

(19)



(11)

EP 3 572 628 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.07.2020 Patentblatt 2020/31

(51) Int Cl.:
F01D 15/10 ^(2006.01) **F01D 15/12** ^(2006.01)
F01D 13/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19173420.1**

(22) Anmeldetag: **09.05.2019**

(54) **DAMPFTURBINENANORDNUNG**

STEAM TURBINE ASSEMBLY

DISPOSITIF DE 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **23.05.2018 DE 102018208087**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.11.2019 Patentblatt 2019/48

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

(72) Erfinder:
• **Hertwig, Holger 02708 Großschweidnitz (DE)**
• **Haje, Detlef 02828 Görlitz (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 434 103 EP-A1- 3 301 267
WO-A1-2012/053177 DE-A1-102015 001 418

EP 3 572 628 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 Dampfturbinenanordnung nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1.

[0002] Beim Eintreten bestimmter Umstände insbesondere beim Vorliegen hoher Dampfparameter müssen Dampfturbinen mehrgewehäufig ausgeführt werden, wie zum Beispiel aus der EP 3301267 bekannt. D.h., dass der Dampf nicht in einer einzelnen Turbine von den Eintritts- bis zu den Austrittsparametern entspannt wird, die Gesamtexpansion wird vielmehr auf mehrere Teilturbinen aufgeteilt. Übliche Dampfturbinenanordnungen umfassen entweder zwei Teilturbinen, bestehend aus einer Hochdruck- und einer Niederdruckturbine oder drei Teilturbinen, umfassend eine Hochdruckturbine, eine Mitteldruckturbine und eine Niederdruckturbine. Bei manchen Dampfturbinenanordnungen ist es gefordert, dass die Niederdruckturbine, in der der letzte Teil der Expansion realisiert wird, eine axiale Abströmung aufweist. Eine solche Anordnung erfordert die Positionierung der Niederdruckturbine am Strangende. Am anderen Strangende ist vorzugsweise und üblicherweise der Generator angeordnet. Hierdurch sind die beiden Strangenden belegt und der bzw. die Teilturbinen (Hochdruck-, Mitteldruckturbine) in der der vorgelagerte Teil der Expansion stattfindet, muss zwischen der axial abströmenden Niederdruckturbine und dem Generator positioniert werden. Eine solche Turbinenanordnung ist in Figur 1 dargestellt. Eine Anordnung entsprechend Figur 1 weist das technische Problem auf, dass die Handhabung elektrischer Störfälle mit ihr nur sehr bedingt realisierbar sind. Der Läufer der Hochdruckturbine besitzt üblicherweise ein vergleichsweise kleines Rotationsträgheitsmoment verglichen mit dem vergleichsweise großen Rotationsträgheitsmoment der Niederdruckturbine und des Generators. Um die Störmomente für die Hochdruckturbine erträglich zu machen, gibt es bislang mehrere Ansätze, die jedoch zu erheblichen Mehrkosten führen.

[0003] Eine Lösung besteht in der Überdimensionierung aller beteiligten Baugruppen, so dass sie alle Störmomente ohne Bruch ertragen. Neben den erheblichen Mehrkosten führt die Überdimensionierung der Bauteile auch zu einer Verschlechterung des rotordynamischen Verhaltens.

Eine weitere Lösung sieht vor, eine Rutschkupplung zwischen den Teilturbinen anzuordnen und hierdurch den durchgeleiteten Drehmomente auf einen Wert zu begrenzen, den die Bauteile ertragen. Das Verhalten der Rutschkupplungen im Störfall ist jedoch nur bedingt voraus berechenbar und es ist fraglich, ob sie in der Lage sind, mehrere Störfälle ohne wesentliche Änderung ihrer Eigenschaften zu ertragen.

Eine weitere Lösung besteht darin, die Teilturbinen beidseits des Generators zu positionieren. Diese Anordnung bringt aber den Nachteil mit sich, dass zur Wartung des Generators (ziehen des Induktors) eine der beiden Teilturbinen oder der Generator selbst zur Seite gerückt wer-

den muss. Dies bedeutet einen erheblichen Mehrplatzbedarf im Maschinenhaus, welcher nicht immer vorhanden ist. Darüber hinaus führt der Generator mit beidseitigem Antrieb zu erhöhten Mehrkosten beim Generator und zu einem Mehraufwand bei der Durchführung der Wartung. Auch sind nicht alle vom Kunden vorgeschriebenen Lieferanten in der Lage, Generatoren mit beidseitigem Antrieb zu fertigen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, alle Hauptkomponenten der Dampfturbinenanordnung koaxial zu positionieren. Die Teilturbinen übertragen dabei die Leistung auf ein Getriebe das deren Leistung summiert und an den Generator überträgt. Der Nachteil dieser Topologie ist jedoch, dass der Achsabstand, den die Getriebe sinnvollerweise aufweisen, nicht mit dem Achsabstand der Turbine in Einklang zu bringen ist. Die Turbinen bedingen einen wesentlich größeren Achsabstand.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die zuvor beschriebenen Nachteile zu überwinden, und eine Dampfturbinenanordnung bereitzustellen, welche elektrische Störfälle besser handhabbar macht.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Dampfturbinenanordnung nach den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1.

[0006] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung, die einzeln oder in Kombination miteinander einsetzbar sind, sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Die erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung, umfassend wenigstens eine erste, als Hochdruckturbine ausgebildete, Teilturbine und eine zweite, als Niederdruckturbine ausgebildete Teilturbine sowie einen Generator, wobei die zweite Teilturbine und der Generator über eine erste Welle miteinander verbunden sind, zeichnen sich dadurch aus, dass die Dampfturbinenanordnung wenigstens ein erstes Kegelradgetriebe, umfassend ein auf der ersten Welle angeordnetes erstes Tellerrad und ein auf einer zweiten Welle angeordnetes erstes Ritzel aufweist und wobei die zweite Welle mit der ersten Teilturbine verbunden ist, so dass die erste Teilturbine ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe, an die erste Welle überträgt.

