

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 294/2011
(22) Anmeldetag: 04.03.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2016

(51) Int. Cl.: **H02J 3/38** (2006.01)
H02J 1/12 (2006.01)
H02M 7/23 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

US 6081437 A
US 6081437 A
DE 19620906 A1
DE 19620906 A1
US 5583753 A
US 5177372 A

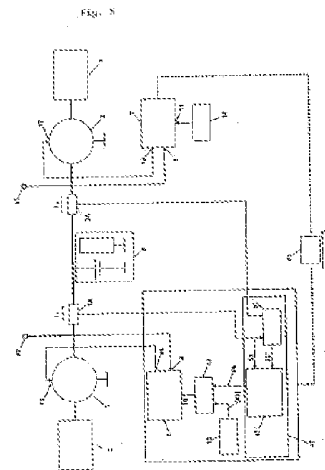
(73) Patentinhaber:
AUSTRO ENGINE GMBH
2700 WIENER NEUSTADT (AT)

(72) Erfinder:
Eidler Hans-Jürgen Ing.,MSc.
2802 Hochwolkersdorf (AT)
Mannsberger Günter Ing.
1170 Wien (AT)
Wöhler Dietmar Bsc.
2781 Waidmannsfeld (AT)
Fritz Gerald Ing.
2831 Warth (AT)

(74) Vertreter:
Sonn & Partner Patentanwälte
WIEN (AT)

(54) **STROMVERSORGUNGSEINRICHTUNG MIT ZUMINDEST ZWEI ENERGIEQUELLEN**

(57) Stromversorgungseinrichtung mit zumindest zwei Energiequellen (1, 2; 1', 2') zur Versorgung eines gemeinsamen Verbraucherkreises (5) mit elektrischer Energie und mit einer Abgleicheinrichtung, die für jede Energiequelle einen Spannungsregler (6, 7) enthält, der einen Sollwert-Vorgabekreis (12) aufweist, wobei der Sollwert-Vorgabekreis (12) zumindest eines Spannungsreglers (6) mit einem für den Abgleich eines zusätzlichen Parameters, z.B. eines Stroms, vorgesehenen zusätzlichen Regler (47), z.B. Stromregler, verbunden ist, welcher mit Sensormitteln (1A, 2A; 45, 46) zur Erfassung der Parameter-Istwerte, z.B. Strom-Istwerte, verbunden und vorgesehen ist, den Sollwert des zumindest einen Spannungsreglers (6) zu modifizieren.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Stromversorgungseinrichtung mit zumindest zwei Energiequellen, die je einen Gleichspannungs-Ausgang zur Versorgung eines gemeinsamen Verbraucherkreises mit elektrischer Energie aufweisen, und mit einer Abgleicheinrichtung, die für jede Energiequelle einen Spannungsregler enthält, der einen Sollwert-Vorgabekreis aufweist.

[0002] In der Technik gibt es immer wieder Situationen, wo aus Sicherheitsgründen ein gemeinsamer Verbraucherkreis durch zwei oder mehr elektrische Energiequellen mit elektrischer Energie zu versorgen ist. Ein Beispiel hierfür sind Generatorsysteme in der Luftfahrt, in Flugzeugen, wobei hier der relevante SAE-Standard einen Parallelbetrieb von mehreren Generatoren, mit einer entsprechenden Lastaufteilung, vorschreibt. Für eine gleichmäßige Lastaufteilung sind entsprechende Last-Abgleichsverfahren im Stand der Technik bekannt bzw. in Verwendung, jedoch können diese bekannten Abgleichsverfahren Störgrößen und Asymmetrien im Generatorsystem nicht kompensieren. Auch weisen die bekannten Abgleichssysteme oft Schwächen im Hinblick auf die Fehlertoleranz auf, abgesehen davon, dass vielfach ein hoher Wartungsaufwand, mit einem häufigen Nachjustieren von Generatorreglern, erforderlich ist.

[0003] Ein mangelhafter Generatorabgleich der Stromversorgung des gemeinsamen Verbrauchers kann in der Folge zu einer thermischen Überlastung des stärker belasteten Generators und weiter zu einer Verkürzung der Lebensdauer dieses Generators führen. Auch können in Flugzeugen die Piloten im Hinblick auf Redundanz und Funktion des einen geringeren Strom liefernden „passiven“ Generators verunsichert werden.

[0004] In Fig. 1 ist eine praktisch in Verwendung befindliche Stromversorgungseinrichtung gezeigt, wie sie in Flugzeugen bei Systemen mit initialem Lastabgleich vorgesehen wird. Es liegt ein Zwillingsgeneratorsystem mit zwei Gleichstrom liefernden Generatoren 1, 2 vor, die auch in der Praxis „Alternator“ genannt werden. Diese Generatoren 1, 2 werden je von einem mechanischen Antrieb 3, 4 drehend angetrieben. Schematisch ist sodann in Fig. 1 ein elektrischer Verbraucherkreis 5 veranschaulicht, der von den beiden Generatoren 1, 2 gemeinsam gespeist wird. Ferner sind zwei unabhängige Spannungsregler 6, 7 vorgesehen, je einer für einen Generator 1, 2, wobei diese beiden unabhängigen Spannungsregler 6, 7 ganz exakt abzugleichen sind, um Anforderungen hinsichtlich Lastverteilung bei bestimmten Betriebspunkten zu erfüllen. Im Einzelnen ist jeder Spannungsregler 6, 7 mit einem nicht näher veranschaulichten Fühler bzw. Abgriff zur Zuführung des Istwerts der vom jeweiligen Generator 1 bzw. 2 abgegebenen Spannung zum zugehörigen Spannungsregler 6 bzw. 7 an einem Istwert-Eingang 8 bzw. 9 zugeordnet. Weiters wird jedem Spannungsregler 6 bzw. 7 an einem Sollwert-Vorgabeeingang 10 bzw. 11 von einem Vorgabekreis 12 bzw. 13 ein Spannungs-Sollwert zugeführt. An einem Ausgang 14 bzw. 15 wird die jeweilige Stellgröße, z.B. die Erregerspannung für den zugehörigen Generator 1 bzw. 2, abgegeben und einem Anschluss 16 bzw. 17 am Generator 1 bzw. 2 zugeführt.

[0005] Mit einem derartigen Lastabgleichssystem ist es schwierig, einen genauen Abgleich herbeizuführen und zu erhalten. Hauptsächlich wird das Generator-Balancing durch folgende Einflüsse beeinträchtigt:

[0006] a) Exemplarstreuungen des Spannungsregler-Sollwerts sind bei diesen Systemen besonders kritisch: es reichen hier bereits kleine Abweichungen, z.B. von weniger als 1% relativ zu einander, aus, um sehr unterschiedliche Lastverteilungen herbeizuführen (z.B. ca. 40 A gegenüber 2,5 A). Dies entspricht den Erfahrungen bei der Reglereinstellung in Flugzeugen, und es handelt sich hier somit um eine sehr sensible Einstellung, die händisch kaum oder nur mühsam durchgeführt werden kann.

[0007] b) Weiters beeinträchtigen unterschiedliche Istwerte der Bordnetzspannung das Generator-Balancing, wobei diese Istwert-Unterschiede zum Beispiel durch unterschiedliche Abgreifpunkte in der Installation verursacht werden können.

[0008] c) Weiters können sich Drehzahlunterschiede in den mechanischen Antrieben und damit bei den Generatoren nachteilig auswirken, wenngleich dies im normalen Flugbetrieb eher unkritisch ist.

[0009] d) Weitere relevante Einflussfaktoren sind Generatortoleranzen, Zuleitungswiderstände etc..

[0010] Beim Stand der Technik sind daher außerordentlich hohe Anforderungen an die Einstellgenauigkeit beim Generatorregler-Abgleich gegeben. Ein initialer Abgleich ist sehr aufwändig und nur für einen bestimmten Betriebspunkt möglich; bei einem anderen Betriebspunkt ergibt sich eine unterschiedliche Generator-Aufteilung. Weiters erweist es sich als notwendig, dass eine Drift des Sollwerts, nämlich über die Lebensdauer, z.B. zufolge von Temperatur etc., kompensiert werden muss. Schließlich ist ein hoher Wartungsaufwand im Hinblick auf den periodischen Reglerabgleich erforderlich.

[0011] Ein weiteres bekanntes System für einen Abgleich von Generatoren einer Stromversorgungseinrichtung für Flugzeuge, nämlich in Form eines Master-Slave-Systems, ist in Fig. 2 gezeigt. Diese ebenfalls bekannte Einrichtung gemäß Fig. 2 entspricht größtenteils jener gemäß Fig. 1. Es wird daher der Einfachheit halber auf die vorstehende Beschreibung verwiesen, und hier nur der einzige Unterschied herausgestrichen, dass nämlich der eine Spannungsregler, z.B. 6, als „Master“ vorgesehen ist, der über eine Kopplungsleitung 18 Ansteuervorgaben an den anderen Spannungsregler, z.B. 7, den „Slave“, abgibt. Es wird demgemäß die Ansteuerung des „Masters“ 6 auf den „Slave“ 7 gespiegelt, sodass der „Slave“ 7 quasi als zweite Endstufe des „Masters“ 6 angesehen werden kann.

[0012] Die Kopplungsleitung 18 zwischen dem Master 6 und dem Slave 7 reduziert jedoch die Zuverlässigkeit des Systems, da elektrische Fehler an der Leitung 18 eine Fehlfunktion des Slave-Generators 2 verursachen können. Beispielsweise kann ein Kurzschluss zu Masse dazu führen, dass der Slave-Generator 2 keine Erregerspannung zugeführt erhält; die Versorgung des Bordnetzes mit Strom, mit entsprechender Regelung, erfolgt dann nur über den Mastergenerator 1. Damit ist aber die Redundanz im System verloren und bei einem Ausfall des verbliebenen einen Generators 1 bricht die Stromversorgung zusammen.

[0013] Im Fall eines Kurzschlusses zur Batterie kann sich eine volle Erregung des Slave-Generators 2 ergeben, wobei eine zu hohe Versorgungsspannung im System die Folge ist, die an sich durch Gleichrichterioden in den Generatoren 1, 2 begrenzt wird. Es besteht in diesem Fall die Gefahr, dass die Generatoren 1, 2 durch Überhitzung der Dioden ausfallen, weiters können Instrumente durch Überspannung ausfallen, und es ergibt sich auch eine Brandgefahr zufolge der Überhitzung der Versorgungsleitung sowie der Gasung der Batterien. Dies kann insgesamt zu einem äußerst kritischen Systemzustand führen.

[0014] Ein weiterer Nachteil dieser bekannten Einrichtung ist, dass eine Überwachung der Kopplungsleitung 18 problematisch ist, da sie zusätzliche Totzeit verursacht, abgesehen davon, dass sie in der Regel eine Implementierung eines μC (Mikrocomputers) erfordert. In Standard-Reglern wird daher eine Überwachung der Kopplungsleitung nicht umgesetzt.

[0015] Aus den vorstehenden Darlegungen ergibt sich auch bereits, dass der „Master“ 6 ebenso wie die Kopplungsleitung 18 sog. „SinglePoint of Failure“-Stellen im System sind, d.h. bei einem Ausfall einer dieser Komponenten fällt das gesamte System aus.

[0016] Ferner ist nachteilig, dass dann, wenn einer der beiden Generatoren vom Netz genommen wird, die Kopplungsleitung 18 durch die Installation unterbrochen werden muss, da ansonsten die Gefahr einer Zerstörung der Generatoren durch einen nicht angepassten Erregerstrom besteht.

