

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6302406号
(P6302406)

(45) 発行日 平成30年3月28日 (2018. 3. 28)

(24) 登録日 平成30年3月9日 (2018. 3. 9)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 M 15/04 (2006. 01)	GO 1 M 15/04
FO 2 D 29/06 (2006. 01)	FO 2 D 29/06 D
FO 2 D 45/00 (2006. 01)	FO 2 D 29/06 Q
GO 1 M 17/007 (2006. 01)	FO 2 D 45/00 3 4 5 Z
GO 1 M 17/08 (2006. 01)	GO 1 M 17/007 J
請求項の数 6 (全 16 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2014-530693 (P2014-530693)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成24年8月31日 (2012. 8. 31)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2014-532166 (P2014-532166A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	平成26年12月4日 (2014. 12. 4)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/053499		番
(87) 国際公開番号	W02013/039726	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成25年3月21日 (2013. 3. 21)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成27年8月25日 (2015. 8. 25)	(74) 代理人	100105588
審査番号	不服2017-5743 (P2017-5743/J1)		弁理士 小倉 博
審査請求日	平成29年4月21日 (2017. 4. 21)	(74) 代理人	100129779
(31) 優先権主張番号	61/535, 049		弁理士 黒川 俊久
(32) 優先日	平成23年9月15日 (2011. 9. 15)	(74) 代理人	100113974
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 田中 拓人
(31) 優先権主張番号	13/234, 411		
(32) 優先日	平成23年9月16日 (2011. 9. 16)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンを診断するためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジン (1 1 0) と、
 前記エンジン (1 1 0) に対して動作可能に接続された発電機 (1 2 0) と、
 動作中に前記発電機 (1 2 0) と関連した少なくとも 1 つの電氣的パラメータを測定するための少なくとも 1 つのセンサ (1 7 0) と、
 前記エンジン (1 1 0) の回転シャフト (1 1 1) の速度を測定するためのセンサ (1 6 0) と、
 命令を含むコントローラ (1 5 0) であって、前記命令が、
 前記少なくとも 1 つの電氣的パラメータをサンプリングして電磁トルクプロファイルに変換し、
 前記回転シャフト (1 1 1) の速度をサンプリングして慣性トルクプロファイルに変換して、
 前記電磁トルクプロファイルおよび前記慣性トルクプロファイルから前記エンジン (1 1 0) の燃焼トルクプロファイルを推定する
 ように構成されているコントローラ (1 5 0) と、
 を備える、車両システム (1 0 0) 。

【請求項 2】

前記エンジン (1 1 0) の前記推定燃焼トルクプロファイルを、予期されたエンジン (1 1 0) のトルクプロファイルと比較することにより、前記エンジン (1 1 0) の状態を

10

20

診断することをさらに含む、請求項 1 に記載の車両システム (1 0 0)。

【請求項 3】

前記コントローラ (1 5 0) が、エンジン (1 1 0) の劣化した状態を報告するように動作可能である請求項 2 に記載の車両システム (1 0 0)。

【請求項 4】

前記コントローラ (1 5 0) が、前記診断された状態に基づいてエンジン (1 1 0) の動作パラメータを調節するように構成された命令をさらに含む請求項 2 または 3 に記載の車両システム (1 0 0)。

【請求項 5】

前記エンジン (1 1 0) の前記推定燃焼トルクプロファイルを予期されたエンジン (1 1 0) のトルクプロファイルと比較することにより、前記エンジン (1 1 0) のシリンダ内圧プロファイルを診断するステップをさらに含む請求項 2 から 4 のいずれかに記載の車両システム (1 0 0)。

【請求項 6】

エンジン (1 1 0) の推定燃焼トルクプロファイルと予期されたエンジンのトルクプロファイルとの比較に基づいて、発電機 (1 2 0) に作動可能に結合されたレシプロエンジン (1 1 0) の状態を判定するように作動可能なコントローラ (1 5 0) と、

前記発電機 (1 2 0) に関連する少なくとも 1 つの電磁的パラメータを測定するための少なくとも 1 つのセンサ (1 7 0) と、

前記レシプロエンジン (1 1 0) の回転シャフト (1 1 1) の速度を測定するためのセンサ (1 6 0) と、
を備え、

前記コントローラ (1 5 0) は、前記少なくとも 1 つのセンサ (1 7 0) と作動可能に通信して、ある期間にわたって前記少なくとも 1 つの電磁的パラメータをサンプリングし、

前記コントローラ (1 5 0) は、さらに前記少なくとも 1 つの電磁的パラメータからの電磁トルクプロファイルを推定するように作動可能であり、

前記コントローラ (1 5 0) は、前記回転シャフト (1 1 1) の速度を測定するためのセンサ (1 6 0) と通信して、前記回転シャフト (1 1 1) の速度をサンプリングし、

前記コントローラ (1 5 0) は、さらに前記回転シャフト (1 1 1) の速度から慣性トルクプロファイルを推定するように作動可能であり、

前記電磁トルクプロファイルおよび前記慣性トルクプロファイルから前記エンジン (1 1 0) の前記推定燃焼トルクプロファイルを推定する、
検査キット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本明細書に開示される主題の実施形態は、エンジンを診断するためのシステムおよび方法に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

エンジンの構成要素は、動作中いろいろに劣化する可能性がある。例えばエンジンのシリンダは、点火プラグが消耗することにより、点火不良が始まることがある。エンジン劣化を検出する手法の 1 つはエンジン回転速度を監視することである。診断ルーチンは、エンジン回転速度の成分が閾値を超えて上昇するかどうか監視することができ、点検、エンジン出力の低下、またはエンジンの運転停止を要求する診断コードまたは他の指標を生成する。しかし、本明細書の発明者は、エンジンの問題をもれなく診断するにはエンジン回転速度の分析では大抵の場合不十分であると理解している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0153128号明細書

【発明の概要】

【0004】

一実施形態では、発電機に運転可能に接続されたレシプロエンジンのための方法が開示される。この方法は、エンジンの推定燃焼トルクプロファイルを、予期されたエンジンのトルクプロファイルと比較することにより、エンジンの状態を診断するステップを含む。

【0005】

一実施形態では、発電機に運転可能に接続されたレシプロエンジンのための方法が開示される。この方法は、エンジンの推定燃焼トルクプロファイルを予期されたエンジンのトルクプロファイルと比較することにより、エンジンのシリンダ内圧プロファイルを診断するステップを含む。

【0006】

一実施形態では、車両システムが開示される。この車両システムは、エンジンと、エンジンに動作可能に接続された発電機と、動作中の発電機に関連した少なくとも1つの電気的パラメータを測定するための少なくとも1つのセンサと、エンジンの回転シャフトの速度を測定するためのセンサと、コントローラを含む。このコントローラが含む命令は、少なくとも1つの電気的パラメータをサンプリングして電磁トルクに変換し、回転シャフトの速度をサンプリングして慣性トルクプロファイルに変換し、電磁トルクプロファイルおよび慣性トルクプロファイルからエンジンの燃焼トルクプロファイルを推定するように構成されている。

