



CH 683018 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 683018 A5

⑤① Int. Cl.⁵: F 02 C 3/32
F 02 C 3/14
F 23 R 3/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 2038/90

㉔ Anmelddungsdatum: 19.06.1990

㉔ Patent erteilt: 31.12.1993

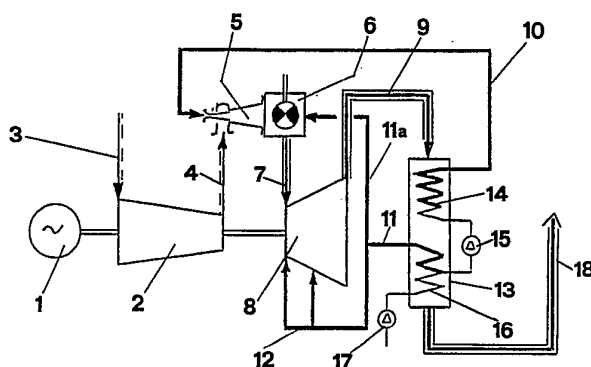
㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.1993

㉔ Inhaber:
ASEA Brown Boveri AG, Baden

㉔ Erfinder:
Frutschi, Hans-Ulrich, Riniken
Wettstein, Hans, Dr., Fislisbach

⑤④ Verfahren zur Erhöhung des verdichterbedingten Druckgefälles einer Gasturbine einer Kraftwerksanlage.

⑤⑦ Bei einem Verfahren zur Erhöhung des verdichterbedingten Druckgefälles der Gasturbine (8) einer Gasturbogruppe mit einem nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (13) wirkt stromauf der Gasturbine (8) ein Injektor (5), durch dessen Fangdüse die vorverdichtete Luft (4) aus dem Verdichter (2) strömt. Die Treibdüse des Injektors (5) wird durch mindestens einen Teil des im Abhitzedampferzeuger (13) anfallenden Dampfes (10) beaufschlagt, wodurch die Verdichterluft (4) weiterverdichtet wird, ohne Leistungsaufnahme aus der Ausbeute der Gasturbine (8).



CH 683018 A5

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des verdichterbedingten Druckgefälles in einer Gasturbine einer Kraftwerksanlage gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch Kraftwerksanlagen zur Anwendung dieses Verfahrens.

Stand der Technik

Bei Kraftwerksanlagen geht es letztlich, zwecks Minimierung der Abgasemissionen, um die Maximierung des Wirkungsgrades einer solchen Anlage. Im diesem Zusammenhang wird auf die Gasturbogruppen der neuen Generation hingewiesen, welche Wirkungsgrade zu erbringen vermögen, die noch bis vor wenigen Jahren als nicht machbar galten. Eine ausgereifte Technik bilden wohl die sogenannten Kombianlagen. Unter diesem Begriff wird das betriebliche Zusammenwirken einer Gasturbogruppe mit mindestens einem nachgeschalteten Dampfturbinenkreislauf verstanden, wobei die Gasturbinenabgase, welche an sich noch ein grosses energetisches Potential aufweisen, in einen Abhitzedampferzeuger geleitet werden, in welchem die Erzeugung des für die Beaufschlagung der Dampfturbine notwendigen Dampfes erfolgt. Dabei kann es sich bei einem solchen Abhitzedampferzeuger um einen Eindruck- oder Mehrdruck-Kessel handeln; des weiteren ist es möglich, den Abhitzedampferzeuger mit einer Zusatzfeuerung auszurüsten. Eine solche Kombianlage vermag nach heutigem Stand der Technik Wirkungsgrade von weit über 50% zu erzielen. Es ist offensichtlich, dass die Bestrebungen dahin gehen, diese fossil befeuerten Kraftwerksanlagen weiter zu entwickeln, erstens im Hinblick auf eine bessere Ausnutzung der fossilen Reserven, und zweiten davon ausgehend, dass von dieser Plattform aus jeder technologische Fortschritt wirtschaftlich überproportional zählt. Bei Gasturbogruppen muss ein nicht irrelevanter Anteil der Turbinenleistung zum Antrieb des Verdichters aufgewendet werden, so dass eine Erhöhung des Druckgefälles in der Gasturbine, das zu einer höheren Wirkungsgradsausbeute der Anlage führen sollte, über eine höhere Verdichtung der Arbeitsluft im Kompressor zu erreichen wäre, mithin bilanzmässig wenig oder nichts bringt, denn diese Plus-Leistung aus der Gasturbine ginge in Form einer erhöhten Aufnahme der Wellenleistung durch den Kompressor verloren.

