



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 059 316.0

(51) Int Cl.: F01K 23/06 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 23.12.2009

F01K 13/02 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 01.07.2010

F02C 7/26 (2006.01)

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 08.08.2024

F01K 3/22 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

12/347,353

31.12.2008 US

(72) Erfinder:

Welch, David Ernest, Amsterdam, N.Y., US;  
Sathyanarayana, Dileep, Clifton Park, N.Y., US;  
Mondello, James C., Rochester, N.Y., US;  
Kudlacik, Edward L., Glenville, N.Y., US

(73) Patentinhaber:

General Electric Technology GmbH, Baden, CH

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2007 / 0 113 562 A1  
US 3 577 733 A

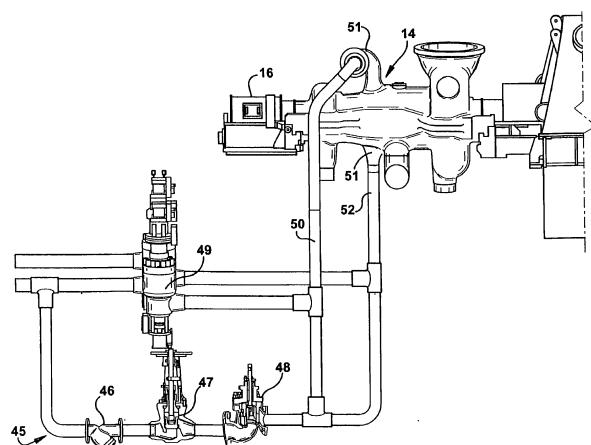
(74) Vertreter:

Rüger Abel Patentanwälte PartGmbB, 73728  
Esslingen, DE

(54) Bezeichnung: Vorrichtung zum Starten einer Dampfturbine gegen Nenndruck

(57) Hauptanspruch: Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem (10), aufweisend:  
einen elektrischen Generator (16),  
eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Gasturbine (12),  
eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Dampfturbine (14),  
einen für die Lieferung von Dampf an die Dampfturbine (14) angepassten Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (18),  
wenigstens einen mit dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (18) gekoppelten Dampfkühler (22, 24),  
ein für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine (14) während des normalen Betriebs der Dampfturbine angepasstes Hauptdampf-Steuerventil (40),  
einen ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) enthaltenden Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45),  
ein Hauptdampfrohrnetz, das stromaufwärts von dem Hauptdampf-Steuerventil (40) mit dem Einlass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils (48) verbunden ist, und  
ein Dampfrohrnetz, das von einem Auslass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils (48) aus mit dem stromabwärts befindlichen Bereich des Hauptdampf-Steuerventils (40) verbunden ist, wobei es für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine (14) während eines schellen Anfahrvorgangs angepasst ist, dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) stromaufwärts vor dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerven-

til (48) in dem Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45) angeordnet ist und  
das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) wenigstens eine von einer linearen Strömungskennlinie (210) und einer gleichprozentigen Strömungskennlinie (220) über einen vollen Betriebsbereich aufweist.



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein Kombinationszyklus-Energieerzeugungssysteme und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Starten einer Dampfturbine gegen Nenndruck.

**[0002]** Bekanntmaßen enthalten Kombinationszyklus-Energieerzeugungssysteme eine oder mehrere Gasturbinen und Wärmerückgewinnungsdampfgeneratoren (HRSG's) und eine Dampfturbine. Herkömmliche Kombinationszyklussystem-Anfahrprozeduren beinhalten Niederlast-Wartezustände der Gasturbine und Einschränkungen bezüglich der Gasturbinenbelastungsrate zur Steuerung der Anstiegsrate in der Dampftemperatur. Diese Wartezustände und Einschränkungen tragen zu Luftemissionen während des Anfahrvorgangs bei, können die Anfahr- und Belastungszeit verlängern und können den Brennstoffverbrauch während des Anfahr- und Belastungsvorgangs erhöhen.

**[0003]** Insbesondere wird bei Kombinationszyklussystemen während des Anfahr- und Belastungsvorgangs, und bevor die Gasturbine Volllast erreicht, die Gasturbine in einen Wartezustand versetzt, bis die Temperatur des von dem HRSG erzeugten Dampfes der Metalltemperatur des Dampfturbinenhochdruck- und Niederdruckmantels entspricht, und/oder sich der HRSG mit einer zulässigen Rate erwärmt und/oder der HRSG bis zu dem Punkt aufgewärmt ist, dass er für Brennstoffbeheizung bereit ist. Weil die Gasturbine bei niedriger Belastung gehalten wird, arbeitet die Gasturbine bei einem niedrigen Wirkungsgrad und mit hohen Abgasemissionen.

**[0004]** Derartige herkömmliche Anfahrprozeduren wurden in der Vergangenheit wenigstens teilweise deswegen toleriert, weil Anfahrvorgänge selten waren. Mit Schwankungen des Tag/Nacht-Energiepreises wurden jedoch derartige Anfahrvorgänge häufiger.

**[0005]** In der US 2007 / 0 113 562 A1, die die Merkmale der Obergriffe der unabhängigen Ansprüche 1, 5 und 7 offenbart, sind Verfahren und Vorrichtungen beschrieben, um während des Anfahr- und Belastungsvorgangs in Bezug auf Emissionen bei bekannten herkömmlichen Kombinationszyklussystemen verringerte Emissionen zu ermöglichen. Derartige Verfahren und Vorrichtungen ermöglichen im Vergleich zu bekannten herkömmlichen Kombinationszyklussystemen auch eine verringerte Anfahr- und Belastungszeit und verringerten Brennstoffverbrauch während des Anfahr- und Belastungsvorgangs.

**[0006]** Das Verfahren beinhaltet auch die Belastung der Gasturbine mit maximaler Rate und die Belastung der Dampfturbine mit maximaler Rate, wobei überschüssiger Dampf an den Kondensator umgeleitet wird, während gleichzeitig die Temperatur von der Dampfturbine zugeführtem Dampf ab der anfänglichen Dampfeinführung in die Dampfturbine im Wesentlichen auf einer konstanten Temperatur gehalten wird, bis der gesamte von dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator erzeugte Dampf, während die Gasturbine bis zu ihrer maximalen Belastung arbeitet, der Dampfturbine zugeführt wird.

**[0007]** Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystems 10, das für die Implementation eines schnellen Anfahrvorgangs angepasst ist. Bekanntmaßen enthält das System eine Gasturbine 12 und eine Dampfturbine 14, die mit einem Generator 16 gekoppelt sind. Die Dampfturbine 14 ist mittels mehrerer Leitungen mit einem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (HRSG) 18 verbunden und ihr Auslass ist mit einem Kondensator 20 verbunden.

**[0008]** Das System 10 enthält Dampfkühler 22 an dem Auslassanschluss des Hochdrucküberhitzers und einen an dem Auslassanschluss des Überhitzers im HRSG 18 befindlichen Dampfkühler 24. Der HRSG 18 kann einen Einfachdurchlauf- oder Trommeltyp-Verdampfer enthalten, welcher einen täglichen Anfahr- und Belastungsvorgang einer Gasturbine 12 bei einer optimierten Rate mit normaler Lebensdauer und Wartung tolerieren kann.

