

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4776069号
(P4776069)

(45) 発行日 平成23年9月21日 (2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日 (2011.7.8)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 21/00 (2006.01)

G O 1 B 21/00

C

F O 2 C 7/00 (2006.01)

F O 2 C 7/00

A

G O 8 C 19/00 (2006.01)

G O 8 C 19/00

D

請求項の数 10 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-320164 (P2000-320164)
 (22) 出願日 平成12年10月20日 (2000.10.20)
 (65) 公開番号 特開2001-255132 (P2001-255132A)
 (43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)
 審査請求日 平成19年10月17日 (2007.10.17)
 (31) 優先権主張番号 09/511552
 (32) 優先日 平成12年2月23日 (2000.2.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタディ、リバーロード、1 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (72) 発明者 ゲーリー・デビッド・マーサー
 アメリカ合衆国、サウス・カロライナ州、
 シンプソンビル、ウィンター・ブルック・
 レーン、210 番
 (72) 発明者 ミン・チェン・リー
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
 イ、オールド・チムニー・コート、984
 9 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータ部品の変位測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手軸を有する回転ロータアセンブリ (10) 内の軸方向静止部品 (38) に対する
 管 (28) の軸方向変位を測定するための測定システムであって、

上記管 (28) の長手軸の近傍に配置された 1 以上の変位センサ (48) と、

一端で上記変位センサ (48) に接続し、ロータアセンブリ内を通り抜ける絶縁ケーブ
 ル系 (50, 56, 36) と、

上記ロータアセンブリを軸方向に超えた位置にあって、上記ケーブル系の他端と接続し
 たプロキシタモジュールアセンブリ (78) と、

上記プロキシタモジュールアセンブリから信号をサンプリングしてデータを地上局に
 転送するための、プロキシタモジュールアセンブリと動作上接続したテレメトリー装置
 (112, 116) と
 を含む測定システム。

【請求項 2】

前記変位センサ (48) が、測定部位で管の長手軸と実質的に垂直に配向している、請
 求項 1 記載の測定システム。

【請求項 3】

前記測定部位が管 (28) の外面のランプ (46) を含む、請求項 2 記載の測定システ
 ム。

【請求項 4】

10

20

前記 1 以上の変位センサ (4 8) が、前記ロータアセンブリ (1 0) の長手軸を中心として円周方向に離隔した 4 つの変位センサを含む、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載の測定システム。

【請求項 5】

前記 1 以上の変位センサ (4 8) が前記ケーブル系に接続され、当該ケーブル系が半径方向にロータアセンブリの中央部に延びるとともに軸方向に前記ロータアセンブリ (1 0) に沿って延びて前記プロキシミタモジュールアセンブリ (7 8) と動作上接続する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の測定システム。

【請求項 6】

前記プロキシミタモジュールアセンブリ (7 8) が、前記ロータアセンブリ (1 0) と共に回転するように取り付けられた 4 つのプロキシミタモジュール (5 8 , 6 0 , 6 2 , 6 4) を含む、請求項 5 記載の測定システム。

【請求項 7】

前記プロキシミタモジュールアセンブリ (7 8) が自己給電式である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の測定システム。

【請求項 8】

前記管 (2 8) が前記回転ロータアセンブリ (1 0) 内部を軸方向に延びる蒸気導管であり、前記軸方向静止部品 (3 8) が前記回転ロータアセンブリ (1 0) の固定スリーブ継手である、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の測定システム。

【請求項 9】

前記回転ロータアセンブリ (1 0) が、ロータ (1 2) とスペーサホイール (2 0 , 2 2 , 2 4) とタービンホイール (1 4 , 1 6 , 1 8 , 1 9) とを備えるタービンロータアセンブリであり、前記固定スリーブ継手がスペーサホイール (2 0) に設けられている、請求項 8 記載の測定システム。

【請求項 1 0】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載の測定システムを備える回転ロータアセンブリ (1 0) 。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の技術的背景】