Aufgabe der Erfindung

Hier greift die Erfindung ein. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren der eingangs genannten Art den Wirkungsgrad über den Weg der Erhöhung des verdichterbedingten Druckgefälles in der Gasturbine zu maximieren.

Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Druckerhöhung des Arbeitsgases

in der Gasturbine einer Kraftwerksanlage ohne Inanspruchnahme der Wellenleistung der Anlage zustande kommt. Dort wo sich allenfalls eine Nachverdichtungsstufe zum vorhandenen Verdichter aus schaltungstechnischen Überlegungen aufdrängt, ist die durch die erfindungsgemässe Aufgabenlösung bedingte Ausbeute aus der Gasturbine um ein Mehrfaches höher als diese aufgenommene Leistung aus der zusätzlichen Verdichtung.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Wirkungsgraderhöhung sowohl bei reinen Gasturbogruppen als auch bei Kombianlagen erzielt wird; des weiteren auch unabhängig davon, ob die jeweilige Schaltung eine Gleichdruckbrennkammer oder eine Isochor-Brennkammer aufweist.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird anhand der Zeichnung Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt und näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Die Strömungsrichtung der verschiedenen Medien ist mit Pfeilen angegeben. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Schaltung einer Gasturbogruppe mit einem Abhitzedampferzeuger und Injektor,

Fig. 2 eine Gasturbogruppe mit Injektor und mit einer konventionellen Brennkammer,

Fig. 3 eine Gasturbogruppe mit Injektor und mit einer Isochor-Brennkammer und

Fig. 4 eine Schaltung nach Fig. 3, wobei die Isochore Brennkammer mindestens einen zusätzlichen Niederdruckausgang aufweist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt eine Gasturbogruppe, in welche ein Abhitzedampferzeuger 13 sowie ein Injektor 5 integriert sind. Die beiden letztgenannten Apparate stehen dabei in Wirkverbindung mit der Gasturbogruppe. Die Gasturbogruppe als autonome Einheit besteht aggregatenmässig aus einem Generator 1, einem Verdichter 2, einer Brennkammer 6 und einer Gasturbine 8. Die angesaugte Luft 3 wird in dem Verdichter 2 im Sinne einer Vorverdichtung komprimiert und gelangt sodann über die Leitung 4 in den Injektor 5, und zwar über dessen Fangdüse; der Injektor 5 ist dabei stromauf der Brennkammer 6 platziert. Die dann in dieser Brennkammer 6 thermisch aufbereitete Luft beaufschlagt als Heissgas 7 die Gasturbine 8. Die Gasturbinenabgase 9 werden dem Abhitzedampferzeuger 13 zugeführt, wo sie energetisch weiter genutzt werden. Aus der freigesetzten thermischen Energie aus diesen Abgasen wird in einem Hochdruck-Dampferzeugungsteil 14 ein Hochdruckdampf 10 erzeugt, der den Injektor 5 über dessen Treibdüse beaufschlagt. Da es sich um einen Zweidruck-Abhitzedampferzeuger 13 handelt, wird in einem weiteren Niederdruck-Dampferzeugungsteil 16 ein Niederdruckdampf 11 erzeugt,