Durch die erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung werden im elektrischen Störfall die auftretenden Momente nicht durch die als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine hindurch geleitet. Die zweite als Niederdruckturbine ausgebildete Teilturbine ist von Hause aus derart ausgebildet, dass sie das Störmoment erträgt und muss somit nicht modifiziert werden. Somit ist keine Überdimensionierung der Komponenten notwendig. Auch der Einsatz einer Rutschkupplung, wie dies bislang der Fall war, ist nicht nötig. Trotzdem ist der Einsatz von Generatoren mit einseitigem Antrieb möglich. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Drehzahl der Hochdruckturbinen möglichst effektiv und punktgenau durch das Kegelradgetriebe einstellbar ist.

[0008] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Dampfturbinenanordnung eine dritte, als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine aufweist, wo-

bei das erste Kegelradgetriebe, ein weiteres, auf einer dritten Welle angeordnetes zweites Ritzel aufweist, und wobei die dritte Welle mit der dritten Teilturbine verbunden ist, so dass die dritte Teilturbine deren Leistung über das erste Kegelradgetriebe, an die erste Welle überträgt. Durch diese Anordnung der Teilturbinen ist das Konzept auf einen dreigehäusigen Strang mit einer Mitteldruckturbine, welche der Hochdruckturbine gegenübersteht anwendbar. Die Hochdruck- und die Niederdruckturbine greifen dabei auf das gemeinsame erste Tellerrad zu.

[0009] Ein weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Dampfturbinenanordnung eine dritte, als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine sowie ein zweites Kegelradgetriebe, umfasst und ein auf der ersten Welle angeordnetes zweites Tellerrad und ein auf dem dritten Welle angeordnetes drittes Ritzel aufweist und wobei die dritte Welle mit der dritten Teilturbine verbunden ist, so dass die dritte Teilturbine ihre Leistung über das zweite Kegelradgetriebe, an die erste Welle überträgt. Mit dieser Anordnung lässt sich alternativ ebenfalls das Konzept auf einen dreigehäusigen Strang bestehend aus Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruckturbine anwenden. Gegenüber dem zuvor beschriebenen Konzept bietet dieses Konzept noch den zusätzlichen Vorteil, dass die Hochdruck- und die Mitteldruckturbine mit unterschiedlichen Drehzahlen voneinander und von der Generator Drehzahl abweichend, betrieben werden können.

[0010] Eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle und der zweiten Welle und/oder der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle und der dritten Welle kleiner als 90° , vorzugsweise kleiner als 50° ist. Die Verringerung des Achswinkels ermöglicht eine Erhöhung der möglichen Zahnbreite. Hierdurch nimmt die übertragbare Leistung des Kegelradgetriebes zu, wodurch es auch für größere Leistungsbereiche, wie sie bei der Dampfturbine häufig auftreten, geeignet ist.

[0011] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens ein Tellerrad und/oder wenigstens ein Ritzel in axialer Richtung zur jeweiligen Welle verschiebbar angeordnet ist. Durch die einstellbare Axialposition des Ritzels bzw. des Tellerrads während des Betriebes können Lagefehler kompensiert werden. Hierdurch kann die Verformung und Fehlausrichtung der hoch beanspruchten Verzahnung verhindert oder zumindest begrenzt werden. Zur Verstellung der Axialposition kommen bspw. Magnetlager, einstellbare Öllager (insbesondere hydrostatische Lager) oder andere Lagertypen oder Lageranordnungen (mechanisch oder hydraulisch verschiebbare Lagerkörper oder Lagergehäuse oder ähnliches) in Frage. Die Axialposition kann durch einen leittechnischen Eingriff angepasst werden. Hierzu sind vorzugsweise eine messtechnische Erfassung der Eingriffssituation (Eingriffsbedingungen) und eine Regelung der Position der Axiallager, des Ritzels bzw. des Tellerrades (Relativposition) nötig. Die messtechnische Erfassung kann z.B. die folgenden Parameter umfassen:

Axialposition, Radialposition, Geräusche/Schwingungen, Lagertemperatur.

[0012] Eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Übersetzungsverhältnisse der Kegelradgetriebe kleiner als 4, vorzugsweise kleiner als 3 sind. Durch die Begrenzung des Übersetzungsverhältnisses können trotz hoher Leistungen sinnvolle konstruktive Lösungen ermöglicht werden (z.B. Ritzeldurchmesser, Lagerung der Ritzel, etc.). Für volltourige Maschinen (Abtrieb mit Netzfrequenz) sind Übersetzungsverhältnisse kleiner als 4, besser kleiner als 3 anzustreben, da anderenfalls kegelverzahnungsspezifische Zahnbreitenbeschränkungen zum Tragen kommen. Für halbtourige Maschinen können diese Werte um den Faktor 1,5 erhöht werden.

[0013] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigt:

- Figur 1 eine Dampfturbinenanordnung nach dem Stand der Technik;
- Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Dampfturbinenanordnung mit zwei Teilturbinen;
- Figur 3 ein weiteres erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Dampfturbinenanordnung mit drei Teilturbine;
- Figur 4 eine weiteres alternatives erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel einer Dampfturbinenanordnung mit drei Teilturbinen;
- Figur 5 eine Detailansicht einer erfindungsgemäßen Dampfturbinenanordnung mit einem Achswinkel Σ kleiner 90° .

