



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2009 Patentblatt 2009/26

(51) Int Cl.:
F01D 5/04 (2006.01) **F01D 5/10** (2006.01)
F01D 5/26 (2006.01) **F01D 25/04** (2006.01)
F01D 25/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07024982.6**

(22) Anmeldetag: **21.12.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

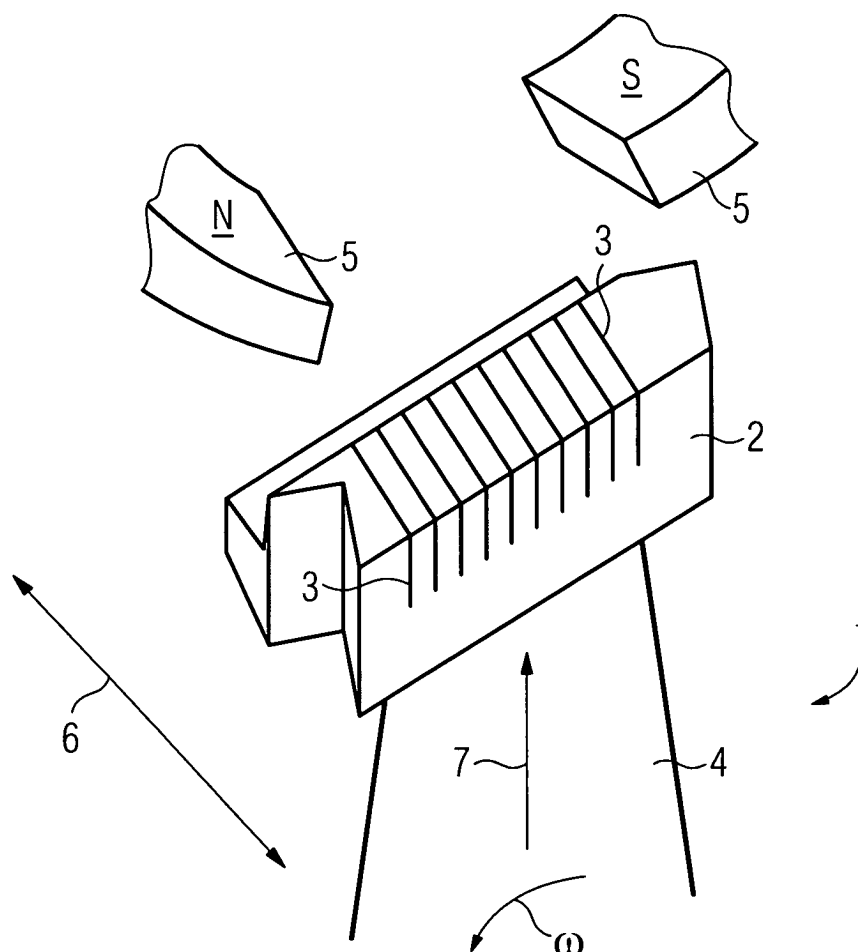
(72) Erfinder: **Richter, Christoph, Dr.**
49477 Ibbenbüren (DE)

(54) **Magnetische Vorrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen bei Strömungsmaschinen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen in einer Strömungsmaschine, wobei die Schaufelschwingungen durch eine Anordnung aus Magneten (5) und mehreren Induktionsplatten (3) besteht und die nicht erwünschte Schwingung der

Schaufel (1) durch die Entstehung von Wirbelströmen gedämpft wird, wobei die Induktionsplatten (3) parallel zur Rotationsachse (23) gerichtet sind und das durch die Magnete (5) hervorgerufene Magnetfeld (B) in Umfangsrichtung homogen ausgebildet ist.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Dampfturbine, umfassend eine um eine Rotationsachse drehbar angeordnete und entlang einer Schaufelachse gerichtete Turbinenschaufel, ein um die Turbinenschaufel angeordnetes Gehäuse, eine in der Turbinenschaufelspitze angeordnete Induktionsplatte und einen im Gehäuse angeordneten Magneten.

[0002] Unter der Sammelbezeichnung Strömungsmaschinen werden Wasserturbinen, Dampf- und Gasturbinen, Windräder, Kreiselpumpen und Kreiselpverdichter sowie Propeller zusammengefasst. Allen diesen Maschinen ist gemeinsam, dass sie dem Zweck dienen, einem Fluid Energie zu entziehen, um damit eine andere Maschine anzutreiben oder umgekehrt einem Fluid Energie zuzuführen, um dessen Druck zu erhöhen.

[0003] In einer Strömungsmaschine erfolgt die Energieumsetzung indirekt und nimmt den Weg über die kinetische Energie des Strömungsmediums. In einer Turbine beispielsweise strömt das Strömungsmedium durch feststehende Leitschaufeln, wobei sich die Geschwindigkeit und damit die kinetische Energie des Strömungsmediums auf Kosten seines Drucks erhöht. Durch die Form der Leitschaufeln entsteht eine Geschwindigkeitskomponente in der Umfangsrichtung des Laufrades. Das Fluid bzw. Strömungsmedium gibt seine kinetische Energie an den Rotor ab, indem der Betrag der Geschwindigkeit und die Richtung beim Durchströmen der von den Laufschaufeln gebildeten Kanälen verändert wird. Das Laufrad wird durch die dabei entstehenden Kräfte angetrieben.

[0004] Die rotierenden Schaufeln in einer Strömungsmaschine sind für möglichst große Betriebsbedingungen resonanzfrei ausgelegt. Wenn sich die Betriebsbedingungen ändern, z.B. durch Volumenstromänderungen, können die Schaufeln zu Schwingungen angeregt werden, was zu einem Versagen der Schaufeln führen könnte, wenn Schwingungsresonanzen zu hohen mechanischen Beanspruchungen führen. Es sind verschiedene Einrichtungen entwickelt worden, um diese Schwingungen zu dämpfen. Beispielsweise ist es bekannt, Schaufeln einander zu koppeln, um dadurch Schwingungen zu dämpfen.

[0005] In der DE 199 37 146 A1 wird eine Strömungsmaschine vorgestellt, bei der Permanentmagnete in die Schaufelspitze eingearbeitet sind, um benachbarte Turbinenschaufeln durch magnetische Kräfte zu koppeln.

[0006] Die EP 0 727 564 B1 offenbart eine Strömungsmaschine mit Turbinenschaufeln und einem um die Turbinenschaufel angeordneten Gehäuse, wobei im Gehäuse aus Ringen bestehende Magnete auf den Umfang der Innenfläche des Gehäuses angeordnet sind. Die Turbinenschaufeln weisen auf den Spitzen ein leitfähiges Material auf, wodurch bei einer Bewegung dieser Turbinenschaufeln an den Magneten Schwingungen reduziert werden können.

