

(19)



(11)

EP 1 558 938 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.08.2008 Patentblatt 2008/34

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 ^(2006.01) **F01D 21/00** ^(2006.01)
F01D 21/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03773525.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/003411

(22) Anmeldetag: **14.10.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/042199 (21.05.2004 Gazette 2004/21)

(54) **STRÖMUNGSMASCHINE**

TURBO ENGINE

TURBOMACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES GB IT LI

(30) Priorität: **06.11.2002 DE 10251720**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.08.2005 Patentblatt 2005/31

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **BOSSELMANN, Thomas
91080 Marloffstein (DE)**

- **EIERMANN, Franz
96179 Rattelsdorf-Ebing (DE)**
- **HEINDEL, Hans-Peter
90765 Fürth (DE)**
- **SCHNELL, Wilfried
91301 Forchheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-U- 29 504 479 US-A- 4 591 794
US-A- 5 552 711 US-B2- 6 512 379
US-H- H1 006

EP 1 558 938 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 vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer Oberfläche mindestens einer Laufschaufel und/oder mindestens einer Leitschaufel einer Strömungsmaschine. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung entsprechende Strömungsmaschinen zum Durchführen der Verfahren.

[0002] Strömungsmaschinen mit Schaufelanordnungen zur Wechselwirkung mit einer durch die Strömungsmaschine strömenden Fluidströmung sind grundsätzlich als Verdichter oder Turbinen und dergleichen bekannt. Um den Wirkungsgrad solcher Maschinen zu erhöhen, werden immer höhere physikalische Anforderungen an die verwendeten Materialien der Strömungsmaschine gestellt. Und zwar wird, um den Wirkungsgrad einer Gasturbine zu erhöhen, die Temperatur einer in die Gasturbine einströmenden Gasströmung auf mehr als 1200°C gesteigert. Um den hohen physikalischen Anforderungen, insbesondere aufgrund der Temperatur, standhalten zu können, werden die Schaufeln der Turbine mit einer Beschichtung versehen, die einer besonders hohen Beanspruchung standhält. Eine solche Beschichtung ist beispielsweise das so genannte Thermal Barrier Coating von Schaufeln einer Gasturbine, im folgenden TBC genannt, wobei ein Schaufelblatt an seiner der Gasströmung ausgesetzten Oberfläche mit einer derartigen Beschichtung versehen wird.

[0003] Diese Beschichtung der Schaufel unterliegt einer Alterung, die unter anderem von der Betriebszeit und den weiteren Betriebsbedingungen der Schaufel abhängig ist. Nach Erreichen einer vorgegebenen Betriebszeit löst sich beispielsweise die Beschichtung von der Schaufel ab, wodurch die Schaufel ungeschützt der hohen Beanspruchung durch die Gasströmung ausgesetzt ist. Ein umgehendes Auswechseln der Schaufel ist erforderlich, um eine Zerstörung dieser Schaufel und damit eine Beschädigung der Turbine zu vermeiden.

[0004] Im Stand der Technik werden daher Betriebszeiten für derartige Schaufeln vorgegeben, nach deren Erreichen die Turbine zerlegt und die Schaufeln ausgewechselt bzw. neu beschichtet werden, auch wenn die Schaufeln noch keine Beschädigungen aufweisen. Nachteilig ist hierbei, dass, um Ausfälle von Schaufeln und der Turbine zu vermeiden, die Wartungsintervalle derart kurz bzw. häufig gewählt werden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Fehler zwischen zwei Wartungsintervallen nicht auftritt. Es wäre daher wünschenswert, eine derartige Strömungsmaschine erst dann einer Wartung unterziehen zu müssen, wenn ein Austausch der Schaufel oder eine Neubeschichtung erforderlich ist, um insbesondere Kosten und Standzeiten gering zu halten.

[0005] Eine Möglichkeit, die Beschädigung einer Beschichtung einer Schaufel festzustellen, bevor die Schaufel selbst beschädigt ist, ist in US 5 512 379 offenbart. Bei der bekannten Vorrichtung übt Gas, das durch die Turbinen strömt, Druck auf die Turbinenschaufeln aus, der zu elastischen Verformungen der Schaufel führt.

Zudem wird beim Umströmen der Schaufeln Reibung zwischen Gas und Schaufeln verursacht. Dies führt zu Radiofrequenzsignalen typischerweise im GHz-Bereich, erzeugt durch einen druckinduzierten piezoelektrischen Effekt, einen dehnungsinduzierten elektrostriktiven Effekt oder einen reibungsinduzierten "tribo-charging"-Effekt. Die Radiofrequenzen werden mit einer HF-Antenne detektiert. Eine Beschädigung der Beschichtung einer Turbinenschaufel führt zu einem bezüglich der übrigen Schaufeln abweichenden Signal. Dies lässt auf eine Beschädigung der Oberflächenbeschichtung schließen.

[0006] In der US 5 552 711 ist eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung einer Beschädigung einer Turbinenschaufel angegeben, welche über eine Analyse des Frequenzspektrums von einer Antenne empfangener elektromagnetischer Strahlung erfolgt. Die elektromagnetische Strahlung ist dabei auf beschleunigte freie Ionen im durch die Strömungsmaschine strömenden Fluid zurückzuführen. Bei einer Beschädigung der Turbinenschaufel gelangen ionisierte Werkstoffatome der Turbinenschaufel in das Fluid und werden dort magnetischen sowie mechanischen Kräften ausgesetzt. Die von den Werkstoffionen abgestrahlte elektromagnetische Strahlung weist eine niedrigere Frequenz als die bei der Verbrennung in der Strömungsmaschine erzeugten Fluidionen auf. Werden bei der Analyse des Frequenzspektrums die für die Werkstoffionen charakteristischen Frequenzen nachgewiesen, kann so auf eine Beschädigung der Turbinenschaufel rückgeschlossen werden.

[0007] In der US 4 591 794 sind in einer speziellen Ausführungsform Messelemente angegeben, welche durch abgedichtete Durchführungen hindurch im Strömungskanal einer Gasturbine angeordnet werden. Die Messelemente dienen dazu, elektrostatische Phänomene innerhalb des Gasstroms der Gasturbine nachzuweisen. Hierbei werden die Messelemente mit einer konstanten Spannung beaufschlagt und somit Ionenströme gemessen. Anhand von Schwellwertüberschreitungen der gemessenen Ionenströme kann auf Beschädigungen im Strömungskanal der Gasturbine geschlossen werden.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einer einfachen weiteren Möglichkeit die Beschädigung einer Beschichtung einer Schaufel festzustellen, bevor die Schaufel selbst beschädigt ist.

[0009] Als Lösung wird mit der Erfindung vorgeschlagen, dass der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und die Strömungsmaschine mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln angeordnetes Messelement zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke aufweist, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der Laufschaufeln hervorgerufen ist.

[0010] Es wird der Effekt ausgenutzt, dass sich Ladungen bevorzugt auf Isolatoren "festsetzen", während sie auf leitenden Materialien abfließen. Genau das trifft für die TBC-Keramikschicht zu, auf der sich geladene Teilchen aus dem ionisierten Gasstrom absetzen, während sie auf unbeschichteten Metall abfließen. Die Ladungs-

menge auf der Schicht ist proportional zur TBC-Fläche, wodurch eine Bemaßung für die Integrität der Keramikschicht entsteht. Rotieren nun die Laufschaufeln an einer feststehenden Antenne vorbei, so können die Ladungsdifferenzen detektiert werden, und zwar zum einen zum Bereich ohne Schaufel (Zwischenraum) und zum anderen zwischen den einzelnen Schaufeln, was eine Aussage über Defekte der TBC-Schicht erbringt. Die Detektion des durch die Ladungen erzeugten elektrischen Feldes, dessen Frequenz sich aus der Multiplikation von Umlaufdrehzahl (z.B. 60 Hz) und Anzahl der Schaufeln (z.B. 80) ergibt (z.B. 4800 Hz), kann z.B. über eine koaxial ausgeführte Dipolantenne (kapazitive Kopplung), die in den Gasstrom hineinragt, erfolgen. Die Detektion erfolgt damit im Niederfrequenzbereich. Eine Aussage über die Integrität der Schaufeln kann im Zeitbereich anhand der Amplitudenhöhe im Frame von z.B. 80 Schwingungen (Schaufelanzahl) gemacht werden, bzw. im Frequenzbereich durch das Erscheinen von Harmonischen der Umlaufdrehzahl von z.B. 60 Hz. Bei idealen Verhältnissen wären im Zeitbereich alle Amplituden eines Frames gleich bzw. im Frequenzbereich dürften unterhalb der z.B. 4800 Hz keine Subharmonischen zu sehen sein.

