

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4121954号
(P4121954)

(45) 発行日 平成20年7月23日(2008.7.23)

(24) 登録日 平成20年5月9日(2008.5.9)

(51) Int.Cl.

F I

F O 1 D 25/00 (2006.01)

F O 1 D 25/00

X

F O 1 D 25/00

V

請求項の数 16 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-515059 (P2003-515059)
 (86) (22) 出願日 平成14年5月15日(2002.5.15)
 (65) 公表番号 特表2005-500453 (P2005-500453A)
 (43) 公表日 平成17年1月6日(2005.1.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/015312
 (87) 国際公開番号 W02003/008766
 (87) 国際公開日 平成15年1月30日(2003.1.30)
 審査請求日 平成16年1月22日(2004.1.22)
 (31) 優先権主張番号 09/907, 138
 (32) 優先日 平成13年7月17日(2001.7.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504018002
 アイエルディ インコーポレイテッド
 I L D, I N C.
 アメリカ合衆国 70808-5108
 ルイジアナ州 バトン ルージュ ハイラ
 ンド ロード 8867 ナンバー378
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 リトル、ジャック エル、ジュニア
 アメリカ合衆国 70808-5108
 ルイジアナ州 ポストン ルージュ ホリ
 ーストーン ドライブ 912

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン制御装置用検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンローターケーシング内でタービンローターを回転させるための装置であって、

(a) 前記タービンローターを正常なトリップ設定値を超える角速度で回転させるために十分なトルクとパワーとを前記タービンローターに対し直接供給することの可能な駆動原動アセンブリであって、前記タービンローターを正常なトリップ設定値を超える角速度で回転させるのに十分なパワーを有する駆動モーターを含む駆動原動アセンブリと、

(b) 蒸気ではなく、パージガスを所定量含むパージガス供給源であって、そのパージガスの音速は空気の音速よりも高いパージガス供給源と、

(c) 前記ローターケーシング内に存在する気体が前記パージガスのみからなるために十分な速度で、前記パージガス供給源から前記ローターケーシングに対し前記パージガスを供給するように構成されたパージガスアセンブリとを備え、

同一温度および同一圧力下で前記ローターケーシング内の音速が空気の音速よりも大きくなり、かつ前記タービンローターケーシング内において、前記タービンローターの回転による風損が同一温度、同一圧力、および同一タービンローター角速度における空気中の風損よりも小さくなる装置。

【請求項 2】

前記駆動原動アセンブリおよび前記パージガスアセンブリを監視および制御する作業者制御システムをさらに備える請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

10

20

前記作業者制御システムは、タービン制御システムが適切に作動していることを検査するためのソフトウェアを備える請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記作業者制御システムは、タービン超過速度トリップシステムが適切に作動していることを検査するためのソフトウェアを備える請求項 2 に記載の装置。

【請求項 5】

前記駆動原動アセンブリは駆動モーター、可変駆動装置、ダイナミックブレーキ、モーター制御モジュールおよび動力伝達装置を備える請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記パージガス供給源は、ヘリウム、水素、ネオン、メタン、フッ化水素およびアンモニアからなる群より選択される所定量のパージガスを含む請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 7】

前記パージガス供給源は所定量のヘリウムを含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

タービン超過速度トリップシステムの検査方法であって、

(a) 前記タービンローターを正常なトリップ設定値を超える角速度で回転させるために十分なトルクとパワーとを前記タービンローターに対し直接供給することの可能な駆動原動アセンブリを提供する工程と、

(b) 蒸気ではなく、パージガスを前記タービンローターケーシングに供給する工程であって、そのパージガスの音速は空気の音速よりも高い工程と、

20

(c) 前記ローターケーシング内に存在する気体が前記パージガスのみからなるために十分な速度で、前記ローターケーシングに前記パージガスを供給することによって前記タービンローターケーシングを前記パージガスによりパージする工程と、

(d) 前記タービンローターケーシング内で前記ローターを回転させる工程とからなる方法。

【請求項 9】

前記タービンローターの回転を制御するタービン制御システムが適切に作動していることを検査する工程をさらに含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