[0007] In der EP 1 596 037 wird ebenfalls eine Turbinenschaufelanordnung offenbart, mit der Schwingungen reduziert werden sollen.

[0008] Die Schwingungen der Schaufeln sind unerwünscht, da sie zu Materialermüdung der Schaufel und der Rotorklaue führen können. Jeder Promillepunkt an verbessertem logarithmischem Dämpfungsdekrement ist erstrebenswert. Deckplattenschaufeln haben beispielsweise eine Gesamtdämpfung von 0,5% log dec. Eine Verdopplung dieser Größe führt rund zu einer Halbierung der Resonanzamplituden, was bedeuten kann, dass eine Mode weniger abzustimmen ist. Auch lässt sich dadurch der zulässige Drehzahlbereich aufweiten.

[0009] Die zur Verfügung stehenden Maßnahmen zur Dämpfung der Schwingungen haben den Nachteil, dass sie vergleichsweise viel Bauraum benötigen. Dieser Bauraum steht allerdings in der Regel nicht zur Verfügung. Ein weiterer einschränkender Faktor sind die hohen Fliehkräfte, die in Strömungsmaschinen vorkommen.

[0010] Die Schwingungsdämpfungsmethoden, die durch magnetische Kräfte hervorgerufen werden, wie z. B. in der EP 0 727 564 B1, DE 199 37 146 A1 und der EP 1 596 037 A2 haben den Nachteil, dass die durch Wirbelströme erzeugten Kräfte nicht zwischen einer Bewegung der Turbinenschaufelspitze in der Hauptbewegung und einer störenden Schwingungsbewegung unterscheiden. Mit anderen Worten, eine Bewegung der Schaufel in Rotationsrichtung, d.h. in Umfangsrichtung wird durch die magnetischen Kräfte, die zu Wirbelströmen führen, beeinflusst, was unerwünscht ist. Eine nicht in der Umfangsrichtung ausgeführte Schwingungsbewegung, beispielsweise in axialer Richtung, soll durch magnetische Kräfte, die zu Wirbelströmen führen, gedämpft werden.

[0011] Wünschenswert wäre es eine Vorrichtung zu haben, die Schwingungen einer Schaufel dämpft, wobei die Vorrichtung keinen Einfluss auf die Bewegung der Schaufel in der Hauptrichtung, d.h. in der Umfangsrichtung hat.

[0012] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Strömungsmaschine anzugeben, die eine wirksame Dämpfung von Schaufelschwingungen ermöglicht.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampfturbine, umfassend eine um eine Rotationsachse drehbar angeordnete und entlang einer Schaufelachse gerichtete Turbinenschaufel, ein um die Turbinenschaufel angeordnetes Gehäuse, eine in der Turbinenschaufelspitze angeordnete Induktionsplatte und einen im Gehäuse angeordneten Magneten, wobei die Induktionsplatte in einer Ebene ausgerichtet ist, die durch die Rotationsachse und einer radialen Richtung gebildet ist.

[0014] Ein wesentliches Merkmal der Erfindung ist es, dass sogenannte Induktionsplatten in der Schaufelspitze angeordnet sind. Solche Induktionsplatten sind aus einem geeigneten Material. Wobei dieses Material elektrisch leitfähig und daher geeignet ist, um Wirbelströme

entstehen zu lassen. Diese Induktionsplatten werden entlang einer Ebene ausgerichtet, die durch die Rotationsachse und einer radialen Richtung gebildet ist. Diese Ebene ist selbstverständlich nicht stationär, d.h. diese Ebene rotiert um die Rotationsachse. Die Induktionsplatte ist dämpfungsoptimal, d. h. parallel zur Rotationsachse und parallel zur radialen Richtung ausgerichtet. Da die radiale Richtung im Betrieb zeitlich verändert wird, d.h. mit der Rotationsfrequenz um die Rotationsachse dreht, ist die Induktionsplatte immer senkrecht zum gegenüberliegenden Gehäuse ausgerichtet. Ein im Gehäuse angeordneter Magnet ist derart ausgerichtet, dass das Magnetfeld in Richtung der Induktionsplatten wirkt. Eine Bewegung der Induktionsplatte durch dieses Magnetfeld ruft Wirbelströme in der Induktionsplatte hervor, die zu einer Entwicklung von einem Gegenmagnetfeld führt, was gemäß der Lenzsch'en Regel entgegengesetzt dem äußeren Magnetfeld ausgebildet ist, was zu einer Gegenkraft führt, die schließlich zu einer Dämpfung führt.

[0015] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0016] So ist es vorteilhaft, dass der magnetische Nordpol und der magnetische Südpol des Magneten auf einer Kreisbahn liegt, wobei die Kreisbahn rotationssymmetrisch um die Rotationsachse gerichtet ist. Da Strömungsmaschinen in der Regel einen hohen Grad an Symmetrie aufweisen, ist es erforderlich, dass das anliegende Magnetfeld sich quasi an der vorhandenen Symmetrie orientiert. Ein nicht entlang der Kreisbahn orientiertes Magnetfeld würde zu unerwünschten Nebeneffekten führen. Beispielsweise könnte eine erwünschte Schaufelbewegung abgebremst werden.

[0017] Das magnetische Feld kann durch einen Permanentmagneten oder elektrisch erzeugt werden. Das elektrisch erzeugte Magnetfeld kann vorteilhafterweise durch eine axialsymmetrische Spule mit einem Feld erreicht werden, das orthogonal zu den Platten angeordnet ist.

[0018] Vorteilhafterweise verläuft die Kreisbahn entlang einer innen liegenden Umfangsfläche des Gehäuses. Durch diese Maßnahme wird das Magnetfeld weiter homogenisiert bzw. symmetrisch ausgebildet. Dieses symmetrisch ausgebildete Magnetfeld führt zu einer gezielten Dämpfung von unerwünschten Schaufelschwingungen.