【0007】

一実施形態では、検査キットが提供される。この検査キットが含んでいるコントローラは、エンジンの推定された燃焼トルクプロファイルと予期されたエンジンのトルクプロファイルとの比較に基づいて、発電機に運転可能に結合されたレシプロエンジンの状態を判断するように動作可能である。

【0008】

この簡単な説明は、本明細書において以下でさらに説明される簡易化された概念の選択を導入するために提供されるものである。この簡単な説明は、特許請求される内容の主要な特徴または基本的な特徴を識別したり、特許請求される内容の範囲を限定したりするように意図されたものではない。さらに、特許請求される内容は、本開示のいずれかの部分で示される不利益のいずれかまたはすべてを解決する実装形態に限定されるものではない。

【0009】

本発明は、添付図面を参照しながら限定的でない実施形態の以下の説明を読むことから理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本明細書で複数のホイールによってレール上を走るように構成されている鉄道車両として描かれた、エンジンおよび発電機（交流発電機）を有する車両システム（例えば機関車システム）の例示的实施形態の図である。

【図2】種々の補助装置および走行用電動機に動作可能に接続された図1のエンジンおよび発電機の例示的实施形態の図である。

【図3】エンジン回転速度および発電機の電気的パラメータからエンジンの燃焼トルクプロファイルを推定するやり方の例示的实施形態の図である。

【図4】発電機の電気的パラメータを電磁トルクプロファイルに変換するやり方の例示的实施形態の図である。

【図5】エンジン回転速度から慣性トルクプロファイルを生成するやり方の例示的实施形態の図である。

【図6】エンジンの燃焼トルクプロファイルを推定するやり方の例示的实施形態の図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 7】エンジンの状態を診断するのにトルク比較処理を用いるやり方の例示的实施形態の図である。

【図 8】エンジン診断に用いられ得る時間領域のトルクプロファイルの周波数成分を生成するやり方の例示的实施形態の図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本明細書に開示される主題の実施形態は、エンジンを診断するためのシステムおよび方法に関するものである。この方法を遂行するための検査キットも提供される。このエンジンは機関車システムなどの車両に含まれてよい。他の適切なタイプの車両には、オンロード車両、オフロード車両、鉱業設備、航空機、および船舶が含まれ得る。本発明の他の実施形態は、風力タービンまたは発電機などの定置エンジンに用いられてもよい。このエンジンはディーゼルエンジンでよく、または別の燃料もしくは燃料の組合せを燃焼させてもよい。そのような代替燃料には、ガソリン、灯油、バイオディーゼル燃料、天然ガス、およびエタノール、ならびにそれらの組合せが含まれ得る。適切なエンジンは、圧縮点火および/または火花点火を用いてよい。これらの車両には、使用とともに劣化する構成要素を有するエンジンが含まれることがある。

【0012】

さらに、本明細書に開示される主題の実施形態は、エンジンの状態を診断し、状態と関連するエンジン構成要素の間を識別するために、測定された発電機の電気的パラメータおよび/またはエンジンパラメータ（例えば速度）から導出された、測定された発電機の電気的パラメータまたは発電機データ（例えば導出されたトルクプロファイル）などの発電機データを用いる。

【0013】

エンジンは、特定のタイプのエンジン劣化を探するとき、特定の動作条件または動作モードで運転されてよい。例えば、エンジンは、テスト手順の一部としての自己負荷状態、ダイナミックブレーキ（db）設定状態、または定常状態のモニタリング状態で診断されてよい。本明細書で論じられる診断方法および予知方法は、傾向把握、シリンダ毎のばらつきの比較、テストプロシージャの遂行、修理の確認、修理の支援に用いることができる。あるいは、エンジンが通常動作中に特定の動作条件または動作状態に達したとき、発電機および/またはエンジンのデータをサンプリングして分析してもよい。

【0014】

図 1 は、本明細書で鉄道車両 106 として図示された、複数のホイール 108 によってレール 102 上を走るように構成されている車両システム 100（例えば機関車システム）の例示的实施形態の図である。図示のように、鉄道車両 106 は、発電機（交流発電機）120 に動作可能に接続されたエンジン 110 を含む。車両 106 は、ホイール 108 を駆動するための発電機 120 に動作可能に接続された走行用電動機 130 も含む。車両 106 は、種々の機能を遂行するために発電機 120 またはエンジン 110 に動作可能に接続された種々の補助システムまたは機器 140（例えば回転可能なエンジンシャフト 111。図 2 を参照されたい）をさらに含む。

【0015】

車両 106 は、車両システム 100 に関連する種々の構成要素を制御するためのコントローラ 150 をさらに含む。一例では、コントローラ 150 はコンピュータ制御システムを含む。一実施形態では、コンピュータ制御システムは主としてソフトウェアに基づくものであって、コンピュータ操作可能命令を実行するように構成されているプロセッサ 152 などのプロセッサを含む。コントローラ 150 は複数のエンジン制御ユニット（ECU）を含んでよく、ECU のそれぞれの中に制御システムが配置されていてよい。コントローラ 150 は、鉄道車両動作の車両上での監視および制御を可能にするための命令（例えばコンピュータ実行可能命令）を含む記憶装置 154 などのコンピュータ可読記憶媒体をさらに含む。記憶装置 154 は、揮発性メモリおよび不揮発性メモリの記憶装置を含んで

10

20

30

40

50

よい。別の実施形態によれば、コントローラは、本明細書で説明される種々の機能を遂行するための、例えばデジタル信号プロセッサ(DSP)または他のハードウェア論理回路を使用するハードウェアに基づくものでよい。

【0016】

コントローラは、車両システム100の制御および管理を監視してよい。コントローラは、鉄道車両106の動作を制御するために、動作パラメータおよび動作条件を求め、それに応じて種々のエンジンアクチュエータ162を調節するように、エンジンの速度センサ160または種々の発電機センサ170から信号を受け取ってよい。一実施形態によれば、速度センサは、エンジンシャフト111に接続された多歯ピックアップホイールと、ピックアップホイールの歯が磁気抵抗センサの近く通るときこれを感知するための磁気抵抗センサとを含んでいる。例えば、コントローラは、種々の発電機センサから種々の発電機パラメータを表す信号を受け取ってよい。発電機パラメータには、直流リンクの電圧、直流リンクの電流、発電機の界磁電圧、発電機の界磁電流、発電機の出力電圧、および発電機の出力電流が含まれ得る。様々な実施形態に従って、他の発電機パラメータも可能であり得る。それに応じて、コントローラは、走行用電動機、交流発電機、シリンダ弁、スロットルなどの様々な構成要素に命令を送ることによって車両システムを制御してよい。発電機センサ170からの信号は、車両システム100の配線専用の空間を縮小し、信号線を摩滅および振動から保護するために、1つまたは複数の配線用ハーネスの中へ一緒にバンドルされてよい。

