



(10) **DE 10 2010 019 813 A1** 2011.11.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 019 813.7**

(22) Anmeldetag: **06.05.2010**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2011**

(51) Int Cl.: **G01H 9/00 (2006.01)**

G01P 15/093 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

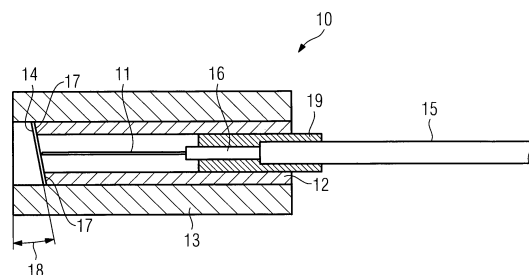
(72) Erfinder:

Bosselmann, Thomas, Dr., 91080, Marloffstein, DE; Villnow, Michael, 90584, Allersberg, DE; Willsch, Michael, Dr., 07745, Jena, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Faseroptischer Vibrationssensor**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein faseroptischer Vibrationssensor für Generatoren in Kraftwerken mit einer optischen Faser angegeben, die ein freistehendes Ende aufweist, wobei das freistehende Ende unter dem Einfluss von Vibrationen in Schwingungen versetzt wird, und diese Schwingungen als Maß für die Vibrationen detektiert werden, wobei als Schwungmasse nur das Eigengewicht der optischen Faser dient.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Faseroptischen Vibrationssensor, insbesondere zur Anwendung in einem Generator.

[0002] Generatoren im Kraftwerksbereich weisen unter anderem im Bereich des Wickelkopfes Schwingungen in der doppelten Netzfrequenz auf. Bei zu hohen Amplituden der Stabschwingungen können Schäden an der Isolierung bzw. am Kupfer auftreten. Die Schäden können zur Zerstörung des Generators führen. Da sich der Wickelkopf auf Hochspannungspotenzial befindet, werden zur Überwachung solcher Schwingungen zunehmend faseroptische Beschleunigungssensoren eingesetzt (sog. FOA = fiber optical accelerometer). Ein Beispiel für einen solchen FOA arbeitet mit einer mit einer optischen Faser verbundenen Schwungmasse, die durch die auftretende Beschleunigung ausgelenkt wird. Die Auslenkung kann beispielsweise auf ein Faser Bragg Gitter (FBG) übertragen werden, das dadurch gedehnt wird. Ein bekanntes Verfahren ist auch, die Auslenkung der Schwungmasse in eine Intensitätsänderung eines Lichtsignals umzuwandeln.

[0003] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen faseroptischen Vibrationssensor anzugeben, der einen vereinfachten Aufbau aufweist. Dabei sollen insbesondere wichtige Sensorparameter wie die Resonanzfrequenz und die Linearität der Sensor Kennlinie geeignet eingestellt werden.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen faseroptischen Vibrationssensor mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0005] Dabei wird erfindungsgemäß eine optische Faser verwendet, die ein freistehendes Ende aufweist. Das frei stehende Ende der optischen Faser wird durch die Trägheitskräfte ausgelenkt. Die Faserabschlussfläche am freistehenden Ende steht dicht vor einem schräg gestellten Spiegel. Wird die Glasfaser ausgelenkt, wird je nach Schwingungszustand mehr oder weniger Licht in die Glasfaser zurück reflektiert.

[0006] Erfindungsgemäß wird nur das Eigengewicht der Faser selbst als Schwungmasse verwendet. Mit anderen Worten wird im Gegensatz zu bekannten Sensoren dieser Art keine zusätzliche Schwungmasse am Ende der Faser angebracht. Dadurch wird der Aufbau des Vibrationssensors deutlich vereinfacht.

[0007] Um die Resonanzfrequenz ausreichend hoch gegenüber der Betriebsfrequenz zu halten, typischerweise 400 Hz, ist die Länge der Faser zweckmäßig klein genug zu wählen. Für eine hohe Empfindlichkeit

hingegen ist eine möglichst große Faserlänge vorteilhaft.