[0019] Der Magnet ist hierbei vorteilhafterweise hufeisenförmig bzw. U-förmig ausgebildet. Das magnetische Feld eines Magneten ist stark von seiner geometrischen Form abhängig. So ist das Magnetfeld eines Stabmagneten anders als das Magnetfeld eines hufeisenförmigen Magneten. Das Magnetfeld eines Stabmagneten ist im Vergleich zum hufeisenförmigen bzw. U-förmigen Magnet inhomogener. Eine Anordnung des hufeisenförmigen bzw. U-förmigen Magneten am Gehäuse, wobei die Schenkel der Gehäuse auf einer Kreisbahn angeordnet sind, führt zu einem relativ homogenen Feld, durch das die Induktionsplatte bewegt wird.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung

werden mehrere Magnete verwendet, wobei die Magnete in Umfangsrichtung gesehen zu einer ersten Magnetenkreisreihe hintereinander angeordnet sind. Ein Wirbelstrom entsteht nur dann, wenn die Bewegung der Induktionsplatte senkrecht zu einem äußeren magnetischen Feld ist. Eine Bewegung der Induktionsplatte parallel zu einem äußeren Magnetfeld führt nicht zu Wirbelströmen und somit nicht zu einer Dämpfung der Schaufelschwingung. Ein einzelner Magnet hat naturgemäß ein mehr oder minder großes Streufeld, das neben parallelen auch senkrechte Komponenten zur Bewegungsrichtung der Induktionsplatte aufweist. Das bedeutet, dass die durch dieses einzelne Magnetfeld eines einzelnen Magneten bewogene Induktionsplatte einen parallelen Anteil des Magnetfeldes temporär durchfliegt. Werden wie in dieser vorteilhaften Weiterbildung vorgeschlagen, mehrere Magnete hintereinander in der Umfangsrichtung angeordnet, so werden die einzelnen, durch die einzelnen Magnete hervorgerufenen, Magnetfelder zu einem gemeinsamen in der Umfangsrichtung ausgebildeten Magnetfeld geordnet. Dieses gemeinsame Magnetfeld führt zu einem nahezu homogenen Feld in der Umfangsrichtung, wobei die Magnetfeldlinien nahezu kreisförmig am Umfang entlang ausgerichtet sind. Eine Bewegung der Induktionsplatte in Umfangsrichtung ist somit parallel zum Magnetfeld ausgerichtet, wodurch keine Wirbelströme erzeugt werden. Eine Bewegung der Induktionsplatte in dieser Richtung führt somit nicht zu störenden Kräften, die durch das Magnetfeld hervorgerufen werden. Es werden nunmehr lediglich diejenigen Bewegungen gebremst, die eine Komponente aufweisen, die quer zu den Magnetfeldlinien gerichtet sind. Solche Bewegungen sind beispielsweise Schwingungen in axialer Richtung. Da diese Schwingungsform eine Komponente aufweist, die senkrecht zu dem Magnetfeld ist, wird diese Schwingung durch das äußere Magnetfeld abgebremst.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist eine Anzahl von n Magneten in der Umfangsrichtung vorgesehen, wobei n eine ganze positive Zahl darstellt, wobei die Magnete in einem regelmäßigen Abstand von

$\frac{u}{n}$

hintereinander angeordnet sind, wobei u den Um-

fang der innen liegenden Umfangsfläche darstellt. Dies führt dazu, dass die Anzahl der Magnete an den Umfang angepasst wird. Es ist von Vorteil, wenn die Magnete in äquidistanten Abständen zueinander auf dem Umfang angeordnet werden. Dadurch erhöht sich die Homogenität bzw. Symmetrie des Magnetfeldes. Eine nicht-äquidistante Anordnung der Magnete würde zu Inhomogenitäten im Magnetfeld führen, was zu störenden Wirbelströmen in den Induktionsplatten führt, die bei der Bewegung der Induktionsplatten in der Hauptrichtung auftreten.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist eine zweite Magnetenkreisreihe umfassend mehrere in Umfangsrichtung angeordnete Magnete vorgesehen, wobei die zweite Magnetenkreisreihe in axialer Richtung

vor der ersten Magnetenkreisreihe angeordnet ist. Vorteilhafterweise sind in der zweiten Magnetenkreisreihe n Magnete vorgesehen, wobei die Magnete in einem re-

gelmäßigen Abstand von $\frac{u}{n}$ hintereinander angeord-

net sind. Dies ist eine weitere Maßnahme, um das Magnetfeld im Innengehäuse quasi entlang der Schaufel- spitze zu homogenisieren. Dadurch werden Bewegun- gen in der Hauptrichtung nicht beeinflusst, wohingegen Bewegungen, die durch störende Schwingungen hervor- gerufen werden, gedämpft werden.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Magnete der zweiten Magnetenkreisreihe zu den Magneten der ersten Magnetenkreisreihe zueinander versetzt angeordnet. Dies führt zu einer Homogenisie- rung des Magnetfeldes entlang der Umfangsrichtung im Gehäuse der Strömungsmaschine. Eine Bewegung der Induktionsplatte in der Hauptrichtung wird dadurch nicht beeinflusst, wohingegen Bewegungen der Induktions- platte quer zur Hauptrichtung gedämpft werden.

[0024] Die Erfindung weist unter anderem den Vorteil auf, dass keine reibenden Teile benötigt werden, um Schwingungen zu dämpfen. Bei den bekannten Metho- den wird meistens eine Verbindung aufgebaut zwischen den einzelnen Schaufeln, was zwangsläufig zu einer Rei- bung bei den Verbindungsstücken führt, die zu einem Verschleiß führen.

[0025] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass sie bei Titanschaufeln anwendbar ist. Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Einrichtung sehr effektiv, wobei hohe Dämpfungswerte erreicht werden können.

[0026] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungs- beispiels näher erläutert. Dabei haben Komponenten mit gleichen Bezugszeichen die gleiche Wirkung.

[0027] Es zeigen:

- Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer Schaufel- spitze mit Anordnung eines Magneten,
- Figur 2 eine vergrößerte Darstellung einer Indukti- onsplatte mit Magnetfeld,
- Figur 3 eine perspektivische Ansicht eines Deck- bandes mit einer Induktionsplatte,
- Figur 4 eine Seitenansicht der Deckplatte aus Figur 3 mit mehreren Induktionsplatten,
- Figur 5 eine Draufsicht von oben auf die Deckplatte mit Induktionsplatten,
- Figur 6 eine Seitenansicht von mehreren Schaufeln,
- Figur 7 eine schematische Ansicht der Anordnung der Mag- nete,
- Figur 8 eine schematische Darstellung eines Ma-

gneten,

Figur 9 Darstellung des Magnetfeldes eines Magne- ten,

Figur 10 Darstellung eines versetzt angeordneten Magnetfel- des durch einen Magneten,

Figur 11 Darstellung des Magnetfeldes durch mehre- re erzeugte und zueinander versetzt ange- ordnete und in Umfangs- richtung verteilte Magnete.

[0028] Die Figur 1 zeigt eine Schaufel 1. Diese Schau- fel 1 kann eine Turbinenschaufel oder eine Verdichter- schaufel sein. Die Schaufel 1 wird auf einem nicht dar- gestellten Rotor angeordnet. Die Anordnung aus Rotor und Schaufel 1 ist um eine in Figur 1 nicht dargestellte Rotationsachse 23 drehbar gelagert. Im Betrieb wird eine Drehung um diese Rotationsachse 23 mit einer Drehfre- quenz ω ausgeführt. Die Hauptbewegung der Schaufel 1 verläuft entlang des Rotorumlaufes. Eine diese die Hauptbewegungen überlagerte und ungewollte Bewe- gung ist die Schwingung der Schaufel 1. Diese störenden Schwingungen können mit Hilfe von Wirbelströmen ge- dämpft werden. Die Anordnung der Induktionsplatten 3 und des Magnetfeldes führen dazu, dass keine die Hauptbewegung bremsenden Kraftkomponenten ent- stehen, da diese den Motor bremsen.

