



(10) **DE 10 2011 054 587 A1** 2012.04.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 587.5**

(22) Anmeldetag: **18.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **19.04.2012**

(51) Int Cl.: **G01M 15/14 (2011.01)**
G01B 21/16 (2011.01)

(30) Unionspriorität:
12/907,548 **19.10.2010** **US**

(71) Anmelder:
**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

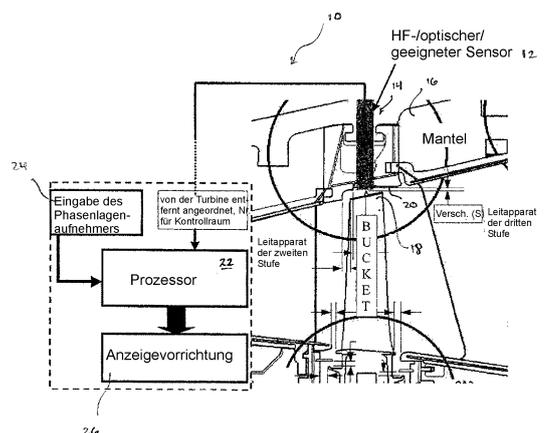
(72) Erfinder:
PG, KrishnaKumar, Bangalore, Karnataka, IN;
Tragesser, Daniel Howard, Greenville, S.C.,
US; Dugar, Saurav, Bangalore, Karnataka, IN;
Pawlowski, Joseph Vincent, Phoenix, AZ, US

(74) Vertreter:
Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Messung der Auslenkung eines Turbinenschaufelspitzendeckbands**

(57) Zusammenfassung: Ein Messsystem misst einen Spalt zwischen mehreren umlaufenden Schaufelspitzen (18) und einer stationären Manteloberfläche (16, 20). Das System enthält einen Sensor (12), der an der Manteloberfläche gesichert ist, wobei der Sensor einen Abstand zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche erfasst, und einen Phasenlagenaufnehmer (24), der jede der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen indexiert. Ein Prozessor (22) empfängt Daten von dem Sensor und dem Phasenlagenaufnehmer und berechnet eine Verschiebung gegen jede der mehreren Laufschaufeln. Der Prozessor bestimmt eine Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen.



Beschreibung**HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung betrifft Gasturbinen und insbesondere ein System und Verfahren zur Messung der Kriechverformung einer Turbinenschaufel und zur Bestimmung einer Zeit bis zum Schaufelaustausch.

[0002] Bestimmte Gasturbinen erfahren eine nach außen gerichtete radiale Verformung, die auf einen Kriechvorgang in Turbinenschaufeln zurückzuführen ist. Turbinenschaufeln sind einer Hochtemperaturumgebung und Betriebsbelastungen ausgesetzt, die zu einer Auslenkung bzw. Verformung des Spitzendeckbands führen können. Eine nach außen gerichtete radiale Kriechauslenkung bzw. -verformung des Schaufelspitzendeckbands kann zum Loslösen des Schaufelspitzendeckbands führen, was Einbuße der aeromechanischen Schwingungsdämpfung und möglicherweise eine Schaufelablösung zur Folge haben kann.

[0003] Die derzeitige Methodik, die verwendet wird, um das radiale Kriechen eines Spitzendeckbands zu berechnen, erfordert ein Abschalten der Einheit und einen Prozess, der eine Boroskopinspektion umfasst. Das Boroskop nimmt schrittweise einen Messwert für alle Laufschaufeln an dem Rad auf (wobei in einer beispielhaften Turbine 92 Laufschaufeln auf dem Laufrad der zweiten Stufe und der dritten Stufe vorhanden sind). Ein Problem der derzeitigen Methodik besteht darin, dass die Inspektion ein Abschalten der Einheit erfordert, was beträchtliche Kosten und Einbuße bei der Energieerzeugung zur Folge haben kann.

[0004] Es wäre wünschenswert, dass ein System die durch radiales Kriechen bedingte Schaufellebensdauer berechnet, ohne ein Abschalten der Einheit zu erfordern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0005] In einer beispielhaften Ausführungsform enthält ein Verfahren zum Messen eines Spalts zwischen mehreren umlaufenden Schaufelspitzen und einer stationären Manteloberfläche die Schritte: (a) Erfassen eines Abstands zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche; (b) Indexieren jeder der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen mit einem Phasenlagenaufnehmer (Keyphasor); (c) Berechnen einer Verschiebung gegenüber jeder der mehreren Laufschaufeln; (d) Bestimmen einer Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen.