[0011] Erstmals wird mit der Erfindung eine Möglichkeit geschaffen, den Zustand der Schaufeln zu überwachen, insbesondere kontinuierlich auch während des Betriebes der Strömungsmaschine, und rechtzeitig bei Erreichen einer vorgebbaren Verschleißgrenze eine Wartung und/oder Überholung der Turbine, insbesondere der Schaufeln, durchzuführen. Wie oben ausgeführt, wird der Effekt ausgenutzt, dass sich Ladungen bevorzugt auf Isolatoren ansammeln, während sie auf leitenden Materialien durch diese abgeleitet werden. Ladungen treten bei der Strömung fluider Stoffe auf, wenn entweder das Fluid selber in entsprechende Ladungsträger dissoziiert ist oder dem Fluid entsprechende Ladungsträger zugeführt worden sind. Die auf einer isolierenden Schicht akkumulierte Ladung kann proportional zu deren Fläche sein, jedoch ist sie im wesentlichen abhängig von der Fläche. Die auf den rotierenden Laufschaufeln akkumulierten Ladungsträger erzeugen ein elektrisches Feld, dessen Feldstärke mit dem Messelement detektiert werden kann. Über eine Auswertung der Signale des Messelements kann daher auf die Feldstärke geschlossen werden. Eine intakte Schaufel erzeugt im Messelement eine entsprechend ausgeprägte Amplitude des Messsignals (z.B. elektrische Spannung). Eine verschlissene Beschichtung auf einer Laufschaufel oder eine fehlerhafte Beschichtung führt zu einem Ableiten der Ladung über die elektrisch leitfähige Laufschaufel zu einem mit der Laufschaufel in elektrischer Verbindung stehenden Bezugspotential. Eine solche Schaufel kann daher ein Messsignal mit kleinerer Amplitude im Messelement erzeugen. Mit Drehung der Rotorwelle können nacheinander alle Schaufeln eines Schaufelrades am Messelement vorbeigeführt werden, so dass der Zustand der Laufschaufeln dieses Laufschaufelrades vollständig ermittelbar ist.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine drehfest angeordnete Leitschaufeln aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche aufweist, wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Leitschaufeln mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist und im Bereich der Leitschaufeln an der Rotorwelle mindestens ein Messelement zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der Leitschaufeln hervorgerufen ist, vorgesehen ist. So kann unter Ausnutzung desselben Effektes eine auf den Leitschaufeln vorgesehene isolierende Oberfläche ebenfalls überwacht werden. Diese weitere Ausgestaltung kann auch mit den vorerwähnten Maßnahmen kombiniert werden, die sich auf eine Feststellung von Beschädigungen an den beschichteten Laufschaufeln beziehen.

[0013] Es wird ferner vorgeschlagen, dass das Messelement durch eine Koaxial-Antenne gebildet ist. Die Koaxial-Antenne kann vorteilhaft sehr kompakt ausgebildet sein und demzufolge einfach in eine vorhandene Konstruktion integriert werden. Die Koaxial-Antenne weist darüber hinaus günstige Messeigenschaften auf, wobei Verzerrungen oder Messfehler aufgrund des verwendeten Messprinzips gering gehalten werden können. Eine Koaxial-Antenne kann ferner mit einfachen Mitteln derart ausgestaltet werden, dass sie den hohen physikalischen Anforderungen an der vorgesehenen Messstelle standhält. Grundsätzlich sind natürlich auch andere Messelemente einsetzbar, wie beispielsweise Elektrometer und dergleichen. Daneben können jedoch auch Messelemente vorgesehen sein, die aufgrund des durch die Bewegung der Ladung erzeugten magnetischen Feldes ein entsprechendes Signal erzeugen. So kann das Messelement auch als Messspule ausgebildet sein, mit welchem Magnetfeldänderungen ermittelbar sind, aus denen der Zustand der Beschichtung der Schaufeln bestimmbar ist.

[0014] Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das Messelement mit einer Messeinheit verbindbar ist. Mittels der Messeinheit kann vorteilhaft das durch das Messelement gelieferte Messergebnis zu einer weiteren Verarbeitung aufbereitet werden.

[0015] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Messeinheit eine Überwachungseinheit umfasst. Mittels der Überwachungseinheit kann beispielsweise das Erreichen eines vorgebbaren Schwellwertes ermittelt werden, bei dessen Erreichen eine Wartung der Strömungsmaschine vorgesehen ist.

[0016] Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Messeinheit mit einer Zentrale in Kommunikationsverbindung steht. So kann einerseits ein Messergebnis permanent an die Zentrale übermittelt werden, um beispielsweise eine folgende Wartung zu prognostizieren oder auch um in Abhängigkeit des aktuellen Verschleißzustands Maßnahmen wie Wartung initiieren oder Reserveeinheiten aktivieren zu können. Es kann jedoch auch ein Erreichen eines Schwellwertes übermittelt werden.

Die Kommunikationsverbindung kann beispielsweise über Funk, Internet oder dergleichen ausgeführt sein. In der Zentrale können die übermittelten Daten für eine spätere weitere Verarbeitung gespeichert werden.

[0017] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Überwachungseinheit eine Melde- und/oder eine Warneinrichtung aufweist. Bei Erreichen eines Schwellwerts kann so eine Warnung an das Bedienpersonal ausgegeben werden, so dass rechtzeitig geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können. Eine Meldeeinrichtung kann beispielsweise durch einen Monitor gebildet sein, auf dem die aktuellen Messwerte anzeigbar sind. Die Werte können jedoch auch grafisch auf dem Monitor dargestellt sein und sie können ferner einstellbaren Schwellwerten gegenübergestellt sein. Bei Erreichen eines Schwellwertes kann eine Warneinrichtung wie beispielsweise eine Warnleuchte, Rundumleuchte, ein Signalhorn oder dergleichen aktiviert werden. Es kann jedoch auch eine Meldung an die Zentrale erfolgen.

[0018] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine mittels der Überwachungseinheit abschaltbar ist. So kann vorteilhaft erreicht werden, dass bei Feststellung von Defekten auf den Schaufeln die Maschine abgeschaltet wird, bevor die Maschine beschädigt wird. Standzeit, Reparaturkosten und Reparaturaufwand können reduziert werden.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine eine Turbine, insbesondere eine Gasturbine, ist. Besonders vorteilhaft kann erreicht werden, dass besonders hoch beanspruchte Schaufeln von Gasturbinen hinsichtlich einer Beschädigung der Beschichtung kontinuierlich überwacht werden. Das Vorgeben von festen Wartungsintervallen kann eingespart werden. Darüber hinaus kann der Wartungszeitpunkt bedarfsgerecht in Abhängigkeit vom tatsächlichen Zustand der Schaufel gewählt werden. Standzeiten und Kosten für vorzeitige Wartung können weiter reduziert werden. Darüber hinaus kann vorteilhaft durch entsprechende Speicherung und Verarbeitung der Messdaten die Qualität der verwendeten Schaufeln überwacht werden. Bei Qualitätseinbußen, was sich in kürzeren Wartungsabständen äußert, kann ein entsprechendes Steuern des Bearbeitungsprozesses der Schaufeln veranlasst werden.

[0020] Mit der Erfindung wird ferner ein Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer elektrisch isolierenden Oberfläche auf mindestens einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle angeordneten Laufschaufel aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine vorgeschlagen, wobei mittels eines Messelements eine elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der Laufschaufeln hervorgerufen ist, gemessen und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert ermittelt wird. Vorteilhaft kann der Zustand der Oberfläche einer Schaufel überwacht werden und das Erreichen einer vorgebbaren Verschleißgrenze festgestellt werden. Es können jedoch auch mehrere Mes-

selemente vorgesehen sein, deren Messwerte parallel mit entsprechend vorgebbaren Schwellwerten verglichen werden. So kann beispielsweise eine Redundanz hinsichtlich der Messelemente vorgesehen werden, so dass eine hohe Zuverlässigkeit der Messung erreichbar ist. Dies ist insbesondere bei großen Gasturbinen vorteilhaft, die in der Energieversorgung eingesetzt werden, und bei denen Fehlmessungen zu hohen Kosten führen würden. Es kann jedoch auch der Zustand einer Leitschaufel ermittelt werden, wenn ein entsprechendes Messelement an der Rotorwelle vorgesehen wird. Das Messverfahren ist analog anwendbar.

[0021] Das analoge Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer elektrisch isolierenden Oberfläche mindestens einer in einem Gehäuse drehfest angeordneten Leitschaufel aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine sieht deshalb vor, dass mittels mindestens eines im Bereich der Leitschaufeln an der Rotorwelle angeordneten Messelements eine elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der mindestens einen Leitschaufel hervorgerufen ist, gemessen und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert ermittelt wird.

[0022] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Abweichung an eine Zentrale übermittelt wird. Vorteilhaft kann eine Überwachung mehrerer Strömungsmaschinen von einer gemeinsamen Zentrale durchgeführt werden, so dass ein Überwachungsaufwand insgesamt reduziert werden kann.