[0017] Abgesehen davon wird bei dieser bekannten Einrichtung keinerlei Verbesserung des Last-Abgleichsverhaltens im Vergleich zur Einrichtung gemäß Fig. 1, dem Verfahren mit initialem Abgleich, erzielt, mit der Ausnahme, dass keine Abweichungen in der Sollwert/Istwert-Erfassung und des Regler-Sollwerts möglich sind.

[0018] In der Folge wurde auch bereits vorgeschlagen, den von den Generatoren gelieferten jeweiligen Laststrom zu erfassen und dem jeweiligen Spannungsregler zu dessen Beeinflussung zuzuführen. Weiters wird auf die Kopplungsleitung zwischen den beiden Spannungsreglern durch die Regler eine Spannung aufgeprägt, die dem jeweiligen aktuellen Laststrom entspricht.

[0019] Auch hier kann die Kopplungsleitung die Zuverlässigkeit des Systems reduzieren, da elektrische Fehler in der Kopplungsleitung eine Fehlfunktion des jeweiligen Reglers verursachen könnten.

[0020] Außerdem ist diese Lösung sehr empfindlich gegenüber einem Masse-Versatz zwischen den Reglern, welcher aber aufgrund der räumlichen Trennung zwischen den Reglern bei Twin-Engine-(Zwillingsgeneratoren-)Anwendungen nur schwer vermieden werden kann. Überdies ist die gegebene analoge Schnittstelle durch Funksignale leicht beeinflussbar, sodass bei Benutzung eines Funkgeräts im Flugzeug in bestimmten Frequenzbereichen ein Lastabgleich gestört oder sogar unmöglich gemacht wird. Auch hier werden daher in der Praxis keine besseren Abgleichgenauigkeiten erzielt, verglichen mit dem System gemäß Fig. 1 mit initialem Abgleich.

[0021] In der US 6 081 437 A ist ein Konzept mit zwei Netzteilen beschrieben, bei dem ein zentraler Lastverteiler Lastwerte der Netzteile von entsprechenden Sensoren erhält. Liefert einer der beiden Netzteile mehr Last als der Durchschnittswert, dann wird der betroffene Netzteil zurückgefahren, d.h. es wird seine Ausgangsleistung reduziert, er liefert weniger Leistung in das Netz. Dies erfolgt über einen Mikroprozessor und eine Pulsweitenmodulation der abgegebenen Spannungen. Der Lastverteiler greift dabei auf alle Netzteile im Verbund zu, und zwar sowohl im Fall einer Regelung von zwei Netzteilen als auch bei einer Regelung von mehr als zwei Netzteilen. Weiters offenbart die DE 196 20 906 A1 einen Windenergiepark mit mehreren Windenergieanlagen, wobei die einzelnen Windenergieanlagen mit Gleichrichtern versehen und ihre Ausgänge in einer Parallelanordnung an eine Sammelschiene angeschlossen sind. Ein Leistungsregler wirkt auf die Rotorblätter ein. Ein anderer Ausgang des Leistungsreglers steuert die Gleichrichter der jeweiligen Windanlage an. Hier liegt somit eine Leistungsregelung vor.

[0022] Es ist nun Aufgabe der Erfindung, eine Stromversorgungseinrichtung wie eingangs angegeben vorzuschlagen, mit der eine zuverlässige Lastverteilung zwischen den Energiequellen erreicht werden kann, wobei die Energiequellen von verschiedenster Art sein können, wie etwa direkt regelbare Gleichstromquellen, wie die vorerwähnten Alternatoren, d.h. Lichtmaschinen, aber auch Stromquellen, die über Gleichspannungswandler (DC/DC-Wandler) mit dem gemeinsamen Verbraucherkreis verbunden sind, wie etwa im Fall von Permanentmagnetgeneratoren und dergl.; in diesen Fällen wird die Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers manipuliert. Weiters soll es auch keine systembedingte Einschränkung der Anzahl von abzugleichenden Energiequellen geben.

[0023] Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung eine Stromversorgungseinrichtung wie eingangs angegeben vor, die sich dadurch auszeichnet, dass der Sollwert-Vorgabekreis zumindest eines Spannungsreglers mit einem für den Abgleich eines zusätzlichen Parameters, z.B. eines Stroms, vorgesehenen zusätzlichen Regler, z.B. Stromregler, verbunden ist, welcher mit Sensormitteln zur Erfassung der Parameter-Istwerte, z.B. Strom-Istwerte, verbunden und vorgesehen ist, den Sollwert des zumindest einen Spannungsreglers zu modifizieren.

[0024] Gemäß der vorliegenden Technik wird somit der Spannungs-Sollwert zumindest eines der Spannungsregler im Betrieb im Bedarfsfall modifiziert, genauer kontinuierlich adaptiert, um statische und dynamische Asymmetrien im System zu kompensieren. Dieses Prinzip ist sehr fehlertolerant, da der Sollwert-Versatz für einen Spannungsregler begrenzt werden kann; überdies kann eine verteilte Regelung angewendet werden, d.h. es ist kein Master-Slave-System erforderlich.

[0025] Wie nachfolgend noch näher erläutert werden wird, gibt es in der Wirkkette einer Stromversorgungseinrichtung, wie etwa mit mehreren Stromgeneratoren mit Spannungsregelung, verschiedenste elektrische Parameter, wie etwa die effektive Erregerspannung, den resultie-

renden Erregerstrom, die resultierende Klemmenspannung und insbesondere den resultierenden Laststrom; weiters gibt es eine Anzahl von Einflussgrößen an verschiedenen Stellen der Wirkkette. Die hier vorgeschlagene Abgleichstechnik kann im Prinzip an allen messbaren elektrischen Größen der Regelung angewendet werden, wobei jeweils die Kompensation aller Störgrößen ermöglicht wird, welche in der Wirkkette vor dem ausgewählten Abgleichparameter liegen. Wenn daher der Laststrom abgeglichen wird, werden praktisch alle Störgrößen ausgeglichen, da der resultierende Laststrom am Ende der Wirkkette gegeben ist. Für die Messung bzw. Erfassung der Lastströme sind in diesem Fall zwar zusätzliche Stromsensormittel erforderlich, jedoch wird wie erwähnt die Kompensation aller Störgrößen ermöglicht. Wenn andererseits beispielsweise der jeweilige Erregerstrom gemessen werden soll, so ist dies relativ einfach im jeweiligen Regler möglich, wobei eine Übertragung der Messwerte über eine Kommunikations-Schnittstelle erforderlich ist. In diesem Fall kann jedoch nur ein Teil der Störgrößen kompensiert werden. Letztlich ist es also ein Kompromiss, der zu finden ist, nämlich zwischen der Genauigkeit des Lastabgleichs, den genannten Störgrößen im betrachteten System und den Systemkosten insgesamt. Von der technischen Seite her ist die Erfassung des Laststroms optimal, da dann ein Abgleich aller elektrischen Parameter entlang der Wirkkette möglich wird.

[0026] Die Energiequellen weisen einen Gleichspannungs-Ausgang auf. Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Energiequellen Stromgeneratoren aufweisen, wobei die Stromgeneratoren Gleichstromgeneratoren sein können. Es ist jedoch auch von Vorteil, wenn die Stromgeneratoren Wechselstromgeneratoren, z.B. Synchrongeneratoren, vorzugsweise Permanentmagnetgeneratoren, sind, an die Gleichrichter und Gleichspannungswandler angeschlossen sind.

[0027] Wenn Gleichspannungswandler vorgesehen sind, so können diese den Spannungsregler für die jeweilige Energiequelle enthalten. Der zusätzliche Regler, insbesondere Stromregler, ist dann mit seinem Ausgang an einen Eingang des zugehörigen Gleichspannungswandlers anzuschließen.

[0028] Wie bereits erwähnt erfassen die Sensormittel bevorzugt Laststrom-Istwerte, um so alle Störgrößen in der Wirkkette kompensieren zu können.

[0029] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Stromversorgungseinrichtung für den zusätzlichen Regler Deaktivierungsschaltmittel aufweist, um den zusätzlichen Regler bei unter einem vorgegebenen Schwellenwert liegenden Parameter-Istwerten und/oder bei Detektion von Fehlerzuständen zu deaktivieren. Dies bringt beispielsweise im Fall von Stromsensoren den Vorteil, dass die geringere Genauigkeit der Stromsensoren bei niedrigen Stromstärken (also bei einem Betrieb mit sehr geringer Belastung im Bordnetz) keine Rolle spielt, da dann der Stromregler deaktiviert wird. Eine ähnliche Deaktivierung ist vorgesehen, wenn Fehler in der Installation der Sensoren auftreten, welche dazu führen könnten, dass kein elektrischer Sensor-Fehler erkannt werden kann, allerdings auch kein Strom detektiert wird, etwa wenn der Sensor nicht auf der Versorgungsleitung des Generators montiert wurde.

[0030] Der Stromregler wird also vorzugsweise auch deaktiviert, wenn ein elektrischer Fehler in der Strommessung erkannt wird. Auch dann erfolgt keine Veränderung des Offset-Werts für den Spannungsregler mehr, und es bleibt der herkömmliche Generatorabgleich erhalten, solange sich keine Änderung im System ergibt, die für die Generator-Lastverteilung relevant ist.

[0031] Bevorzugt sind zwei Energiequellen, genauer zwei Stromgeneratoren, im System vorgesehen, und in diesem Fall ist der Spannungsregler, der einem der Stromgeneratoren zugeordnet ist, mit einem zusätzlichen Regler, insbesondere Stromregler, ausgestattet, der mit dem Spannungsregler quasi in Kaskade geschaltet ist, wogegen dem anderen Generator ein herkömmlicher Spannungsregler allein zugeordnet ist. Vor allem in diesem Fall wird bevorzugt, dass der zusätzliche Regler mit zwei Sensormitteln, die den zumindest zwei Energiequellen zugeordnet sind, verbunden ist und vorzugsweise Mittelwertbildungsmittel für die von den zwei Sensormitteln gelieferten Istwerte aufweist.

[0032] Es kann für beide Spannungsregler im System (mit/ohne Strom-Abgleichsregelung) die selbe Hard- und Softwareimplementierung ohne weitere Anpassungen verwendet werden, es ist

nur der eine Spannungsregler mit einem Stromregler, mit Stromsensoren, zu kombinieren. Der Stromregler wird deaktiviert, wenn keine gültige Strominformation bzw. ein sonstiger Fehler vorliegt. Der Spannungsregler arbeitet dann als normaler Spannungsregler.

[0033] Die vorliegende Technik kann aber nicht nur im Fall von zwei Generatoren bzw. Reglern angewendet werden, sondern kann auch bei Einrichtungen mit beliebig vielen Energiequellen bzw. Generatoren eingesetzt werden; es ist demgemäß von Vorteil, wenn im Fall von mehr als zwei Energiequellen mehrere zusätzliche Regler, je einer für eine der Energiequellen, vorgesehen sind, die über eine Kopplungsleitung miteinander verbunden sind, und die je an ein Istwert-Sensormittel angeschlossen sind, wobei über die Kopplungsleitung die Istwerte, bevorzugt zur Mittelwertbildung, ausgetauscht werden.