(a) 前記タービンローターの所望の動作仕様を作業者制御システムに入力する工程と、

30

(b) プログラマブルロジックコントローラによって制御される 1 つ以上のパージガス流量制御ラインソレノイドバルブを介して前記パージガスを供給する工程と、

(c) プログラマブルロジックコントローラによって前記タービンローターケーシング内の前記パージガスの濃度を監視および制御する工程と、

(d) 前記ローターを所定の速度まで回転させる工程とをさらに含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記パージガスはヘリウム、水素、ネオン、メタン、フッ化水素およびアンモニアからなる群より選択される請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

40

前記パージガス供給源はヘリウムを含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

前記タービンローターへのパワーを上げることにより前記ローター回転速度が上がる請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記タービンローターへのパワーを下げるか、またはダイナミックブレーキを作動させることにより前記ローター回転速度が下がる請求項 8 に記載の方法。

【請求項 15】

前記パージガスは、28 未満の分子量を有するガスからなる請求項 1 に記載の装置。

【請求項 16】

50

前記パージガスは、28未満の分子量を有するガスからなる請求項8に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はタービンに関し、より詳細には超過速度防止システムなどのタービン制御システムの検査に関する。

【背景技術】

【0002】

タービン機械、特に商用発電所で使用されている蒸気タービンは、通常、トリッピングをはじめとする様々な機能を実行する制御システムを使用している。「トリッピング」とは、軸受油圧の低下、軸受温度の上昇、ローターの超過速度などの特定の異常が発生した場合にタービンを停止させることを指す。ローターの超過速度の確認を行わなければ、ローターが破損して、大きな損害を受けたり、場合によっては大災害につながるおそれがある。このため、蒸気タービンのほとんどが、ローターの過速度運転を防止するために、電気制御システムもしくは油圧制御システム、またはこの両者に加えて、予備の機械式超過速度トリップ装置を備えている。これらの装置の検査を定期的の実施して、これらが適切に作動していること（proper functioning）を確認する必要がある。多くの場合、タービン超過速度トリップシステムの検査の際には、タービンローターを、トリップ設定値（通常は正常設計速度の103～120%）まで駆動させる必要がある。詳細は、米国特許第5,133,189号および第5,292,225号を参照されたい。

【0003】

原子力発電所においては、小出力ないし中出力のタービンが原動機（回転の発生源）として日常的に使用されており、定期的に検査されて適切に作動していることが確認される。一般に、タービンが稼動状態にある必要のないとき（例えば燃料供給のための停止時）に、超過速度トリップ検査を実施すれば危険が少ない。燃料供給のための停止時に遅れが生じた場合に、発電所の復旧（生産性）を遅らせかねない保守および点検作業は、「クリティカルパス上にある」といわれる。これに対して、停止期間を長引かせることの停止中の保守および点検作業は「クリティカルパス外にある」といわれる。通常、原子力発電所の管理では、超過速度検査をはじめとするあらゆる保守および点検作業を、可能な限りクリティカルパス外で実施することが望まれる。しかし、反応炉がもはや蒸気を発生させることができないことにより、タービンを回転させるための蒸気供給源が別途必要とされるため、この検査の実施に多額のコストが掛かることがある。このコストには、正常なトリップ設定値を超える点までタービンローターを回転させるだけの能力を有する代替の蒸気供給源のレンタル料のほか、技術者、保守要員、作業員などの人件費が含まれる。さらに、必要な装置の設置、運転および撤去の調達作業により、ただでさえ複雑な燃料供給のための停止のスケジュールが一層複雑なものとなる。

【0004】

別法として、反応炉がひとたび稼動を再開すれば、反応炉が発生させる蒸気によって、超過速度トリップ検査を実施することが可能となる。しかし、この検査方法は、復旧の遅れにより、生産性が低下するため、一般に好ましくない。より詳細には、反応炉が発生させる蒸気によってタービンの検査を実施する場合、検査は、燃料供給のための停止から発電所の運転を再開させる際に実施される。検査作業が運転再開作業の一環として含まれるため、この検査方法は一般に「クリティカルパス上にある」とみなされる。正常なトリップ設定値を超える点までタービンローターを回転させるには、風損効果に打ち勝つ程強力な駆動原動システム（motive drive system）が必要となる。「風損（windage）」とは一般に、回転物への流体の摩擦によって生ずる損失を指す。風損は、タービンローター回転速度の関数である。空気中を高速で回転するローターの風損効果は非常に大きい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