**[0009]** Während des Anfahr- und Belastungsvorgangs der Gasturbine und der Dampfturbine können die Dampfkühler 22 und 24 so arbeiten, dass sie die Temperatur des von dem HRSG 18 erzeugten Hochdruck- und des heißen Zwischenerhitzerdampfes, der an die Dampfturbine 14 geliefert wird, verringern. Insbesondere ermöglicht der Dampfkühler 22 die Einhaltung von Dampfturbinenkriterien für die Dampftemperatur/Hochdruckmantelmetalltemperatur-Übereinstimmung mit der Gasturbine 12 bei jeder Belastung. Die Temperatur des heißen Zwischenerhitzerdampfes zum Einführen in den Zwischendruckabschnitt der Dampfturbine wird durch den Dampfkühler 24 des Zwischenerhitzeranschlusses auf die Dampf/Metall-Temperaturübereinstimmungskriterien gesteuert.

**[0010]** Das System 10 enthält ferner Umgehungspfade 28, 30 und 32 aus dem HRSG 18 zum Kondensator 20 und einen Umgehungspfad 33 aus der Hochdruckdampfleitung zu dem kalten Zwischenerhitzerdampfrohrnetz, das alternative Hochdruckdampfströmungspfade bereitstellt, während die Dampfturbinenzuführungsventile 40 moduliert werden, um die Dampfturbine mit ihrer schnellstmöglichen Rate zu beladen. Die Umgehungspfade 28 und

33 enthalten Ventile, die moduliert werden, um den Druck des Hochdruckdampfes und die Zunahmerate des Hochdruckdampfdruckes zu steuern. Der Umgehungs pfad 30 stellt einen alternativen Pfad für den heißen Zwischenerhitzerdampf bereit, während das Zwischendruck-Steuerventil während der Dampfturbinenbelastung moduliert wird. Der Umgehungs pfad 30 enthält ein Ventil, das moduliert wird, um den Zwischenerhitzerdampfdruck zu steuern, während das Zwischendruck-Steuerventil der Dampfturbine während der Dampfturbinenbelastung moduliert wird. Der Dampfumgehungs pfad 32 stellt einen alternativen Pfad für den Niederdruckdampf bereit, während das Niederdruckzuführungsventil der Dampfturbine während der Dampfturbinenbelastung moduliert wird. Diese Umgehungsanordnung ermöglicht 100 Prozent oder mehr Dampferzeugung durch den HRSG 18, wobei die Gasturbine 12 bis zur maximalen Belastung mit Dampf der Turbine bei jeder Belastung von Nulllast bis zu einer maximalen Last betrieben wird.

**[0011]** Zusätzlich wird eine Dampfturbinenbelastungsprozedur genutzt, die eine Dampftemperatur von einer anfänglichen Dampfeinführung an konstant hält, bis der gesamte durch den HRSG erzeugte Dampf, während die Gasturbine 12 bis zur maximalen Belastung arbeitet, eingeführt wird und eine Dampfturbinenbelastung bei jeder Gasturbinenbelastung bis zur maximalen Last durchgeführt werden kann. Dieses kann erreicht werden, indem eine Einstelltemperatur des Dampfkühlers 22 des Hochdruckdampfanschlusses entweder auf der niedrigst zulässigen Temperatur (z.B. bei etwa 371 °C (700 °F)), oder, wenn die Mantelmetalltemperatur höher als die minimale ist, leicht über der gemessenen Temperatur der Hochdruckmantelmetalltemperatur der Dampfturbine gehalten wird, wenn ein Hochdruckdampfdruck zu Beginn der Dampfturbine zugeführt wird. Ebenso wird der Einstelpunkt des Dampfkühlers 24 am heißen Zwischenerhitzerdampfanschluss entweder auf der niedrigst zulässigen Temperatur, oder, wenn die Zwischendruck-Mantelmetalltemperatur der Dampfturbine über der minimalen liegt, wenn die Dampfzufuhr gestartet wird, bei einer Temperatur auf oder etwas über der Mantelmetalltemperatur gehalten. Diese Anfahrprozedur ermöglicht eine Dampfturbinenbelastung, während sie gleichzeitig eine minimale sich aus der Erwärmung des Turbinenmantels oder des Rotors ergebende Beanspruchung ermöglicht.

**[0012]** Das Hauptdampf-Steuerventil 40 ist für die Dampfturbine 14 zur Steuerung des Dampfstroms zu der Turbine vorgesehen. Das Hauptdampf-Absperrventil 41 ist zum aktiven Sperren des Dampfstroms zu der Turbine und für ein schnelles Schließen zum Schutz der Dampfturbine vorgesehen. Nachdem der gesamte Dampfstrom der Turbine 14 zugeführt wird, wird die Dampftemperatur mit einer

Rate gesteigert, die mit einer zulässigen Dampfturbinenbeanspruchung und unterschiedlichen Ausdehnung kompatibel ist, um normale Dampfturbinenausgangsleistung und Wirkungsgrad zu erzielen. Das Hauptdampf-Steuerventil 40 und das Hauptdampf-Absperrventil 41 können in einem Ventilkörper eingebaut sein. Die Anschlussdampfkühler 22 und 24 stellen eine Steuerung der Dampftemperatur während dieses Dampfturbinenanfahrvorgangs bereit.

**[0013]** Herkömmlicherweise wurden Hauptabserrventil- und Steuerventile für Kombinationszykluswendungen für die nachstehenden Anforderungen ausgelegt: 1) schnelles Schließen zum Schutz der Turbine vor Überdrehzahl; 2) niedrigen Druckabfall für optimierte(s) Turbinenausgangsleistung und Betriebsverhalten; und 3) geringfügige kurzfristige Drosselung in Verbindung mit dem Anfahrvorgang der Dampfturbine. Daher sind die Drosselungsanforderungen relativ harmlos.

**[0014]** Zur Implementation eines schnellen Anfahrprofils gemäß der US 2007 / 0 113 562 A1 muss das Hauptsteuerventil eine verstärkte Drosselung gegenüber dem vollen stromaufwärts vorhandenen Nenndruck durchzuführen. Die Erfahrung der Vergangenheit bei Anwendung mit weniger starker, aber noch signifikanter Drosselung für Kombinationszyklus-Hauptdampf-Steuerventile (MSCV's) war ungünstig. Sowohl die Zuverlässigkeit als auch die Niederlaststeuerbarkeit dieser Hochleistungs-MSCV's waren Probleme.

**[0015]** US 3 577 733 A offenbart ein System mit einer Dampfturbine, deren Hauptdruckabschnitt Dampf von einem Dampferzeuger über eine Ventilanordnung erhält, die ein Hauptabserrventil, wenigstens ein Umgehungsventil, das parallel zu dem Hauptabserrventil angeordnet ist, und eine Anzahl von parallel geschalteten Steuerventilen enthält, die mit dem Hauptabserrventil und dem wenigstens einen Umgehungsventil in Reihe verbunden sind. Zu Beginn eines Turbinenanfahrvorgangs ist das Hauptabserrventil geschlossen, während alle Steuerventile vollständig geöffnet sind und der Dampfstrom zu dem Hauptdruck-Dampfturbinenabschnitt mittels des Umgehungsventils gesteuert wird. Nach Beendigung des Anfahrvorgangs wird die Steuerung der Dampfstromzufuhr zu dem Hauptdruck-Dampfturbinenabschnitt auf die Steuerventile übergeben.

**[0016]** Demzufolge besteht ein Bedarf, eine Drosselungsmöglichkeit für starke Druckabfälle bereitzustellen, während gleichzeitig eine Niederlaststeuerung für Dampf zur Dampfturbine erhalten bleibt. Ferner muss eine derartige Vorrichtung einen raschen Schließvorgang zum Turbinenschutz und niedrigen Druckabfall für das Turbinenbetriebsverhalten gewährleisten.

## KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0017]** Kurz zusammengefasst, wird gemäß einem Aspekt ein Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem bereitgestellt. Das System enthält einen elektrischen Generator, eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Gasturbine und eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Dampfturbine. Das System enthält ferner einen für die Lieferung von Dampf an die Dampfturbine angepassten Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und wenigstens einen mit dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator gekoppelten Dampfkühler. Zusätzlich enthält das System ein für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine während des normalen Betriebs der Dampfturbine angepasstes Hauptdampf-Steuerventil, einen ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil enthaltenden Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis, ein Hauptdampfrohrnetz, das stromaufwärts von dem Hauptdampf-Steuerventil mit dem Einlass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils verbunden ist, und ein Dampfrohrnetz, das von einem Auslass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils aus mit dem stromabwärts befindlichen Bereich des Hauptdampf-Steuerventils verbunden ist, wobei es für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine während eines schnellen Anfahrvorgangs angepasst ist. Das System enthält ferner ein Hauptdampfumgehungs-Absperrventil stromaufwärts vor dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil in dem Anfahrumgehungs-Steuerkreis. Das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil weist wenigstens eine von einer linearen Strömungskennlinie und einer gleichprozentigen Strömungskennlinie über einen vollen Betriebsbereich auf.

**[0018]** Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung bereitgestellt, welche für die Steuerung eines Dampfstroms zu einer Dampfturbine bei einem schnellen Anfahrvorgang einer Kombinationszyklusanlage angepasst ist. Die Kombinationszyklusanlage enthält eine Gasturbine, einen für die Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine angepassten Wärmerückgewinnungsdampfgenerator, wenigstens einen für die Steuerung der Temperatur von Dampf zu einer Dampfturbine angepassten Dampfkühler und wenigstens einen für die Steuerung der Temperatur des Dampfes für die Dampfturbine angepassten Umgehungsfpad zu einem Kondensator. Die Vorrichtung enthält einen Anfahrumgehungs-Steuerkreis mit einem Hauptdampfumgehungs-Absperrventil und einem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil stromaufwärts vor dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil. Das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil weist eine lineare Strömungskennlinie bei einem Dampfstrom eines schnellen Anfahrvorgangs auf.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0019]** Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich, wenn die nachstehende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in welchen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile durchgängig durch die Zeichnungen bezeichnen, in welchen:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines exemplarischen Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystems 10 ist, das zur Implementation eines schnellen Anfahrvorgangs angepasst ist;

**Fig. 2** eine exemplarische Darstellung einer linearen Strömungskennlinie für das Anfahrtsteuerungs-Umgehungsventil veranschaulicht;

**Fig. 3A** und **3B** eine detailliertere schematische Darstellung eines exemplarischen Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystems sind, das eine Ausführungsform eines Anfahrumgehungs-Steuerkreises enthält;

**Fig. 4** eine Aufrissansicht für eine Ausführungsform einer Anordnung für einen Anfahrumgehungs-Steuerkreis veranschaulicht;

**Fig. 5** eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform für das Anfahrumgehungs-Absperrventil veranschaulicht; und

**Fig. 6** eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform für das Anfahrumgehungs-Steuerventil veranschaulicht.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0020]** Die nachfolgenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung haben viele Vorteile einschließlich der Ermöglichung einer Implementation eines schnell reagierenden Anfahrvorgangs in Kombinationszyklus-Gasturbinenanlagen.

**[0021]** Diese Erfindung betrifft die Hinzufügung eines externen Dampfturbinen-Hauptdampf-Anfahrsteuerventil-Umgehungsreiches, der dazu genutzt wird, eine bei vollem Druck arbeitende schnell reagierende / schnell anfahrende Kombinationszyklus-Energieerzeugungsanlage zu ermöglichen. Der Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis enthält insbesondere ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil, welches folgendes leistet: 1) die Implementation von MSCV's mit hohem Wirkungsgrad und niedrigem Druckabfall zulässt, welche ansonsten nicht in der Lage wären, die schwere Drosselungsaufgabe während eines Dampfturbinenanfahrvorgangs bei vollem Druck zu handhaben, und 2) die Steuerbarkeit der Dampfturbine verbessert, indem sie die hoch genauen Steue-

rungen ermöglicht, zur Minimierung der Beanspruchungen des Dampfturbinen-Rotors erforderlich sind. Der Hauptvorteil dieser Art von Hauptdampfventilsteuereungskonfiguration besteht darin, dass er die Entkopplung einer Gasturbine (GT) von der Dampfturbine (ST) während eines Kombinationszyklus-Anfahrvorgangs ermöglicht. Durch Entkoppeln der ST von der GT hat die GT die Möglichkeit, schneller zu starten, was zu stark verringerten Emissionen beim GT-Start und einem verbesserten Kundenerlös führt. Für den Fall, dass eine in Betrieb befindliche Kombinationszyklusanlage umgebaut wird, um sie zu einer schnell anfahrenden / schnell reagierenden Energieerzeugungsanlage zu machen, kann die Benutzung dieser Anfahrumgehungsventile hinzugefügt werden, um die für das Anfahren und Beladen der ST bei vollem Druck erforderliche Steuerungsgenauigkeit und robuste Drosselung bereitzustellen, die zur vollständigen Entkopplung der ST von der GT stattfinden müssen.

**[0022]** Ein wichtiges Merkmal dieser Erfindung ist die Hinzufügung zu und/oder die Anwendung eines Anfahrumgehungs-Steuerkreises auf eine Kombinationszyklusanwendung für den Zweck zuverlässiger und besser gesteuerter Anfahrbelastungskennlinien, wenn gegen die vollen Nennarbeitsbedingungen gearbeitet wird. Die in einer Ausführungsform dieser Erfindung enthaltenen Komponenten sind ein schnell schließendes leitungsinternes Umgehungsabsperrventil, ein lineares Umgehungsventil und ein leitungsinternes korbbartiges oder Y-förmiges Dampfsieb.

**[0023]** Die Anordnung ermöglicht eine Auslegung der MSCV's auf optimales Betriebsverhalten, während gleichzeitig die zum genauen Steuern der Turbine erforderliche Zuverlässigkeit und die Anfahr- und Belastungskennlinien bereitgestellt werden. Ohne diese Erfindung wären robuste Einrichtungen in der MSCV-Konstruktion erforderlich, welche zu Ventilkonstruktionen führen würden, die unvermeidlich zu höheren Druckverlusteigenschaften führen würden, die nicht hinnehmbar sind.

**[0024]** Der Anfahrumgehungs-Steuerkreis wird dem vorhandenen MSCV hinzugefügt. Während von dem vorhandenen MSCV die Funktion eines schnell schließenden Absperrventils für den Turbinenschutz und eines Drosselungsventils für die Steuerung der Dampfzufuhr im Lastbetrieb der ST-Turbine erwartet wird, wird auch die Bereitstellung einer guten Drosselungssteuerung für niedrige Dampfzuführungspegel während der Gasturbinenaufwärmung bereitgestellt. Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Anfahrumgehungs-Steuerkreises beinhaltet ein schnell arbeitendes Anfahrumgehungs-Absperrventil (SBSV) zum Turbinenschutz. Das Anfahrumgehungs-Steuerventil (SBCV) stellt eine verbesserte Strömungssteuerung mit linearer

Cv-Kennlinie über dem Ventilhub für eine verbesserte Steuerung während eines raschen Anfahrvorgangs bereit. **Fig. 2** veranschaulicht eine exemplarische Darstellung einer linearen Strömungskennlinie 210 für das Anfahrumgehungs-Steuerventil. Weitere repräsentative Strömungskennlinien, die für ein Anfahrumgehungsventil verwendet werden können, können Kennlinien 220 mit gleichem Prozentsatz und Kennlinien 230 zum schnellen Öffnen enthalten. Das SBSV und SBCV können jeweils nur einen einzelnen hydraulischen Aktuator zum Öffnen enthalten und auf einem mechanischen Federverschluss beruhen. Ein Korbsieb stromaufwärts vor dem schnell wirkenden Hauptdampf-Absperrventil und dem Anfahrumgehungs-Steuerventil schützt die Ventilkombination vor Fremdmaterialien, die deren Betriebsverhalten und Betriebszuverlässigkeit verschlechtern könnten. Das Korbsieb kann alternativ in dem SBCV-Ventil oder dem SBSV-Ventil enthalten sein.