[0034] Es sei erwähnt, dass anstatt einer exakten Mittelwertbildung bei den Einrichtungen mit zwei oder aber mit mehr Energiequellen auch gewünschtenfalls eine Gewichtung der einzelnen Parameter bzw. Lastströme, somit Energiequellen, vorgesehen werden kann, und in diesem Fall ist es günstig, wenn den einzelnen Energiequellen im zusätzlichen Regler, oder gegebenenfalls in zumindest einem der zusätzlichen Regler, Gewichtungsmittel zur Gewichtung des/der jeweiligen zusätzlichen Parameter(s) zugeordnet sind.

[0035] Auch ist es vorteilhaft, wenn der zusätzliche Regler einen Begrenzer zur Limitierung seines an den Spannungsregler gelegten Ausgangs aufweist. Bei dieser Ausführung wird vermieden, dass möglicherweise durch einen Fehler in der Stromregelung ein sicherheitskritischer Systemzustand erreicht wird.

[0036] Der Stromregler ist beispielsweise ein Regler mit integralem Verhalten, wogegen der Spannungsregler als Regler mit proportionalem Verhalten vorgesehen wird.

[0037] Mit Vorteil kann auch eine „intelligente“ Vorerregungsfunktion implementiert werden, wozu bevorzugt ein in einer Startphase aktiver Testpulsgenerator vorgesehen ist, der an den zugehörigen Stromgenerator Testpulse am Stelleingang liefert, wobei in dieser Startphase der Spannungsregler vom Stromgenerator getrennt oder deaktiviert ist. Bei dieser Ausführungsform werden nach einem Systemstart anstelle eines normalen Spannungsregler-Ausgangssignals Testpulse generiert und abgegeben, wobei die Dauer der Testpulse, beispielsweise im Bereich der Zeitkonstante der Generator-Erregerwicklung liegt. Wenn der Generator während eines aktiven Testpulses mechanisch angetrieben wird, bewirkt der Testpuls eine Ausgangsspannung, welche höher als die Batteriespannung ist. Diese Spannungserhöhung im Verbraucherkreis kann detektiert und zur Umschaltung in den normalen Spannungsreglerbetrieb genutzt werden.

[0038] Die vorliegende Erfindung kann mit besonderem Vorteil in der Luftfahrt, für Twin- und Multi-Alternator-Systeme, eingesetzt werden, aber auch im Fall von anderen Fahrzeugen, etwa militärischen Fahrzeugen, wie gepanzerten Fahrzeugen, weiters für die Regelung und Abgleichung von Generatoren bei Schiffen, insbesondere mit hohem Strombedarf, und weiters ganz allgemein bei Energiequellen, zur Vermeidung von verringertem Energieertrag.

[0039] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, sowie weiters unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Im einzelnen zeigen in der Zeichnung:

[0040] die Fig. 1 und 2 zwei Blockschaltbilder von Stromversorgungseinrichtungen mit Spannungsregelung gemäß Stand der Technik;

[0041] Fig. 3 schematisch eine Wirkkette für den Fall einer Generatorregelung;

[0042] Fig. 4 ein ganz allgemeines Blockschaltbild einer Stromversorgungseinrichtung mit zwei Energiequellen und einem gemeinsamen Verbraucherkreis, wobei jeder Energiequelle ein Spannungsregler in herkömmlicher Weise zugeordnet ist, wobei jedoch einem der Spannungsregler weiters ein zusätzlicher Parameter-Regler zugeordnet ist, um den Sollwert des Spannungsreglers je nach Bedarf laufend zu adaptieren;

- [0043]** Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Stromversorgungseinrichtung, im Wesentlichen aufbauend auf der Einrichtung gemäß Fig. 1, nunmehr jedoch mit Zuordnung eines Stromreglers zu einem der Spannungsregler;
- [0044]** Fig. 6 ein der Fig. 5 vergleichbares Blockschaltbild einer anderen Stromversorgungseinrichtung, bei der Permanentmagnetgeneratoren zur Stromerzeugung eingesetzt sind, denen jeweils ein Gleichrichter sowie ein Gleichspannungswandler nachgeschaltet sind, wobei diese Gleichspannungswandler eine entsprechende Spannungsregelung enthalten;
- [0045]** Fig. 7 mehr im Detail ein Schaltbild eines Spannungsreglers, zur Veranschaulichung der Sollwert-Bildung für den Spannungsregler;
- [0046]** Fig. 8 ein detaillierteres Schema eines Stromreglers für die Sollwertbildung eines derartigen Spannungsreglers gemäß Fig. 7;
- [0047]** Fig. 9 ein Blockschaltbild einer Stromversorgungseinrichtung mit beispielsweise drei Energiequellen, mit entsprechenden Generatorreglern, die über eine Kopplungsleitung miteinander zwecks Informationsaustausch verbunden sind; und
- [0048]** Fig. 10 ein detaillierteres Schaltbild für die Sollwert-Bildung bei einem derartigen Multi-Alternator-System (hier mit vier Alternatoren bzw. Generatoren), zur Adaptierung des Sollwerts des schematisch dargestellten Spannungsreglers.
- [0049]** Die Fig. 1 und 2, die Einrichtungen gemäß Stand der Technik zeigen, wurden bereits vorstehend erläutert, sodass sich eine Wiederholung der Beschreibung erübrigen kann. Ein Vergleich insbesondere der Fig. 5 mit Fig. 1 zeigt jedoch, dass eine derartige Einrichtung Ausgangspunkt für die Anwendung der hier beschriebenen besonderen Abgleichstechnik sein kann.
- [0050]** Bevor nun im Detail auf die vorliegende Abgleichstechnik mit den zusätzlichen Reglern eingegangen werden soll, ist es zweckmäßig, noch einige allgemeine Erläuterungen im Zusammenhang mit einer Generatorregelung und den dabei beispielhaft vorkommenden elektrischen Parametern voranzustellen.
- [0051]** Eine Generatorregelung kann als System mit verschiedenen Eingangs- und Ausgangsgrößen verstanden werden. Einige dieser Größen können gemessen werden, und sie können zum Generatorabgleich verwendet werden.
- [0052]** Fig. 3 zeigt einen beispielhaften Überblick über elektrische Parameter bei einer Generatorregelung und über jeweilige Einflussgrößen.
- [0053]** Im Einzelnen zeigt Fig. 3 eine Wirkkette 20 mit einem Regleralgorithmus 21, einer folgenden Regler-Endstufe 22, die auf eine Erregerwicklung 23 einwirkt, der eine Generator-Übertragungsfunktion 24 folgt, wobei dann das elektrische Versorgungsnetz, der gemeinsame Verbraucherkreis 25 (in Fig. 1 und 2 mit 5 bezeichnet) folgt.
- [0054]** Als Einflussgrößen für die einzelnen Komponenten 21 bis 25 in der Wirkkette 20 sind Reglertoleranzen 26, die auf den Regleralgorithmus 21 einwirken, sodann die Versorgungsspannung 27, die die Regler-Endstufe 22 beeinflusst, weiters beispielhaft Erregerwicklungskennwerte 28, die einen Einfluss auf die Erregerwicklung ausüben, schließlich die Drehzahl und Generatorkennwerte 29 im Zusammenhang mit der Generator-Übertragungsfunktion sowie der Batteriezustand, Lastzustand und Zuleitungswiderstände, in Fig. 3 bei 30 zusammengefasst, im Zusammenhang mit dem Verbraucherkreis 25 dargestellt.
- [0055]** Als Parameter sind beispielhaft die folgenden anzuführen: der Istwert der Versorgungsspannung, der bei 31 dem Regleralgorithmus 21 zugeführt wird; dann das Tastverhältnis, beispielsweise für eine PWM-Ansteuerung (PWM- Puls-weiten-modulation), schematisch bei 32

gezeigt;

[0056] ferner die von der Regler-Endstufe 22 bewirkte effektive Erregerspannung 33;

[0057] - der resultierende Erregerstrom 34;

[0058] - die resultierende Klemmenspannung 35, sowie

[0059] - der resultierende Laststrom 36.

[0060] Die vorliegende Abgleichstechnik kann an allen messbaren elektrischen Größen einer derartigen, vorstehen beispielhaft erläuterten Generatorregelung im Prinzip angewendet werden. Wie erwähnt wird eine Kompensation jener Störgrößen ermöglicht, die in der Wirkkette 20 vor dem ausgewählten Abgleichparameter liegen. Aus Fig. 3 ist dabei sofort zu ersehen, dass bei einem Abgleich des resultierenden Laststroms 36 alle möglichen Einflussgrößen oder Störgrößen (26 bis 30) im Bedarfsfall abgeglichen werden können.

[0061] Für die Messung der Lastströme 36 sind allerdings Strom-Sensormittel zusätzlich erforderlich, wogegen die Messung des jeweiligen Erregerstroms (34 in Fig. 3) relativ einfach im jeweiligen Spannungsregler möglich wäre; dann können aber nur die davor liegenden Einflussgrößen (gemäß Fig. 3 die Größen 26 bis 28) ausbalanciert werden.

[0062] Bevorzugt wird daher aus technischer Sicht die Erfassung des jeweiligen resultierenden Laststroms 36, um so alle elektrischen Parameter entlang der Wirkkette abgleichen zu können, und nachfolgend wird vor allem auf eine derartige Ausführung mit Laststromabgleich, insbesondere anhand der Figuren 5 bis 10, Bezug genommen werden.

[0063] Zuvor soll jedoch noch anhand der Fig. 4 ganz allgemein das Prinzip der vorliegenden Energiequellen-Regelung erläutert werden.

[0064] In Fig. 4 sind ganz schematisch zwei Wirkketten 20 bzw. 20' in Verbindung mit einem gemeinsamen Verbraucherkreis 25 veranschaulicht. Dabei ist jeweils eine Energiequelle 41 bzw. 42 vorgesehen, der ein jeweiliger Spannungsregler 43, 44 zugeordnet ist. Im Schema gemäß Fig. 4 ist weiters zwischen der jeweiligen Energiequelle 41, 42 und dem gemeinsamen Verbraucherkreis 25 schematisch eine mit einem weiteren Parameter verbundene Einheit, beispielsweise die Erregerwirkung 41A, 42A eines Generators der Energiequelle 41 bzw. 42, angeordnet, und zwischen den jeweiligen Einheiten 41/41A bzw. 42/42A ist ein Sensor 45 bzw. 46 als Sensormittel zur Erfassung der dortigen Parameter-Istwerte (also beispielhaft der Istwerte des resultierenden Erregerstroms) angeordnet. Die Ausgänge dieser Sensormittel 45, 46 sind an einen Stromregler 47 gelegt, mit dem der eine Spannungsregler 43 (in Fig. 4 links dargestellt) verbunden ist. Auf Basis der von den Sensormitteln 45, 46 zugeführten Parameter-Istwerte gibt der Stromregler 47 ein Modifikations- oder Korrektursignal, einen Offset-Wert, für dem Spannungs-Sollwert an den Spannungsregler 43 ab, um den Spannungs-Sollwert in einem Sollwert-Vorgabekreis 48 laufend zu adaptieren. An sich wird der Spannungs-Sollwert dem Spannungsregler 43 in üblicher Weise bei 49 zugeführt; in ähnlicher Weise erhält der andere Spannungsregler 44 seinen Spannungs-Sollwert bei 50, wobei dieser Sollwert jedoch nicht laufend adaptiert wird.

