



(11) **EP 3 647 553 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01K 13/02 ^(2006.01) **F01K 13/00** ^(2006.01)
F01K 25/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18204344.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01K 13/02; F01K 13/006; F01K 25/08

(22) Anmeldetag: **05.11.2018**

(54) **VERSORGUNG EINES ELEKTROMECHANISCHEN ENERGIEWANDLERS MIT ELEKTRISCHER ENERGIE AUS EINEM THERMODYNAMISCHEN KREISPROZESS**

SUPPLY OF AN ELECTROMECHANICAL POWER CONVERTER WITH ELECTRICAL ENERGY FROM A THERMODYNAMIC CYCLICAL PROCESS

ALIMENTATION D'UN CONVERTISSEUR D'ÉNERGIE ÉLECTROMÉCANIQUE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE À PARTIR D'UN PROCESSUS DE CIRCUIT THERMODYNAMIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **ZIMMERMANN, Alexander**
81476 München (DE)
- **SCHWALBE, Ulf**
99610 Sömmerda (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.05.2020 Patentblatt 2020/19

(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB**
Leopoldstraße 4
80802 München (DE)

(73) Patentinhaber: **Orcan Energy AG**
81379 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 957 732 **EP-A1- 3 163 035**
WO-A1-2011/018404 **WO-A1-2011/093854**
DE-A1-102008 039 449 **DE-A1-102011 008 027**

(72) Erfinder:
• **LANGER, Roy**
89129 Langenau (DE)

EP 3 647 553 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers und ein Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers.

Stand der Technik

[0002] Eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wärmeenergie umfasst die folgenden Hauptkomponenten: eine Speisepumpe, die flüssiges Arbeitsmedium unter Druckerhöhung zu einem Verdampfer fördert, den Verdampfer selbst, in dem das Arbeitsmedium unter Zuführung von Wärme vorgewärmt, verdampft und optional zusätzlich überhitzt wird, eine Expansionsmaschine, in welcher das unter hohem Druck stehende verdampfte Arbeitsmedium entspannt wird und dabei mechanische Energie erzeugt, welche beispielsweise über einen Generator in elektrische Energie gewandelt werden kann, und einen Kondensator, in dem der Niederdruckdampf (entspanntes Arbeitsmedium) aus der Expansionsmaschine entthitzt und verflüssigt wird. Aus dem Kondensator gelangt das flüssige Arbeitsmedium wieder zur Speisepumpe des Systems, wodurch der thermodynamische Kreislauf geschlossen ist. Im Falle, dass das Arbeitsmedium ein organisches Arbeitsmedium ist, handelt es sich um einen Organic Rankine Cycle als thermodynamischen Kreisprozess (ORC-Prozess).

[0003] Aus dem Stand der Technik sind sogenannte Trockenkühler (z.B. Rückkühler an Motor-Blockheizkraftwerken, BHKWs), die durch elektrisch angetriebene Ventilatoren mit Luft durchströmt werden. Um dabei den Energieverbrauch zu minimieren, sollen gemäß internem Stand der Technik des Anmelders diese Ventilatoren über einen thermodynamischen Kreisprozess (z.B. einen ORC-Prozess) mit elektrischer Energie versorgt werden. Gleichzeitig soll die Wärmeabfuhr des Kreisprozesses über die Ventilatoren des Trockenkühlers realisiert werden (normalerweise enthält der Kreis- bzw. ORC-Prozess einen separaten Ventilator, um eine Kühlung des Kondensators über einen Luftstrom bereitzustellen). Der Kreisprozess wandelt hierbei Wärme (z.B. ungenutzte Abgaswärme eines Verbrennungsmotors oder aber einen Teil der Wärme des im Kühler abzukühlenden Fluids) in elektrische Energie um. Problematisch ist dabei, eine stabile Versorgung des Ventilators mit elektrischer Energie zu gewährleisten, um die Kühlungsfunktion nicht zu beeinträchtigen. Weiterhin ist nachteilig, dass überschüssige Energie des ORC-Prozesses in das öffentliche Stromnetz zurückgespeist wird. Eine Einspeisung von Energie in das Stromnetz ist nämlich mit weiteren Erfordernissen verbunden, wie z.B. Einhaltung der Einspeiserichtlinien, Anlagenzertifizierung, Anmeldung beim Netzbetreiber, und die Zahlung der EEG-Umlage

gemäß dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG).

[0004] Dokument DE 10 2008 039449 A1 offenbart zum Beispiel ein Kraftwerk mit einer Steuerung eines Kompressors, der von zwei Energiequellen versorgt wird.

Beschreibung der Erfindung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Nachteile zu vermeiden oder zumindest abzumildern.

[0006] Der Kreis- bzw. ORC-Prozess sollte möglichst immer genau so viel Leistung liefern wie der Ventilator verbraucht (quasi-Inselbetrieb). Durch die gemeinsame Nutzung des Ventilators für Kühlprozess und Kreisprozess ist die Drehzahl des Ventilators und somit seine aufgenommene Leistung nur vom Kühlbedarf des Kühlprozesses abhängig. Der Rückkühler des ORC-Prozesses kann somit regelungstechnisch nicht beeinflusst werden. Um eine hohe Betriebssicherheit zu gewährleisten, muss zusätzliche Leistung aus dem öffentlichen Stromnetz entnommen werden können, wenn der ORC-Prozess (z.B. wegen hoher Außentemperatur oder zu geringer Prozessenergie (Abwärme)) nicht genügend Leistung zum Betrieb des Ventilators liefern kann.

[0007] Es muss also eine Möglichkeit gefunden werden, den fluktuierenden Leistungsbedarf des Ventilators möglichst genau mit dem ORC-Generator zu decken. Sollte der Kreisprozess nicht genügend Energie zur Verfügung stellen, muss es eine Möglichkeit geben, den Ventilator durch das öffentliche Stromnetz bzw. über eine andere Quelle mit Energie zu versorgen und gleichzeitig eine Einspeisung ins Netz zu vermeiden.

[0008] Die Erfindung beschreibt die Lösung wenigstens eines Teils der oben genannten Probleme.

[0009] Die erfindungsgemäße Lösung wird definiert durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1.

[0010] Die Erfindung offenbart somit eine Vorrichtung zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers, beispielsweise eines Ventilators oder einer Pumpe; wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung; einen elektrischen Generator, der mit einer Welle einer Expansionsmaschine der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung verbunden ist und zusammen mit der Welle drehbar ist; wobei der Generator elektrisch mit einem ersten Spannungswandler verbunden ist, der erste Spannungswandler elektrisch mit einem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist und der Gleichspannungszwischenkreis zum Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers elektrisch mit diesem verbindbar ist; wobei der erste Spannungswandler zum Wandeln einer ersten Wechselspannung des elektrischen Generators in eine Gleichspannung ausgebildet ist; und wobei der Gleichspannungszwischenkreis mit einer elektrischen Zusatzenergieversorgung, insbesondere einem öffentlichen Stromnetz, verbindbar ist. Die Vorrichtung

umfasst weiterhin eine Regeleinrichtung (60) zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler zugeführten elektrischen Energie, so dass der elektromechanische Energiewandler mit einer vorbestimmten Drehzahl betreibbar ist, wobei die Regeleinrichtung zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler zugeführten elektrischen Energie vom Generator und, falls die vom Generator bereitgestellte elektrische Energie dafür nicht ausreichend ist, zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler zugeführten elektrischen Energie von der Zusatzenergieversorgung, ausgebildet ist.

[0011] Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat die Vorteile, dass eine Energieeinsparung durch Versorgung eines elektromechanischen Energiewandlers (z.B. Ventilator oder Pumpe) über einen Abwärme nutzenden Kreis- bzw. ORC-Prozess erfolgt, dass beispielsweise ein separater Kreisprozess- bzw. ORC-Ventilator nicht benötigt wird, dass der Betrieb des Ventilators unabhängig vom ORC-Prozess ist und dadurch eine hohe Zuverlässigkeit des Systems erzielt wird, und dass eine Netzeinspeisung vermieden und dadurch die Bereitstellung von Einspeise-Erfordernissen umgangen wird.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann dahingehend weitergebildet werden, dass weiterhin ein zweiter Spannungswandler zum Wandeln einer Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis in eine zweite Wechselspannung zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers ohne eigenen Spannungswandler vorgesehen ist, wobei der zweite Spannungswandler elektrisch mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist.

[0013] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz ist, das über eine Gleichrichterschaltung oder über eine Leistungsfaktorkorrekturstufe mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist, und die Regeleinrichtung insbesondere weiterhin dazu ausgebildet ist, die vom Generator bereitgestellte Energie zu reduzieren, um eine Einspeisung von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz zu vermeiden, insbesondere durch Reduzieren des in die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung eingebrachten Wärmestroms und/oder durch Reduzieren des Wirkungsgrades der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

[0014] Alternativ dazu kann das öffentliche Stromnetz über eine bidirektionale Stromrichterschaltung mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden sein, um überschüssige Energie vom Generator in das öffentliche Stromnetz einzuspeisen.

[0015] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann der Gleichspannungszwischenkreis einen mit dem ersten Spannungswandler verbundenen ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis, einen mit dem elektromechanischen Energiewandler verbindbaren oder mit dem zweiten Spannungswandler verbundenen zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis und einen zwischen den beiden Teilkreisen angeordneten Aufwärtswandler um-

fassen.

[0016] Dies kann dahingehend weitergebildet werden, dass über eine Parallelschaltung am zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis ein weiterer elektromechanischer Energiewandler betreibbar ist, wobei optional ein dritter Spannungswandler zum Wandeln der Gleichspannung im zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis in eine dritte Wechselspannung zum Betreiben des weiteren elektromechanischen Energiewandlers vorgesehen ist, wobei der weitere elektromechanische Energiewandler beispielsweise eine weitere Pumpe, insbesondere eine Speisepumpe zum Pumpen eines Arbeitsmediums in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung oder ein weiterer Ventilator ist.

[0017] Dabei kann der elektromechanische Energiewandler einen Zwischenkreis mit einem Wechselspannungsanschluss umfassen und der Wechselspannungsanschluss kann direkt mit dem zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis verbunden sein.

[0018] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann über eine Parallelschaltung am zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis und einen bidirektionalen Gleichspannungswandler eine Batterie angeschlossen sein.

[0019] Die Erfindung stellt weiterhin ein System bereit, das Folgendes umfasst: eine wärmeerzeugende Vorrichtung mit einem Kühlfluid zum Abführen von Wärme aus der wärmeerzeugenden Vorrichtung und einer Kühlvorrichtung mit einem elektrisch betreibbaren Ventilator zum Kühlen des Kühlfluids, wobei insbesondere die Drehzahl des Ventilators und somit insbesondere seine aufgenommene Leistung vom Kühlbedarf der Kühlvorrichtung vorbestimmt ist; und eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung, insbesondere eine Organic-Rankine-Cycle-Vorrichtung, die einen Verdampfer zum Verdampfen eines Arbeitsmediums, eine durch Expandieren des verdampften Arbeitsmediums mit dem verdampften Arbeitsmedium betreibbare Expansionsmaschine, einen mit der Expansionsmaschine betreibbaren elektrischen Generator und einen Kondensator zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums umfasst; wobei der Ventilator weiterhin zum Kühlen des Arbeitsmediums im Kondensator vorgesehen ist; und wobei das System weiterhin eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betreiben des Ventilators als elektromechanischen Energiewandler oder eine der oben beschriebenen Weiterbildungen umfasst.