[0029] Die Schaufel 1 weist ein Deckband 2 auf, in dem Induktionsplatten 3 angeordnet sind. Das Deckband 2 ist an einem Schaufelblatt 4 angeordnet. Der Rotor mit den Schaufeln 1 wird in einer Strömungsmaschine, die nicht dargestellt ist, drehbar gelagert. Um den Rotor und den Schaufeln 1 ist ein Gehäuse angeordnet. Das Ge- häuse weist einen Magneten 5 auf. In der Figur 1 ist der Übersichtlichkeit wegen lediglich der magnetische Nord- pol N und der magnetische Südpol S bildlich dargestellt. Die Schaufel 1 führt eine störende Schwingung in axialer Richtung 6 aus. Die Induktionsplatte 3 ist hierbei in einer Ebene ausgerichtet, die durch die Rotationsachse 23 und einer radialen Richtung gebildet ist. Diese radiale Rich- tung ist in der Figur 1 durch eine Schaufelachse 7 dar- stellbar. Im Betrieb rotiert diese Schaufelachse 7 mit der Drehfrequenz ω um die Rotationsachse 23.

[0030] Die Figur 2 zeigt eine einzelne Induktionsplatte 3 und deren Anordnung zum Magnetfeld B des Magneten 5. Der Übersichtlichkeit wegen ist lediglich der magneti- sche Nordpol N und der magnetische Südpol S des Ma- gneten 5 in der Figur 2 dargestellt.

[0031] Die Induktionsplatte 3 führt eine gewollte Be- wegung V_{rot} in Umfangsrichtung 17 und eine störende Bewegung V_{vib} in axialer Richtung 6 aus. Durch die Be- wegung der Induktionsplatte 3 in axialer Richtung 6 wirkt eine Lorenz-Kraft proportional mit der Geschwindigkeit, da das Magnetfeld B senkrecht zu der Induktionsplatte 3 steht. Diese Lorenz-Kraft führt zu einem Wirbelstrom, der der Bewegung der Induktionsplatte 3 entgegen wirkt,

wodurch die Schwingung der Induktionsplatte 3 gebremst wird.

[0032] Die Hauptbewegung führt jedoch nicht auf wesentliche Wirbelströme, da die Induktionsplatte 3 in der Bewegungsrichtung bewegbar ist und damit dem Stromfluss keinen Widerstand entgegensetzt. Dadurch stellt sich keine wesentliche Lorentzkraft ein, die die Hauptbewegung bremsen könnte.

[0033] In der Figur 3 ist eine Ansicht des Deckbandes 2 mit einer einzelnen Induktionsplatte 3 dargestellt. Das Deckband 2 weist Ausnehmungen auf, die dazu ausgebildet sind, um benachbarte Deckbänder 2 sozusagen zu koppeln. Die Induktionsplatten 3 sind hierbei aus einem elektrisch leitfähigen Material ausgebildet und in das Deckband 2 eingearbeitet. Das Deckband 2 und eine obere Kante 8 der Induktionsplatte 3 ist mit einer Oberfläche 9 des Deckbandes planar, was in der Figur 4, die eine Seitenansicht in Richtung A aus Figur 3 darstellt, zu sehen ist.

[0034] Die Induktionsplatten 3 sind vorteilhafterweise voneinander elektrisch isoliert.

[0035] In der Figur 4 sind mehrere Induktionsplatten 3 dargestellt. Eine Erhöhung der Anzahl der Induktionsplatten 3 führt zu einer Vergrößerung des Effekts der Wirbelstromentstehung.

[0036] Die Figur 5 zeigt eine Draufsicht auf das Deckband 2 in Richtung der Schaufelachse 7 gesehen. Die Schaufelachse 7 steht somit senkrecht zur Zeichenebene. Die Pfeile 10, 11, 12 stellen mögliche unerwünschte Schwingungsrichtungen 10, 11, 12 dar. All diese Schwingungsrichtungen 10, 11, 12 weisen eine Komponente auf, die in axialer Richtung 6 zeigt. Die in dieser axialen Richtung 6 auftretenden Schwingungen werden durch Wirbelstromeffekte gebremst.

[0037] Es lassen sich Optimierungen bezüglich der Orientierung der Induktionsplatten 3 vornehmen, dergestalt, dass bestimmte Moden vorrangig gedämpft werden. Auch sind Kombinationen von Anordnungen auf eine oder verschiedene Schaufeln 1 im Verbund denkbar.

[0038] Der Magnet 5 ist, wie in Figur 8 dargestellt, hufeisenförmig bzw. U-förmig ausgebildet. Der Magnet 5 weist dazu eine lange Kante 13 und zwei kurze Kanten 14 und 15 auf. Die kurze Kante 14 ist um ca. einen Winkel α von 120° gegenüber der langen Kante 13 gebogen. Ebenso ist die kurze Kante 15 um den Winkel α von ungefähr 120° gegenüber der langen Kante 13 gebogen. Der Winkel α kann in alternativen Ausführungsformen des Magneten 5 einen Wertebereich zwischen 90° und 160° aufweisen. Die kurze Kante 14 ist als magnetischer Nordpol und die kurze Kante 15 als magnetischer Südpol ausgebildet. Zwischen dem magnetischen Nordpol N und dem magnetischen Südpol S ist ein magnetisches Feld B ausgebildet, das aus physikalischen Gründen auf der kürzesten Strecke zwischen dem magnetischen Nordpol und dem magnetischen Südpol S eine homogene Verteilung hat. In einer radialen Richtung 16 wird das Magnetfeld B inhomogener. Die Inhomogenität des Magnetfeldes B in radialer Richtung und somit auch in einer

Umfangsrichtung 17 wird dadurch behoben, dass mehrere Magnete 5 in der Umfangsrichtung 17 am Gehäuse angeordnet werden. Das Magnetfeld B wird dadurch in Umfangsrichtung 17 homogener.

[0039] In der Figur 9 ist das Magnetfeld B eines nicht dargestellten Magneten 5 dargestellt. Die Figur 9 zeigt in axialer Richtung 6 gesehen das Magnetfeld B im Bereich des Deckbandes 2. Es ist deutlich zu sehen, dass die Feldlinie vom magnetischen Nordpol zum magnetischen Südpol eine kreisbahnähnliche Form annimmt. Die Deckbänder 2 bewegen sich in Umfangsrichtung 17 durch dieses Magnetfeld B. In der in Figur 9 gewählten Schwarzweißdarstellung des Magnetfeldes wird mit Weiß ein starkes Magnetfeld und mit Schwarz bzw. Dunkel ein schwaches Magnetfeld symbolisiert.