10

【0017】

コントローラは、エンジンの動作特性を記録するための実装された電子的診断機能を含んでよい。例えば、動作特性には、センサ160および170からの測定値が含まれてよい。一実施形態では、動作特性は、記憶装置154のデータベースに格納されてよい。一実施形態では、エンジン性能の傾向を求めるために、現行の動作特性が過去の動作特性と比較されてよい。

20

【0018】

コントローラは、車両システム100の構成要素の潜在的な劣化および故障を識別して記録するための実装された電子的診断機能を含んでよい。例えば、潜在的に劣化した構成要素が識別されると、記憶装置154に診断コードが格納されてよい。一実施形態では、コントローラによって識別され得る各タイプの劣化に対して一意な診断コードが対応してよい。例えば、第1の診断コードがエンジンのシリンダ1に関する問題を示してよく、第2の診断コードがエンジンのシリンダ2に関する問題を示してよい、といった具合である。

30

【0019】

コントローラは、機関車を運転する乗員および整備員にユーザインターフェースをもたらす診断インターフェース表示器などの表示器180にさらに接続されてよい。コントローラは、ユーザ入力制御部182を介した運転者の入力に応答して、種々のエンジンアクチュエータ162を調節する指令を送ることにより、対応してエンジンを制御してよい。ユーザ入力制御部182の限定的でない実例には、スロットル制御部、制動制御部、キーボード、および電力スイッチが含まれ得る。さらに、劣化した構成要素に対応する診断コードなどのエンジンの動作特性が、表示器180を介して運転者および/または整備員に伝えられてよい。

40

【0020】

車両システムは、コントローラに接続された通信システム190を含んでよい。一実施形態では、通信システム190は、音声およびデータメッセージを送受信するための無線機およびアンテナを含んでよい。例えば、車両システムと鉄道の管理センタ、別の機関車、人工衛星、および/または転載機などの線路脇の装置の間でデータ通信が行なわれてもよい。例えば、コントローラは、GPS受信器からの信号を用いて車両システムの地理座標を推定してもよい。別の実例として、コントローラは、通信システム190から伝送されるメッセージによって、管理センタにエンジンの動作特性を伝送してもよい。一実施形

50

態では、エンジンの劣化した構成要素が検出され、車両システムが保守整備のためにスケジュール設定され得るとき、通信システム 190 によって指令センタにメッセージが伝送されてよい。

【0021】

図 2 は、種々の補助装置 140 (141、142、143、144) および走行用電動機 130 に動作可能に接続された図 1 のエンジン 110 および発電機 120 の例示的实施形態の図である。種々の機械的補助装置 144 が、回転するエンジンシャフト 111 に動作可能に結合され、かつ駆動されてよい。他の補助装置 140 は、発電機 120 によって、電力調整器 230 に対する直流リンクの電圧を生成する整流器 210 を介して駆動される。このような補助装置の実例には、送風機 141、圧縮機 142、および冷却ファン 143 が含まれる。走行用電動機 130 は、発電機 120 によって、インバータ 220 に対する直流リンクの電圧を生成する整流器 210 を介して駆動される。このような補助装置 140、走行用電動機 130、およびそれらの実装形態は当技術分野で周知である。特定の実施形態によれば、発電機 120 は、実際には、例えば走行用電動機 130 を駆動するための主発電機および補助装置 140 の一部分を駆動するための補助発電機などの 1 つまたは複数の発電機でよい。さらに、補助装置の実例には、ターボ過給機、ポンプおよびエンジン冷却システムが含まれる。

【0022】

速度センサ 160 は、動作中にエンジンの回転シャフト 111 の速度を測定する。直流リンクのセンサ 171 は発電機センサであり、種々の実施形態によって、直流リンクの電圧、直流リンクの電流、または両方を測定することができる。界磁センサ 172 は発電機センサであり、種々の実施形態によって、発電機の界磁電流、発電機の界磁電圧または両方を測定することができる。特定の実施形態によれば、発電機の電動子の出力電圧および出力電流を測定するために、それぞれ発電機センサ 173 および 174 が設けられる。特定用途向けのパラメータに基づいて適切な市販のセンサが選択されてよい。

【0023】

種々の実施形態によれば、コントローラ 150 は、例えば通信システム 190 を介して、エンジンの劣化した状態を伝えるように動作可能である。さらに、種々の実施形態によれば、コントローラは、診断された状態に基づいてエンジンの動作パラメータを調節するように構成された命令を含む。

【0024】

図 3 は、エンジン回転速度および発電機の電氣的パラメータからエンジンの燃焼トルクプロファイルを推定する方法 300 の例示的实施形態の図である。ステップ 310 で、コントローラ 150 によって (例えば速度センサ 160 を介して) エンジン回転速度信号がサンプリングされる。ステップ 320 で、エンジン回転速度からエンジンの慣性トルクプロファイルが推定される。ステップ 330 で、コントローラ 150 によって (例えば発電機センサ 170 を介して)、発電機の電流および / または電圧がサンプリングされる。ステップ 340 で、サンプリングされた電流および / または電圧が、交流発電機モデルによって渡される。ステップ 350 で、交流発電機モデルの出力から発電機の電磁トルクプロファイルが推定される。ステップ 360 で、エンジンの燃焼トルクプロファイルを生成するために、電磁トルクプロファイルによって慣性トルクプロファイルが修正される。ステップ 370 で、燃焼トルクプロファイルが、基準線トルクプロファイルまたは予期されたエンジンのトルクプロファイルと比較される。

【0025】

図 4 は、発電機の電氣的パラメータを電磁トルクプロファイルに変換するやり方の例示的实施形態の図である。コントローラ 150 の中に実現され、整流器 210 の逆モデル 420 および発電機 120 のモデル 430 を含んでいる交流発電機モデル 410 に、直流リンクの電圧および発電機の界磁電流 (例えば発電機センサ 171 および 172 によって測定されたもの) が供給される。種々の実施形態によれば、整流器は、ダイオード整流器、位相制御整流器、またはパルス幅変調 (PWM) 整流器であり得る。代替実施形態によれ