**[0025]** **Fig. 3A** und **3B** sind eine detailliertere schematische Darstellung eines exemplarischen Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystems, das eine Ausführungsform eines Anfahrumgehungs-Steuerkreises enthält. Abgaswärme aus der Gasturbine 12 kann an den Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (HRSG) 10 geliefert werden. Der HRSG 10 kann Dampf an eine Dampfturbine 14 über einen Dampfkühler 22 liefern. Ein Teil des Dampfes kann durch eine HD-Umleitung 32 zu einem Entgasungskondensator 20 umgeleitet werden. Am Einlass zur Dampfturbine 14 sind das für die Steuerung der Dampfturbine während des Vollastbetriebs angepasste Hauptdampf-Steuerventil 40 und das Hauptdampf-Absperrventil 41 positioniert. Das Hauptdampf-Steuerventil 40 und das Hauptdampf-Absperrventil 41 können hydraulische Steuerungen 42 mit von einem (nicht dargestellten) Turbinensteuerungssystem gelieferten Steuersignalen enthalten. Das Hauptdampf-Absperrventil 41 stellt eine schnell schließende Einrichtung und aktive Abtrennung des Dampfes von der Dampfturbine 14 bereit. Das Hauptdampf-Steuerventil 40 stellt eine Dampfzufuhr gemäß der Steuerung des (nicht dargestellten) Turbinensteuerungssystems bereit. Der Anfahrumgehungs-Steuerkreis 45 enthält ein Anfahrumgehungs-Absperrventil 47 und ein Anfahrumgehungs-Steuerventil 48. Der Anfahrumgehungs-Steuerkreis 45 kann ferner ein Anfahrumgehungsseeb 46 enthalten. Das Anfahrumgehungsseeb 46 kann alternativ in einem von dem Anfahrumgehungs-Absperrventil 47 und dem Anfahrumgehungs-Steuerventil 48 enthalten sein. Die Steuerungen für das Anfahrumgehungs-Absperrventil und das Anfahrumgehungs-Steuerventil können mit einem hydraulischen Aktuator erzeugt werden, der Signale aus dem (nicht dargestellten) Turbinensteuerungssystem verwendet. Die Ventile und das Sieb der Anfahrumgehungs-

Steuerkreis können von dem bestehenden Dampfrohrnetz unterstützt werden.

**[0026]** Fig. 4 stellt eine Aufrissansicht für eine Ausführungsform einer Anordnung für einen Anfahrumgehungs-Steuerkreis zur Versorgung einer Dampfturbine dar. Dampfturbinen können abhängig von ihrer Größe und anderen Faktoren mehr als nur einen Dampfeinlass enthalten. Die Dampfturbine 14 enthält gemäß Darstellung zwei Dampfeinlässe 51. Demzufolge ist ein doppeltes Dampfrohrnetz 50, 52 für die Versorgung der zwei Einlässe 51 vorgesehen. Ferner können in dieser Konfiguration das vorhandene MSBV 41 und das MSCV 42 in nur einem Körper 49 enthalten sein. Somit kann das MSBV/MSCV 49 eine erste Dampfrohrnetzleitung 50 der zwei Dampfrohrnetzleitungen versorgen. Ein zweites vorhandenes MSBV/MSCV 49 versorgt die zweite Dampfrohrnetzleitung 52.

**[0027]** Der Anfahrumgehungs-Steuerkreis 45 ist parallel zu den zwei MSBV/MSCV 49. Der Anfahrumgehungs-Steuerkreis 45 kann ein Sieb 46, ein Anfahrumgehungs-Absperrventil 47 und ein Anfahrumgehungs-Steuerventil 48 enthalten. Das Auslassrohrnetz stromabwärts des Anfahrumgehungs-Steuerventils 48 kann zwei Dampfrohrleitungen 50, 52 enthalten, die die zwei Dampfeinlässe 51 zur Dampfturbine 14 versorgen. Die Dampfturbine 14 kann mittels einer gemeinsamen Welle mit dem elektrischen Generator 16 verbunden sein.

**[0028]** Ein als solches nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörendes Verfahren für einen schnellen Anfahrvorgang kann das Beladen der Gasturbine bis zu ihrer maximalen Rate beinhalten. Dann das Halten der Dampftemperatur des der Dampfturbine zugeführten Dampfes im Wesentlichen auf einer konstanten Temperatur von einer anfänglichen Dampzfzufuhr in die Dampfturbine an, bis der gesamte von dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator erzeugte Dampf bei bis zu ihrer maximalen Belastung arbeitenden Gasturbine der Dampfturbine durch Steuerung des Hauptdampf-Umgehungsventils zugeführt wird. Ferner beinhaltet das Verfahren die Modulation des Dampfstroms durch die Umgehungsfade zu dem Kondensator, um so den Hochdruckdampfdruck, den Zwischenerhitzerdruck und Niederdruckdampfdruck aus dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator zu steuern und alternative Pfade für den Dampf bereitzustellen, während die Dampfturbinenumgehungs-Steuerventile während der Belastung moduliert werden. Nachdem eine vorbestimmte Dampfmenge der Dampfturbine unter Erhöhung der Dampftemperatur mit einer Rate mit zulässiger Dampfturbinenbelastung und unterschiedlichen Ausdehnung zur Erzielung einer normalen Dampfturbinenausgangsleistung und Wirkungsgrades zugeführt wurde, wird der Dampfstrom zu der Dampfturbine von dem Hauptdampf-Anfah-

rumgehungs-Steuerventil auf das Hauptdampf-Steuerventil umgeschaltet.

**[0029]** Fig. 5 veranschaulicht eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform für das Anfahrumgehungs-Absperrventil. Das Anfahrumgehungs-Absperrventil enthält einen Körper 310, der für rasches und aktives Schließen als Reaktion auf einen Dampfturbinen-, Generator- oder anderen Fehler angepasst ist. Der Steuerungskopf 320 kann ein (nicht dargestelltes) Federsystem enthalten, um die Steuerstange 330 zu zwingen, die Scheibe 340 gegen den Sitz 345 bei Fehlen eines das Ventil offen haltenden (nicht dargestellten) hydraulischen Steuersignals aus dem Turbinensteuerungssystem geschlossen zu halten. Das interne Sieb 350 ist in dieser Ausführungsform zur Verhinderung vorgesehen, dass Fremdmaterialien die Sitzoberfläche in dem Absperrventil oder in stromabwärts befindlichen Komponenten verschmutzen oder beschädigen.

**[0030]** Fig. 6 zeigt eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Anfahrumgehungs-Steuerventils. Das Anfahrumgehungs-Steuerventil 400 enthält einen Körper 410. Die Steuerstange 420 wird an einem oberen Ende durch (nicht dargestellte) hydraulische Steuerungen zum Öffnen gegen (nicht dargestellte) Federschließeinrichtungen betrieben. Die Steuerstangenscheibe 425 betätigt die Steuerhülse 430 in der gestaffelten Scheibe 440, um den Dampfstrom durch den Körper 410 gemäß einer im Wesentlichen linearen Strömungskennlinie zu regeln.