[0006] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform misst ein Messsystem einen Spalt zwischen

mehreren umlaufenden Schaufelspitzen und einer stationären Manteloberfläche während eines Betriebs einer Turbine. Das System enthält einen Sensor, der an der Manteloberfläche gesichert ist, wobei der Sensor einen Abstand zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche erfasst, und einen Phasenlagenaufnehmer (Keyphasor), der jede der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen indexiert. Ein Prozessor empfängt Daten von dem Sensor und dem Phasenlagenaufnehmer und berechnet eine Verschiebung gegen jede der mehreren Laufschaufeln. Der Prozessor bestimmt einen Eingriffswert auf der Basis der Spitzendicke und der Welle, und der Prozessor bestimmt eine Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Laufschaufelspitzen und des Eingriffswertes.

[0007] In einer noch weiteren beispielhaften Ausführungsform enthält ein Verfahren die Schritte: (a) Erfassen eines Abstands zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche; (b) Indexieren jeder der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen mit einem Phasenlagenaufnehmer (Keyphasor); (c) Berechnen einer Verschiebung (S) gegen jede der mehreren Laufschaufeln; (d) Bestimmen eines Eingriffswertes (E) auf der Basis einer Spitzendicke (T_k) und der Verschiebung gemäß $E = T_k - S$; und (e) Bestimmen einer Zeit bis zum Schaufelaustausch (T) auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer (T_p) der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen und des Eingriffswertes gemäß $T = T_p - E$.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm des durch das Messsystem durchgeführten Verfahrens;

[0009] Fig. 2 zeigt eine Laufschaufelspitze, die einem Kriechvorgang unterlegen ist, und die Datennotationen zur Berechnung eines Eingriffswertes; und

[0010] Fig. 3 zeigt eine schematisierte Zeichnung, die das Messsystem veranschaulicht.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0011] Das Verfahren und das System der beschriebenen Ausführungsformen ermitteln den Spalt zwischen umlaufenden Schaufelspitzen an einem Turbinenlaufrad und einer stationären Manteloberfläche unter Verwendung eines geeigneten Sensors. Beispielhafte Sensoren umfassen HF-Sensoren, optische Sensoren oder Lasersensoren, wobei Fachleute auf dem Gebiet andere geeignete Sensoren in Erwägung ziehen werden. Optische Sensoren können mit einer verbesserten Linsenköhltechnologie modifiziert werden, um eine Beschädigung an den Linsen zu verhindern oder zu minimieren.

[0012] Unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) enthält das System **10** einen Sensor **12**, der in einer Öffnung **14** eines Mantels **16** gesichert ist. Der Mantel **16** kann entworfen sein, um Beschädigungen aufgrund von Schmutz, Öl oder anderen unerwünschten Ablagerungen zu vermeiden. Vorzugsweise ist der Sensor **14** an entweder einem oberen Totpunkt oder einem unteren Totpunkt der Turbine gesichert. Der Mantelblock ist in geeigneter Weise modifiziert, um sicherzustellen, dass sich der Sensor **12** derart positionieren lässt, dass er den Spalt zwischen den umlaufenden Schaufelspitzen **18** und einer ihnen zugewandten Oberfläche **20** des Mantels **16** messen kann.

[0013] Der Sensor **12** kommuniziert mit einem Prozessor **22**, der Berechnungen durchführt, um einen Zeitpunkt für den Schaufelaustausch zu bestimmen. Eine als Keyphasor bezeichnete Phasenlagenaufnahmereinrichtung **24** indexiert jede der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen **18**, und der Prozessor berechnet eine Verschiebung gegen jede der mehreren Laufschaufeln **18** mit Hilfe der Eingangsdaten von dem Sensor **12** und dem Phasenlagenaufnehmer **24**. Die Messungen können auf relativer Basis von Laufschaufel zu Laufschaufel oder einer zeitbasierten, schaufelspezifischen Auslenkungsbasis durchgeführt werden. Der Prozessor **22** kommuniziert ferner mit einer Anzeigevorrichtung **26** zur Anzeige der Zeit bis zum Schaufelaustausch.