[0065] Mit der Adaptierung des Spannungs-Sollwerts, der bei 49 dem einen Spannungsregler 43 zugeführt wird, wird im Bereich der Energiequellen 41, 42 eine derartige Einstellung der Spannung, z.B. Erregerspannung, bewirkt, dass sich dahinter ein gewünschtes Verhältnis der mit den Sensormitteln 45, 46 erfassten Parameter, also im gezeigten Beispiel etwa des Erregerstroms oder aber, wie sodann in Fig. 5 ersichtlich ist, des Laststroms ergibt. In der Regel wird, wenn gleiche Energiequellen vorliegen, auf ein 1:1-Verhältnis der Parameter an den Sensormitteln 45, 46 hin geregelt, d.h. beispielsweise auf eine Laststromsymmetrie oder, gemäß Fig. 4, eine Erregerstromsymmetrie. Es ist jedoch auch möglich, über den Stromregler 47 den Spannungs-Sollwert, der vom Spannungsregler 43 abgegeben wird, so einzustellen/ dass die gewünschten Parameter, also etwa der jeweilige Erregerstrom oder Laststrom, in einem von einer Symmetrie abweichenden Verhältnis eingestellt wird, beispielsweise wenn Energiequellen mit unterschiedlicher Leistungsabgabe vorliegen. Demgemäß können im Stromregler 47 mit

Hilfe von Gewichtungsmitteln 51, bei denen es sich im Fall einer symmetrischen Regelung um Mittelwertbildner 51' handeln kann, vorgesehen sein, sodass die erfassten Parameter Istwerte mit entsprechenden vorgegebenen Gewichtungsfaktoren multipliziert werden können.

[0066] In Fig. 5 ist eine Stromversorgungseinrichtung mit Laststromausgleich gezeigt, die auf der bekannten Einrichtung gemäß Fig. 1 basiert, weshalb in Fig. 5 für entsprechende Komponenten die gleichen Bezugszahlen wie in Fig. 1 verwendet werden. Weiters wird hinsichtlich der Beschreibung der Stromversorgungseinrichtung der mechanischen Antriebe 3, 4, der Alternatoren bzw. Stromgeneratoren 1, 2, des gemeinsamen elektrischen Verbrauchskreises 5 (beispielsweise das elektrische Versorgungsnetz eines Flugzeugs) sowie der Spannungsregler 6, 7 auf die Beschreibung der Fig. 1 verwiesen.

[0067] Zwischen den Generatoren 1 bzw. 2 und dem Verbraucherkreis 5 sind nun als Sensormittel 1A, 2A Stromsensoren in bzw. an der Zuleitung vorgesehen; die Ausgangssignale der Sensormittel 1A, 2A werden als Istwerte für den Laststrom I_1 bzw. I_2 zum Verbraucherkreis 5 einem Stromregler 47 (vgl. auch Fig. 4) zugeführt werden, und zwar konkret einem Strom-Mittelwert-Bildungsmittel 51', um über den Strommittelwert einen Sollwert 52 dem eigentlichen Stromabgleichsregler 47' zuzuführen. Der mit dem Stromsensor 1A erfasste Strom-Istwert wird andererseits als solcher bei 53 dem Stromabgleichsregler 47' direkt zugeführt, wonach der Stromabgleichsregler 47' auf Basis des Sollwerts 52 und des Istwerts 53 einen Korrekturwert für den Spannungs-Sollwert ermittelt, der bei 54 einem Sollwert-Modifikationsmittel 48 zugeführt wird; am anderen Eingang wird diesem Modifikationsmittel 48 vom Kreis 12 der an sich vorgegebene Spannungs-Sollwert bei 49 zugeführt. Die Sollwert-Modifikationsmittel 48 können beispielsweise in der Art eines Summenbildners mit Begrenzung ausgeführt sein, wie nachstehend anhand der Fig. 7 erläutert wird, und der ermittelte Sollwert wird schließlich bei 10 dem Spannungsregler 6 zugeführt.

[0068] In Fig. 5 ist weiters veranschaulicht, dass beispielsweise für Diagnosezwecke und zur Wartung ein Rechner 55, wie etwa ein (Host-) PC, vorgesehen sein kann, der einerseits an die durch den Spannungsregler 6 mit den vorgeschalteten Stromregler 47 gebildete Generatorreglereinrichtung 56 für den einen Generator 1 und andererseits an den Spannungsregler 7 für den anderen Generator 2 angeschlossen ist.

[0069] Weiters sind in Fig. 5 bei 57 bzw. 58 optionale Stromabgriffe, beispielsweise als Versorgung für die Steuerung des mechanischen Antriebs 3 bzw. 4, veranschaulicht.

[0070] Im Betrieb ändert im Bedarfsfall der Spannungsregler 6, und nur dieser, basierend auf den Strom-Messwerten, seine Sollspannung bei 10, wodurch ein Abgleich der Ausgangsströme I_1 bzw. I_2 der beiden Generatoren 1, 2 erreicht wird. Der andere Spannungsregler 7 wird in herkömmlicher Weise betrieben. Eine Kopplungsleitung zwischen den beiden Spannungsreglern 6, 7 kann bei der vorliegenden Konfiguration entfallen.

[0071] Grundsätzlich kann durch die Wahl der Position der Stromsensoren 1A, 2A festgelegt werden, welcher Anteil des jeweiligen Generator-Laststroms abgeglichen wird. Bei einer Montage direkt am Generator-Ausgang werden die Generator-Lastströme abgeglichen. Wird allerdings der jeweilige Sensor nach einem optionalen Abgriff zur Versorgung des Antriebssystems montiert, wie in Fig. 5 gezeigt, dann werden nur die Anteile, welche ins elektrische Versorgungsnetz 5 eingespeist werden, abgeglichen.

[0072] Mit dem Host-PC 55 kann bei Bedarf eine Systemdiagnose sowie eine eventuelle Wartungstätigkeit durchgeführt werden.

[0073] In Fig. 6 ist eine gegenüber Fig. 5 modifizierte Stromversorgungseinrichtung gezeigt, bei der anstelle der Alternatoren 1, 2 von Fig. 5 jeweils eine Einheit mit einem Permanentmagnetgenerator (Synchrongenerator) vorgesehen ist, dem jeweils ein Gleichrichter 60, 61 sowie ein DC/DC-Wandler 62, 63 nachgeschaltet sind. In diesem DC/DC-Wandlern 62, 63 sind in an sich üblicher Weise Spannungsregler enthalten, die als Spannungsregler für die Ausgangsspannung der jeweiligen Energiequelle/Wirkkette 20 bzw. 20' regeln.

[0074] Dem einen DC/DC-Wandler 62 ist wiederum, ähnlich wie in Fig. 5, ein Stromabgleichsregler 47' mit den zugehörigen Schaltkreisen 51' und 48, wie anhand der Fig. 5 beschrieben, vorgeschaltet, sodass sich hier eine neuerliche Beschreibung dieser Komponenten erübrigen kann. Auch hier wird die Soll-Ausgangsspannung des einen DC/DC-Wandlers 62 laufend adaptiert, analog zu der anhand der Fig. 5 beschriebenen Sollwert-Adaptierung für die Alternatoren 1, 2, um so einen Lastabgleich zwischen dem Permanentmagnetgeneratoren 1', 2' zu erreichen. Auf diese Weise wird die jeweilige Ausgangsspannung der Generatoren 1' bzw. genauer dieser Spannung nach Gleichrichtung und Wandlung mit den Wandlern 62, 63 an die gewünschte Versorgungsspannung für den Verbraucherkreis 5 angepasst.

[0075] In Fig. 7 ist mehr im Detail die Sollwert-Bildung des Spannungsreglers 6 gemäß Fig. 5 veranschaulicht, wobei zusätzlich auch eine „intelligente“ Vorerregungsfunktion implementiert ist.

[0076] Soweit Entsprechung gegeben ist, ist für Komponenten in Fig. 7, die Komponenten in Fig. 5 entsprechen, die jeweilige Bezugszahl aus Fig. 5 auch in Fig. 7 verwendet worden.

[0077] In Fig. 7 sind die beiden Stromsensoren 1A, 2A ersichtlich, in deren Signalpfad im gezeigten Ausführungsbeispiel nunmehr Gewichtungsmittel 65, 66 angeordnet sind, um die Istwerte der Stromsensormittel 1A, 2A gewünschtenfalls mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren multiplizieren zu können. Die Ausgänge der beiden Gewichtungsmittel 65, 66 sind an Eingänge eines Addierers 67 gebildet, dessen Ausgang weiters einem Eingang eines Multiplikators 68 zugeführt wird. Am anderen Eingang erhält der Multiplikator 68 von Vorgabemitteln 69 einen Faktor 0,5 zugeführt, um so eine (gewichtete) Mittelwertbildung der beiden Laststrom-Istwerte als Sollwert 52 am Eingang des Stromabgleichsreglers 47' zu erhalten. Einem anderen Eingang dieses Stromabgleichsreglers 47' wird bei 53 der eine Laststrom-Istwert, der mit dem Stromsensor 1A erfasst wurde, nach Gewichtung zugeführt. Im Strom(abgleichs)regler 47' wird dann ein geeigneter „Offset“ für den Sollwert des Spannungsreglers 6 ermittelt.

[0078] Das Ausgangssignal des Addierers 67 wird außer dem Multiplikator 68 auch einer Freischaltungseinheit 70 mit Hysterese zugeführt, um die Freischaltung der Offset-Bestimmung im Stromregler 47' nur bei Summen-Lastströmen zu bewerkstelligen, die größer als ein vorgegebener Schwellenwert sind. Das Ausgangssignal dieser Freischaltungseinheit 70 wird ebenso wie das Ausgangssignal des eigentlichen Stromreglers an einen Multiplizierer 71 gelegt, der insofern als „Gatterschaltung“ zum Durchschalten des Offset-Signals am Ausgang des Stromreglers 47' zum Spannungsregler 6 bzw. einem diesem vorgeschalteten Addierer 72 fungiert. An einem dritten Eingang erhält der Multiplizierer 71 von einem Fehlerdetektor 73 ein Signal betreffend Detektierung von Fehlerzuständen zugeführt, um die Stromregelung im Fall derartiger Fehlerzustände zu deaktivieren. In ähnlicher Weise wirkt die Freischaltungseinheit 70 als Deaktivierungsschaltung für die Stromregelung bei Summenlastströmen, die kleiner als der vorgegebene Schwellenwert sind.

[0079] Im Addierer 72 wird der Offset-Wert 54, den die Stromregelung produziert, zum Basis-Spannungs-Sollwert 49 addiert, und der so adaptierte Spannungs-Sollwert wird dem Spannungsregler 6 am Sollwert-Eingang zugeführt. Am Istwert-Eingang erhält der Spannungsregler 6 den Spannungs-Istwert 8 zugeführt.

[0080] Am Ausgang 14 des Spannungsreglers 6 wird die Stellgröße für die Erregung des Generators (1 in Fig. 5) erhalten.

[0081] Der eigentliche Stromabgleichsregler 47', der in Fig. 7 durch einen Block veranschaulicht ist, ist mehr im Detail in Fig. 8 gezeigt. Der gewichtete Sollwert-Laststrom 52 sowie der gewichtete Istwert-Laststrom 53 werden einem Subtrahierglied 74 zugeführt, dessen Ausgang in einem Verstärker 75 verstärkt und sodann einem Integrator 76 mit Ausgangslimitierung zugeführt wird. Am Ausgang dieses Integrators 76 wird dann der jeweilige Offset-Wert 54 für die Anpassung des Spannungs-Sollwerts erhalten.

[0082] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 7 ist weiters wie bereits angedeutet noch eine intelligente Vorerregungsfunktion implementiert, die einen Taktimpuls-Generator 80 umfasst,

dessen Taktpulse nach einem Systemstart einem Umschalter 81 zugeführt wird, dessen Ausgang dann die jeweilige Reglerstellgröße, entweder den Sollwert 14 oder die Taktpulse des Generators 80, führt.