Ein Teil dieses Dampfes 11a wird der Brennkammer 6 zugeführt, und bewirkt dort beispielsweise eine Verminderung der NO_x-Emissionen. Ein anderer Teil des Niederdruckdampfes 12 wirkt als Kühlmittel für die Gasturbine 8. Die abgekühlten Abgase werden dann als Rauchgase 18 über einen Kamin ins Freie abgeblasen. Eine erste Speisewasserpumpe 17 sorgt für den Medium-Nachschub in den Abhitzedampferzeuger 13, während eine zweite Speisewasserpumpe 15 die Förderung des Mediums zwischen Niederdruck- und Hochdruck-Dampferzeugungsteil besorgt. Somit liegt hier eine Schaltung vor, die so gestaltet ist, dass der im Abhitzedampferzeuger 13 erzeugte Hochdruckdampf 10 die Treibdüse des Injektors 13 beaufschlagt und bewirkt, dass die vom Verdichter 2 kommende vorverdichtete Luft 4, die über die Fangdüse in den Injektor 5 strömt, weiterverdichtet wird, bevor beide Medien 4 und 10 in die stromab des Injektors 5 platzierte Brennkammer 6 strömen. Dadurch erfährt die Gasturbine 8 ein grösseres Druckgefälle, als dies nur mittels des Verdichters 2 allein aufgebaut werden könnte. So wird die dem im Abhitzedampferzeuger 13 erzeugten Dampf innewohnende Exergie besser genutzt, womit sowohl die Leistung als auch der Wirkungsgrad eine Erhöhung gegenüber der bekannten Anlagen mit simpler Dampfeinblasung erfahren. Weil nun zur Beaufschlagung des Injektors 5 ein Dampf hohen Druckes angewendet werden muss, können im entsprechenden Dampferzeugungsteil 14 die Abgase 9 aus der Gasturbine 8 nicht hinreichend genutzt werden. Daher wird vorteilhafterweise dieser ersten Stufe der bereits oben erwähnte Niederdruck-Dampferzeugungsteil nachgeschaltet, dessen Dampf 11, wie ebenfalls oben kurz erwähnt, der Gasturbine 8 als Kühlmittel 12 und/oder gegen einen zu hohen NO_x-Ausstoss als Moderatormedium 11 der Verbrennung in der Brennkammer 6 zugeführt wird. Natürlich trägt auch dieser Niederdruckdampf zur Erhöhung von Leistung und Wirkungsgrad bei. Aus betrieblicher Sicht ergibt sich durch die Wirkung des Injektors 5 der Vorteil, dass mit zunehmendem Dampfstrom 10 der Druck vor der Turbine 8 ansteigt, ohne dass der Gegen-
druck des Verdichters 2 unzulässig wachsen würde. So wird immer eine genügend grosse Pumpmarge des Verdichters 2 gewahrt. Selbstverständlich kann diese Schaltung nach Fig. 1 als Kombianlage ausgelegt werden, indem ein Dampfteil aus dem Abhitzedampferzeuger 13 eine diesem nachgeschaltete, nicht ersichtliche Dampfturbine beaufschlagen würde. Eine solche Anordnung kann in Verbindung mit einer Zusatzfeuerung in der Abgas-Leitung 9, spätestens im Abhitzedampferzeuger 13 von Vorteil sein.

Eine gewisse, wenn auch nicht so ausgeprägte Wirkungsgrad- und Leistungssteigerung kann auch ohne Dampfeinblasung bei einer reinen Gasturbogruppe gemäss Fig. 2, die an sich für eine Kombianlage optimal geeignet ist, erzielt werden. Gemäss Fig. 2 wird zu diesem Zweck der Verdichter in einen Verdichterteil 2a und einen Verdichterteil 2b unterteilt. Die Arbeitsweise ist nun die, dass der Verdichterteil 2b einen Teilstrom der vom Verdichterteil 2a vorverdichteten Luft 4a übernimmt und ei-