[0023] Um vorteilhaft bei Überschreiten des Schwellwerts eine geeignete Maßnahme einleiten zu können, wird vorgeschlagen, dass bei Überschreiten des Schwellwerts eine Warnmeldung ausgegeben wird. Dies kann beispielsweise durch eine Zentrale ausgeführt werden, es kann jedoch auch die Messeinheit selbst eine Warnmeldung erzeugen und ausgeben. Die Ausgabe kann beispielsweise an eine entsprechend geeignete Anzeigeeinheit erfolgen, die eine optische oder akustische Meldung abgibt. Die Meldung kann jedoch auch von der Zentrale abgegeben werden, wenn beispielsweise die Strömungsmaschine im Normalbetrieb ohne technisches Personal betrieben wird.

[0024] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass bei Überschreiten des Schwellwertes die Strömungsmaschine abgeschaltet wird. So kann vorteilhaft eine Schutzfunktion erreicht werden, wodurch verhindert werden kann, dass eine beschädigte Oberfläche zu einer Beschädigung der gesamten Laufschaufel führt. Auch diese Maßnahme kann beispielsweise durch eine Zentrale ausgeführt werden. Dazu können an der Strömungsmaschine entsprechende Steuereinrichtungen vorgesehen sein, mittels derer der Betrieb der Strömungsmaschine steuerbar ist.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass mittels einer Messeinheit das vom Messelement gelieferte Messsignal transformiert, insbesondere Fourier-transformiert wird. Das vom Messelement

gelieferte Messsignal weist einen Frequenzanteil auf, der durch das Vorbeilaufen der diskreten Schaufeln am Messelement erzeugt wird. Durch die Transformation des Messsignals können Abweichungen vom Normalwert deutlicher ermittelt werden.

[0026] Dazu wird vorgeschlagen, dass eine FFT-Transformiereinheit verwendet wird. Die FFT-Transformiereinheit kann beispielsweise in der Messeinheit oder auch in einer entfernten Zentrale vorgesehen sein. Mit der FFT-Transformiereinheit kann das Messsignal kontinuierlich in ein entsprechendes transformiertes Signal transformiert werden. Eine kontinuierliche Überwachung des transformierten Signals kann erreicht werden.

[0027] Um den Zustand der Schaufeln zu bestimmen, wird ferner vorgeschlagen, dass das Ergebnis der Transformation angezeigt und gemeldet wird. So kann beispielsweise einem Bedienpersonal das Ergebnis der Transformation übermittelt werden, um diesem mitzuteilen, in welchem Zustand sich die Schaufeln befinden.

[0028] Um beispielsweise eine Meldung zu erzeugen oder ein Kriterium für den Betrieb der Strömungsmaschine zu erzeugen, wird vorgeschlagen, dass das Ergebnis der Transformation mit einem vorgebbaren Schwellwert verglichen wird. So kann vorteilhaft eine besonders empfindliche und genaue Detektion des Verschleißzustands einer Schaufel erreicht werden. Auch eine geringfügige Abnahme, die als Verschleißanzeichen betrachtet werden kann, kann detektiert werden, so dass rechtzeitig geeignete Maßnahmen wie Austausch der Schaufel oder Reparatur der Beschichtung eingeleitet werden können.

[0029] Der Schwellwert kann jedoch auch in Abhängigkeit der verwendeten Schaufel bzw. Beschichtung variiert werden, um unterschiedliche Eigenschaften der Beschichtung bzw. eine unterschiedliche Belastung berücksichtigen zu können. So kann beispielsweise der Schwellwert für eine Schaufel am Fluideintritt der Strömungsmaschine anders eingestellt sein als beispielsweise für eine Schaufel am Fluidaustritt der Strömungsmaschine. Ferner kann der Schwellwert auch als Funktion weiterer Betriebsparameter der Strömungsmaschine vorgegeben werden. So kann der Schwellwert bei hoher Belastung der Strömungsmaschine höher eingestellt sein als bei niedriger Belastung der Strömungsmaschine.

[0030] Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Im wesentlichen gleichbleibende Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Ferner wird bezüglich gleicher Merkmale und Funktionen auf die Beschreibung zum Ausführungsbeispiel in Fig. 1 verwiesen.

[0031] Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Gasturbine mit einem längs aufgeschnittenen Gehäuse,
 Fig. 2 eine Seitenansicht einer mit einer Beschichtung versehenen Laufschaufel der Gasturbine in Fig. 1,

- Fig. 3 eine Seitenansicht einer mit einer Beschichtung versehenen Leitschaufel der Gasturbine in Fig. 1,
 Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung des Turbinen- und Verdichtbereichs der Turbine in Fig. 1 mit einem erfindungsgemäßen Messelement,
 Fig. 5 ein Prinzipschaltbild, welches einen Betriebsablauf für die in Fig. 1 dargestellte Gasturbine zeigt,
 Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Messvorrichtung zur Messung des Messsignals des Messelements,
 Fig. 7 ein Diagramm zur Darstellung einer Fourier-Transformation des mit dem Messaufbau in Fig. 6 gemessenen Messsignales bei einer Belastung der Gasturbine mit 100 % Leistung,
 Fig. 8 ein Diagramm wie in Fig. 7 mit einem transformierten Messsignal bei einer Belastung der Turbine mit 30 % der Nennleistung und
 Fig. 9 ein Diagramm wie in Fig. 7, mit einem transformierten Messsignal beim Abschalten der Gasturbine bei 100 % Leistung.

[0032] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Gasturbine 1 des Stands der Technik mit an einer in einem Gehäuse 2 drehbar gelagerten Rotorwelle 3 angeordneten Laufschaufeln 4 sowie mit drehfest angeordneten Leitschaufeln 7. An einem axialen Ende ist ein Lufteinlass 18 vorgesehen, dem axial ein Verdichter 19 nachgeordnet ist. Der Verdichter 19 wird gefolgt von einer Brennkammer 20 mit Brennern 21, an die sich der Turbinenbereich 22 mit dem Gasausslass 23 anschließt. Eine vergrößerte Darstellung des Turbinenbereichs 22 zeigt Fig. 4. In Figur 4 sind mit 24 elektrische Ladungen bezeichnet, die an der Oberfläche der Laufschaufeln 4 vorhanden sind.

[0033] Fig. 2 zeigt eine einzelne Laufschaufel 4 zur Anordnung auf der Rotorwelle 3, die aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, vorzugsweise einem Metall wie Stahl oder dergleichen, besteht. Die Oberfläche 5 der Laufschaufel 4 ist mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung versehen, hier eine Keramikbeschichtung.

[0034] Fig. 3 zeigt eine entsprechende Leitschaufel 7, ebenfalls aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, die an ihrer Oberfläche 8 ebenfalls eine Keramikbeschichtung aufweist.

[0035] Über die Rotorwelle 3 und eine nicht näher dargestellte Lagerung dieser Rotorwelle 3 sind die Laufschaufeln 4 geerdet. Ebenso sind die Leitschaufeln 7 über das Gehäuse 2 der Turbine 1 geerdet.

[0036] Während des Betriebs strömt heißes Prozessgas von der Brennkammer 20 durch den Turbinenbereich 22 zum Auslass 23. Der Gasstrom weist aufgrund seiner hohen Temperatur von 1200°C ionisierte Teilchen auf, die sich bevorzugt auf den isolierenden Oberflächen absetzen. Hierdurch laden sich die Oberflächen 5, 8 der Schaufeln 4, 7 positiv auf. Wie aus Fig. 4 ersichtlich, ist gegenüber der ersten Laufschaufelreihe mit den Schaufeln 4 am Gehäuse 2 eine Koax-Antenne 6 vorgesehen,

die bei Rotation der Rotorwelle 3 die durch die auf den Laufschaufeln 4 angeordneten Ladungsträger verursachten Feldänderungen des elektrischen Felds detektiert. Die Koax-Antenne 6 erzeugt im Rhythmus der vorbeilaufenden Ladungen entsprechende elektrische Signale, die über eine Leitung 25 an eine Messeinheit 10 übermittelt werden. Die in diesem Beispiel verwendete Gasturbine 1 ist für eine Drehzahl von 3600 Umdrehungen pro Minute vorgesehen und weist an dem der Koax-Antenne 6 gegenüberliegenden Laufschaufelrad 80 radial angeordnete Laufschaufeln 4 auf. Bei der vorgesehenen Drehzahl ergeben sich somit 4800 Impulse pro Sekunde, was einer Frequenz von 4800 Hz entspricht.