10

20

30

40

50

ば、整流器を有するのでなく、交流負荷が直接接続されるか、または制御されたパワーエレクトロニクス装置を介して間接的に接続されて、逆モデル化されてよい。

【 0 0 2 6 】

逆モデル 4 2 0 は、直流リンクの電圧から発電機の出力電圧を推定するものである。同様に、発電機モデル 4 3 0 は、界磁電流から発電機の出力電流を推定する。発電機の出力電流および出力電圧が、コントローラ 1 5 0 の中に実現されている電磁トルクの推定処理 4 4 0 に供給される。電磁トルクの推定処理 4 4 0 は、発電機の出力電圧および出力電流をエンジン回転速度の指標とともに用いて、電磁トルクプロファイルを推定する。エンジン回転速度の指標は、トルク推定モデル 4 4 0 に対して対象の高調波の周波数がどこにあるか伝えるのに用いられる。速度センサ 1 6 0 からのエンジン回転速度が入力として用いられ、またはエンジン回転速度の指標として、整流器 2 1 0 からの周波数成分（例えば 6 次高調波）（例えば直流リンクの電圧信号の周波数成分）を用いてもよい。

10

【 0 0 2 7 】

結果として、直流リンクの電圧および発電機の界磁電流から、発電機と関連した電磁トルクプロファイルを導出することができる。あるいは、直流リンクの電流から発電機の出力電流を推定し、発電機の界磁電圧から発電機の出力電圧を推定するために、直流リンクの電流および発電機の界磁電圧が対応するモデルとともに用いられ得る。（このようなセンサが発電機上に存在するために）発電機の出力電圧および出力電流がコントローラ 1 5 0 にとって既に利用可能である場合には、次いで、逆モデル 4 2 0 および発電機モデル 4 3 0 が無視されてよい。さらに、あまり正確でないトルクプロファイルの推定が許容できる場合には、パラメータ（直流リンクの電圧、直流リンクの電流、発電機の界磁電流、発電機の界磁電圧、発電機の電流出力、発電機の電圧出力）のうちの 1 つだけ（両方ではなく）を用いてトルクプロファイルを推定することができる。

20

【 0 0 2 8 】

一実施形態では、コントローラは慣性トルクの推定処理を実施する。図 5 は、コントローラ 1 5 0 の慣性トルクの推定処理 5 1 0 を用いてエンジン回転速度から慣性トルクプロファイルを生成するやり方の例示的实施形態の図である。（例えば速度センサ 1 6 0 からの）測定されたエンジン回転速度を、ある期間にわたってサンプリングして、測定された回転速度から、求められた特性周波数における加速度成分を導出し（時間に対する速度の導関数を考える）、加速度成分を組み合わせる慣性トルクプロファイルを求めることにより、エンジン回転速度からエンジンの慣性トルクプロファイルが推定され得る。

30

【 0 0 2 9 】

図 6 は、エンジンの燃焼トルクプロファイルを推定するやり方の例示的实施形態の図である。コントローラ 1 5 0 は、エンジン部分における正確な燃焼トルクプロファイルをもたらすために、所与の速度変動を伴うエンジンの慣性トルクプロファイルを用いて、発電機の電磁トルクプロファイルを補償するエンジントルクの推定処理 6 1 0 を実施する。図 7 に示されるように、コントローラ 1 5 0 は、トルクプロファイルの比較処理 7 1 0 を実施して、推定されたエンジンの燃焼トルクプロファイルを、予期されたトルクプロファイルまたは基準線トルクプロファイルと比較する。一実施形態では、比較を遂行するためにテンプレート照合またはシグナチャ照合のアルゴリズムが採用される。基準線トルクプロファイルからの特定のずれは、エンジン構成要素の特定の劣化に（例えばエンジンのどのパワーアセンブリ構成要素が故障しているかということに）対応し得る。一実施形態によれば、推定された燃焼トルクプロファイルはエンジンのシリンダ内圧プロファイルを示す。したがって、方法 3 0 0 により、既存のエンジンおよび発電機センサを用いてエンジンのシリンダ内圧プロファイルを正確に予測することができる。

40

【 0 0 3 0 】

一実施形態によれば、レシプロエンジンは、燃焼トルクの推定処理 3 0 0 を遂行する前に、まず特定の動作条件、動作状態、または動作モードに駆動される。別の実施形態によれば、エンジンが通常動作中に求められた動作条件、動作状態、または動作モードに達してから、燃焼トルクの推定処理 3 0 0 が遂行され、このとき、コントローラは、トルクの

50

推定処理およびそれに続く推定されたトルクプロファイルと基準線トルクプロファイルとの比較を遂行するように起動される。

【 0 0 3 1 】

種々の実施形態によれば、コントローラ 150 は、例えば通信システム 190 を介して、エンジン状態の劣化を伝えるように動作可能である。さらに、種々の実施形態によれば、コントローラは、診断された状態に基づいてエンジンの動作パラメータを調節するように構成された命令を含む。

【 0 0 3 2 】

検査キットが提供され得て、これに含まれるコントローラは、エンジンの推定された燃焼トルクプロファイルと予期されたエンジンのトルクプロファイルとの比較に基づいて、発電機に運転可能に結合されたレシプロエンジンの状態を判断するように動作可能である。この検査キットは、発電機に関連した少なくとも 1 つの電磁パラメータ（例えば直流リンクの電圧および / または発電機の界磁電流）を感知するための少なくとも 1 つのセンサも含むことができる。コントローラは、センサと通信して、ある期間にわたって電磁パラメータをサンプリングするように動作可能である。コントローラは、電磁パラメータから電磁トルクプロファイルを推定するようにも動作可能である。この検査キットは、レシプロエンジンの回転シャフト速度を感知するためのセンサをさらに含むことができる。コントローラは、センサと通信して、ある期間にわたってこのシャフト速度をサンプリングするように動作可能である。コントローラは、シャフト速度から慣性トルクプロファイルを推定するようにさらに動作可能である。コントローラは、電磁トルクプロファイルおよび慣性トルクプロファイルからエンジンの推定燃焼トルクプロファイルを求めるようにも動作可能である。

【 0 0 3 3 】

次に、本明細書で説明されたシステムおよび方法の用途のさらなる実例が提供される。この実例は、発電機パラメータおよびエンジンの回転速度から推定されたエンジンの推定燃焼トルクプロファイルに基づいて、様々なタイプのエンジン劣化を診断して識別するための種々の手法を説明する。

【 0 0 3 4 】

エンジンは、所定の順番で点火する複数のシリンダを有してよく、各シリンダは 4 サイクルまたは 2 サイクルの間に 1 回点火する。例えば、4 つのシリンダの 4 サイクルエンジンは 1 - 3 - 4 - 2 の点火順序を有してよく、各シリンダはエンジンの 2 回転につき 1 回点火する。したがって、所与のシリンダの点火周波数はエンジンの回転周波数の 2 分の 1 であり、いずれかのシリンダが点火する周波数はエンジンの回転周波数の 2 倍である。エンジンの回転周波数は、エンジンの 1 次成分と説明されてよい。このような 1 次周波数成分は、測定された発電機パラメータの周波数成分に現われることがある。4 サイクルエンジンの所与のシリンダの点火する周波数はエンジンの 0.5 次成分と説明されてよく、エンジンの 0.5 次成分はエンジンの回転周波数の 1 / 2 である。このような 0.5 次周波数成分も、測定された発電機パラメータの周波数成分に現われることがある。