[0040] In der Figur 10 ist das Magnetfeld B eines in der Umfangsrichtung 17 versetzten Magneten 5 dargestellt. Zu der Darstellung des Magnetfeldes B in der Figur 10 gilt das Gleiche wie zur Figur 9. Auch hier sind die Magnetfeldlinien kreisähnlich ausgebildet.

[0041] In der Figur 11 ist schließlich ein Magnetfeld B zu sehen, das durch eine Überlagerung mehrerer Magnetfelder der einzelnen Magnete 5 zu sehen ist. Es ist deutlich zu erkennen, dass insbesondere in einer bestimmten Höhe, die bei -1 beispielsweise gekennzeichnet ist, das Magnetfeld in der Umfangsrichtung 17, die durch die X-Achse dargestellt ist, zweifelsfrei homogen ist. Eine in dieser X-Richtung bewegte Induktionsplatte erfährt demnach keine störende magnetische Ablenkraft in Form der Lorentz-Kraft, weil die Magnetfelder und die Bewegungsrichtung parallel zueinander sind.

[0042] Die Y-Achse in den Figuren 9, 10 und 11 geben eine räumliche Anordnung wieder. Beispielsweise könnte die obere Kante der Figur 9, 10 und 11 das Gehäuse symbolisieren. Die Y-Achse weist in Richtung der Schaufelachse 7, die in die radiale Richtung 16 zeigt.

[0043] Die Magnete 5 sind als Permanentmagnete oder als elektrisch gesteuerte Magnete ausgebildet.

[0044] Die Magnete 5 werden in Umfangsrichtung 17 gesehen hintereinander angeordnet, was zu einer ersten Magnetenkreisreihe 18 führt. Es wird hierbei eine Anzahl von n Magneten 5 in der Umfangsrichtung 17 vorgesehen, wobei eine n eine positive ganze Zahl darstellt. Die Magnete 5 werden in einem regelmäßigen Abstand von

$\frac{u}{n}$ hintereinander angeordnet, wobei u den Umfang

der innen liegenden Umfangsfläche darstellt. In der axialen Richtung 6 gesehen hinter der ersten Magnetenkreisreihe 18 wird eine zweite aus mehreren Magneten 5 umfassende zweite Magnetenkreisreihe 19 angeordnet. Die zweite Magnetenkreisreihe 19 umfasst mehrere in Umfangsrichtung 17 angeordnete Magnete 5 hintereinander. Die zweite Magnetenkreisreihe 19 weist in einem

regelmäßigen Abstand von $\frac{u}{n}$ hintereinander angeordnete Magnete 5 auf. Des Weiteren kann eine weitere

dritte Magnetenkreisreihe 20 in axialer Richtung 6 hinter der zweiten Magnetenkreisreihe 19 angeordnet werden. Auch diese dritte Magnetenkreisreihe 20 umfasst mehrere Magnete 5, die in einem regelmäßigen Abstand von

$\frac{u}{n}$ hintereinander angeordnet sind.

[0045] Damit das Magnetfeld möglichst homogen ausgebildet wird, wird die zweite Magnetenkreisreihe 19 gegen die erste Magnetenkreisreihe 18 versetzt angeordnet. Die dritte Magnetenkreisreihe 20 wird wiederum gegen die zweite Magnetenkreisreihe 19 versetzt. Die Versetzung der dritten Magnetenkreisreihe 20 gegenüber der zweiten Magnetenkreisreihe 19 und die Versetzung der zweiten Magnetenkreisreihe 19 gegenüber der ersten Magnetenkreisreihe 18 sollte äquidistant sein. Die Versetzung 21 kann eine gesamte lange Kante 13 sein. Die Versetzung 21 kann eine halbe lange Kante 13 sein. Ebenso kann in einer alternativen Ausführungsform die Versetzung ein Viertel der langen Kante 13 sein. Zwischen den einzelnen Magneten 5 ist ein Abstand 22. Der Abstand 22 ergibt sich zwangsläufig aus der Größe des Magneten 5, insbesondere der langen Kante 13 und der Anzahl n an Magneten und dem Umfang u, da die Magnete 5 in äquidistanten Abständen 22 zueinander zu einer Magnetenkreisreihe 18, 19, 20 angeordnet werden.

[0046] In der Figur 6 ist eine Sicht in axialer Richtung 6 auf die Schaufel 1 und die Magneten 5 zu sehen. Die axiale Richtung 6 ist senkrecht zur Zeichenebene. Die Schaufeln 1 rotieren um die Rotationsachse 23. Die Anordnung der Magnete 5 entspricht der Anordnung gemäß Figur 7. Die Anordnung der Magnete in Figur 6 ist lediglich symbolhaft dargestellt. Die Magnete 5 sind um die gesamte Innenfläche des Gehäuses angeordnet. Selbstverständlich sind die magnetischen Nordpole N und die magnetischen Südpole S der einzelnen Magnete 5 auf einer Kreisbahn 24, wobei die Kreisbahn 24 rotationssymmetrisch um die Rotationsachse 23 gerichtet ist. Die Kreisbahn 24 verläuft entlang einer innen liegenden Umfangsfläche des Gehäuses.

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine, insbesondere Dampfturbine, umfassend eine um eine Rotationsachse (23) drehbar angeordnete und entlang einer Schaufelachse (7) gerichtete Schaufel (1), ein um die Schaufel (1) angeordnetes Gehäuse, eine in der Schaufelspitze angeordnete Induktionsplatte (3) und einen im Gehäuse angeordneten Magneten (5),
dadurch gekennzeichnet, dass die Induktionsplatte (3) in einer Ebene ausgerichtet ist, die durch die Rotationsachse (23) und einer radialen Richtung (16) gebildet ist.

2. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, wobei der magnetische Nordpol (N) und der magnetische Südpol (S) des Magneten (5) auf einer Kreisbahn (24) liegen, wobei die Kreisbahn (24) rotationssymmetrisch um die Rotationsachse (23) gerichtet ist.
3. Strömungsmaschine nach Anspruch 2, wobei die Kreisbahn (24) entlang einer innen liegenden Umfangsfläche des Gehäuses verläuft.
4. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Induktionsplatte (3) aus einem elektrisch leitfähigen Material ausgebildet ist.
5. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Magnet (5) hufeisenförmig ausgebildet ist.
6. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Magnet (5) U-förmig ausgebildet ist.
7. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere, in Umfangsrichtung (17) gesehen, Magnete (5) hintereinander zu einer ersten Magnetenkreisreihe (18) angeordnet sind.
8. Strömungsmaschine nach Anspruch 7, wobei eine Anzahl von n Magneten (5) in der Umfangsrichtung (17) vorgesehen sind, wobei n eine positive ganze Zahl darstellt, und die Magnete (5) in einem regelmäßigen Abstand von $\frac{u}{n}$ hintereinander angeordnet sind, wobei u den Umfang der innen liegenden Umfangsfläche darstellt.
9. Strömungsmaschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei eine zweite Magnetenkreisreihe (19), umfassend mehrere in Umfangsrichtung (17) angeordnete Magnete (5) angeordnet sind, wobei die zweite Magnetenkreisreihe (19) in axialer Richtung von der ersten Magnetenkreisreihe (18) angeordnet ist.
10. Strömungsmaschine nach Anspruch 9, wobei n Magnete in der zweiten Magnetenkreisreihe (19) vorgesehen sind und die Magneten (5) in einem regelmäßigen Abstand von $\frac{u}{n}$ hintereinander angeordnet sind.
11. Strömungsmaschine nach Anspruch 10, wobei die Magnete (5) der zweiten Magnetenkreis-

reihe (19) versetzt zu den Magneten (5) der ersten
Magnetenkreisreihe (18) angeordnet sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