[0020] Das System kann dahingehend weitergebildet werden, dass die Drehzahl des Ventilators durch eine mit der Kühlvorrichtung zu erzielende Temperatur des Kühlfluids vorgegeben ist.

[0021] Die oben genannten Probleme werden zumindest teilweise auch durch das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 10 gelöst.

[0022] Die Erfindung offenbart somit ein Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers, beispielsweise einer Pumpe oder eines Ventilators mit einer vorbestimmten Drehzahl, umfassend die Schritte: Wandeln einer ersten Wechselspannung eines

Generators in eine Gleichspannung in einem Gleichstromzwischenkreis zwischen dem Generator und dem elektromechanischen Energiewandler, wobei der elektrische Generator mit einer Welle einer Expansionsmaschine einer thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung verbunden ist, sich zusammen mit der Welle dreht und durch die Welle angetrieben wird; Anlegen der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis an den elektromechanischen Energiewandler; Anlegen einer Gleichspannung an den Gleichspannungszwischenkreis von einer elektrischen Zusatzenergieversorgung, insbesondere mit elektrischer Energie aus einem öffentlichen Stromnetz; Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler zugeführten elektrischen Energie vom Generator, um den elektromechanischen Energiewandler mit der vorbestimmten Drehzahl zu betreiben, und Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler zugeführten elektrischen Energie von der Zusatzenergieversorgung, falls die vom Generator bereitgestellte elektrische Energie für das Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers mit der vorbestimmten Drehzahl nicht ausreichend ist.

[0023] Optional kann eine zweite Wechselspannung aus dem Gleichspannungszwischenkreis erzeugt werden, und diese (anstatt der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis) an den elektromechanischen Energiewandler (z.B. an einen Ventilatormotor) angelegt werden.

[0024] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens oder dessen Weiterbildungen entsprechen jenen der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. deren Weiterbildungen und werden daher hier nicht wiederholt.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren kann dahingehend weitergebildet werden, dass die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz ist, das über eine Gleichrichterschaltung mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist, und das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt umfasst: Vermeiden einer Einspeisung von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz durch Reduzieren der vom Generator bereitgestellten Energie, insbesondere durch Reduzieren des in den thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung eingebrachten Wärmestroms und/oder durch Reduzieren des Wirkungsgrades der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

[0026] Alternativ dazu kann das erfindungsgemäße Verfahren dahingehend weitergebildet werden, dass die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz ist, das über eine bidirektionale Stromrichterschaltung mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist, das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt umfasst: Einspeisen von überschüssiger Energie vom Generator in das öffentliche Stromnetz.

[0027] Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass der Gleichspannungszwischenkreis einen mit dem Generator verbundenen ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis und einen mit dem elektromechanischen Energiewandler verbundenen zweiten Teil-Gleichspan-

nungszwischenkreis umfasst, wobei das Verfahren den folgenden weiteren Schritt umfasst: Wandeln der ersten Gleichspannung im ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis in eine höhere, in den zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis eingebrachte zweite Gleichspannung.

[0028] Dies kann so weitergebildet werden, dass das Verfahren den weiteren Schritt umfasst: Einstellen der zweiten Gleichspannung unterhalb einer von der Zusatzenergieversorgung bereitgestellten dritten Gleichspannung im zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis, falls die vom Generator bereitgestellte elektrische Energie für das Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers mit der vorbestimmten Drehzahl nicht ausreichend ist.

[0029] Gemäß einer anderen Weiterbildung kann das Verfahren den folgenden weiteren Schritt umfassen: Wandeln der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis in eine dritte Wechselspannung zum Betreiben eines weiteren elektromechanischen Energiewandlers, insbesondere einer Pumpe, beispielsweise einer Speisepumpe zum Pumpen eines Arbeitsmediums in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung oder zum Betreiben eines weiteren Ventilators.

[0030] Die genannten Weiterbildungen können einzeln eingesetzt oder wie beansprucht geeignet miteinander kombiniert werden.

[0031] Weitere Merkmale und beispielhafte Ausführungsformen sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass die Ausführungsformen nicht den Bereich der vorliegenden Erfindung erschöpfen. Es versteht sich weiterhin, dass einige oder sämtliche der im Weiteren beschriebenen Merkmale auch auf andere Weise miteinander kombiniert werden können.

Zeichnungen

[0032]

- Fig. 1A zeigt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 1B zeigt ein erfindungsgemäßes System mit der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 2 zeigt Betriebszustände des oder der Ventilatoren in der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 5 zeigt eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 6 zeigt eine fünfte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Fig. 7 zeigt eine sechste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

- Fig. 8 zeigt eine siebte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
 Fig. 9 zeigt eine achte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
 Fig. 10 zeigt eine neunte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
 Fig. 11 zeigt eine zehnte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0033] Gleiche Bezugszeichen in den Zeichnungen beziehen sich auf identische oder entsprechende Komponenten. Teilweise werden zur Vereinfachung der Darstellung in den Zeichnungen gegenüber zuvor beschriebenen Ausführungsformen nur zusätzliche Komponenten mit Bezugszeichen versehen.

Ausführungsformen

[0034] Die Ausführungsformen zeigen als elektromechanische Energiewandler lediglich beispielhaft einen oder mehrere Ventilatoren und/oder eine oder mehrere Pumpen, insbesondere beispielsweise eine Speisepumpe in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung. Elektromechanische Energiewandler wandeln elektrische Energie in mechanische Bewegungsenergie um, wobei die Bewegung linear oder rotierend erfolgen kann. Dementsprechend wird zwischen Linearmaschinen und rotierenden elektrischen Maschinen unterschieden. Die Ausführungsformen betreffen rotierende elektrische Maschinen, jedoch können für die elektromechanischen Energiewandler in den Ausführungsformen bei denen eine Drehzahlregelung nicht wesentlich ist, auch Linearmaschinen eingesetzt werden.

[0035] Weiterhin sind die elektromechanischen Energiewandler in den Ausführungsformen überwiegend so konstruiert, dass der elektromechanische Energiewandler selbst einen Zwischenkreis mit einem Wechselspannungsanschluss aufweist. Diese Ausführungsformen können jeweils so abgewandelt werden, dass ein entsprechender Spannungswandler am Gleichspannungszwischenkreis zur Verbindung mit dem elektromechanischen Energiewandler vorgesehen ist.

[0036] Fig. 1A zeigt eine erste Ausführungsform 100 der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben eines Ventilators.

[0037] Die Vorrichtung 100 umfasst einen elektrisch betreibbaren Ventilator 80 mit einem Motor 10 und einem DC/AC Spannungswandler 44, einen elektrischen Generator 20, der mit einer Welle 35 einer Expansionsmaschine 30 einer thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung, hier einer ORC-Vorrichtung, verbunden ist und zusammen mit der Welle 35 drehbar ist. Zwischen dem Generator 20 und dem Ventilator 80 sind ein erster Spannungswandler 42 (Eingangswandler 42) und ein Gleichspannungszwischenkreis 40 vorgesehen. Der erste Spannungswandler 42 ist zum Wandeln einer ersten Wechselspannung des elektrischen Generators 20 in eine Gleichspannung ausgebildet. Der DC/AC Span-

nungswandler 44 (oder Ausgangswandler 44) ist zum Wandeln einer Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis 40 in eine zweite Wechselspannung zum Betreiben des Ventilatormotors 10 ausgebildet. Der Gleichspannungszwischenkreis 40 ist mit einer elektrischen Zusatzenergieversorgung 50, hier einem öffentlichen Stromnetz 51, verbunden. Die Vorrichtung 100 umfasst weiterhin eine Regeleinrichtung 60 zum Regeln der dem Ventilator 80 zugeführten elektrischen Energie, so dass der Ventilator mit einer vorbestimmten Drehzahl betreibbar ist, wobei die Regeleinrichtung 60 so ausgebildet ist, dass sie die dem Ventilator 80 zugeführte elektrische Energie vom Generator 20 regelt und, falls die vom Generator 20 bereitgestellte elektrische Energie dafür nicht ausreichend ist, die dem Ventilator 80 zugeführte elektrische Energie von der Zusatzenergieversorgung 50 regelt.

[0038] Der Gleichspannungszwischenkreis 40 beinhaltet einen Kondensator 41. Die Wechselspannung vom öffentlichen Stromnetz 51 wird durch eine Gleichrichterschaltung 52 gleichgerichtet und an den Gleichspannungszwischenkreis 40 angelegt. Die Regeleinrichtung 60 ist weiterhin dazu ausgebildet ist, die vom Generator 20 bereitgestellte Energie zu reduzieren, um dem Energiebedarf der/des Verbraucher(s) zu entsprechen, insbesondere durch Reduzieren des in die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung eingebrachten Wärmestroms und/oder durch Reduzieren des Wirkungsgrades der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

[0039] Die ORC-Vorrichtung zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wärmeenergie (beispielsweise Abwärme) umfasst: eine Speisepumpe, die flüssiges Arbeitsmedium unter Druckerhöhung zu einem Verdampfer fördert, dem Verdampfer selbst, in dem das Arbeitsmedium unter Zuführung von Wärme vorgewärmt, verdampft und optional zusätzlich überhitzt wird, die Expansionsmaschine 30, in welcher das unter hohem Druck stehende verdampfte Arbeitsmedium entspannt wird und dabei mechanische Energie erzeugt, welche über den Generator 20 in elektrische Energie gewandelt werden kann, und einem Kondensator, in dem der Niederdruckdampf (entspanntes Arbeitsmedium) aus der Expansionsmaschine 30 enthitzt und verflüssigt wird. Aus dem Kondensator gelangt das flüssige Arbeitsmedium wieder zur Speisepumpe des Systems, wodurch der thermodynamische Kreislauf geschlossen ist.

[0040] Fig. 1B zeigt ein erfindungsgemäßes System in Kombination mit der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Fig. 1A.

[0041] Das System umfasst eine wärmeerzeugende Einrichtung 110, einen Ausgang 111 der wärmeerzeugenden Einrichtung, wobei der Ausgang 111 zum Abführen von zu kühlendem Prozessfluid von der wärmeerzeugenden Einrichtung 110 vorgesehen ist; einen Eingang 112 der wärmeerzeugenden Einrichtung 110, wobei der Eingang 112 zum Zuführen von gekühltem Prozessfluid zur wärmeerzeugenden Einrichtung 110 vorgesehen ist; und eine thermodynamische Kreisprozess-

vorrichtung, insbesondere eine ORC-Vorrichtung, wobei die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung umfasst: einen Verdampfer 120 mit einem Einlass 121 zum Zuführen des zu kühlenden Prozessfluids vom Ausgang 111 der wärmeerzeugenden Einrichtung 110 und mit einem Auslass 122 zum Abführen des gekühlten Prozessfluids zum Eingang 112 der wärmeerzeugenden Einrichtung 110, wobei der Verdampfer 120 zum Verdampfen eines Arbeitsmediums der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung mittels Wärme aus dem Prozessfluid ausgebildet ist; die Expansionsmaschine 30 zum Expandieren des verdampften Arbeitsmediums und zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels elektrischem Generator 20; einen luftgekühlten Kondensator 150 zum Verflüssigen des expandierten Arbeitsmediums; und eine Pumpe 160 zum Pumpen des verflüssigten Arbeitsmediums zum Verdampfer.