[0014] Die Figuren zeigen jeweils zum Teil stark vereinfachte Darstellungen, bei denen im Wesentlichen nur die jeweils für die Erläuterung notwendigen Bauteile dargestellt sind. Gleiche bzw. funktionsgleiche Bauteile sind figurübergreifend mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0015] Figur 1 zeigt eine Dampfturbinenanordnung nach dem Stand der Technik. Die Dampfturbinenanordnung umfasst eine erste, als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1 und eine zweite, als Niederdruckturbine ausgebildete und axial abströmende Teilturbine 2. Des Weiteren umfasst die Dampfturbinenanordnung einen Generator 3. Die beiden Teilturbinen 1 und 2 sind über eine gemeinsame erste Welle 4 miteinander verbunden. Aufgrund der Anforderung, dass der letzte Teil der Expansion eine axiale Abströmung aufweisen muss, ist es erforderlich, dass die zweite Teilturbine am Strangende, d.h. an einem Ende der ersten Welle 4 angeordnet sein muss. Am anderen Strangende steht üblicherweise und vorzugsweise der Generator 3. Dadurch ist es notwendig, dass die erste, als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1 zwischen der axial abströmenden Niederdruckturbine 2 und dem Generator 3 auf der gemeinsamen ersten Welle 4 angeordnet ist. Eine solche Dampfturbinenanordnung hat den Nachteil, dass bei ei-

nem Auftreten elektrischer Störfälle, das Störmoment durch die erste Teilturbine 1 hindurch geleitet werden muss. Dies ist insoweit problematisch, dass die als Hochdruckturbine ausgebildete erste Teilturbine 1 ein vergleichsweise geringes Rotationsträgheitsmoment, verglichen mit dem Rotationsträgheitsmoment der als Niederdruckturbine ausgebildeten zweiten Teilturbine 2 und des Generators 3 aufweist. Dieses technische Problem ist umso größer je größer die Asymmetrie bezüglich Leistung und Rotationsträgheitsmoment der einzelnen Teilturbinenwellen ist. Damit die Welle der Hochdruckturbine bei einem elektrischen Störfall den Störmoment ertragen kann, muss deren Läufer sehr massiv ausgeführt werden. Dies führt zu erheblichen Mehrkosten der Dampfturbinenanordnung.

[0016] Figur 2 zeigt ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Dampfturbinenanordnung. Die Dampfturbinenanordnung umfasst eine erste, als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1 und eine zweite als Niederdruckturbine ausgebildete und axial abströmende Teilturbine 2. Des Weiteren weist die Dampfturbinenanordnung einen Generator 3 auf, wobei die zweite Teilturbine 2 und der Generator 3 über eine erste Welle 4 miteinander verbunden sind. Die Dampfturbinenanordnung weist ein erstes Kegelradgetriebe 5 auf, welches ein auf der ersten Welle 4 angeordnetes erstes Tellerrad 6 und ein auf einer zweiten Welle 7 angeordnetes erstes Ritzel 8 umfasst. Die zweite Welle 7 ist mit der ersten Teilturbine 1 verbunden, so dass die erste Teilturbine 1 ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe 5 an die erste Welle 4 überträgt. Durch diese Topologie wird die Leistung der als Hochdruckturbine ausgebildeten ersten Teilturbine 1 über das erste Kegelradgetriebe 5 an die erste Welle 4 übertragen. Hierdurch wird ein mögliches Störmoment, welches bspw. aufgrund eines elektrischen Störfalls auftritt, nicht mehr wie beim Stand der Technik durch die erste Teilturbine 1 hindurch geleitet. Hierdurch muss das Störmoment auch nicht wie bislang limitiert werden. Die als Niederdruckturbine ausgebildete zweite Teilturbine 2 ist üblicherweise so ausgelegt, dass sie die Störmomente ohne Schäden übersteht. Die Topologie ermöglicht erstmals eine axiale Abströmung in Verbindung mit einem einseitig angetriebenen Generator bei gleichzeitig minimalem Platzbedarf. Dabei kann auf eine kostenintensive Überdimensionierung der Komponenten der ersten Teilturbine verzichtet werden. Ebenfalls kann auf den Einsatz von Rutschkupplungen zur Limitierung der auftretenden Momente verzichtet werden.

[0017] Ein weiterer Vorteil gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Einwellentopologie liegt darin, dass die Drehzahl der als Hochdruckturbine ausgebildeten Teilturbine punktgenau, d.h. möglichst effektiv über das erste Kegelradgetriebe eingestellt werden kann. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Wirkungsvorteile.

[0018] Figur 3 zeigt eine zweite erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung. Bei der Dampfturbinenanord-

nung nach Figur 3 wurde das Konzept auf einen dreigehäusigen Strang erweitert. Die Dampfturbinenanordnung umfasst dabei eine dritte, als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine 9. Die als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1 und die als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine 9 stehen sich dabei gegenüber. Die erste Teilturbine 1 und die dritte Teilturbine 9 greifen auf dasselbe erste Kegelradgetriebe 5 zu. Dazu ist ein weiteres auf einer dritten Welle 10 angeordnetes zweites Ritzel 11 vorgesehen, wobei die dritte Welle 10 mit der dritten Teilturbine 9 verbunden ist, so dass die dritte Teilturbine 9 ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe 5 an die erste Welle 4 überträgt. Durch die erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung sind sowohl die als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1 als auch die als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine 9 so entkoppelt, dass im elektrischen Störfall die auftretenden Momente nicht durch diese beiden Teilturbinen hindurch geleitet werden müssen. Somit können sowohl die erste Teilturbine 1 als auch die dritte Teilturbine 9 ohne eine Überdimensionierung der Komponenten, welche für die hohen Momente im Störfall notwendig wären, dimensioniert werden. Hierdurch ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen.

[0019] Figur 4 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung. Die Dampfturbinenanordnung umfassen wiederum wie beim Ausführungsbeispiel 3 eine erste als Hochdruckturbine ausgebildete Teilturbine 1, eine zweite als Niederdruckturbine ausgebildete und axial abströmende Teilturbine 2 sowie eine dritte als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine 9.

