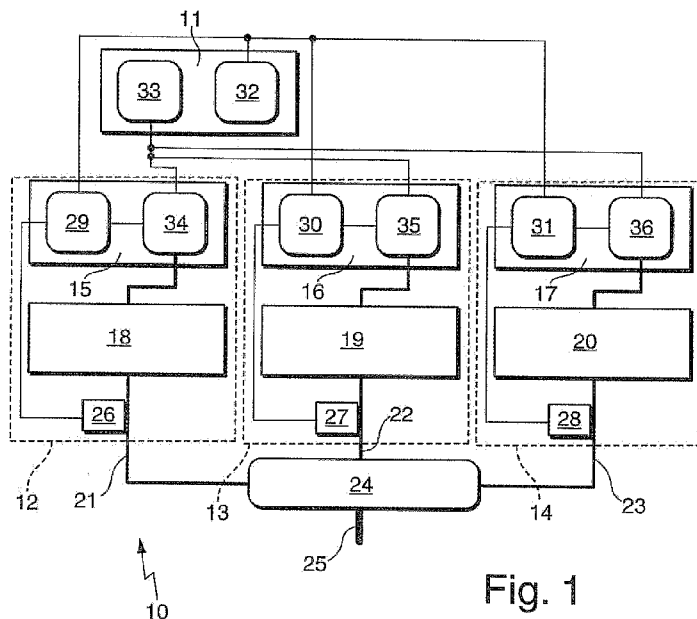


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for the phase balancing of several HF power generating units (12-14) of an HF power supply system (10), comprising the following method steps: a. measuring a signal that is related to the power reflected at a load and arriving at a first HF power generating unit (12-14); b. transmitting at least one value related to the measured signal to a system controller (11) or transmitting the measured signal to a system controller (11) and determining a value related to the measured signal in the system controller (11); c. determining a reference value for the value of the first HF power generating unit (12-14) in the system controller (11) or specifying a reference value for the value of the first HF power generating unit (12-14) to the system controller (11); d. changing the frequency and/or the phase of the output signal of the first HF power generating unit (12-14); e. measuring again a signal that is related to the power reflected at a load and arriving at the first HF power generating unit (12-14); f. transmitting a value related to the signal measured in step e. to the system controller (11) or transmitting the signal measured in step e. to the system controller (11) and determining a value related to the signal

measured in step e. in the system controller (11); and g. repeating steps c. to f. or d. to f. until a specified result occurs, wherein h. steps 1.a. to 1.g. are performed for one or more additional load generating units (12-14).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Phasenabgleich mehrerer HF-Leistungserzeugungseinheiten (12-14) eines HF-Leistungsversorgungssystems (10) mit den Verfahrensschritten: a. Messen eines Signals, das mit der an einer Last reflektierten und an einer ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12-14) ankommenden Leistung in Beziehung steht, b. Übermitteln zumindest eines mit dem gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts an eine Systemsteuerung (11) oder Übermitteln des gemessenen Signals an eine Systemsteuerung (11) und Ermitteln eines mit dem gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts in der Systemsteuerung (11), c. Bestimmen eines Bezugswerts für den Wert der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12-14) in der Systemsteuerung (11) oder Vorgabe eines Bezugswerts für den Wert der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12-14) an die Systemsteuerung (11), d. Verändern der Frequenz und/oder der Phase des Ausgangssignals der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12-14), e. Erneutes Messen eines Signals, das mit der an einer Last reflektierten und an der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12-14) ankommenden Leistung in Beziehung steht, f. Übermitteln eines mit dem im Schritt e. gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts an die Systemsteuerung (11) oder Übermittlung des im Schritt e. gemessenen Signals an die Systemsteuerung (11) und Ermitteln eines mit dem im Schritt e. gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts in der Systemsteuerung (11); g. Wiederholen der Schritte c. bis f. oder d. bis f. so lange bis ein vorgegebenes Ereignis eintritt, wobei h. die Schritte 1.a. - 1.g. für eine oder mehrere weitere Leistungserzeugungseinheiten (12-14) durchgeführt werden.

BESCHREIBUNG

Verfahren zum Phasenabgleich mehrerer HF-Leistungserzeugungseinheiten eines HF-Leistungsversorgungssystems und Leistungsversorgungssystem

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Phasenabgleich mehrerer HF-Leistungserzeugungseinheiten eines HF-Leistungsversorgungssystems sowie ein HF-Leistungsversorgungssystem.

Hochfrequenzleistungsversorgungssysteme (HF-Leistungsversorgungssysteme), also Systeme, die Leistung bei Frequenzen $> 1\text{MHz}$ erzeugen, werden beispielsweise zur Laseranregung, in Plasmaschichtungsanlagen oder für Induktionsanwendungen verwendet. In derartigen Hochfrequenzleistungsversorgungssystemen werden häufig mehrere HF-Leistungsversorgungseinheiten verwendet, um daraus eine Gesamtleistung des HF-Leistungsversorgungssystems zu erzeugen. Die Ausgangssignale der Hochfrequenzleistungsversorgungseinheiten sind im Allgemeinen nicht phasensynchron. Diese Ausgangsleistungen müssen jedoch häufig zu einer Leistung kombiniert werden, z.B. mittels Kopplern

(Combiner) oder direkt an einer Last, z.B. einer Plasmaelektrode oder einer Gaslaserelektrode. Zum Kombinieren der HF-Leistungserzeugungseinheiten sind feste Phasenbeziehungen der Ausgangsleistungen erforderlich. Es muss daher eine Möglichkeit zur Beeinflussung der Phasen der Ausgangssignale der HF-Leistungserzeugungseinheiten zueinander zur Verfügung gestellt werden.