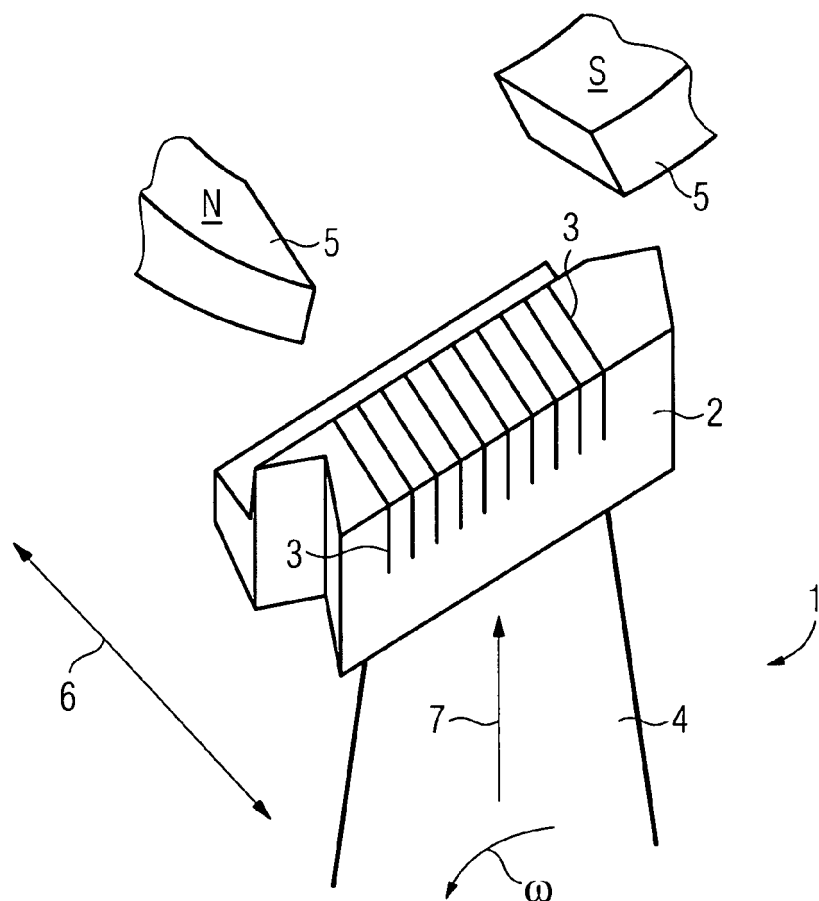


FIG 2

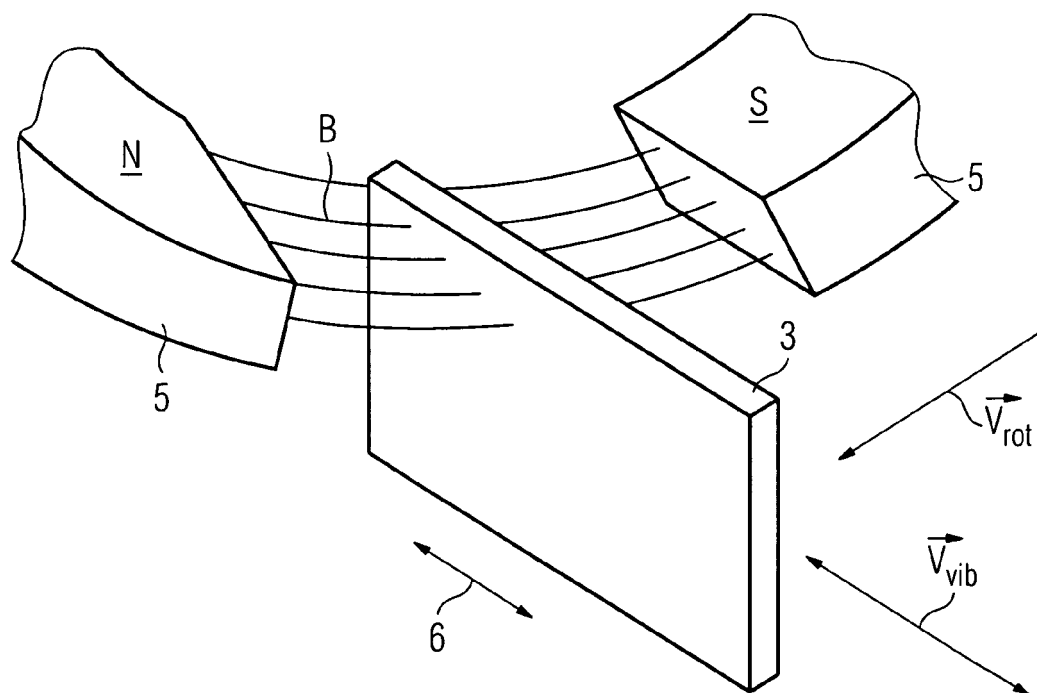


FIG 3

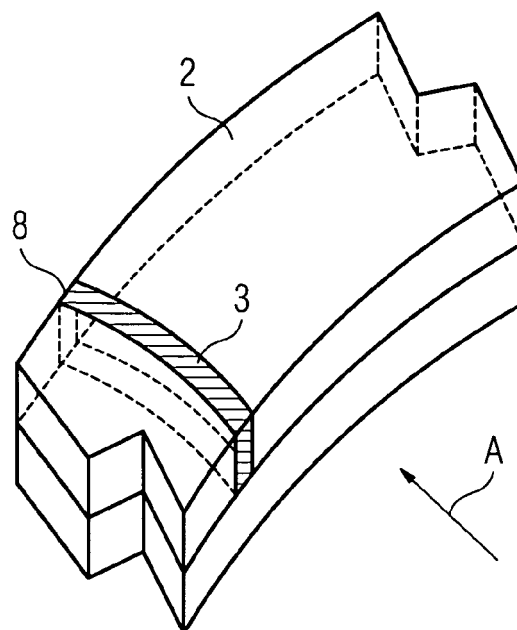


FIG 4

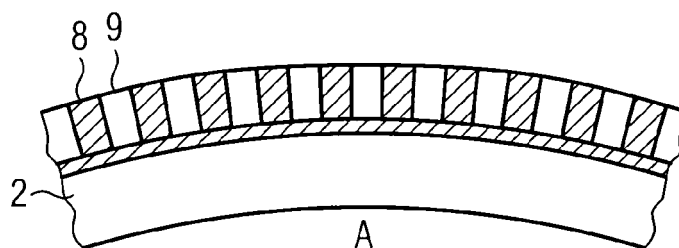


FIG 5

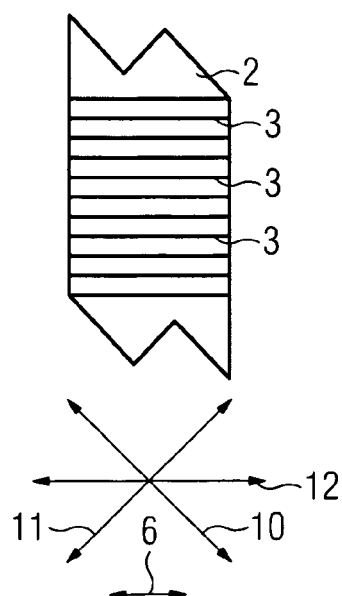


FIG 6

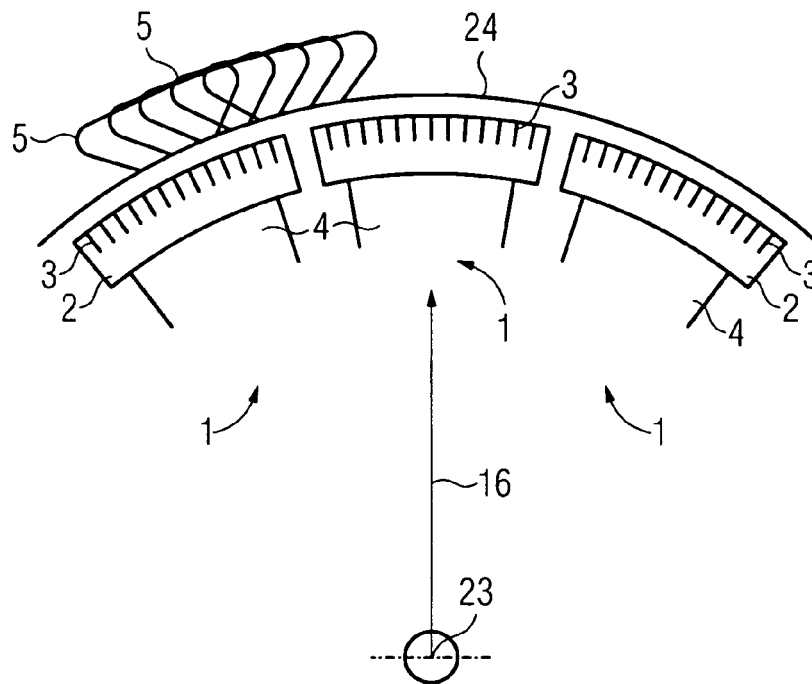


FIG 7

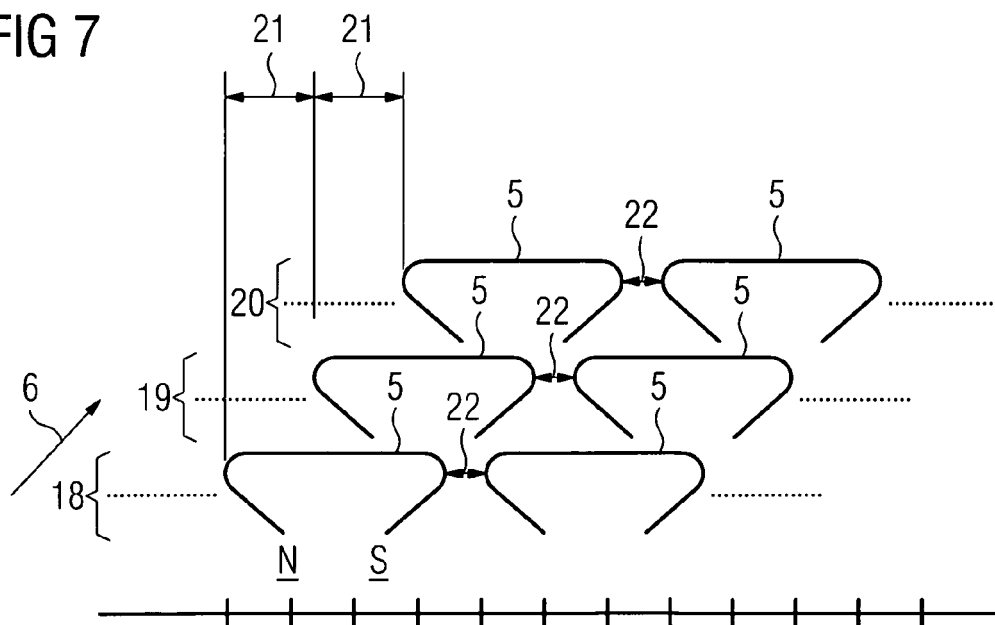


FIG 8

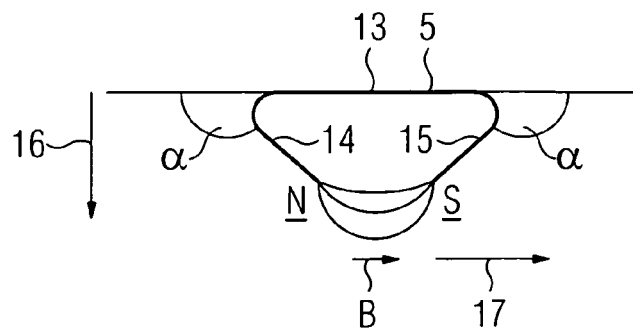


FIG 9

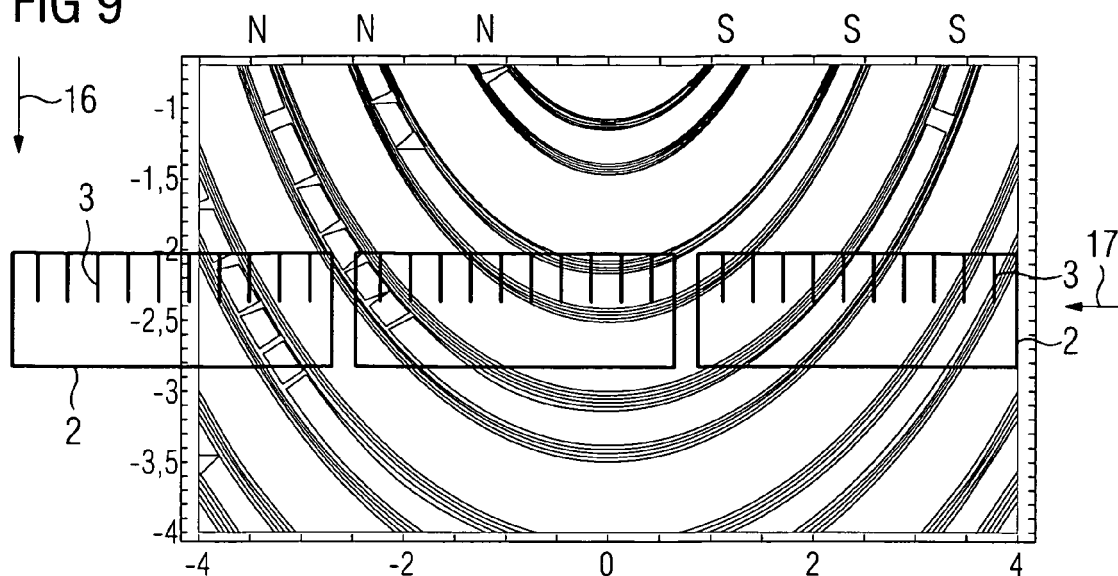


FIG 10

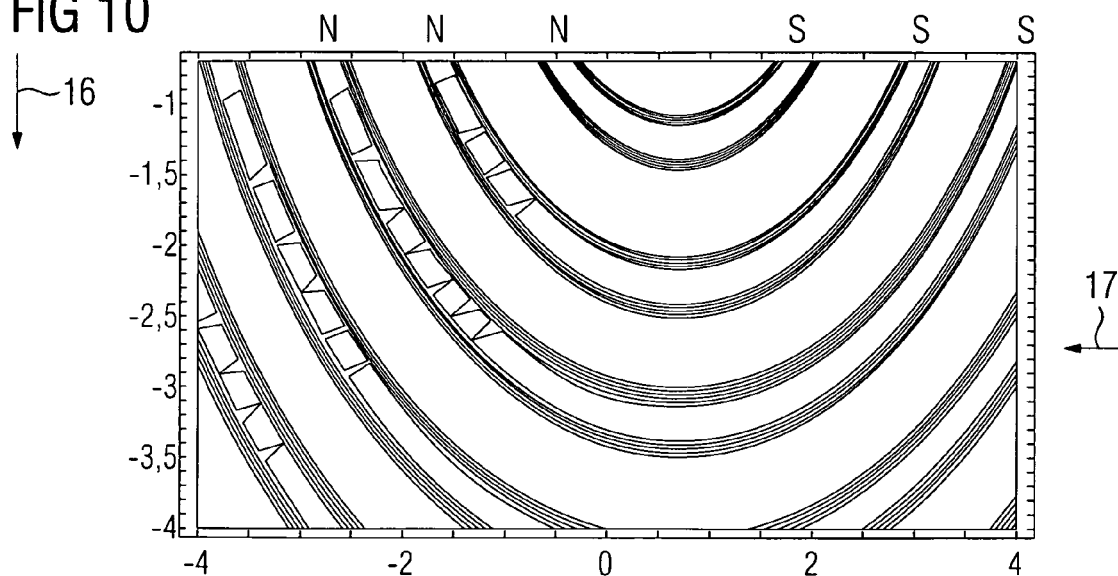
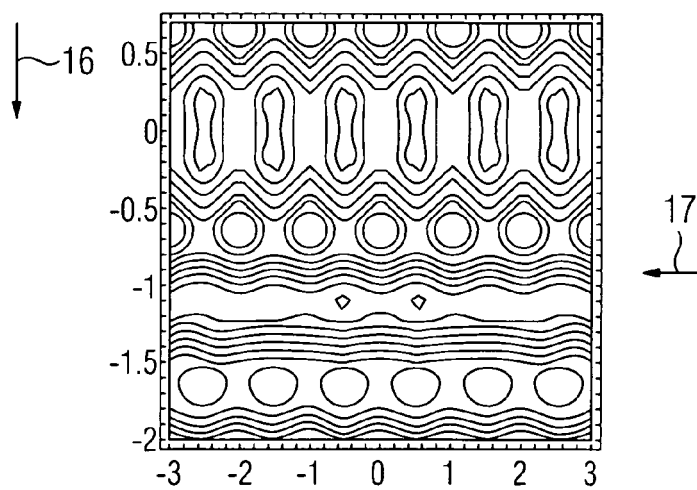


FIG 11





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 02 4982

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 426 057 C (KUEHNLE AG; KOPP & KAUSCH) 1. März 1926 (1926-03-01) * das ganze Dokument *	1-11	INV. F01D5/04 F01D5/10 F01D5/26 F01D25/04 F01D25/06
X	GB 2 409 936 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 13. Juli 2005 (2005-07-13) * Seiten 1,6,7; Ansprüche 1,6,9,11; Abbildungen 1-6 *	1-11	
X	GB 2 438 185 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 21. November 2007 (2007-11-21) * Seiten 3,4,5,7,, Spalte 8; Abbildungen 1,3,5,6 *	1-11	
