

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6792939号  
(P6792939)

(45) 発行日 令和2年12月2日 (2020. 12. 2)

(24) 登録日 令和2年11月11日 (2020. 11. 11)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>FO2C</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>FO2C</b>	<b>9/00</b>	<b>A</b>
<b>FO1D</b>	<b>25/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>FO1D</b>	<b>25/00</b>	<b>W</b>
<b>GO1M</b>	<b>99/00</b>	<b>(2011.01)</b>	<b>GO1M</b>	<b>99/00</b>	<b>A</b>

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-211899 (P2015-211899)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成27年10月28日 (2015. 10. 28)		三菱パワー株式会社
(65) 公開番号	特開2017-82681 (P2017-82681A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成29年5月18日 (2017. 5. 18)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	平成30年8月23日 (2018. 8. 23)		弁理士 松沼 泰史
前置審査		(74) 代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348
			弁理士 古部 智
		(74) 代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 タービン分析装置、タービン分析方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得する状態量取得部と、  
前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第1のLMP値を算出する  
負荷特定部と、

前記負荷特定部が算出した前記第1のLMP値と前記タービンの温度とに基づいて消費  
寿命を算出し、前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿  
命を算出する余寿命算出部と、

前記余寿命から算出された前記タービンの第2のLMP値に基づいて、前記タービンの  
負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出する負荷  
・時間算出部と、

を備えるタービン分析装置。

【請求項 2】

前記第1のLMP値は、前記タービンの温度と運転時間とから特定される、または温度  
とサイクル数との関係から特定される

請求項1に記載のタービン分析装置。

【請求項 3】

前記タービンの運転を継続すべき時間を算出する時間特定部をさらに備え、

前記負荷・時間算出部が、前記時間特定部が算出した時間の間、前記タービンの運転を  
継続することができる負荷を算出する

10

20

請求項 1 または請求項 2 に記載のタービン分析装置。

【請求項 4】

前記タービンが所定の負荷で運転する場合に、所定の検査時期まで運転を継続できるかを判定する運転可否判定部をさらに備え、

前記時間特定部が、現在から前記検査時期までの時間を前記タービンの運転を継続すべき時間として算出し、

前記運転可否判定部が運転を継続できないと判定した場合に、前記負荷・時間算出部が、前記時間特定部が算出した時間の間、前記タービンの運転を継続することができる負荷を算出する

請求項 3 に記載のタービン分析装置。

10

【請求項 5】

複数の前記タービンが発電すべき電力量を予測する発電電力量予測部と、

前記負荷・時間算出部が算出した前記負荷と、前記発電電力量予測部が予測した電力量とに基づいて、前記複数のタービンの運転計画を生成する運転計画生成部と

をさらに備える請求項 3 または請求項 4 に記載のタービン分析装置。

【請求項 6】

前記タービンを運転させる負荷の入力を受け付ける負荷入力部をさらに備え、

前記負荷・時間算出部が、入力された前記負荷による前記タービンの運転可能時間を算出する

請求項 1 または請求項 2 に記載のタービン分析装置。

20

【請求項 7】

タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得するステップと、

前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第 1 の L M P 値を算出するステップと、

算出した前記第 1 の L M P 値と前記タービンの温度とに基づいて消費寿命を算出するステップと、

前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿命を算出するステップと、

前記余寿命から算出された前記タービンの第 2 の L M P 値に基づいて、前記タービンの負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出するステップと、

30

を有するタービン分析方法。

【請求項 8】

コンピュータを、

タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得する状態量取得部、

前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第 1 の L M P 値を算出する負荷特定部、

前記負荷特定部が算出した前記第 1 の L M P 値と前記タービンの温度とに基づいて消費寿命を算出し、前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿命を算出する余寿命算出部、

40

前記余寿命から算出された前記タービンの第 2 の L M P 値に基づいて、前記タービンの負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出する負荷・時間算出部

として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タービン分析装置、タービン分析方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

50

特許文献 1 には、ガスタービン高温部品のローテーション計画において、高温部品の余寿命が次回予定運転期間に満たない場合に、自主点検タイミングの時期を変更することで、高温部品の廃却時における余寿命を最小化する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 195056 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

しかしながら、プラントの運転計画における負荷と実際にプラントにかかる負荷とが一致するとは限らない。例えば、プラントの運転計画では部分負荷での運転を計画した一方で、急な電力需要の増加により一時的にプラントをベースロードで運転させることがある。この場合、特許文献 1 に開示された技術によっては、定期点検のタイミングより前に高温部品が寿命に至る可能性がある。そのため、タービンの寿命を負荷に応じて適切に管理することが望まれている。

本発明の目的は、タービンの寿命を負荷に応じて適切に管理するタービン分析装置、タービン分析方法およびプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