[0042] Zusätzlich ist ein Luftkühler 170 zum Kühlen wenigstens eines Teils des zu kühlenden Prozessfluids vorgesehen. Das System umfasst eine Abzweigung 171, die beispielhaft in Bezug auf eine Strömungsrichtung des Prozessfluids stromabwärts des Ausgangs 111 und stromaufwärts des Einlasses 121 zum Aufteilen des zu kühlenden Prozessfluids in einen ersten und einen zweiten Teilstrom des Prozessfluids vorgesehen ist. Das System umfasst weiterhin eine Zusammenführung 172, die in Bezug auf eine Strömungsrichtung des Prozessfluids stromabwärts des Auslasses 122 und stromaufwärts des Eingangs 112 zum Zusammenführen des durch den Kühler 170 gekühlten zweiten Teilstroms des Prozessfluids und des durch den Verdampfer 120 gekühlten ersten Teilstroms des Prozessfluids vorgesehen ist; wobei die Abzweigung 171 zum Zuführen des ersten Teilstroms zum Verdampfer 120 und zum Zuführen des zweiten Teilstroms zum Kühler 170 ausgebildet ist. Der Strom der Umgebungsluft geht nacheinander zuerst durch den Kühler 170 und danach durch den Kondensator 150.

[0043] Die konkrete Ausgestaltung des Systems ist lediglich beispielhaft.

[0044] Fig. 2 zeigt Betriebszustände des oder der Ventilatoren in der ersten Ausführungsform 100 der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Diagramm Leistung gegen Außentemperatur, die im Folgenden genauer beschrieben werden.

[0045] Der Ventilator 80 wird über den DC-Zwischenkreis (Direct Current) 40 (oder über mehrere DC-Zwischenkreise) mit dem Generator 20 verbunden. Die Drehzahl des Ventilators 80 wird abhängig von einer Soll-Vorlauftemperatur eines Kühlsystems geregelt und ist unabhängig von der Generatordrehzahl und Energiezufuhr aus dem ORC-Prozess.

[0046] Erzeugt der ORC-Prozess weniger Energie als am Zwischenkreis 40 (U_{DC}) benötigt wird, so wird die fehlende Energie aus dem öffentlichen Netz 51 über den Gleichrichter 52 bezogen. Der Gleichrichter 52 stellt auch einen Betrieb des Ventilators 80 unabhängig vom thermodynamischen Kreisprozess sicher (z.B. bei Ausfall, Fehler). Im Falle eines Fehlers oder Ausfalls des Kreis-

prozesses wird die gesamte benötigte Leistung aus dem Netz 51 bezogen. Der Kühler, der von diesem Ventilator 80 betrieben wird, kann also durchgängig und unabhängig eine ausreichende Kühlleistung zur Verfügung stellen.

[0047] Erzeugt der ORC-Prozess mehr Energie, als am Zwischenkreis 40 (U_{DC}) benötigt wird (dafür ist das System für den normalen Betriebsfall unterhalb einer bestimmten Außentemperatur ausgelegt) müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden.

[0048] Die Drehzahl des Generators 20 wird zunächst am optimalen Arbeitspunkt des ORC-Prozesses ausgerichtet und mittels Eingangswandler 42 geregelt (geregelter Betrieb). Es wird in diesem Betriebspunkt die an den ORC übertragene Wärmemenge Q_{zu} mit einem optimalen Wirkungsgrad η_{ORC} in elektrische Energie P_{el} gewandelt.

[0049] Um die gewandelte elektrische Energie wunschgemäß zu reduzieren, gibt es prinzipiell zwei unterschiedliche Möglichkeiten:

- Reduktion der zugeführten Wärme Q_{zu} durch Reduktion der Speisepumpendrehzahl
- Reduktion des Wirkungsgrads $\eta_{ORC} = \eta_{th} \cdot \eta_{Gen} \cdot \eta_{EW}$ durch Verschlechterung von einzelnen Wirkungsgraden in der Wirkungsgradkette wie z.B. des thermischen Wirkungsgrads η_{th} , des Generatorwirkungsgrads η_{Gen} oder des Wirkungsgrads des Eingangswandlers η_{EW}

[0050] In der realen Umsetzung werden die Maßnahmen sich jeweils geringfügig gegenseitig beeinflussen, so wird z.B. die Reduktion der Speisepumpendrehzahl zu anderen Dampfparametern und somit auch zu einem geänderten thermischen Wirkungsgrad führen.

[0051] Anders als bei bisherigen ORC-Regelungen wird die Spannung U_{DC} nun als Regelgröße für Generatordrehzahl und / oder die Speisepumpendrehzahl herangezogen und die Drehzahl solange reduziert oder auch wieder erhöht, bis sich ein stabiles Gleichgewicht zwischen ORC-Leistungserzeugung und Energieverbrauch einstellt. Bei konstanter Abnahme durch den Ventilator verhält sich die Spannung U_{DC} so, dass sie bei steigender ORC-Leistung ebenfalls steigt. Die Spannung U_{DC} dient somit als Regelgröße.

[0052] Nach Stand der Technik würde am Zwischenkreis 40 ein Brems-Chopper vorgesehen, welcher die Zwischenkreisspannung auf einen für die Bauteile unkritischen Wert begrenzt. Dieser besitzt jedoch den Nachteil, dass eine ausreichende Wärmeabfuhr des Bremswiderstandes gewährleistet werden muss und die Materialkosten durch die zusätzliche Komponente steigen. Auf diesen kann hier verzichtet werden. Stattdessen werden erfindungsgemäß über eine schnelle Regelung des Eingangswandlers 42 und einer Ansteuerung des Generators 20 im suboptimalen Bereich mehr Verluste im Generator 20 erzeugt und dadurch die Zwischenkreisspan-

nung begrenzt. Das heißt, der Eingangswandler 42 wird in beabsichtigter Weise mit einem schlechteren Wirkungsgrad betrieben.

[0053] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform 200 der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben eines Ventilators.

[0054] Gegenüber der ersten Ausführungsform 100 gemäß Fig. 1A umfasst der Gleichspannungszwischenkreis 40 einen mit dem Eingangswandler 42 verbundenen ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis 46, einen mit dem Ausgangswandler 44 verbundenen zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis 48 und einen zwischen den beiden Teilkreisen angeordneten Aufwärtswandler 45. Der Aufwärtswandler 45 wird synonym auch als Hochsetzsteller oder Step-Up Converter bezeichnet.

[0055] Um Generatoren mit einer Nennspannung deutlich unterhalb der benötigten Ausgangsspannung für die Ventilatoren zu erhalten wird der Hochsetzsteller 45 zwischengeschaltet. Der Netzanschluss besteht hierbei aus einem passiven B6-Gleichrichter 52 welcher 3phasig angeschlossen wird.

[0056] Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsform 300 der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben eines Ventilators.

[0057] Alternativ zur zweiten Ausführungsform 200 gemäß Fig. 3 kann die Netzkopplung auch auf Eingangsseite des Hochsetzstellers 45 erfolgen. Außerdem wird eine aktive Netzkopplung über Leistungsfaktorkorrekturstufe 54 (aktive PFC, Power Factor Correction) verwendet, welche immer eine geringe Leistung aus dem Netz zieht und so der Regelung der Leistungsbalance zwischen ORC Generator und Verbraucher (Ventilator) Spielraum verschafft. Im Unterschied zur zweiten Ausführungsform reicht ein 1 phasiger Netzanschluss. Durch die aktive PFC wird die Stromaufnahme im Unterschied zur zweiten Ausführungsform nahezu sinusförmig (Vermeidung von Oberwellen).

[0058] Fig. 5 zeigt eine vierte Ausführungsform 400 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0059] In der vierten Ausführungsform 400 ist im Vergleich zu der zweiten Ausführungsform 200 eine Parallelschaltung am zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis 48 vorgesehen. Auf diese Weise kann eine Pumpe 81 über einen weiteren Ausgangswandler 49 zum Wandeln der Gleichspannung im zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis 48 in eine dritte Wechselspannung zum Betreiben eines Motors 11 der Pumpe 81, beispielsweise einer Wasserpumpe und/oder einer Speisepumpe zum Pumpen eines Arbeitsmediums in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung angetrieben werden.

[0060] Hierbei wird neben dem Ventilator 80 auch die Pumpe 81 aus dem zweiten Zwischenkreis 48 (U_DC2) versorgt. Der Vorteil ist eine weitere Effizienzsteigerung, da im normalen Betrieb auch die Energie der Pumpe 81 aus dem ORC-Prozess stammt und nicht aus dem Netz 51 bezogen werden muss. Für den Anlauf des ORC-Prozesses wird die Energie über die B6 Brücke 52 aus dem

Netz 51 bezogen. In gleicher Weise kann auch eine Hilfsspannungsversorgung (z.B. 24 VDC, nicht dargestellt) aus dem Zwischenkreis 48 entnommen werden.

[0061] Fig. 6 zeigt eine fünfte Ausführungsform 500 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0062] Gegenüber der vierten Ausführungsform 400 wird anstatt der Pumpe 81 ein weiterer Ventilator 82 angetrieben.

[0063] Die fünfte Ausführungsform 500 zeigt eine Parallelschaltung mehrerer Ventilatoren 80, 82 am gemeinsamen DC-Zwischenkreis. Hier lassen sich, abhängig von der Leistung der Ventilatoren, beliebig viele Ventilatoren parallel schalten. In der Praxis werden häufig mehrere Ventilatoren und größere Kühler eingesetzt, um Laufruhe und Effizienz durch verringerte Luftgeschwindigkeiten zu verbessern.

[0064] Fig. 7 zeigt eine sechste Ausführungsform 600 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0065] Die sechste Ausführungsform 600 beinhaltet die Versorgung mehrerer Ventilatoren 80, 82 über einen gemeinsamen Umrichter, nämlich den Ausgangswandler 44. Die Parallelschaltung erfolgt also AC-seitig. Hierfür ist ein dem gemeinsamen Umrichter 44 nachgeschaltetes Sinusfilter 13 erforderlich. Dieser liefert einen sinusförmigen Ausgangsstrom variabler Frequenz. Der Vorteil gegenüber der fünften Ausführungsform 500 ergibt sich durch eine einfachere Verkabelung (Spannungsfestigkeit, Wegfall geschirmter Leitung) und bessere EMV-Eigenschaften (Elektromagnetische Verträglichkeit). Die Verkabelung zwischen Umrichter 44 und Ventilatormotor kann dabei beispielsweise 10 m und länger werden.

[0066] Fig. 8 zeigt eine siebente Ausführungsform 700 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0067] Die siebente Ausführungsform 700 zeigt den Anschluss eines dreiphasigen AC-Eingangs eines Lüfters 80 direkt an den DC Zwischenkreis 48. Der Wandler 44 verfügt in der Regel über Eingangsgleichrichterioden (Bodyioden), welche einen direkten Anschluss an einen DC Kreis ermöglichen. Der Zwischenkreis 48 (U_DC2) wird somit direkt an den Zwischenkreis des Ventilatorconverters (Wandler 44) angeschlossen. So können direkt handelsübliche geregelte EC-Lüfter (Electronically Commutated Motor) eingesetzt werden. Eine ggf. vorhandene Phasenausfall- oder AC-Spannungsüberwachung muss hierfür deaktiviert werden. Auch diese Ausführungsform lässt in einer Abwandlung den Anschluss mehrerer Lüfter parallel zu.