**[0031]** Obwohl verschiedene Ausführungsformen hierin beschrieben sind, wird man aus der Beschreibung erkennen, dass verschiedene Kombinationen von Elementen, Veränderungen oder Verbesserungen darin durchgeführt werden können und innerhalb des Schutzmfangs der Erfindung liegen.

**[0032]** Es wird ein externer Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis 45 bereitgestellt, der dazu genutzt wird, eine bei vollem Druck arbeitende schnell reagierende / schnell anfahrende Kombinationszyklus-Energieerzeugungsanlage 10 zu ermöglichen. Der Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis enthält insbesondere ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil 48, welches die Implementation eines Hauptdampf-Steuerventils mit hohem Wirkungsgrad und niedrigem Druckabfall zulässt, welches ansonsten nicht in der Lage wäre, die schwere Drosselungsaufgabe während eines Dampfturbinenanfahrvorgangs bei vollem Druck zu handhaben, und das die Steuerbarkeit der Dampfturbine 14 verbessert, indem sie die hoch genauen Steuerungen ermöglicht, zur Minimierung der Beanspruchungen des Dampfturbinenrotors erforderlich sind.

BEZUGSZEICHENLISTE		400	Anfahrumgehungs-Steuerventil
10	Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem	410	Hauptkörper
12	Gasturbine	420	Steuerstange
14	Dampfturbine	425	Steuerstangenscheibe
16	Generator	430	Steuerhülse
18	Wärmerückgewinnungsdampfgenerator	440	Stapelscheibe
20	Kondensator		<b>Patentansprüche</b>
22	Heißgaskühler		1. Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem (10), aufweisend:
24	Kühler am Zwischenerhitzer-dampfanschluss		einen elektrischen Generator (16),
28, 30, 32	Umgehungspfad vom HRSG zum Kondensator		eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Gasturbine (12),
33	Hochdruckdampfleitung zum Umgehungspfad des kalten Zwischenerhitzer-Dampfrohrnetzes		eine mit dem elektrischen Generator gekoppelte Dampfturbine (14),
40	Dampfturbinenzufuhr-Steuerventil		einen für die Lieferung von Dampf an die Dampfturbine (14) angepassten Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (18),
41	Hauptdampf-Absperrventil		wenigstens einen mit dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (18) gekoppelten Dampfkühler (22, 24),
42	hydraulische Steuerungen		ein für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine (14) während des normalen Betriebs der Dampfturbine angepasstes Hauptdampf-Steuerventil (40),
45	Sieb		einen ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) enthaltenden Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45),
45	Anfahrumgehungs-Steuerkreis		ein Hauptdampfrohrnetz, das stromaufwärts von dem Hauptdampf-Steuerventil (40) mit dem Einlass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils (48) verbunden ist, und
47	Anfahrumgehungs-Absperrventil		ein Dampfrohrnetz, das von einem Auslass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils (48) aus mit dem stromabwärts befindlichen Bereich des Hauptdampf-Steuerventils (40) verbunden ist, wobei es für die Steuerung der Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine (14) während eines schellen Anfahrvorgangs angepasst ist,
48	Anfahrumgehungs-Steuerventil		<b>dadurch gekennzeichnet</b> , dass
49	MSBV/MSCV		ein Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) stromaufwärts vor dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) in dem Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45) angeordnet ist und
50, 52	zweifache Dampfrohrleitung		das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) wenigstens eine von einer linearen Strömungskennlinie (210) und einer gleichprozentigen Strömungskennlinie (220) über einen vollen Betriebsbereich aufweist.
51, 53	zweifache Dampfeinlässe		2. Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem nach Anspruch 1, wobei das Hauptdampfrohrnetz von dem Auslass des Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventils (48) aus für wenigstens einen von einem einzelnen Eintritt oder einem zwei-
210	lineare Strömungskennlinie		
220	gleichprozentige Strömungskennlinie		
230	Schnellöffnungskennlinie		
300	Anfahrumgehungs-Absperrventil		
310	Hauptkörper		
320	Steuerkopf		
330	Steuerstange		
340	Scheibe		
345	Sitz		
350	internes Sieb		

fachen Eintritt zu der Dampfturbine (14) konfiguriert ist.

3. Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem nach Anspruch 1, das ferner aufweist: ein Korb-sieb (46) stromaufwärts vor dem Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) und dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48).

4. Kombinationszyklus-Energieerzeugungssystem nach Anspruch 1, wobei das Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) und das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) jeweils nur einen einzelnen hydraulischen Aktuator zum Öffnen enthalten und auf einem mechanischen Federverschluss beruhen.

5. Vorrichtung, die zum Steuern eines Dampfstroms zu einer Dampfturbine (14) in einem schnellen Anfahrvorgang einer Kombinationszyklusanlage (10) angepasst ist, die eine Gasturbine (12), einen für die Zuführung von Dampf zu der Dampfturbine angepassten Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (18), wenigstens einen für die Steuerung der Temperatur eines Dampfes zu einer Dampfturbine angepassten Dampfkühler (22, 24) und wenigstens einen Umgehungspfad (28, 30, 32) zu einem Kondensator (20), der zur Steuerung der Temperatur des Dampfes für die Dampfturbine (14) angepasst ist, enthält, wobei die Vorrichtung aufweist:

einen Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45), der ein Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) und ein Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) enthält,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das Hauptdampfumgehungs-Absperrventil (47) stromaufwärts vor dem Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) in dem Anfahrumgehungs-Steuerkreis (45) angeordnet ist und

das Hauptdampf-Anfahrumgehungs-Steuerventil (48) eine lineare Strömungskennlinie bei einem Dampfstrom eines schnellen Anfahrvorgangs aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