[0014] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) werden die durch den Prozessor **22** durchgeführten Operationen beschrieben. In Schritt S1 führt der Phasenlagenaufnehmer (Keyphasor) **24** Daten dem Prozessor zu, um eine Laufschaufelnummerierung zu unterstützen. Demgemäß misst der Prozessor in Schritt S2 die Verschiebung oder die Stufe (S) für jede Laufschaufel mit den Eingangsdaten von dem Sensor **12**. Der Wert des Abstands zwischen der Laufschaufel **18** und der gegenüberliegenden Oberfläche **20** des Mantels **16** kann genommen werden, um die Verschiebung (S) zu interpretieren. Das System setzt den Phasenlagenaufnehmer **24** wirksam ein, um eine Laufschaufelindexierung zu unterstützen und die Verschiebung (S) der entsprechenden Laufschaufel zuzuweisen.

[0015] In einer beispielhaften Ausführungsform bestimmt der Prozessor **22** einen Eingriffswert (E) auf der Basis einer Spitzenmanteldicke (Tk) und der Verschiebung (S). Der Prozessor **22** soll die Einrichtung haben, um die Spitzenmanteldicke (Tk) als eine Eingangsgröße entgegenzunehmen oder die Spitzenmanteldickenwerte (Tk) in seinem Speicher zu speichern. Zu zusätzlichen Eingangsdaten für den Prozessor gehört die derzeitige Dienst- bzw. Einsatzdauer der Laufschaufeln (Tp). Der Eingriffswert wird bestimmt als: $E = Tk - S$ (Schritte S3 und S4).

[0016] Die Zeit bis zum Schaufelaustausch (T) wird auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer (Tp) der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen und des Eingriffswertes (E) gemäß der Formel bestimmt: $T = Tp \cdot E$ (Schritt S5).

[0017] Die berechnete Zeit bis zum Schaufelaustausch (T) und gegebenenfalls auch der Eingriffswert werden anschließend auf der Anzeigevorrichtung **26** angezeigt (Schritt S6).

[0018] Die beschriebenen Ausführungsformen ermöglichen eine online (d. h. im Einsatz) vornehmbare Beurteilung der Auslenkung eines Spitzendeckbands, wodurch die Nachteile des existierenden Berechnungsverfahrens, das einen Stillstand der Einheit und eine Boroskopuntersuchung erfordert, überwunden werden. Die beschriebene Vorrichtung kann mit wenigen Modifikationen an dem Gehäuse und dem Mantel in die Gasturbine aufgenommen werden. Das System arbeitet, indem es die Spitzenauslenkung in Echtzeit berechnet und eine Ausgabe mit der geschätzten Lebensdauer der Laufschaufeln bis zum Austausch liefert. Infolge dessen reduzieren das System und das Verfahren Wahrscheinlichkeiten einer Zwangsabschaltung der Gasturbinen, die, wie erwähnt, beträchtliche Kosten und Produktionsausfälle zur Folge hat.

[0019] Während die Erfindung in Verbindung mit den momentan als die praktikabelsten und bevorzugten angesehenen Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist es zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt sein soll, sondern dass sie im Gegenteil dazu vorgesehen ist, verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen mit zu umfassen, die in dem Rahmen und Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche enthalten sind.

[0020] Ein Messsystem misst einen Spalt zwischen mehreren umlaufenden Schaufelspitzen **18** und einer stationären Manteloberfläche **16**, **20**. Das System enthält einen Sensor **12**, der an der Manteloberfläche gesichert ist, wobei der Sensor einen Abstand zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche erfasst, und einen Phasenlagenaufnehmer **24**, der jede der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen indexiert. Ein Prozessor **22** empfängt Daten von dem Sensor und dem Phasenlagenaufnehmer und berechnet eine Verschiebung gegen jede der mehreren Laufschaufeln. Der Prozessor bestimmt eine Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen.