[0068] Fig. 9 zeigt eine achte Ausführungsform 800 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0069] Die achte Ausführungsform 800 zeigt einen Energiespeicher, beispielsweise eine Batterie 70 am Zwischenkreis 48. Dies ist ein Schritt in Richtung eines komplett stromlosen Lüfters (alle Verbraucher wie Pumpen, Lüfter, Hilfsspannungsversorgung sind am Zwischenkreis angeschlossen, es wird zumindest keine dauerhafte Anbindung an das elektrische Versorgungsnetz benötigt, und bei entsprechender Dimensionierung der Batte-

rie 70 kann der Netzanschluss ganz entfallen) und ermöglicht außerdem mehr Freiheiten bei der Auslegung des Regelkreises der ORC-Leistung.

[0070] Fig. 10 zeigt eine neunte Ausführungsform 900 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0071] In der neunten Ausführungsform 900 ist eine Topologie mit rückspeisefähigem Netzumrichter 53 (bidirektionale Stromrichterschaltung) dargestellt. Überschüssige Energie fließt so ins Netz 51 zurück ohne den ORC-Generator in seiner Leistung zu begrenzen. Der Einspeisenumrichter 53 muss den im jeweiligen Land gültigen Einspeiserichtlinien entsprechen. Der Entfall des erhöhten Aufwands für die Erfüllung aller technischen und regulatorischen Einspeiserichtlinien ist der Vorteil aller vorangegangenen Ausführungsformen.

[0072] Fig. 11 zeigt eine zehnte Ausführungsform 1000 der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0073] Die zehnte Ausführungsform 1000 stellt die Versorgung einer Pumpe 83, beispielsweise einer Heißwasserpumpe eines Heizkreises aus dem DC-Zwischenkreis 48, dar. Es kann jedoch statt der Pumpe 83 auch ein Kompressor oder jeder sonstige elektrische Verbraucher angeschlossen werden.

[0074] Pumpen haben in dieser Anwendung oft einen höheren Leistungsbedarf als die Ventilatoren. Ist die benötigte Pumpenleistung dauerhaft größer als die ORC-Leistung ist ein direkter Anschluss des DC-Ausgangs des ORC Generatorumrichters an den Spannungszwischenkreis einer geregelten Pumpe möglich. Der ORC wird dann in seinem optimalen Arbeitspunkt maximal Energie erzeugen, welche zum Betrieb der Pumpe verwendet wird. Zusätzliche Energie wird dauerhaft aus dem Netz bezogen.

[0075] Die dargestellten Ausführungsformen sind lediglich beispielhaft. Der vollständige Umfang der vorliegenden Erfindung wird durch die Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100-1000) zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers (80, 81, 82, 83), beispielsweise eines Ventilators oder einer Pumpe; umfassend:

eine thermodynamische Kreisprozessvorrichtung (30, 120, 150, 160);

einen elektrischen Generator (20), der mit einer Welle (35) einer Expansionsmaschine (30) der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung verbunden ist und zusammen mit der Welle drehbar ist;

wobei der Generator (20) elektrisch mit einem ersten Spannungswandler (42) verbunden ist, der erste Spannungswandler (42) elektrisch mit einem Gleichspannungszwischenkreis (40) verbunden ist und der Gleichspannungszwischenkreis (40) zum Betreiben des elektromechani-

schen Energiewandlers (80, 81, 82, 83) elektrisch mit diesem verbindbar ist;

wobei der erste Spannungswandler (42) zum Wandeln einer ersten Wechselspannung des elektrischen Generators (20) in eine Gleichspannung ausgebildet ist; und

wobei der Gleichspannungszwischenkreis (40) mit einer elektrischen Zusatzenergieversorgung (50), insbesondere einem öffentlichen Stromnetz (51), verbindbar ist; und

eine Regeleinrichtung (60) zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83) zugeführten elektrischen Energie, so dass der elektromechanische Energiewandler mit einer vorbestimmten Drehzahl betreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Regeleinrichtung (60) zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83) zugeführten elektrischen Energie vom Generator (20) und, falls die vom Generator (20) bereitgestellte elektrische Energie dafür nicht ausreichend ist, zum Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83) zugeführten elektrischen Energie von der Zusatzenergieversorgung (60) ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei weiterhin ein zweiter Spannungswandler (44) zum Wandeln einer Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis in eine zweite Wechselspannung zum Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers vorgesehen ist, wobei der zweite Spannungswandler elektrisch mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz (51) ist, das über eine Gleichrichterschaltung (52) oder über eine Leistungsfaktorkorrekturstufe (54) mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbindbar ist, und die Regeleinrichtung optional weiterhin dazu ausgebildet ist, die vom Generator bereitgestellte Energie zu reduzieren, um eine Einspeisung von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz zu vermeiden, insbesondere durch Reduzieren des in die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung eingebrachten Wärmestroms und/oder durch Reduzieren des Wirkungsgrades der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung; oder wobei die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz (51) ist, das über eine bidirektionale Stromrichterschaltung (53) mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbindbar ist, und überschüssige Energie vom Generator in das öffentliche Stromnetz einspeisbar ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Gleichspannungszwischenkreis (40) einen

- mit dem ersten Spannungswandler (42) verbundenen ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis (46), einen mit dem elektromechanischen Energiewandler verbindbaren oder in Kombination mit Anspruch 2 mit dem zweiten Spannungswandler verbundenen zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis (48) und einen zwischen den beiden Teilkreisen angeordneten Aufwärtswandler (45) umfasst.
- 5
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei über eine Parallelschaltung am zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis ein weiterer elektromechanischer Energiewandler betreibbar ist, wobei optional in Kombination mit Anspruch 2 ein dritter Spannungswandler zum Wandeln der Gleichspannung im zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis in eine dritte Wechselspannung zum Betreiben des weiteren elektromechanischen Energiewandlers vorgesehen ist, wobei der weitere elektromechanische Energiewandler beispielsweise eine weitere Pumpe, insbesondere eine Speisepumpe zum Pumpen eines Arbeitsmediums in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung oder ein weiterer Ventilator ist.
- 10
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5 in Kombination mit Anspruch 2, wobei der elektromechanische Energiewandler einen Zwischenkreis mit einem Wechselspannungsanschluss umfasst und der Wechselspannungsanschluss direkt mit dem zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist.
- 15
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei über eine Parallelschaltung am zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis und einen bidirektionalen Gleichspannungswandler eine Batterie angeschlossen ist.
- 20
8. System, umfassend:
- 25
- eine Vorrichtung (100-1000) zum Betreiben eines elektrisch betreibbaren Ventilators (80) als elektromechanischen Energiewandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7;
- 30
- eine wärmeerzeugende Vorrichtung (110) mit einem Kühlfluid zum Abführen von Wärme aus der wärmeerzeugenden Vorrichtung (110) und einer Kühlvorrichtung (150) mit dem elektrisch betreibbaren Ventilator (80) zum Kühlen des Kühlfluids;
- 35
- wobei die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung insbesondere eine Organic-Rankine-Cycle-Vorrichtung ist und wobei die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung einen Verdampfer (120) zum Verdampfen eines Arbeitsmediums, die durch Expandieren des verdampften Arbeitsmediums mit dem verdampften Arbeitsmedium betreibbare Expansionsmaschine
- 40
- (30), und einen Kondensator zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums umfasst; und wobei der Ventilator (80) weiterhin zum Kühlen des Arbeitsmediums im Kondensator (150) vorgesehen ist.
- 45
9. System nach Anspruch 8, wobei die Drehzahl des Ventilators durch eine mit der Kühlvorrichtung zu erzielende Temperatur des Kühlfluid vorgegeben ist.
- 50
10. Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Energiewandlers (80, 81, 82, 83), beispielsweise einer Pumpe oder eines Ventilators mit einer vorbestimmten Drehzahl, umfassend die Schritte:
- 55
- Wandeln einer ersten Wechselspannung eines Generators (20) in eine Gleichspannung, die einem Gleichspannungszwischenkreis (40) zwischen dem Generator und dem elektromechanischen Energiewandler zugeführt wird, wobei der elektrische Generator mit einer Welle (35) einer Expansionsmaschine (30) einer thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung (30, 120, 150, 160) verbunden ist, sich zusammen mit der Welle dreht und durch die Welle angetrieben wird;
- optionales Wandeln einer Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis (40) in eine zweite Wechselspannung;
- Anlegen der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis (40) oder der zweiten Wechselspannung an den elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83);
- Anlegen einer Gleichspannung an den Gleichspannungszwischenkreis (40) von einer elektrischen Zusatzenergieversorgung (50), insbesondere mit elektrischer Energie aus einem öffentlichen Stromnetz (51); und
- Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83) zugeführten elektrischen Energie vom Generator, um den elektromechanischen Energiewandler mit der vorbestimmten Drehzahl zu betreiben;
- gekennzeichnet durch**
- Regeln der dem elektromechanischen Energiewandler (80, 81, 82, 83) zugeführten elektrischen Energie von der Zusatzenergieversorgung (50), falls die vom Generator (20) bereitgestellte elektrische Energie für das Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers (80, 81, 82, 83) mit der vorbestimmten Drehzahl nicht ausreichend ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz (51) ist, das über eine Gleichrichterschaltung (52) mit dem Gleichspannungszwischenkreis verbunden ist, und das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt um-

fasst:

Vermeiden einer Einspeisung von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz durch Reduzieren der vom Generator (20) bereitgestellten Energie, insbesondere durch Reduzieren des in die thermodynamische Kreisprozessvorrichtung eingebrachten Wärmestroms und/oder durch Reduzieren des Wirkungsgrades der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung.

12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Zusatzenergieversorgung ein öffentliches Stromnetz (51) ist, das über eine bidirektionale Stromrichterschaltung mit dem Gleichspannungszwischenkreis (40) verbunden ist, das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt umfasst:
Einspeisen von überschüssiger Energie vom Generator (20) in das öffentliche Stromnetz (51).
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei der Gleichspannungszwischenkreis einen mit dem Generator (20) verbundenen ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis (46) und einen mit dem elektromechanischen Energiewandler verbundenen zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis (48) umfasst, wobei das Verfahren den folgenden weiteren Schritt umfasst:
Wandeln der ersten Gleichspannung im ersten Teil-Gleichspannungszwischenkreis in eine höhere, in den zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis eingebrachte zweite Gleichspannung.
14. Verfahren nach Anspruch 13, mit dem weiteren Schritt:
Einstellen der zweiten Gleichspannung unterhalb einer von der Zusatzenergieversorgung bereitgestellten dritten Gleichspannung im zweiten Teil-Gleichspannungszwischenkreis, falls die vom Generator bereitgestellte elektrische Energie für das Betreiben des elektromechanischen Energiewandlers mit der vorbestimmten Drehzahl nicht ausreichend ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, mit dem weiteren Schritt:
Wandeln der Gleichspannung im Gleichspannungszwischenkreis (40) in eine dritte Wechselspannung zum Betreiben eines weiteren elektromechanischen Energiewandlers, insbesondere einer Pumpe, beispielsweise einer Speisepumpe zum Pumpen eines Arbeitsmediums in der thermodynamischen Kreisprozessvorrichtung oder zum Betreiben eines weiteren Ventilators.

