

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1481/2010
(22) Anmeldetag: 06.09.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2012

(51) Int. Cl. : **H02J 3/38** (2006.01)
H02P 9/04 (2006.01)

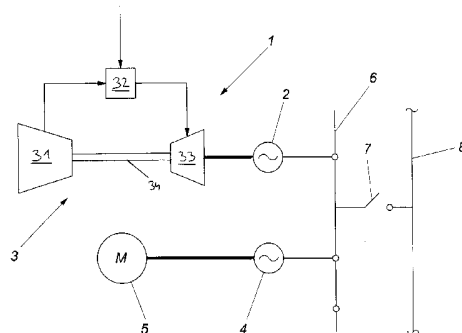
(56) Entgegenhaltungen:
US 2005116541 A1
US 2010019717 A1
JP 2008280860 A
JP 11044232 A

(73) Patentinhaber:
GE JENBACHER GMBH & CO OHG
A-6200 JENBACH (AT)

(54) KRAFTWERKSBLOCK

(57) Kraftwerksblock (1) zur Erzeugung von elektrischer Leistung, mit wenigstens einem ersten elektrischen Generator (2), der durch eine Gasturbine (3) antreibbar ist, wenigstens einem zweiten elektrischen Generator (4), der durch einen Hubkolbenmotor antreibbar (5) ist, wobei der wenigstens eine erste und der wenigstens eine zweite elektrische Generator (2, 4) elektrische Leistung in ein gemeinsames Netz (6) speisen, wobei ein Kuppelschalter (7) vorgesehen ist, durch den das gemeinsame Netz (6) mit einem Stromverbraucher (8) elektrisch verbindbar ist.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kraftwerksblock zur Erzeugung von elektrischer Leistung, ein Kraftwerk mit wenigstens einem derartigen Kraftwerksblock sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Kraftwerksblock bzw. eines derartigen Kraftwerks.

[0002] In der Kraftwerkstechnik zur Stromerzeugung werden viele unterschiedliche Technologien und Verfahren eingesetzt. Einen relativ großen Anteil nehmen dabei kalorische Kraftwerke ein, die in der Regel mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden. Maßgebliche Vertreter sind Kohlekraftwerke, Schweröl- oder Diesel und Gas-Kraftwerke. Aus verschiedenen Gründen gewinnen Gaskraftwerke in letzter Zeit immer mehr Marktanteile und es wird damit gerechnet, dass deren Bedeutung in Zukunft weiter steigen wird.

[0003] Bei den Gaskraftwerken sind die Hauptvertreter Gasturbinenanlagen, sowie stark zunehmend, Gas- und Dampfturbinen-Kombikraftwerke (GuD-Anlagen). Für kleinere Leistungsbe-
reiche werden vielfach Gasmotoren eingesetzt.

[0004] GuD-Anlagen weisen mit bis zu ca. 60 % die höchsten Wirkungsgrade auf, die bei kalori-
schen Kraftwerken derzeit erreicht werden. Aus Kostengründen wird diese Technologie wirt-
schaftlich erst ab einer Kraftwerksleistung > 300 MW eingesetzt.

[0005] Gasturbinenanlagen weisen spezifisch sehr günstige Kosten für die Errichtung und den
Betrieb auf, die erreichten Wirkungsgrade bewegen sich allerdings nur zwischen 35 % und 40
%. Gasturbinenanlagen werden vorwiegend zum Abdecken von Verbrauchsspitzen bzw. für die
Regelstromerzeugung eingesetzt.

[0006] Zu den Hauptproblemfeldern bei Gasturbinen- und GuD-Anlagen zählt der relativ
schlechte Teillastwirkungsgrad und das sehr unbefriedigende Lastregelverhalten (insbesondere
Lastzuschalt-Verhalten).

[0007] Hubkolbenmotoranlagen sind sehr wirtschaftlich bis zu ca. 100 MW Anlagenleistung mit
Wirkungsgraden bis 48 %. Neben diesem bezogen auf die Leistung sehr hohen Volllast-
Wirkungsgrad besitzen Gasmotoren auch bei Teillast sehr gute Wirkungsgrade und ein relativ
gutes, mit Dieselmotoren vergleichbares Lastregelverhalten.