Um Prozessstillstände möglichst kurz zu halten oder zu vermeiden, soll es möglich sein, HF-Leistungserzeugungseinheiten schnell und unkompliziert gegen ähnliche HF-Leistungserzeugungseinheiten austauschen zu können. Auch entsprechende Combiner sollen austauschbar sein. Bei Veränderungen an der Last, z.B. bei Änderungen am Gasdruck in Gaslaseranregungsanlagen oder in Plasmabearbeitungsanlagen, sollen die HF-Leistungserzeugungseinheiten weiterhin stabil und mit maximaler Effizienz arbeiten. Nach dem Austausch einzelner Leistungserzeugungseinheiten oder Combiner kann beispielsweise aufgrund von Bauteiltoleranzen jedoch eine veränderte Phasenbeziehung vorliegen und somit die Notwendigkeit bestehen, die Phasenbeziehung zwischen den einzelnen HF-Leistungserzeugungseinheiten neu einzustellen. Es wäre nachteilig, wenn dies manuell nachgestellt werden müsste oder wenn zusätzliche Messeinheiten zur Erfassung weiterer Messgrößen benötigt würden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und ein HF-Leistungsversorgungssystem bereit zu stellen, welche obiger Anforderung genügen.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Phasenabgleich mehrerer HF-Leistungserzeugungseinheiten eines HF-Leistungsversorgungssystems mit den Verfahrensschritten:

- a. Messen eines Signals, das mit der an einer Last reflektierten und an einer ersten HF-Leistungserzeugungseinheit ankommenden Leistung in Beziehung steht,
- b. Übermitteln zumindest eines mit dem gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts an eine Systemsteuerung oder Übermitteln des gemessenen Signals an eine Systemsteuerung und Ermitteln eines mit dem gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts in der Systemsteuerung,
- c. Bestimmen eines Bezugswerts für den Wert der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit in der Systemsteuerung oder Vorgabe eines Bezugswerts für den Wert der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit an die Systemsteuerung,
- d. Verändern der Frequenz und/oder der Phase des Ausgangssignals der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit,
- e. Erneutes Messen eines Signals, das mit der an einer Last reflektierten und an der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit ankommenden Leistung in Beziehung steht,
- f. Übermitteln eines mit dem im Schritt e. gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts an die Systemsteuerung oder Übermittlung des im Schritt e. gemessenen Signals an die Systemsteuerung und Ermitteln eines mit dem im Schritt e. gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts in der Systemsteuerung;
- g. Wiederholen der Schritte c. bis f. oder d. bis f. so lange bis ein vorgegebenes Ereignis eintritt, wobei
- h. die Schritte 1.a. – 1.g. für eine oder mehrere weitere Leistungserzeugungseinheiten durchgeführt werden.

Die Verfahrensschritte a. – h. werden vorzugsweise unmittelbar nach dem Einschalten oder Wiederanfahren des HF-Leistungsversorgungssystems

durchgeführt. Das vorgegebene Ereignis ist vorzugsweise ein Ereignis, welches mit einem gewünschten Phasenabgleich in Beziehung steht bzw. den gewünschten Phasenabgleich indiziert. Beispielsweise kann es sich um ein Ereignis handeln, das eintritt, wenn eine oder mehrere HF-

- 5 Leistungserzeugungseinheiten oder das HF-Leistungsversorgungssystem bei einer vorbestimmten Effizienz arbeiten.

Insbesondere kann das Ereignis indizieren, dass die von der Last reflektierte und jeweils an den HF-Leistungserzeugungseinheiten ankommenden
10 Leistungen in einer vorbestimmten Beziehung zueinander stehen, die von der Systemsteuerung als eine vorbestimmte Beziehung erkannt werden kann oder wird, die z.B. zu der vorbestimmten Effizienz führt. Es ist nicht unbedingt notwendig, dass die reflektierte Leistung bei den HF-Leistungserzeugungseinheiten auf einen minimalen Wert eingestellt wird.

- 15 Das ist auch gar nicht in allen Betriebszuständen erwünscht. Die vorbestimmte Beziehung der reflektierten Leistungen zueinander soll so lediglich eingestellt werden, dass das vorgegebene Ereignis eintritt, das z.B. eine vorgebestimmte Effizienz indiziert. Als überwachte Beziehung, in der die an den HF-Leistungserzeugungseinheiten ankommenden Leistungen
20 stehen, können einer oder mehrere der Parameter Phase, Amplitude, Reflektionsfaktor überwacht werden.

- Insbesondere kann das Ereignis indizieren, dass die von der Last reflektierte und jeweils an den HF-Leistungserzeugungseinheiten ankommenden
25 Leistungen um weniger als einen vorbestimmten Wert voneinander abweichen. So kann zusätzlich eine gute Symmetrie in dem HF-Leistungsversorgungssystem und eine ausreichend gleichmäßige Belastung aller HF-Leistungserzeugungseinheiten erzielt werden.

Im erfindungsgemäßen System ist es möglich, die Phasenbeziehung der einzelnen HF-Leistungserzeugungseinheiten zueinander im Betrieb selbsttätig einzustellen. Es ist möglich, einzelne HF-Leistungserzeugungseinheiten auszutauschen und anschließend das System wieder in Betrieb
5 zu nehmen, ohne manuell einen Abgleich der Phasenlage vornehmen zu müssen. Vorzugsweise ist jede HF-Leistungserzeugungseinheit selbständig allein voll funktionsfähig. Damit ist gemeint, dass jede HF-Leistungserzeugungseinheit ein eigenes Messsystem zur Ermittlung der gelieferten und der rückgekoppelten Leistung und insbesondere auch eine
10 eigene Regelung zur Regelung auf diese Messgrößen aufweist. Dadurch wird die Austauschmöglichkeit der einzelnen Komponenten des HF-Leistungsversorgungssystems vereinfacht.

Zusätzliche Messvorrichtungen zur Ermittlung der Phasenlage bzw. Phasenbeziehung zwischen den Ausgangssignalen der HF-
15 Leistungserzeugungseinheiten werden nicht benötigt. Das HF-Leistungsversorgungssystem kann modular aufgebaut werden. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, die Phase aufgrund einer Information einzustellen, die aus einem Signal, nämlich der reflektierten Leistung, kommt, die selbst keinen Phasenanteil aufweist. Den einzelnen
20 Leistungserzeugungseinheiten kann ein Frequenzsignal und ein Phaseneinstellsignal von der Systemsteuerung vorgegeben werden.

Als ein Signal, das mit der reflektierten Leistung in Beziehung steht, gilt insbesondere auch ein Signal, das den Reflektionsfaktor, die gegebenenfalls komplexe Impedanz der Last oder das Stehwellenverhältnis (VSWR) beschreibt. Werden mehrere Verstärker innerhalb einer Leistungserzeugungseinheit, z.B. um 90° phasenversetzt, betrieben, und wird mit einem
25 Koppler die Ausgangsleistung der Verstärker zu einer Ausgangsleistung der Leistungserzeugungseinheit zusammengeführt, so ist es möglich, aus
30

dem Vergleich des Stromverbrauchs der Verstärker ein Signal zu generieren, das mit der reflektierten Leistung in Beziehung steht. Die ist z.B. in der EP 2 202 776 A1 beschrieben.