超過速度検査時に、正常なトリップ設定値を超える点までタービンローターを回転させるために要するパワー（power）を低減させると共に、超過速度検査をクリティカルパス外で実施できるようにするタービン制御システムの検査装置が所望されているが、このニーズは満たされていない。このような装置によって、タービンローターの先端部が亜音速に達するなど、検査対象のタービンを許容できないストレスに曝すことなく検査を実施できるようになるはずである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者は、タービン制御システムの検査のために、信頼性が高くかつ安価な装置ならびに方法を発明した。この装置は、大半のタービンローターの検査に使用することができる。このタービン制御検査装置は、作業者制御システム、駆動原動力（drive motive power）アセンブリおよびパージガスアセンブリを備える。この検査装置は、ひとたび設置されると、蒸気を用いることなく、検査速度までタービンローターを加速するために使用することができる。ローターの速度および加速度は、比較的高い精度で制御することができる。これによって、音速やその他の機械的故障によるタービンの損傷が最小限に抑えられる。パージガスアセンブリは、空気よりも音速が高いパージガスを供給し、これによって、音速による危険を低減させる。原子量／分子量の低いパージガスを選択することにより、風損と必要となるパワーとの両方が最小限に抑えられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

一実施形態においては、本発明は、クリティカルパス外でタービン超過速度トリップシステムを迅速に検査するための手段を提供する。この基本的な設計は、作業者制御システム、駆動原動力アセンブリおよびパージガスアセンブリを備える。一実施形態においては、タービン制御検査装置は、タービンを駆動しつつ、その回転速度を監視および制御する手段を備えた自立型検査システムを提供する。実際には、検査対象のタービンは、駆動蒸気やその他の通常付随する構成要素（例えば、ポンプ、発電機など）から切り離される。タービンローターケーシング内の空気を、風損を低減させると共に、タービンローターケーシング内の音速を増大させるパージガスによって置換する。好ましいパージガスはヘリウムである。

【0008】

本装置を使用した超過速度トリップシステムの検査には、幾つかの利点がある。第一に、コストが削減できると共に、稼働停止時間（downtime）を短縮することができる。本装置は、タービンを回転させるための代替の蒸気供給源に要するコスト（例えば、蒸気供給源のレンタル料、運転、蒸気供給源の設置および撤去を行う人員の人件費）が掛からない自立型検査システムであり得る。第二に、パージガスが風損を低減させる。タービンローターを回転させるために必要なパワーが少なくて済むため、本発明を、大型タービンに使用できるようになるほか、大半の代替の検査装置を使用できない狭い場所でも使用できるようになる。

【0009】

最後に、パージガスが音速を増大させ、このため、検査中にタービンホイールの先端部が音速に近づくか音速を超えることに伴う危険を低減させる。

図は、タービン制御検査装置の一実施形態の主要構成要素を示す模式ブロック図である。本実施形態は、作業者制御システム、駆動原動力（drive motive power）アセンブリおよびパージガスアセンブリを備える。作業者制御システムは、プログラマブルロジックコントローラ（「PLC」）および作業者制御端末（「OCS」）を備える。PLCは、全ての検査機能を監視および制御する。しかし、実際の作業者制御は、作業者が検査工程を監視および指示できるようにするOCSを使用して行われる。好ましくは、実際の検査の前に、検査工程の全体がPLCにプログラムされる。作業者が運転を