[0037] Schematisch ist der Messablauf in Fig. 5 dargestellt. Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt der Rotorwelle 3 der Turbine 1 mit einer daran angeordneten Laufschaufel 4 sowie einer am Gehäuse 2 befestigten Leitschaufel 7. Die Koax-Antenne 6 misst das lokale elektrische Feld und übermittelt ein dem Messwert entsprechendes Signal über die Leitung 25 an die Messeinheit 10. Die Messeinheit 10 bereitet die übermittelten Signale auf und führt diese einer von der Messeinheit 10 umfassten Überwachungseinheit 11 zu. Die Überwachungseinheit 11 vergleicht den Pegel der aufbereiteten Signale mit einem vorgebbaren Schwellwert 15 und übermittelt bei Unterschreiten eine entsprechende Warnmeldung an ein Signalhorn 14 und gibt darüber hinaus eine Meldung über eine Funkverbindung 13 an eine Zentrale 12. Die Zentrale 12 weist eine Empfangseinheit 26 auf, die die über die Funkverbindung 13 übermittelten Signale empfängt und aufbereitet. Die empfangenen Signale werden in einer FFT-Einheit 16, z.B. Mathcad, Fourier-transformiert und auf einer Anzeige 27 angezeigt. Die Anzeige 27 kann beispielsweise durch einen Bildschirm oder auch durch in einem Gehäuse eingebaute Leuchtdiodenzeilen gebildet sein. Die Anzeige 27 weist ferner einstellbare Schwellwerte 17 auf, mit denen ein Unterschreiten der transformierten Signalpegel anzeigbar ist. Eine Überwachungseinheit 28 führt einen kontinuierlichen Vergleich der transformierten Signalpegel zu den Schwellwerten durch und übermittelt bei Unterschreiten eines Schwellwertes ein entsprechendes Signal an eine Steuereinheit 29 der Turbine 1. Über die Steuereinheit 29 ist die Turbine 1 abschaltbar. So kann also bei Feststellung eines Verschleißes die Turbine 1 abgeschaltet sowie eine Wartung ausgelöst werden.

[0038] Eine zur Rotorwelle 3 koaxiale Gasströmung enthält aufgrund ihrer Temperatur von ca. 1200°C Ionen. Die positiven Ladungsträger des Gasstroms lagern sich auf den isolierenden Oberflächen 5 der Schaufeln 4 ab. Die durch die Rotation der Rotorwelle 3 an der Koax-Antenne 6 vorbeigeführten Ladungsträger der Schaufeln 4 bewirken entsprechende Messsignale, die verfahrensgemäß verarbeitet werden. Tritt nun an einer Schaufel 4 eine Beschädigung der isolierenden Oberfläche beispielsweise aufgrund von Verschleiß auf, so nimmt die an der Oberfläche 5 der Schaufel 4 positionierte Ladung ab, indem diese zumindest teilweise über den metalli-

schen Körper der Schaufel 4 nach Erde abgeleitet wird. Die reduzierte Ladungsmenge führt zu einer entsprechenden Signalverminderung der Koax-Antenne 6, wobei bei Unterschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes 15 die oben genannten Maßnahmen automatisch eingeleitet werden.

[0039] Ebenfalls in Fig. 5 dargestellt ist eine entsprechende Überwachung für eine mit dem Gehäuse 2 der Turbine 1 verbundene Leitschaufel 7, die ebenfalls eine isolierende Oberfläche 8 aufweist. Auch die Leitschaufeln 7 werden an ihrer Oberfläche 8 entsprechend positiv aufgeladen. An dem gegenüberliegenden Wellenabschnitt der Rotorwelle 3 ist hier ein korrespondierendes Messelement 9 vorgesehen, welches in dieser Ausgestaltung als Induktionssensor ausgebildet ist. Der Induktionssensor 9 rotiert auf axialer Höhe der Leitschaufelanordnung und misst auf diese Weise ein durch die Bewegungsdifferenz erzeugtes magnetisches Feld. Über nicht näher dargestellte Verbindungen wird das entsprechende Signal an eine hierfür geeignete Messeinheit übermittelt, welche mit der Messeinheit 10 kommunikationstechnisch verbunden sein kann, um ebenfalls auf das System der Gasturbine 1 einwirken zu können. Grundsätzlich kann an dieser Stelle jedoch auch ein kapazitives Messelement wie beispielsweise die Koax-Antenne 6 vorgesehen sein.

[0040] Fig. 6 zeigt einen Messaufbau zur Messung der von der Koax-Antenne 6 gelieferten Signale. Die Koax-Antenne 6 ist für diese Messung mit einem Verstärker 30 verbunden, dessen Ausgangssignal den Eingang eines Transientenrekorders 31 treibt, dessen Zeitsignal mittels einer FFT in einem PC transformiert wird.

[0041] Fig. 7 zeigt ein Signalpegel-Frequenz-Diagramm eines vom Transientenrekorder gespeicherten bzw. in Mathcad transformierten Datensatzes der Gasturbine 1 gemäß Fig. 1 bei Betrieb mit 100 % Last. Das Diagramm weist ein kartesisches Koordinatensystem auf, dessen Ordinate den relativen Leistungspegel des gemessenen Signals darstellt, während dessen Abszisse der Frequenz in Herz entspricht. Deutlich erkennbar ist eine einzelne Spitze bei der Frequenz von 4800 Hz, was der oben angegebenen Impulsfolge entspricht.

[0042] In Fig. 8 ist ein Diagramm wie in Fig. 7 dargestellt, wobei die Leistung nur 30 % der Nennleistung der Turbine 1 beträgt. Auch hier ist ganz deutlich eine Spitze bei 4800 Hz erkennbar.

[0043] Fig. 9 zeigt ein Diagramm wie in Fig. 7, wobei jedoch ein Auslaufen der Turbine 1 von 100 % Last in den Ruhezustand dargestellt ist. Selbst hierbei ist die Spitze bei 4800 Hz deutlich zu erkennen. Hier zeigt sich jedoch, dass der Ordinatewert der Spitze von der Leistung der Turbine abhängig ist. Um daher eine brauchbare Überwachung der Beschichtung zu erreichen, wird daher der Schwellwert 17 gemäß dem aktuellen Leistungszustand der Gasturbine 1 nachgeführt. So kann bei jedem Leistungszustand der Gasturbine 1 die Wirksamkeit der Beschichtung an der Oberfläche 5, 8 einer Schaufel 4, 7 unabhängig vom Betriebszustand der Gas-

turbine 1 festgestellt werden.

[0044] Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend. So können insbesondere die Art des Messelements oder die weitere Signalverarbeitung sowie die Anordnung des Messelements und auch die Zahl der verwendeten Messelemente variieren, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere können natürlich duale Elemente verwendet werden, beispielsweise ein Messelement für ein magnetisches Feld anstelle eines Messelements für ein elektrisches Feld, da es sich um die Messung von relativ zum Messelement bewegten Ladungen handelt. Insbesondere ist auch die Überwachung der Beschichtung einer Leitschaufel mittels eines mit der Rotorwelle umlaufenden Messelements umfasst. Vorteilhaft können mehrere in Richtung der Rotorachse hintereinander liegende Messelemente angeordnet sein. Vorzugsweise besteht die Möglichkeit, dass jedes Messelement einem Ring von Turbinenschaufeln zugeordnet ist. Damit ist es möglich, auf den Ring genau die Beschädigung der Oberflächenbeschichtung zu bestimmen. Ferner ist es möglich, mit Hilfe eines Synchronisationspulses, beispielsweise korreliert mit der Netzfrequenz (z.B. 60 Hz), die Beschädigung der Oberflächenbeschichtung auf die Schaufel genau zu bestimmen.

Bezugszeichenliste

[0045]

- | | | |
|----|-----------------------------|--|
| 1 | Gasturbine | |
| 2 | Gehäuse | |
| 3 | Rotorwelle | |
| 4 | Laufschaufel | |
| 5 | Oberfläche der Laufschaufel | |
| 6 | Koax-Antenne | |
| 7 | Leitschaufel | |
| 8 | Oberfläche der Leitschaufel | |
| 9 | Induktionssensor | |
| 10 | Messeinheit | |
| 11 | Überwachungseinheit | |
| 12 | Zentrale | |
| 13 | Funkverbindung | |
| 14 | Signalhorn | |
| 15 | Schwellwert | |
| 16 | FFT-Einheit | |
| 17 | Schwellwert | |
| 18 | Lufteinlass | |
| 19 | Verdichter | |
| 20 | Brennkammer | |
| 21 | Brenner | |
| 22 | Turbinenbereich | |
| 23 | Gasauslass | |
| 24 | elektrische Ladung | |
| 25 | Leitung | |
| 26 | Empfangseinheit | |
| 27 | Anzeige | |

- | | |
|----|----------------------------|
| 28 | zweite Überwachungseinheit |
| 29 | Steuereinheit |
| 30 | Verstärker |
| 31 | Transientenrekorder |

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer Oberfläche (5) mindestens einer von, auf einer, in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten, Rotorwelle (3) angeordneten, Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine (1), bei welchem Verfahren

10

15

- mittels mindestens eines im Bereich der Laufschaufeln (4) angeordneten Messelements (6) ein Messsignal und eine Abweichung des Messsignalpegels von einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelt werden,

20

dadurch gekennzeichnet, dass

- der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden wird, wobei die Oberfläche (5) der Laufschaufeln (4) elektrisch isolierend ist, und
- das Messsignal für ein elektrisches oder magnetisches Feld ermittelt wird, welches durch eine Ladungsverteilung von, aus einem durch die Strömungsmaschine strömenden Fluid auf der Oberfläche (5) akkumulierten, Ladungsträgern hervorgerufen wird.