X	EP 0 928 738 A (ELECTRIC BOAT CORP [US]) 14. Juli 1999 (1999-07-14) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1-11	
A	US 5 490 759 A (HOFFMAN JAY [US]) 13. Februar 1996 (1996-02-13) * Spalten 5,6; Abbildungen 5-7 *	1-11	
A	US 5 365 663 A (DEMARTINI JOHN F [US]) 22. November 1994 (1994-11-22) * das ganze Dokument *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. November 2008	Prüfer Chatziapostolou, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 02 4982

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-11-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 426057 C	01-03-1926	KEINE	
GB 2409936 A	13-07-2005	GB 2372157 A US 2002122723 A1	14-08-2002 05-09-2002
GB 2438185 A	21-11-2007	US 2008075593 A1	27-03-2008
EP 0928738 A	14-07-1999	JP 11245889 A US 5967749 A	14-09-1999 19-10-1999
US 5490759 A	13-02-1996	KEINE	
US 5365663 A	22-11-1994	CA 2094981 A1 JP 2102797 C JP 6010612 A JP 8011925 B	29-10-1993 22-10-1996 18-01-1994 07-02-1996

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 19937146 A1 [0005] [0010]
- EP 0727564 B1 [0006] [0010]
- EP 1596037 A [0007]
- EP 1596037 A2 [0010]