



(11)

EP 2 467 582 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2013 Patentblatt 2013/46

(51) Int Cl.:
F01D 25/32 ^(2006.01) **F28F 13/16** ^(2006.01)
F01K 21/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10745589.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/061873

(22) Anmeldetag: **16.08.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/020805 (24.02.2011 Gazette 2011/08)

(54) **Dampfturbine**

Steam turbine

Turbine à vapeur

(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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **17.08.2009 DE 102009037689**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.2012 Patentblatt 2012/26

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **HAMMER, Thomas**
91334 Hemhofen (DE)
• **SÜRKEN, Norbert**
45468 Mülheim a.d. Ruhr (DE)
• **WENZEL, Norbert**
91056 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-00/71857 WO-A1-97/26443
DE-B3-102005 046 721 US-A- 1 864 352
US-A- 5 231 832 US-A1- 2005 207 880

EP 2 467 582 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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dampfturbine mit einer an die Dampfturbine angebrachten Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] In Niederdruckdampfturbinen tritt die Kondensation des Dampfes in der Regel verzögert ein. Das bedeutet, die Kondensation tritt insbesondere bei Dampfdrücken ein, die wesentlich über dem Sättigungsdampfdruck für die am Ort der Kondensation vorherrschende Temperatur liegen. Es herrscht somit ein übersättigter oder ein unterkühlter Dampf vor. Durch die verzögerte Kondensation des Dampfes kommt es zu thermodynamischen Verlusten in der Dampfturbine, so genannten Relaxationsverlusten.

[0003] Hinzu kommen noch Verluste aufgrund der Bildung von vergleichsweise großen Tröpfchen aus übersättigtem Dampf. Aufgrund der Massenträgheit folgen große Tröpfchen der Dampfströmung nicht besonders gut. Zu diesen kinematischen Verlusten kommt es dabei zu inneren Reibungsverlusten in der Zweiphasenströmung (Schleppverluste) und durch den Aufprall der großen Tröpfchen auf die schnell umlaufenden Schaufeln. Diese Verluste werden auch als Bremsverluste bezeichnet.

[0004] Im Weiteren kommt es noch zu einer Erosion, die dadurch zustande kommt, dass sich auf den Turbinenschaufeln ein Wasserfilm bildet (Aufprall von Tröpfchen, die stromauf der betrachteten Turbinenschaufel entstanden sind), der die Quelle sehr grober, im Normalfall stark positiv geladener Tröpfchen ist, die vom Dampf nur unzureichend beschleunigt werden. Daher prallen derartige Tröpfchen mit hoher Relativgeschwindigkeit unter einem ungünstigen Winkel auf die nachfolgenden Turbinenschaufeln auf (Tropfenschlag). Dort kommt es dann zu chemischer und mechanischer Erosion.

[0005] Zur Behebung dieser Problematik wurde bereits in der DE 10 2005 046 721 B3 vorgeschlagen, einen Elektronenstrahl in den Dampfpfad der Dampfturbine einzuleiten. Elektronenstrahlen sorgen für eine gleichmäßige Ionisation des Dampfes und fördern so die Kondensation zu feinsten Tröpfchen (im Gegensatz zu einer Riesentropfenbildung bei Kondensation aus übersättigtem Dampf). Das erhöht den Wirkungsgrad der Niederdruckdampfturbine und verhindert Tropfenschlagerosion. Die Ionisation mit Elektronenstrahlen ist energetisch effizient. Der Energieverbrauch für die Elektronenstrahlerzeugung beträgt ca. 1 % des möglichen Energiegewinns durch die Wirkungsgradsteigerung der Dampfturbine. Um diesen Vorteil nutzen zu können, ist aber eine möglichst verlustfreie und gleichzeitig wartungsarme Einkopplung des Elektronenstrahls in die Dampfturbine erforderlich. Durch die in der DE 10 2005 046 721 B3 vorgeschlagene Einleitung eines Elektronenstrahls in die Dampfturbine ist zwar ein Weg für die energetisch effiziente Dampfionisation aufgezeigt, die Frage einer Einkopplung der Elektronenstrahlen in die Dampfturbine ist aber noch verbesserungswürdig. Bereits unter normalen

Betriebsbedingungen (z. B. Luft bei Atmosphärendruck als Medium, mit dem das Elektronenstrahlaustrittsfenster in Kontakt kommt und Elektronenenergien ab 150 k Elektronenvolt) reicht die Robustheit des Fensters unter Umständen nicht für einen Dauerbetrieb von mehr als 3000 h aus. Im Falle des Kontaktes mit Wasserdampf ist mit einer Korrosion zu rechnen, die die Lebensdauer des Elektronenaustrittsfensters noch reduziert. Sollte Kondensation von Wasser auf dem Fenster erfolgen, das normalerweise aus einer nur typischerweise 10 µm dünnen Titanfolie besteht, dann kann das Wasser bei Wechselwirkung mit dem Elektronenstrahl explosiv verdampfen. Dies würde zu einer sofortigen Zerstörung des Fensters führen.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Anbindung einer Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 an den Dampfraum einer Dampfturbine so zu gestalten, dass die Lebensdauer der Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 gegenüber dem Stand der Technik erhöht wird.

[0007] Die Lösung der Aufgabe besteht in einer Dampfturbine mit einer an dieser Dampfturbine angebrachten Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0008] Die erfindungsgemäße Dampfturbine nach Patentanspruch 1 weist eine an diese angebrachte Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 auf, die zur Einbringung eines Elektronenstrahls in einen Dampfraum der Dampfturbine dient. Die Dampfturbine zeichnet sich dadurch aus, dass in einem Anbindungsbereich der Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 an die Dampfturbine eine Öffnung in einer Turbinenwand vorgesehen ist, durch die der Elektronenstrahl in den Dampfpfad der Dampfturbine eintritt. Dabei weist die Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 mindestens zwei Kammern auf, durch die der Elektronenstrahl verläuft, wobei die mindestens zwei Kammern ein unterschiedliches Druckniveau aufweisen.