25

30

35

2. Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer Oberfläche (8) mindestens einer von, in einem Gehäuse (2) drehfest angeordneten Leitschaufeln (7) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine (1), die in dem Gehäuse (2) auch, an einer drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordnete, Laufschaufeln (4) aufweist, bei welchem Verfahren

40

45

- mittels mindestens eines im Bereich der Leitschaufeln (7) an der Rotorwelle (3) angeordneten Messelements (9) ein Messsignal und eine Abweichung des Messsignalpegels von einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelt werden,

50

dadurch gekennzeichnet, dass

- der elektrisch leitfähige Werkstoff der Leitschaufeln (7) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden wird, wobei die Oberfläche (8) der Leitschaufeln (4) elektrisch isolierend ist, und
- das Messsignal für ein elektrisches oder ma-

55

- gnetisches Feld ermittelt wird, welches durch eine Ladungsverteilung von, aus einem durch die Strömungsmaschine strömenden Fluid auf der Oberfläche (8) akkumulierten, Ladungsträgern hervorgerufen wird. 5
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abweichung an eine Zentrale (12) übermittelt wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Überschreiten des Schwellwertes (15) eine Warnmeldung ausgegeben wird. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Überschreiten des Schwellwertes (15) die Strömungsmaschine (1) abgeschaltet wird. 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Messeinheit (10) das dem mindestens einen Messelement (6, 9) gelieferte Messsignal transformiert, insbesondere Fourier-transformiert wird. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine FFT-Transformiereinheit (16) verwendet wird. 30
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ergebnis der Transformation angezeigt und/oder gemeldet wird. 35
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ergebnis der Transformation mit einem vorgebbaren Schwellwert (17) verglichen wird. 40
10. Strömungsmaschine (1) zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit, an einer, in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten, Rotorwelle (3) angeordneten, Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, wobei 45
- mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln (4) angeordnetes Messelement (6) für die Ermittlung eines Messsignals und eine Überwachungseinheit (11), mit welcher eine Abweichung des Messsignalpegels von einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelbar ist, vorgesehen sind, 50
- gekennzeichnet durch**
- das Messsignal für ein elektrisches oder magnetisches Feld, welches **durch** eine Ladungsverteilung von, aus einem durch die Strömungsmaschine strömenden Fluid auf der Laufschaufeloberfläche (5) akkumulierten, Ladungsträgern hervorgerufen ist, wobei 55
- der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und
 - die Oberfläche (5) der Laufschaufeln (4) elektrisch isolierend ist.
11. Strömungsmaschine (1) zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit, an einer, in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten, Rotorwelle (3) angeordneten, Laufschaufeln (4) und mit drehfest angeordneten Leitschaufeln (7) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, wobei
- mindestens ein im Bereich der Leitschaufeln (7) angeordnetes Messelement (6) für die Ermittlung eines Messsignals und eine Überwachungseinheit (11), mit welcher eine Abweichung des Messsignalpegels von einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelbar ist, vorgesehen sind, 60
- gekennzeichnet, durch**
- das Messsignal für ein elektrisches oder magnetisches Feld, welches **durch** eine Ladungsverteilung von, aus einem durch die Strömungsmaschine strömenden Fluid auf der Leitschaufeloberfläche (8) akkumulierten, Ladungsträgern hervorgerufen ist, wobei 65
 - der elektrisch leitfähige Werkstoff der Leitschaufeln (7) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und
 - die Oberfläche (8) der Leitschaufeln (7) elektrisch isolierend ist.
12. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5) versehen sind, wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und dass mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln (4) angeordnetes Messelement (6) für die Messung eines elektrischen oder magnetischen Feldes vorgesehen ist, welches durch eine Ladungsverteilung von, aus dem Fluid auf der Oberfläche (5) akkumulierten, Ladungsträgern hervorgerufen ist. 70
13. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Messelement (6, 9) durch eine Koaxial-Antenne gebildet ist. 75
14. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Messelement (6, 9) mit einer Messein-

heit (10) verbindbar ist.

15. Strömungsmaschine nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinheit (10) eine Überwachungseinheit (11) umfasst.

16. Strömungsmaschine nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinheit (10) mit einer Zentrale (12) in Kommunikationsverbindung (13) steht.

17. Strömungsmaschine nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachungseinheit (11) eine Meldeund/oder eine Warneinrichtung (14) aufweist.

18. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine (1) mittels der Überwachungseinheit (11) abschaltbar ist.

19. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrisch isolierende Oberfläche (5, 8) durch eine Beschichtung gebildet ist.

20. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine (1) eine Turbine, insbesondere eine Gasturbine, ist.

Claims

1. Method for determining damage to a surface (5) of at least one rotor blade (4) in a turbo engine (1), said rotor blade being made of an electrically conducting material and being arranged on a rotor shaft (3) that is rotatably mounted in a housing (2), in which method

- a measurement signal and a deviation of the measurement signal level from a determinable threshold value (15) are determined by means of at least one measuring element (6) arranged in the region of the rotor blades (4),

characterised in that

- the electrically conductive material of the rotor blades (4) is electrically connected to a reference potential, with the surface (5) of the rotor blades (4) being electrically insulating, and
- the measurement signal is determined for an electrical or magnetic field, which is set up by a charge distribution of charge carriers accumulated on the surface (5) and made of a fluid flowing through the turbo engine.

2. Method for determining damage to a surface (8) of at least one guide blade (7) in a turbo engine (1), said blade being made of an electrically conducting material and being rotationally fixed in a housing (2), said turbo engine (1) also comprising in the housing (2) rotor blades (4) arranged on a rotatably mounted rotor shaft (3), in which method

- a measurement signal and a deviation of the measurement signal level from a definable threshold value are determined by means of at least one measuring element (9) arranged in the region of the guide blades (7) on the rotor shaft (3),

characterised in that

the electrically conducting material of the guide blades (7) is electrically connected to a reference potential, with the surface (8) of the rotor blades (4) being electrically insulating, and

- the measurement signal is determined for an electric or magnetic field, which is set up by a charge distribution by charge carriers accumulated on the surface (8) and made of a fluid flowing through the turbo engine.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the deviation is transmitted to a control centre (12).

4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** an alarm is output when the threshold value (15) is exceeded.

5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the turbo engine (1) is shut down when the threshold value (15) is exceeded.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the measurement signal supplied to the at least one measuring element (6, 9) is transformed, in particular by a Fourier transformation, by means of a measuring unit (10).

7. Method according to claim 6, **characterised in that** a FFT transformation unit (16) is used.

8. Method according to claim 6 or 7, **characterised in that** the result of the transformation is displayed and/or signalled.

9. Method according to one of claims 6 to 8, **characterised in that** the result of the transformation is compared with a definable threshold value (17).

10. Turbo engine (1) for implementing the method according to one of the preceding claims, comprising

rotor blades (4) made of an electrically conducting material and arranged on a rotor shaft (3) that is rotatably mounted in a housing (2), with

- provision being made for at least one measuring element (6) for determining a measurement signal and being arranged in the region of the rotor blades and a monitoring unit (11), with which a deviation of the measurement signal level from a determinable threshold value (15) can be determined,

characterised by

- the measurement signal for an electrical or magnetic field, which is set up by a charge distribution by charge carriers accumulated on the surface (5) of the rotor blades and made of fluid flowing through the turbo machine, with
- the electrically conducting material of the rotor blades (4) being electrically connected to a reference potential, and
- the surface (5) of the rotor blades (4) being electrically insulating.

11. Turbo engine (1) for implementing the method according to one of claims 1 to 9, comprising rotor blades (4) arranged on a rotor shaft (3) that is rotatably mounted in a housing (2), and comprising rotationally fixed guide blades (7) made of an electrically conducting material with

- at least one measurement element arranged in the region of the guide blades (7) for determining a measurement signal and a monitoring unit (11) being provided, with which a deviation of the measurement signal level from a determinable threshold value (15) can be determined,

characterised by

- the measurement signal for an electrical or magnetic field, which is set up by a charge distribution by charge carriers accumulated on the surface of the guide blades (7) and made of fluid flowing through the turbo engine, with
- the electrically conductive material of the guide blades (7) being electrically connected to a reference potential, and
- the surface (8) of the guide blades (7) being electrically insulating.