- 5 Mit der Phasenlage ist die Phasenbeziehung der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten untereinander gemeint. Am besten ist es vorstellbar, wenn man davon ausgeht, dass alle Leistungserzeugungseinheiten das gleiche Hochfrequenzanregungssignal mit gleicher Phase übermittelt bekommen. Die einzelnen Leistungserzeugungseinheiten können aufgrund unterschiedlicher Durchlaufverzögerungen an ihren Ausgängen Sig-
10 nale aufweisen, die nicht die gleiche Phase aufweisen. Dies ist jedoch häufig unerwünscht. Es könnte alternativ erwünscht sein, dass die Phase der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten nicht gleich ist. Durch gezielte Veränderung der Phase der Ausgangssignale einzelner Leistungs-
15 versorgungseinheiten, d.h. einer Phasenbeziehung zu einer allen Leistungserzeugungseinheiten bekannten Referenzphase, kann die Phase der Ausgangssignale am Ausgang aller Leistungsversorgungseinheiten auf ein vorgegebenes Maß eingestellt werden. Dies bedeutet, dass die Phasendifferenz zwischen den Ausgangssignalen der einzelnen Leistungsversor-
20 gungseinheiten eingestellt werden kann.

- Beim Einschalten des HF-Leistungsversorgungssystems kann insbesondere durch die Systemsteuerung überprüft werden, ob zumindest eine Leistungserzeugungseinheit oder zumindest ein Koppler des HF-
25 Leistungsversorgungssystems ausgetauscht oder hinzugefügt wurden, und die Verfahrensschritte a. bis h. des Anspruch 1 können nur in dem Fall durchgeführt werden, wenn ein solcher Austausch oder ein solches Hinzufügen erkannt wurde.

Als vorgegebenes Ereignis kann eines der Folgenden gewählt werden:

- a. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert weicht weniger als eine vorgegebene Größe von dem Bezugswert ab;
- 5 b. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert hat den Bezugswert über- oder unterschritten;
- c. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert ändert sich in eine vorgegebene Richtung;
- d. eine Differenz zwischen im Schritt 1.f. ermitteltem Wert und
10 Bezugswert unterschreitet nach Wiederholen der in Anspruch 1.g. genannten Schritte einen vorgegebenen Differenzwert;
- e. eine vorgegebene Anzahl von Wiederholungen gemäß Merkmal 1.g. ist erfolgt;
- f. eine mathematische Kombination aus mehreren im Schritt 1.f.
15 ermittelten Werten
 - i. weicht weniger als eine vorgegebene Größe von einem vorgegebenen Referenzwert ab,
 - ii. hat einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschritten,
 - 20 iii. hat sich in eine vorgegebene Richtung verändert.

Gemäß einer Verfahrensvariante kann vorgesehen sein, dass als Bezugswert der Mittelwert der in den Schritten b. und f. des Anspruchs 1 ermittelten Werte bestimmt wird. Beispielsweise kann der Mittelwert der reflektierten Leistungen ermittelt werden. Die Systemsteuerung kann dann versuchen, die erste Leistungsversorgungseinheit auf diesen Wert abzugleichen bzw. alle Leistungsversorgungseinheiten abzugleichen, bis sich überall eine optimale reflektierte Leistung einstellt. Der Mittelwert kann für jeden Durchgang neu berechnet werden oder er kann gespeichert werden
30 und für jeden Durchgang kann auf den gespeicherten Mittelwert abgeglichen werden.

chen werden. Alternativ ist es denkbar, einen Mittelwert hart vorzugeben, insbesondere einen möglichst kleinen Wert für die reflektierte Leistung vorzugeben, und die Frequenz und Phase der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten so einzustellen, dass dieser vorgegebene Wert
5 möglichst gut erreicht wird.

Weiterhin ist es denkbar, dass die Verfahrensschritte c. bis f. oder d. bis f. Des Anspruchs 1 für einzelne oder alle Leistungserzeugungseinheiten
10 mehrmals iterativ durchgeführt werden.

Das Verändern der Frequenz und/oder der Phase der ersten oder einer weiteren HF-Leistungserzeugungseinheit kann dadurch erfolgen, dass der Leistungserzeugungseinheit ein Frequenzsignal und eine Phaseninformati-
15 on vorgegeben werden.

Vorteilhafterweise erfolgt die Einstellung der Phase des Ausgangssignals einer Leistungserzeugungseinheit in der Leistungserzeugungseinheit selbst. Dies bedeutet, dass eine Leistungserzeugungseinheit vorzugsweise
20 eine Phaseneinstellvorrichtung, beispielsweise einen Phasenschieber, aufweist.

Die Ausgangsleistungen der Leistungserzeugungseinheiten können durch einen oder mehrere Koppler zu einer Gesamtleistung gekoppelt werden.
25 Die Phasenlage der Leistungserzeugungseinheiten kann dabei von der Art des Kopplers abhängen, der zur Leistungskopplung verwendet wird. Wird beispielsweise ein 90° Hybridkoppler verwendet, so müssen die Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten, die durch den Koppler gekoppelt werden sollen, einen Phasenversatz von 90° aufweisen.

Wenn die Ausgangsleistungen der oder zumindest einiger Leistungserzeugungseinheiten durch einen oder mehrere Koppler zu einer Gesamtleistung gekoppelt werden, die an eine Last geliefert wird, wird die an der Last reflektierte Leistung von der Last über den oder die Koppler wieder zurück zu den Leistungserzeugungseinheiten geleitet. Dabei wird die reflektierte Leistung in dem oder den Kopplern aufgesplittet. Das gemessene Signal an jeder Leistungserzeugungseinheit ist also nur ein Teil der reflektierten Leistung. Das gemessene Signal steht jedoch mit der von der Last reflektierten Leistung in Beziehung. Hier ist auch zu erwähnen, dass nicht unmittelbar eine an einer Leistungserzeugungseinheit ankommende Leistung, beispielsweise mittels eines Richtkopplers, gemessen werden muss sondern dass auch andere elektrische Größen, wie Strom oder Spannung, die mit der ankommenden Leistung in Beziehung stehen, gemessen werden können.

Vorzugsweise werden die Leistungserzeugungseinheiten mit identischer Vorwärtsleistung betrieben, d.h. alle Leistungserzeugungseinheiten erzeugen an ihrem Ausgang dieselbe Leistung. Vorteilhaft ist demnach ein symmetrisches System. Dies erleichtert die Phaseneinstellung basierend auf Signalen, die mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehen.