[0020] Die zweite als Niederdruckturbine ausgebildete Teilturbine 2 ist über die erste Welle 4 mit dem Generator 3 verbunden. Die Dampfturbinenanordnung umfasst wiederum ein erstes Kegelradgetriebe 5, umfassend ein auf der ersten Welle 4 angeordnetes erstes Tellerrad 6 und ein auf der zweiten Welle 7 angeordnetes erstes Ritzel 8, wobei die zweite Welle 7 mit der ersten Teilturbine 1 verbunden ist, so dass die erste Teilturbine 1 ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe 5 an die erste Welle 4 überträgt. Des Weiteren umfasst die Dampfturbinenanordnung ein zweites Kegelradgetriebe 12, umfassend ein auf der ersten Welle 4 angeordnetes zweites Tellerrad 13 und ein auf der dritten Welle 10 angeordnetes drittes Ritzel 14. Die dritte Welle 10 ist dabei mit der dritten Teilturbine 9 verbunden, so dass die dritte Teilturbine 9 ihre Leistung über das zweite Kegelradgetriebe 12, an die erste Welle 4 überträgt. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Figur 3 weist die Dampfturbinenanordnung somit zwei Kegelradgetriebe 5, 12 auf, wobei das erste Kegelradgetriebe 5 mit der als Hochdruckturbine ausgebildeten Teilturbine 1 und das zweite Kegelradgetriebe 12 mit der als Mitteldruckturbine ausgebildeten Teilturbine 9 verbunden ist. Eine solche Anordnung mit zwei Kegelradgetrieben hat den Vorteil, dass die Drehzahl der ersten Teilturbine und die Drehzahl der zweiten Teilturbine unabhängig voneinander eingestellt und optimiert werden kann. Hierdurch ergeben sich wei-

tere Wirkungsgradsteigerungen.

[0021] Figur 5 zeigt eine Ausgestaltung eines Kegelradgetriebes 5, 12 wie es in einer erfindungsgemäßen Dampfturbinenanordnung eingesetzt werden kann. Bei Kegelradgetrieben, bei denen die Wellen in einem Winkel von 90° zueinander stehen, ist die Leistung des Kegelradgetriebes beschränkt. Um die übertragbare Leistung des Kegelradgetriebes zu erhöhen, ist vorgesehen, dass der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle 4 und der zweiten Welle 7 und/oder der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle 4 und der dritten Welle 10 kleiner als 90°, vorzugsweise kleiner als 50°, ist. Der flachere Achswinkel Σ ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der möglichen Zahnbreite und damit der möglichen Leistungsübertragung. Um trotz hoher zu übertragender Leistungen sinnvolle konstruktive Lösungen insbesondere im Hinblick auf den Ritzeldurchmesser und die Lagerung der Ritzel zu ermöglichen, sollte das Übersetzungsverhältnis für volltourige Turbinen (Abtrieb mit Netzfrequenz) kleiner als 4, besser kleiner als 3, sein; da anderenfalls kegelverzahnungsspezifische Zahnbreitenbeschränkungen zum Tragen kommen. Für halbtourige Turbinen können diese Werte um den Faktor 1,5 erhöht werden. Für hohe Leistungsübertragungen sollte zudem, zumindest für volltourige Turbinen, eine hohe Umfangsgeschwindigkeit angestrebt werden. Eine Spiralverzahnung trägt stark zu einer hohen übertragenden Leistung bei, ebenso wie eine Breitenballigkeit der Verzahnung und die Ausführung geeigneter Zahnkorrekturen. Zur Begrenzung von Verformungen und Fehlausrichtungen der hoch beanspruchten Verzahnung sind grundsätzlich unterschiedliche Maßnahmen, die einzeln oder in Kombination eingesetzt werden können, möglich. Diese wäre z.B.:

- ein während des Betriebs einstellbares und in Axialrichtung verschiebbares Ritzel, um Lagefehler kompensieren zu können (Verlagerungsempfindlichkeit der Kegelverzahnung). Hierfür eignen sich insbesondere Magnetlager und einstellbare Öllager (insbesondere hydrostatische Lager) sowie andere Lagertypen oder Lageranordnungen, die in axialer Position durch einen leittechnischen Angriff angepasst werden können.
- Messtechnische Erfassung der Eingriffssituation (Eingriffsbedingungen) und Regelung der Axiallage des Ritzels (Relativposition zur Radscheibe). Die messtechnische Erfassung kann dabei z.B. die folgenden Parameter umfassen: Axialpositionen, Radialpositionen, Geräusche/Schwingungen, Lagertemperaturen.
- Limitierung der axialen Lageänderung des Kegelrades durch kurze Abstände zwischen Axiallager und Verzahnung und gegebenenfalls einstellbare Axialposition beim Ritzel.
- Lagerung der Ritzelwelle möglichst beidseitig (be-

günstigt durch einen kleinen Achswinkel und eine Begrenzung des Übersetzungsverhältnisses).

- Wahl der Richtung und des Steigungswinkels der Spiralverzahnung derart, dass die aus dem Zahneingriff resultierenden Querkräfte zumindest teilweise kompensiert werden.

[0022] Zur Erfassung der Axialposition des Tellerrades 6, 13 sind auf der ersten Welle und/oder der zweiten Welle/dritten Welle 7, 10 Axialpositionssensoren 16 angeordnet, die die exakte Position des Tellerrades 6, 13 und/oder des Ritzels 8, 11 und 14 messen, die Information verarbeiten und ein entsprechendes Signal an die einstellbaren Axiallager 15 geben, die dann die Ritzel 8, 11, 14 bzw. die Kegelräder 6, 13 axial verschieben und dafür sorgen, dass das Axialspiel möglichst gering ist.