ner Hochtemperaturbrennkammer 6 zuführt. Die Verbrennungsgase 7 verhältnismässig sehr hoher Temperatur (1800° und mehr) und relativ hohen Druckes (15 bar oder höher) beaufschlagen die Treibdüse des Injektors 5 und verdichten den durch die Fangdüse in den Injektor 5 einströmenden vorverdichteten Luftstrom 4 des Verdichterteils 2a auf einen höheren Enddruck, als er nach dem Verdichterteil 2a herrscht. In der Leitung 7a, die vom Injektor 5 zur Gasturbine 8 führt, ergibt sich dann eine Mischtemperatur, welche eben dieser Gasturbine 8 ohne nennenswerter Kühlluftverbrauch zuträglich ist. Der Vorteil dieser Kreislauftschaltung gegenüber einer einfachen Gasturbinenschaltung ist der, dass die zuzuführende Wärme ein signifikant höheres Temperaturniveau aufweisen kann, wobei der obere Temperaturbereich die Weiterverdichtung der vom Verdichterteil 2a kommenden Luft 4 übernimmt, ohne mit rotierenden Maschinen in Berührung zu kommen. Die Treibdüse des Injektors 5 bedarf keiner besonderen Kühlung, denn sie kann beispielsweise aus einem keramischen Material hergestellt werden. Im Gegensatz zu der Anordnung gemäss Fig. 1 mit Dampfstrahlinjektor, welche mit Komponenten des heutigen Standes der Technik auskommt, verlangt freilich eine Anordnung gemäss Fig. 2 mit einem Heissgasstrahlinjektor eine fortschrittliche, zukünftige Technik. Das Temperaturniveau des Treibstrahles muss nämlich sehr hoch sein, damit für den Treibstrahl nur ein möglichst kleiner Teil der Gesamtluftmenge aufgewendet werden muss. Letzteres ist deshalb wichtig, damit die vom Verdichterteil 2b aufgenommene Leistung hinreichend klein bleibt, d.h. kleiner als die von der Gasturbine 8 abgegebene Mehrleistung.

Gegenüber Fig. 2 unterscheidet sich Fig. 3 dahingehend, dass die Gleichdruck-Brennkammer gemäss Fig. 2 nunmehr durch eine Isochor-Brennkammer 19 ersetzt wird. Die hier bei konstantem Volumen stattfindende Verbrennung ergibt, aufgrund des bei der Verbrennung erfolgenden Druckanstieges, eine deutliche Anhebung des Wirkungsgrades gegenüber einer konventionellen Gleichdruck-Verbrennung. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die vorverdichtete Luft aus dem Verdichter aufgespalten wird: während ein Teil 4b der Fangdüse des Injektors 5 zuströmt, gelangt der andere Teil 4c in die Isochor-Brennkammer 19, wobei vorgängig des Verbrennungsprozesses in dieser Brennkammer 19 die vorverdichtete Luft 4c mit einem Brennstoff 20 zu einem zündfähigen Brennstoff/Luft-Gemisch angereichert wird. Die Heissgase 7 beaufschlagen dann, analog Fig. 2, die Treibdüse des Injektors 5. Auch hier ergibt sich in der Leitung 7a, die vom Injektor 5 zur Gasturbine 8 führt, eine Mischtemperatur aufgrund des abgezweigten Luft-Anteils 4b. Diese Arbeitsgase weisen somit eine Mischtemperatur auf, welche der Gasturbine 8 zuträglich ist. Im übrigen sind hier die gleichen Schlussfolgerungen auszumachen, wie sie unter Fig. 2 zur Erläuterung gekommen sind.

Fig. 4 entspricht teilweise der Schaltung gemäss Fig. 3, mit dem Unterschied, dass die Brennkammer 21, welche ebenfalls eine isochore Verbrennung bereitstellt, zwei nacheinander angeordnete

