

(19)



(11)

EP 1 688 671 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
09.01.2019 Patentblatt 2019/02

(51) Int Cl.:
F23N 5/24 ^(2006.01)

F23N 5/16 ^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
09.12.2015 Patentblatt 2015/50

(21) Anmeldenummer: **06101128.4**

(22) Anmeldetag: **01.02.2006**

(54) **Schutzverfahren und Steuerungssystem für eine Gasturbine**

Protection method and control system for a gas turbine

Méthode de protection et système de contrôle pour turbine à gaz

(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 NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **03.02.2005 CH 1612005**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.08.2006 Patentblatt 2006/32

(73) Patentinhaber: **Ansaldo Energia IP UK Limited
London W1G 9DQ (GB)**

(72) Erfinder:
• **Bollhalder, Heinz
5312 Döttingen (CH)**

• **Zinn, Hanspeter
5406 Rütihof (CH)**
• **Habermann, Michael
79761 Waldshut-Tiengen (DE)**

(74) Vertreter: **Bernotti, Andrea et al
Studio Torta S.p.A.
Via Viotti, 9
10121 Torino (IT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 1 286 031 EP-A- 1 327 824
WO-A-2004/010052 WO-A-2004/092650
DE-A1- 19 941 917 US-A- 5 544 478
US-A1- 2003 211 432 US-A1- 2004 194 468
US-B1- 6 535 124**

EP 1 688 671 B2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schutz einer Gasturbine vor Beschädigungen durch Druckpulsationen. Die Erfindung betrifft außerdem ein Steuerungssystem zur Durchführung eines derartigen Schutzverfahrens.

Stand der Technik

[0002] Im Betrieb einer Gasturbine kann es, insbesondere in einer Brennkammer der Gasturbine, aufgrund des Verbrennungsprozesses zu Druckpulsationen kommen. Derartige Erscheinungen können in Frequenzbereichen von 2 Hz bis mehreren kHz auftreten und werden entsprechend auch als Humming, Screetching oder allgemeiner auch als Flammeninstabilitäten bezeichnet. Diese Pulsationen können, wenn sie hohe Amplituden aufweisen oder zu lange andauern, ernsthafte Schäden an der Struktur bzw. an einzelnen Komponenten der Gasturbine, insbesondere an deren Brennkammer, verursachen, was die Lebenszeit der Gasturbine verkürzt. Des weiteren können Pulsationen Funktionsstörungen der Verbrennungsreaktion signalisieren, die beispielsweise durch Schwankungen in der Brennstoff- und/oder Frischluftversorgung oder durch abrupte Lastwechsel verursacht werden können. Im Einzelfall können die Pulsationen auch die Verbrennungsreaktion bzw. deren Flamme löschen, was zur Bildung eines explosiven Gasgemischs führt.

[0003] Moderne Gasturbinen sind daher mit einem Pulsationsschutzsystem ausgestattet, das zum einen die im Betrieb der Gasturbine auftretenden Druckpulsationen erfasst, und das zum anderen beim Auftreten definierter Auslösebedingungen, wie zum Beispiel dem plötzlichen Auftreten von Pulsationen mit sehr hohen Amplituden oder dem Auftreten von Pulsationen mittlerer Amplitude während eines längeren Zeitraums, entsprechende Schutzaktionen veranlasst, wie beispielsweise das Abschalten der Gasturbine. Die Messung der Druckpulsationen kann beispielsweise mit Hilfe eines entsprechenden Drucksensors erfolgen, mit dessen Hilfe ein Pulsations-Zeit-Signal generiert werden kann, das mit den auftretenden Pulsationen korreliert. Unter einem "Pulsations-Zeit-Signal" wird im vorliegenden Zusammenhang ein Signal verstanden, das die Amplituden der Pulsationen (Ordinatenwerte) in Abhängigkeit der Zeit (Abszissenwerte) repräsentiert. Das so ermittelte Pulsations-Zeit-Signal kann nun unter Anwendung elektronischer oder digitaler Methoden entsprechend Tchebychev od. ä. in bestimmte Überwachungsfrequenzbänder aufgeteilt werden, die individuell analysiert und ausgewertet werden können. Dabei kann es zweckmäßig sein, innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands eine Mittelwertbildung durchzuführen.

[0004] Ein gattungsgemäßes Verfahren und eine Vor-

richtung sind in EP 1327824 näher beschrieben. Ein Drucksensor erfasst die Druckpulsationen in der Brennkammer und erzeugt ein entsprechendes Drucksignal. Zum Zwecke der Bestimmung von wenigstens zwei relativen Signalanteilen in ausgewählten Frequenzbereichen wird dieses Drucksignal wenigstens zwei Bandpassfiltern als Eingangssignal zugeleitet. Entsprechend ihren Durchlassfrequenzen stellen diese Bandpassfilter ausgangs eine entsprechende Anzahl an relativen Signalanteilen in mehreren relevanten Frequenzbereichen zur Verfügung, welche in einem weiteren Mittel, beispielsweise einem neuronalen Netzwerk, zu einem Ausgangssignal zum Ansteuern einer Prozessgröße, so der Brennstoff- oder der Luftzufuhr, verarbeitet werden. US2004/194 468 A1 offenbart ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0005] Eine derartige Vorgehensweise zum Schutz der Gasturbine vor Beschädigungen durch Druckpulsationen arbeitet jedoch vergleichsweise ungenau. Aus Sicherheitsgründen kann es daher zu Schutzaktionen, zum Beispiel zu einer Notabschaltung der Gasturbine kommen, auch wenn dies an sich noch nicht erforderlich wäre. Eine unnötig herbeigeführte Abschaltung der Gasturbine ist jedoch mit hohen Kosten und Einnahmeausfällen verbunden.

Darstellung der Erfindung

[0006] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für den Schutz einer Gasturbine vor Beschädigungen durch Druckpulsationen einen verbesserten Weg aufzuzeigen, der insbesondere eine vergleichsweise hohe Zuverlässigkeit aufweist und unnötige Schutzaktionen nach Möglichkeit vermeidet.

[0007] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Druckpulsationen mit Hilfe eines Pulsations-Frequenz-Signals zu überwachen. Die Erfindung zeichnet sich dabei dadurch aus, dass die Bandfrequenzen sehr scharf eingehalten werden, und die Signal-Durchlässigkeit innerhalb des Bandes bzw. die Signal-Blockierung außerhalb des Bandes beliebig ideal ist entsprechend der eingesetzten Systemleistung (zum Beispiel Rechnerleistung). Unter einem "Pulsations-Frequenz-Signal" wird im vorliegenden Zusammenhang ein Signal verstanden, das die Amplituden der Pulsationen (Ordinatenwerte) in Abhängigkeit der Frequenz (Abszissenwerte) darstellt. Aus einem derartigen Pulsations-Frequenz-Signal lassen sich vorbestimmte Überwachungsfrequenzbänder besonders einfach entnehmen. Des weiteren können die Frequenzbänder ideal schmal entsprechend eingesetzter Systemleistung (Rechnerleistung) ausgewählt werden, was es ermöglicht, bestimmte

Pulsationsfrequenzen gezielt und separat zu überwachen, ohne deren Amplituden zu verfälschen. Die Erfindung beruht dabei auch auf der Erkenntnis, dass störende oder kritische, also gefährliche Pulsationsfrequenzen relativ dicht neben harmlosen Pulsationsfrequenzen liegen können, so dass ein vergleichsweise breites Überwachungsfrequenzband systembedingt auch harmlose Pulsationsfrequenzen erfasst und dementsprechend nicht von den kritischen Pulsationsfrequenzen unterscheiden kann sowie eine Verfälschung, insbesondere Überhöhung, der Amplituden gewisser Pulsationsfrequenzen auftritt. Die Breite der Überwachungsfrequenzbänder kann bei einem Pulsations-Zeit-Signal mittels herkömmlicher Bandfilter (Tchebychev od. ä.) nicht beliebig klein gewählt werden. Dies wirkt sich aufgrund der technischen Merkmale dieser Bandfilter umso deutlicher aus, je größer die auszufilternden Frequenzen sind. Da die kritischen Pulsationsfrequenzen je nach Typ der Gasturbine, insbesondere bei mehr als 1 kHz liegen, sind die bei einem Pulsations-Zeit-Signal auswählbaren Überwachungsfrequenzbänder regelmäßig relativ breit. Im Unterschied dazu lassen sich die Überwachungsfrequenzbänder beim Pulsations-Frequenz-Signal ideal eng entsprechend eingesetzter Systemleistung wählen, so dass es insbesondere möglich ist, dicht benachbarte harmlose Pulsationsfrequenzen von der Pulsationsüberwachung auszugrenzen.