10

20

30

40

50

開始し、P L C がその他の機能を全て監視および制御し、これらの機能にはパージガス流量制御、駆動モーター速度、加速、始動と停止などがある。

【 0 0 1 0 】

図に示す実施形態においては、駆動原動力アセンブリは、駆動モーター (d r i v e m o t o r) 、可変駆動装置 (v a r i a b l e s p e e d d r i v e) 、ダイナミックブレーキ、モーター制御モジュールおよび動力伝達装置を備える。駆動原動力アセンブリは、非連結のタービンローターを所望の検査速度まで加速するために十分な制御された駆動力を供給する。駆動モーターは、駆動力の唯一の供給源として機能する。駆動モーターを選択する際には、電力定格、物理的寸法、トルク出力、回転数比 (d r i v e r a t i o) 、動作電圧など、さまざまな要素を考慮に入れる。

10

【 0 0 1 1 】

本実施形態の駆動モーターは、所定の作動領域に収まる大きさの交流電流誘導モーターである。別の実施形態においては、駆動モーターは、直流モーターであっても内燃機関であってもよい。駆動モーターおよび動力伝達装置は、駆動モーターが、タービンローターを検査速度まで制御可能に回転させるために十分な回転数比 (モーターの速度とタービンローター回転速度との比) とパワーとを有する。

【 0 0 1 2 】

可変駆動装置 (図示せず) は、駆動モーター速度を電子的に制御する手段を提供することによって、駆動モーターを補助する。動作時に、可変駆動装置は、駆動モーターを検査速度まで加速するために十分なパワーまで、駆動モーターに供給する電力を徐々に上昇させる。

20

【 0 0 1 3 】

好適な実施形態においては、可変駆動装置は、駆動モーターに供給される電力周波数 (e l e c t r i c a l f r e q u e n c y) を変えて、これにより駆動モーターの速度を変えることによって速度を制御する (交流電流誘導駆動モーターを使用した場合) 。可変駆動装置の組み込み部品である速度上昇制御装置 (r a m p - u p s p e e d c o n t r o l l e r) は、検査中に、駆動モーターの加速、減速および速度の制御を補助する。

【 0 0 1 4 】

ダイナミックブレーキも、制御された駆動力を供給することによって駆動モーターを補助する。ダイナミックブレーキは、可変駆動装置の組み込み部品であっても、可変駆動装置とは別の部品であってもよい。ダイナミックブレーキは、タービンローターの減速中に、回転中のローターの運動エネルギーを十分に発散させて、速度を正確に制御すべきである。モーター制御モジュールは、可変駆動装置の作動を調整して、これによって駆動モーターを制御する。可変駆動装置は駆動モーターの出力を監視し、駆動モーターに供給する周波数および電力を上昇させることによって、出力速度を上げる。さらに、可変駆動装置は、タービンローターに供給する周波数および電力を下げるか、ダイナミックブレーキを作動させて駆動モーターの回転速度を落とすことによって、出力を下げることもできる。動力伝達装置は、パワーコンバータ (p o w e r c o n v e r t e r) として機能する。動力伝達装置は、好ましくは、誘導モーターとタービンとの間の空間に収まる寸法を有する。動力伝達装置は、駆動モーターから供給されたパワーを受け取って、このパワーをトルクに変換し、適切な所定速度でタービンローターを回転させるようにギアが設けられている。好適な実施形態においては、動力伝達装置と共にトランスファーケースが使用されて、駆動モーターから供給されたパワーをタービンローター (図示せず) に伝達する駆動方式が形成されている。トランスファーケースは、タービンとポンプ、ないし他の駆動対象装置との連結として用いられるドライブカップリングスペーサ (d r i v e c o u p l i n g s p a c e r) が通常占有している空間に収まるような寸法を有する。駆動原動力アセンブリの各種部品は、相互に補完し合う。駆動原動力アセンブリは、1つのユニットとして動作することによって、非連結の検査速度までタービンローターを加速するために十分な駆動力を制御下で供給する。好適な実施形態においては、タービンローター

30

40

50

が十分な量のパージガスが存在する環境に収められている場合、駆動原動力アセンブリは、非連結の検査速度までタービンローターを加速するのにだけ足る駆動力を制御下で提供するパワーを有するよう構成されている。この構成によって、タービンの検査中に、音速まで加速したことによりパージガスアセンブリが故障することのないように防止する。