【 0 0 3 5 】

4 サイクルエンジンの別の実例として、12 個のシリンダのエンジンは 1 - 7 - 5 - 11 - 3 - 9 - 6 - 12 - 2 - 8 - 4 - 10 の点火順序を有してよく、各シリンダはエンジンの 2 回転につき 1 回点火する。したがって、所与のシリンダの点火周波数はエンジン回転周波数の 2 分の 1 であり、いずれかのシリンダが点火する周波数はエンジン回転周波数の 6 倍である。2 サイクルエンジンの一例として、12 個のシリンダのエンジンは 1 - 7 - 5 - 11 - 3 - 9 - 6 - 12 - 2 - 8 - 4 - 10 の点火順序を有してよく、各シリンダはエンジンの 1 回転につき 1 回点火する。したがって、所与のシリンダの点火周波数はエンジン回転周波数に等しく、いずれかのシリンダが点火する周波数はエンジン回転周波数の 12 倍である。これらの周波数成分も、測定された発電機パラメータの周波数成分に現われることがある。

【 0 0 3 6 】

例えば、エンジンは1050RPMで動作する4サイクルエンジンでよい。したがって、エンジンの1次成分は17.5Hzであり、エンジンの0.5次成分は8.75Hzである。直流リンクの電圧は、エンジンシャフト111が動作中に回転するのにつれて周期的に変化する可能性がある。例えば、直流リンクの電圧の周波数成分は、エンジンの1次周波数の周波数成分を含み得る。換言すれば、周波数成分の最大振幅が1次の周波数成分に現われる可能性がある。直流リンクの電圧は、2次の周波数（エンジン周波数の2倍）、3次の周波数（エンジン周波数の3倍）など、1次周波数の他の高調波の周波数成分も含み得る。同様に、直流リンクの電圧は、0.5次の周波数（エンジン周波数の半分）など、1次周波数未満の周波数成分を含んでよい。

【0037】

一実施形態では、エンジンの推定燃焼トルクプロファイルとエンジンの予期されたトルクプロファイルまたは基準線トルクプロファイルとの比較に基づいて、4サイクルエンジンの劣化したシリンダが検出されてよい。劣化したシリンダが1つしか検出されず、エンジンの他のシリンダがより健全な（すなわちあまり劣化していない）場合には、エンジンの複数のシリンダが劣化しているときより優れた照合トルクプロファイルを有する可能性がある。例えば、推定燃焼トルクプロファイルの一部分を基準線トルクプロファイルの同一部分と比較することにより、1つの劣化したシリンダが識別され得る。しかし、複数のシリンダが劣化していると、燃焼トルクプロファイルの複数の部分でずれが生じる可能性がある。さらに、複数の劣化したシリンダの点火順序における位置により、推定燃焼トルクプロファイルの複数の部分が変化して基準線トルクプロファイルから逸脱する可能性がある。例えば、2つの劣化したシリンダが180°違相で存在すると、2つの劣化したシリンダの点火順序が連続している場合より、トルクプロファイルの別々の部分に影響が及ぶ可能性があり、したがって、本明細書で開示される方法は、推定トルクプロファイルの種々の変化に基づいて1つまたは複数の劣化したシリンダを識別することができる。例えば、健全なエンジンの基準線トルクプロファイルに一致しない異常、または別の劣化したエンジン構成要素が、コントローラによって識別され、かつ報告されてよい。劣化したエンジン構成要素の他の実例には、劣化したクランクケースの排気システム、劣化したターボ過給機、および劣化したクランクケースが含まれる。

【0038】

一実施形態では、時間領域の発電機データ（例えば直流リンクの電圧および界磁電流）は、エンジンの1次周波数よりわずかに高い遮断周波数を有する低域通過フィルタによってフィルタリングされてよい。例えば、遮断周波数は、1次周波数より10～20パーセント高くてもよい。したがって、一実施形態では、遮断周波数はエンジン回転速度によって決定されてよい。発電機データは、ナイキスト周波数以上の周波数で適時にサンプリングされてよい。一実施形態では、この時間領域信号は、エンジンの1次周波数の2倍より高い周波数でサンプリングされてよい。一実施形態では、この時間領域信号は、エンジンのレッドライン周波数の2倍より高い周波数でサンプリングされてよい。したがって、低域通過フィルタリングおよびナイキスト周波数以上の周波数でサンプリングすることにより、発電機データの周波数成分にはエイリアスが含まれる可能性がない。エンジンの速度データにも同じことが当てはまる。

【0039】

図8は、エンジン診断に用いられ得る時間領域のトルクプロファイルの周波数成分を生成するやり方の例示的实施形態の図である。エンジンの推定燃焼トルクプロファイルの周波数領域成分を抽出するために、エンジンの推定燃焼トルクプロファイル（時間領域データ）を、フーリエ変換処理810（例えば高速フーリエ変換（FFT）処理）または帯域通過フィルタリング処理820に入力してよい。さらに、発電機信号（例えば直流リンクの電圧）およびエンジン回転速度信号を、周波数成分を抽出するために類似のやり方で処理してよい。

【0040】

本明細書で論じられるように、サンプリングされた発電機データ（例えば直流リンクの

10

20

30

40

50

電圧、トルクなど)は、周波数領域の周波数成分を生成するように変換されてよい。一実施形態では、周波数領域の周波数成分を生成するために高速フーリエ変換(FFT)を用いてよい。別の実施形態では、周波数領域の成分を生成するために帯域通過フィルタリング処理を用いてもよい。周波数分析処理により、サンプリングされた時間領域パラメータが周波数領域の周波数成分に変換される。種々の周波数成分には、直流(ゼロ次)、基本(1次)周波数成分、および調波成分(2次成分、0.5次成分、3次成分など)が含まれ得る。一実施形態によれば、フーリエ変換処理および帯域フィルタ処理は、プロセッサ152によって実行されるコンピュータ実行可能命令を含む。

【0041】

一実施形態では、発電機データの周波数成分を比較するために、エンジンの状態に関するシグナチャに対して相関アルゴリズムを適用してよい。例えば、健全なエンジンに関するシグナチャは、1次閾値より小さい振幅の1次周波数成分と、0.5次閾値より小さい振幅の0.5次の周波数成分とを含んでよい。1次閾値は、エンジン回転速度、エンジン負荷、クランクケース温度およびエンジンのヒストリカルデータに対応し得る。さらに、閾値Tは、例えば出力、速度、周囲の状態、修理履歴などのエンジンの動作条件に依拠する可能性がある。