Treibgasleitungen aufweist. Eine solche Konfiguration, bei welcher die Brennkammer 21 aus einem Zellenrotor, analog einer Druckwellenmaschine, besteht, ist aus EPA1 0 468 083 ersichtlich. Dadurch kann auf Grund des in einer solchen Druckwellenmaschine innewohnenden Druckwelleneffekts eine bessere Füllung der einzelnen Zellen erzielt werden, wobei die Zellen einzeln die Funktion einer isochoren Verbrennungs-Kammer erfüllen. Der Zellenrotor ist umfangsmässig und stirnseitig durch ein Gehäuse umschlossen, welches nun über mindestens einen Kanal 23 mit dem Verdichter 2 verbunden ist. Auch hier wird, wie in Fig. 3, die vorverdichtete Luft 4c vor Eintritt in die Brennkammer 21 mit Brennstoff 20 zu einem Luft/Brennstoff-Gemisch zubereitet. Dieses Gemisch wird dann am Ende des Kanals 23 in die dort vorbeidrehenden Zellen des Rotors eingeleitet. Sobald diese Zellen mit der Nennmenge gefüllt sind, durchlaufen sie eine volumenbegrenzende Phase, wo das Gemisch dann zur Zündung gebracht wird. Ein Teil dieses Treibgases oder Arbeitsgases beaufschlagt als Hochdruckgas die Treibdüse des Injektors 5 in gleicher Weise wie gemäss Fig. 3, und ein restlicher Teil 22 wird in eine Niederdruckstufe der Gasturbine 8 eingeleitet. Dadurch wird die Restgasmenge reduziert und die Frischgasladung erhöht sich. Somit ist technisch zum Ausdruck gebracht worden, dass eine solche Brennkammer an sich nach dem Prinzip einer Druckwellenmaschine arbeitet, sonach auch dementsprechend optimiert werden kann. Eine Brennkammer, welche nach dem Prinzip einer isochoren Verbrennung arbeitet, braucht nicht notwendigerweise nach der hier dargelegten Konfiguration aufgebaut sein. Sie kann beispielsweise aus Kammern bestehen, welche mit selbsttätigen Ventilen arbeitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung des verdichterbedingten Druckgefälles einer Gasturbine einer Kraftwerksanlage, dadurch gekennzeichnet, dass stromauf der Gasturbine (8) ein Injektor (5) wirkt, durch dessen Fangdüse die vorverdichtete Luft (4, 4b) aus dem Verdichter (2, 2a) strömt, dass die vorverdichtete Luft (4, 4b) mittels Beaufschlagung der Treibdüse des Injektors (5) durch ein in einem Apparat (6, 13, 19, 21) kalorisch aufbereitetes gasförmiges Medium weiterverdichtet wird.

2. Kraftwerksanlage zur Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei die Kraftwerksanlage im wesentlichen aus einem Verdichter, einer stromab des Verdichters plazierten Brennkammer, einer stromab der Brennkammer plazierten Gasturbine und einem stromab der Gasturbine plazierten Abhitzedampferzeuger, mit oder ohne Zusatzfeuerung sowie mit oder ohne nachgeschalteter Dampfturbo-Gruppe besteht, dadurch gekennzeichnet, dass der Injektor (5) stromauf der Brennkammer (6) plaziert ist, und dass die Treibdüse des Injektors (5) durch mindestens einen Teil des im Abhitzedampferzeuger (13) anfallenden Dampfes (10) beaufschlagbar ist.

3. Kraftwerksanlage zur Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei die Kraftwerksanlage

im wesentlichen aus mindestens einem Verdichter, einer stromab des Verdichters plazierten Brennkammer und einer stromab der Brennkammer plazierten Gasturbine besteht, dadurch gekennzeichnet, dass der Injektor (5) stromab der Brennkammer (6, 19, 21) plaziert ist, und dass die Treibdüse des Injektors (5) durch die in der Brennkammer (6, 19, 21) aufbereiteten Heissgase (7) beaufschlagbar ist.

4. Kraftwerksanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (19, 21) eine isochore Brennkammer ist.

5. Kraftwerksanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (6) eine Gleichdruck-Brennkammer ist.

6. Kraftwerksanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die isochore Brennkammer (19, 21) aus den einzelnen Zellen eines Zellenrotors einer Druckwellenmaschine besteht.

7. Kraftwerksanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zellenrotor mit mindestens einem Hochdruck- und einem Niederdruck-Ausgang verbunden ist.