Grundsätzlich ist es denkbar, die mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehenden Signale an die Systemsteuerung zu übermitteln und dort auszuwerten. Dies würde jedoch zusätzliche Auswerteeinrichtungen in der Systemsteuerung erfordern, insbesondere, wenn eine Vielzahl von Leistungserzeugungseinheiten an die Systemsteuerung angeschlossen sind. Alternativ ist es daher denkbar, die für die jeweiligen Leistungserzeugungseinheiten mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehenden Signale in den Leistungserzeugungseinheiten zur Ermittlung eines an die Sys-

temsteuerung zu übermittelnden Wertes zu verarbeiten bzw. auszuwerten.

Die Phase kann in jeder Leistungserzeugungseinheit mittels eines dynamisch programmierbaren Logikbaustein als Phaseneinstellvorrichtung oder Bestandteil einer Phaseneinstellvorrichtung eingestellt werden. Beispielsweise kann ein Field Programmable Gate Array (FPGA), ein Application Specific Integrated Circuit (ASIC), eine Verzögerungsleitung (Delayline) oder ein Complex Programmable Logic Device (CPLD) als Logikbaustein eingesetzt werden. Zur Phaseneinstellung können die Gatterlaufzeiten dieser Logikbausteine verwendet werden. Es können auch integrierte Digital Clock Monitors (DCM) verwendet werden. Eine Phaseneinstellvorrichtung kann als Phasenschiebereinheit ausgebildet sein oder eine solche umfassen.

Grundsätzlich sind die Einstellmöglichkeiten von Phasenschiebereinheiten endlich. Das ist insbesondere der Fall, wenn als Phasenschiebereinheit ein Logikbaustein eingesetzt wird. Wenn z.B. bei einer ersten Leistungserzeugungseinheit die Phase nicht weiter einstellbar ist, d.h. eine Phasenschiebereinheit ihre natürliche Grenze erreicht hat, aber eine ausreichende Symmetrierung noch nicht erzielt wurde, dann kann bei dieser oder bei anderen Leistungserzeugungseinheiten die Phase in größeren Intervallen verändert werden. Ein solches größeres Intervall kann z.B. 90° Phasenversatz sein. Danach können alle hier beschriebenen Verfahren weiter angewendet werden. Die Veränderung in größeren Intervallen kann auch von der Phasenschiebereinheit der entsprechenden Leistungserzeugungseinheit erfolgen oder in einem anderen Steuerungselement. Ein geeigneter Logikbaustein (z.B. FPGA, ASIC) kann dabei ein Vielfaches, z.B. das Vierfache der Frequenz, die als Ausgangsleistung der Leistungserzeugungseinheit vorgesehen ist, z.B. mittels einer Phasenregelschleife (Phase-

Locked Loop: PLL) erzeugen. Dieses Vielfache der Frequenz kann mit Logikverknüpfungen für einen solchen Phasensprung genutzt werden.

Die Systemsteuerung kann die Werte für die Frequenz und/oder Phase,
5 die im Verfahrensschritt d. des Anspruchs 1 eingestellt werden, speichern. Somit stehen diese Werte auch für spätere Verfahrensschritte zur Verfügung.

Die Systemsteuerung kann beim Einschalten der Leistungserzeugungsein-
10 heiten voreingestellte oder gespeicherte Werte für die Frequenz und Phase an die Leistungserzeugungseinheiten übermitteln. Dadurch können von der Systemsteuerung Startwerte vorgegeben werden, die dann im Laufe des Verfahrens modifiziert werden können.

15 In den Rahmen der Erfindung fällt auch ein HF-Leistungsversorgungssystem, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einer Systemsteuerung und mehreren HF-Leistungserzeugungseinheiten, wobei die HF-Leistungserzeugungseinheiten mit der Systemsteuerung signaltechnisch verbunden sind, und zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten
20 Messmittel zur Erfassung eines mit der an einer Last reflektierten Leistung, die an der jeweiligen Leistungserzeugungseinheit ankommt, in Beziehung stehenden Signals aufweisen, und das HF-Leistungsversorgungssystem zumindest eine Wertermittlungseinheit zur Ermittlung von Werten, die mit den mit den Messmitteln erfassten Signalen in Beziehung
25 stehen, aufweist, wobei die Systemsteuerung eine mit den HF-Leistungserzeugungseinheiten in Verbindung stehende Ermittlungseinrichtung zur Ermittlung der einzustellenden Phase und/oder der Frequenz von zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten in Abhängigkeit der in der zumindest einen Wertermittlungseinheit ermittelten Werte aufweist. Bei
30 einem solchen System werden keine zusätzlichen Messvorrichtungen zur

Ermittlung der Phasenlage zwischen den Ausgängen der HF-Leistungserzeugungseinheiten benötigt. Das System kann sehr modular aufgebaut werden. Insbesondere können einzelne Komponenten des Systems einfach ausgetauscht werden. Das System kann selbsttätig im Betrieb die Phasenlage zwischen den Ausgängen bzw. den dort ausgegebenen Signalen der HF-Leistungsversorgungseinheiten korrigieren und einstellen. Alternativ ist es denkbar, das erfindungsgemäße Verfahren als Kalibrationslauf von außen, insbesondere manuell, anzustoßen. Wenn die Phasen der Ausgangssignale dann einmal eingestellt sind, können diese im Betrieb beibehalten werden und nicht laufend aktualisiert werden.

Zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten können eine Phaseneinstellvorrichtung aufweisen, die signaltechnisch mit der Systemsteuerung verbunden sind. Vorzugsweise ist in jeder HF-Leistungserzeugungseinheit eine Phaseneinstellvorrichtung vorgesehen. Die Leistungserzeugungseinheiten sind dann jederzeit austauschbar. Derartige HF-Leistungserzeugungseinheiten sind in viele unterschiedliche Systeme mit unterschiedlichen Systemsteuerungen einbindbar. Es wird somit eine verbesserte Modularität erreicht.

20

Die Systemsteuerung kann eine Auswertevorrichtung zum Auswerten der mit den von den Messmitteln erfassten Signalen in Beziehung stehenden Werten aufweist. Dabei können die Werte der Auswertevorrichtung der Systemsteuerung direkt von den Leistungserzeugungseinheiten vorgegeben werden, d.h. die Werte werden dann in den HF-Leistungserzeugungseinheiten ermittelt. Alternativ können die Werte erst in der Systemsteuerung ermittelt werden und dort an die Auswertevorrichtung gegeben werden.

25

Wenn die Werte bereits in den Leistungserzeugungseinheiten ermittelt werden sollen, ist es vorteilhaft, wenn zumindest eine Leistungserzeugungseinheit eine Wertermittlungseinheit aufweist.