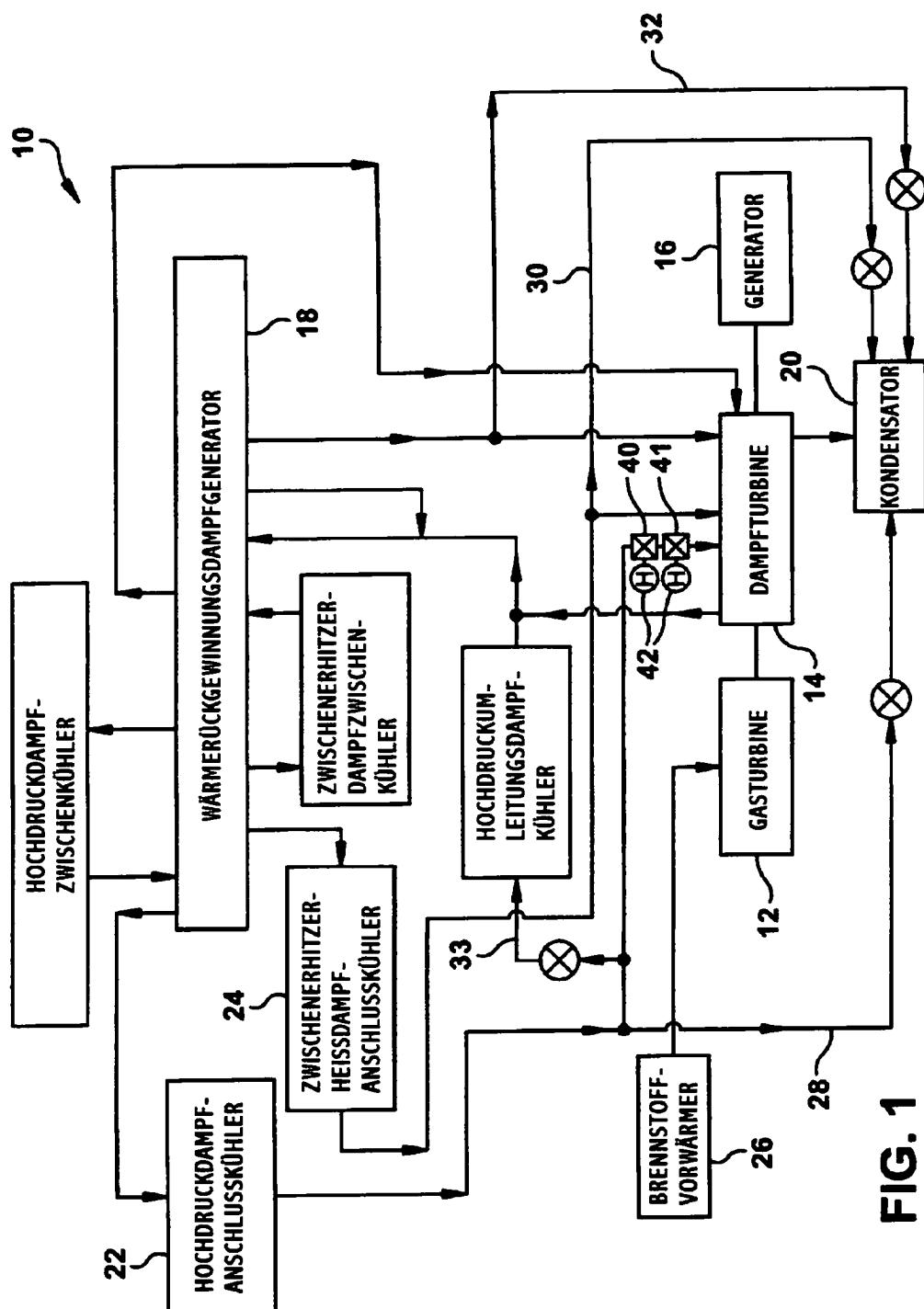


FIG. 1

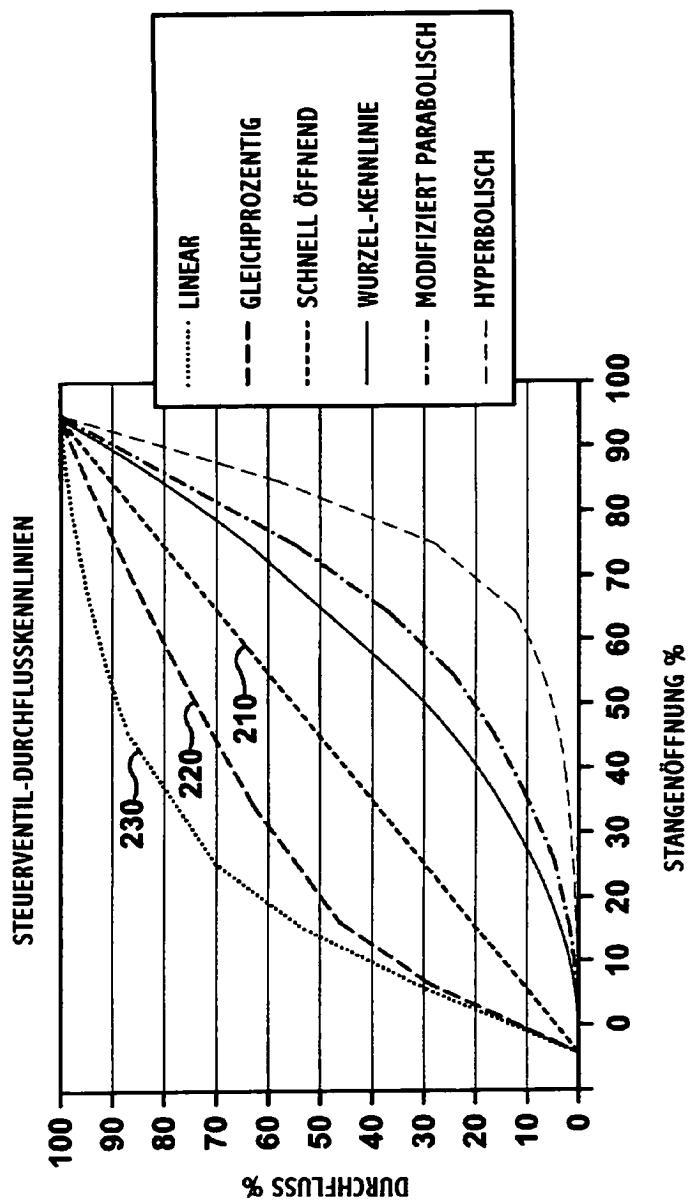


FIG. 2

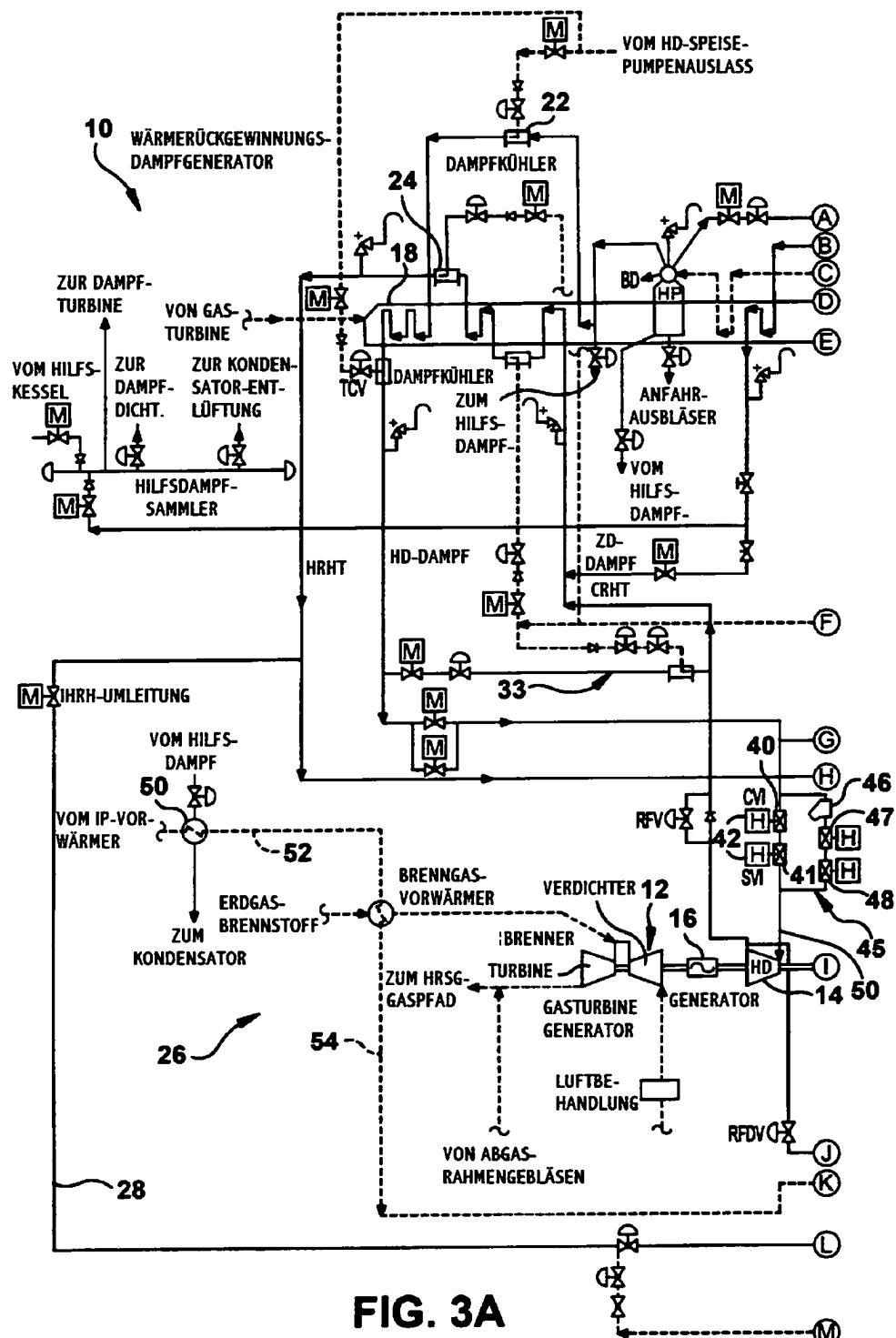