Weiterhin kann bei einer bevorzugten Ausführungsform eine dynamische Anpassung der Systemparameter (insbesondere Bandpassgrenzen, Zeitkonstanten etc.) an unterschiedliche Betriebszustände der Gasturbine, beispielsweise Normalbetrieb, Hochfahren, Ablasten, Brennstoffwechsel etc., erfolgen.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann ein Pulsationspegel, der innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands überwacht wird, durch den maximalen Pulsationswert im jeweiligen Überwachungsfrequenzband gebildet sein. Das heißt, innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands wird jeweils das Pulsationsmaximum (Peak) überwacht. Im Unterschied zu einer alternativ möglichen Summenbildung oder Integration bzw. allgemein einer Mittelwertbildung gewährleistet die Überwachung des Pulsationsmaximums, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich der Pegel der tatsächlich gefährlichen bzw. kritischen Pulsationsfrequenz beobachtet wird, was die Zuverlässigkeit der Überwachung verbessert.

Erfindungsgemäß wird der Pulsationspegel im Hinblick auf das Auftreten wenigstens einer vorbestimmten Auslösebedingung überwacht. Diese Überwachung basiert auf dem zeitlichen Verlauf des Pulsationspegels, also einem Pulsationspegel-Zeit-Signal.

Dementsprechend wird hier ein Pulsationspegel-Zeit-Signal generiert, das dann im Hinblick auf wenigstens eine Auslösebedingung überwacht wird.

[0010] Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung kann das Überwachungsfrequenzband bei einer Frequenzverschiebung des maximalen Pulsationswerts

dem maximalen Pulsationswert durch einen geeigneten Algorithmus nachgeführt werden, und zwar so, dass der maximale Pulsationspegel stets innerhalb des Überwachungsfrequenzbands verbleibt. Bei dieser Ausführungsform wird berücksichtigt, dass sich die dem jeweiligen Überwachungsfrequenzband zugeordnete kritische Pulsationsfrequenz verändern kann. Beispielsweise hängt die gemessene Pulsationsfrequenz von der Schallgeschwindigkeit am Entstehungsort der Pulsationen ab, die ihrerseits temperaturabhängig ist. Im Betrieb der Gasturbine kann sich insbesondere in deren Brennkammer die Temperatur verändern, was eine entsprechende Änderung der Schallgeschwindigkeit zur Folge hat und somit zu einer Verschiebung der kritischen Pulsationsfrequenzen führt. Andere Parameter, welche die Pulsationsfrequenz beeinflussen, sind beispielsweise die Gaszusammensetzung. Diese kann sich beispielsweise dadurch ändern, dass ein anderer Brennstoff verwendet wird und/oder ein anderes Brennstoff-Luft-Gemisch (λ -Wert) und/oder ein anderes Brennstoff-Wasser-Gemisch (Ω -Wert) eingestellt wird. Durch die automatische Nachführung des Überwachungsfrequenzbands kann die zu überwachende kritische Pulsationsfrequenz nicht aus dem Überwachungsfrequenzband hinauswandern. Dies führt dazu, dass mit Hilfe der Erfindung unnötigerweise ausgelöste Schutzaktionen, Steuerungsfehler oder Fehlinterpretationen der Druckpulsationen aufgrund oben genannter Veränderungen nicht mehr auftreten.

[0011] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung kann das erfindungsgemäße Signalverarbeitungsverfahren für den Maschinenschutz entsprechend einer Auslösestrategie verwendet werden. Diese Auslösestrategie kann sich dadurch kennzeichnen, dass sie mit einem Auslösezähler und mit einem Rückstellzähler arbeitet, wobei der Auslösezähler die Zeit, während der der jeweilige Pulsationspegel oberhalb eines vorbestimmten Pegelgrenzwerts liegt, auf den jeweils vorausgehenden Zählerstand aufsummiert. Die Auslösebedingung tritt dann auf und die vorbestimmte Schutzaktion wird dann gestartet, wenn der Auslösezähler einen vorbestimmten Auslösezählerstand erreicht. Im Unterschied dazu summiert der Rückstellzähler die Zeit, während der der jeweilige Pulsationspegel nicht oberhalb des zuvor genannten Pegelgrenzwerts liegt, jeweils auf einen auf Null gestellten Zählerstand auf. Des Weiteren wird immer dann der Zählerstand des Auslösezählers auf Null gestellt, sobald der Rückstellzähler einen vorbestimmten Rückstellzählerstand erreicht. Durch die erfindungsgemäße Auslösestrategie führen zum einen kritische Pulsationsfrequenzen, deren Amplitude für längere Zeit oberhalb des vorbestimmten Pegelgrenzwerts liegt, zum Auslösen der jeweiligen Schutzaktion. Zum anderen löst auch eine Abfolge von kritischen Pulsationsamplituden, die zwar jeweils nur relativ kurzzeitig auftreten, jedoch mit vergleichsweise kleinen Abständen aufeinander folgen, ebenfalls die jeweilige Schutzaktion aus. Andererseits wird der Auslösezähler auf Null zurückgestellt, wenn

während eines Zeitraums, der durch den vorbestimmten Rückstellzählerstand definiert ist, keine kritischen Pulsationsamplituden auftreten. Auf diese Weise können kurzzeitige, vorübergehende und unschädliche Störungen von ernsthaften Störungen des Pulsationsverhaltens unterschieden werden. Dementsprechend kann auch durch dieses Schutzverfahren ein unnötiges Abschalten der Gasturbine vermieden werden. Des Weiteren lassen sich mit diesem Schutzverfahren verschiedene Auslösebedingungen abdecken. Beispielsweise können die Zeiteinstellung und/oder der Triggerpegel für verschiedene Betriebszustände der Gasturbine, beispielsweise Normalbetrieb, Hochfahren, Abschalten, unterschiedlich gewählt werden. Durch die vorgeschlagene Kombination kann ein besonders effektiver Schutz der Gasturbine vor Beschädigungen durch Druckpulsationen erreicht werden.

[0012] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

- Fig. 1 ein Schaubild nach Art eines Flussdiagramms des erfindungsgemäßen Schutzverfahrens,
- Fig. 2 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch für einen anderen Bestandteil des Verfahrens,
- Fig. 3 eine schaltplanartige Prinzipdarstellung eines Steuerungssystems nach der Erfindung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0014] Entsprechend Fig. 1 umfasst eine Gasturbine 1 üblicherweise einen Verdichter 2, eine Brennkammer 3 sowie eine Turbine 4. In der Gasturbine 1, insbesondere in deren Brennkammer 3, können im Betrieb der Gasturbine 1 Druckpulsationen P auftreten. Diese Druckpulsationen oder kurz Pulsationen P werden z.B. im Bereich der Brennkammer 3 mit Hilfe einer geeigneten Sensorik 5 gemessen. Die Sensorik 5 kann dabei beispielsweise ein Mikrofon, einen dynamischen Druckübersetzer, einen piezoelektrischen Druckaufnehmer, einen piezoresistiven Druckaufnehmer oder eine sonstige zur Erfassung der Druckpulsationen geeignete Einrichtung aufweisen. Ebenso können die Druckpulsationen P beispielsweise indirekt über die Beschleunigung von Brennkammerkomponenten ermittelt werden. Die gemessenen Druckpulsationen P können beispielsweise mittels

eines geeigneten Verstärkers 6 aufbereitet werden, um daraus ein Pulsations-Zeit-Signal PZS zu generieren. Das Pulsations-Zeit-Signal PZS repräsentiert dabei die Abhängigkeit der Pulsation P von der Zeit t. In Fig. 1 ist dieser Zusammenhang durch ein Diagramm 7 visualisiert, bei dem die Pulsation P die Ordinate bildet, während die Zeit t die Abszisse bildet.