- 5 Grundsätzlich ist es denkbar, die Systemsteuerung in einer der Leistungserzeugungseinheiten zu integrieren. Die Modularität des Systems wird dadurch jedoch etwas eingeschränkt. Wenn die Leistungserzeugungseinheit mit der Systemsteuerung ausgetauscht wird, muss auch eine neue Systemsteuerung vorgesehen werden. Der Austausch einzelner Leistungserzeugungseinheiten ist einfacher, wenn eine externe Systemsteuerung vorgesehen ist, d.h. eine Systemsteuerung, die extern zu den Leistungserzeugungseinheiten vorgesehen ist.
- 10

- Um eine Kopplung der Ausgangssignale der einzelnen Leistungserzeugungseinheiten zu ermöglichen ist es vorteilhaft, wenn zumindest ein Koppler zur Kopplung der Ausgangsleistung zumindest zweier Leistungserzeugungseinheiten vorgesehen ist. Die Phase der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten wird dabei vorzugsweise so eingestellt, dass von allen Leistungserzeugungseinheiten in etwa dieselbe Leistung geliefert wird, d.h. dass sich die gekoppelte Ausgangsleistung symmetrisch auf die Leistungserzeugungseinheiten verteilt. Ob und wie gut dies erfüllt ist, kann durch die Messung und Auswertung der mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehenden Signale erfolgen.
- 15
- 20

- 25 Jede Leistungserzeugungseinheit kann eine Phaseneinstellvorrichtung aufweisen. Solche Leistungserzeugungseinheiten sind in hohem Maße modular einsetzbar. Sie können nicht nur in der beschriebenen Weise mit der Systemsteuerung zur Phaseneinstellung eingesetzt werden, sondern auch in anderen Umgebungen oder Anwendungen, in denen eine Phasenverschiebung erforderlich ist.
- 30

Die Phaseneinstellvorrichtung kann einen dynamisch programmierbaren Logikbaustein aufweisen, beispielsweise ein FPGA, ASIC, eine Delayline oder ein CPLD. Dadurch können die Verfahrensschritte voll automatisch im
5 Betrieb durchgeführt werden.

Jede Leistungserzeugungseinheit kann eine Leistungsmesseinrichtung aufweisen. Auch dies fördert die modulare Einsetzbarkeit der Leistungserzeugungseinheit. Eine solche Leistungserzeugungseinheit kann nicht nur in
10 der beschriebenen Weise mit der Systemsteuerung zur Frequenz- und/oder Phaseneinstellung eingesetzt werden, sondern auch ihre Leistung selbst regeln. Die Leistungsmesseinrichtung kann geeignet sein, die reflektierte und/oder die in der Leistungserzeugungseinheit generierte Leistung zu erfassen, kann also als ein vorher genanntes Messmittel die-
15 nen.

Eine Leistungserzeugungseinheit kann aus mehreren Verstärkern oder Invertern aufgebaut sein. Die Phasenlage dieser Verstärker oder Inverter zueinander kann ebenfalls mittels der dynamisch programmierbaren Lo-
20 gikbausteine eingestellt werden. Die mehreren Verstärker oder mehreren Inverter können mehrere Transistoren, z.B. in Form eines Push-Pull-Verstärkers oder einer Klasse D Halb- oder Vollbrückenordnung aufweisen. Die Phasenlage der Transistoren kann ebenfalls mittels der dynamisch programmierbaren Logikbausteine eingestellt werden. In-
25 nerhalb einer Leistungserzeugungseinheit kann ein dynamisch programmierbarer Logikbaustein sämtliche Einstellungen übernehmen.

Jede Leistungserzeugungseinheit kann einen Eingangsanschluss für ein Hochfrequenzanregungsfrequenzsignal aufweisen. Solche Leistungserzeugungseinheiten sind in hohem Maße modular einsetzbar. Sie können nicht
30

nur in der beschriebenen Weise mit der Systemsteuerung zur Frequenz- und/oder Phaseneinstellung eingesetzt werden, sondern auch in anderen Umgebungen oder Anwendungen, in denen eine Frequenzeinstellung erforderlich ist.

5

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigen, und aus den Ansprüchen. Die einzelnen Merkmale können je einzeln für
10 sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination bei einer Variante der Erfindung verwirklicht sein.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird nachfolgend mit Bezug zu den Figuren
15 der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine stark schematisierte Darstellung eines HF-Leistungsversorgungssystems;

20 Fig. 2 ein Flussdiagramm zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Das in der Figur 1 dargestellte HF-Leistungsversorgungssystem 10 umfasst eine Systemsteuerung 11, an die im Ausführungsbeispiel 3 HF-Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 angeschlossen sind. Die HF-Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 umfassen jeweils ein Steuerungsmodul 15, 16, 17 und ein Leistungserzeugungsmodul 18, 19, 20. Die
25 Ausgänge 21, 22, 23 der Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 sind auf einen Koppler 24, auch Combiner genannt, geführt, wo die Ausgangsleistungen der Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 gegebenenfalls
30

phasenabhängig gekoppelt werden. Die gekoppelte Gesamtleistung wird am Ausgang 25 ausgegeben und einer Last, die hier nicht dargestellt ist, zugeführt.

- 5 Die Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 weisen jeweils Messmittel 26, 27, 28 auf, mit denen zumindest die von der Last reflektierte Leistung, die an den Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 ankommt, erfasst werden kann. Vorzugsweise sind die Messmittel 26, 27, 28 als Richtkopp-
10 ler ausgebildet, so dass sowohl eine reflektierte als auch eine Ausgangsleistung der jeweiligen Leistungserzeugungseinheit 12, 13, 14 erfasst werden kann. Die mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehenden Messsignale, die von den Messmitteln 26, 27, 28 erfasst werden, werden an eine Wertermittlungseinheit 29, 30, 31 in den Steuermodulen 15, 16, 17 gegeben. In den Wertermittlungseinheiten 29, 30, 31 werden Werte
15 ermittelt, die dann an die Systemsteuerung 11, insbesondere an eine Ermittlungseinrichtung 32, gegeben werden.

Die Ermittlungseinrichtung 32 ermittelt die einzustellende Phasenlage der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14. Die einzu-
20 stellende Phasenlage wird von der Ermittlungseinrichtung 32 an die Wertermittlungseinheiten 29, 30, 31 gegeben. Die Systemsteuerung 11 ist somit bidirektional signaltechnisch mit den Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 verbunden.