[0009] Unter dem Begriff Öffnung wird hierbei verstanden, dass Dampf-moleküle durch diese Öffnung in eine erste Kammer der Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 gelangen können. Die Öffnung ist somit nicht durch ein geschlossenes Fenster, beispielsweise durch eine Folie, dampfdicht verschlossen. Somit besteht auch nicht die Gefahr, dass ein vollständig geschlossenes Elektronenstrahlfenster durch Dampfpartikel, wie einleitend erwähnt, zerstört werden kann. Des Weiteren folgt in der Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 ein differentielles Pumpsystem, das mindestens zwei Kammern umfasst, wobei jede Kammer ein unterschiedliches, zur Elektronenstrahlerzeugungseinrichtung abfallendes Druckniveau aufweist. Somit wird gewährleistet, dass im Bereich des Elektronenstrahlerzeugers das für die Elektronenstrahlerzeugung notwendige Vakuum, in der Regel ein Feinvakuum, anliegt.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung weist eine erste Kammer der Elektronenstrahlapparaturnach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 eine Verbindungsleitung zu einem Ausgangsbereich der Dampfturbine auf. Diese Verbindung zu dem Niederdruckbereich der Niederdruckdampfturbine wirkt analog eine Wasserstrahlpumpe, wodurch der Dampf-

druck in der ersten Kammer bereits auf einen Wert reduziert wird, der für nachfolgende Pumpen zur Herstellung eines feineren Vakuums vorteilhaft ist.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung ist eine zweite Kammer der Elektronenstrahlapparatur an eine mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe angeschlossen. Die Dampfstrahlvakuumpumpe kann wiederum in vorteilhafter Ausgestaltungsform eine Dampfzuleitung aus einem Dampfpfad der Dampfturbine erhalten. Ferner kann die mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe eine Kühlwasserzuleitung aus einem Kühlwasserkreislauf der Dampfturbine aufweisen.

[0012] Diese Maßnahmen können als eine Art Integration der Dampfstrahlvakuumpumpe in die Dampfversorgung der Niederdruckdampfturbine bzw. in deren Kühlwasserkreislauf bezeichnet werden.

[0013] Neben den Vorvakuumkammern (der ersten und der zweiten bereits beschriebenen Kammern) kann eine dritte Kammer der Elektronenstrahlapparatur vorgesehen sein, an die eine Feinvakuumpumpe angelegt ist.

[0014] Zur besseren Erzielung eines Feinvakuums kann in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ein geschlossenes Elektronenaustrittsfenster vorgesehen sein, das sich jedoch nicht, wie im Stand der Technik beschrieben, in einer Wand zum Dampfraum der Dampfturbine befindet, sondern das zwischen der ersten und der zweiten Kammer der Elektronenstrahlapparatur oder zwischen der zweiten und der dritten Kammer der Elektronenstrahlapparatur angeordnet ist. Bereits nach der ersten Kammer der Elektronenstrahlapparatur kann das dort vorherrschende Vakuum bereits ausreichend niedrig sein, dass eine Zerstörung des Fensters unwahrscheinlich wird und somit ebenfalls die Lebensdauer der Elektronenstrahlapparatur erhöht wird. In den nachfolgenden Kammern kann durch ein derartig ausgestaltetes Fenster die weitere Vakuumherzeugung erleichtert werden. Ferner kann es zweckmäßig sein, dass der Elektronenstrahl in einen Winkel in den Dampfraum eintritt, der bezüglich einer Rotorachse der Dampfturbine weniger als 90° beträgt. Auch auf diese Weise lässt sich der Eintritt von Dampf durch die Öffnung in die erste Kammer der Elektronenstrahlapparatur reduzieren. Diese Reduktion von Dampf in der ersten Kammer der Elektronenstrahlapparatur lässt sich zudem durch eine Umlenkung des Elektronenstrahls in der Elektronenstrahlapparatur erzielen.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere Merkmale werden anhand der folgenden Figuren näher erläutert. Hierbei werden Merkmale mit derselben Bezeichnung, aber unterschiedlicher Ausgestaltungsform jeweils mit demselben Bezugszeichen versehen.

[0016] Dabei zeigen:

Figur 1 einen Querschnitt durch eine Niederdruckdampfturbine mit einer Elektronenstrahlappa-

ratur,

Figur 2 eine vergrößerte Darstellung der Elektronenstrahlapparatur mit einem Elektronenstrahl, der in den Dampfpfad der Dampfturbine eintritt,

Figur 3 eine weitere Ausgestaltungsform der Elektronenstrahlapparatur mit Eintritt des Elektronenstrahls in den Dampfpfad der Dampfturbine,

Figur 4 eine schematische Darstellung des Aufbaus eines Kraftwerkes mit Hochdruckturbine und Niederdruckdampfturbine und die Nutzung der Dampferzeugung des Kraftwerkes zur Erzeugung eines Vakuums in der Elektronenstrahlapparatur,

Figur 5 einen Ausschnitt aus Figur 4 mit vergrößerter Darstellung der Elektronenstrahlapparatur und der Niederdruckdampfturbine und

Figur 6 eine schematische Darstellung einer Dampfstrahlvakuumpumpe, insbesondere eine Niederdruckdampfturbine.