FIG. 3A

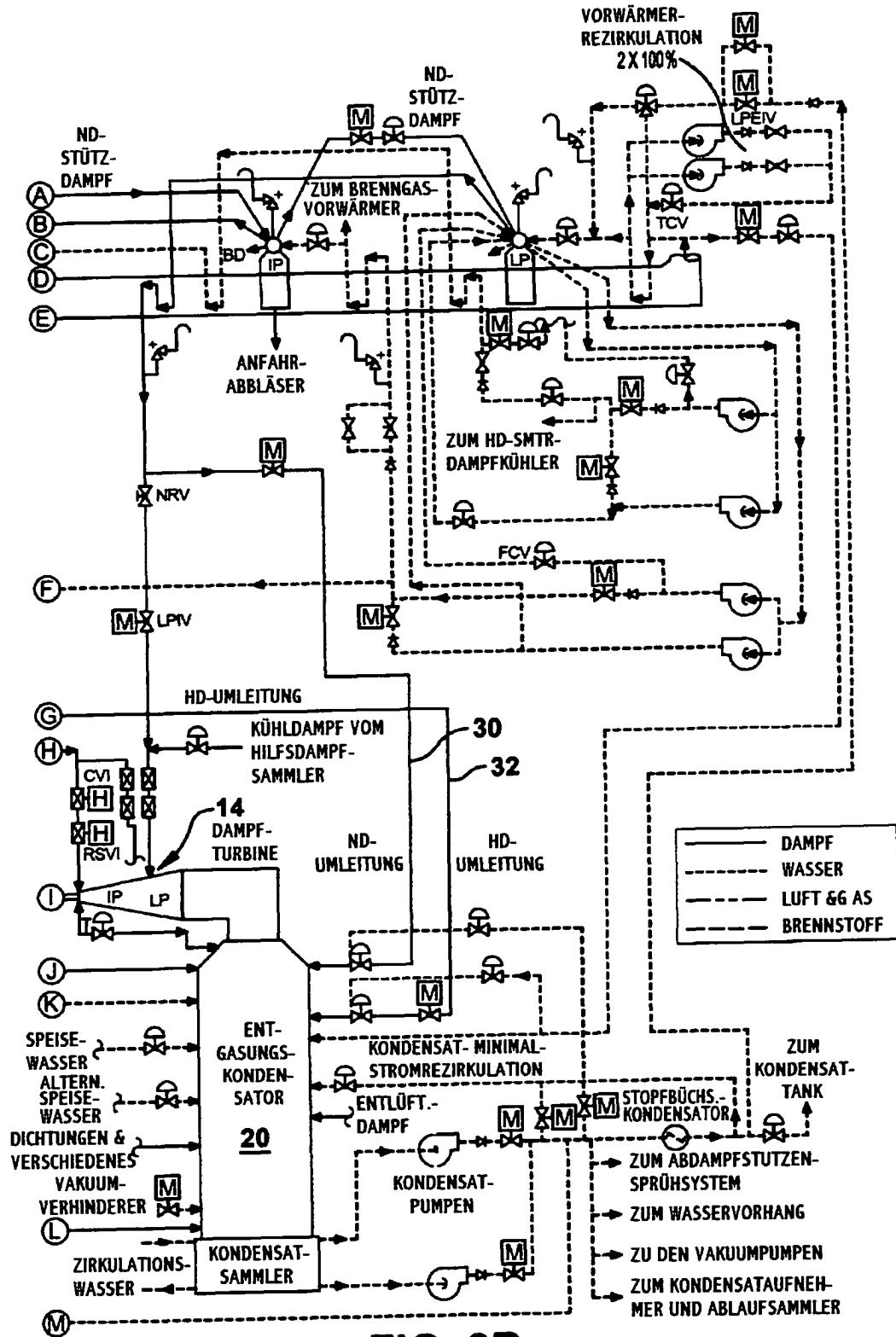
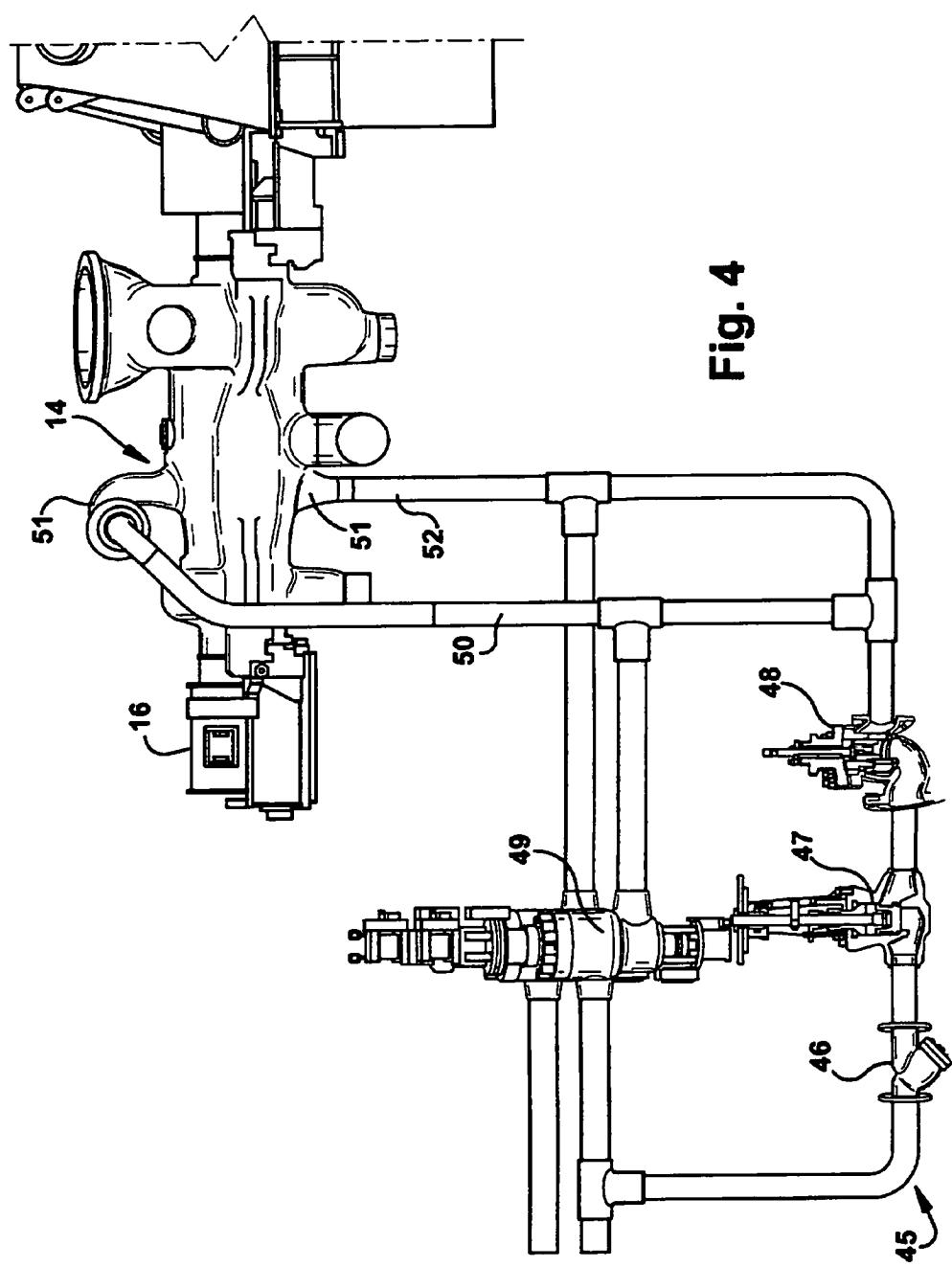
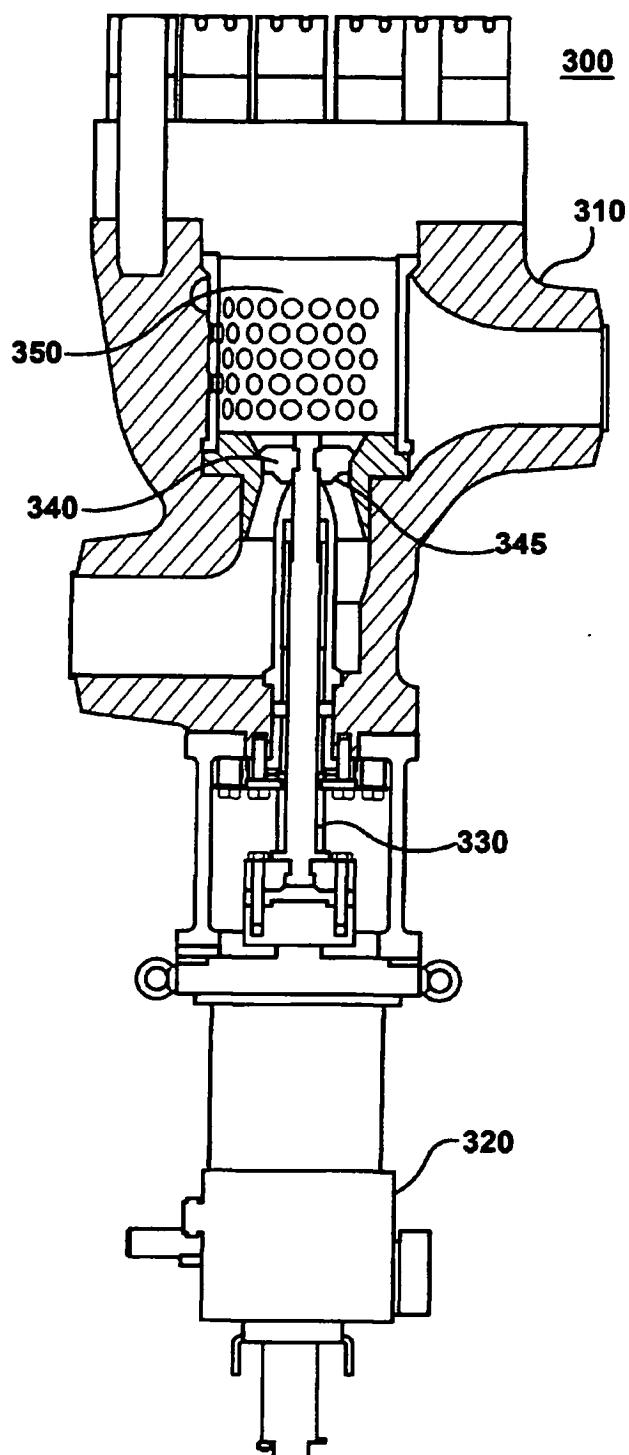