[0015] Bei der vorliegenden Erfindung wird nun das Pulsations-Zeit-Signal PZS in ein Pulsations-Frequenz-Signal PFS transformiert, das die Abhängigkeit der Pulsation P von der Frequenz f beinhaltet (Frequenzspektrum). Das so ermittelte Pulsations-Frequenz-Signal PFS ist in Fig. 1 durch ein Diagramm 8 visualisiert, dessen Ordinate durch die Pulsation P gebildet ist, und dessen Abszisse durch die Frequenz f gebildet ist. Das Pulsations-Frequenz-Signal PFS kann aus dem Pulsations-Zeit-Signal PZS mit Hilfe einer geeigneten mathematischen, insbesondere numerischen Methode, beispielsweise mit Hilfe eines Fourier-Transformators 9, hergeleitet werden, der hierzu eine entsprechende Fourier-Analyse durchführt. Die Fourier-Transformation ist in Fig. 1 durch ein Diagramm 10 symbolisch dargestellt. Der Fourier-Transformator 9 kann beispielsweise mittels FFT (Fast-Fourier-Transformation) oder mittels DFT (Diskrete-Fourier-Transformation) arbeiten. Dem Fourier Transformator 9 kann ein Gleichrichter 11, insbesondere ein RMS-Gleichrichter nachgeschaltet sein, wobei RMS für Root Mean Square steht (also quadratischer Mittelwert, hier Effektivsignalpegel).

[0016] Des Weiteren kann das Pulsations-Frequenz-Signal PFS zusätzlich aufbereitet werden. Beispielsweise können Störungen unterdrückt werden.

[0017] Innerhalb des Pulsations-Frequenz-Signals PFS wird wenigstens ein vorbestimmtes Überwachungsfrequenzband 12 überwacht. Vorzugsweise werden jedoch mehrere vorbestimmte Überwachungsfrequenzbänder 12 überwacht. Die Überwachungsfrequenzbänder 12 sind in einem weiteren Diagramm 13 mit geschweiften Klammern gekennzeichnet.

[0018] Erfindungsgemäß liegt in jedem Überwachungsfrequenzband 12 genau eine zu überwachende, kritische Pulsationsfrequenz.

[0019] Ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung wird darin gesehen, dass innerhalb des Pulsations-Frequenz-Signals PFS die Überwachungsfrequenzbänder 12 mit vergleichsweise kleinen Frequenzbandbreiten ausgewählt werden können. Hierdurch wird es ermöglicht, kritische, gefährliche Pulsationsfrequenzen klar von unkritischen, harmlosen Pulsationsfrequenzen zu trennen und somit zu unterscheiden, selbst wenn die harmlosen Pulsationsfrequenzen relativ dicht neben kritischen, gefährlichen Pulsationsfrequenzen liegen.

[0020] Für jedes vorbestimmte Überwachungsfrequenzband 12 wird ein Pulsationspegel PL ermittelt. Dieser Pulsationspegel PL korreliert dabei mit einer Pulsationsamplitude der überwachten Pulsationsfrequenz innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands 12.

[0021] Die Bestimmung des Pulsationspegels PL kann dabei auf unterschiedliche Weise erfolgen. Beispielsweise kann innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands 12 ein Mittelwert der im Überwachungsfrequenzband 12 auftretenden Pulsationsamplituden gebildet werden. Insbesondere können auch hier wieder Effektivwerte bzw. quadratische Mittelwerte gebildet werden. Die Mittelwertbildung eignet sich insbesondere dann für die Bestimmung des Pulsationspegels PL, wenn dem jeweiligen Überwachungsfrequenzband 12 mehr als eine vorbestimmte kritische Pulsationsfrequenz zugeordnet ist. Alternativ kann bei einer bevorzugten Ausführungsform innerhalb des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands 12 der Pulsationspegel PL dadurch bestimmt werden, dass für den Pulsationspegel PL jeweils der maximale Pulsationswert (Spitzenwert), der im jeweiligen Überwachungsfrequenzband 12 auftritt, verwendet wird. Dieser Zusammenhang ist im Diagramm 13 dargestellt. Die Pulsationsmaxima werden jeweils durch Spitzen (peaks) des Pulsations-Frequenz-Signals PFS gebildet und definieren dadurch den jeweiligen Pulsationspegel PL.

[0022] Erfindungsgemäß werden nun die Pulsationspegel PL im Hinblick auf das Auftreten wenigstens einer vorbestimmten Auslösebedingung überwacht. Diese Überwachung ist in Fig. 1 in einem weiteren Diagramm 14 wiedergegeben, das den zeitlichen Verlauf des Pulsationspegels PL darstellt. Dabei bildet im Diagramm 14 der Pulsationspegel PL die Ordinate, während die Abszisse durch die Zeit t gebildet ist. Das Diagramm 14 zeigt hier den zeitlichen Verlauf des Pulsationspegels PL, also ein Pulsationspegel-Zeit-Signal PLZS für ein einzelnes Überwachungsfrequenzband 12 und somit insbesondere für nur eine zu überwachende kritische Pulsationsfrequenz.

[0023] Dementsprechend wird hier ein Pulsationspegel-Zeit-Signal PLZS generiert, das dann im Hinblick auf die wenigstens eine Auslösebedingung überwacht wird. Dabei ist es grundsätzlich möglich, dieses Pulsationspegel-Zeit-Signal PLZS auf geeignete Weise aufzubereiten. Insbesondere kann auch hier eine Mittelwertbildung erfolgen, insbesondere durch Bestimmung des Effektivwerts.

[0024] Die Pulsationspegel PL werden für die verschiedenen Überwachungsfrequenzbänder 12 zweckmäßig unabhängig voneinander überwacht.

[0025] Als Auslösebedingung kann beispielsweise ein maximaler Pulsationspegel PL_{max} dienen. Sobald der Pulsationspegel PL den maximalen Pulsationspegel PL_{max} erreicht, liegt diese Auslösebedingung vor. Dies ist im Diagramm 14 durch den Schnittpunkt des Pulsationspegel-Zeit-Signals PLZS mit dem Maximalwert des Pulsationspegels PL_{max} gegeben, der in den Diagrammen 13 und 14 mit 15 bezeichnet ist. Der Schnittpunkt 15 repräsentiert somit das Auftreten der genannten Auslösebedingung, was erfindungsgemäß eine vorbestimmte Schutzaktion auslöst, die hier in den Diagrammen 13 und 14 durch einen Pfeil 16 symbolisiert ist. Diese

Schutzaktion 16 kann beispielsweise eine Zurücknahme der Brennstoffzufuhr und/oder eine Anfertigung des Brennstoff/Luft-Gemischs oder ein Abschalten der Brennkammer 3, aber auch lediglich eine Alarmierung des Operators sein. Ebenso sind andere Schutzreaktionen 16 oder Kombinationen derartiger Maßnahmen möglich.

[0026] Sofern - wie hier - der Pulsationspegel PL innerhalb der einzelnen Überwachungsfrequenzbänder 12 durch den darin auftretenden Spitzenwert (peak) gebildet ist, bietet sich gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform die Möglichkeit, das Überwachungsfrequenzband 12 nicht statisch festzulegen, sondern dieses dynamisch an Verschiebungen des maximalen Pulsationswerts, also hier des Pulsationspegels PL anzupassen. Dies erfolgt durch eine entsprechende Verschiebung des jeweiligen Überwachungsfrequenzbands 12, derart, dass der peak des Pulsations-Frequenz-Signals PFS innerhalb des Überwachungsfrequenzbands 12 verbleibt. Eine Verschiebung der zu überwachenden kritischen Pulsationsfrequenz entlang der Abszisse, also eine Frequenzverschiebung, tritt beispielsweise dann auf, wenn sich innerhalb der Brennkammer 3 zum Beispiel durch Temperaturänderung die Schallgeschwindigkeit verändert. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass die zu überwachende Pulsationsfrequenz aus dem Überwachungsfrequenzband 12 hinauswandert, selbst wenn für das Überwachungsfrequenzband 12 nur eine sehr kleine Frequenzbandbreite gewählt wird.