[0017] In Figur 1 ist ein Querschnitt durch eine Dampfturbine 2 mit einem Rotor 3 dargestellt, wobei an dem Rotor 3 Turbinenschaufeln 9 angeordnet sind. Die Dampfturbine 2 weist einen Dampfraum 8 auf, der durch eine Turbinenwand 14 begrenzt wird. Durch den Dampfraum 8 strömt Dampf, was durch den Dampfpfad 28 veranschaulicht ist. An der Turbinenwand 14 ist eine Elektronenstrahlapparatur 4 angeordnet, wobei in einem Anbindungsbereich 10 der Elektronenstrahlapparatur 4 an die Dampfturbine 2 eine Öffnung 12 in der Turbinenwand 14 vorgesehen ist, durch die ein Elektronenstrahl 6 in den Dampfraum 8 eingeleitet wird.

[0018] Die Elektronenstrahlapparatur 4 ist an einer Stelle der Dampfturbine 2 angeordnet, an der im Dampfraum 8 ein Dampfdruck zwischen ca. 800 hPa und 1200 hPa vorliegt. Bei einem derartigen Dampfdruck ist es zweckmäßig, wie eingehend beschrieben, durch den Elektronenstrahl 6 die Dampfpartikel in der Art zu ionisieren, so dass eine Kondensation des Wasserdampfes an den ionisierten Partikeln stattfindet, wobei die Kondensation in Form von kleinen Tröpfchen auftritt. Ein Riesentropfenwachstum, wie es bei der Kondensation aus einem übersättigten Dampf geschieht, wird durch die Ionisation durch den Elektronenstrahl 6 vermieden. Durch die gezielte Kondensation des Wasserdampfes in feinste Tröpfchen wird der so genannte thermodynamische Relaxationsverlust minimiert. Ferner werden die bereits einleitend beschriebenen Bremsverluste der Turbinenschaufeln, die durch das Auftreffen von großen Tröpfchen aus ungünstiger Richtung verursacht werden, ebenfalls minimiert. Drittens kommt es zu geringeren Erosionsproblemen auf den Turbinenschaufeln, die durch den so genannten Tropfenschlag hervorgerufen werden.

[0019] Zur möglichst wartungsfreien Einleitung des Elektronenstrahls 6 in den Dampfraum 8 der Dampftur-

bine 2 ist eine Öffnung 12 in der Wand 14 der Dampfturbine 2 vorgesehen, die sich in dem Anbindungsbereich 10 der Elektronenstrahlapparatur 4 an die Dampfturbine 2 befindet (Figur 2). Diese Öffnung 12 ist in Form einer schlitzförmigen Blende (Breite der Öffnung bevorzugt zwischen 0,1 mm und 3 mm) ausgestaltet, wobei der Elektronenstrahl 6 durch eine Elektronenoptik bestehend aus elektromagnetischen Linsen 52 in einer Ebene längs des Schlitzes der Öffnung 12 aufgefächert wird. Durch die Auffächerung des Elektronenstrahls 6 wird die Ionisierung der Dampfpartikel in vorteilhafter Weise gefördert. Die Öffnung 12 zeichnet sich dadurch aus, dass sie, nicht wie im Stand der Technik vorgesehen, durch eine Schutzfolie oder ein anderes geschlossenes Fenster abgedeckt ist. Die Öffnung 12 ist derart ausgestaltet, dass Dampfpartikel aus dem Dampfraum 8 in eine erste Kammer 16 der Elektronenstrahlapparatur 4 gelangen können. Die Kammer 16 ist mit einer Verbindungsleitung 20 versehen, die von der Kammer 16 bis in einen Ausgangsbereich 22 (vgl. Fig. 1) der Dampfturbine 2 führt. Nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe wird durch den Unterdruck, der im Ausgangsbereich 22 der Dampfturbine 2 vorliegt und der in etwa zwischen 30 hPa und 50 hPa beträgt, ein Unterdruck in der Kammer 1 erzeugt. Der Druck in der Kammer 1 liegt somit auch bei etwa 30 hPa bis 50 hPa. Es liegt somit ein so genanntes Grobvakuum vor.

[0020] Im Aufbau der Elektronenstrahlapparatur 4 gemäß Fig. 2 folgt hinter der ersten Kammer 16 eine Blende 50, die zu einer zweiten Kammer 18 führt, in der ein Feinvakuum vorliegt, das bevorzugt weniger als 1 hPa Druck aufweist. Diese zweite Kammer 18 ist in einer bevorzugten Ausgestaltungsform an eine mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe angeschlossen. Diese mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe lässt sich in vorteilhafter Weise in den Kühlwasserkreislauf des Kondensators der Dampfturbine 2 integrieren. Diese Integration wird noch in Bezug auf die Beschreibung der Figur 4 näher erläutert.

[0021] In der Elektronenstrahlapparatur 4 nach Figur 2 wird nun noch eine weitere dritte Kammer 34 eingesetzt, die wiederum mit einer Hochvakuumpumpe 36 verbunden ist. Diese Hochvakuumpumpe kann entweder eine Drehschieberpumpe oder eine Turbomolekularpumpe sein. In diesem Bereich wird ein Hochvakuum (10^{-3} hPa bis 10^{-7} hPa) erzeugt. Die Kammer 34 ist wiederum mit einem Elektronenstrahlerzeuger 43 verbunden, in dem über eine Kathode 46 und über eine elektromagnetische Linse 52 zu einer Anode 48 hin der Elektronenstrahl 6 erzeugt wird. Der Elektronenstrahl 6 läuft weiter durch mehrere elektromagnetische Linsen 52 und Blenden 50 in den Dampfraum 8. Dabei ist nach der Ausgestaltung von Figur 2 an keiner der Blenden 50 ein geschlossenes Fenster vorgesehen, durch das der Elektronenstrahl verlaufen müsste. Es handelt sich somit um ein differentielles Pumpensystem, wobei von einer Vakuumkammer zur nächsten ein jeweils kleinerer Druck vorliegt. Bereits durch die Absaugung in der ersten Kam-

mer 16 wird der Druck gegenüber dem Dampfraum, der dort zwischen 800 hPa und 1200 hPa beträgt, soweit vermindert (auf ca. 30 hPa bis 50 hPa), dass für die Pumpen, die an den weiteren folgenden Kammern 18 und 34 angeschlossen sind, keine besonderen Voraussetzungen mehr gestellt werden. Die mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe 24 (Figur 4) arbeitet im Übrigen ebenfalls ohne bewegte Teile, so dass auch hier eine Verunreinigung des Pumpenöles durch Wassertropfen nicht zu befürchten ist.