[0023] Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass durch die erfindungsgemäße Dampfturbinenanordnung erstmals eine Topologie möglich ist, welche bei einer axialen Abströmung in Verbindung mit mehreren Teilturbinen, einen einseitig angetriebenen Generator, bei minimalem Platzbedarf ermöglicht. Dabei können sowohl die Hochdruckturbinen als auch die Mitteldruckturbine unabhängig voneinander und unabhängig von der nachgeschalteten Niederdruckturbinen unterschiedliche und von der Generatorzahl abweichende Drehzahlen aufweisen. Hierdurch nimmt der Wirkungsgrad der Dampfturbinenanordnung im Gegensatz zu den bislang verwendeten Dampfturbinenanordnungen zu. Gleichzeitig können durch den verringerten Konstruktionsaufwand die Kosten für die Turbinenanordnung deutlich gesenkt werden.

Patentansprüche

1. Dampfturbinenanordnung, umfassend wenigstens eine erste, als Hochdruckturbinen ausgebildete, Teilturbine (1) und eine zweite, als Niederdruckturbinen ausgebildete Teilturbine (2) sowie einen Generator (3), wobei die zweite Teilturbine (2) und der Generator (3) über eine erste Welle (4) miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfturbinenanordnung wenigstens ein erstes Kegelradgetriebe (5), umfassend ein auf der ersten Welle (4) angeordnetes erstes Tellerrad (6) und ein auf einer zweiten Welle (7) angeordnetes erstes Ritzel (8), aufweist und wobei die zweite Welle (7) mit der erste Teilturbine (1) verbunden ist, so dass die erste Teilturbine (1) ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe (5), an die erste Welle (4) überträgt.
2. Dampfturbinenanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfturbinenanordnung eine dritte, als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine (9) aufweist,

wobei das erste Kegelradgetriebe (5), ein weiteres auf einer dritten Welle (10) angeordnetes zweites Ritzel (11) aufweist, und wobei die dritte Welle (10) mit der dritten Teilturbine (9) verbunden ist, so dass die dritte Teilturbine (9) ihre Leistung über das erste Kegelradgetriebe (5), an die erste Welle (4) überträgt.

3. Dampfturbinenanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfturbinenanordnung eine dritte, als Mitteldruckturbine ausgebildete Teilturbine (9) sowie ein zweites Kegelradgetriebe (12), umfassend ein auf der ersten Welle (4) angeordnetes zweites Tellerrad (13) und ein auf der dritten Welle (10) angeordnetes drittes Ritzel (14), aufweist und wobei die dritte Welle (10) mit der dritten Teilturbine (9) verbunden ist, so dass die dritte Teilturbine (9) ihre Leistung über das zweite Kegelradgetriebe (12), an die erste Welle (4) überträgt.
4. Dampfturbinenanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle (4) und der zweiten Welle (7) und/oder der Achswinkel Σ zwischen der ersten Welle (4) und der dritten Welle (10) kleiner als 90° , vorzugsweise kleiner als 50° ist.
5. Dampfturbinenanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens ein Tellerrad (6, 13) und/oder wenigstens ein Ritzel (8, 11, 14) in axialer Richtung zur jeweiligen Welle (4, 7, 10) verschiebbar angeordnet sind.
6. Dampfturbinenanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übersetzungsverhältnisse der Kegelradgetriebe (5, 12) kleiner als 4 vorzugsweise kleiner als 3 sind.

Claims

1. Steam turbine arrangement, comprising at least a first part turbine (1), designed as a high-pressure turbine, and a second part turbine (2), designed as a low-pressure turbine, and a generator (3), wherein the second part turbine (2) and the generator (3) are connected to one another via a first shaft (4), **characterized in that** the steam turbine arrangement has at least one first bevel gear (5), comprising a first crown wheel (6) arranged on the first shaft (4) and a first pinion (8) arranged on a second shaft (7), and wherein the second shaft (7) is connected to the

first part turbine (1) such that the first part turbine (1) transmits its power, via the first bevel gear (5), to the first shaft (4).

2. Steam turbine arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the steam turbine arrangement has a third part turbine (9) designed as an intermediate-pressure turbine, wherein the first bevel gear (5) has a further second pinion (11) arranged on a third shaft (10), and wherein the third shaft (10) is connected to the third part turbine (9) so that the third part turbine (9) transmits its power, via the first bevel gear (5), to the first shaft (4).
3. Steam turbine arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the steam turbine arrangement has a third part turbine (9) designed as an intermediate-pressure turbine and a second bevel gear (12), comprising a second crown wheel (13) arranged on the first shaft (4) and a third pinion (14) arranged on the third shaft (10), and wherein the third shaft (10) is connected to the third part turbine (9) so that the third part turbine (9) transmits its power, via the second bevel gear (12), to the first shaft (4).
4. Steam turbine arrangement according to one of the preceding claims, **characterized in that** the axis angle Σ between the first shaft (4) and the second shaft (7) and/or the axis angle Σ between the first shaft (4) and the third shaft (10) is less than 90° , preferably less than 50° .
5. Steam turbine arrangement according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one crown wheel (6, 13) and/or at least one pinion (8, 11, 14) is/are arranged so as to be displaceable in the axial direction with respect to the respective shaft (4, 7, 10).
6. Steam turbine arrangement according to one of the preceding claims, **characterized in that** the gear ratios of the bevel gears (5, 12) are less than 4, preferably less than 3.