本発明は一般に回転環境下で軸方向変位を測定するためのシステムに関するものであり、具体的には、ガスタービンロータアセンブリの隣接部品間の相対的な軸方向運動の測定に関する。

【 0 0 0 2】

【発明の概要】

本願出願人の開発した最新式ガスタービン動力装置では、第 1 段及び第 2 段ガスタービンバケットは、ガスタービンロータアセンブリ内を通る送給システムによって供給される蒸気又は空気で冷却される閉回路である。軸方向送給管と回転タービンホイールとの相対的な軸方向運動に起因する摩耗を評価するのが重要である。かかる測定が必要とされるロータは、直径約 5 9 インチで最大回転速度 4 2 0 0 r p m である。蒸気送給管は、重厚なロータアセンブリ内部深くに埋設されていて、これらの管の軸方向変位の測定に用いられるセンサは機械の中心線 (つまりロータ軸線) から約 2 4 インチのところに装着する必要がある、そのため $12000 \times g$ を超える遠心加速度を繰り返し受けることがそれに耐えなければならない。さらに、測定すべき部品の温度は $75^{\circ}F \sim 250^{\circ}F$ となり、信号導線を通さなくてはならない領域の温度は $1000^{\circ}F$ 近くになるであろう。システムは、最高速度及び最高温度まで一連の 4 0 分サイクルを耐え抜かなければならず、推定耐用寿命が 5 0 0 0 サイクルを超えることが望ましい。ユニットは自己給電式でも、回転電力結合装置を介して外部電源で作動するものでもよい。変位信号は回転テレメトリシステムカプセルを通して固定基地に送信される。

【 0 0 0 3】

本発明の例示的な実施形態では、Bentley Nevada社から市販の近接トランスデューサーシステムを用いて、ロータ軸の周囲に90度間隔で配設された4つの軸方向蒸気供給冷却管の、ロータアセンブリ内の静止部品に対する軸方向変位測定値を、かかる蒸気供給冷却管と静止部品がロータ軸周囲を回転している間に、検知する。

【0004】

測定は、妨害や摩耗や劣化を起こす可動部を一切有さないトランスデューサーで行われ、標準的トランスデューサープローブの最高温度は350°Fと定められており、測定部位の近傍の予想温度を若干上回る。トランスデューサーもしくはセンサは各蒸気供給管の運動方向と垂直に配向しているとともに測定部位に集中しており、測定部位は管の傾斜部もしくは湾曲部（つまり、隅肉半径）である。これによって、管がプローブの測定距離内に止めることができる。特注ケーブルが円周方向に隔設されたセンサに接続しており、ケーブルは、一端でプローブに接続するとともに他端で発振器／復調器モジュールに接続するため、高温領域を横断する無機絶縁金属被覆部分と低温フレキシブル部分とを含む。

10

【0005】

すべてのモジュールは、機械の軸受ケーシングとテレメトリカプセルの間の2つの永久潤滑式玉軸受で支持されたモジュール支持リング内で機械中心線の近傍で回転する。モジュールは、モジュール支持リングの外径に装着された回転誘導発電システムによって給電される。誘導発電システム回転リング内部の整流器、フィルター及び調整器が、モジュールに必要な24VDCを供給する。Proximity（登録商標）モジュールからの2～18VDCの出力信号は、回転円形コネクタ及びフレキシブル結合装置を通してテレメトリカプセルと接続される。テレメトリカプセルは、毎秒約1回の割合で信号をサンプリングし、データを無線周波数リンクを通して地上局にデジタル送信する。テストセルデータ収集システムがシリアルリンクを介して地上局から上記デジタルデータを受信する。

20

【0006】

測定システムのターゲットとして用いられる管の隅肉部の形状によって、システムの出力は本質的に非線形となる。そのため、管の運動の正確な絶対測定値が必要なときは、運転前に現場(in situ)での詳細な較正を行う必要がある。較正後、曲線の当てはめを行って、得られた係数を工学単位計算用のデータ収集コンピュータに入れればよい。