[0022] In einer anderen Ausgestaltungsform der Erfindung gemäß Figur 3 wird auf die zweite Kammer 18 verzichtet, da in der ersten Kammer 16 bereits ein derart geringer Druck vorherrscht, dass an einer Blende 50 zwischen der ersten Kammer zu einem direkt an der ersten Kammer anliegenden Elektronenstrahlerzeuger 43 ein Fenster 49 angebracht werden kann. Der Elektronenstrahlerzeuger 43 entspricht in diesem Ausführungsbeispiel einer zweiten Kammer mit unterschiedlichem Druckniveau bezüglich der ersten Kammer 16. Bei dem in diesem Ausführungsbeispiel in der Kammer 16 vorliegenden Druck von etwa 30 hPa ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Fenster 49, das insbesondere in Form einer dünnen Titanfolie ausgestaltet ist, zerstört wird, sehr gering. Der Bereich des Elektronenstrahlerzeugers 43 würde dann direkt an eine Hochvakuumpumpe, die in Figur 3 nicht näher dargestellt ist, angeschlossen werden. Der Raum der Elektronenstrahlerzeugung im Elektronenstrahlerzeuger 43 wäre somit vollkommen vom Dampfraum 8 der Dampfturbine 2 abgeschlossen.

[0023] Im Weiteren soll noch auf die Integration der Vakuumvorrichtungen der ersten Kammer 16 und der zweiten Kammer 18 in den Kühlwasserkreislauf eines Kondensators 57 der Dampfturbine 2 eingegangen werden (Figur 4 und Figur 5). In Figur 4 ist schematisch ein Kraftwerk 53 abgebildet, das insbesondere eine Hochdruckturbine 54 und eine Niederdruckdampfturbine 2 aufweist. Beide Turbinen 54 und 2 zusammen treiben einen Generator 59 an. Das Kraftwerk 53 umfasst gemäß Figur 4 weiterhin einen Speisewasserbehälter 55, einen Niederdruckwasservorwärmer 56, den Kondensator 57, eine Kondensatorpumpe 58 und den bereits erwähnten Generator 59. Ferner ist eine Kühlwasserzuleitung 60 vom Kondensator 57 zur mehrstufigen Dampfstrahlvakuumpumpe 24 vorgesehen. Ferner ist eine Kondensatorableitung 62 von der Dampfstrahlvakuumpumpe 24 zum Kondensator 57 vorgesehen. Die Dampfstrahlvakuumpumpe 24 wird durch eine Dampfzuleitung 61 mit Dampf versorgt.

[0024] Die Dampfstrahlvakuumpumpe 24, die im Beispiel nach Figur 4 und in der vergrößerten Darstellung nach Figur 5 nur schematisch dargestellt ist und in Fig. 6 detaillierter gezeigt ist, weist in mehreren Stufen mehrere Behälter (Kondensatoren 63) auf, in denen eine Kondensation stattfindet. Sie weist einen Sauganschluss 64 auf, der die Moleküle aus der abzusaugenden Kammer 18 ansaugt, dieser Sauganschluss 64 ist mit der Dampfzuleitung 61 gekoppelt. In mehreren Stufen wird der

Dampf aus der Kammer 18 in den Kondensatoren 63 kondensiert und das Kondensat über die Kondensatableitung 62 in den Kondensator 57 des Kraftwerkes abgeführt. Zur Realisierung der Kondensation in der Dampfstrahlvakuumpumpe 24 wird ferner über eine Kühlwasserzuleitung 60 die Kühlung der einzelnen Kondensatoren 63 in der Pumpe 24 vorgenommen.

[0025] Sowohl die Evakuierungsvorrichtung der ersten Kammer 16, die über eine Unterdruckleitung (Verbindungsleitung 20) die unterschiedlichen Druckverhältnisse in der Dampfturbine 2 ausnutzt, als auch die Dampfstrahlvakuumpumpe 24, die in den Kühlwasserkreislauf der Dampfturbine 2 integriert ist, nutzen die vorliegende Druck- und Kühlwasserinfrastruktur der Dampfturbine 2 aus. Es müssen demnach für diese Infrastruktur zur Evakuierung der ersten Kammer 16 und der zweiten Kammer 18 keine weiteren Anlagen vorgesehen werden. Das mehrstufige, differentielle Vakuumsystem der Elektronenstrahlapparatur 4 greift somit auf eine bereits vorliegende Infrastruktur im Bereich des Kraftwerkes zurück und ist somit in dieses vollständig integriert. Der Energieaufwand und der Wartungsaufwand für das Pumpsystem der Elektronenstrahlapparatur 4 werden somit minimiert. Es wird daher zumindest bis zum Bereich der zweiten Kammer 18 auf Pumpen zurückgegriffen, die keine beweglichen Teile aufweisen und somit wartungstechnisch leichter zu handhaben sind.