Claims

1. An apparatus (100-1000) for operating an electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83), e.g. a

fan or a pump, comprising:

a thermodynamic cycle apparatus (30, 120, 150, 160);

an electrical generator (20) connected to a shaft (35) of an expansion machine (30) of the thermodynamic cycle apparatus and rotatable together with the shaft;

wherein the generator (20) is electrically connected to a first voltage converter (42), the first voltage converter (42) is electrically connected to a DC intermediate circuit (40), and the DC intermediate circuit (40) is electrically connectable to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) for operating the same;

wherein the first voltage converter (42) is configured for converting a first AC voltage of the electrical generator (20) into a DC voltage; and wherein the DC intermediate circuit (40) is connectable to an electrical auxiliary power supply (50), in particular a public power grid (51); and a control unit (60) for controlling the electrical energy supplied to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83), so that the electromechanical energy converter can be operated at a predetermined speed,

characterized in that

the control unit (60) is configured for controlling the electrical energy supplied to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) from the generator (20) and, if the electrical energy provided by the generator (20) is not sufficient for this purpose, for controlling the electrical energy supplied to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) from the auxiliary power supply (60).

2. The apparatus according to claim 1, wherein a second voltage converter (44) is provided for converting a DC voltage in the DC intermediate circuit into a second AC voltage for operating the electromechanical energy converter, the second voltage converter being electrically connected to the DC intermediate circuit.
3. The apparatus according to claim 1 or 2, wherein the auxiliary power supply is a public power grid (51), which is connectable to the DC intermediate circuit via a rectifier circuit (52) or a power factor correction stage (54), and the control unit is, optionally, further configured to reduce the energy provided by the generator, so as to prevent electrical energy from being fed into the public power grid, in particular by reducing the heat flow introduced in the thermodynamic cycle apparatus and/or by reducing the efficiency of the thermodynamic cycle apparatus; or wherein the auxiliary power supply is a public power grid (51), which is connectable to the DC intermedi-

ate circuit via a bidirectional current rectifier circuit (53), and an excess energy from the generator is feedable into the public power grid.

4. The apparatus according to one of the claims to 3, wherein the DC intermediate circuit (40) comprises a first DC intermediate subcircuit (46) connected to the first voltage converter (42), a second DC intermediate subcircuit (48) connectable to the electromechanical energy converter or, in combination with claim 2, connected to the second voltage converter, and an up-converter (45) arranged between the two subcircuits. 5
5. The apparatus according to claim 4, wherein a further electromechanical energy converter can be operated via a parallel connection at the second DC intermediate subcircuit, wherein, optionally, in combination with claim 2, a third voltage converter is provided for converting the DC voltage in the second DC intermediate subcircuit into a third AC voltage for operating the further electromechanical energy converter, the further electromechanical energy converter being e.g. a further pump, in particular a feed pump for pumping a working medium in the thermodynamic cycle apparatus, or a further fan. 10 20 25
6. The apparatus according to one of the claims 4 or 5 in combination with claim 2, wherein the electromechanical energy converter comprises an intermediate circuit with an AC voltage connection and the AC voltage connection is directly connected to the second DC intermediate subcircuit. 30
7. The apparatus according to one of the claims 3 to 6, wherein a battery is connected via a parallel connection at the second DC intermediate subcircuit and a bidirectional DC converter. 35
8. A system, comprising: 40
 - an apparatus (100-1000) for operating an electromechanical energy converter according to any one of claims 1 to 7;
 - a heat generating unit (110) with a cooling fluid for dissipating heat from the heat generating unit (110) and a cooling device (150) with the electrically operable fan (80) for cooling the cooling fluid;
 - wherein the thermodynamic cycle apparatus is in particular an organic Rankine cycle apparatus and wherein the thermodynamic cycle apparatus comprises an evaporator (120) for evaporating a working medium, the expansion machine (30) operable by means of the vaporized working medium through expansion of the vaporized working medium, and a condenser for condensing the expanded working medium; and

wherein the fan (80) is further provided for cooling the working medium in the condenser (150).

9. The system according to claim 8, wherein the speed of the fan is predetermined by a cooling fluid temperature achievable by the cooling device.
10. A method for operating an electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83), e.g. a pump or a fan, at a predetermined speed, the method comprising:
 - converting a first AC voltage of a generator (20) into a DC voltage, which is supplied to a DC intermediate circuit (40) between the generator and the electromechanical energy converter, wherein the electrical generator is connected to a shaft (35) of an expansion machine (30) of a thermodynamic cycle apparatus (30, 120, 150, 160), rotates together with the shaft and is driven by the shaft;
 - optionally, converting a DC voltage in the DC intermediate circuit (40) into a second AC voltage;
 - applying the DC voltage in the DC intermediate circuit (40) or the second AC voltage to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83);
 - applying a DC voltage to the DC intermediate circuit (40) from an electrical auxiliary power supply (50), in particular with electrical energy from a public power grid (51); and
 - controlling the electrical energy supplied to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) from the generator, so as to operate the electromechanical energy converter at the predetermined speed;
 - characterized by**
 - controlling the electrical energy supplied to the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) from the auxiliary power supply (50), if the electrical energy provided by the generator (20) for operating the electromechanical energy converter (80, 81, 82, 83) at the predetermined speed is not sufficient.
11. The method according to claim 10, wherein the auxiliary power supply is a public power grid (51), which is connected to the DC intermediate circuit via a rectifier circuit (52), and the method further comprises: preventing electrical energy from being fed into the public power grid by reducing the energy provided by the generator (20), in particular by reducing the heat flow introduced in the thermodynamic cycle apparatus and/or by reducing the efficiency of the thermodynamic cycle apparatus.
12. The method according to claim 10, wherein the auxiliary power supply is a public power grid (51), which is connected to the DC intermediate circuit (40) via

a bidirectional current rectifier circuit, and the method further comprises:
feeding excess energy from the generator (20) into the public power grid (51).

13. The method according to one of the claims 10 to 12, wherein the DC intermediate circuit comprises a first DC intermediate subcircuit (46) connected to the generator (20) and a second DC intermediate subcircuit (48) connected to the electromechanical energy converter, wherein the method further comprises:
converting the first DC voltage in the first DC intermediate subcircuit into a higher second DC voltage, which is introduced in the second DC intermediate subcircuit.
14. The method according to claim 13, further comprising:
adjusting the second DC voltage to a value below a third DC voltage, provided by the auxiliary power supply, in the second DC intermediate subcircuit, if the electrical energy provided by the generator for operating the electromechanical energy converter at the predetermined speed is not sufficient.
15. The method according to one of the claims 10 to 14, further comprising:
converting the DC voltage in the DC intermediate circuit (40) into a third AC voltage for operating a further electromechanical energy converter, in particular a pump, e.g. a feed pump for pumping a working medium in the thermodynamic cycle apparatus, or for operating a further fan.

Revendications

1. Dispositif (100-1000) permettant de faire fonctionner un convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83), par exemple un ventilateur ou une pompe, comprenant :

un dispositif thermodynamique cyclique (30, 120, 150, 160) ;
un générateur électrique (20) qui est relié à un arbre (35) d'une machine à expansion (30) du dispositif thermodynamique cyclique et peut tourner avec l'arbre ;
dans lequel le générateur (20) est relié électriquement à un premier convertisseur de tension (42), le premier convertisseur de tension (42) est relié électriquement à un circuit intermédiaire à tension continue (40) et le circuit intermédiaire à tension continue (40) peut être relié électriquement au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) afin de le faire fonctionner ;

dans lequel le premier convertisseur de tension (42) est conçu pour convertir une première tension alternative du générateur électrique (20) en une tension continue ; et

dans lequel le circuit intermédiaire à tension continue (40) peut être relié à une alimentation supplémentaire en énergie (50), en particulier à un réseau électrique public (51) ; et

un dispositif de régulation (60) permettant de réguler l'énergie électrique fournie au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) de sorte que le convertisseur électromécanique d'énergie puisse fonctionner à une vitesse de rotation prédéterminée,

caractérisé en ce que

le dispositif de régulation (60) est conçu pour réguler l'énergie électrique en provenance du générateur (20) et fournie au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) et, si l'énergie électrique fournie par le générateur (20) n'est pas suffisante pour cela, pour réguler l'énergie électrique en provenance de l'alimentation supplémentaire en énergie (60) et fournie au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel un deuxième convertisseur de tension (44) permettant de convertir une tension continue au sein du circuit intermédiaire à tension continue en une deuxième tension alternative permettant de faire fonctionner le convertisseur électromécanique d'énergie est prévu, dans lequel le deuxième convertisseur de tension est relié électriquement au circuit intermédiaire à tension continue.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'alimentation supplémentaire en énergie est un réseau électrique public (51) pouvant être relié au circuit intermédiaire à tension continue par l'intermédiaire d'un circuit redresseur (52) ou d'un étage de correction de facteur de puissance (54), et le dispositif de régulation est en outre éventuellement conçu pour réduire l'énergie fournie par le générateur afin d'éviter une injection d'énergie électrique dans le réseau électrique public, en particulier grâce à une réduction du flux thermique introduit dans le dispositif thermodynamique cyclique et/ou grâce à une réduction du rendement du dispositif thermodynamique cyclique ; ou
dans lequel l'alimentation supplémentaire en énergie est un réseau électrique public (51) pouvant être relié au circuit intermédiaire à tension continue par l'intermédiaire d'un circuit bidirectionnel de conversion de courant (53), et l'énergie excédentaire en provenance du générateur peut être injectée dans le réseau électrique public.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le circuit intermédiaire à tension continue (40) comprend un premier sous-circuit intermédiaire à tension continue (46) relié au premier convertisseur de tension (42), un second sous-circuit intermédiaire à tension continue (48) pouvant être relié au convertisseur électromécanique d'énergie ou relié au second convertisseur de tension en combinaison avec la revendication 2, et un convertisseur élévateur (45) agencé entre les deux sous-circuits. 5 10
5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel il est possible de faire fonctionner un autre convertisseur électromécanique d'énergie par l'intermédiaire d'un circuit parallèle situé au niveau du deuxième sous-circuit intermédiaire à tension continue, dans lequel un troisième convertisseur de tension permettant de convertir la tension continue au sein du deuxième sous-circuit intermédiaire à tension continue en une troisième tension alternative permettant de faire fonctionner l'autre convertisseur électromécanique d'énergie est éventuellement prévu en combinaison avec la revendication 2, dans lequel l'autre convertisseur électromécanique d'énergie est par exemple une autre pompe, en particulier une pompe d'alimentation permettant de pomper un fluide de travail dans le dispositif thermodynamique cyclique ou un autre ventilateur. 15 20 25 30
6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5 en combinaison avec la revendication 2, dans lequel le convertisseur électromécanique d'énergie comprend un circuit intermédiaire présentant une borne de tension alternative et la borne de tension alternative est directement reliée au second sous-circuit intermédiaire à tension continue. 35
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel une batterie est raccordée par l'intermédiaire d'un circuit parallèle situé au niveau du deuxième sous-circuit intermédiaire à tension continue et d'un convertisseur bidirectionnel de tension continue. 40 45
8. Système, comprenant :
 - un dispositif (100-1000) permettant de faire fonctionner un ventilateur électrique (80) en tant que convertisseur électromécanique d'énergie selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ; 50
 - un dispositif générateur de chaleur (110) comprenant un fluide de refroidissement permettant d'évacuer la chaleur issue du dispositif générateur de chaleur (110) et d'un dispositif de refroidissement (150) comprenant le ventilateur électrique (80) permettant de refroidir le fluide de 55

refroidissement ;
 dans lequel le dispositif thermodynamique cyclique est en particulier un dispositif à cycle organique de Rankine et dans lequel le dispositif thermodynamique cyclique comprend un évaporateur (120) permettant d'évaporer un fluide de travail, la machine à expansion (30) pouvant fonctionner avec le fluide de travail évaporé grâce à l'expansion du fluide de travail évaporé, et un condensateur permettant de condenser le fluide de travail expansé ; et
 dans lequel le ventilateur (80) est en outre prévu pour refroidir le fluide de travail au sein du condenseur (150).