[0008] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird für eine Standard-Multimode-Faser 62/125 μm eine Faserlänge zwischen 12 und 18 mm für das freistehende Ende verwendet. Insbesondere wird eine Faserlänge von zwischen 15 und 17 mm gewählt und gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung beträgt die Faserlänge 16 mm. Eine Faserlänge von 16 mm hat sich als vorteilhaft bezüglich der Resonanzfrequenz und Empfindlichkeit herausgestellt.

[0009] Um Rückreflexionen an der Abschlussfläche der optischen Faser zu vermeiden, wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ein 8° -Bruch der Endfläche verwendet. Die azimutale Orientierung des Faserendes relativ zum Spiegel wird zweckmäßig so gewählt, dass der Bruch und die Spiegelfläche den maximal möglichen Winkel einschließen. Mit anderen Worten bilden Bruch und Spiegelfläche ein die Form eines „V“. Durch die schräge Abschlussfläche wird das Licht etwas nach unten – unten mit Bezug auf die Form des „V“ – aus der Faser gebrochen, um ca. $3,5^\circ$. Dadurch wird der effektive Einstrahlwinkel auf den Spiegel verringert.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Spiegel um zwischen 9° und 13° gekippt. Die azimutale Orientierung des Faserendes relativ zum Spiegel wird zweckmäßig wieder so gewählt, dass der Bruch und die Spiegelfläche den maximal möglichen Winkel einschließen. Mit anderen Worten bilden Bruch und Spiegelfläche ein die Form eines „V“. Insbesondere wird der Spiegel um 11° gekippt.

[0011] Vorteilhaft ist es, wenn der Abstand der Glasfaser vom Spiegel zwischen 25 und 75 μm beträgt. Mit der beschriebenen Konfiguration ergibt sich vorteilhaft eine relativ lineare Sensorkennlinie zwischen Beschleunigungswerten von 0 und 10 g mit einer Empfindlichkeit von etwa 1%/g.

[0012] Zur Vereinfachung des Aufbaus sind alle Elemente des Sensor Kopfes vorzugsweise zylindersymmetrisch ausgeführt. Der zylindrische Sensor wird dann in einen rechteckigen Block eingesetzt. Als Zuleitung fungiert beispielsweise ein Teflonschlauch von 3–5 mm Durchmesser, in dem die Glasfaser lose verlegt ist. Am Ende der Zuleitung befindet sich ein Stecker für Lichtwellenleiter, beispielsweise Typ FC-APC oder E-2000.

[0013] Bevorzugte, jedoch keinesfalls einschränkende Ausführungsbeispiele für die Erfindung werden nunmehr anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert. Dabei sind die Merkmale schematisiert und nicht notwendigerweise maßstabsgetreu dargestellt. Dabei zeigen

[0014] [Fig. 1](#) einen faseroptischen Vibrationssensor und

[0015] [Fig. 2](#) einen Ausschnitt des faseroptischen Vibrationssensors in vergrößerter Darstellung.

[0016] Der in [Fig. 1](#) gezeigte faseroptische Vibrationssensor **10** umfasst als ein wesentliches Element eine Glasfaser **11**. Diese ist als Multimode-Faser 62/125 μm ausgeführt. Ein 16 mm langer Abschnitt der Glasfaser **11** ist freistehend. Am Ende dieses Abschnitts endet die Glasfaser **11**. Im Anschluss an den freistehenden Abschnitt ist die Glasfaser **11** in einem Führungselement **16** fixiert. Im weiteren Verlauf ist die Glasfaser **11** lose in einem 3,7 mm durchmessenden Teflonschlauch **15** geführt.