[0026] Ferner kann es auch zweckmäßig sein, die Elektronenstrahlapparatur 4 so anzubringen, dass der eintretende Elektronenstrahl 6 zu einer Rotorachse des Rotors 3 nicht senkrecht steht, also dass der Winkel zwischen Rotorachse und Elektronenstrahl kleiner als 90° ist. Durch diese Maßnahme wird der Eintritt von Dampf-molekülen durch die Öffnung 12 in die erste Kammer 16 erschwert, was die Erzeugung eines Unterdrucks bzw. Vakuums in der Kammer 16 erleichtert. Eine weitere Maßnahme, die zu demselben Effekt führt, besteht darin, den Elektronenstrahl und seinen Strahlengang ein oder mehrmals umzulenken. Dafür können verschiedene metallische Platten, die in geeignetem Winkel angeordnet sind, verwendet werden. Geeignete Metalle wie Gold, Silber, Kupfer oder Aluminium weisen für bestimmte Winkel eine entsprechende Reflexion des Elektronenstrahls auf, so dass sie als Spiegel und Umlenkelemente des Elektronenstrahls dienen können.

Patentansprüche

1. Dampfturbine (2) mit einer Elektronenstrahlapparatur (4), die zur Einbringung eines Elektronenstrahls (6) in einen Dampfraum (8) der Dampfturbine (2) dient, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Anbindungsbereich (10) der Elektronenstrahlapparatur (4) an die Dampfturbine (2) eine Öffnung (12) in einer Turbinenwand (14) vorgesehen ist, durch die der Elektronenstrahl (6) in den Dampfraum (8) einbringbar ist, wobei die Elektronenstrahl-

apparatur (4) mindestens zwei Kammern aufweist, durch die der Elektronenstrahl (6) verläuft und dass die zwei Kammern (16, 18) ein unterschiedliches Druckniveau aufweisen.

2. Dampfturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Kammer (16) der Elektronenstrahlapparatur (4) eine Verbindungsleitung (20) zu einem Ausgangsbereich (22) der Dampfturbine (2) aufweist.
3. Dampfturbine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** an eine zweite Kammer (1) der Elektronenstrahlapparatur (4) eine Dampfstrahl-Vakuumpumpe (24) angelegt ist.
4. Dampfturbine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfstrahl-Vakuumpumpe (24) eine Dampfzuleitung (61) aus einem Dampfpfad (28) der Dampfturbine (2) erhält.
5. Dampfturbine nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehrstufige Dampfstrahl-Vakuumpumpe (24) eine Kühlwasserzuleitung (30) aus einem Kühlwasserkreislauf (32) der Dampfturbine (2) erhält.
6. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** an eine dritte Kammer (34) der Elektronenstrahlapparatur (4) eine Feinvakuumpumpe (36) angelegt ist.
7. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten Kammer (16) und der zweiten Kammer (18) oder zwischen der zweiten Kammer (18) und der dritten Kammer (34) ein geschlossenes Elektronenaustrittsfenster (38) vorgesehen ist.
8. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Winkel (40) zwischen den in den Dampfraum (8) eintreffenden Elektronenstrahl (6) und einer Rotorachse (42) der Dampfturbine (2) weniger als 90° beträgt.
9. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektronenstrahl (6) in der Elektronenstrahlapparatur (4) durch Umlenkvorrichtungen (44) ein oder mehrfach umgeleitet wird.
10. Dampfturbine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkvorrichtungen (44) in Form von Metallspiegeln (45), insbesondere auf der Basis von Gold, Silber, Kupfer oder Aluminium ausgebildet sind.

Claims

1. Steam turbine (2) having an electron beam apparatus (4) for introducing an electron beam (6) into a steam space (8) of the steam turbine (2), **characterized in that**,
in a connection region (10) of the electron beam apparatus (4) to the steam turbine (2), an opening (12) is provided in a wall (14) of the turbine, through which opening the electron beam (6) can be introduced into the steam space (8), wherein the electron beam apparatus (4) has at least two chambers through which the electron beam (6) passes, and **in that** the two chambers (16, 18) are at different pressures. 5
2. Steam turbine according to Claim 1, **characterized in that** a first chamber (16) of the electron beam apparatus (4) has a connecting line (20) to an outlet region (22) of the steam turbine (2). 10
3. Steam turbine according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a steam jet vacuum pump (24) is applied to a second chamber (18) of the electron beam apparatus (4). 15
4. Steam turbine according to Claim 3, **characterized in that** a steam supply line (61) from a steam path (28) of the steam turbine (2) provides steam to the steam jet vacuum pump (24). 20
5. Steam turbine according to Claim 3 or 4, **characterized in that** a cooling water supply line (30) from a cooling water circuit (32) of the steam turbine (2) provides cooling water to the multistage steam jet vacuum pump (24). 25
6. Steam turbine according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** a medium vacuum pump (36) is applied to a third chamber (34) of the electron beam apparatus (4). 30
7. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** a closed electron exit window (38) is provided between the first chamber (16) and the second chamber (18) or between the second chamber (18) and the third chamber (34). 35
8. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the electron beam (6) entering the steam space (8) is at an angle (40) of less than 90° to a rotor axis (42) of the steam turbine (2). 40
9. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the electron beam (6) is deflected once or multiple times in the electron beam apparatus (4) by means of deflection devices (44). 45

10. Steam turbine according to Claim 9, **characterized in that** the deflection devices (44) take the form of metal mirrors (45), in particular based on gold, silver, copper or aluminium. 50