FIG. 1

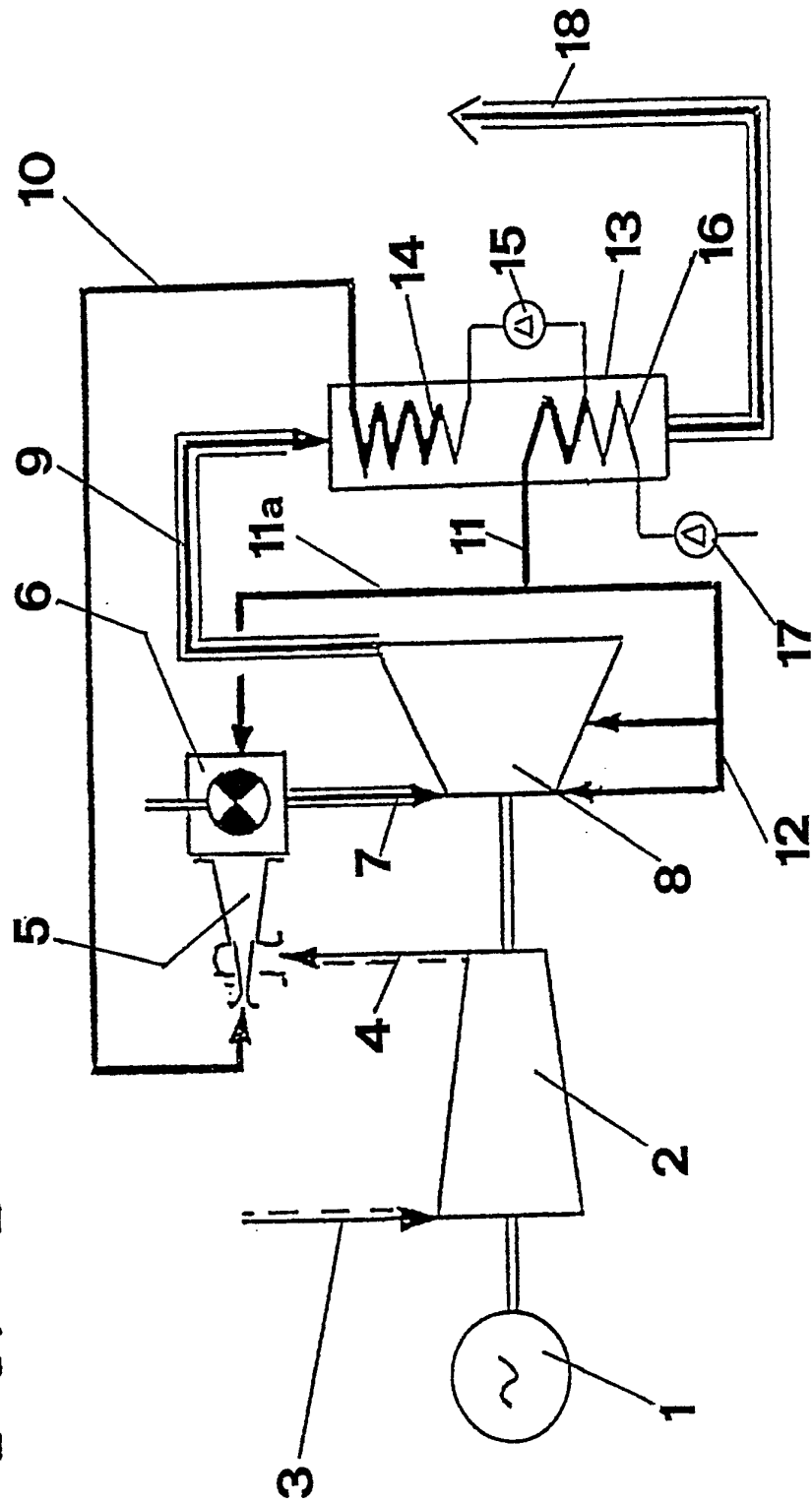
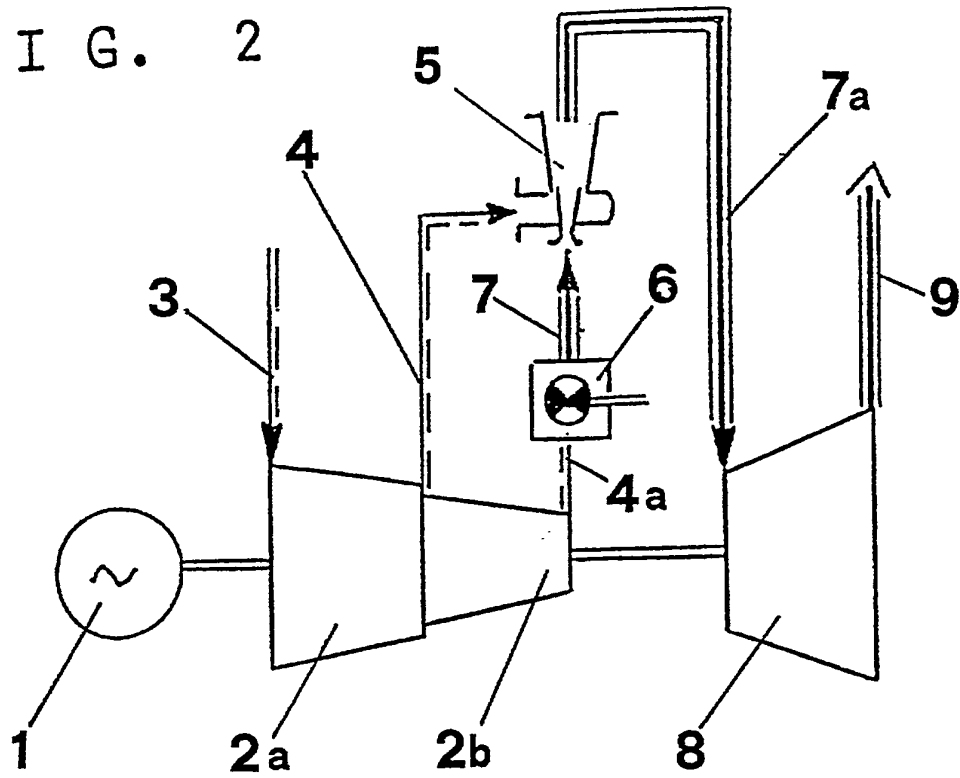