[0027] Zur Aufbereitung des Pulsations-Frequenz-Signals PFS ist es außerdem möglich, Harmonische auszublenzen. Beispielsweise wird hierzu beim Auftreten einer Pulsation in einem entsprechenden Prüfband zunächst überprüft, ob es sich hierbei um eine Harmonische einer Pulsation (Grundfrequenz, Basis) aus einem niedrigen Frequenzbereich handeln könnte. Ist dies der Fall, werden alle Harmonischen aus dem betrachteten Teil des Pulsations-Frequenz-Signals PFS gelöscht, das heißt, die Signalamplituden über den betreffenden Frequenzen auf Null gesetzt. Pulsationspegel werden somit nur dann bei der Überwachung berücksichtigt, wenn es sich bei der zugehörigen Pulsation eben nicht um eine Harmonische handelt. Denn die der Harmonischen zugrunde liegende Basispulsation wird ohnehin im eigenen Überwachungsfrequenzband 12 überwacht.

[0028] Entsprechend Fig. 2 kann die Überwachung des Pulsationspegel-Zeit-Signals PLZS bei der Erfindung auch dadurch erfolgen, dass zumindest eine andere Auslösebedingung eine spezielle Auslösestrategie aufweist. Diese Auslösestrategie arbeitet mit einem Auslösezähler AZ und mit einem Rückstellzähler RZ. In Fig. 2 sind nun drei Diagramme zusammengefasst, von denen das obere den zeitlichen Verlauf des Pulsationspegels PL wiedergibt, während das mittlere den zeitlichen Verlauf des Auslösezählers AZ zeigt, und das untere den zeitlichen Verlauf des Rückstellzählers RZ wiedergibt. Dementsprechend zeigt das obere Diagramm das Pulsationspegel-Zeit-Signal PLZS, während die unteren Diagramme ein Auslösezähler-Signal AZS bzw. ein Rück-

stellzähler-Signal RZS wiedergeben.

[0029] In das obere Diagramm ist außerdem ein Pegelgrenzwert PL_{limit} eingetragen. Dieser Pegelgrenzwert PL_{limit} kann kleiner sein als das Pulsationspegelmaximum PL_{max} aus dem Diagramm 14 gemäß Fig. 1. Während das Überschreiten bzw. das Erreichen des Pulsationspegelmaximums PL_{max} sofort die Schutzaktion 16 auslöst, führt das Erreichen bzw. Übersteigen des Pegelgrenzwerts PL_{limit} gemäß der im folgenden beschriebenen Auslösestrategie nicht sofort zum Auslösen der Schutzaktion 16. Dabei ist es grundsätzlich möglich, dass beide Auslösebedingungen nebeneinander bestehen.

[0030] Der Auslösezähler AZ zählt die Zeit, während welcher der Pulsationspegel PL oberhalb des Pegelgrenzwerts PL_{limit} liegt. Dabei summiert der Auslösezähler AZ diese Zeit immer auf einen vorausgehenden Zählerstand auf. Sobald der Auslösezähler AZ einen vorbestimmten Auslösezählerstand AZ_{limit} erreicht, tritt die Auslösebedingung auf. In der Regel wird dazu ein Auslösesignal (Flag) gesetzt, und die jeweilige Schutzaktion 16 wird gestartet.

[0031] Im Unterschied dazu zählt der Rückstellzähler RZ die Zeit, während der der Pulsationspegel PL unterhalb bzw. nicht oberhalb des Pegelgrenzwerts PL_{limit} liegt. Im Unterschied zum Auslösezähler AZ summiert der Rückstellzähler RZ jeweils auf einen auf Null gestellten Zählerstand auf. Sobald jedoch der Rückstellzähler RZ einen vorbestimmten Rückstellzählerstand RZ_{limit} erreicht, wird der Zählerstand des Auslösezählers AZ auf Null gestellt.

[0032] Diese Auslösestrategie wird im folgenden nochmals anhand des in Fig. 2 gezeigten Beispiels näher erläutert:

Zum Zeitpunkt t_0 beginnt die Überwachung. Der Pulsationspegel PL ist unterhalb des Pegelgrenzwerts PL_{limit} . In der Folge zählt der Rückstellzähler RZ beginnend vom Wert Null und summiert die Zeit auf. Zum Zeitpunkt t_1 übersteigt der Pulsationspegel PL den Pegelgrenzwert PL_{limit} . In der Folge beginnt der Auslösezähler AZ die Zeit zu zählen. Da zu Beginn der Auslösezählerstand im Beispiel den Wert Null aufweist, beginnt der Auslösezähler zum Zeitpunkt t_1 bei Null aufzusummieren. Zum Zeitpunkt t_2 fällt der Pulsationspegel PL wieder unter den Pegelgrenzwert PL_{limit} . In der Folge zählt der Auslösezähler AZ nicht weiter, während der Rückstellzähler RZ erneut von Null mit seiner Zeitzählung beginnt. Zum Zeitpunkt t_3 übersteigt der Pulsationspegel PL wieder den Pegelgrenzwert PL_{limit} ; der Auslösezähler AZ zählt weiter, wobei er auf den vorangehenden Zählerstand aufsummiert. Zum Zeitpunkt t_4 sinkt der Pulsationspegel PL wieder unter den Pegelgrenzwert PL_{limit} , so dass der Auslösezähler AZ nicht weiterzählt und der Rückstellzähler RZ wieder bei Null mit seiner Zeitzählung beginnt.

[0033] Zum Zeitpunkt t_5 übersteigt der Pulsationspegel PL wieder den Pegelgrenzwert PL_{limit} , so dass der Auslösezähler AZ wieder auf den vorigen Zählerstand aufsummiert. Zum Zeitpunkt t_6 erreicht der Zählerstand des

Auslösezählers AZ den Auslösezählerstand AZ_{limit} . Folglich liegt die Auslösebedingung vor und die Schutzaktion 16 wird gestartet. Beispielsweise wird ein Alarm ausgegeben oder für die Dauer der Schutzaktion 16 die Brennstoffzuführung zur Brennkammer 3 verändert. Im mittleren Diagramm ist außerdem der Status der Schutzaktion 16 eingetragen, wobei hier vereinfacht nur zwischen einem Aus-Zustand und einem Ein-Zustand unterschieden wird. Der Verlauf des Schutzaktionsstatus ist dabei in Fig. 2 mit SAZ bezeichnet. Zum Zeitpunkt t_6 wird somit vom Aus-Zustand in den Ein-Zustand umgeschaltet.

[0034] Durch die Schutzaktion 16 sinkt der Pulsationspegel PL wieder und unterschreitet zum Zeitpunkt t_7 den Pegelgrenzwert PL_{limit} . In der Folge beginnt der Rückstellzähler RZ wieder von Null an, die Zeit aufzusummieren. Zum Zeitpunkt t_8 erreicht der Rückstellzähler RZ einen mit RZ_{SAZ} bezeichneten Zählerstand. Bei diesem Zählerstand RZ_{SAZ} wird zum einen der Schutzaktionsstatus geändert, das heisst, vom Ein-Zustand auf den Aus-Zustand umgeschaltet. Zum anderen wird gleichzeitig der Auslösezähler AZ auf Null zurückgestellt.

[0035] Zum Zeitpunkt t_9 erreicht der Rückstellzähler RZ zwar den Rückstellzählerstand RZ_{limit} , der an sich den Zählerstand des Auslösezählers AZ auf Null zurückstellt, dies ist jedoch im vorliegenden Fall bereits geschehen, da zuvor eine Schutzaktion 16 ausgelöst und beendet wurde. Dementsprechend ist hier der zugehörige Zählerstand RZ_{SAZ} kleiner gewählt als der Rückstellzählerstand RZ_{limit} .