Revendications

1. Ensemble de turbine à vapeur, comprenant au moins une première partie de turbine (1) conçue sous forme de turbine haute pression et une deuxième partie de turbine (2) conçue sous forme de turbine basse pression ainsi qu'un générateur (3), la deuxième partie de turbine (2) et le générateur (3) communiquant en-

tre eux par le biais d'un premier arbre (4),

caractérisé en ce que

l'ensemble de turbine à vapeur présente au moins un premier engrenage conique (5) comportant une première couronne dentée (6) disposée sur le premier arbre (4) et un premier pignon (8) disposé sur un deuxième arbre (7), et le deuxième arbre (7) étant relié à la première partie de turbine (1) de manière que la première partie de turbine (1) transmet sa puissance au premier arbre (4) par l'intermédiaire du premier engrenage conique (5).

(5, 12) sont inférieurs à 4, de préférence inférieurs à 3.

2. Ensemble de turbine à vapeur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble de turbine à vapeur comprend une troisième partie de turbine (9) conçue sous forme de turbine à moyenne pression, le premier engrenage conique (5) comportant un deuxième pignon (11) disposé sur un troisième arbre (10), le troisième arbre (10) étant relié à la troisième partie de turbine (9) de manière que la troisième turbine partielle (9) transmet sa puissance au premier arbre (4) par l'intermédiaire du premier engrenage conique (5).
3. Ensemble de turbine à vapeur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble de turbine à vapeur présente une troisième partie de turbine (9) conçue sous forme de turbine à moyenne pression ainsi qu'un deuxième engrenage conique (12) comportant une deuxième couronne dentée (13) disposée sur le premier arbre (4) et un troisième pignon (14) disposé sur le troisième arbre (10), le troisième arbre (10) étant relié à la troisième partie de turbine (9) de manière que la troisième partie de turbine (9) transmet sa puissance au premier arbre (4) par l'intermédiaire du deuxième engrenage conique (12).
4. Ensemble de turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle axial Σ entre le premier arbre (4) et le deuxième arbre (7) et/ou l'angle axial Σ entre le premier arbre (4) et le troisième arbre (10) est inférieur à 90° , de préférence inférieur à 50° .
5. Ensemble de turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'au moins une couronne dentée (6, 13) et/ou l'au moins un pignon (8, 11, 14) sont disposés de manière à pouvoir être déplacés dans le sens axial par rapport à l'arbre correspondant (4, 7, 10).
6. Ensemble de turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les rapports de transmission des pignons coniques