[0008] Nachteilig bei Gasmotoranlagen sind die relativ hohen spezifischen Kosten für Betrieb,
Wartung und Instandhaltung, sowie die im Vergleich zur Gasturbine deutliche höheren Schad-
stoffemissionen.

[0009] Jede dieser Gaskraftwerkstechnologien weist spezifische Vor- und Nachteile auf, sodass
die am besten geeignete Variante von den jeweiligen Anforderung und Randbedingung ab-
hängt.

[0010] Kraftwerksblöcke, deren Generatoren durch Hubkolbenmotoren angetrieben werden,
haben den Nachteil, dass es bei plötzlicher kurzer Unterbrechung des Verbrauchernetzes
(Kurzunterbrechungen) zu einer relativ raschen Änderung der Frequenz des Generatorsatzes
gegenüber der des öffentlichen Netzes und damit zu einem unverträglichen Phasenversatz
zwischen Generator und Netz bei Wiederkehr der Netzspannung kommen kann. Solche Ereig-
nisse können sich schadhaft auf Komponenten des Generatorsatzes auswirken bzw. zu einem
Störfall führen.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, einen wirtschaftlich arbeitenden Kraftwerksblock zur Ver-
fügung zu stellen, bei dem es auch bei Kurzunterbrechungen der Stromabnahme durch einen
Stromverbraucher, beispielsweise einem öffentlichen Stromnetz, nur zu Frequenzabweichungen
innerhalb der zulässigen Grenzwerte kommt.

[0012] Diese Aufgabe wird durch einen Kraftwerksblock mit den Merkmalen des Anspruchs 1
gelöst.

[0013] Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass ein Hubkolbenmotor, insbesondere ein
Gasmotor, und eine Gasturbine jeweils einen elektrischen Generator antreiben, deren elektri-

sche Leistung in ein gemeinsames Netz gespeist wird. Dieses gemeinsame Netz kann durch einen Kuppelschalter mit einem Stromverbraucher, zum Beispiel dem öffentlichen Netz verbunden werden. Bei geöffnetem Kuppelschalter oder wenn der Stromverbraucher, zum Beispiel das öffentliche Netz, spannungslos ist, wird die Frequenz des gemeinsamen Netzes im Wesentlichen vom Verhalten der Gasturbine geprägt, das aufgrund der Massenträgheit der Gasturbinenläufer sehr stabil geregelt werden kann. Somit ist es möglich, bei Netzkurzunterbrechungen die Frequenz der elektrischen Spannung im gemeinsamen Netz innerhalb der zulässigen Grenzwerte zu halten.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0015] Es ist einerseits denkbar, dass pro Kraftwerksblock genau eine Gasturbine und genau ein Hubkolbenmotor vorgesehen sind, die jeweils genau einen Generator antreiben. Abweichungen sind aber auch vorstellbar. Zum Beispiel kann vorgesehen sein, dass pro Gasturbine wenigstens zwei Hubkolbenmotoren vorgesehen sind, die jeweils einen eigenen Generator antreiben.

[0016] Im Folgenden wird manchmal beispielhaft von einem Hubkolbenmotor in Form eines Gasmotors ausgegangen.

[0017] Die Erfindung gestattet es, in einem einzelnen, in sich abgeschlossenen Kraftwerksblock eine Gasturbine und einen Gasmotor in einer Art und Weise zu integrieren, dass eine maximale Synergie beider Aggregate erreicht und damit die Kosten gesenkt und die Leistungsfähigkeit gesteigert bzw. die Betriebseigenschaften der Gesamtanlage verbessert werden können.

[0018] Aus Gründen der Kompatibilität der Schadstoffemissionen von Gasmotor und Gasturbine ist bevorzugt vorgesehen, dass beim Gasmotor geeignete Technologien zur Emissionssenkung eingesetzt werden. Dies geschieht zum Beispiel entweder durch den Einsatz einer Kombination aus Oxidationskatalysator und SCR-Katalysator oder durch Reformierung des Treibstoffes für den Gasmotor und Anwendung eines extremen Magerbetriebsverfahrens. Für beide Emissionsreduktionsverfahren sind Zusatzeinrichtungen erforderlich, die innerhalb des Kraftwerksblockes angeordnet sind.