[0036] Zum Zeitpunkt t_{10} überschreitet der Pulsationspegel PL erneut den Pegelgrenzwert PL_{limit} , so dass der Auslösezähler AZ erneut beginnt, die Zeit zu zählen. Dabei startet der Auslösezähler AZ diesmal aufgrund der zuvor erfolgten Rückstellung von dem Wert Null.

[0037] Zum Zeitpunkt t_{11} sinkt der Pulsationspegel PL wieder unter den Pegelgrenzwert PL_{limit} . Somit zählt der Auslösezähler AZ nicht weiter, während der Rückstellzähler RZ von neuem bei Null beginnt zu zählen. Zum Zeitpunkt t_{12} erreicht der Rückstellzähler RZ seinen Rückstellzählerstand RZ_{limit} , was eine Rückstellung des Zählerstands des Auslösezählers AZ auf den Wert Null auslöst. Zum Zeitpunkt t_{13} beginnt somit der Auslösezähler AZ wieder bei Null, wenn der Pulsationspegel PL den Pegelgrenzwert PL_{limit} überschreitet. Zum Zeitpunkt t_{14} sinkt der Pulsationspegel PL wieder unter den Pegelgrenzwert PL_{limit} . Während der Zählerstand des Auslösezählers AZ gehalten wird, beginnt der Rückstellzähler RZ wieder von Null zu zählen. Zum Zeitpunkt t_{15} erreicht der Rückstellzähler RZ seinen Rückstellzählerstand RZ_{limit} , was ein Rücksetzen des Auslösezählers AZ bewirkt. Gleichzeitig erreicht der Pulsationspegel PL zu diesem Zeitpunkt t_{15} wieder seinen Pegelgrenzwert PL_{limit} , was sofort ein Zählen des Auslösezählers AZ auslöst. Zum Zeitpunkt t_{16} sinkt der Pulsationspegel PL wieder unter den Pegelgrenzwert PL_{limit} . Der aufsummierte Zählerstand des Auslösezählers AZ wird gehalten, während der Rückstellzähler RZ erneut von Null an

beginnt, die Zeit zu zählen.

[0038] Entsprechend Fig. 3 kann ein Steuerungssystem 17 der Gasturbine 1 eine Pulsationsmesseinrichtung 18, eine Pulsationsauswerteeinrichtung 19 sowie eine Steuereinrichtung 20 aufweisen. Des weiteren können auch eine Kontrolleinrichtung 21 sowie gegebenenfalls ein Anzeige- und/oder Diagnosesystem 22 vorgesehen sein.

[0039] Die Pulsationsmesseinrichtung 18 umfasst eine Sensorik 5 und den Signalverstärker 6 und kann darüber hinaus über eine galvanische Trenneinrichtung 23 verfügen. Die Pulsationsmesseinrichtung 18 dient somit zum Messen der Druckpulsationen P an der Gasturbine 1, insbesondere in deren Brennkammer 3. Des weiteren generiert die Pulsationsmesseinrichtung 18 das Pulsations-Zeit-Signal PZS.

[0040] Die Pulsationsauswerteeinrichtung 19 umfasst beispielsweise ein Tiefpassfilter 24, einen analogen Eingang 25, einen analogen Ausgang 26, sowie einen digitalen Eingang 27 und einen digitalen Ausgang 28. Die Ein- und Ausgänge 25 bis 28 sind dabei in einen Rechner 29 eingebunden, der eine Echtzeitverarbeitung des Pulsations-Zeit-Signals PZS ermöglicht. Somit kann die Pulsationsauswerteeinrichtung 19 das Pulsations-Zeit-Signal PZS in das Pulsations-Frequenz-Signal PFS transformieren, aus dem Pulsations-Frequenz-Signal PFS für wenigstens ein vorbestimmtes Überwachungsfrequenzband 12 den Pulsationspegel PL ermitteln, diesen Pulsationspegel PL im Hinblick auf das Auftreten wenigstens einer vorbestimmten Auslösebedingung überwachen und beim Auftreten dieser wenigstens einen Auslösebedingung ein Auslösesignal generieren. Die Übertragung des Pulsations-Zeit-Signal PZS zwischen der Pulsationsmesseinrichtung 18 und der Pulsationsauswerteeinrichtung 19 kann dabei durch eine galvanisch entkoppelte Verbindung 30 erfolgen, das heisst, ohne direkten elektrischen Kontakt. Beispielsweise erfolgt die Signalübertragung optisch oder über einen Transformator. Die galvanische Entkopplung wird hier durch die galvanische Trenneinrichtung 23 erreicht.

[0041] Die Steuereinrichtung 20 steuert zum einen den normalen Betrieb der Gasturbine 1 und ermöglicht durch ihre Einbindung in das Steuerungssystem 17 die Durchführung vorbestimmter Schutzaktionen, sofern das jeweilige Auslösesignal vorliegt. Dieses Auslösesignal erhält die Steuereinrichtung 20 von der Pulsationsauswerteeinrichtung 19, insbesondere von deren Rechner 29. Die Steuereinrichtung 20 kann aber auch die Pulsationspegel PL der Überwachungsbänder über den analogen Ausgang 26 erhalten und selbst die Evaluierung des Auslösesignals gemäß Fig. 2 durchführen.

[0042] Die Kontrolleinrichtung 21 kann über eine Netzwerkverbindung 31 und über einen Netzwerkcontroller 32 mit dem Rechner 29 der Pulsationsauswerteeinrichtung 19 kommunizieren. Die Kontrolleinrichtung 21 kann beispielsweise die Pulsationsüberwachung, die mit Hilfe der Pulsationsauswerteeinrichtung 19 durchgeführt wird, konfigurieren, visualisieren und/oder speichern. Des wei-

teren ist die Kontrolleinrichtung 21 hier mit dem Anzeige- und/oder Diagnosesystem 22 gekoppelt, zum Beispiel über Internet 33, was beispielsweise eine Auswertung des Langzeitbetriebs der Gasturbine 1 ermöglicht. Insbesondere kann diese Auswertung für mehrere verschiedene Gasturbinen 1, die global verteilt sein können, zentral erfolgen.

Bezugszeichenliste

[0043]

1	Gasturbine
2	Verdichter
3	Brennkammer
4	Turbine
5	Sensorik
6	Verstärker
7	Diagramm
8	Diagramm
9	Fourier transformator
10	Diagramm
11	RMS-Gleichrichter
12	Überwachungsfrequenzband
13	Diagramm
14	Diagramm
15	Schnittpunkt
16	Schutzaktion
17	Steuerungssystem
18	Pulsationsmesseinrichtung
19	Pulsationsauswerteeinrichtung
20	Steuereinrichtung
21	Kontrolleinrichtung
22	Anzeige- und/oder Diagnosesystem
23	galvanischer Separator
24	Tiefpassfilter
25	Analogeingang
26	Analogausgang
27	Digitaleingang
28	Digitalausgang
29	Rechner
30	galvanisch entkoppelte Verbindung
31	Netzwerkverbindung
32	Netzwerkcontroller
33	Internet
P	Pulsation
Z	Zeit
PZS	Pulsations-Zeit-Signal
F	Frequenz
PFS	Pulsations-Frequenz-Signal
PL	Pulsationspegel
PL _{max}	Pulsationsmaximalwert
PLZS	Pulsationspegel-Zeit-Signal
PL _{limit}	Pegelgrenzwert
AZ	Auslösezähler
AZ _{limit}	Auslösezählerstand
AZS	Auslösezähler-Zeit-Signal
RZ	Rückstellzähler

RZ _{limit}	Rückstellzählerstand	
RZS	Rückstellzähler-Zeit-Signal	
SAZ	Schutzaktionszustand	
RZ _{SAZ}	bestimmter Zählerstand des Rückstellzählers	
t ₀ - t ₁₆	bestimmte Zeitpunkte	5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schützen einer Gasturbine (1) vor Beschädigungen durch Druckpulsationen (P),