9. Système selon la revendication 8, dans lequel la vitesse de rotation du ventilateur est prédéfinie grâce à une température du fluide de refroidissement devant être atteinte par le dispositif de refroidissement.
10. Procédé de fonctionnement d'un convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83), par exemple une pompe ou un ventilateur présentant une vitesse de rotation prédéterminée, comprenant les étapes consistant à :

convertir une première tension alternative d'un générateur (20) en une tension continue fournie à un circuit intermédiaire à tension continue (40) situé entre le générateur et le convertisseur électromécanique d'énergie, dans lequel le générateur électrique est relié à un arbre (35) d'une machine à expansion (30) d'un dispositif thermodynamique cyclique (30, 120, 150, 160), tourne avec l'arbre et est entraîné par l'arbre ;
 convertir éventuellement une tension continue au sein du circuit intermédiaire à tension continue (40) en une deuxième tension alternative ;
 appliquer la tension continue au sein du circuit intermédiaire à tension continue (40) ou appliquer la deuxième tension alternative au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) ;
 appliquer une tension continue au circuit intermédiaire à tension continue (40) à partir d'une alimentation supplémentaire en énergie (50), en particulier avec de l'énergie électrique issue d'un réseau électrique public (51) ; et
 réguler l'énergie électrique fournie au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) par le générateur afin de faire fonctionner le convertisseur électromécanique d'énergie à la vitesse de rotation prédéterminée ;
caractérisé par les étapes consistant à :
 réguler l'énergie électrique fournie au convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) par l'alimentation supplémentaire en énergie (50) dans le cas où l'énergie électrique four-

nie par le générateur (20) n'est pas suffisante pour faire fonctionner le convertisseur électromécanique d'énergie (80, 81, 82, 83) à la vitesse de rotation prédéterminée.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'alimentation supplémentaire en énergie est un réseau électrique public (51) relié au circuit intermédiaire à tension continue par l'intermédiaire d'un circuit redresseur (52), et le procédé comprend en outre l'étape consistant à :
éviter une injection d'énergie électrique dans le réseau électrique public grâce à une réduction de l'énergie fournie par le générateur (20), en particulier grâce à une réduction du flux thermique introduit dans le dispositif thermodynamique cyclique et/ou grâce à une réduction du rendement du dispositif thermodynamique cyclique. 5 10 15
12. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'alimentation supplémentaire en énergie est un réseau électrique public (51) relié au circuit intermédiaire à tension continue (40) par l'intermédiaire d'un circuit bidirectionnel de conversion de courant, dans lequel le procédé comprend en outre l'étape ci-dessous consistant à :
injecter l'énergie excédentaire du générateur (20) dans le réseau électrique public (51). 20 25
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans lequel le circuit intermédiaire à tension continue comprend un premier sous-circuit intermédiaire à tension continue (46) relié au générateur (20) et un second sous-circuit intermédiaire à tension continue (48) relié au convertisseur électromécanique d'énergie, dans lequel le procédé comprend l'étape supplémentaire ci-dessous consistant à :
convertir la première tension continue au sein du premier sous-circuit intermédiaire à tension continue en une deuxième tension continue supérieure introduite dans le second sous-circuit intermédiaire à tension continue. 30 35 40
14. Procédé selon la revendication 13, comprenant en outre l'étape consistant à :
ajuster la deuxième tension continue afin qu'elle soit inférieure à une troisième tension continue, fournie par l'alimentation supplémentaire en énergie, au sein du deuxième sous-circuit intermédiaire à tension continue dans le cas où l'énergie électrique fournie par le générateur n'est pas suffisante pour faire fonctionner le convertisseur électromécanique d'énergie à la vitesse de rotation prédéterminée. 45 50
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, comprenant l'étape supplémentaire consistant à :
convertir la tension continue au sein du circuit inter- 55

médiaire à tension continue (40) en une troisième tension alternative permettant de faire fonctionner un autre convertisseur électromécanique d'énergie, en particulier une pompe, par exemple une pompe d'alimentation permettant de pomper un fluide de travail dans le dispositif thermodynamique cyclique, ou permettant de faire fonctionner un autre ventilateur.