FIG 1

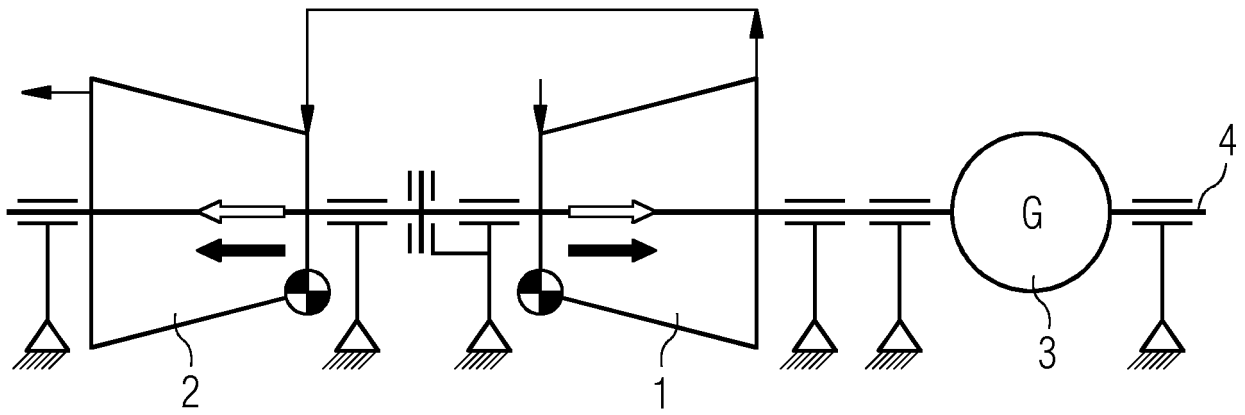


FIG 2

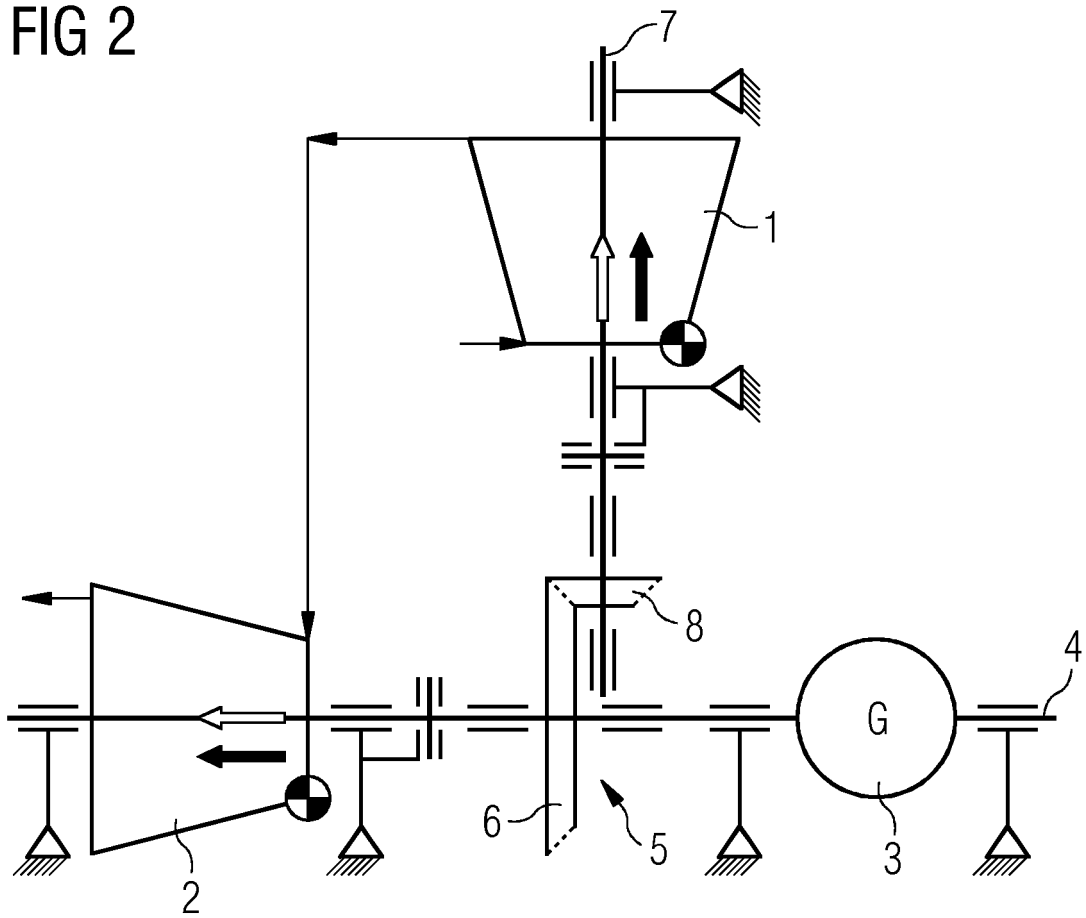


FIG 3

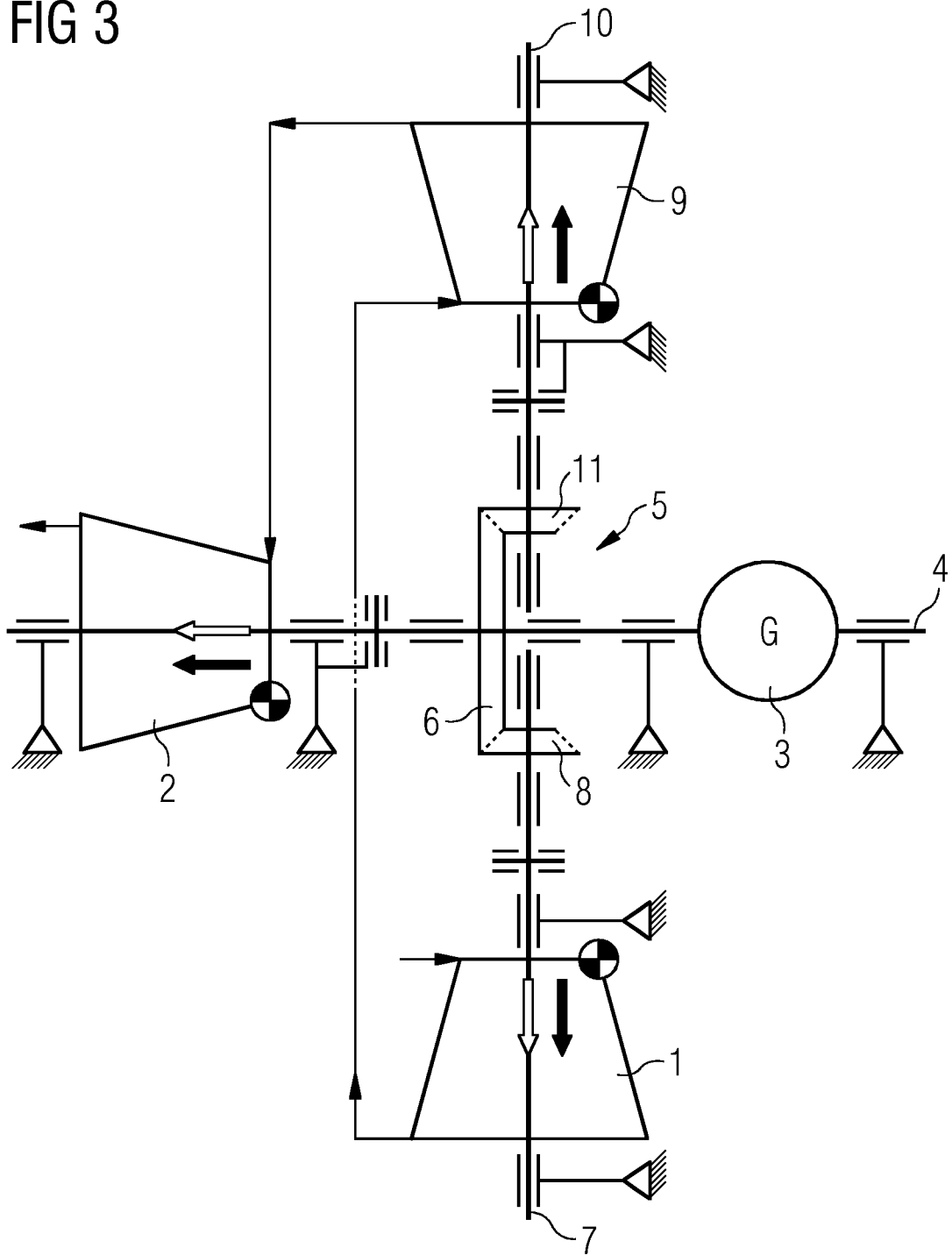


FIG 4