- bei dem im Betrieb der Gasturbine (1) auftretende Druckpulsationen (P) gemessen werden,
 - bei dem aus den gemessenen Druckpulsationen (P) ein Pulsations-Zeit-Signal (PZS) generiert wird,
 - bei dem das Pulsations-Zeit-Signal (PZS) in ein Pulsations-Frequenz-Signal (PFS) transformiert wird,
 - bei dem aus dem Pulsations-Frequenz-Signal (PFS) für wenigstens ein vorbestimmtes Überwachungsfrequenzband (12) ein Pulsationspegel (PL) ermittelt wird,
 - bei dem der Pulsationspegel (PL) im Hinblick auf das Auftreten wenigstens einer vorbestimmten Auslösebedingung überwacht wird, wobei
 aus dem Pulsationspegel (PL) ein Pulsationspegel-Zeit-Signal (PLZS) generiert wird, das im Hinblick auf die wenigstens eine Auslösebedingung überwacht wird und
 - bei dem Auftreten der wenigstens einen Auslösebedingung eine vorbestimmte Schutzaktion (16) durchgeführt wird,
dadurch gekennzeichnet.
 - **dass** das jeweilige Überwachungsfrequenzband (12) so bestimmt ist, dass genau eine vorbekannte kritische Pulsation (P) bei ihrem Auftreten mit ihrer Pulsationsfrequenz in diesem Überwachungsfrequenzband (12) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Pulsationspegel (PL) durch Summenbildung oder Integration und/oder durch Mittelwertbildung der Pulsationswerte (P) im jeweiligen Überwachungsfrequenzband (12) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Pulsationspegel (PL) durch den maximalen Pulsationswert (P) im jeweiligen Überwachungsfrequenzband (12) gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Überwachungsfrequenzband (12) bei ei-

ner Frequenzverschiebung des maximalen Pulsationswerts (P) dem maximalen Pulsationswert (P) nachgeführt wird, so dass der maximale Pulsationswert (P) innerhalb des Überwachungsfrequenzbands (12) verbleibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Pulsationspegel-Zeit-Signal (PLZS) durch Mittelwertbildung aufbereitet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Transformation vom Pulsations-Zeit-Signal (PZS) in das Pulsations-Frequenz-Signal (PFS) mittels einer numerisch-mathematischen Transformation, insbesondere mittels einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) oder mittels einer Diskrete-Fourier-Transformation (DFT), durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** beim Auftreten einer Pulsation (P) überprüft wird, ob es sich bei dieser Pulsation (P) um eine Harmonische einer Pulsation (P) aus einem tieferen Frequenzbereich handelt,
 - bei dem der zugehörige Pulsationspegel (PL) nur dann überwacht wird, wenn es sich bei der zugehörigen Pulsation (P) nicht um eine solche Harmonische handelt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Auftreten der wenigstens einen Auslösebedingung für jedes Überwachungsfrequenzband (12) separat überwacht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** die wenigstens eine Auslösebedingung eine Auslösestrategie aufweist, die mit einem Auslösezähler (AZ) und mit einem Rückstellzähler (RZ) arbeitet,
 - **dass** der Auslösezähler (AZ) die Zeit (t), während der der jeweilige Pulsationspegel (PL) oberhalb eines vorbestimmten Pegelgrenzwerts (PL_{limit}) liegt, auf den jeweils vorausgehenden Zählerstand aufsummiert,
 - **dass** die Auslösebedingung auftritt und die vorbestimmte Schutzaktion (16) gestartet wird, sobald der Auslösezähler (AZ) einen vorbestimmten Auslösezählerstand (AZ_{limit}) erreicht,
 - **dass** der Rückstellzähler (RZ) die Zeit (t), während der der jeweilige Pulsationspegel (PL) nicht oberhalb des Pegelgrenzwerts (PL_{limit}) liegt, jeweils auf einen auf Null gestellten Zählerstand

aufsummiert,

- **dass** der Zählerstand des Auslösezählers (AZ) auf Null gestellt wird, sobald der Rückstellzähler (RZ) einen vorbestimmten Rückstellzählerstand (RZ_{limit}) erreicht.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schutzaktion (16) beendet wird und der Zählerstand des Auslösezählers (AZ) auf Null gestellt wird, wenn der Rückstellzähler (RZ) während der Schutzaktion (16) einen vorbestimmten Zählerstand (RZ_{SAZ}) erreicht.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass der besagte vorbestimmte Zählerstand (RZ_{SAZ}) kleiner ist als der Rückstellzählerstand (RZ_{limit}).

Claims

1. Method for protecting a gas turbine (1) from damage due to pressure pulsations (P),

- wherein pressure pulsations (P) occurring during operation of the gas turbine (1) are measured,

- wherein a pulsation time signal (PZS) is generated from the measured pressure pulsations (P),

- wherein the pulsation time signal (PZS) is transformed into a pulsation frequency signal (PFS),

- wherein a pulsation level (PL) for at least one predefined monitoring frequency band (12) is determined from the pulsation frequency signal (PFS),

- wherein the pulsation level (PL) is monitored with regard to the occurrence of at least one predefined trigger condition,

- wherein a pulsation level time signal (PLZS) is generated from the pulsation level (PL) and monitored with regard to the at least one trigger condition, and a predefined protective action (16) is performed on occurrence of the at least one trigger condition,

characterised in that the respective monitoring frequency band (12) is determined such that precisely one previously known critical pulsation (P), on its occurrence with its pulsation frequency, lies in this monitoring frequency band (12).

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the pulsation level (PL) is determined by summation or integration and/or by mean value formation of the

pulsation values (P) in the respective monitoring frequency band (12).

3. Method according to claim 1, **characterised in that** the pulsation level (PL) is formed by the maximum pulsation value (P) in the respective monitoring frequency band (12).

4. Method according to claim 3, **characterised in that** on a frequency shift of the maximum pulsation value (P), the monitoring frequency band (12) tracks the maximum pulsation value (P) so that the maximum pulsation value (P) remains within the monitoring frequency band (12).

5. Method according to claim 1, **characterised in that** the pulsation time signal (PLZS) is prepared by mean value formation.

6. Method according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** the transformation of the pulsation time signal (PZS) into the pulsation frequency signal (PFS) takes place by means of a numerical-mathematical transformation, in particular by means of a fast Fourier transformation (FFT) or by means of a discrete Fourier transformation (DFT).

7. Method according to any of claims 1 to 6, **characterised in that**

- on occurrence of a pulsation (P), it is checked whether this pulsation (P) is a harmonic of a pulsation (P) from a lower frequency range,

- wherein the associated pulsation level (PL) is monitored only if the associated pulsation (P) is not such a harmonic.

8. Method according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** the occurrence of the at least one trigger condition is monitored separately for each monitoring frequency band (12).

9. Method according to any of claims 1 to 8, **characterised in that**

- the at least one trigger condition has a trigger strategy which works with a trigger counter (AZ) and a reset counter (RZ),

- the trigger counter (AZ) adds the time (t), during which the respective pulsation level (PL) lies above a predefined pulsation limit value (PL_{limit}), to the respective preceding counter status,

- the trigger condition occurs and the predefined protective action (16) is started as soon as the trigger counter (AZ) reaches a predefined trigger counter status (AZ_{limit}),

- the reset counter (RZ) adds the time (t), during which the respective pulsation level (PL) does

not lie above the predefined pulsation limit value (PL_{limit}) to a respective counter status set to zero,
 - the counter status of the trigger counter (AZ) is set to zero as soon as the reset counter (RZ) reaches a predefined reset counter status (RZ_{limit}).

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the protective action (16) is ended and the counter status of the trigger counter (AZ) is set to zero when the reset counter (RZ) reaches a predefined counter status (RZ_{SAZ}) during the protective action (16).

11. Method according to claim 10, **characterised in that** said predefined counter status (RZ_{SAZ}) is lower than the reset counter status (RZ_{limit}).