【0042】

例えば、エンジンおよび発電機のヒストリカルデータは、エンジンの以前の動作からの周波数成分のサンプルを含むデータベースに格納されてよい。したがって、周波数成分の傾向が検出され得て、この傾向はエンジンの健全性を判断するのに用いられてよい。例えば、所与のエンジン回転速度および負荷に対するエンジンの0.5次成分の振幅の増加は、シリンダが劣化していることを示す可能性がある。別の事例として、所与のエンジン回転速度および負荷に対してエンジンの0.5次成分の振幅が増加することなくクランクケースの平均圧力が増加することは、ターボ過給機またはクランクケースの排気システムが劣化していることを示す可能性がある。潜在故障には、シリンダの劣化、ターボ過給機の劣化、またはクランクケースの排気システムの劣化が含まれ得る。

【0043】

一実施形態では、燃焼トルクプロファイルの周波数成分はデータベースに格納されてよい。別の実施形態では、基準線トルクプロファイルのデータはデータベースに格納されてよい。例えば、データベースはコントローラ150の記憶装置154に格納されてよい。別の事例として、データベースは鉄道車両106から遠方のサイトに格納されてよい。例えば、ヒストリカルデータはメッセージの中に要約され、通信システム190を用いて伝送されてよい。このようにして、指令センタは、エンジンの健全性をリアルタイムで監視し得る。例えば、指令センタは、通信システム190で伝送された燃焼トルクプロファイルデータを用いて、エンジンの状態を診断するステップを遂行してよい。例えば、指令センタは、鉄道車両106からエンジンの推定燃焼トルクプロファイルのデータを受け取り、このデータを周波数領域へ変換して、エンジンの潜在的な劣化を診断する。あるいは、指令センタは、鉄道車両106からエンジンの推定燃焼トルクプロファイルのデータを受け取り、このデータに対してテンプレート照合アルゴリズムを適用し(基準線トルクプロファイルと比較し)、エンジンの潜在的な劣化を診断してもよい。さらに、指令センタは、資本投資を最適化するやり方で、保守整備をスケジュール設定し、健全な機関車および整備員を配備してよい。トルクプロファイルのヒストリカルデータは、エンジン点検、エンジン調節、およびエンジン構成要素の交換の前後にエンジンの健全性を評価するのにさらに用いられてもよい。

【0044】

一実施形態では、潜在故障は、機関車を運転している乗務員に表示器180を通じて報告されてよい。一旦通知されると、オペレータは、エンジンがさらに劣化する可能性を低減するように鉄道車両106の操作を調節してもよい。一実施形態では、潜在故障を示すメッセージが、通信システム190で指令センタに伝送されてよい。さらに、潜在故障の重度が報告されてよい。例えば、推定トルクプロファイルと基準線トルクプロファイルと

10

20

30

40

50

の比較に基づく故障診断により、一般のエンジン情報のみ（例えば速度情報のみ）を用いて故障診断する場合より、早期の故障検出が可能になり得る。したがって、劣化の初期段階で潜在故障が診断された場合には、エンジンが動作し続けてもよい。それと対照的に、潜在故障が重度であると診断された場合には、エンジンを停止するか、または迅速な保守整備をスケジュール設定するのが望ましいであろう。一実施形態では、潜在故障の重度は、閾値とエンジンの推定燃焼トルクプロファイルの周波数成分のうち1つまたは複数の成分の振幅の間の差によって判断されてよい。

【0045】

推定燃焼トルクプロファイルのデータを分析することにより、動作中にエンジンを監視して診断することが可能になり得る。さらに、劣化した構成要素を有するエンジンの動作は、エンジン構成要素のさらなる劣化を潜在的に低減させ、また、さらなるエンジン故障および使用中の障害の可能性を潜在的に低下させるように調節されてよい。例えば、0.5次成分は0.5次の閾値と比較されてよい。一実施形態では、0.5次成分の振幅が0.5次の閾値より大きい場合には、潜在故障はシリンダの劣化である可能性がある。しかし、0.5次成分の振幅が0.5次の閾値より大きくない場合には、潜在故障は、ターボ過給機の劣化またはクランクケースの排気システムの劣化である可能性がある。

【0046】

一実施形態では、機関車を運転する乗員に、表示器180を介して潜在故障が報告されてよく、運転者は、さらになる劣化の可能性を低減させるように、鉄道車両106の動作を調節してよい。一実施形態では、潜在故障の診断メッセージが、通信システム190を用いて指令センタに伝送されてよい。

【0047】

一実施形態では、劣化したシリンダを識別するためにエンジンの動作パラメータが調節されてよい。例えば、エンジンの1つまたは複数のシリンダへの燃料噴射を選択的に無効にすることに基づいて、劣化したシリンダが識別されてよい。一実施形態では、発電機データおよび関連する周波数成分の1つまたは複数を監視しながら、複数のシリンダの各シリンダに対して燃料噴射を順番に無効にしてよい。例えば、他のシリンダを正常に動作させながら、1つのシリンダに対する燃料噴射を無効にしてよい。各シリンダを順番に無効にすることによって、劣化したシリンダが識別され得る。別の実例として、他のシリンダを正常に動作させながら、一群のシリンダに対する燃料噴射を無効にしてよい。別々のグループを順番に通って循環することにより、劣化したシリンダが消去の処理によって識別され得る。

【0048】

一例では、4サイクルエンジンのそれぞれの無効にされたシリンダに対して、トルクプロファイルデータの0.5次の周波数成分が監視されてよい。シリンダが無効にされている間に0.5次の周波数成分が0.5次の閾値を下回る場合には、この無効のシリンダが劣化したシリンダであり得る。シリンダが無効にされている間にも0.5次の周波数成分が0.5次の閾値を上回っている場合には、この無効のシリンダは健全なシリンダであり得る。換言すれば、劣化したシリンダは、他のシリンダより、0.5次の周波数成分をより大きくすることに貢献するシリンダであり得る。一実施形態では、エンジンがアイドル状態または軽い負荷で動作しているとき、選択的に無効にする診断が遂行されてよい。

【0049】

一実施形態では、劣化したシリンダは、エンジンの1つまたは複数のシリンダに対する燃料噴射を選択的に変化させることに基づいて識別されてよい。例えば、推定トルクプロファイルの0.5次の周波数成分を監視しながら、各シリンダへの燃料を選択的に増減させてよい。さらに、各シリンダの例えば周波数成分といったシグナチャが、そのエンジンのヒストリカルデータまたは健全なエンジンと比較されてよい。例えば、基準線シグナチャを生成するために、健全なエンジンに対して診断テストを遂行してよい。次いで、エンジンを診断しながら、基準線シグナチャを周波数成分と比較してよい。一実施形態では、劣化したシリンダは、エンジンの燃料噴射のタイミングを変化させることによって識別さ