Revendications

1. Turbine (2) à vapeur ayant un appareillage (4) à faisceau d'électrons, qui sert à introduire un faisceau (6) d'électrons dans un espace (8) réservé à la vapeur de la turbine (2) à vapeur, **caractérisée en ce que** dans une zone (10) de liaison de l'appareillage (4) à faisceau d'électrons à la turbine (2) à vapeur est prévue, dans la paroi (14) de la turbine, une ouverture (12) par laquelle le faisceau (6) d'électrons peut être introduit dans la chambre (8) réservée à la vapeur, l'appareillage (4) à faisceau d'électrons ayant au moins deux chambres dans lesquelles le faisceau (6) d'électrons passe et **en ce que** les deux chambres (16, 18) ont un niveau de pression différent. 55
2. Turbine à vapeur suivant la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**une première chambre (16) de l'appareillage (4) à faisceau d'électrons a un conduit (20) de communication avec une zone (22) de sortie de la turbine (2) à vapeur.
3. Turbine à vapeur suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'**une pompe (24) à vide à jet de vapeur est appliquée à une deuxième chambre (1) de l'appareillage (4) à faisceau d'électrons.
4. Turbine à vapeur suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** la pompe (24) à vide à jet de vapeur reçoit un conduit (61) d'apport de vapeur provenant d'un trajet (28) pour de la vapeur de la turbine (2) à vapeur.
5. Turbine à vapeur suivant la revendication 3 ou 4, **caractérisée en ce que** la pompe (24) à vide à jet de vapeur à plusieurs étages reçoit un conduit (30) d'apport d'eau de refroidissement d'un circuit (32) d'eau de refroidissement de la turbine (2) à vapeur.
6. Turbine à vapeur suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce qu'**une pompe (36) à vide poussée s'applique à une troisième chambre (34) de l'appareillage (4) à faisceau d'électrons.
7. Turbine à vapeur suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**un hublot (38) fermé de sortie d'électrons est prévu entre la première chambre (16) et la deuxième chambre (18) ou entre la deuxième chambre (18) et la troisième chambre (34).
8. Turbine à vapeur suivant l'une des revendications

précédentes, **caractérisée en ce qu'un** angle (40) entre le faisceau (6) d'électrons arrivant dans l'espace (8) réservé à la vapeur et un axe (42) du rotor de la turbine (2) à vapeur est plus petit que 90°.

5

9. Turbine à vapeur suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le faisceau (6) d'électrons est dévié une fois ou plusieurs fois dans l'appareillage (4) à faisceau d'électrons par des dispositifs (44) de déviation.

10

10. Turbine à vapeur suivant la revendication 9, **caractérisée en ce que** les dispositifs (44) de déviation sont constitués sous la forme de miroirs (45) métalliques, notamment à base d'or, d'argent, de cuivre ou d'aluminium.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