12. Turbo engine (1) according to claim 11, **characterised in that** the rotor blades (4) are made of an electrically conducting material having an electrically insulating surface (5), with the electrically conducting material of the rotor blades (4) being electrically connected to a reference potential, and wherein at least

one measuring element (6), arranged in the region of the rotor blades (4), being provided for measuring an electric and/or magnetic field strength set up by a charge distribution on the surface of the rotor blades.

13. Turbo engine according to one of the claims 10 to 12, **characterised in that** the at least one measuring element (6, 9) is formed by a coaxial antenna.

14. Turbo engine according to one of the claims 10 to 13, **characterised in that** the at least one measuring element (6, 9) can be connected to a measuring unit (10).

15. Turbo engine according to claim 14, **characterised in that** the measuring unit (10) includes a monitoring unit (11).

16. Turbo engine according to claim 14 or 15, **characterised in that** the measuring unit (10) has a communication link to a control centre (12).

17. Turbo engine according to claim 15 or 16, **characterised in that** the monitoring unit (11) has a signalling and/or an alarm device (14).

18. Turbo engine according to one of the claims 15 to 17, **characterised in that** the turbo engine (1) can be shut down by the monitoring unit (11).

19. Turbo engine according to one of the claims 10 to 18, **characterised in that** the electrically insulating surface (5, 8) is formed by a coating.

20. Turbo engine as claimed in one of the claims 10 to 19, **characterised in that** the turbo engine (1) is a turbine, in particular a gas turbine.

Revendications

1. Procédé de détermination d'un endommagement d'une surface (5) d'au moins l'une d'aubes (4) mobiles en un matériau conducteur de l'électricité et disposées sur un arbre (3) de rotor monté tournant dans un carter (2) dans une turbomachine (1), procédé dans lequel

- au moyen d'au moins un élément (6) de mesure disposé dans la partie des aubes (4) mobiles, on détermine un signal de mesure et un écart du niveau du signal de mesure à une valeur (15) de seuil pouvant être prescrite,

caractérisé en ce que

- on relie électriquement le matériau conducteur

- de l'électricité des aubes (4) mobiles à un potentiel de référence, la surface (5) des aubes (4) mobiles étant isolante électriquement, et
- on détermine le signal de mesure pour un champ électrique ou magnétique qui est provoqué par une répartition de charge de porteurs de charge accumulés à la surface à partir d'un fluide passant dans la turbomachine.
2. Procédé de détermination d'un endommagement d'une surface (8) d'au moins une aube (7) directrice en un matériau conducteur de l'électricité et disposée sans possibilité de tourner dans un carter (2) dans une turbomachine (1) qui a, dans le carter (2), également des aubes (4) mobiles disposées sur un arbre (3) de rotor monté tournant, procédé dans lequel
- au moyen d'au moins un élément (9) de mesure disposé dans la partie des aubes (7) directrices sur l'arbre (3) de rotor, on détermine un signal de mesure et un écart du niveau du signal de mesure à une valeur (15) de seuil pouvant être prescrite,
- caractérisé en ce que**
- on relie électriquement le matériau conducteur de l'électricité des aubes (7) directrices à un potentiel de référence, la surface (8) des aubes (4) directrices étant isolante électriquement, et
- on détermine le signal de mesure pour un champ électrique ou magnétique qui est provoqué par une répartition de charge de porteur de charge accumulée à la surface à partir d'un fluide passant dans la turbomachine.
3. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on détermine l'écart à une centrale (12).
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** si la valeur (15) de seuil est dépassée, on émet un avertissement.
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** si la valeur (15) est dépassée, on arrête la turbomachine (1).
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** au moyen d'une unité (10) de mesure, on transforme le signal de mesure fourni au moins un élément (6, 9) de mesure en effectuant notamment une transformée de Fourier.
7. Procédé suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'on utilise une unité (16) de transformation FFT.
8. Procédé suivant la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** l'on affiche et/ou on annonce le résultat de la transformation.
9. Procédé suivant l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** l'on compare le résultat de la transformation à une valeur (17) de seuil pouvant être prescrite.
10. Turbomachine (1) pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications précédentes, comprenant des aubes (4) mobiles en un matériau conducteur de l'électricité et disposées sur un arbre (3) de rotor monté tournant dans un carter (2), dans laquelle
- il est prévu au moins un élément (6) de mesure disposé dans la partie des aubes (4) mobiles pour la détermination d'un signal de mesure et une unité (11) de contrôle par laquelle un écart du niveau du signal de mesure à une valeur (15) de seuil pouvant être prescrite peut être déterminé,
- caractérisée par**
- le signal de mesure pour un champ électrique ou magnétique qui est provoqué par une répartition de charge des porteurs de charge accumulés sur la surface (5) des aubes mobiles à partir d'un fluide passant dans la turbomachine, dans laquelle
- le matériau conducteur de l'électricité des aubes (4) mobiles est relié électriquement à un potentiel de référence, et
- la surface des aubes (4) mobiles est isolante du point de vue électrique.
11. Turbomachine (1) pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, comprenant des aubes (4) mobiles disposées sur un arbre (3) de rotor monté tournant dans un carter (2) et des aubes (7) directrices disposées sans possibilité de tourner et en un matériau conducteur de l'électricité, dans laquelle
- il est prévu au moins un élément (6) de mesure disposé dans la partie des aubes (7) directrices pour la détermination d'un signal de mesure et une unité (11) de contrôle par laquelle on peut déterminer un écart du niveau du signal de mesure à une valeur (15) de seuil pouvant être prescrite,
- caractérisée par**
- le signal de mesure pour un champ électrique ou magnétique qui est provoqué par une répar-

tition de charge des porteurs de charge accumulés sur la surface (8) des aubes directrices à partir d'un fluide passant dans la turbomachine, dans laquelle

- le matériau conducteur de l'électricité des aubes (7) directrices est relié électriquement à un potentiel de référence, et
- la surface (8) des aubes (7) directrices est isolante du point de vue électrique.

10

12. Turbomachine (1) suivant la revendication 11, **caractérisée en ce que** les aubes (4) mobiles en un matériau conducteur de l'électricité sont munies d'une surface (5) isolante du point de vue électrique, le matériau conducteur de l'électricité des aubes (4) mobiles étant relié électriquement à un potentiel de référence, et **en ce qu'**au moins un élément (6) de mesure disposé dans la partie des aubes (4) mobiles est prévu pour la mesure d'un champ électrique et magnétique qui est provoqué par une répartition de charge des porteurs de charge accumulés à partir du fluide sur la surface (5). 15
13. Turbomachine suivant l'une des revendications 10 à 12, **caractérisée en ce que** le au moins un élément (6, 9) de mesure est formé par une antenne coaxiale. 25
14. Turbomachine suivant l'une des revendications 10 à 13, **caractérisée en ce qu'**au moins un élément (6, 9) de mesure peut être relié à une unité (10) de mesure. 30
15. Turbomachine suivant la revendication 14, **caractérisée en ce que** l'unité (10) de mesure comprend une unité (11) de contrôle. 35
16. Turbomachine suivant la revendication 14 ou 15, **caractérisée en ce que** l'unité (10) de mesure est en liaison (13) de communication avec une centrale (12). 40
17. Turbomachine suivant la revendication 15 ou 16, **caractérisée en ce que** l'unité (11) de contrôle a un dispositif (14) d'annonce et/ou d'avertissement. 45
18. Turbomachine suivant l'une des revendications 15 à 17, **caractérisée en ce que** la turbomachine (1) peut être mise à l'arrêt au moyen de l'unité (11) de contrôle. 50
19. Turbomachine suivant l'une des revendications 10 à 18, **caractérisée en ce que** la surface (5, 8) isolante du point de vue électrique est formée par un revêtement. 55
20. Turbomachine suivant l'une des revendications 10 à 19, **caractérisée en ce que** la turbomachine (1)

est une turbine, notamment une turbine à gaz.