Bezugszeichenliste

10	System
12	Sensor
14	Öffnung
16	Mantel
18	Laufschaufelspitzen
20	zugewandte Fläche
22	Prozessor
24	Phasenlagenaufnehmer (Keyphasor)
26	Anzeigevorrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen eines Spalts zwischen mehreren umlaufenden Schaufelspitzen (**18**) und einer stationären Manteloberfläche (**16**, **20**) in einer Turbine, wobei das Verfahren aufweist:

- (a) Erfassen eines Abstands zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Mantelfläche;
- (b) Indexieren jeder der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen mit einem Phasenlagenaufnehmer (**24**);
- (c) Berechnen einer Verschiebung gegen jede der mehreren Laufschaufeln;
- (d) Bestimmen einer Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Anzeigen der Zeit bis zum Schaufelaustausch aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Bestimmen eines Eingriffswertes auf der Basis einer Spitzenmanteldicke und der Verschiebung aufweist, wobei der Schritt (d) auf der Basis sowohl der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen (**18**) als auch des Eingriffswertes umgesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Eingriffswert gemäß $E = T_k - S$ bestimmt wird, worin E der Eingriffswert ist, T_k die Spitzenmanteldicke ist und S die Verschiebung ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schritt (e) gemäß $T = T_p \cdot E$ umgesetzt wird, worin T die Zeit bis zum Schaufelaustausch ist und T_p die derzeitige Einsatzdauer der mehreren Laufschaufelspitzen (**18**) ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner vor dem Schritt (a) ein Sichern eines Sensors (**12**) an dem stationären Mantel (**16**) aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Sicherungsschritt durch Sichern des Sensors (**12**) an entweder einem oberen Totpunkt oder einem unteren Totpunkt der Turbine ausgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt (a) ausgeführt wird, indem relative Positionen der umlaufenden Schaufelspitzen (**18**) erfasst werden, wobei die Verschiebung einer Stufe zwischen den umlaufenden Schaufelspitzen entspricht.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schritte (a)–(d) während eines Betriebs der Turbine durchgeführt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Auslösen eines Alarms aufweist, wenn festgestellt wird, dass ein Schaufelaustausch erforderlich ist.

11. Messsystem zur Messung eines Spalts zwischen mehreren umlaufenden Schaufelspitzen (**18**) und einer stationären Manteloberfläche (**16**, **20**) während eines Betriebs einer Turbine, wobei das System aufweist:

- einen Sensor (**12**), der an der Manteloberfläche gesichert ist, wobei der Sensor einen Abstand zwischen jeder der umlaufenden Schaufelspitzen und der Manteloberfläche erfasst;
- einen Phasenlagenaufnehmer (**24**), der jede der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen indexiert; und
- einen Prozessor (**22**), der Daten von dem Sensor und dem Phasenlagenaufnehmer empfängt, wobei der Prozessor eine Verschiebung gegenüber jeder der mehreren Laufschaufeln berechnet, wobei der Prozessor einen Eingriffswert auf der Basis einer Spitzenmanteldicke und der Verschiebung bestimmt und wobei der Prozessor eine Zeit bis zum Schaufelaustausch auf der Basis der derzeitigen Einsatzdauer der mehreren umlaufenden Schaufelspitzen und des Eingriffswertes bestimmt.

12. Messsystem nach Anspruch 11, das ferner eine Anzeige (**26**) aufweist, wobei der Prozessor die Anzeige ansteuert, um die Zeit bis zum Schaufelaustausch anzuzeigen.

13. Messsystem nach Anspruch 11, wobei der Sensor (**12**) relative Positionen der umlaufenden Schaufelspitzen (**18**) misst, wobei die Verschiebung einer Stufe zwischen den umlaufenden Schaufelspitzen entspricht.

14. Messsystem nach Anspruch 11, wobei der Sensor (**12**) in einer Öffnung in der Manteloberfläche (**16**, **20**) gesichert ist.

15. Messsystem nach Anspruch 14, wobei die Öffnung in der Manteloberfläche (**16**, **20**) entweder an einem oberen Totpunkt oder an einem unteren Totpunkt der Turbine ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1: Prozessablaufdiagramm