【 0 0 1 5 】

図に示す実施形態においては、パージガスアセンブリは、パージガス供給源、パージガス検出装置およびパージガス流量制御装置を備える。パージガスは、タービンローターが回転する空気または蒸気を置換し、風損を低減する一方で、空気の音速に対して音速を増大させる。適切なパージガスによってタービンローターケーシングをパージすることにより、ローターの速度が検査速度を実質的に超えた場合であっても、タービンローターの先端部の速度が音速に近づくことはない。パージガスは、好ましくは分子量が低く、化学反応性が低く、音速が高いという性質を有する必要がある。好ましいパージガスはヘリウムである。ヘリウムは、分子量が4.0、音速が約1219 m / 秒 (約4000 フィート / 秒) であり、化学反応性をほとんど有さない。これに対して、空気は、有効分子量が約28.0であり、特に動作温度を超える温度において、タービンの動作部品を酸化させる酸化性が比較的高い。室温で気体である、空気以外の低分子量のガスには、水素、ネオン、アルゴン、メタン、フッ化水素、アンモニアなどがある。ヘリウム以外の気体は腐食性、引火性またはコストが高いため、実用上ヘリウムが最も優れた気体であると考えられている。

【 0 0 1 6 】

回転中の物体を所定の回転速度まで加速するために必要なパワーは、加速負荷と風損負荷との和となる。加速負荷は、回転中のタービンローターの質量と形状 (g e o m e t r y) との関数である。したがって、加速負荷のせいで、検査速度までタービンローターを加速するために必要なパワーは、タービンローターの質量および形状が一定であるため一定となる。風損負荷は、回転中のローターによって排除される粒子の平均質量と平均密度との関数である。このため、風損負荷は、ガスの圧力と密度との関数となる。したがって、タービンローターケーシング内の空気を、ヘリウムなどの低分子量ガスによって置換することにより、風損負荷が約7.0分の1に減少 (すなわち85%の減少) する。超過速度では、空気による風損負荷は、総負荷の80%以上を占めることがある。付加的な軸負荷 (潤滑油ポンプなど) が小さいか存在しないとすれば、ヘリウムなどのパージガスによって、超過速度検査時の総負荷が約68%だけ低下する。

【 0 0 1 7 】

パージガスの重要な特性としてこのほか、音速 (音の速度) が大きいことがある。例えば、大気圧下で乾燥した空気中の音速は、約335.3 m / 秒 (約1100 フィート / 秒) であるが、ヘリウムでは約1219 m / 秒 (約4000 フィート / 秒) である。タービンローターケーシングにヘリウムなどのパージガスをパージすることによって、タービンローターの速度が、超過速度トリップの設定値の公称値を大幅に超える場合であっても、音速に達するまで十分な余裕が得られることが保障される。例えば、タービンのローターの直径が91.4 cm (36 インチ) であり、超過速度トリップの設定値が約5100 rpmの場合、超過速度におけるホイール先端部の速度は、約243.8 m / 秒 (約800 フィート / 秒) に達する。超過速度トリップの設定値を超える点までタービンローターを回転させる必要がある可能性を考慮に入れると、乾燥した空気中では、音速に達するまでの余裕が91.4 m / 秒 (300 フィート / 秒) にも満たない。しかし、音速に達するまでの余裕は、同じタービンローターがヘリウム中を回転する場合には約10倍大きい。

【 0 0 1 8 】

パージガスの流量は、パージガス流量制御装置によって制御される。パージガス流量制御装置は、タービンローターケーシング内のパージガス濃度をほぼ100%にし、この濃度を維持するために十分な速度でパージガスを導入する一方で、タービンローターケーシング内に大きな陽圧 (過度の圧力) が生じることを防止する。(大きな陽圧によって、パージガスが過度に消費されると共に、風損が一層増大するという点に留意すべきである。