[0019] Die Vollastleistung des Kraftwerksblockes wird vorzugsweise zu ca. 80 % vom Gasturbinenaggregat gestellt. Dies hat den Vorteil, dass bei Lastanforderungen von < 20 % die Turbine abgestellt und die elektrische Leistung mit dem sehr hohen Motorwirkungsgrad (im Vollastbereich des Hubkolbenmotors) erzeugt werden kann.

[0020] Das Konzept des Kraftwerksblockes ist vor allem dafür vorgesehen, modulare Untereinheiten für einen Kraftwerkpark mit einer Leistungskapazität bis zu ca. 400 MW zu bilden. Mit aus solchen Untereinheiten gebildeten Kraftwerksblöcken können, bezogen auf die Gesamtleistung in feinen Stufungen, Aggregatsleistungen zugeschaltet oder herausgenommen werden, während die in Betrieb verbliebenen Aggregate bei Vollast laufen.

[0021] Beispiel:

[0022] einheitliche Maschinenhalle bzw. Gebäude für folgende Kraftwerkskomponenten:

[0023] ■ Gasturbinen-Generator-Set: Leistungsbereich von 30 - 70 MW

[0024] ■ Gasmotor-Generator-Set: Leistungsbereich von 5 - 20 MW

[0025] ■ H₂-Reformier-Einrichtung für das Treibgas des Gasmotors oder Abgasnachbehandlungseinrichtung

[0026] ■ mit einer Kombination aus Oxidationskatalysator + SCR-Katalysator

[0027] ■ Steuer-, Regel- und Überwachungseinrichtung für alle Kraftwerksteile bzw. Komponenten

[0028] ■ Treibgas-Regel- und Sicherheitsstrecke für Gasmotor und Gasturbine

- [0029] ■ Hilfsbetriebe für Start und Betrieb beider Generator-Aggregate
- [0030] ■ Ansaugluftfilter für beide Gen.-Aggr. gemeinsam
- [0031] ■ Maschinenraumbelüftung
- [0032] ■ Wärmetauscher
- [0033] ■ Rohrleitungsführungen
- [0034] auf dem Dach des Gebäudes für die Maschinenhalle sind zum Beispiel angeordnet:
- [0035] ■ Tischkühler bzw. Umgebungsluftwärmetauscher für die Kühlung von Motorkühlwasser, Motoröl, Ladeluft
- [0036] ■ und ev. Zwischenkühlung der Luft für die Kompressoren der Gasturbine
- [0037] ■ Ansaugluftkasten mit Ansaugschalldämpfer
- [0038] ■ Abgasschalldämpfer mit Abgaskamin
- [0039] Vorteilhaft ist weiters vorgesehen, dass:
- [0040] ■ Gasmotor und Gasturbine dieselbe Einrichtung für die Ansaugung, Ansaugschalldämpfung und Filterung der Verbrennungsluft benutzen
- [0041] ■ Gasmotor und Gasturbine dieselbe Einrichtung für die Abgasschalldämpfung und die Schornsteinanlage benutzen
- [0042] ■ die Maschinenraumbelüftung sowohl für die Gasturbine als auch den Gasmotor ausgelegt ist
- [0043] ■ die Steuerung, Regelung und Sicherheitsfunktionen für alle Komponenten von einer gemeinsamen Zentraleinheit aus erfolgt
- [0044] ■ Gasmotoraggregat und Gasturbinenaggregat einen gemeinsamen Transformator zur Adaptierung der Spannung an das Verbrauchernetz besitzen
- [0045] ■ die Kühleinrichtungen von Gasmotor und Gasturbine, je nach vorhandenem Temperaturniveau gemeinsam benutzt werden
- [0046] ■ die Gasregel- und Sicherheitsstrecke von Gasmotor und Gasturbine soweit wie möglich gemeinsam benutzt werden
- [0047] ■ Gasmotor und Gasturbine von einer gemeinsamen Spüllufteinrichtung versorgt werden, mit dem vor Start sowie nach Abstellung die Luft- und Abgaskanäle (aus Sicherheitsgründen) gespült werden können
- [0048] Mögliche spezielle Betriebsführung und Funktionen der integrierten Kraftwerkseinheit:
- [0049] ■ Der Gasmotor wird über einen größeren Zeitraum betrieben als die Gasturbine, aus folgenden Gründen:
Der Wirkungsgrad des Gasmotors beträgt ca. 48 % und ist damit wesentlich höher als jener der Gasturbine (ca. 38 %)
Dieser Unterschied nimmt in Richtung Teillast erheblich zu.
Für Teillastanforderung an die Anlage wird die Turbine unterhalb 20 % der Turbinen-Nennlast abgestellt, sodass eine Basis-Anlagenleistung mit sehr hohem Wirkungsgrad erzeugt werden kann.
- [0050] ■ Für den Start eines Gasturbinen-Generator-Sets wird der bereits laufende Motor dazu benutzt, die Hilfsbetriebe der Gasturbine, insbesondere die Starteinrichtung zu aktivieren.
- [0051] ■ Die Abwärmen des Motors sowie der Turbine werden auf den jeweiligen Niveaus zusammengeführt und gemeinsam an die Umgebung abgeführt oder den verschiedenen Verbraucher-Netzen zugeführt. Beispielsweise kann die Kühlwasserwärme des