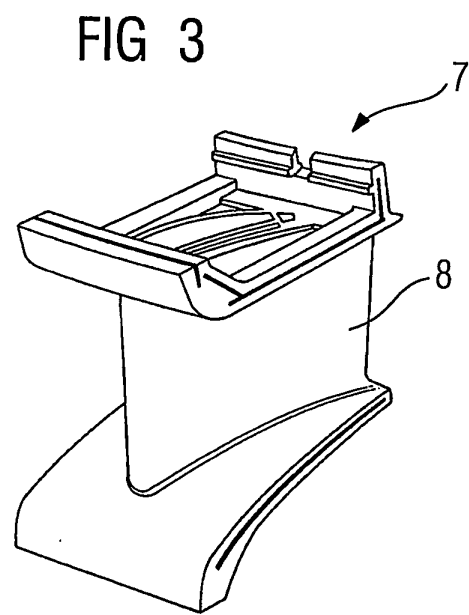
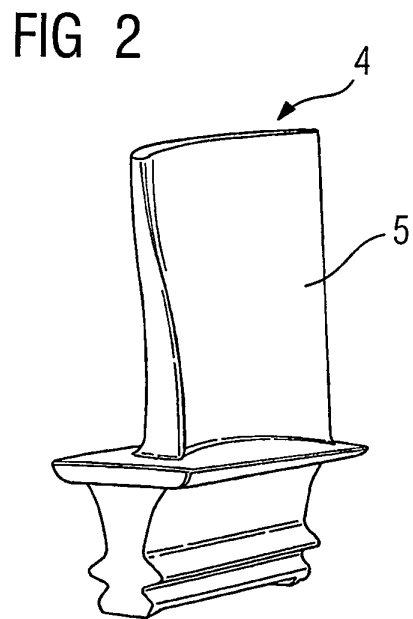
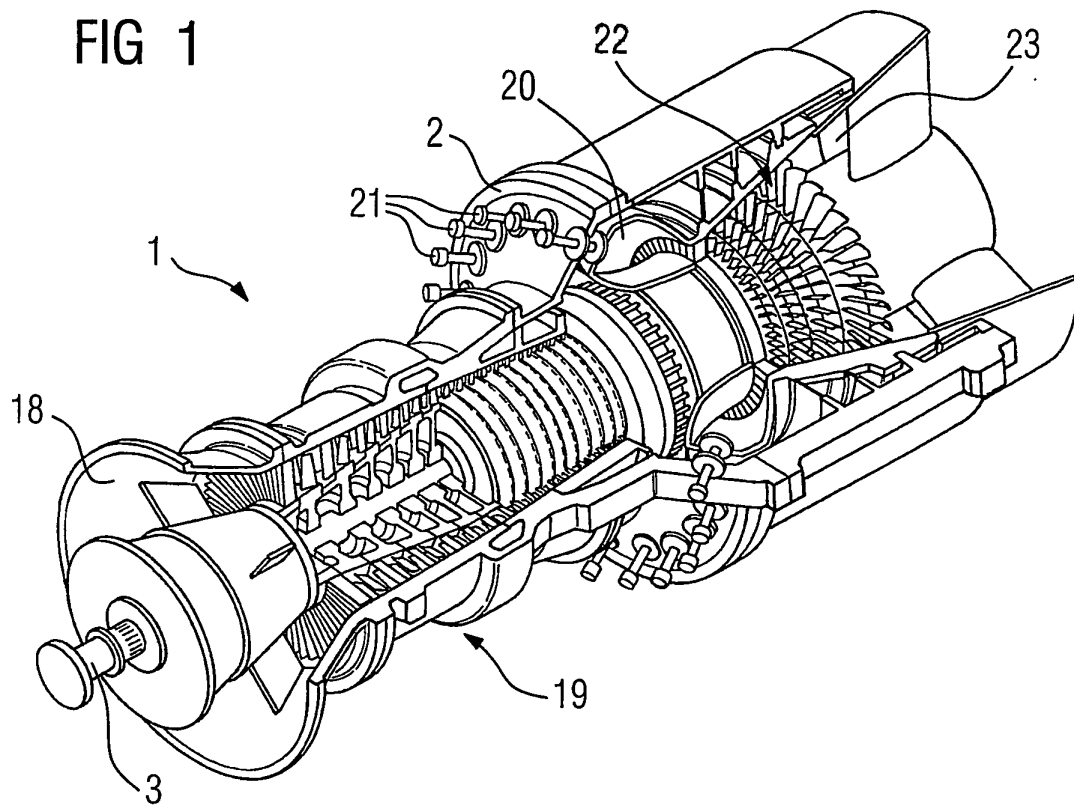