[0083] Um zu erkennen, ob eine Startphase vorliegt, wird die Ist-Spannung 8 weiters, abgesehen davon, dass sie dem Istwert-Eingang dem Spannungsregler 6 zugeführt wird, auch einem Vergleicher 82 zugeführt, an dessen anderem Eingang mittels einer Vorgabeeinheit 83 eine Spannungsschwelle für die Erkennung des Zustands „Motor läuft“ angelegt wird. Der Ausgang des Vergleichers 82 ist an einen Reset-Eingang eines S-R-Flip-Flops 84 gelegt, dessen Q-Ausgang zur Betätigung des Umschalters 81 dient.

[0084] Auf diese Weise werden nach einem Systemstart anstelle des gegebenenfalls adaptierten Spannungsregler-Ausgangssignals 14 Testpulse s80 des Generators 80 abgegeben; diese kurzen Testpulse s80, mit einer Dauer etwa im Bereich der Zeitkonstante der Erregerwicklung des Generators 1, werden periodisch ausgegeben, und wenn der Generator 1 während eines aktiven Testpulses mechanisch angetrieben wird, bewirkt der Testpuls eine Ausgangsspannung, die bei 8 dem Spannungsregler 6 zugeführt wird.

[0085] Abschließend sollen anhand der Fig. 9 und 10 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Stromversorgungseinrichtung beschrieben werden, bei denen ähnlich wie bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen insbesondere eine Laststrom-Balancierung erfolgt, bei denen jedoch mehr als zwei Generatoren bzw. Alternatoren (in Fig. 9 drei Alternatoren, in Fig. 10 vier Alternatoren) vorgesehen sind, die an ein gemeinsames Versorgungsnetz, einen gemeinsamen Verbraucherkreis 5, angeschlossen werden. Selbstverständlich sind aber auch Ausführungen mit mehr als drei bzw. vier Generatoren denkbar.

[0086] Bei diesen Ausführungsformen werden alle jeweiligen Generator-Lastströme mit Hilfe von Strom-Sensormitteln erfasst und einem jeweiligen Regelkreis zugeführt. Ähnlich wie im Fall der bekannten Einrichtung gemäß Fig. 2 ist auch gemäß Fig. 9 ersichtlich eine Kopplungsleitung 18' vorgesehen, um systemweit die Information betreffend Laststrom-Istwerte zu verteilen, wobei als Kopplungsleitung 18' beispielsweise ein Datenbus dienen kann, der bei der Ausführungsform gemäß Fig. 10 zwar nicht veranschaulicht, jedoch vorausgesetzt ist. Für den Spannungsregler-Offset-Wert wird dann eine Konvergenzfunktion berechnet. Im Gegensatz zur bekannten Einrichtung gemäß Fig. 2 kann hierbei jedoch durch die bereits beschriebene Limitierung des Stromreglerausgangs verhindert werden, dass ein elektrischer Fehler an der Kopplungsleitung 18' die anderen Generatorreglereinrichtungen sicherheitsrelevant beeinflusst.

[0087] In Fig. 9 sind drei Alternatoren 1.1, 1.2 und 1.3 gezeigt, wobei wie erwähnt aber auch mehr Alternatoren 1.i vorhanden sein können (i=1, 2, 3,...). Den Generatoren 1.1 etc. sind wiederum entsprechende mechanische Antriebe 3.1, 3.2 bzw. 3.3 usw. zugeordnet, und ausgangsseitig sind Strom-Sensormittel 1A.1, 1A.2, 1A.3 usw. vorgesehen, um Strom-Istwerte bei 53 einer jeweiligen Generatorreglereinrichtung 56.1, 56.2 bzw. 56.3 usw. zuzuführen. Weiters wird der jeweiligen Generatorreglereinrichtung 56.i (i kurz für 1, 2, 3 usw.) der Istwert der Spannung bei 8 zugeführt, und am Ausgang wird die Stellgröße 14 für die Erregerwicklung 16 abgegeben. Diese Eingänge bzw. Ausgänge sind in Fig. 9 der Einfachheit halber nur für den gemäß der Darstellung in Fig. 9 obersten Generator 1.1 bezeichnet, liegen aber in analoger Weise für die anderen Generatoren bzw. Generatorreglereinrichtungen vor.

[0088] Weiters sind alle Generatorreglereinrichtungen 56.i untereinander durch die Kopplungsleitung 18' miteinander verbunden. Über diese Kopplungsleitung 18' werden alle Generatorreglereinrichtungen 56.i über die jeweiligen Reglerinformationen der anderen Generatorreglereinrichtungen informiert, d.h. es liegt beispielsweise in der Generatorreglereinrichtung 56.1 nicht nur die Strom-Istwert-Information über den Strom I_1 vor, sondern auch der Istwert des Stroms I_2 ebenso wie der Istwert des Stroms I_3 . Diese Ströme I_1 , I_2 , I_3 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 wieder die Lastströme, die aufsummiert dem Verbraucherkreis 5 zufließen.

[0089] Auf analoge Weise wie vorstehend bereits anhand der Fig. 7 und 8 erläutert wird auch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 ein jeweiliger adaptierter Spannungs-Sollwert bei 14 von

den einzelnen Generatorreglereinrichtungen 56.i abgegeben, um so eine Ausbalancierung der Generator-Lastströme I_1, I_2, I_3 im Zuge der Regelung zu erzielen. Ein Beispiel hierfür wird nachfolgend anhand der Fig. 10 noch mehr im Detail erläutert.

[0090] Auch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 ist beispielsweise wiederum ein Rechner 55 für Diagnose- und Wartungszwecke vorgesehen.

[0091] Die Ausführungsform gemäß Fig. 10, die mehr im Detail die Sollwertbildung für ein derartiges Multi-Alternator-System, hier mit vier Generatoren, veranschaulicht, entspricht größtenteils der Schaltungsausführung gemäß Fig. 7, sodass hinsichtlich jener Komponenten und Funktionen, die für Fig. 10 gleich sind wie für Fig. 7, der Einfachheit halber auf die Beschreibung von Fig. 7 zu verweisen ist.

[0092] Anders als bei der Ausführungsform gemäß Fig. 7 liegen beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10 eingangsseitig mehrere Laststrom-Istwerte, z.B. I_1, I_2, I_3 und I_4 , vor. Ähnlich wie im Beispiel der Fig. 7 werden diese Laststrom-Istwerte jeweiligen Gewichtungsmitteln 90.i, mit i ist gleich 1, 2, 3, 4, zugeführt, um gewünschtenfalls die jeweiligen Istwerte I_i in Entsprechung zu den jeweiligen Generatortypen zu gewichten. Bei Verwendung von identen Generatoren sind die Gewichtungsfaktoren der Gewichtungsmittel 90.i bevorzugt 1.

[0093] Die so gegebenenfalls gewichteten Laststrom-Istwerte werden sodann paarweise Addieren 91.1 bzw. 91.2 zugeführt, deren Ausgänge wiederum einem Addierer 91.3 zugeführt werden, dessen Ausgang einen Multiplizierer 68' zugeführt wird. Hier wird der Ausgangswert des Addierers 91.3 mit einem entsprechenden Mittelungsfaktor, hier 0,25, also ein Viertel, entsprechend den vier Generatoren bzw. Laststrom-Istwerten, multipliziert, um schließlich den Laststrom-Sollwert 52 zu erhalten, der dem eigentlichen Stromregler 47' zugeführt wird. Andererseits wird der beispielsweise erste Laststrom-Istwert 53 (dies im Fall der ersten Generatorreglereinrichtung 56.1; im Fall der anderen Generatorreglereinrichtungen werden die jeweils zugehörigen anderen Laststrom-Istwerte verwendet) zugeführt, und am Ausgang wird wiederum ein gewünschter Offset-Wert für den Sollwert für den (jeweiligen) Spannungsregler 6 erhalten.

[0094] Die Komponenten 70, 71 und 72 entsprechen wiederum jenen gemäß Fig. 7, sodass sich eine Wiederholung der Beschreibung hiervon erübrigen kann. Es sei nur kurz erwähnt, dass mit Hilfe des Multiplizierers 71 und des Addierers 72 die endgültige Spannungs-Sollgröße 20 erhalten wird, wogegen dem anderen Eingang des Spannungsreglers 6 die Ist-Spannung 8 zugeführt wird. Auch hier liegen wiederum Deaktivierungsmittel für den Stromregler 47' vor, wie beispielsweise in Form der mit einer Hysterese behafteten Offset-Freischaltungseinheit 70, die bei Summen-Lastströmen kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert den jeweiligen Stromregler 47' deaktiviert; und eine ähnliche Deaktivierung erfolgt dann, wenn vom Detektor 73 ein Fehlerzustands-Signal gemeldet wird.

[0095] Bei einer derartigen Ausbildung wie in Fig. 9 und 10 veranschaulicht wird ein geringer Installations- und Verkabelungsaufwand ermöglicht.

[0096] Als Sensormittel für die jeweiligen Parameter, z.B. den Erregestrom oder den Laststrom, können herkömmliche Sensoren Anwendung finden, wie etwa im Fall von Stromsensoren: Hallsensoren, Shunts (Nebenschlusswiderstände), aber auch induktive Sensoren etc.

[0097] Mit der vorliegenden Technologie ergeben sich beispielsweise die folgenden Vorteile, insbesondere bei einem Vergleich gegenüber den bekannten Lösungen:

es ist keine Einstellung von Spannungsregelung/Strom-Balancing bei der Neuinstallation sowie bei Wartung oder Komponententausch notwendig (im Gegensatz zu initialen Abgleichsverfahren)

es gibt keine Drift des Strom-Balancing über die Lebensdauer/Temperatur/Drehzahl etc.

alle Störgrößen hinsichtlich des Last-Abgleichs sind kompensierbar

es erfolgt eine schnelle Störgrößenkompensation

die Strom-Regelung ist ausfallsicher und fehlertolerant

ein Gleichteile-Konzept in der Fertigung für Spannungsregler und Spannungsregler mit integriertem Stromregler, ist möglich (identische HW- und SW; es ist kein zusätzlicher Stromregler nötig)

das Konzept auf andere Hilfsgrößen (z.B.: Erregerstrom anstatt Generator-Laststrom) anwendbar; dadurch ist eine Optimierung: Systemkosten zu Regelgüte möglich

ein Abgleich ist auch bei unterschiedlichen Generator-Drehzahlen möglich (z.B. bei anderen Anbauorten von Generatoren)

ein Abgleich von unterschiedlich leistungsfähigen Generatortypen ist möglich (d.h. kein Abgleich des absoluten Laststroms, sondern der relativen Belastung), und zwar durch Einsatz von Gewichtungsfaktoren

ein Abgleich ist sogar bei einem Misch-Verbau von herkömmlichen Techniken und dem vorgeschlagenem Konzept möglich

ein Abgleich von unterschiedlichen Laststromanteilen ist möglich (je nach Verbauort der Stromsensoren)

das Konzept ist einfach erweiterbar auf Multi-Engine- bzw. Multi-Alternator-Anwendungen (z.B. zwei Generatoren pro Motor aus Redundanzgründen), s. auch Fig. 9 und 10.