20

本発明の第 1 の態様によれば、タービン分析装置は、タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得する状態量取得部と、前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第 1 の LMP 値を算出する負荷特定部と、前記負荷特定部が算出した前記第 1 の LMP 値と前記タービンの温度とに基づいて消費寿命を算出し、前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿命を算出する余寿命算出部と、前記余寿命から算出された前記タービンの第 2 の LMP 値に基づいて、前記タービンの負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出する負荷・時間算出部と、を備える。

【0006】

本発明の第 2 の態様によれば、第 1 の態様に係るタービン分析装置における前記第 1 の LMP 値は、前記タービンの温度と運転時間とから特定される、または温度とサイクル数との関係から特定される。

30

【0007】

本発明の第 3 の態様によれば、第 1 または第 2 の態様に係るタービン分析装置は、前記タービンの運転を継続すべき時間を算出する時間特定部をさらに備え、前記負荷・時間算出部が、前記時間特定部が算出した時間の間、前記タービンの運転を継続することができる負荷を算出する。

【0008】

本発明の第 4 の態様によれば、第 3 の態様に係るタービン分析装置は、前記タービンが所定の負荷で運転する場合に、所定の検査時期まで運転を継続できるか否かを判定する運転可否判定部をさらに備え、前記時間特定部が、現在から前記検査時期までの時間を前記タービンの運転を継続すべき時間として算出し、前記運転可否判定部が運転を継続できないと判定した場合に、前記負荷・時間算出部が、前記時間特定部が算出した時間の間、前記タービンの運転を継続することができる負荷を算出する。

40

【0009】

本発明の第 5 の態様によれば、第 3 または第 4 の態様に係るタービン分析装置は、複数の前記タービンが発電すべき電力量を予測する発電電力量予測部と、前記負荷・時間算出部が算出した前記負荷と、前記発電電力量予測部が予測した電力量とに基づいて、前記複数のタービンの運転計画を生成する運転計画生成部とをさらに備える。

【0010】

50

本発明の第 6 の態様によれば、第 1 または第 2 の態様に係るタービン分析装置は、前記タービンを運転させる負荷の入力を受け付ける負荷入力部をさらに備え、前記負荷・時間算出部が、入力された前記負荷による前記タービンの運転可能時間を算出する。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 7 の態様によれば、タービン分析装置は、タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得するステップと、前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第 1 の L M P 値を算出するステップと、算出した前記第 1 の L M P 値と前記タービンの温度とに基づいて消費寿命を算出するステップと、前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿命を算出するステップと、前記余寿命から算出された前記タービンの第 2 の L M P 値に基づいて、前記タービンの負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出するステップと、を有する。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の第 8 の態様によれば、プログラムは、コンピュータを、タービンの温度を含む前記タービンの状態量を取得する状態量取得部、前記状態量に基づいて、前記タービンに係る温度履歴を示す第 1 の L M P 値を算出する負荷特定部、前記負荷特定部が算出した前記第 1 の L M P 値と前記タービンの温度とに基づいて消費寿命を算出し、前記タービンの設計寿命から前記消費寿命を減算して前記タービンの余寿命を算出する余寿命算出部、前記余寿命から算出された前記タービンの第 2 の L M P 値に基づいて、前記タービンの負荷と、前記タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を導出する負荷・時間算出部として機能させる。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

上記態様のうち少なくとも 1 つの態様によれば、タービン分析装置は、タービンの負荷の履歴に基づいて、タービンの負荷と運転可能時間の関係を算出する。これにより、タービン分析装置は、タービンの寿命を負荷に応じて適切に管理することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る計画装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 2】第 1 の実施形態に係るタービン分析装置の収集周期ごとの動作を示すフローチャートである。

30

【図 3】第 1 の実施形態に係るタービン分析装置による運転計画の生成処理を示すフローチャートである。

【図 4】第 2 の実施形態に係るタービン分析装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 5】第 2 の実施形態に係るタービン分析装置による運転可能時間の提示処理を示すフローチャートである。

【図 6】第 2 の実施形態に係るタービン分析装置が出力する運転可能時間の提示画面の第 1 の例を示す図である。

【図 7】第 2 の実施形態に係るタービン分析装置が出力する運転可能時間の提示画面の第 2 の例を示す図である。

【図 8】少なくとも 1 つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

《第 1 の実施形態》

以下、図面を参照しながら第 1 の実施形態について詳しく説明する。

図 1 は、第 1 の実施形態に係る計画装置の構成を示す概略ブロック図である。

第 1 の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、複数のタービンの運転計画を生成する。第 1 の実施形態に係るタービンの運転計画は、各タービンの運転に係る負荷を示す情報である。