Motors, die Ölwärme des Motors und der Turbine, die Wärme aus den Hochtemperaturstufen der Lufrückkühler von Motor und Gasturbine sowie die Wärme aus dem (gemeinsamen) Abhitzeessel auf einem Temperaturniveau von ca. 90 °C für Heizzwecke einem Wärmeverbraucher zugeführt werden.

[0052] ■ Die Energie des Abgases von Gasmotor und Gasturbine kann aber beispielsweise auch einem gemeinsamen Dampfprozess zur weiteren Gewinnung elektrischer Energie (beispielsweise über einen Organic Rankine Cycle) zugeführt werden.

[0053] ■ Für den Anwendungsfall, dass schnelle Lastzu- bzw. Lastaufschaltungen erfolgen, wird der Motor vor der Lastaufschaltung bei geringer Last betrieben, sodass das im Vergleich zur Gasturbine wesentlich bessere Lastannahmeverhalten des Gasmotors voll ausgenutzt werden kann.

[0054] Ein vorteilhafter Aspekt der Erfindung besteht darin, dass durch möglichst weitgehende gemeinsame Nutzung der Einrichtungen und Komponenten des Kraftwerksblockes durch die Gasturbine und den Gasmotor die spezifischen Investitionskosten reduziert werden können.

[0055] Weiters ermöglicht es die Erfindung, standardisierte Kraftwerksblöcke zu erstellen, die zu Kraftwerksparks bzw. Kraftwerken kombiniert werden können und durch hohe Fertigungstückzahlen sowie einem hohen Vorfertigungsgrad sehr niedrige spezifische Herstellkosten ermöglichen.

[0056] Vorteile ergeben sich weiters auch daraus, dass im Vergleich zu Großkraftwerken weniger Wärme produziert wird und daher mehr Möglichkeiten bestehen, die Abwärme in geeigneten Verbrauchernetzen unterzubringen. Die Dezentralisierung ist damit deutlich besser möglich.

[0057] Der Wirkungsgrad einer integrierten Kombination von Gasturbine und Gasmotor liegt über dem gesamten Lastbereich um ca. 2 %-Punkte höher, als eine reine Gasturbinenanlage. Die Art und Weise, wie der Teillastbetrieb realisiert wird, beispielsweise, ob zuerst nur der Gasmotor in die Teillast gefahren wird, oder nur die Gasturbine oder beide Systeme gleichzeitig, hat auf den Wirkungsgrad der Anlage keinen Einfluss. Zum Beispiel:

[0058] a) Die Anlagenleistung wird reduziert, indem nur die Gasmotorleistung reduziert wird, die Gasturbine läuft weiter Vollast

[0059] b) Die Anlagenleistung wird reduziert, indem nur die Gasturbinenleistung reduziert wird, der Gasmotor läuft weiter Vollast

[0060] c) die Anlagenleistung wird reduziert, indem die Leistung von Gasmotor und Gasturbine gleichermaßen reduziert wird.

[0061] Moderne Gasmotoren weisen grundsätzlich niedrige Schadstoffemissionen im Abgas auf und sind in dieser Hinsicht deutlich umweltfreundlicher als Dieselmotoren. Die Emissionen von Gasturbinen sind dagegen noch deutlich niedriger. Insbesondere bei NO_x und unverbrannten Kohlen-Wasserstoffen liegen die Emissionen von Gasmotoren ohne entsprechende Abgasnachbehandlung erheblich über denen der Gasturbinen.