[0098] Die beschriebene Technik ermöglicht die Umsetzung weiterer funktionaler Anforderungen, wie z.B.:

Begrenzung des Erregerstroms (durch Kennfelder bzw. Erregerstromregelung)

Erkennung der Motordrehzahl

Intelligente Vorerregung in Kombination mit Bordnetz-Spannungsüberwachung

Vorerregung des Generators und Messung der entstehenden Phasenspannung (ein zusätzlicher Generatorpin ist nötig)

Auswertung von Informationen des Motorsteuergeräts (über PWM-Schnittstellen, CAN-Anbindung o.ä.)

Auswertung von Cockpit-Schalterstellungen (Engine Master; Start-Schalter)

Verwendung und Auswertung einer expliziten Sense-Leitung zur Ist-Spannungs-Erfassung (höhere Genauigkeit und Güte der Spannungsregelung)

Kommunikation mit dem Host-PC 55:

Für Diagnosezwecke (Status- und Fehlerinformation)

In-system-programming für Software-updates

Verbesserte Diagnosefunktionalität.

[0099] Wenn die Erfindung vorstehend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert wurde, so sind doch selbstverständlich im Rahmen der Erfindung weitere Abwandlungen und Modifikationen möglich. So ist es selbstverständlich denkbar, auch bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 9 und 10 eine derartige intelligente Vorerregungsfunktion wie vorstehend anhand der Fig. 7 erläutert zu implementieren. Weiters können, ausgehend von den Ausführungsformen gemäß Fig. 9 und 10, auch noch mehr Energiequellen bzw. Generatoren mit entsprechenden Reglereinrichtungen in einer Parallelanordnung an einen gemeinsamen Verbraucherkreis eingeschaltet werden. Weiters ist es beispielsweise unter Hinweis auf die Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 7 und 10 auch denkbar, den Faktor-Vorgabebereich 69 bzw. 69' bei entsprechender Bemessung der Gewichtungsfaktoren 65/66 bzw. 90.1 bis 90.4 wegzulassen; in diesem Fall müssten die Gewichtungsfaktoren derart bemessen sein, dass sie in Summe immer 1 ergeben, wobei weiters durch die Gewichtungsfaktoren selbst die jeweilige Stromabnahme berücksichtigt wird. Im Fall von vier Gewichtungsfaktoren zu je 0,25 wäre eine gleichmäßige Stromverteilung gegeben; bei Gewichtungsfaktoren von z.B. 0,3; 0,3; 0,2; und 0,2 wird eine von einer derartigen gleichmäßigen Stromverteilung unterschiedliche Stromverteilung berücksichtigt.

Patentansprüche

1. Stromversorgungseinrichtung mit zumindest zwei Energiequellen (1, 2; 1', 2'), die je einen Gleichspannungs-Ausgang zur Versorgung eines gemeinsamen Verbraucherkreises (5) mit elektrischer Energie aufweisen, und mit einer Abgleicheinrichtung, die für jede Energiequelle einen Spannungsregler (6, 7) enthält, der einen Sollwert-Vorgabekreis (12) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sollwert-Vorgabekreis (12) zumindest eines Spannungsreglers (6) mit einem für den Abgleich eines zusätzlichen Parameters, z.B. eines Stroms, vorgesehenen zusätzlichen Regler (47), z.B. Stromregler, verbunden ist, welcher mit Sensormitteln (1A, 2A; 45, 46) zur Erfassung der Parameter-Istwerte, z.B. Strom-Istwerte, verbunden und vorgesehen ist, den Sollwert des zumindest einen Spannungsreglers (6) zu modifizieren .
2. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energiequellen (1, 2) Stromgeneratoren aufweisen .
3. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stromgeneratoren (1, 2) Gleichstromgeneratoren sind.
4. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stromgeneratoren (1', 2') Wechselstromgeneratoren z.B. Synchrongeneratoren, vorzugsweise Permanentmagnetgeneratoren, sind, an die Gleichrichter (60, 61) und Gleichspannungswandler (62, 63) angeschlossen sind.
5. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gleichspannungswandler (62) den Spannungsregler aufweist.
6. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensormittel (1A, 2A) Laststrom-Istwerte erfassen.
7. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 gekennzeichnet durch Deaktivierungsschaltmittel (70, 73) für den zusätzlichen Regler (47), zu dessen Deaktivierung bei unter einem vorgegebenen Schwellenwert gelegenen Istwerten und/oder bei Detektion von Fehlerzuständen.
8. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass der zusätzliche Regler (47) mit zumindest zwei Sensormitteln (1A, 2A), die den zumindest zwei Energiequellen (1, 2) zugeordnet sind, verbunden ist und vorzugsweise Mittelwertbildungsmittel (51; 51') für die von den zumindest zwei Sensormitteln gelieferten Istwerte aufweist.
9. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Fall von mehr als zwei Energiequellen (1.1, 1.2, 1.3,...) mehrere zusätzliche Regler (47), je einer für eine der Energiequellen (1.i), vorgesehen sind, die über eine Kopplungsleitung (18') miteinander verbunden sind, und die je an ein Istwert-Sensormittel (1A.i) angeschlossen sind, wobei über die Kopplungsleitung die Istwerte, bevorzugt zur Mittelwertbildung, ausgetauscht werden.
10. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 **dadurch gekennzeichnet**, dass den einzelnen Energiequellen (1, 2) im zusätzlichen Regler (47), oder gegebenenfalls in zumindest einem der zusätzlichen Regler, Gewichtungsmittel (65, 66) zur Gewichtung des/der jeweiligen zusätzlichen Parameter(s) zugeordnet sind.
11. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zusätzliche Regler (47) einen Begrenzer (48) zur Limitierung seines an den Spannungsregler (6) gelegten Ausgangs aufweist.
12. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stromregler (47) ein I-Regler ist.
13. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spannungsregler (6) ein P-Regler ist.

14. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein in einer Startphase aktiver Testpulsgenerator (80) vorgesehen ist, der an den zugehörigen Stromgenerator (1) Testpulse (s80) am Steileingang liefert, wobei in dieser Startphase der Spannungsregler (6) vom Stromgenerator (1) getrennt oder deaktiviert ist.