- 25 Die Systemsteuerung 11 weist weiterhin eine Frequenzerzeugungseinheit 33 auf, durch die ein Hochfrequenzanregungsfrequenzsignal vorgegeben wird. Die Frequenzerzeugungseinheit 33 ist mit Phaseneinstellvorrichtungen 34, 35, 36 der Leistungserzeugungseinheiten 12, 13, 14 verbunden. Die Phaseneinstellvorrichtungen 34, 35, 36 können als Phasenschieber,
30 insbesondere als FPGAs, ausgebildet sein. Die Phaseneinstellvorrichtungen

34, 35, 36 verschieben das von der Frequenzerzeugungseinheit 33 vorgegebene Hochfrequenzsignal entsprechend der den Wertermittlungseinheiten 29, 30, 31 vorgegebenen Phasen bzw. Phasenlagen. Am Ausgang der Module 15, 16, 17 liegt somit ein phasenkontrolliertes Hochfrequenzsignal an. Dieses phasenkontrollierte Hochfrequenzsignal wird den HF-Leistungsmodulen 18, 19, 20 zugeführt, wo die jeweiligen HF-Leistungsausgangssignale generiert werden.

In der Figur 2 ist eine Art Flussdiagramm 100 zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens angegeben. Dabei sind in der linken Spalte 101 Aktionen einer Bedienperson oder externe Vorgaben angegeben. In der Spalte 102 sind Aktionen angegeben, die in der Systemsteuerung durchgeführt werden und in der Spalte 103 sind Aktionen der Leistungserzeugungseinheiten angegeben.

Im Schritt 104 kann eine Frequenz und/oder eine Phasenlage der einzelnen Leistungserzeugungseinheiten vorgegeben werden. Im Schritt 105 werden voreingestellte oder gespeicherte Werte für die Frequenz und/oder die Phase an alle Leistungserzeugungseinheiten übermittelt. Entsprechend dieser Werte werden die Leistungserzeugungseinheiten im Schritt 106 mit der vorgegebenen Frequenz und Phase betrieben. Ein Signal, welches mit der von einer Last reflektierten und an einer Leistungserzeugungseinheit ankommenden Leistung in Beziehung steht, wird im Schritt 107 gemessen und optional aufbereitet. Bei der Aufbereitung eines Signals wird beispielsweise ein Wert bestimmt. Im Schritt 108 wird das gemessene Signal oder ein mit dem gemessenen Signal in Beziehung stehender Wert, an die Systemsteuerung übergeben. In der Systemsteuerung wird im Schritt 109 aufgrund der übergebenen Werte aus dem Schritt 108 ein Bezugswert bestimmt oder ausgewählt. Für den Schritt 109 kann durch den Schritt 110 ein fester Bezugswert oder ein variabler Bezugswert vorgegeben werden.

Weiterhin ist es möglich, eine Berechnungsvorschrift für den Bezugswert vorzugeben.

- In Abhängigkeit der Werte und des Bezugswerts wird im Schritt 111 die
- 5 Frequenz und/oder die Phase verändert, die den einzelnen Leistungserzeugungseinheiten vorgegeben wird. Im Schritt 112 werden die Leistungserzeugungseinheiten mit den geänderten Werten für Frequenz und/oder Phase betrieben.
- 10 Im Schritt 113 wird erneut ein mit der reflektierten Leistung in Beziehung stehendes Signal gemessen und optional aufbereitet. Im Schritt 114 wird das Signal oder ein aufbereitetes Signal bzw. ein Wert an die Systemsteuerung übergeben. Im Schritt 115 wird eine Abfrage durchgeführt, ob ein vorgegebenes Ereignis für eine bestimmte Leistungserzeugungseinheit
- 15 eingetreten ist. Ist dies der Fall, dann wird in den Schritt 116 übergegangen und überprüft, ob das Ereignis für alle Leistungserzeugungseinheiten eingetreten ist. Wird auch dies bejaht, werden die aktuellen Werte für Frequenz und/oder Phase bzw. Phasenlage gespeichert.
- 20 Wird die Frage im Schritt 115 mit „nein“ beantwortet, wird im Schritt 118 abgefragt, ob ein fester Bezugswert vorliegt. Wird dies mit „ja“ beantwortet, wird in den Schritt 111 übergegangen. Bei Verneinung dieser Frage wird in den Schritt 109 übergegangen.
- 25 Wurde die Frage im Schritt 116 verneint, wird für eine andere Leistungserzeugungseinheit, für die das Ereignis noch nicht eingetreten ist, was durch den Block 119 angedeutet ist, in den Schritt 118 übergegangen und wird für diese Leistungserzeugungseinheit abgefragt, ob ein fester Bezugswert vorliegt.

Die Einstellung der Frequenz und/oder der Phase der einzelnen Leistungserzeugungseinheiten erfolgt somit ausschließlich durch die Systemsteuerung, ohne dass es eines Eingreifens eines Bedieners bedarf. Wird eine Leistungserzeugungseinheit ausgetauscht, so wird für das System die

5 Phasenlage der Ausgangssignale der Leistungserzeugungseinheiten, insbesondere automatisch, aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens neu eingestellt. Ziel ist es dabei nicht unbedingt, die geringste reflektierte Leistung zu erreichen, sondern eine Gleichverteilung der erzeugten Leistung auf alle Leistungserzeugungseinheiten. Wenn das erreicht ist, befindet sich das System im symmetrischen Zustand, d.h. es wurde der robu-

10 teste und stabilste Arbeitspunkt erreicht. Die Gefahr, dass sich eine Leistungserzeugungseinheit wegen unsymmetrischer Verteilung der reflektierten Leistung abschaltet, ist minimiert oder gar nicht existent.

Der Zustand, in dem eine symmetrische Verteilung der Leistung vorliegt

15 ist gleichzeitig auch der, bei dem bei optimaler Anpassung (50 Ohm) an die Last die kleinste reflektierte Leistung auftritt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Phasenabgleich mehrerer HF-

Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) eines HF-

5 Leistungsversorgungssystems (10) mit den Verfahrensschritten:

a. Messen eines Signals, das mit der an einer Last reflektierten
und an einer ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12 – 14)
ankommenden Leistung in Beziehung steht,

10 b. Übermitteln zumindest eines mit dem gemessenen Signal in
Beziehung stehenden Werts an eine Systemsteuerung (11)
oder Übermitteln des gemessenen Signals an eine System-
steuerung (11) und Ermitteln eines mit dem gemessenen
Signal in Beziehung stehenden Werts in der Systemsteuerung
(11),

15 c. Bestimmen eines Bezugswerts für den Wert der ersten HF-
Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) in der Systemsteuerung
(11) oder Vorgabe eines Bezugswerts für den Wert der ersten
HF-Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) an die Systemsteue-
rung (11),

20 d. Verändern der Frequenz und/oder der Phase des Ausgangssig-
nals der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit (12 – 14),

e. Erneutes Messen eines Signals, das mit der an einer Last re-
flektierten und an der ersten HF-Leistungserzeugungseinheit
(12 – 14) ankommenden Leistung in Beziehung steht,