【0007】

30

そこで、本発明は、その広義の態様では、長手軸を有する回転ロータアセンブリにおいて軸方向静止部品に対する管の軸方向変位を測定するための測定システムであって、管の長手軸の近傍に配置し得るようにした1以上の変位センサ、ロータアセンブリ内を通り抜けるようにした絶縁ケーブル系、上記ロータアセンブリを軸方向に超えた位置にあって上記ケーブルと接続したプロキシミタモジュールアセンブリ、及びプロキシミタモジュールアセンブリから信号をサンプリングしてデータを地上局に転送するための、プロキシミタモジュールアセンブリと動作上接続したテレメトリ装置を含む測定システムに関する。

【0008】

【発明の実施の形態】

図1を参照すると、タービンロータアセンブリ10は、ロータ12、スペーサホイール20, 22, 24で隔てられた4つのタービンホイール14, 16, 18, 19を含む。各ホイール14, 16, 18は複数のバケットつまり動翼（図示せず）を支持しており、動翼は静止ノズル（図示せず）と周知の通り相互作用する。

40

【0009】

ロータアセンブリ内部では、複数の軸方向に延びる蒸気導管つまり管（2つを符号26, 28で示す）が第1及び第2段ホイール14, 16のバケットに冷却蒸気を供給するが、冷却管26, 28は後方ホイール30を起点とし、そこで冷却回路は複数の管32, 34等で半径方向内側に曲がり、次いで軸方向に延びてロータの外へと通じる。

【0010】

矢印Aで示す位置が、本発明に従って冷却管28の相対的軸方向運動を測定し得る位置の

50

一つである。測定トランスデューサーからのケーブルはロータアセンブリ内を通過して後述のプロキシタモジュールまで延びていなければならない。ケーブルはまず半径方向内側に向かってロータ中央部まで延び、次いで後方に向かって後述の電子機器通路に至る。図 1 では、ケーブルの軸方向部分を符号 36 で示す。4 つの測定位置とセンサプローブ配置は事実上同一であるので、その 1 つを詳しく説明すればよい。

【0011】

次に図 2 を参照すると、細部を強調した図であり、軸方向に延びる蒸気冷却管 28 を示すが、この軸方向に延びる蒸気冷却管 28 は第 1 - 第 2 段スペーサホイール 20 を通り、そこで固定スリーブ継手 38 と係合する。管の自由端 40 は、第 1 段ホイール 14 の固定リング 42 と係合して「スプーリー」連結器 44 を収容する。本発明では、スリーブ継手 38 に対する管 28 の軸方向運動の測定は、固定スリーブ継手の直ぐ近傍の管の湾曲隅肉部つまりランプ 46 に沿ってなされる。検知トランスデューサーつまりセンサプローブ 48 は、管 28 の運動方向と垂直に配置される。ランプつまり隅肉部 46 に集中させることで、管 28 はセンサプローブの測定距離範囲内に止まるであろう。センサプローブ 48 は、市販の Bentley Nevada 社製 3300 シリーズプロキシミティトランスデューサーシステム (3300 Series Proximity Transducer System) の一部でもよく、妨害や摩耗や劣化を起こす可動部を一切有していないこと、センサプローブ 48 の定格最高温度が 350 °F で近接部の予想温度を若干上回ること、及びセンサプローブが比較的安価であることなど、幾つかの利点をもつ。ただし、標準 3300 シリーズトランスデューサーは過酷な用途に耐久化し得る。

【0012】

センサプローブ 48 からワイヤガイド 52 を通してコネクタ 54 までフレキシブルケーブル 50 が延びており、コネクタ 54 から「ハード」ケーブル 56 がロータ中央部を経て軸方向にプロキシタモジュール 58, 60, 62, 64 まで延びる。前述の通り、かかる軸方向ケーブル 36 は 4 つ存在し、ロータ構造体の周囲に約 90 度間隔で配設された 4 つの蒸気冷却管に近接した 4 つのトランスデューサーもしくはセンサプローブそれぞれとながっている。