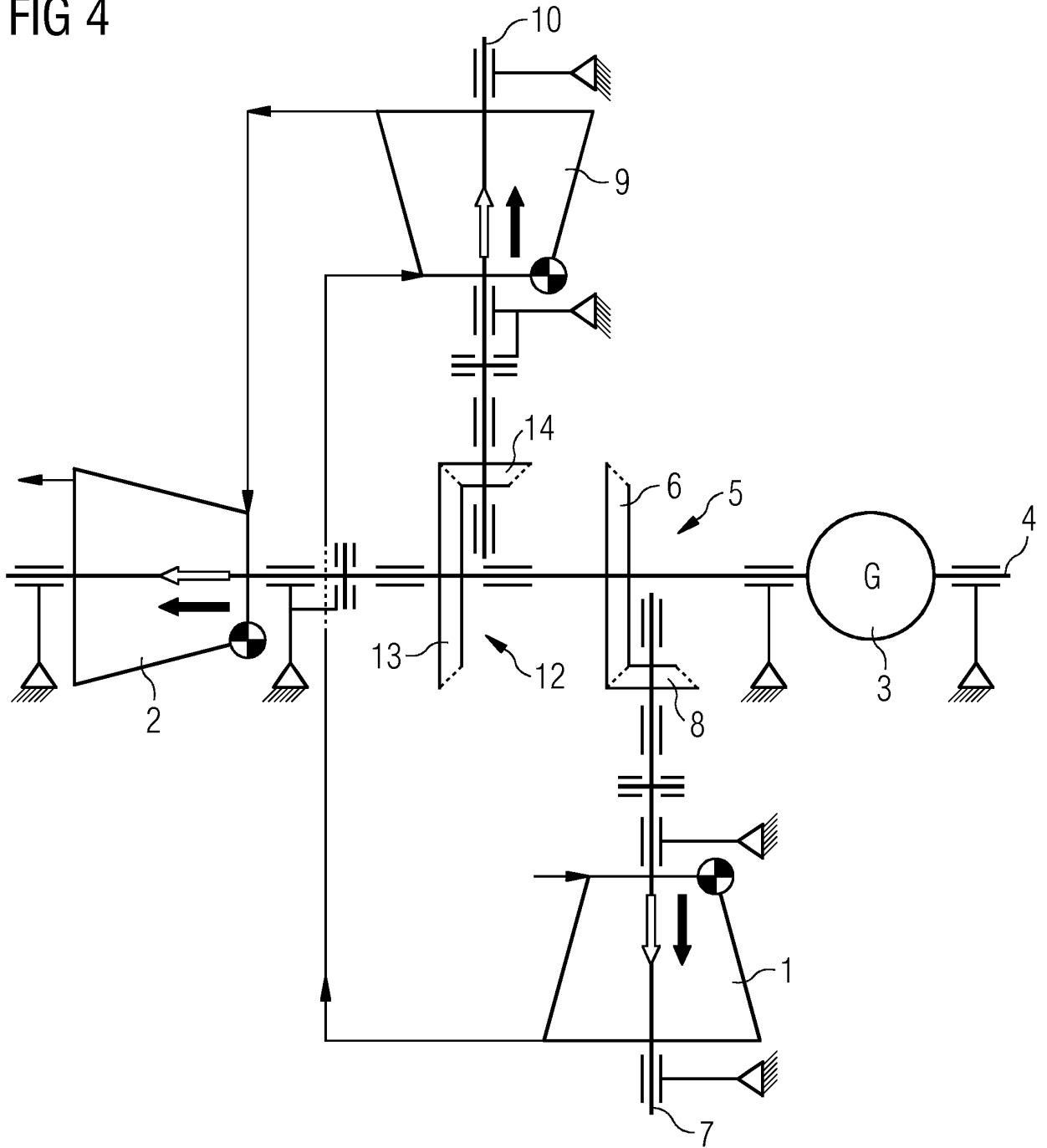
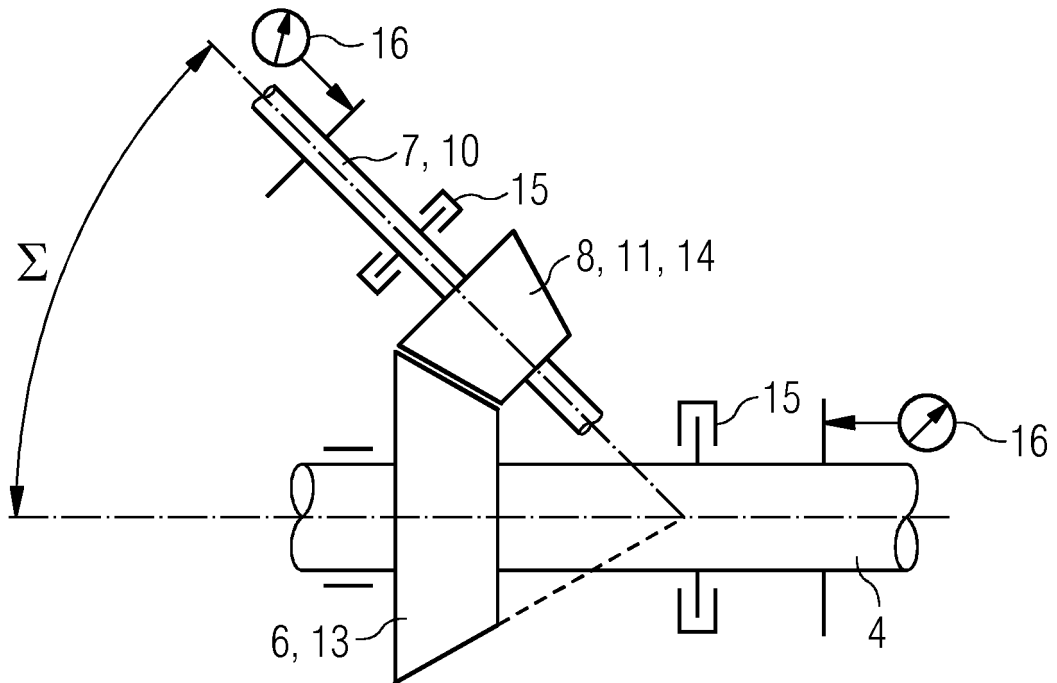


FIG 5



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

- EP 3301267 A [0002]