25 f. Übermitteln eines mit dem im Schritt e. gemessenen Signal in
Beziehung stehenden Werts an die Systemsteuerung (11) oder
Übermittlung des im Schritt e. gemessenen Signals an die
Systemsteuerung (11) und Ermitteln eines mit dem im Schritt
e. gemessenen Signal in Beziehung stehenden Werts in der
30 Systemsteuerung (11);

g. Wiederholen der Schritte c. bis f. oder d. bis f. so lange bis ein vorgegebenes Ereignis eintritt, wobei

h. die Schritte 1.a. – 1.g. für eine oder mehrere weitere Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) durchgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass überwacht wird, in welcher Beziehung, die von der Last reflektierte und jeweils an den HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) ankommenden Leistungen zueinander stehen und eine vorgegebenen Beziehung als vorgegebenes Ereignis gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemsteuerung überwacht, in welcher Beziehung die von der Last reflektierte und jeweils an den HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) ankommenden Leistungen zueinander stehen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgegebene Ereignis indiziert, dass die von der Last reflektierte und jeweils an den HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) ankommenden Leistungen um weniger als einen vorbestimmten Wert voneinander abweichen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als vorgegebenes Ereignis eines der folgenden gewählt wird:

- a. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert weicht weniger als eine vorgegebene Größe von dem Bezugswert ab;
- b. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert hat den Bezugswert über- oder unterschritten;

- c. der im Schritt 1.f. ermittelte Wert ändert sich in eine vorgegebene Richtung;
 - d. eine Differenz zwischen im Schritt 1.f. ermitteltem Wert und Bezugswert unterschreitet nach Wiederholen der in Anspruch 1.g. genannten Schritte einen vorgegebenen Differenzwert;
 - e. eine vorgegebene Anzahl von Wiederholungen gemäß Merkmal 1.g. ist erfolgt;
 - f. eine mathematische Kombination aus mehreren im Schritt 1.f. ermittelten Werten
 - i. weicht weniger als eine vorgegebene Größe von einem vorgegebenen Referenzwert ab,
 - ii. hat einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschritten,
 - iii. hat sich in eine vorgegebene Richtung verändert.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Bezugswert der Mittelwert der in den Schritten 1.b. und 1.f. ermittelten Werte bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verändern der Frequenz und/oder der Phase der ersten oder einer weiteren HF-Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) erfolgt, indem der Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) ein Frequenzsignal und eine Phaseninformation vorgegeben werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung der Phase des Ausgangssignals einer Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) in der Leistungserzeugungseinheit (12 -14) erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsleistungen der Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) durch einen oder mehrere Koppler (24) zu einer Gesamtleistung gekoppelt werden.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Phase in jeder Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) mittels eines dynamisch programmierbaren Logikbausteins eingestellt wird.

10

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass beim Einschalten des HF-Leistungsversorgungssystems (10) insbesondere durch die Systemsteuerung (11) überprüft wird, ob zumindest eine Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) oder zumindest ein Koppler (24) des HF-Leistungsversorgungssystems (10) ausgetauscht oder hinzugefügt wurden, und die Verfahrensschritte 1.a. bis 1.h. nur in dem Fall durchgeführt werden, wenn ein solcher Austausch oder ein solches Hinzufügen erkannt wurde.

15

20

12. HF-Leistungsversorgungssystem (10), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Systemsteuerung (11) und mehreren HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14), wobei die HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) mit der Systemsteuerung (11) signaltechnisch verbunden sind, und zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) Messmittel (26 – 28) zur Erfassung eines mit der an einer Last reflektierten Leistung, die an der jeweiligen Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) ankommt, in Beziehung stehenden Signals aufweisen, und das HF-Leistungsversorgungssystem (10) zumindest eine Wertermittlungs-

25

30

einheit (29 – 31) zur Ermittlung von Werten, die mit den mit den Messmitteln (26 – 28) erfassten Signalen in Beziehung stehen, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemsteuerung (11) eine mit den HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) in Verbindung stehende Ermittlungseinrichtung (32) zur Ermittlung der einzustellenden Phase und/oder der Frequenz von zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) in Abhängigkeit der in der zumindest einen Wertermittlungseinheit (29 – 31) ermittelten Werte aufweist.

13. HF-Leistungsversorgungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei HF-Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) eine Phaseneinstellvorrichtung (34 – 36) aufweisen, die signaltechnisch mit der Systemsteuerung (11) verbunden sind.

14. HF-Leistungsversorgungssystem nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemsteuerung (11) eine Auswertevorrichtung zum Auswerten der mit den von den Messmitteln erfassten Signalen in Beziehung stehenden Werte aufweist.

15. HF-Leistungsversorgungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemsteuerung (11) extern zu den Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) vorgesehen ist.

16. HF-Leistungsversorgungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Koppler (24) zur Kopplung der Ausgangsleistung zumindest zweier Leistungserzeugungseinheiten (12 – 14) vorgesehen ist.

17. HF-Leistungsversorgungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass jede Leistungserzeugungseinheit (12 – 14) eine Phaseneinstellvorrichtung aufweist.

5

18. HF-Leistungsversorgungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Phaseneinstellvorrichtung einen dynamisch programmierbaren Logikbaustein aufweist.