）封止されたタービンのポンプ端部の軸において、パージガスがガス検出センサ（例えば、熱伝導率センサや平衡状態ブリッジ検出器 [b a l a n c e d b r i d g e d e t e c t o r] などの当業界で公知の検出装置）によって検出されるまで、パージガスが圧力調整装置を介してタービンローターケーシングに導入される。このとき、ガス検出センサは、パージガス流量制御のために、P L C に信号を送信する。

【 0 0 1 9 】

低圧のパージガスが、タービンローターケーシングをパージガスで完全に満たすために十分な体積流量において、P L C の制御下でタービンローターケーシングに導入される。

本実施形態の試作品が、米国ルイジアナ州バトンルーージュで作製されており、ジョージア州ヴィデリア所在のハッチ原子力発電所 (H a t c h N u c l e a r P o w e r P l a n t) で試験される予定である。試験対象のタービンは、テリー、モデル O C S デュアルホイール駆動タービン (T e r r y , M o d e l O C S d u a l w h e e l d r i v e t u r b i n e) (ニューヨーク州オーリアン所在、ドレッサー・ランド社 [D r e s s e r - R a n d C o m p a n y] 製) である。このタービンのローターの直径は 9 1 . 4 c m (3 6 インチ) であり、超過速度トリップの設定値は約 5 1 0 0 r p m である。超過速度トリップの設定値におけるホイール先端部の速度は約 2 4 3 . 8 m / 秒 (約 8 0 0 フィート / 秒) である。

【 0 0 2 0 】

タービン制御検査装置を設置した後の、同装置の典型的な動作シーケンスは以下のとおりである。(1) タービンの動作仕様 (例えば、ローターの直径、超過速度トリップの設定値、ホイール先端部の速度など) を、P L C または可変駆動装置に入力する。(2) パージガス制御装置によって、1 つ以上のパージガス流量制御バルブを開く。パージガスが、ガス貯蔵ボンベから圧力調整器を通してタービンローターケーシングに流れる。パージガス濃度が所定の値に達したことをパージガス検出装置が示すと、P L C は流量を調整し、濃度をほぼ 1 0 0 % に維持するために必要なだけのパージガスが導入されるようにする。(3) タービンローターケーシング内のパージガスの濃度が十分な値に達したことが判定されると、P L C はモーター制御モジュールに信号を送信して、タービンのモーターにパワーを印加させる。運転中に、パージガス濃度が所定の下限値を下回ったことを P L C が検出すると、P L C は、パージガス濃度が十分な値に回復するまで流量を上げる。しかし、パージガス濃度が低下し続ける場合 (これは、故障やパージガスの枯渇などによって起こる) 、P L C は、可変駆動装置に停止命令を自動的に送信し、可変駆動装置はタービンを減速させて、タービンの損傷を防ぐと共に、作業者が故障に対して措置を講じることができるようにする。好適な実施形態においては、付加的な安全機能として、パージガスが十分な濃度存在しない場合は、駆動原動力アセンブリに、ローターの回転を続けるために十分なパワーが供給されず、検査手順が中止される。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 1 】

空気中およびヘリウム中での試験に必要なパワーを調べるために実験を行った。直径約 9 1 . 4 c m (約 3 6 インチ) の四翼ファンを使用して、タービンの風損特性をシミュレーションした。この検査結果を、表 1 に示す。ファンは、容積約 0 . 7 8 立方メートル (約 2 7 . 5 5 立方フィート) の木製の枠の中に完全に収められており、漏れを防止するため、縁部を全てシリコン樹脂で封止した。東芝 G 3 モデル 4 1 6 0 (T o s h i b a G 3 M o d e l) 、1 5 h p (1 1 . 1 9 k W) 可変駆動装置 (テキサス州ヒューストン所在東芝インターナショナルコーポレーション [T o s h i b a I n t e r n a t i o n a l C o r p o r a t i o n] 製) 、ならびにデイトン (D a y t o n) 1 h p (7 4 5 . 7 ワット) 、1 7 2 5 r p m モーター (ミズーリ州セントルイス所在、エマーソンエレクトリック [E m e r s o n E l e c t r i c] 製) を使用して、空気中でファンを回転させた。回転速度を 5 H z 間隔で上昇させていき、4 5 H z にした。各周波数において、可変駆動装置からの出力電流および出力電圧を記録した。(1 h p [7 4 5 . 7 ワット] モーターからの出力による制約のため、空気中の最大回転速度は、4 5 H z の周