10

20

30

40

50

れてよい。例えば、劣化したシリンダを診断するのに、進角調整を用いてもよい。例えば、エンジンの燃料噴射タイミングを、可能性として 0.5 次の周波数成分を増加させるように遅らせてよい。

【0050】

劣化したシリンダを、エンジンがさらなる損傷を受けるように故障させるより、エンジンを切るほうが望ましいであろう。一実施形態では、潜在故障が重度であるためエンジンを継続して動作させるのは望ましくないことを示す閾値が決定されてよい。例えば、0.5 次の周波数成分の振幅が閾値を超過する場合には、潜在故障が重度であると判断されてよい。潜在故障の重度が閾値を超過した場合には、エンジンを停止させてよい。

【0051】

例えば、点検をスケジュール設定する要求が、通信システム 190 を介して送られるメッセージなどによって送られてよい。さらに、潜在故障の状態および潜在故障の重度を送ることによって、鉄道車両 106 のダウンタイムが低減され得る。例えば、潜在故障の重度が低ければ、鉄道車両 106 に対する点検が延期されてよい。診断された状態に基づいてエンジンの動作パラメータを調節することなどによりエンジンの定格出力を下げることによって、ダウンタイムがさらに短縮され得る。エンジンの定格出力を下げるのが可能であるかどうか判断されてよい。例えば、エンジンの定格出力を下げると、推定燃焼トルクプロファイルのデータの周波数成分のうち 1 つまたは複数の成分の振幅が低減する可能性がある。

【0052】

例えば、エンジンの動作パラメータは、劣化した構成要素のさらなる劣化を低減させるためなどに調節されてよい。一実施形態では、エンジンの回転速度または出力が管理されてよい。一実施形態では、他のシリンダを動作させながら、潜在的に劣化したシリンダに対する燃料噴射を低減するかまたは無効にしてもよい。したがって、エンジンは動作し続け、劣化したシリンダのさらなる劣化は低減され得る。このようにして、エンジンは、エンジン構成要素のさらなる劣化を潜在的に低減させ、また破局的なエンジン故障および鉄道故障の可能性を潜在的に低下させるように調節されてよい。

【0053】

一実施形態では、検査キットは、エンジンの燃焼トルクプロファイルを推定し、推定燃焼トルクプロファイルに基づいてエンジンの状態を診断するのに用いられてよい。例えば、検査キットが含むコントローラは、1 つまたは複数の発電機センサと通信して、関連する発電機データをサンプリングするように動作可能である。コントローラは、1 つまたは複数の発電機センサからの信号を発電機の電磁トルクプロファイルに変換するようにさらに動作可能であり得る。コントローラは、速度センサが測定したエンジン回転速度からエンジンの慣性トルクプロファイルを推定し、電磁トルクプロファイルに基づいて慣性トルクプロファイルを修正してエンジンの燃焼トルクプロファイルを推定するようにさらに動作可能であり得る。コントローラは、推定燃焼トルクプロファイルに基づいてエンジンの状態を診断するようにさらに動作可能であり得る。検査キットは、発電機パラメータ（例えば発電機の出力電圧）および/またはエンジンパラメータ（例えばエンジン回転速度）を感知するための 1 つまたは複数のセンサをさらに含んでよい。

【0054】

明細書および特許請求の範囲では複数の用語が参照されることになり、以下の意味を有する。単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」および「この(the)」は、文脈に別様の明確な指示がなければ、複数の対象を含む。明細書および特許請求の範囲の全体にわたって本明細書で用いられる近似の言語は、関連する基本的機能の変化をもたらすことなく変化することを許され得る何らかの量的表現を修飾するのに適用されてよい。したがって、「約」などの用語によって修飾された値は、指定された正確な値に限定されない。いくつかの例では、近似の言語は、その値を測定するための測定器の精度に対応することがある。同様に、「無(free)」は、用語と組み合わせられてよく、修飾された用語がないと引き続き見なされる一方で、ごくわずかな数（または極微量）を含んで

10

20

30

40

50

もよい。そのうえ、「第1の」、「第2の」などの用語のいかなる使用も、特に別記しない限り、いかなる順序または重要性も示すものではなく、むしろ「第1の」、「第2の」などの用語は、ある要素を別のものから区別するのに用いられる。

【0055】

本明細書で用いられる用語「よい(may)」、「でよい(may be)」は、1組の環境の範囲内での出現の可能性、特定の特性、特徴もしくは機能を有すること、および/または修飾された動詞に関連する能力、性能、または可能性のうち1つまたは複数表現することによって別の動詞を修飾することを示す。したがって、「よい」、「でよい」の使用は、示された能力、機能または利用に関して、修飾された用語が明らかに適している、有能である、または適切であるが、いくつかの環境では、修飾された用語が、適していない、有能でない、または適切ではない可能性を考慮に入れることも示す。例えば、いくつかの環境では、ある事象または能力を予期することができるが、他の環境ではその事象または能力が生じ得ず、この区別は、用語「よい」、「でよい」によって捕捉される。「発電機」、「交流発電機」という用語は、本明細書では互換性があるように用いられる(しかし、用途に応じて一方または他方がより適切であり得ることが理解される)。「周波数成分」、「調波成分」という用語は、本明細書では互換性があるように用いられており、基本周波数成分(および/または位相)ならびに基本成分より上と下の関連する調波周波数(および/または位相)成分を指すことができる。コントローラまたはプロセッサに関して本明細書で用いられる用語の「命令」は、コンピュータ実行可能命令を指してもよい。

【0056】

本明細書で説明された実施形態は、製品、システム、および特許請求の範囲で列挙された本発明の要素に相当する要素を有する方法の実例である。この書かれた説明により、当業者なら、特許請求の範囲で列挙された本発明の要素に対して同様に相当する代替要素を有する実施形態を製作し、かつ使用することができるはずである。したがって、本発明の範囲には、特許請求の範囲の文字どおりの言語から異なることのない製品、システムおよび方法が含まれ、特許請求の範囲の文字どおりの言語とごくわずかな差異しかない他の製品、システムおよび方法がさらに含まれる。本発明の、特定の特徵および実施形態のみが本明細書に示され説明されてきたが、当業者なら多くの修正形態および変更形態を思いつくことができるであろう。添付の特許請求の範囲は、このような修正形態および変更形態をすべて対象として含むものである。

【符号の説明】

【0057】

- 100 車両システム
- 102 レール
- 106 鉄道車両
- 108 ホイール
- 110 エンジン
- 111 エンジンシャフト
- 120 発電機(交流発電機)
- 130 走行用電動機
- 140 補助システム
- 141 送風機
- 142 圧縮機
- 143 冷却ファン
- 144 機械的に駆動される補助装置
- 150 コントローラ
- 152 プロセッサ
- 154 記憶装置
- 160 速度センサ