Hierzu 10 Blatt Zeichnungen

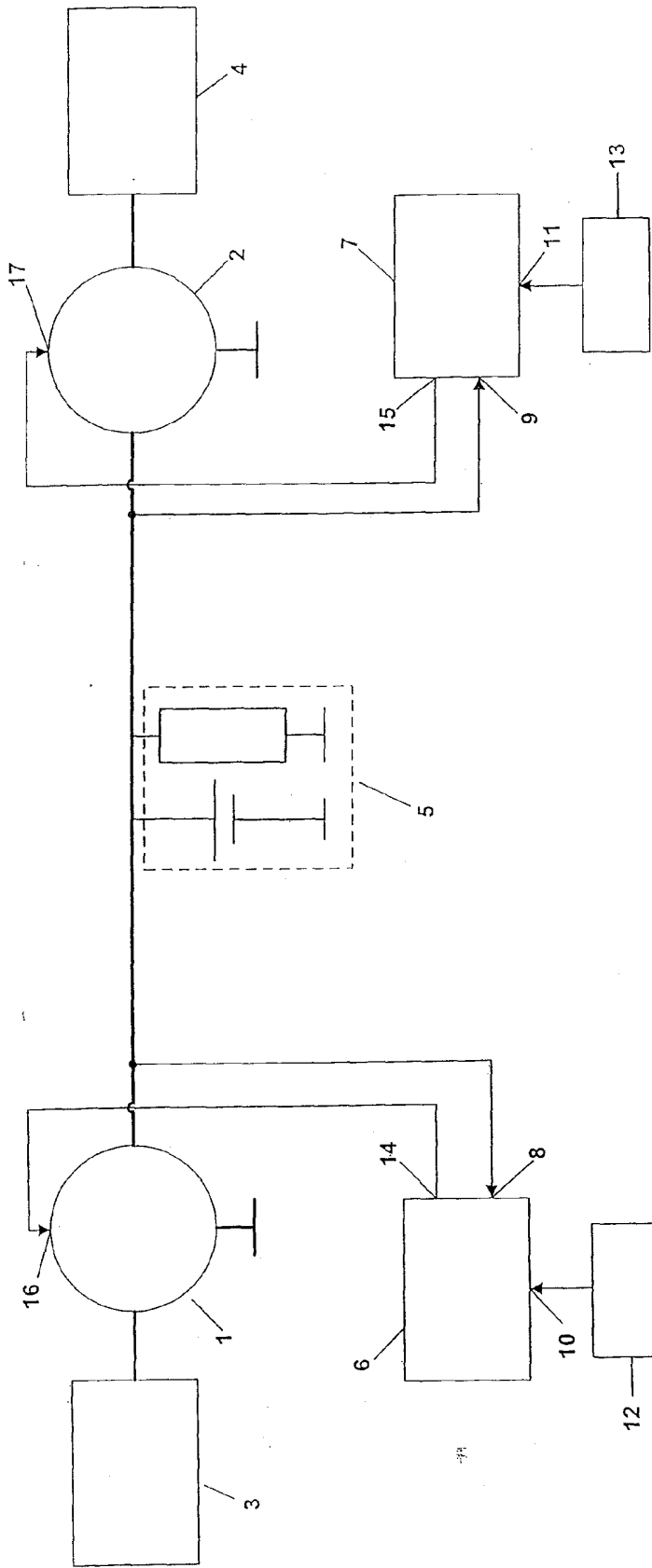


Fig. 1

Fig. 2

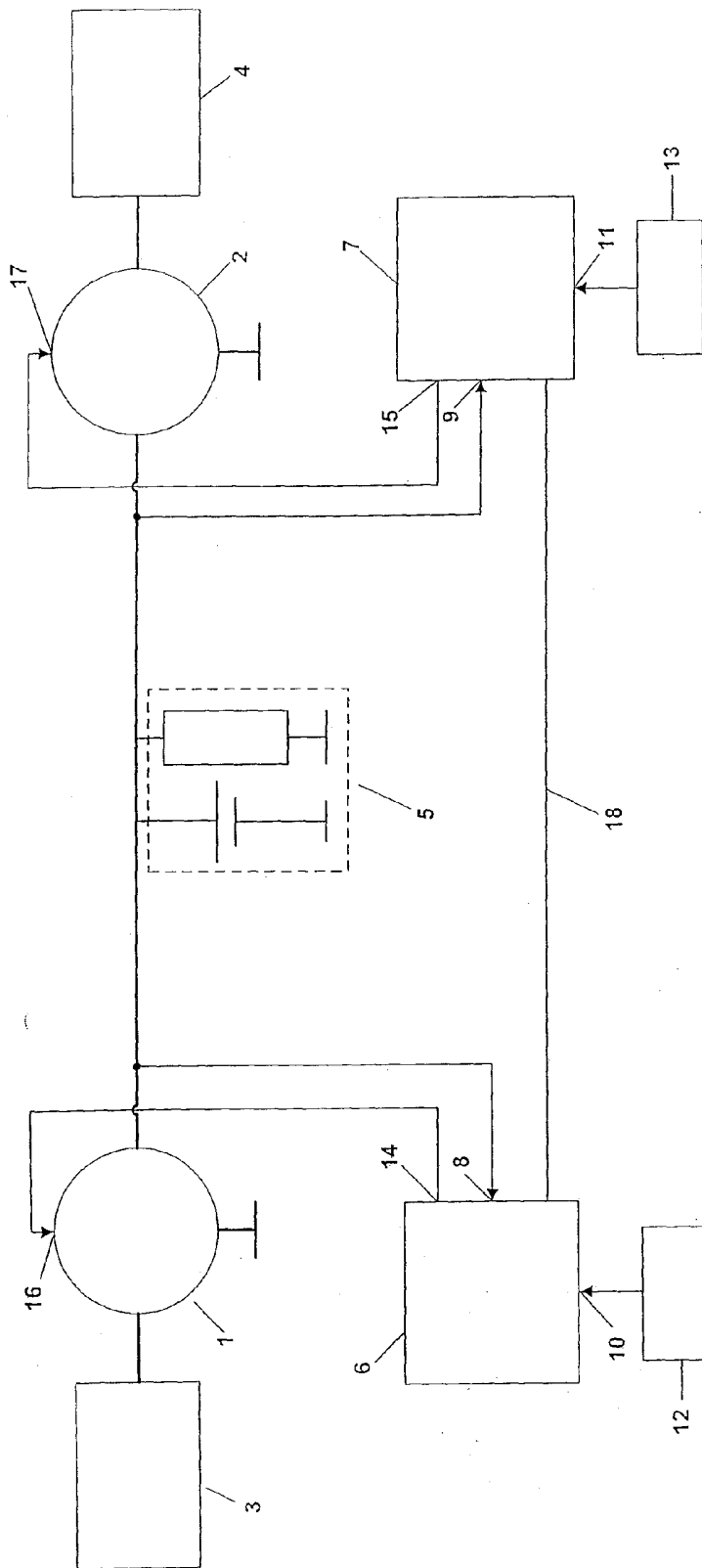
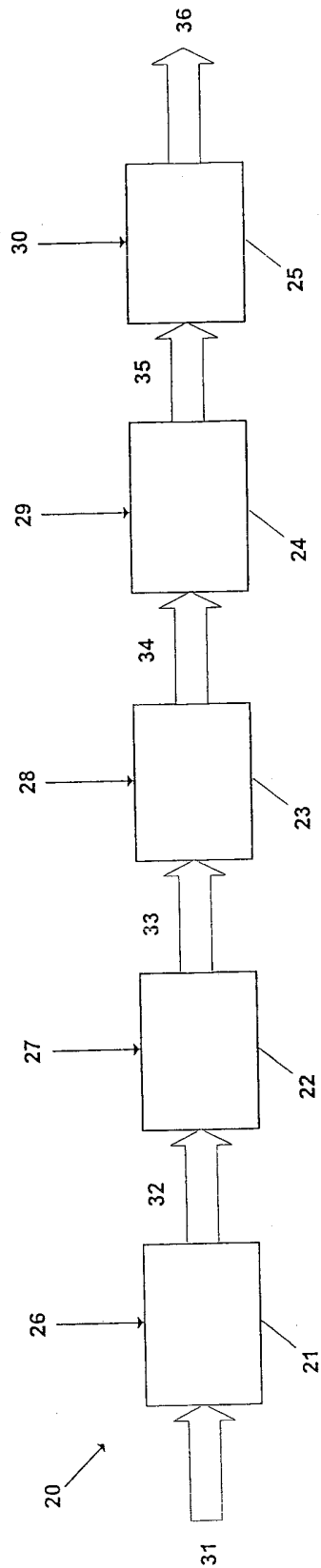