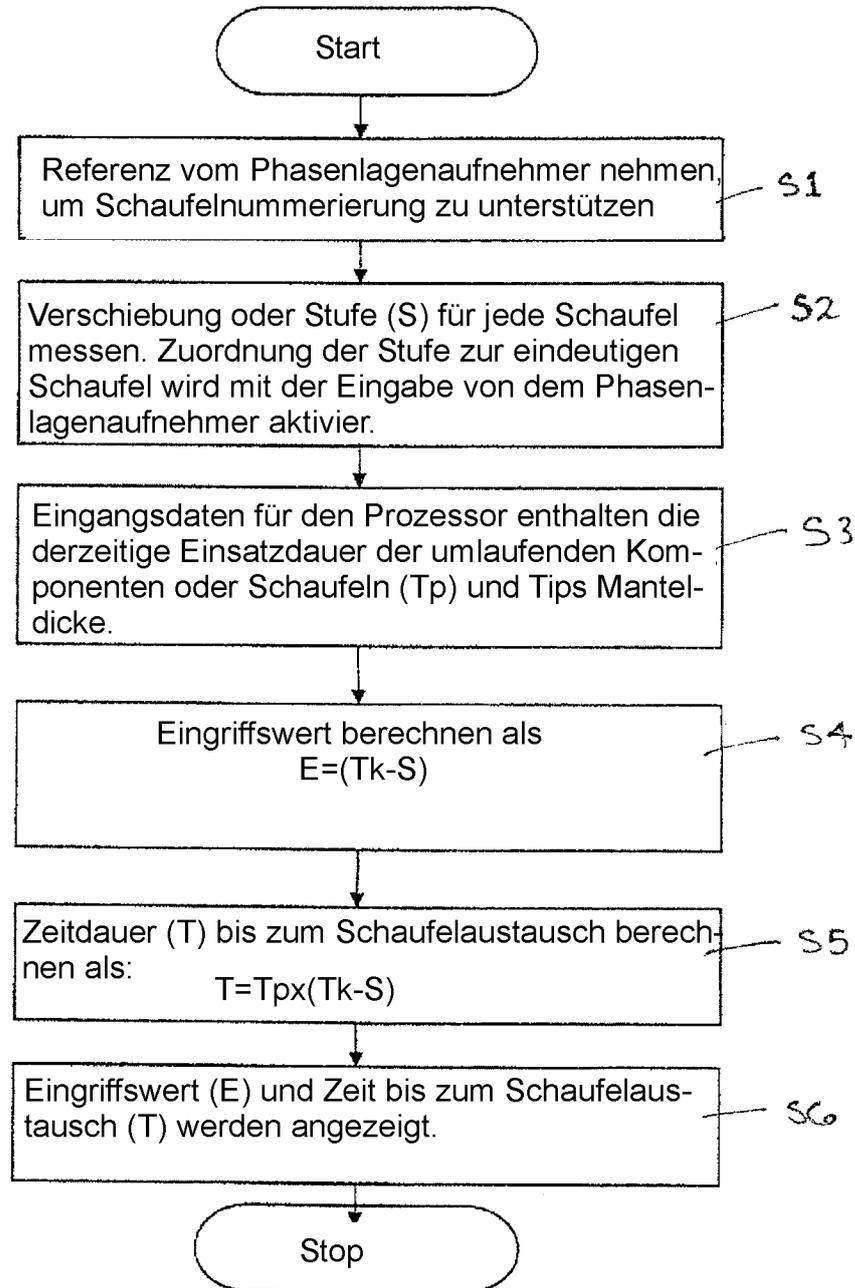


Fig. 2: Anordnungszeichnung zur Festlegung der verwendeten Ausdrücke

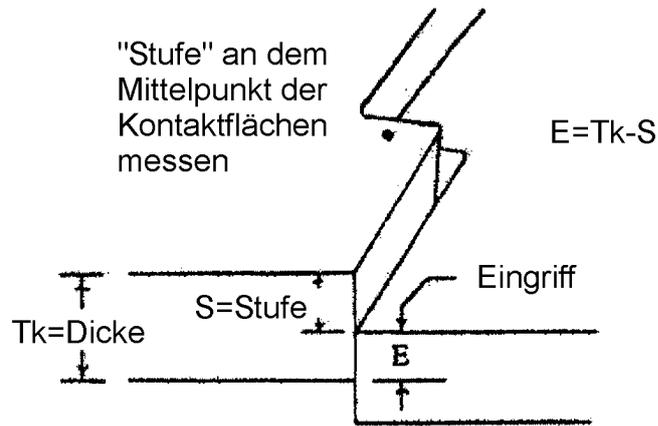


Fig. 3: Anordnungszeichnung