[0062] Die Emissionsrichtlinien für Gasturbinenkraftwerke orientieren sich an den mit Gasturbinen erreichbaren Werten, sodass Gasmotorenanlagen üblicherweise nicht ohne entsprechende Maßnahmen zu Emissionsreduzierung mit Turbinenanlagen kombiniert werden können. Dazu stehen verschiedene Methoden zur Verfügung: Neben der Abgasnachbehandlung, etwa durch Oxi- und/oder SCR-Katalysatoren wird die extreme Abmagerung des Gemisches und/oder Kraftstoffvorbehandlungen wie beispielsweise die Wasserstoffreformierung eingesetzt.

[0063] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

[0064] Fig. 1 schematisch einen erfindungsgemäßen Kraftwerksblock,

[0065] Fig. 2 schematisch ein Beispiel für einen räumlichen Aufbau eines Kraftwerksblocks in einem Grundriss und

[0066] Fig. 3 schematisch beispielhaft die räumliche Anordnung von einzelnen Kraftwerkskomponenten auf der Außenseite bzw. auf dem Dach eines Gebäudes für einen Kraftwerkblock in einer seitlichen Ansicht.

[0067] Fig. 1 zeigt schematisch den logischen Aufbau eines erfindungsgemäßen Kraftwerksblocks 1, hier bestehend aus einem Hubkolbenmotor 5 und einer Gasturbine 3, welche jeweils einen elektrischen Generator 4 bzw. 2 antreiben. Der Aufbau der Gasturbine 3 (Verdichtungsstufe 31, Brennkammer 32 mit Gaszufuhr, Expansionsstufe 33, Welle 34) ist nur schematisch dargestellt, da er dem Stand der Technik entspricht.

[0068] Beide Generatoren 2, 4 speisen ihre elektrische Leistung in ein gemeinsames Netz 6, welches über einen Kuppelschalter 7 mit einem Stromverbraucher 8, welcher hier beispielhaft als öffentliches Netz dargestellt ist, elektrisch verbindbar ist.

[0069] In Fig. 2 ist eine prinzipielle Anordnung von Kraftwerkselementen innerhalb des Kraftwerksblockes 1 im Grundriss dargestellt. Innerhalb des Kraftwerksblockes 1 befindet sich eine Reformiereinrichtung oder eine Abgasnachbehandlungseinrichtung 9 für das Treibgas des Gasmotors 5 bzw. für das Abgas des Gasmotors 5, das Gasmotor-Generatoraggregat 4,5, das Gasturbinen-Generator-Aggregat 1,2, eine Plattform für Wärmetauscher und Hilfstriebwerke 10, ein Leistungsteil 11 und Steuer- und Regelschränke 12.

[0070] In Fig. 3 ist der Kraftwerksblock 1 im Aufriss dargestellt. Oberhalb eines Maschinengebäudes 13 befinden sich eine Tischkühlergruppe 14, ein Abgasschalldämpfer 15 mit Abgaskamin 16 und eine Schalldämpferkulisserie 17 für die Ansaugluft.

Patentansprüche

1. Kraftwerksblocks (1) zur Erzeugung von elektrischer Leistung, mit:
 - wenigstens einem ersten elektrischen Generator (2), der durch eine Gasturbine (3) antreibbar ist,
 - wenigstens einem zweiten elektrischen Generator (4), der durch einen Hubkolbenmotor antreibbar (5) ist,wobei der wenigstens eine erste und der wenigstens eine zweite elektrische Generator (2, 4) elektrische Leistung in ein gemeinsames Netz (6) speisen, wobei ein Kuppelschalter (7) vorgesehen ist, durch den das gemeinsame Netz (6) mit einem Stromverbraucher (8) elektrisch verbindbar ist.
2. Kraftwerksblock (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasturbine für einen Leistungsbereich von etwa 30 MW bis etwa 70 MW ausgelegt ist.
3. Kraftwerksblock (1) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leistung des Hubkolbenmotors (5) ca. 15 % bis ca. 25 % der Leistung der Gasturbine beträgt.
4. Kraftwerksblock (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass für Gasturbine (3) und Hubkolbenmotor (5) eine gemeinsame Ansauglufteinrichtung vorgesehen ist.
5. Kraftwerksblock (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für Gasturbine (3) und Hubkolbenmotor (5) ein gemeinsamer Abgasschalldämpfer (15) und vorzugsweise ein gemeinsamer Abgaskamin (16) vorgesehen ist bzw. sind.
6. Kraftwerksblock (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abwärme von Gasturbine (3) und Hubkolbenmotor (5) einem gemeinsamen Wärmetauscher (10) zuführbar ist.
7. Kraftwerksblock (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass für Gasturbine (3) und Hubkolbenmotor (5) eine gemeinsame Vorrichtung zur Abgasbehandlung (9) vorgesehen ist.