Revendications

1. Procédé de protection d'une turbine à gaz (1) des endommagements par des pulsations de pression (P),

- dans lequel les pulsations de pression (P) survenant lors du fonctionnement de la turbine à gaz (1) sont mesurées,
- dans lequel, à partir des pulsations de pression (P) mesurées, un signal pulsation-temps (PZS) est généré,
- dans lequel le signal pulsation-temps (PZS) est transformé en un signal pulsation-fréquence (PFS),
- dans lequel, à partir du signal pulsation-fréquence (PFS), pour au moins une bande de fréquences de surveillance (12), un niveau de pulsation (PL) est déterminé,
- dans lequel le niveau de pulsation (PL) est surveillé en ce qui concerne l'apparition d'au moins une condition de déclenchement prédéterminée,

un signal niveau de pulsation-temps (PLZS) étant généré à partir du niveau de pulsation (PL), qui est surveillé en ce qui concerne l'au moins une condition de déclenchement et

- lors de l'apparition de l'au moins une condition de déclenchement, une action de protection prédéterminée (16) est effectuée,

caractérisé en ce que

- la bande de fréquence de surveillance (12) correspondante est déterminée de façon à ce qu'exactly une pulsation critique (P) déjà connue se trouve, lors de son apparition, avec

sa fréquence de pulsation, dans cette bande de fréquence de surveillance (12).

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le niveau de pulsation (PL) est déterminé par la production d'une somme ou une intégration et/ou par la production d'une moyenne des valeurs de pulsation (P) dans la bande de fréquence de surveillance (12) correspondante.

3. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le niveau de pulsation (PL) est produit par la valeur de pulsation maximale (P) dans la bande de fréquence de surveillance (12) correspondante.

4. Procédé selon la revendication 3,

caractérisé en ce que

la bande de fréquence de surveillance (12) est asservie, lors d'un décalage de fréquence de la valeur de pulsation maximale (P), à la valeur de pulsation maximale (P), de façon à ce que la valeur de pulsation maximale (P) reste à l'intérieur de la bande de fréquence de surveillance (12).

5. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le signal niveau de pulsation-temps (PLZS) est traité par la production d'une valeur moyenne.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,

caractérisé en ce que

la transformation du signal pulsation-temps (PZS) en signal pulsation-fréquence (PFS) est effectuée au moyen d'une transformation numérique-mathématique, plus particulièrement au moyen d'une transformation de Fourier rapide (FFT) ou au moyen d'une transformation de Fourier discrète (DFT).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,

caractérisé en ce que

- lors de l'apparition d'une pulsation (P), il est vérifié si cette pulsation (P) est une harmonique d'une pulsation (P) provenant d'une plage de fréquence plus basse,
- dans lequel le niveau de pulsation (PL) correspondante n'est surveillé que si la pulsation (P) correspondante n'est pas une telle harmonique.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,

caractérisé en ce que

l'apparition de l'au moins une condition de déclenchement est surveillée séparément pour chaque bande de fréquence de surveillance (12).

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8,

caractérisé en ce que

- l'au moins une condition de déclenchement comprend une stratégie de déclenchement qui fonctionne avec un compteur de déclenchement (AZ) et avec un compteur de réinitialisation (RZ), 5
- le compteur de déclenchement (AZ) cumule le temps (t) pendant lequel le niveau de pulsation (PL) se trouve au-dessus d'une valeur limite de niveau (PL_{limit}) prédéterminée, sur l'état du compteur précédent, 10
- la condition de déclenchement apparaît et l'action de protection (16) prédéterminée est démarrée dès que le compteur de déclenchement (AZ) atteint un état du compteur de déclenchement (AZ_{limit}) prédéterminé, 15
- le compteur de réinitialisation (RZ) cumule le temps (t) pendant lequel le niveau de pulsation (PL) correspondant ne se trouve pas au-dessus de la valeur limite de niveau (PL_{limit}), sur un état du compteur réglé à zéro, 20
- l'état du compteur de déclenchement (AZ) est réglé à zéro dès que le compteur de réinitialisation (RZ) atteint un état de compteur de réinitialisation (RZ_{limit}) prédéterminé. 25

10. Procédé selon la revendication 9,**caractérisé en ce que**

l'action de protection (16) est terminée et l'état du compteur de déclenchement (AZ) est réglé à zéro 30
 lorsque le compteur de réinitialisation (RZ) atteint un état de compteur (RZ_{SAZ}) prédéterminé pendant l'action de protection (16).

11. Procédé selon la revendication 10,**caractérisé en ce que**

ledit état de compteur (RZ_{SAZ}) prédéterminé est inférieur à l'état du compteur de réinitialisation (RZ_{limit}). 40