10

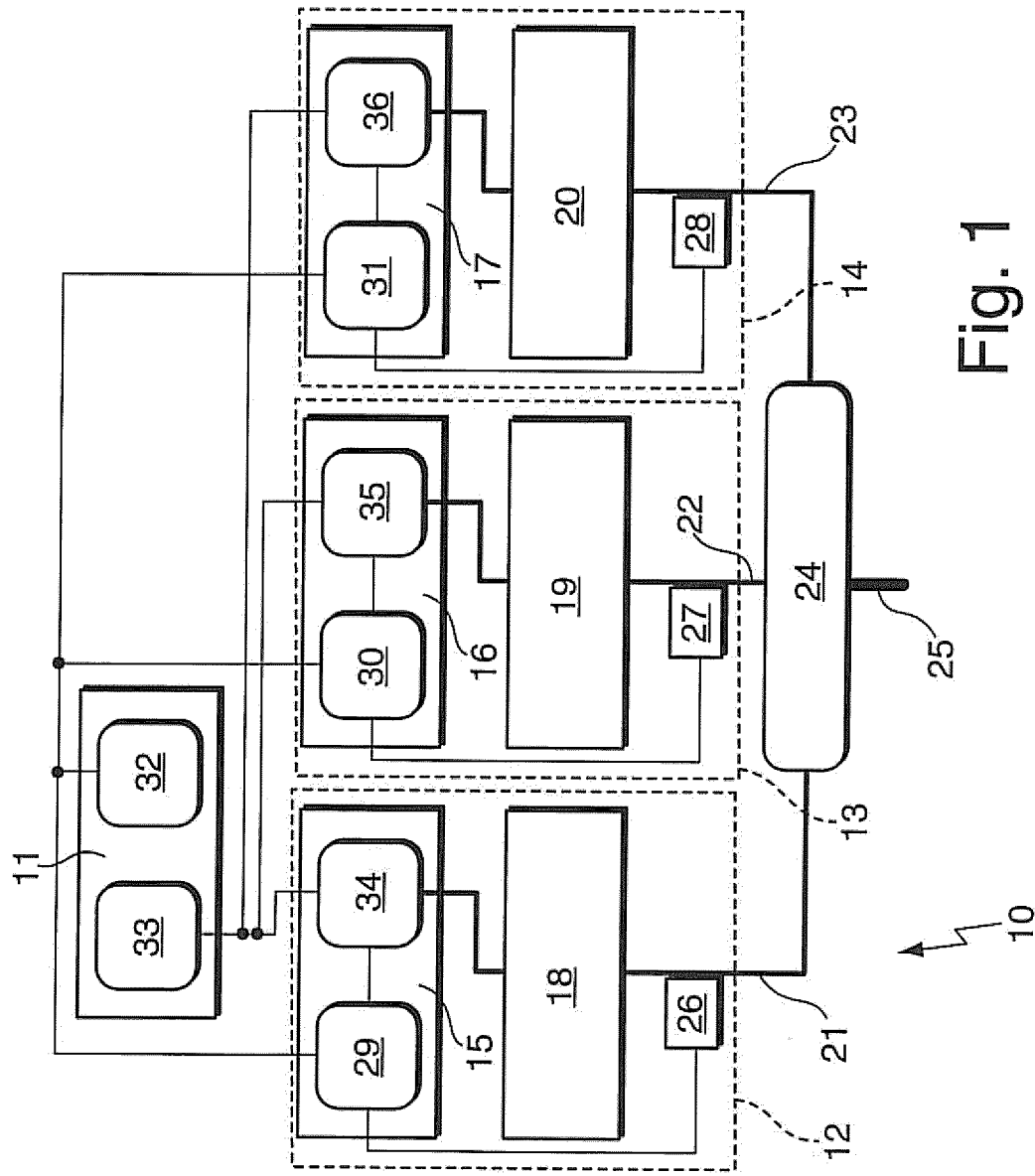


Fig. 1

2 / 2

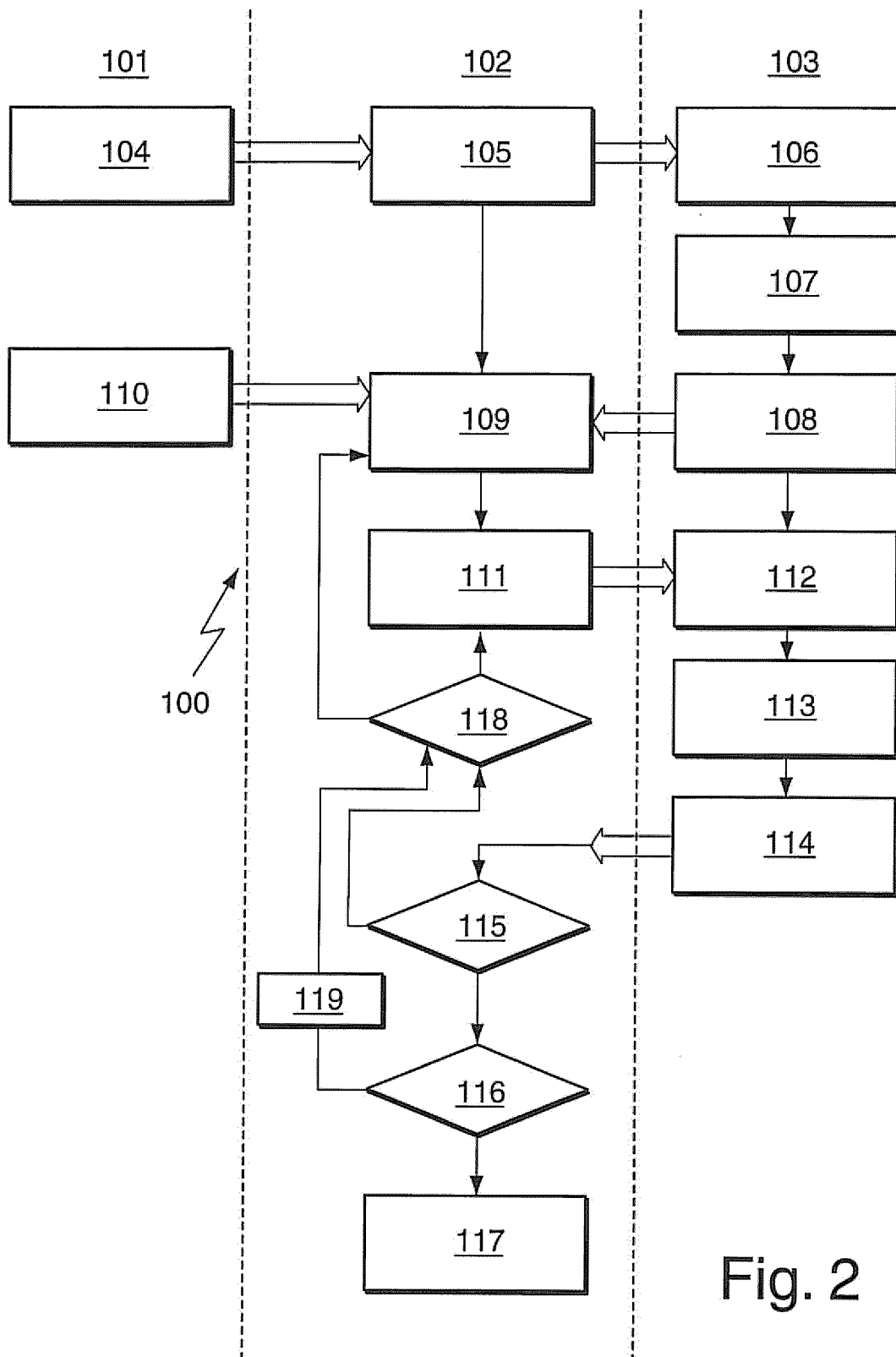


Fig. 2