8. Kraftwerksblock (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hubkolbenmotor (5) wenigstens einen Ladelufteingang für vorverdichtete Ladeluft und die Gasturbine (3) wenigstens eine Verdichtungsstufe (31) aufweist, wobei der wenigstens eine Ladelufteingang des Hubkolbenmotors (5) über eine Ladeluftleitung mit einem Ausgang der wenigstens einen Verdichtungsstufe (31) verbunden ist.
9. Kraftwerk mit wenigstens einem, vorzugsweise wenigstens zwei Kraftwerksblöcken (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
10. Verfahren zum Betreiben eines Kraftwerksblocks (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder eines Kraftwerks nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Teillastbetrieb des Kraftwerksblocks (1) die Gasturbine (3) unterhalb von etwa 20 % ihrer Normlast abgestellt wird und der Hubkolbenmotor (5) allein betrieben wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

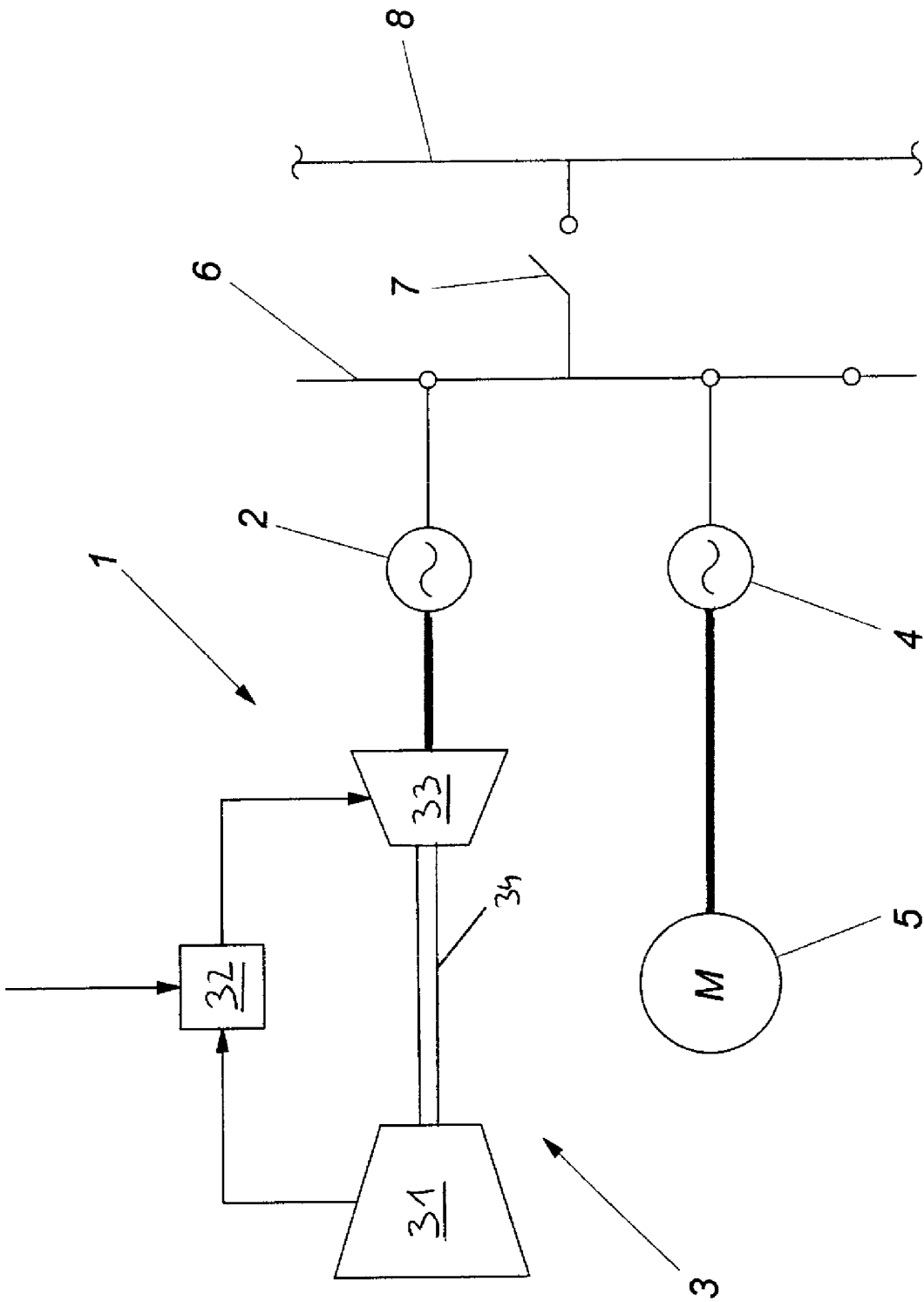


Fig. 1

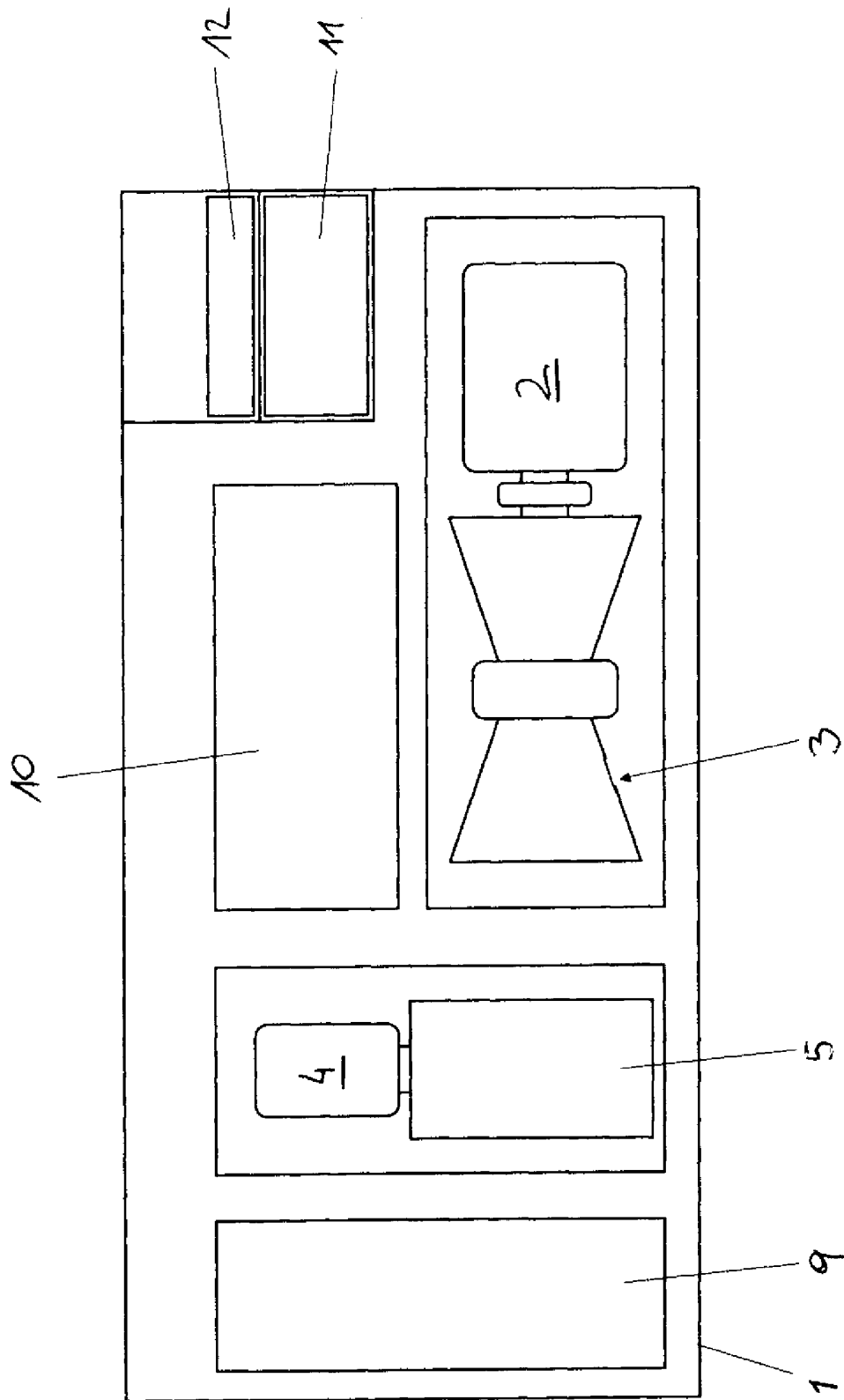


Fig. 2

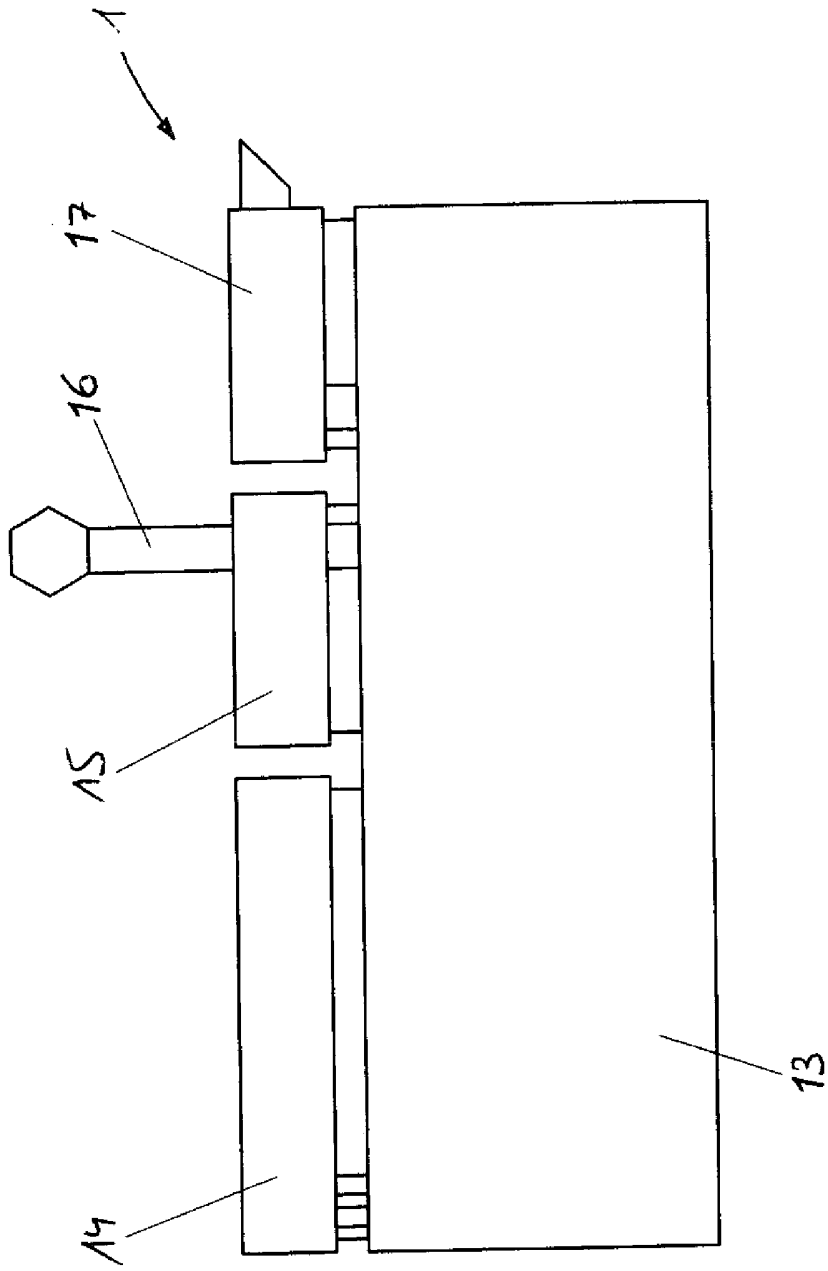


Fig. 3