Fig. 3



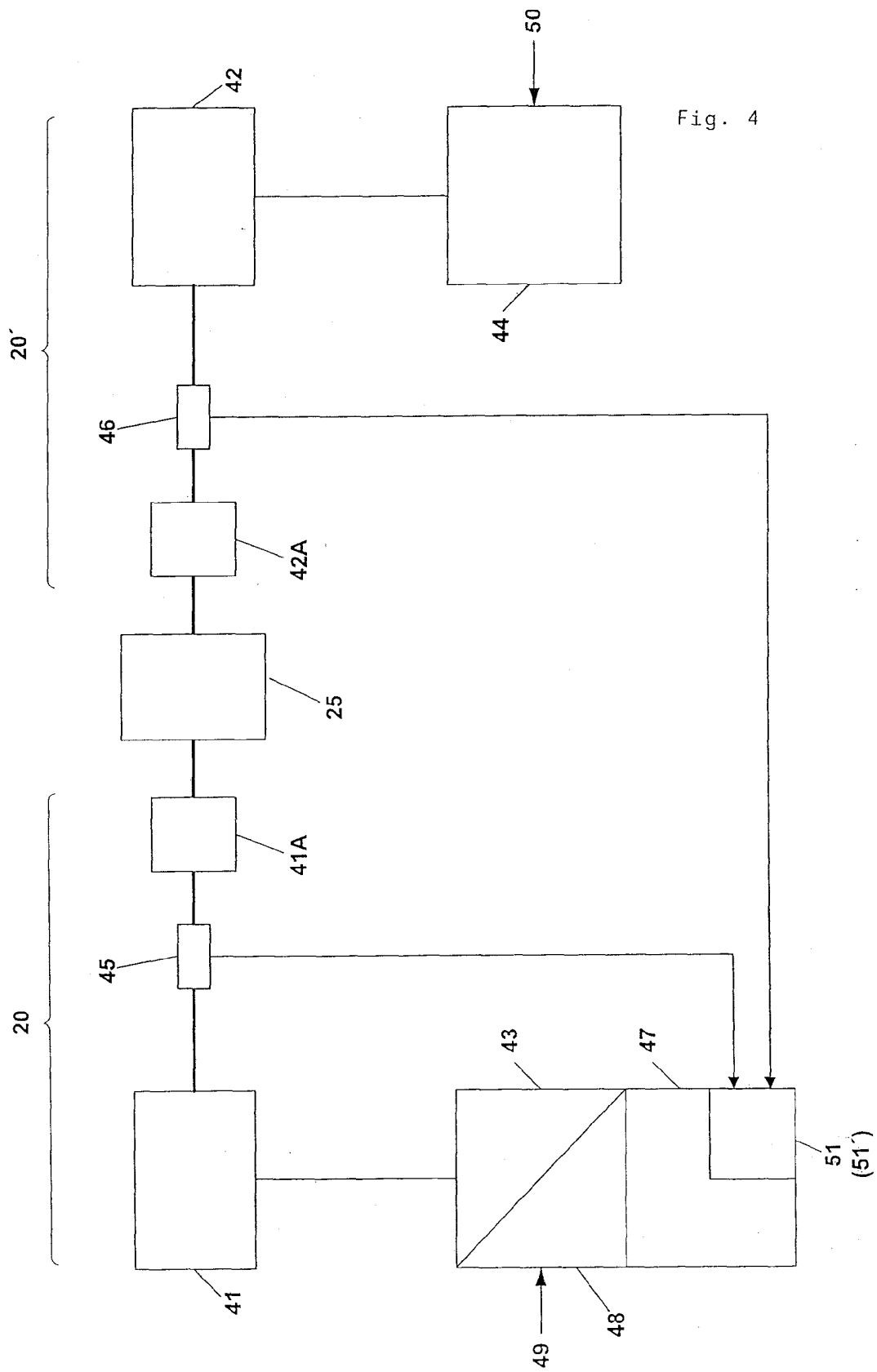


Fig. 5

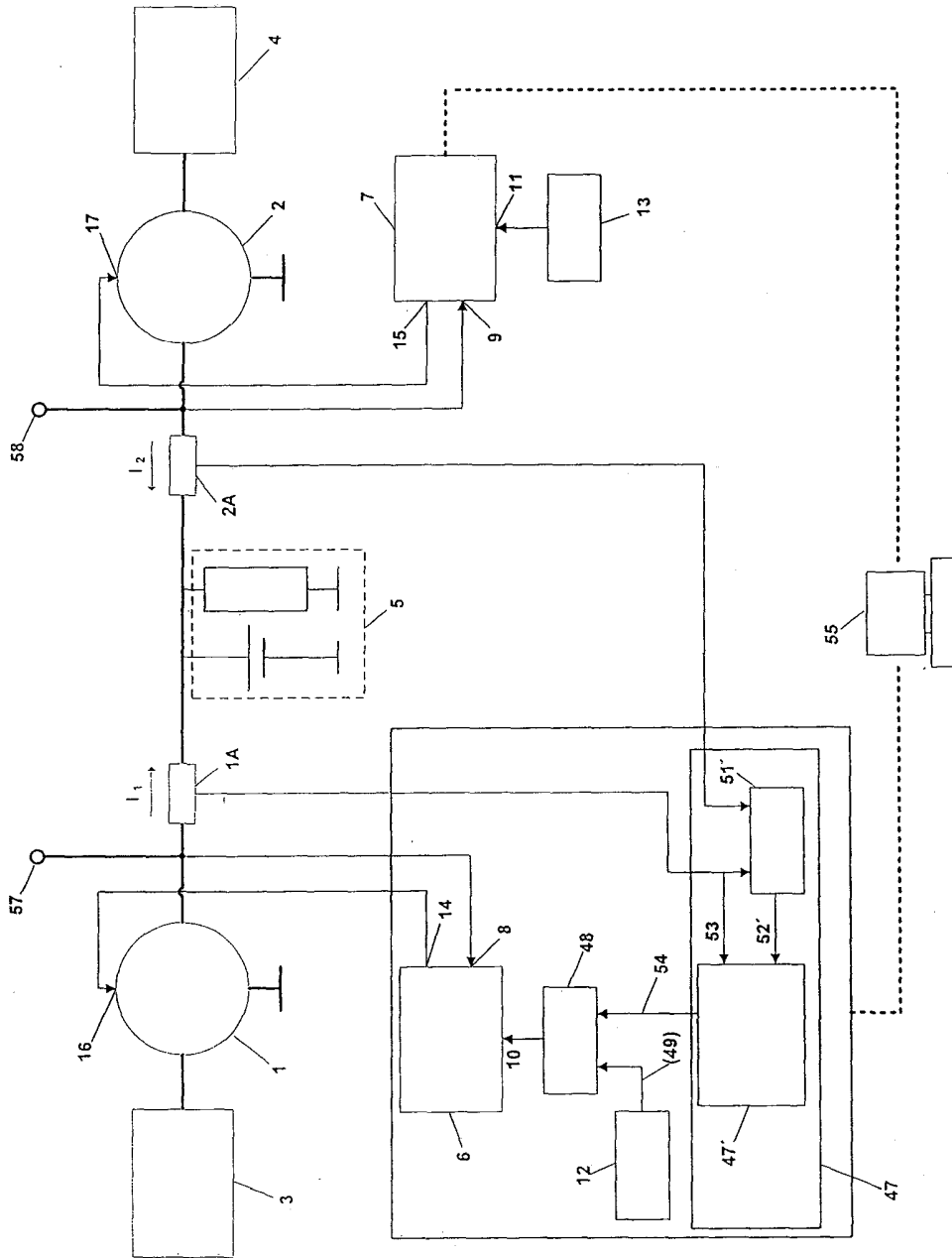


Fig. 6

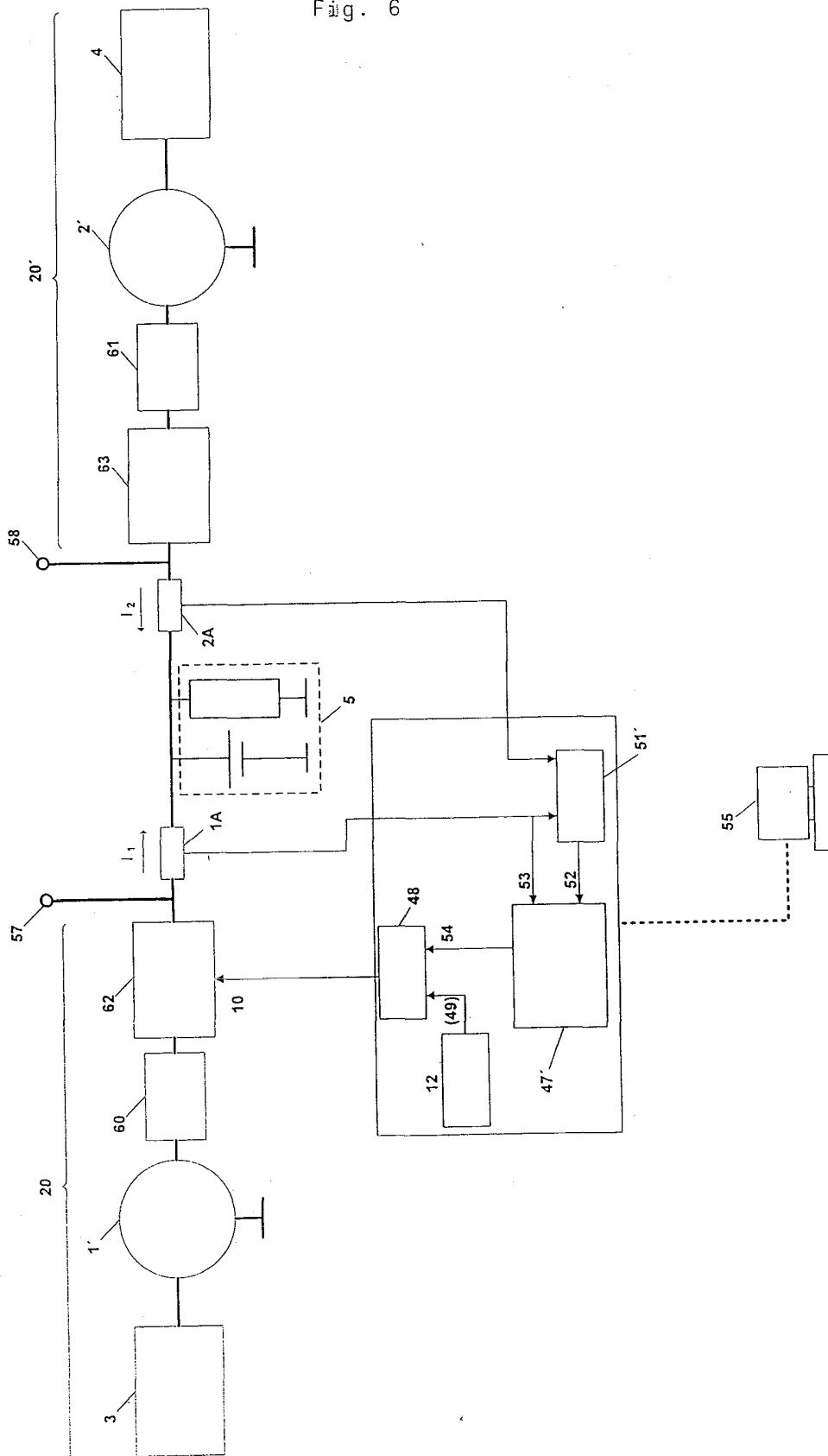


Fig. 7

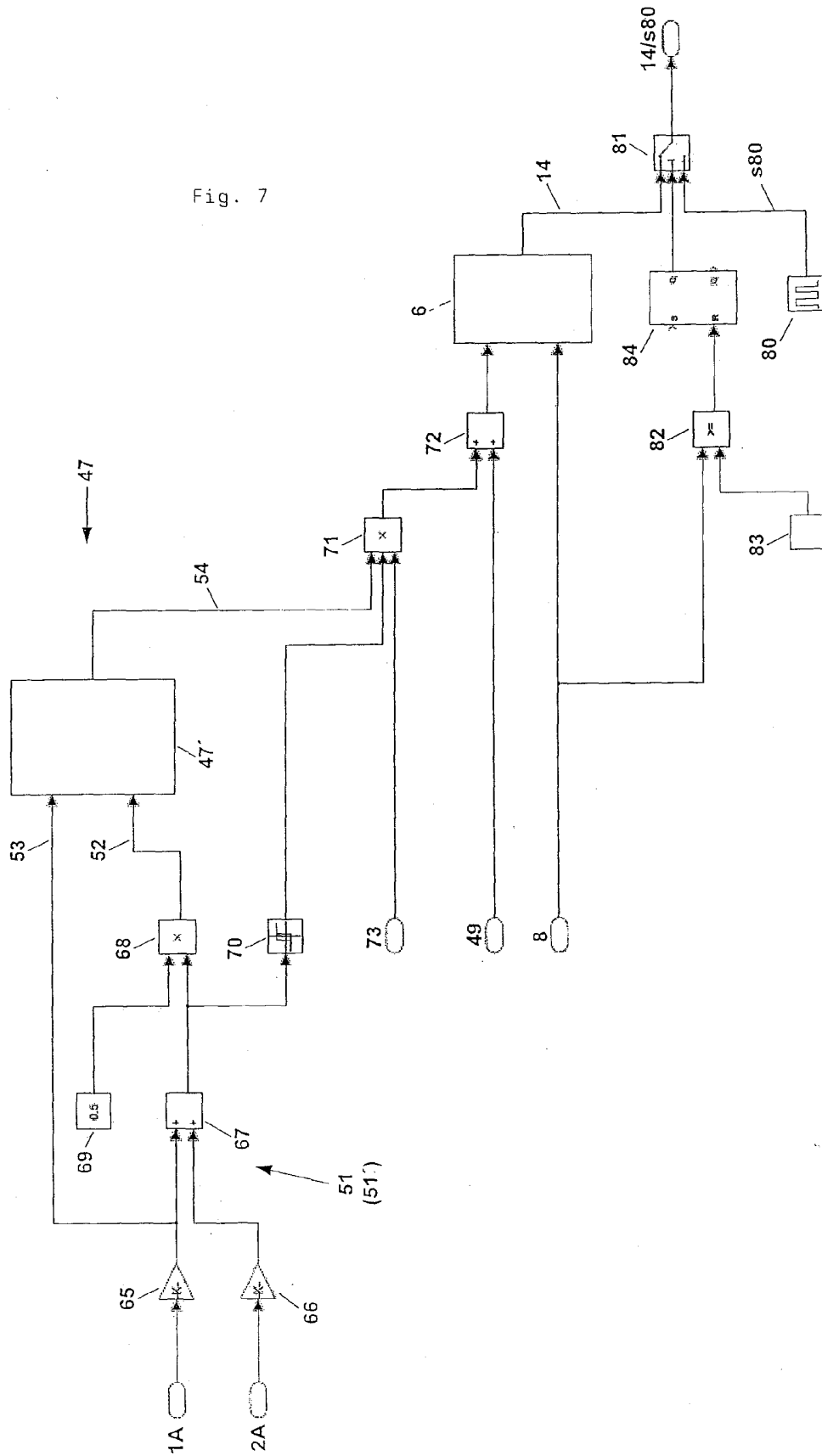


Fig. 8

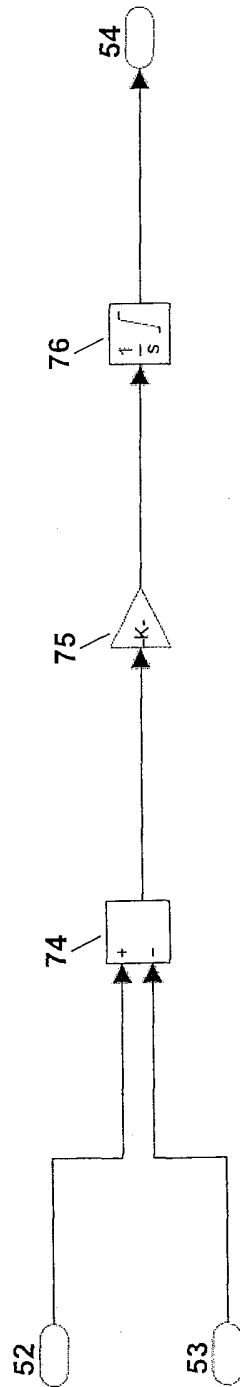


Fig. 9

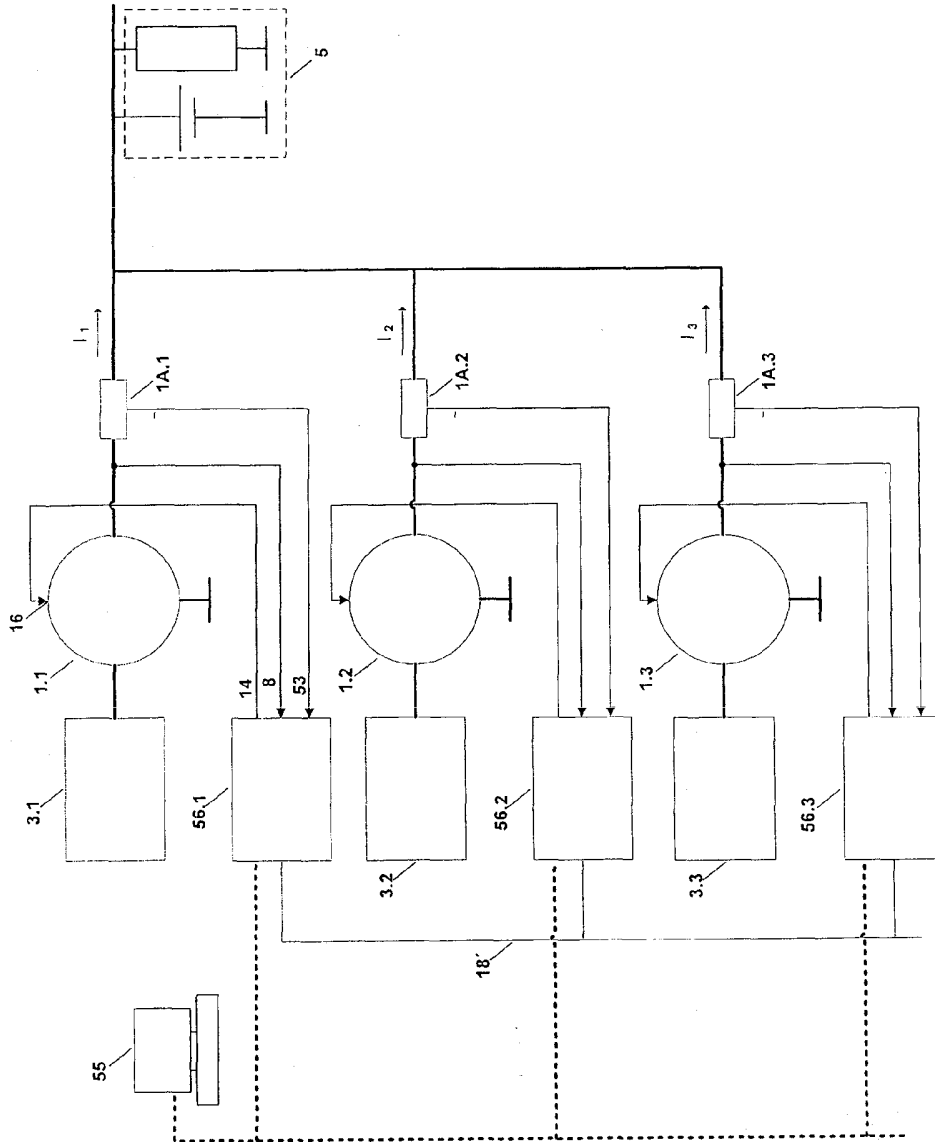


Fig. 10