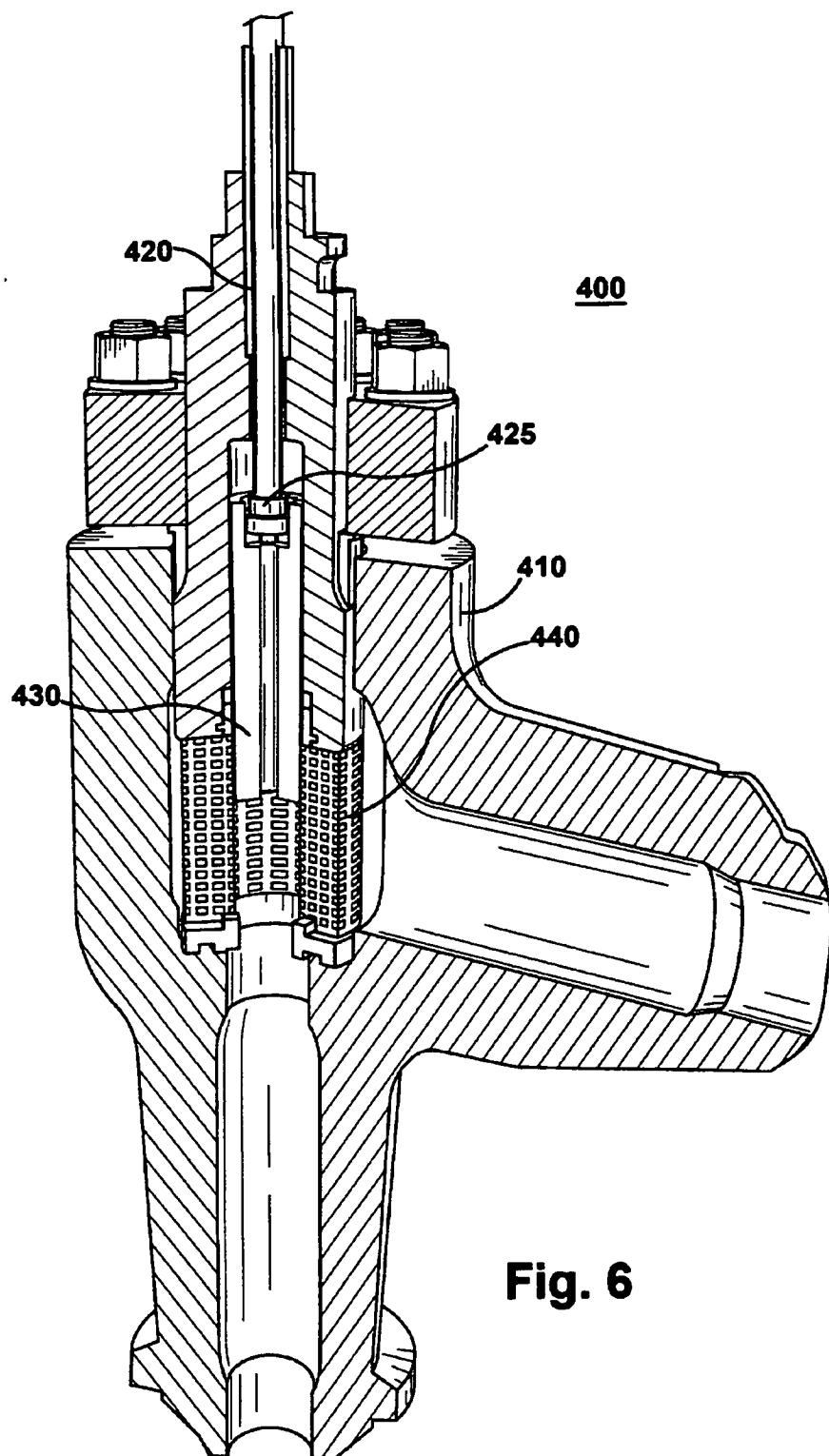
FIG. 3B

Fig. 4





**Fig. 5**



**Fig. 6**