波数で得られた。)ヘリウムタンクを使用して、ファンの低圧側にヘリウムを導入し、ヘリウム中でファンを回転させて同じ実験を行った。5 Hz 間隔で 60 Hz まで上昇させて、電流と電圧とを記録した。(周波数は 60 Hz に達し、ヘリウムによって風損効果が低減したため、空気中での速度よりも回転速度が上昇した。)モーターに負荷をかけない状態で、5 Hz 間隔で 60 Hz まで上昇させて、電流と電圧とを記録した。各速度において、空気のデータとヘリウムのデータとの各組から、負荷のない場合のパワーを減算して、データを正規化した。

【0022】

【表1】

電力 周波数(Hz)	負荷 (RPM)	負荷なし (Hp)	空気 (Hp)	空気 正規化値 (Hp)	ヘリウム (Hp)	ヘリウム 正規化値 (Hp)	空気とヘリ ウムの比 (Hp比)
5	57.5	0.083	0.077	-0.006	0.078	-0.005	
10	115.0	0.163	0.154	-0.009	0.145	-0.018	
15	172.5	0.240	0.225	-0.015	0.212	-0.029	
20	230.0	0.335	0.334	-0.001	0.298	-0.037	
25	287.5	0.395	0.436	0.042	0.371	-0.024	
30	345.0	0.472	0.575	0.102	0.470	-0.002	
35	402.5	0.550	0.791	0.241	0.547	-0.002	
40	460.0	0.627	1.041	0.414	0.625	-0.002	
45	517.5	0.706	1.404	0.698	0.746	0.039	17.787
50	575.0	0.782		*1.027	0.851	0.069	14.781
55	632.5	0.861		*1.429	1.024	0.163	8.788
60	690.0	0.938		*1.900	1.147	0.208	9.113

* 最小二乗法によるカーブフィッティングにより概算したデータ。空気中では、517rpmを超える速度において、検査装置を回転させるために十分なパワーが得られなかった。

ヘリウムが高速で回転中の物体(ローター)の風損効果を大幅に低減させた。表1に示すように、空気中で690rpmでファンを回転させるために必要なパワーの正規化値は、ヘリウム中でファンを回転させるために必要なパワーの正規化値よりもほぼ9倍大きい。しかし、データを外挿したため、この値は漸近的に7に近づいていた。(正規化したパワーの比は 9 ± 2 であり、これは、分子量の比より求めた予測理論値の約7を含んでいる。)

上記の明細書に、タービン超過速度システムの検査に用いる本発明の一実施形態を記載したが、配置や寸法の変更、PLCまたは可変駆動装置のプログラムの変更、あるいは駆動モーターの交換などのわずかな変更を加えることによって、この基本設計を、作業に合うように種々の実施形態に適応させることが可能である。このような作業として、例えば、ほぼあらゆるターボ装置の保守作業や故障検査などがある。

【0023】

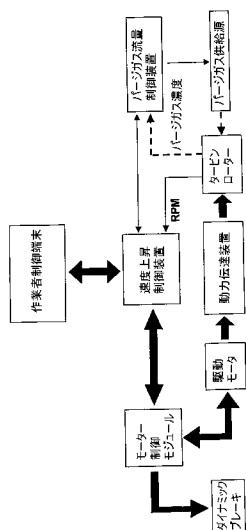
本明細書において参照された文献の全開示内容が参照によりここに援用される。しかし、相容れない矛盾が生じる際には、本明細書が優先される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】タービン制御検査装置の一実施形態の主要構成要素を示す模式ブロック図。

【図 1】



フロントページの続き

審査官 藤原 弘

- (56)参考文献 特開平 0 2 - 1 7 3 3 2 4 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 4 7 3 0 4 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 5 6 8 0 5 (J P , A)
特開昭 6 1 - 0 2 5 9 0 3 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F01D 25/00