【0013】

使用時の管 28 は、ロータアセンブリ 10 内部の高温のため軸方向に膨張する。管の温度及び材料特性は既知であるので、熱膨張による軸方向の運動の程度はある程度の精度で予測できる。ただし、管 28 はロータの回転によって管に加わる遠心力のため半径方向の運動にも付される。これに関して、管 28 がどのように図 2 のスリーブ継手 38 と半径方向外側端で係合し、半径方向内側端で離れるかに留意されたい。遠心力は円形の管を「楕円化」してプローブ近傍での半径方向運動を増す可能性もある。測定表面はランプ (つまり隅肉部) 46 であるので、管 28 が少しでも動けばセンサプローブ 48 とランプ 46 との距離が変化する。半径方向の運動はごくわずかではあるが、センサプローブ 48 は半径方向の運動と軸方向の運動を共に検知できる。管 28 の長さに沿って 3 乃至 4 つのスリーブ継手 38 のような継手が軸方向に隔設される点で、軸方向の運動は相当なもの (例えば、約 0.383 インチ) となり得る。第 1 - 第 2 段スペーサホイール 20 に位置する継手が残りのスリーブ継手の負荷を引き受け、継手はてい摩擦面を有するので管 28 はスムーズに膨張できる。システムは管材の熱膨張特性に応じて較正できるので、遠心力による楕円化及び/又は滑動及び摺動などの他の原因による軸方向運動は高精度で (つまり 200 ミルもの細かな動きまで) 検知できる。

【0014】

検知された軸方向運動はケーブル 36 を介して、図 3 乃至図 6 に部分概略図として示すとともに図 7 に機能的線図として示した電子機器パッケージ 66 に配置された 4 つの円周方向に配設されたプロキシタモジュール 58, 60, 62, 64 に伝送される。図 3 を参照すると、パッケージ 66 は、パッケージの中心線 66 がロータアセンブリ 10 の軸線と整列するように、タービンロータの軸受ケーシング (図示せず) の後方端にボルト (その 2 つを符号 68 で示す)、案内ピン (その 2 つを符号 70 で示す) 及び/又はパッケージ

フレーム 7 2 の他の適当な手段で取り付けられるようになっている。ケーブル 3 6 を収容した計装チューブ 7 4 はフレーム 7 2 内を通して、スプライン 7 6 を介してプロキシミタモジュールアセンブリ 7 8 に接続される。プロキシミタモジュールアセンブリ 7 8 はボルト 8 0 によってフレーム 7 2 に固定される。プロキシミタモジュール 5 8 , 6 0 , 6 2 , 6 4 は、前方支持板 8 2 と支持リング 8 4 と後方板 8 6 の中に収容される。このサブアセンブリは、軸受 8 8 , 9 0 によって管 7 4 と共に回転可能であり、軸受 8 8 , 9 0 は押さえナット 9 2 で所定位置に保持される。軸受荷重ばね 8 7 が軸受の軸方向後方に設置される。(軸方向に管 7 4 と当接する)直径の大きいワイヤガイド管 9 1 が、4 つのプロキシミタモジュール 5 8 , 6 0 , 6 2 , 6 4 の中央に延びて後方支持板 8 8 とつながっている。プロキシミタモジュールの前方には、静置 1 次電力コイルと回転 2 次電力コイルがある。コイル 9 3 はリング 9 6 と支持体 9 8 で支持される。コイル 9 4 は電源 1 0 0 に接続される。こうして、プロキシミタモジュールアセンブリの自己給電が可能になり、試験中にリアルタイムなデータ収集が可能となる。コイル 9 3 , 9 4 は線形増幅器 1 0 8 及び交流電源 1 1 0 (図 7 参照)に接続される。