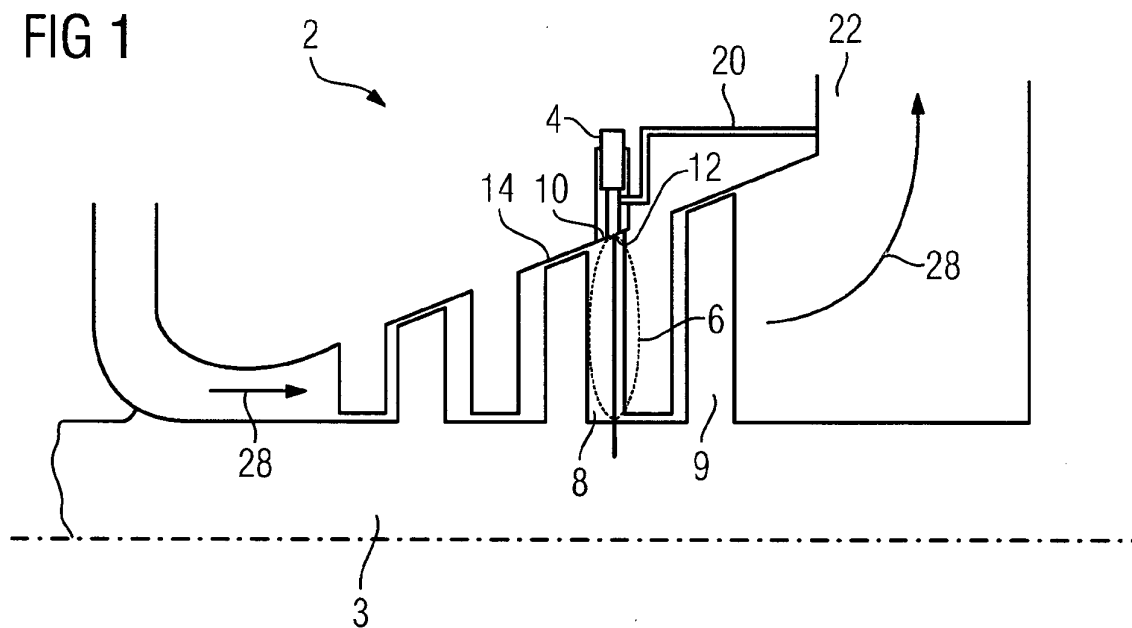


FIG 2

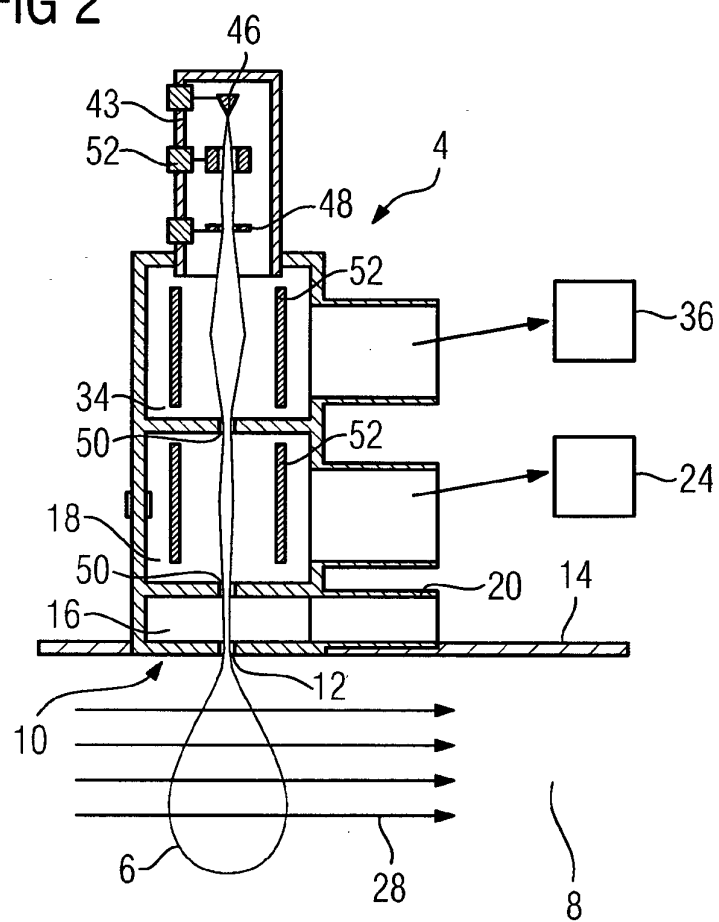


FIG 3

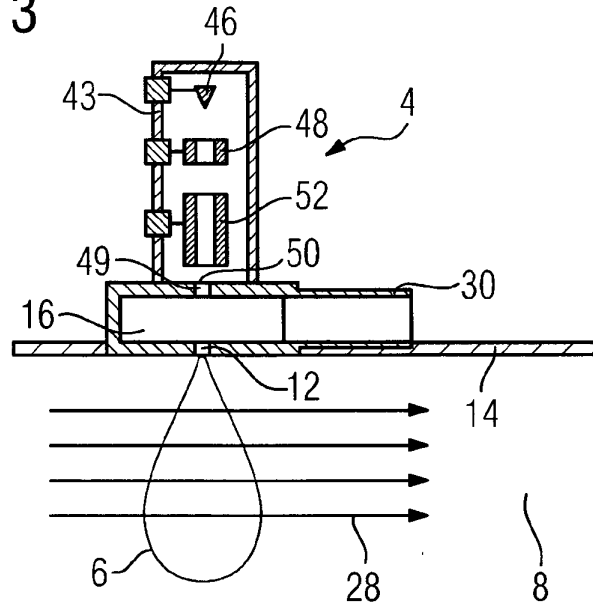


FIG 4

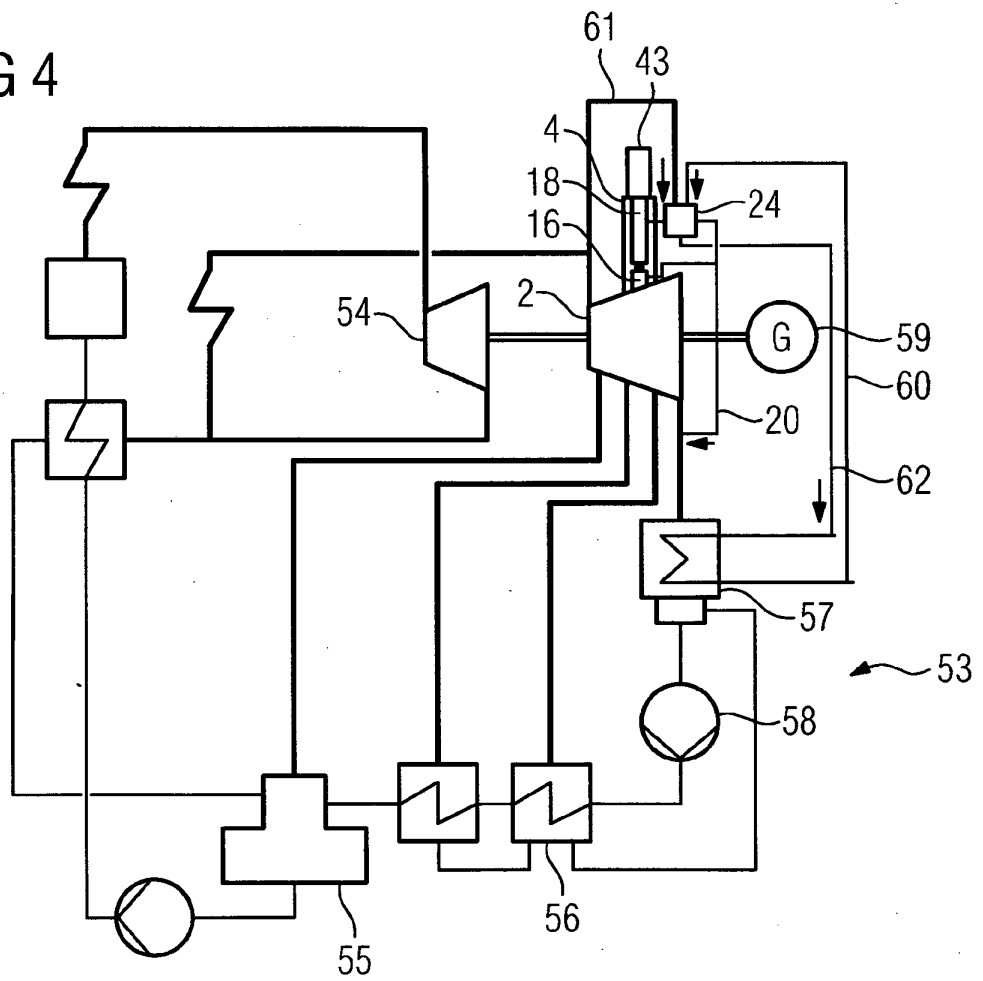