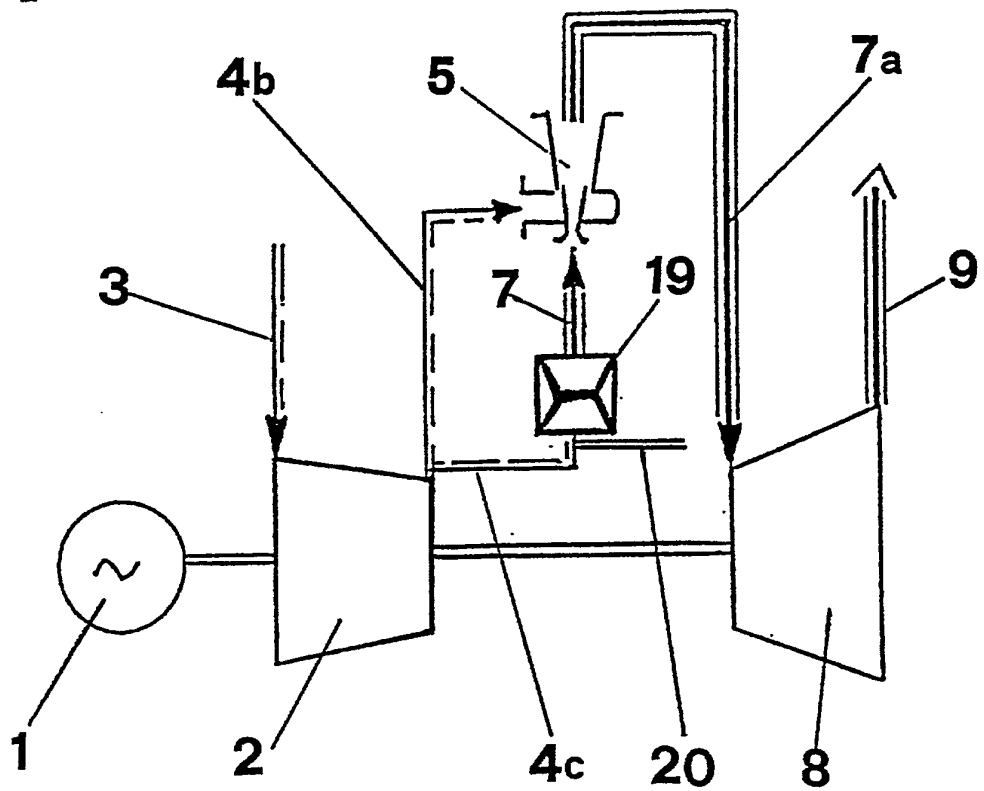


FIG. 2



F I G. 3



F I G. 4