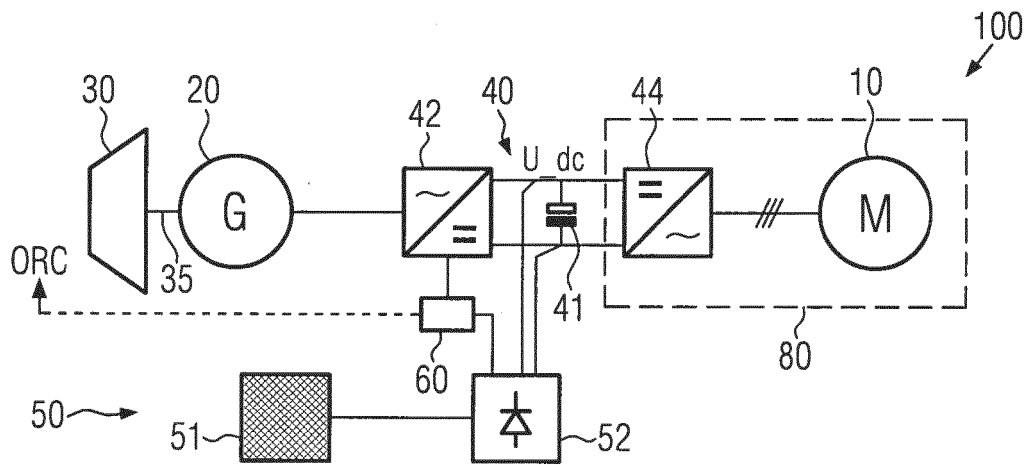


FIG. 1A

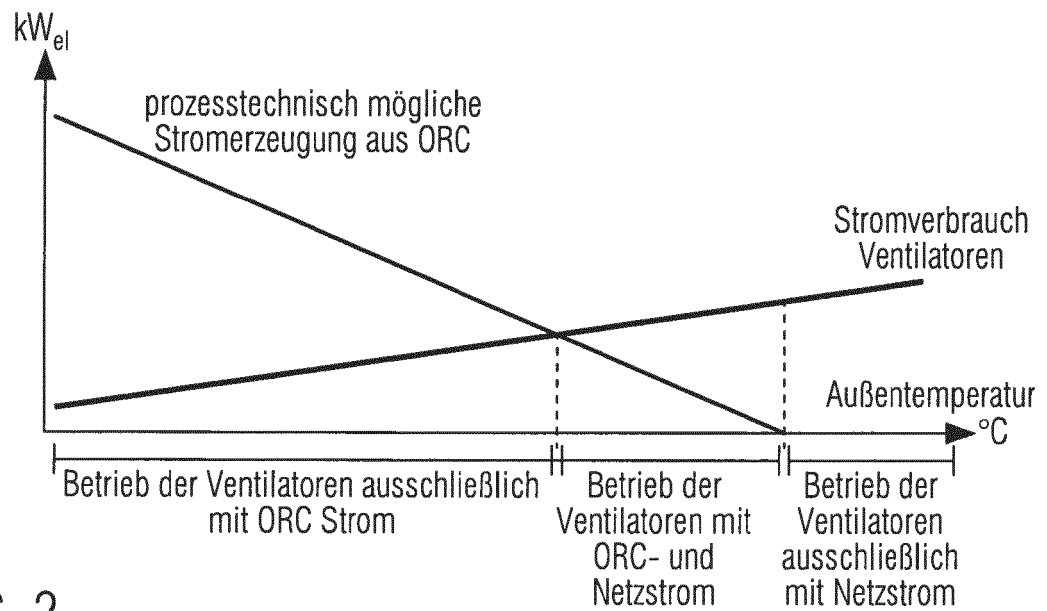


FIG. 2

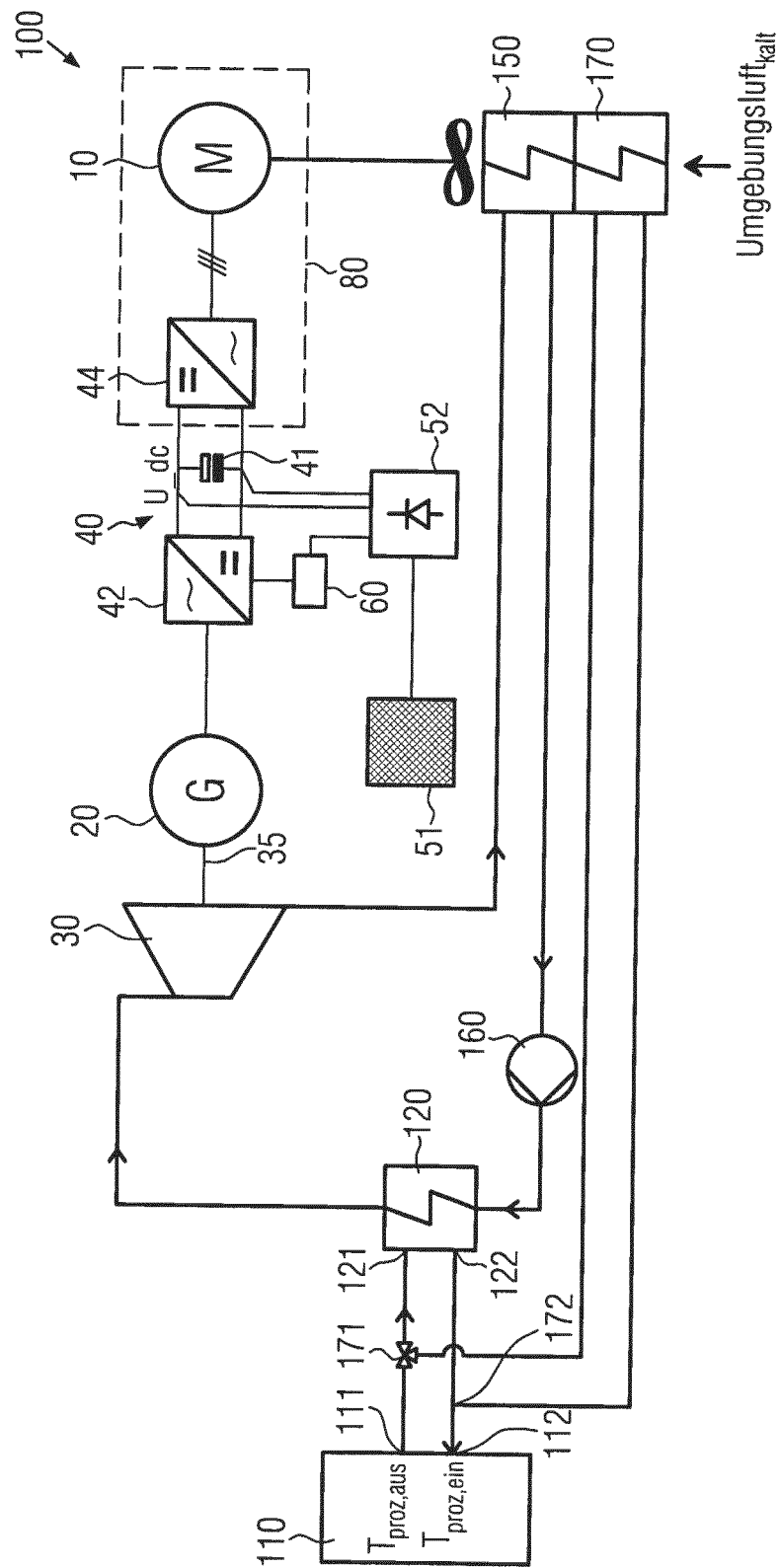


FIG. 1B

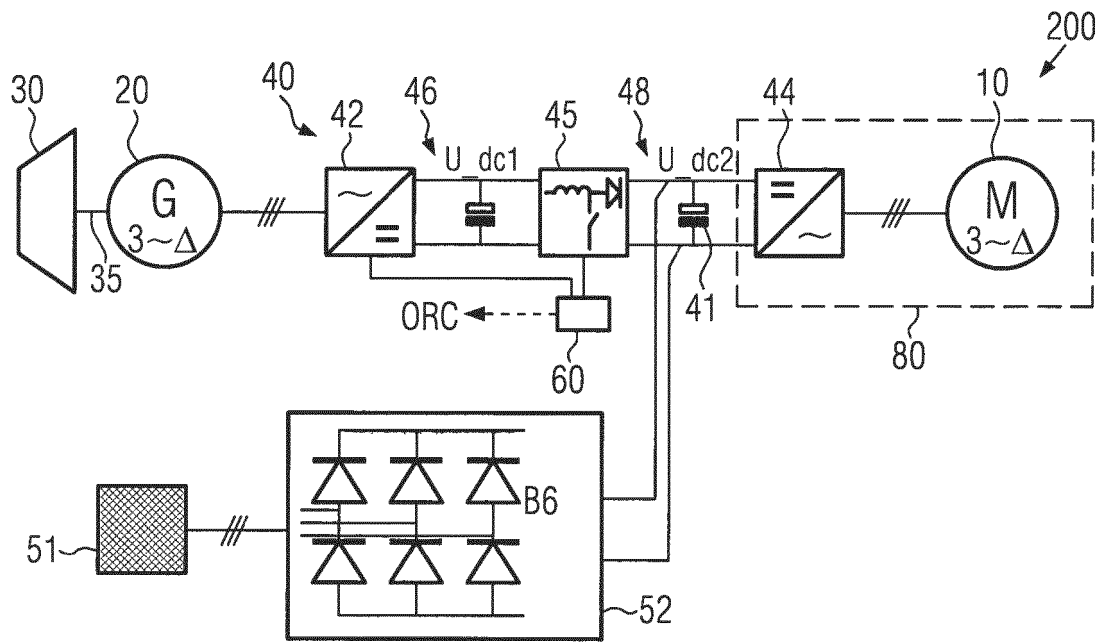


FIG. 3

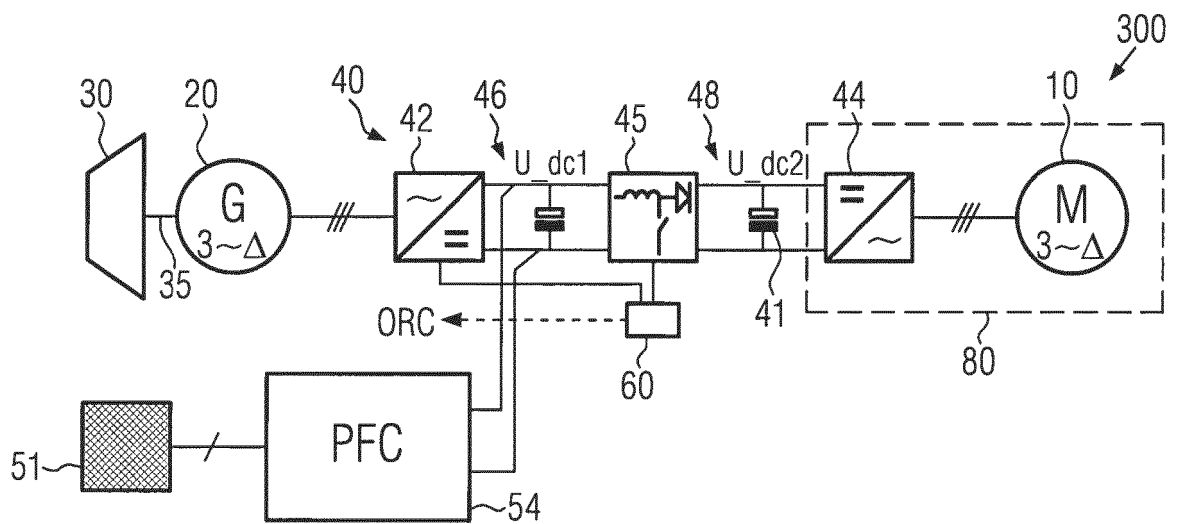
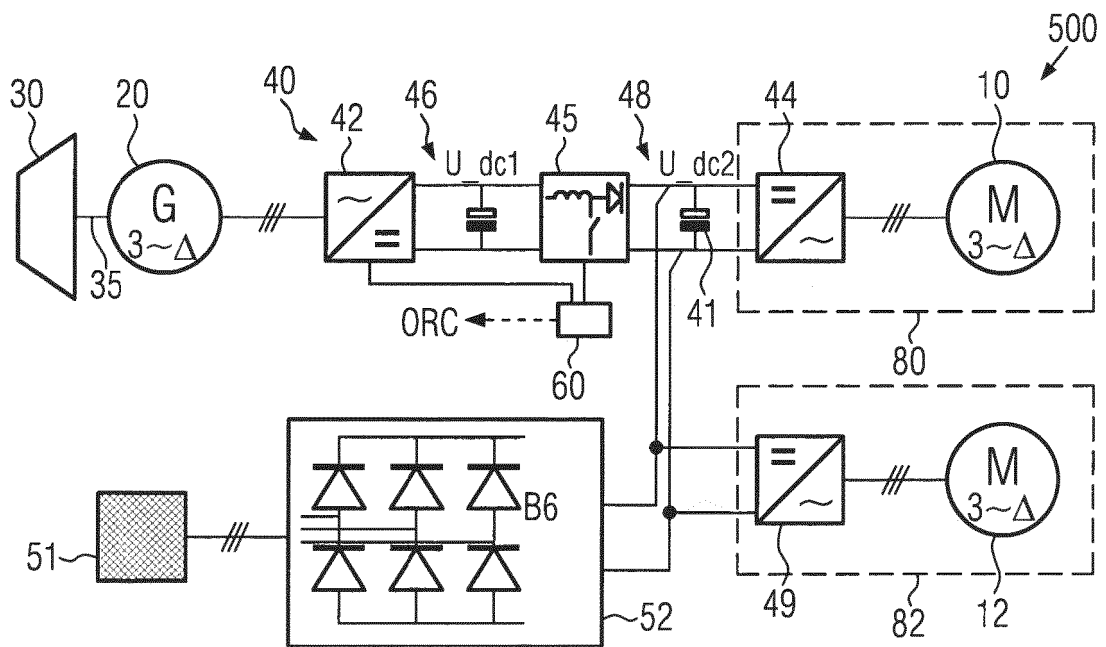
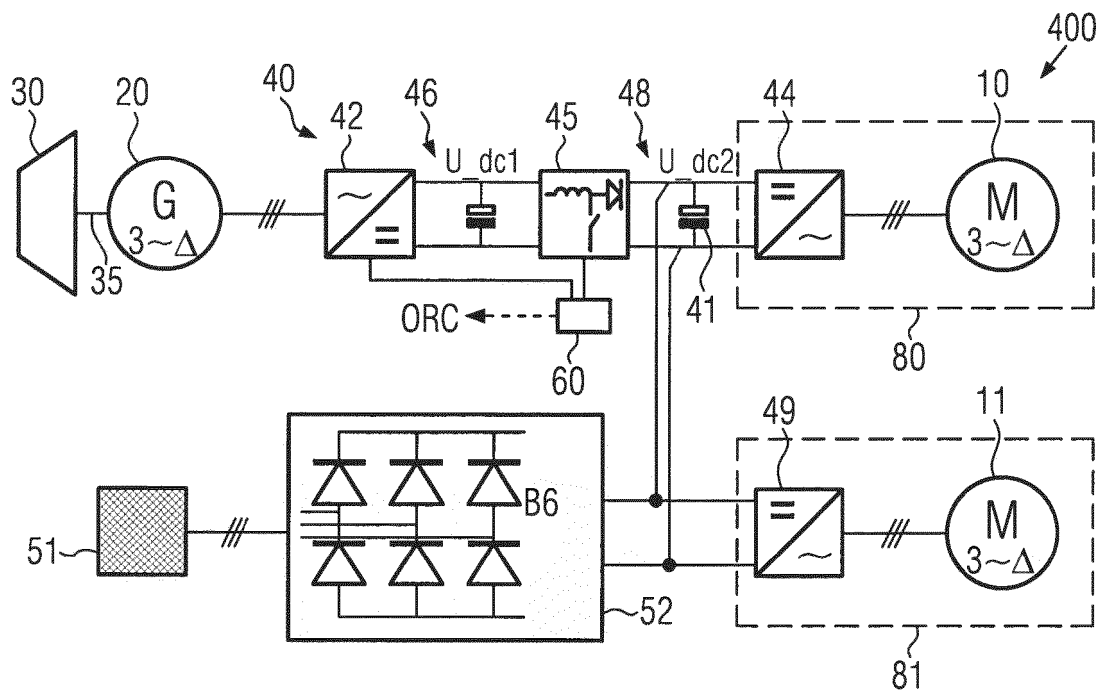