10

【 0 0 1 5 】

3 つの静置環状コネクタ 1 0 2 , 1 0 4 , 1 0 6 がプロキシミタモジュール 5 8 , 6 0 , 6 2 , 6 4 の背後に位置しており、1 つのコネクタはパッケージを基準温度に校正するのに用いられ、残りの 2 つのコネクタは各々センサプローブ 4 8 からの 4 つのケーブルの 2 つを受け入れる。(ケブラー(Keblar)レーシング 1 1 4 を用いた)フレキシブル駆動継手 1 1 2 が、モジュールの後方支持板 8 6 と、取り付け板 1 1 8 で支持されるスリップリング 1 1 6 との間に配置される。図 5 に、駆動継手におけるレーシングの端面図を示す。これは回転部品から静止部品へと信号を変換するフレキシブル駆動継手とスリップリングである。この構成の機能的な線図を図 7 に示す。

20

【 0 0 1 6 】

フレキシブル駆動継手 1 1 2 及びスリップリング 1 1 6 は、Accumetrics 社から市販の回転テレメトリシステムの一部である。テレメトリシステムは、毎秒約 1 回の割合で信号をサンプリングし、データを無線周波数リンクを介して地上局にデジタル送信する。テストセル収集システムがシリアルリンクを介して地上局からデジタルデータを受信する。

【 0 0 1 7 】

30

以上、本発明を現時点で最も実用的で好ましいと思料される実施形態について説明してきたが、本発明は、開示した実施形態のみに限定されるものではなく、請求項に記載された技術的思想及び技術的範囲に属する様々な修正及び均等な構成にも及ぶものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る測定システムを組み込んだタービンロータアセンブリの部分断面斜視図。

【図 2】 ロータアセンブリの蒸気送給管支持部の部分断面図であり、タービンホイール上でのトランスデューサーの装着位置を、軸方向に向いた送給管の隅肉部近傍のトランスデューサー先端と共に示す。