45

50

55

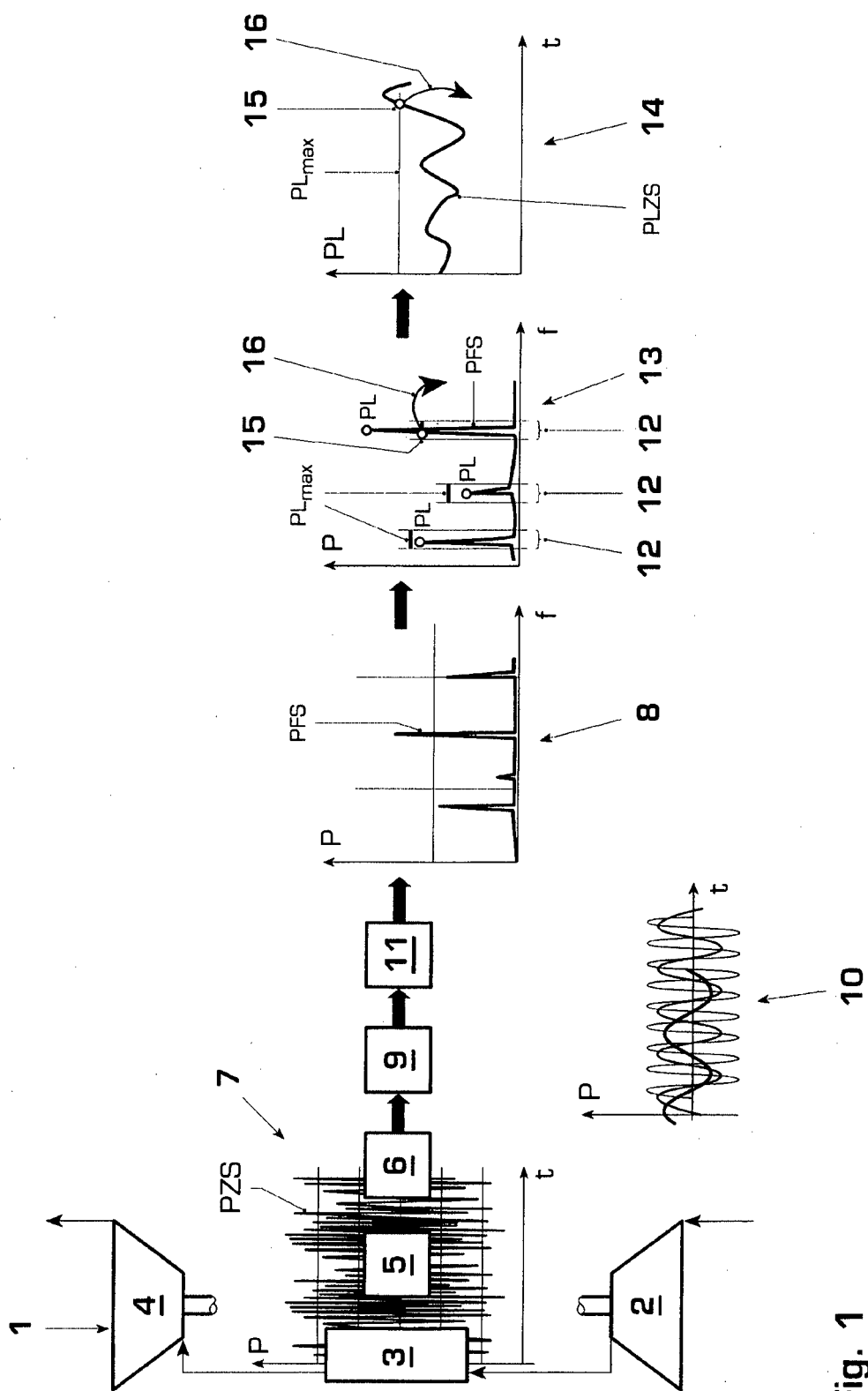


Fig. 1

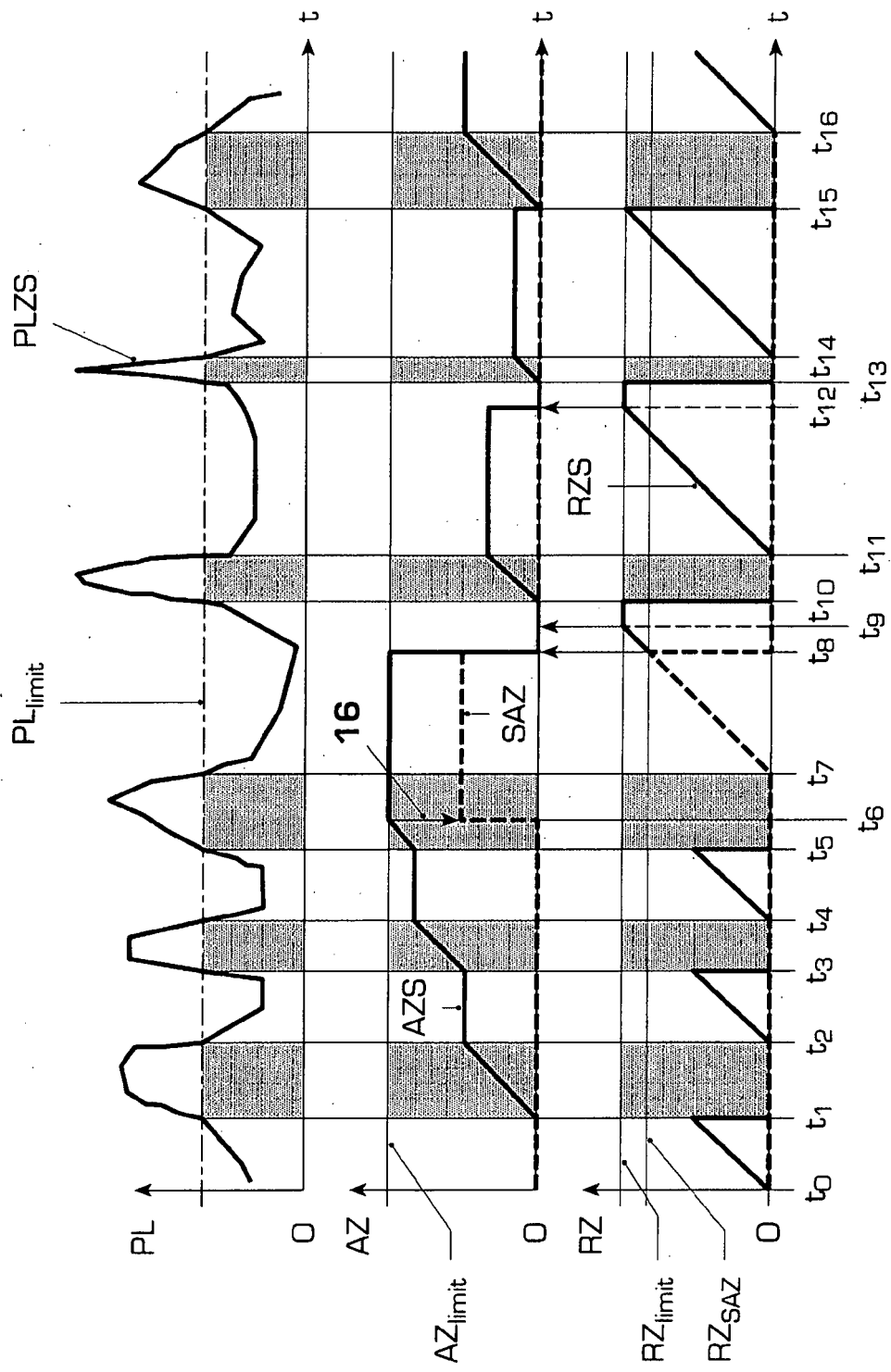


Fig. 2

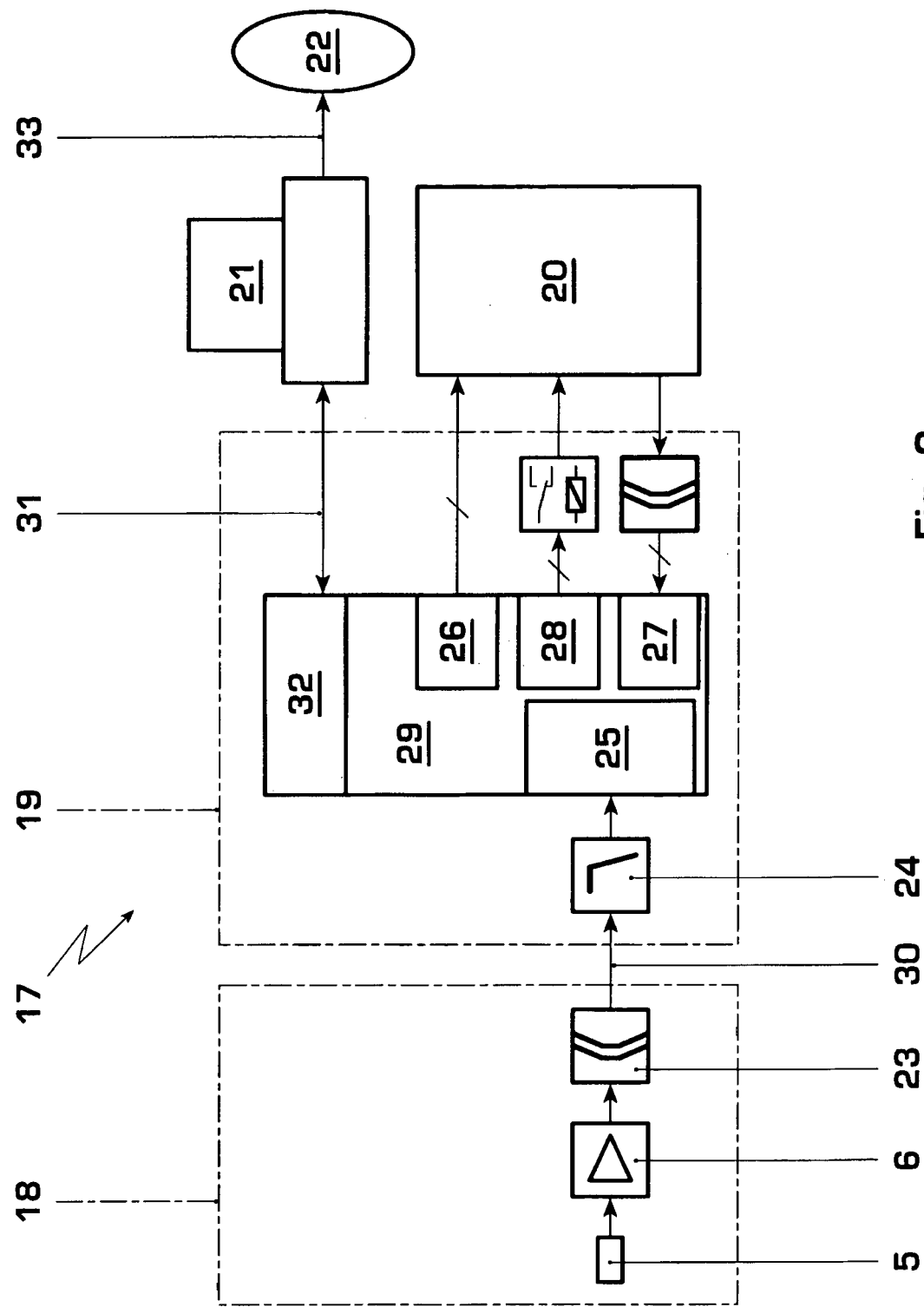


Fig. 3

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 1327824 A [0004]
- US 2004194468 A1 [0004]