FIG. 4



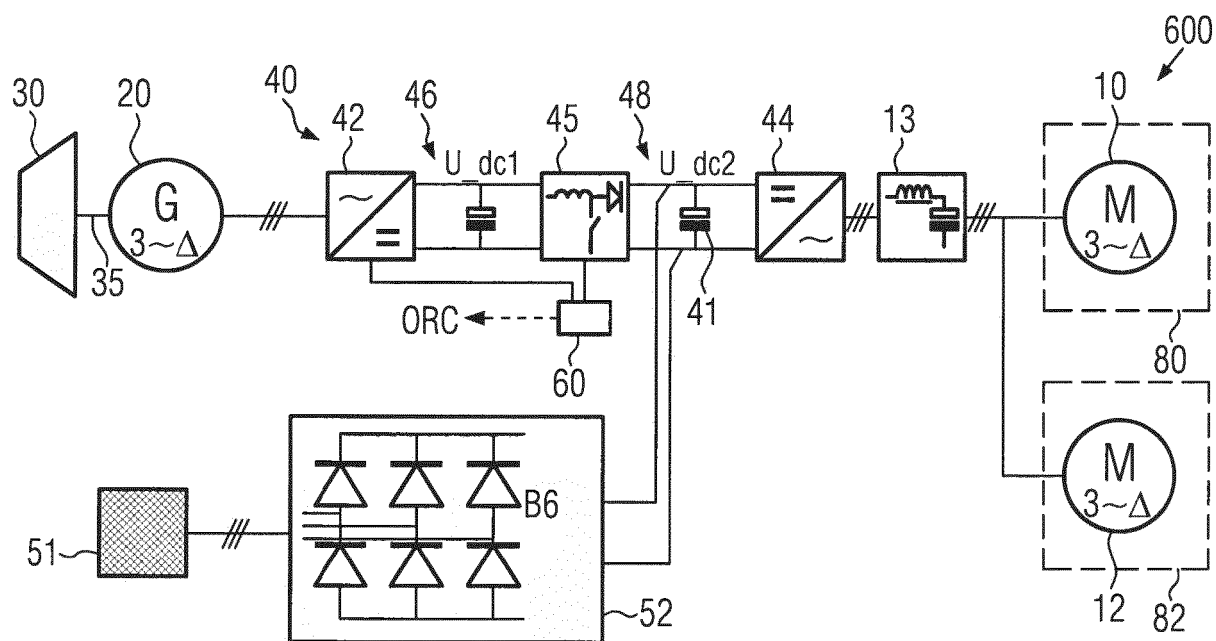


FIG. 7

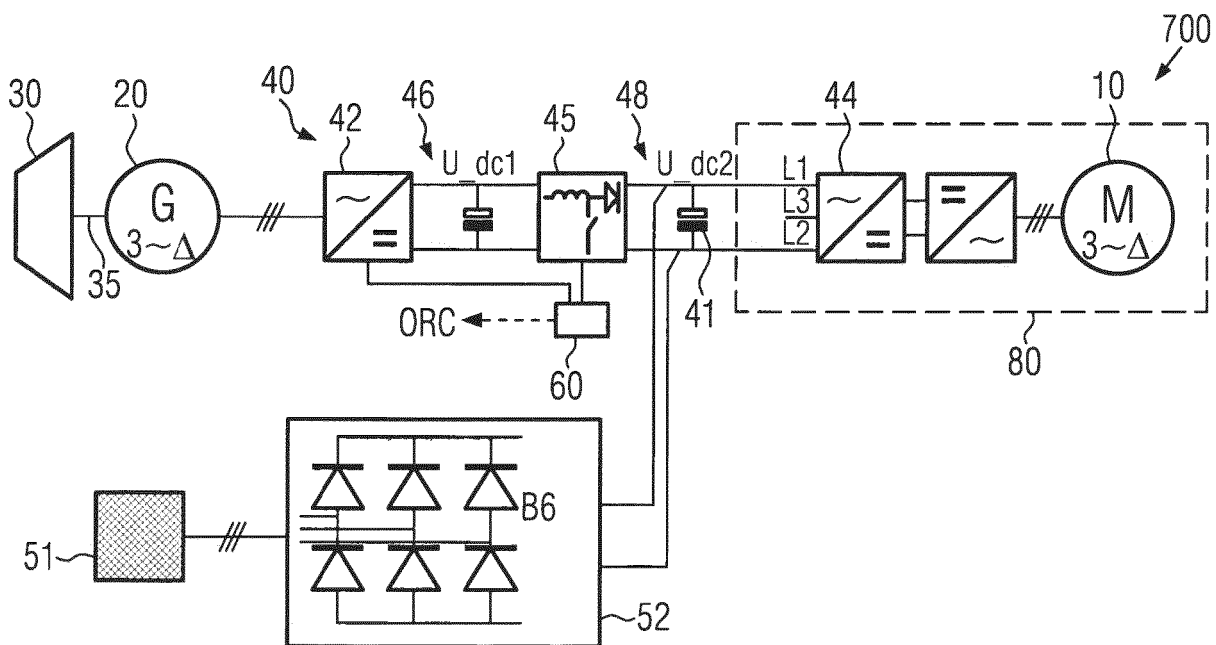


FIG. 8

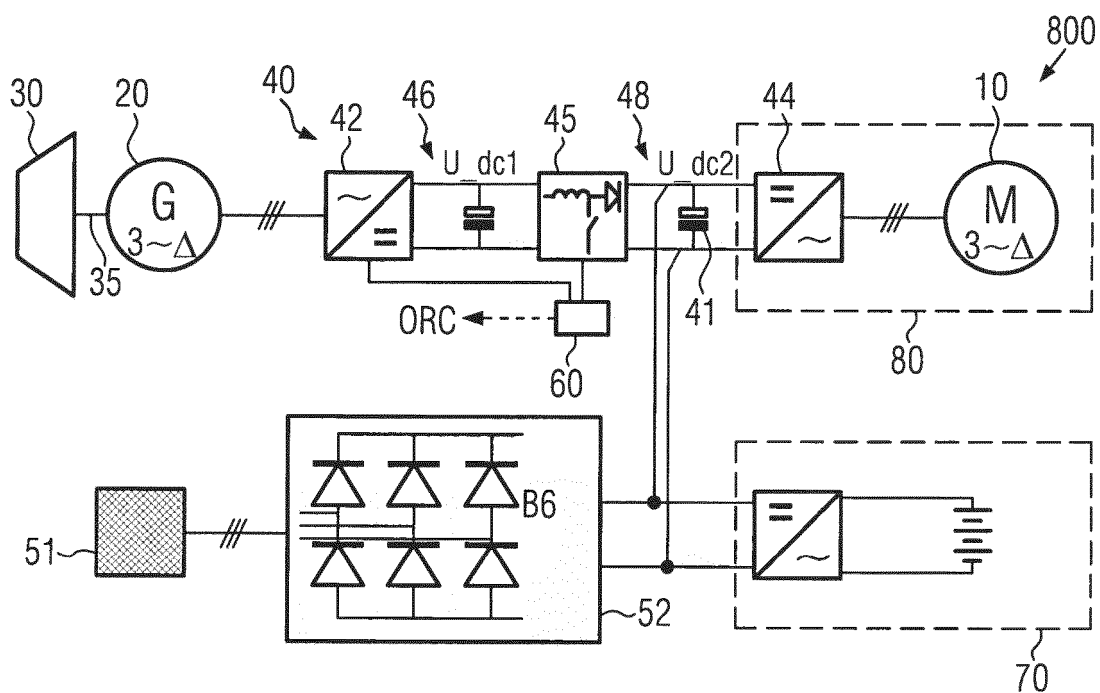


FIG. 9

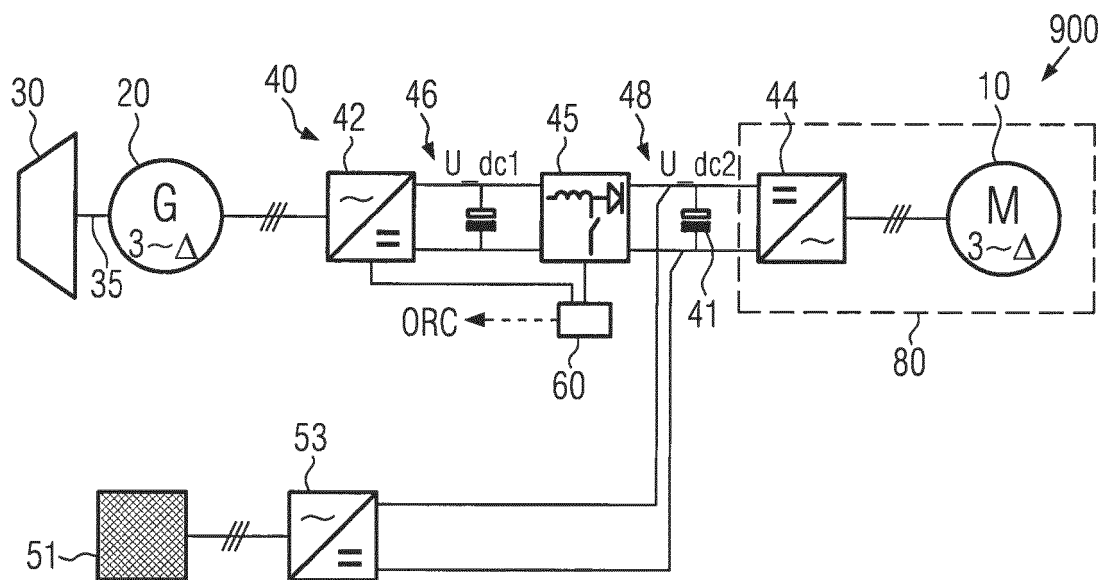


FIG. 10

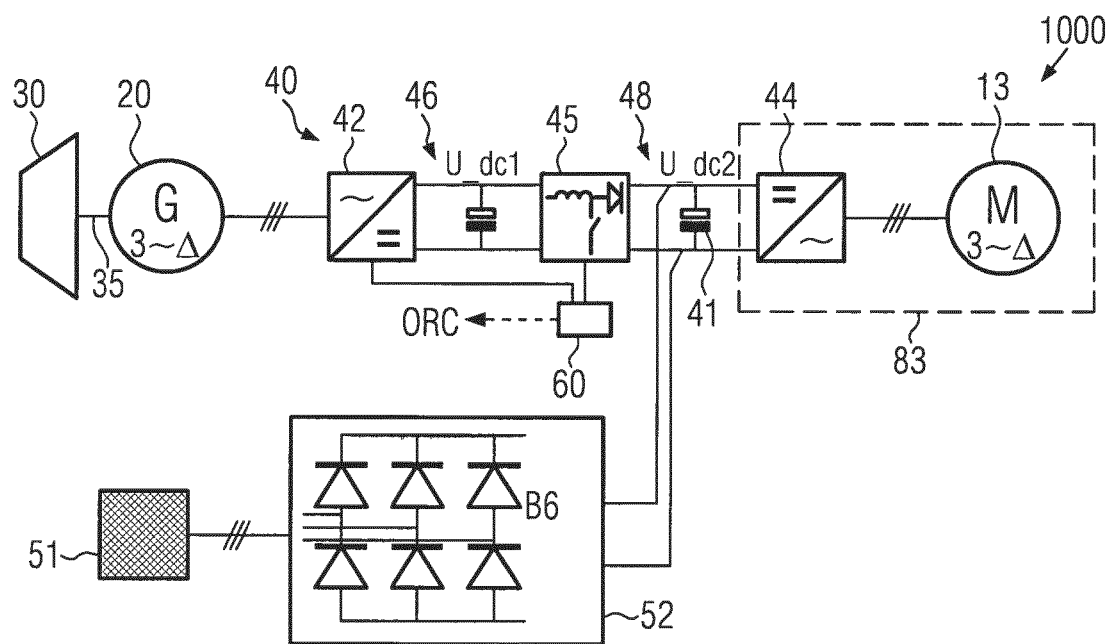


FIG. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008039449 A1 **[0004]**