[0017] Das Ende des Teflonschlauchs **15** ist zusammen mit dem Führungselement **16** von einer ersten Hülse **19** umfasst. Um die erste Hülse **19** ist eine zweite Hülse **12** vorgesehen. Die zweite Hülse **12** erstreckt sich vom Bereich der ersten Hülse über den freistehenden Abschnitt der Glasfaser **11** hinweg. Stirnseitig, d. h. dort, wo die Glasfaser **11** endet, findet die zweite Hülse **12** einen unter einem Winkel von 11° angeschrägten Abschluss, der sich bei der zylinderförmigen zweiten Hülse **12** in einem kreisringförmigen, abgeschrägten Ende **17** zeigt. Die zweite Hülse **12** selbst ist an dieser Stelle offen, wird aber durch einen Al-Glas-Spiegel **14** abgeschlossen. Der Al-Glas-Spiegel **14** ist per Klebung auf dem abgeschrägten Ende befestigt, so dass der Al-Glas-Spiegel **14** selbst schräg zur Normal-Ebene der Faserachse angebracht ist.

[0018] Ein quaderförmiges Element **13** umschließt den bisher beschriebenen Aufbau von der Höhe des Al-Glas-Spiegel **14** bis zur ersten Hülse **19**. Durch die Hülsen **19**, **12** und das quaderförmige Element **13** sowie den Al-Glas-Spiegel **14** und das Führungselement **16** wird der freistehende Abschnitt der Glasfaser **11** völlig von der Außenwelt abgeschlossen, so dass keine Störeinflüsse von außen auf eine Messung wirken.

[0019] Eine vergrößerte, aber nicht maßstabsgetreue Darstellung des Endes der Glasfaser **11** in Relation zum Al-Glas-Spiegel **14** zeigt die [Fig. 2](#). Das dem Al-Glas-Spiegel **14** zugewandte Ende der Glasfaser **11** ist dabei durch einen Bruch abgeschrägt. Dadurch werden Rückreflexionen am Ende der Glasfaser **11** selbst stark verringert. Der Winkel **20** beträgt in diesem Beispiel 8° . Der Al-Glas-Spiegel **14**, der in der gezeigten Vergrößerung in [Fig. 2](#) nicht mehr vollständig abgebildet ist, ist in einem Winkel **18** von 11° zur Normalebene der Glasfaserachse angeordnet. Der Abstand **12** zwischen dem Ende der Glasfaser **11** und dem Al-Glas-Spiegel **14** beträgt in diesem Beispiel $50 \mu\text{m}$.

[0020] Die Abschrägungen vom Al-Glas-Spiegel **14** und der Glasfaser **11** sind so aufeinander ausgerichtet, dass sie den maximalen Winkel zueinander einschließen. Von der Seite betrachtet wie in [Fig. 2](#) bilden die Flächen durch ihre relative Lage dabei die Form eines „V“.

Patentansprüche

1. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) mit einer optischen Faser (**11**), die ein freistehendes Ende aufweist, wobei das freistehende Ende unter dem Einfluss von Vibrationen in Schwingungen versetzt wird, und diese Schwingungen als Maß für die Vibrationen detektiert werden, wobei als Schwungmasse nur das Eigengewicht der optischen Faser (**11**) dient.

2. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die Länge des freistehenden Endes zwischen 12 und 18 mm beträgt, insbesondere zwischen 15 und 17 mm.

3. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche mit einer optischen Faser (**11**) mit den Maßen 62/125 μm .

4. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Abschlussfläche des freistehenden Endes durch einen Bruch der optischen Faser (**11**) gebildet wird, der einen Winkel von zwischen 5° und 11° , insbesondere zwischen 7° und 9° , zur Ebene aufweist, die senkrecht auf der Faserachse steht.

5. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, der einen Spiegel (**14**) umfasst, der angeordnet ist, einen Teil von aus dem freistehenden Ende austretendem Licht in die optische Faser (**11**) zurückzuwerfen und bei dem der Spiegel (**14**) in einem Winkel von zwischen 9° und 13° zur Ebene ausgerichtet ist, die senkrecht auf der Faserachse steht.

6. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Bruch der optischen Faser (**11**) und der Spiegel (**14**) so zueinander ausgerichtet sind, dass die Faserabschlussfläche und der Spiegel (**14**) zusammen einen maximal möglichen Winkel einschließen.

7. Faseroptischer Vibrationssensor (**10**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Abstand (**21**) zwischen der Faserabschlussfläche und dem Spiegel (**14**) zwischen 25 μm und 75 μm beträgt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