1 6 2	エンジンアクチュエータ	
1 7 0	センサ	
1 7 1	直流リンクのセンサ	
1 7 2	界磁センサ	
1 7 3	発電機センサ	
1 7 4	発電機センサ	
1 8 0	表示器	
1 8 2	ユーザ入力制御部	
1 9 0	通信システム	
2 1 0	整流器	10
2 2 0	インバータ	
2 3 0	電力調整器	
3 0 0	エンジンの燃焼トルクプロファイルを推定する方法	
3 1 0	エンジン回転速度信号をサンプリングするステップ	
3 2 0	エンジンの慣性トルクプロファイルを推定するステップ	
3 3 0	発電機の電流および／または電圧をサンプリングするステップ	
3 4 0	電流および／または電圧が、交流発電機モデルによって渡されるステップ	
3 5 0	発電機の電磁トルクプロファイルを推定するステップ	
3 6 0	エンジンの燃焼トルクプロファイルを生成するステップ	
3 7 0	基準線トルクと比較するステップ	20
4 1 0	交流発電機のモデル	
4 2 0	ダイオード整流器の逆モデル	
4 3 0	発電機のモデル	
4 4 0	電磁トルクの推定処理	
5 1 0	慣性トルクの推定処理	
6 1 0	エンジントルクの推定処理	
7 1 0	トルクを比較するステップ	
8 1 0	F F T 処理	
8 2 0	帯域通過フィルタ処理	

【図 1】

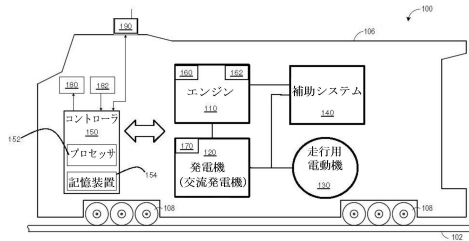


FIG. 1

【図 2】

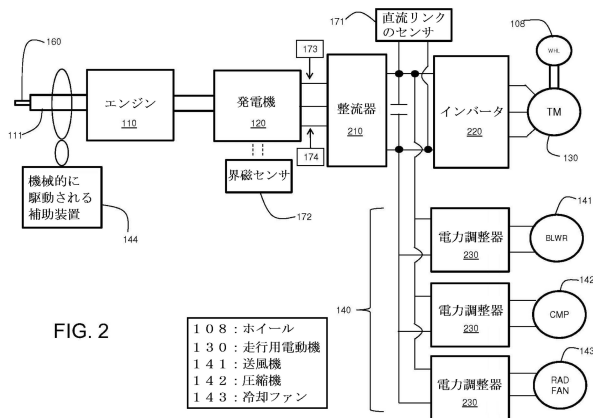
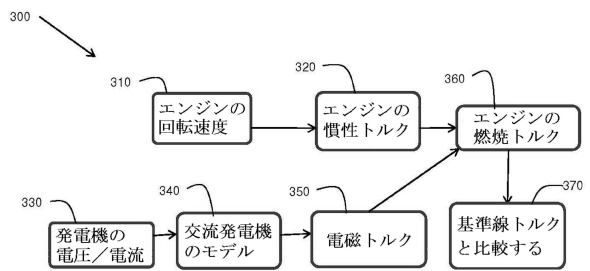


FIG. 2

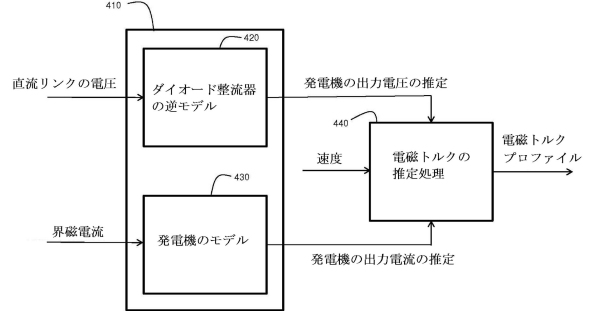
【図 3】

FIG. 3



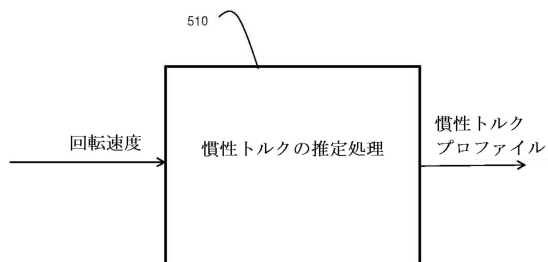
【図 4】

FIG. 4



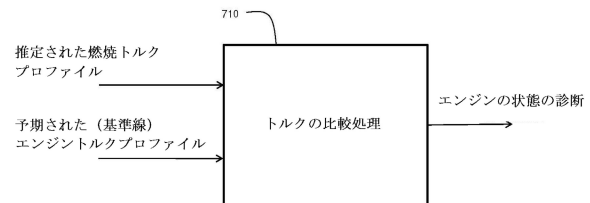
【図 5】

FIG. 5



【図 7】

FIG. 7

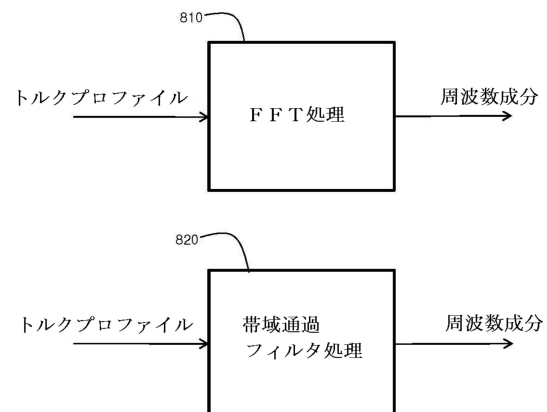
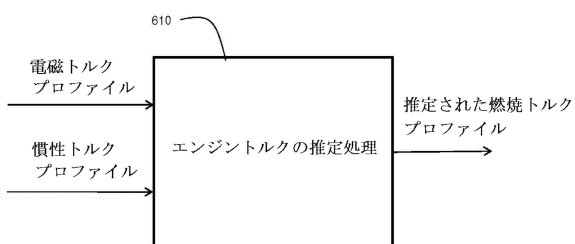


【図 8】

FIG. 8

【図 6】

FIG. 6



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 M 17/08

(72)発明者 クマール, アジス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

(72)発明者 ラマチャンドラパニッカー, ソマクマール

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

(72)発明者 フリン, ポール

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

(72)発明者 パネルジー, アリジット

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

(72)発明者 ムケルジー, ルパム

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

合議体

審判長 福島 浩司

審判官 信田 昌男

審判官 渡戸 正義

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 5 3 1 2 8 号明細書 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01M 15/00 - 15/14