FIG 4

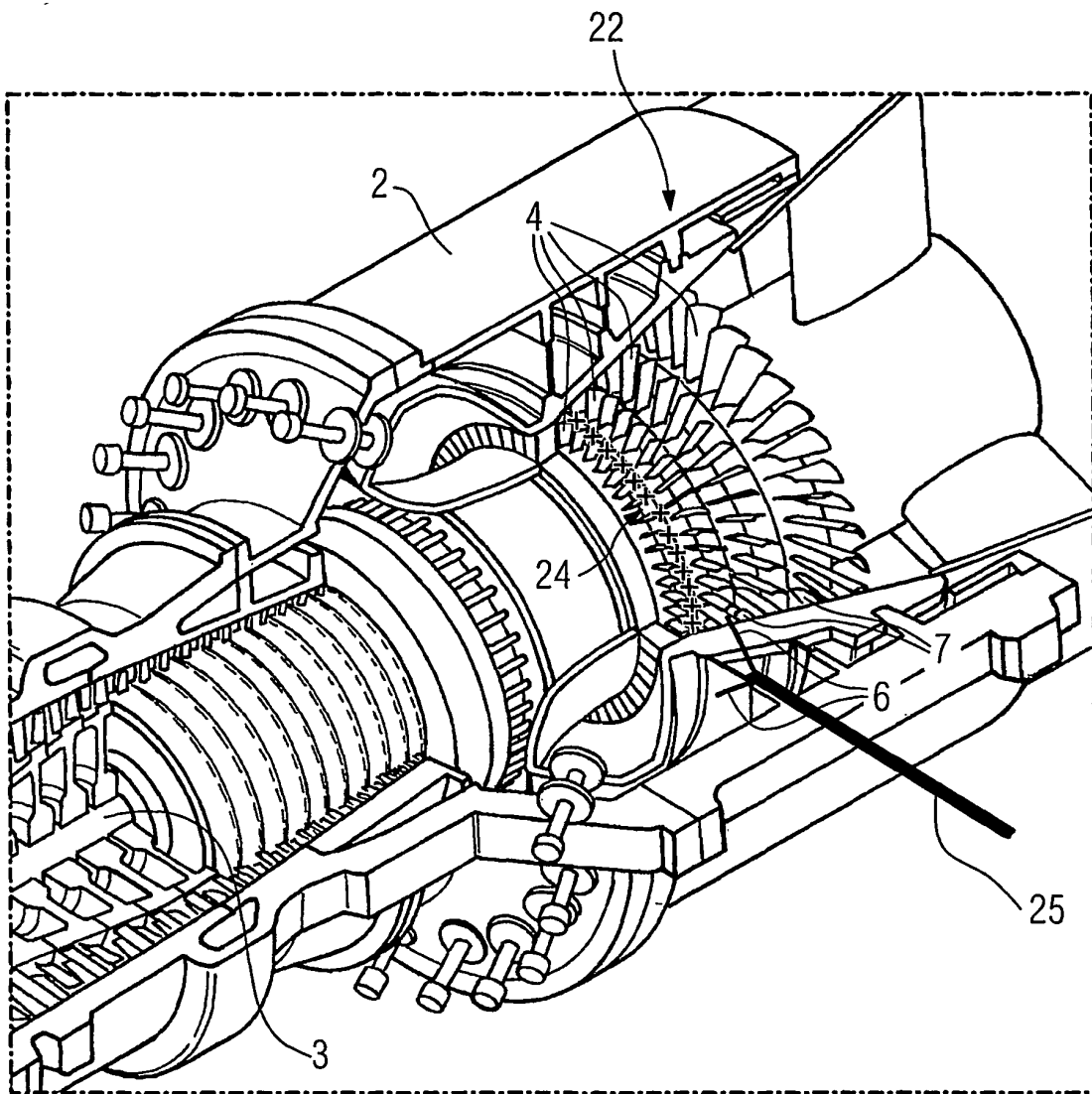


FIG 5

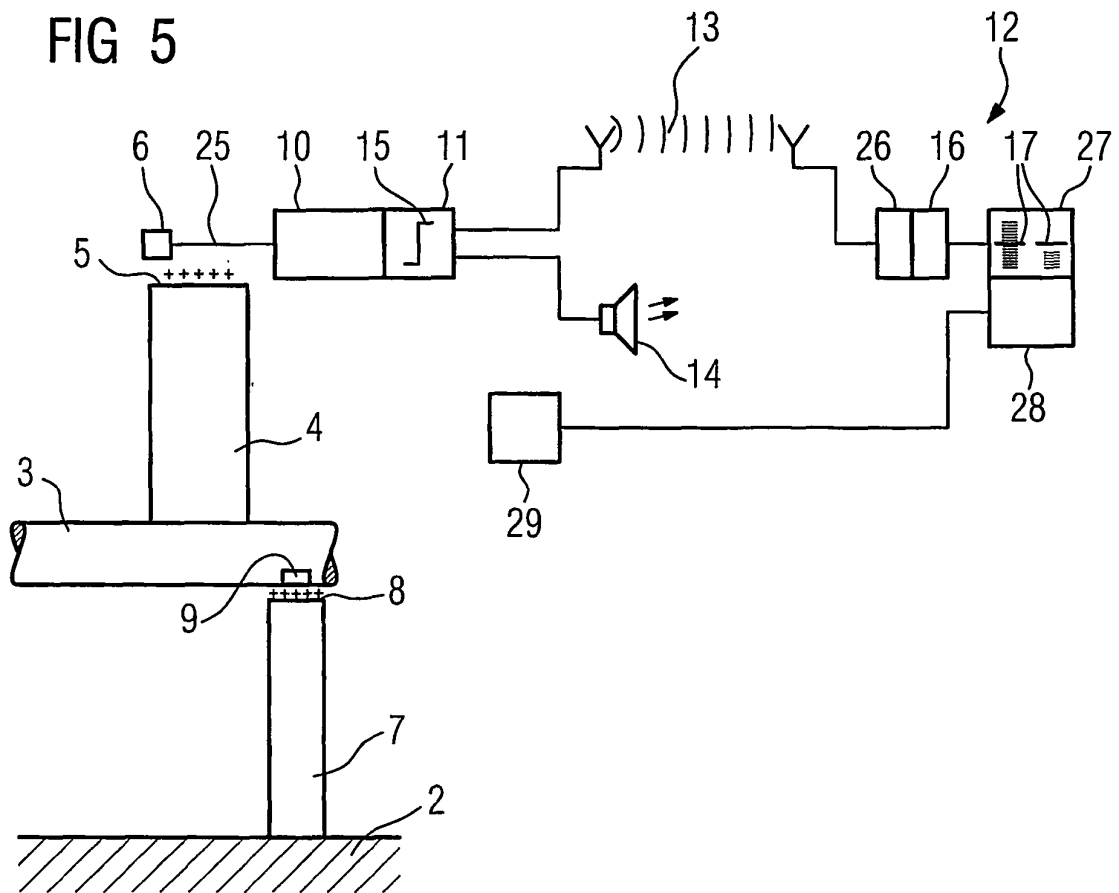
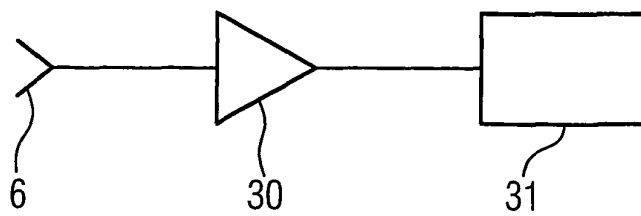
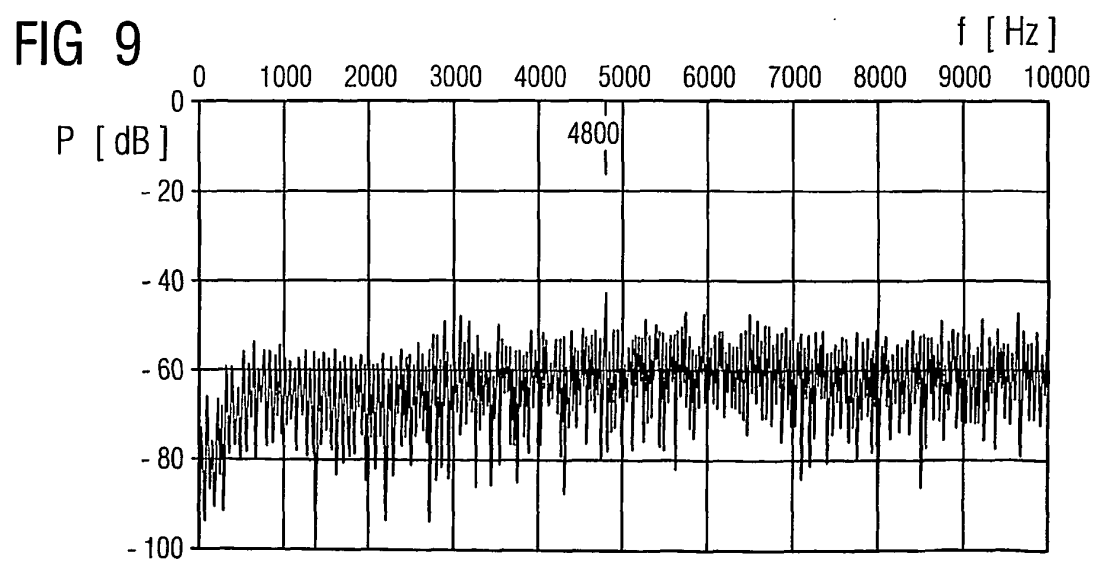
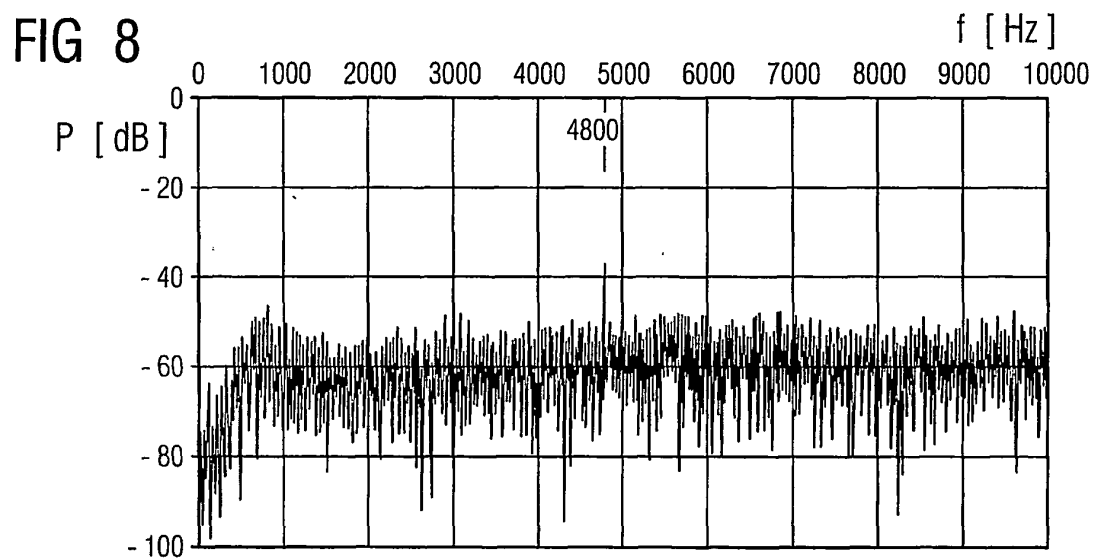
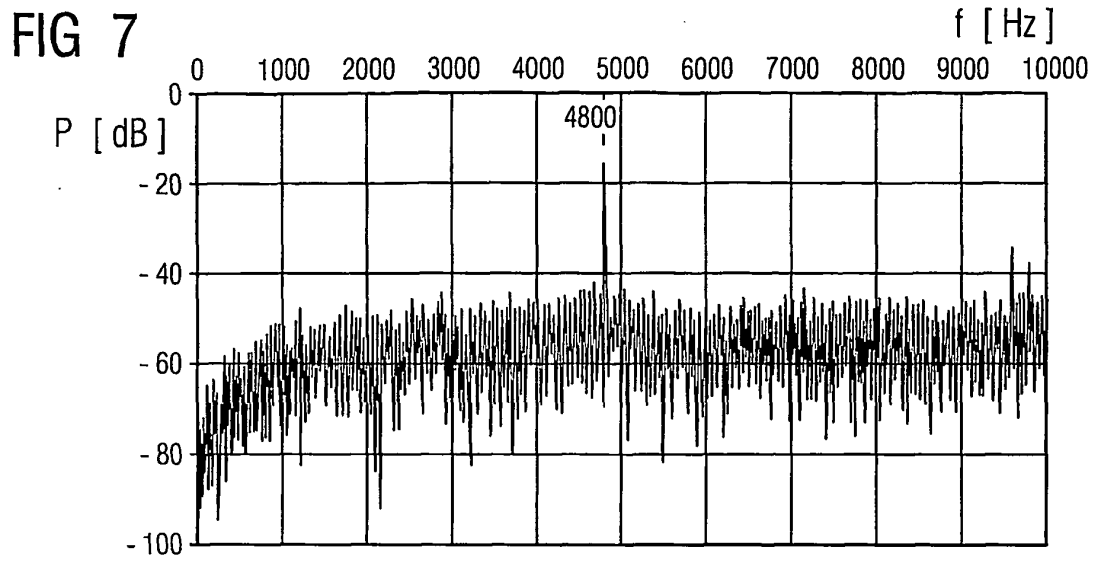


FIG 6





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

- US 6512379 B [0005]
- US 5552711 A [0006]
- US 4591794 A [0007]