【図 3】 本発明で使用する回転電子機器パッケージの部分側面図。

40

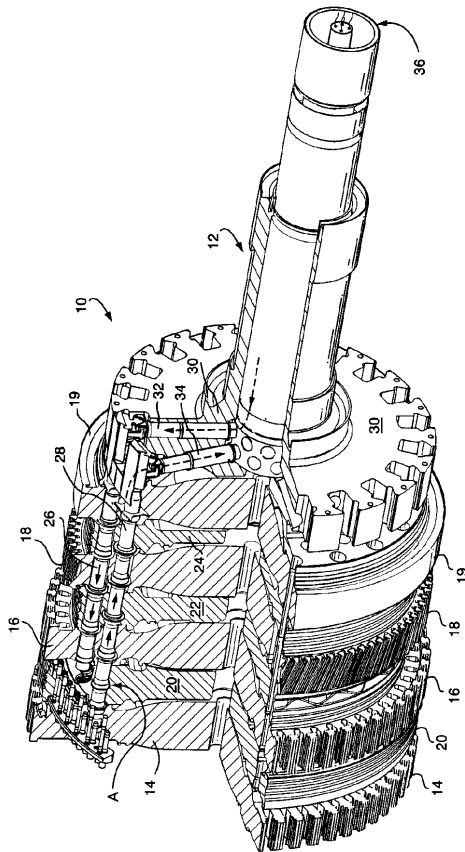
【図 4】 図 3 の線 4 - 4 に沿う断面図。

【図 5】 図 3 の線 5 - 5 に沿う断面図。

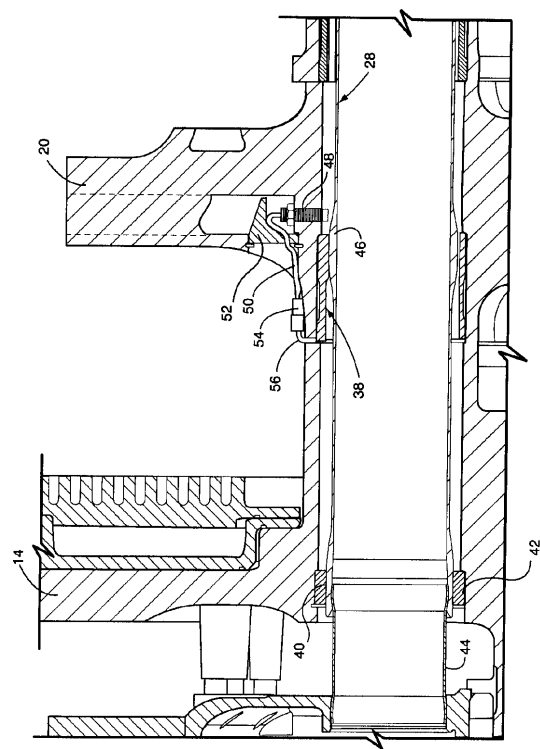
【図 6】 図 3 の線 6 - 6 に沿う断面図。

【図 7】 本発明に係る軸方向変位測定システムの機能ブロック線図。

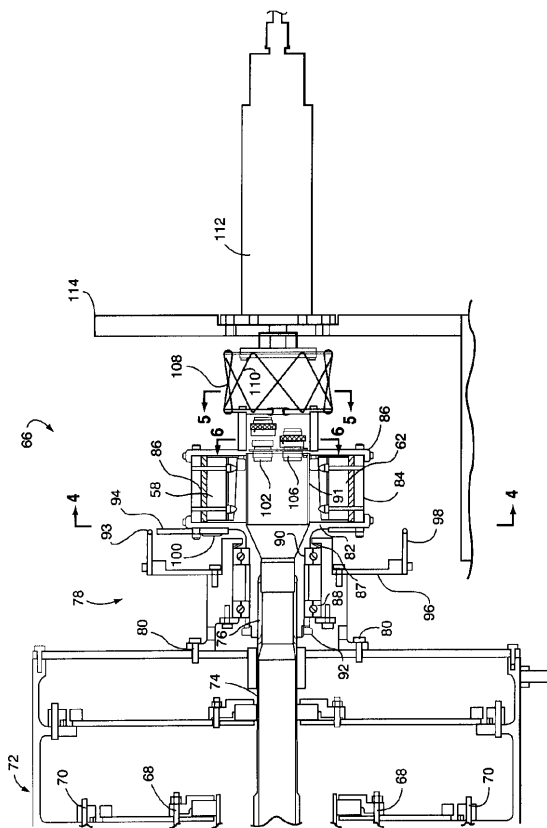
【図 1】



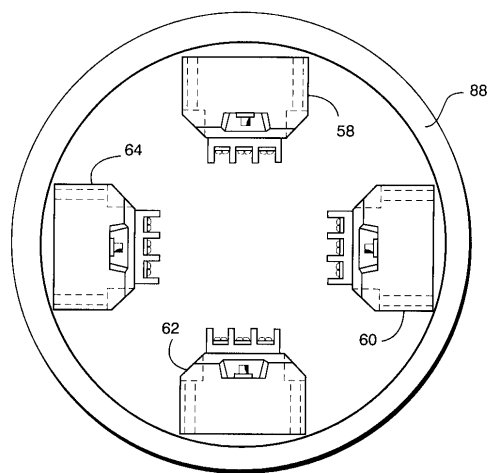
【図 2】



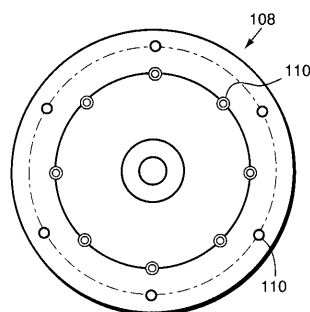
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 チャールズ・ロバート・バウム

アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、セミノール・ドライブ、6448番

審査官 有家 秀郎

(56)参考文献 特開平10-113803(JP,A)
特開平09-119861(JP,A)
特開平05-135339(JP,A)
特開平07-065341(JP,A)
特開平10-239186(JP,A)
特開平07-077218(JP,A)
特開平01-267436(JP,A)
特開昭63-266327(JP,A)
米国特許第05508609(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 21/00-21/30

F02C,G08C