FIG 5

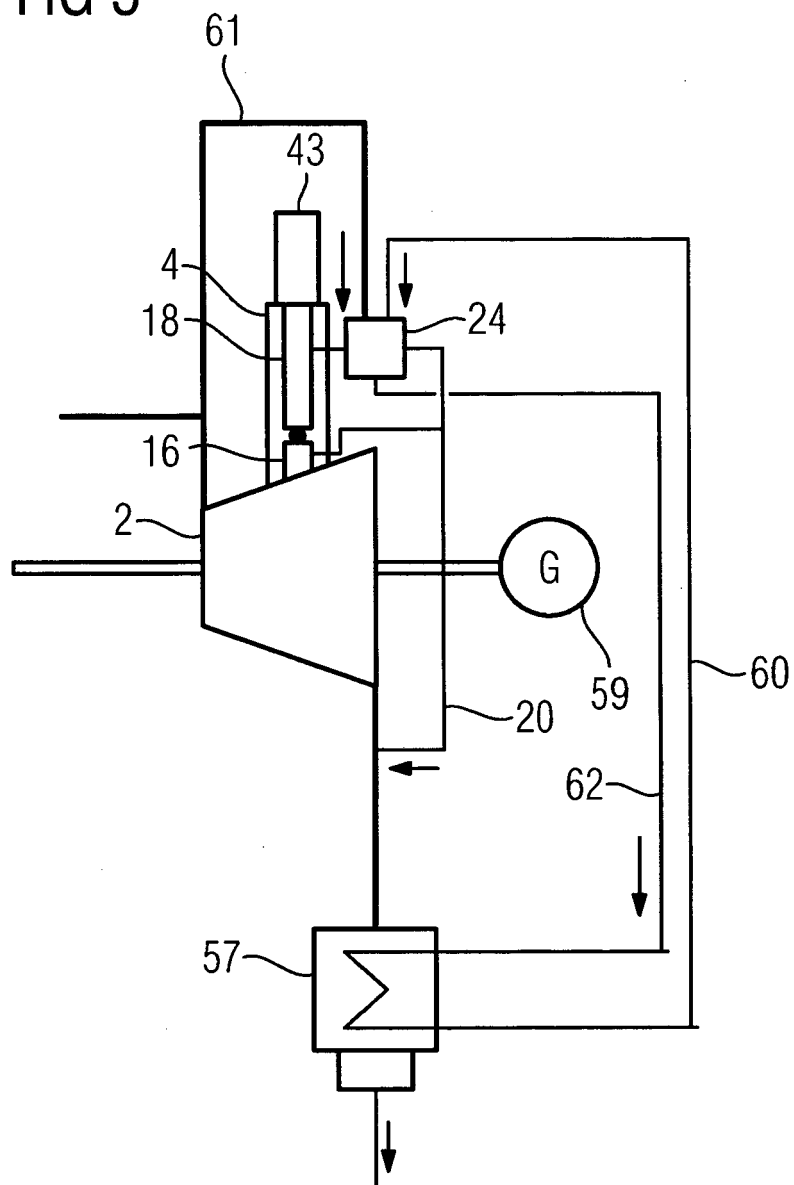
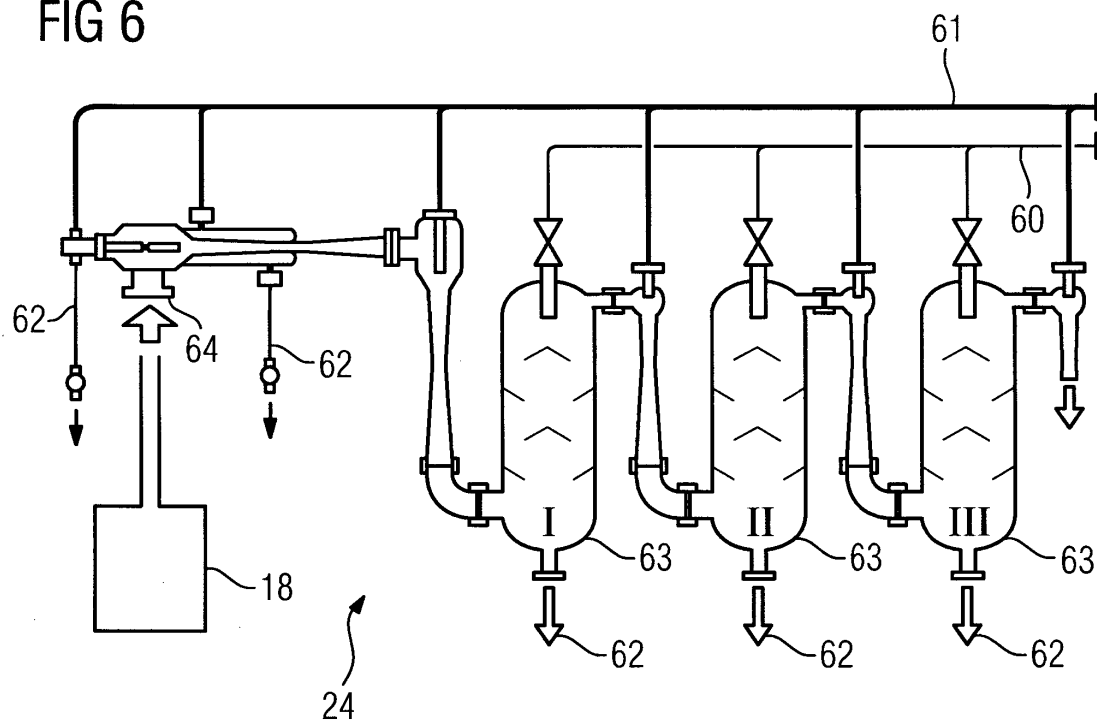


FIG 6



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 102005046721 B3 [0005]