第 1 の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、データ収集部 101、ヒートバランス算

50

出部 102、負荷特定部 103、余寿命記憶部 104、余寿命算出部 105、点検時期記憶部 106、時間特定部 107、運転可能時間算出部 108、運転可否判定部 109、負荷算出部 110、発電電力量予測部 111、運転計画生成部 112、出力部 113 を備える。

#### 【0016】

データ収集部 101 は、顧客が所有する発電プラントからリアルタイムにタービンの運転データを収集する。具体的には、データ収集部 101 は、タービンに設けられたセンサから所定の収集周期（例えば、5 分）ごとに、運転データを収集する。収集周期は、監視の即時性が失われない程度に短い周期である。運転データの例としては、流量、圧力、温度、振動、およびその他の状態量が挙げられる。データ収集部 101 は、タービンの状態量を取得する状態量取得部の一例である。

10

#### 【0017】

ヒートバランス算出部 102 は、データ収集部 101 が収集した運転データに基づいて、タービンのヒートバランスを算出する。ヒートバランスとは、タービンに取り付けられた各部品それぞれにおける温度、圧力、エンタルピ、流量、およびその他の状態量である。ヒートバランス算出部 102 は、運転データに基づくシミュレーションによりヒートバランスを算出する。ヒートバランス算出のためのシミュレーションの手法の例としては、FEM (Finite Element Method) および CFD (Computational Fluid Dynamics) が挙げられる。ヒートバランス算出部 102 は、タービンの状態量を取得する状態量取得部の一例である。

20

#### 【0018】

負荷特定部 103 は、ヒートバランス算出部 102 が算出したヒートバランスに基づいて、直近の収集周期における各部品の劣化量を示す LMP (Larson-Miller Parameter) 値  $L_c$  を算出する。LMP 値  $L_c$  は、以下に示す式 (1) により求められるパラメータである。

#### 【0019】

##### 【数 1】

$$L_c = T_c (\log t_c + C) \quad \cdots (1)$$

30

#### 【0020】

$T_c$  は、部品の熱力学温度を示す。熱力学温度は、セルシウス温度に 273.15 を加算した値と等価である。部品の温度は、ヒートバランス算出部 102 が算出したヒートバランスによって特定される。 $t_c$  は、温度  $T_c$  でのタービンの運転時間を示す。つまり、時間  $t_c$  は、データ収集部 101 による収集周期に等しい。 $C$  は、部品の材料により定められる定数である。例えば部品の材料が低炭素鋼またはクロムモリブデン鋼である場合、定数  $C$  は 20 であってよい。また例えば部品の材料がステンレス鋼である場合、定数  $C$  は 15 であってよい。

このように、LMP 値は、部品の温度と運転時間とから特定されるパラメータである。つまり、LMP 値は、部品に掛かる温度履歴に関する温度履歴変数の一例である。LMP 値により、クリープ変形の程度を状態を表すことができる。また、LMP 値は、部品に掛かる負荷の履歴の一例である。

40

#### 【0021】

余寿命記憶部 104 は、タービンの各部品の余寿命を記憶する。余寿命記憶部 104 が記憶する部品の余寿命は、タービンが定格温度で運転する場合にその部品が寿命に至るまでの時間によって表される。余寿命記憶部 104 は、部品の余寿命の初期値として、その部品の設計寿命を記憶する。

余寿命算出部 105 は、負荷特定部 103 が算出した LMP 値と、余寿命記憶部 104 が記憶する部品の余寿命および定格温度とに基づいて、タービンの各部品の余寿命を算出する。

50

具体的には、余寿命算出部 105 は、以下の式 (2) に、負荷特定部 103 が算出した LMP 値  $L_c$  と定格温度  $T_s$  とを代入することで、定格温度での運転に換算した消費寿命  $t_s$  を算出する。そして、余寿命算出部 105 は、算出された消費寿命を余寿命記憶部 104 が記憶する余寿命から減算することで、余寿命を算出する。

【0022】

【数 2】

$$t_s = 10^{\frac{L_c}{T_s} - C} \quad \dots (2)$$

10

【0023】

点検時期記憶部 106 は、タービンの点検時期を記憶する。

時間特定部 107 は、点検時期記憶部が記憶する点検時期に基づいて、現在から点検時期までの時間を特定する。現在から点検時期までの時間は、タービンの運転を継続べき時間の一例である。

【0024】

運転可能時間算出部 108 は、余寿命記憶部 104 が記憶する余寿命に基づいて、現在の運転計画に従った運転での、タービンの運転可能時間を算出する。運転可能時間算出部 108 は、タービンの負荷とタービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を算出する負荷・時間算出部の一例である。具体的には運転可能時間算出部 108 は、以下に示す式 (3) に、余寿命記憶部 104 が記憶する余寿命  $t_l$  と定格温度  $T_s$  とを代入することで各部品の LMP 値  $L_l$  を算出する。

20

【0025】

【数 3】

$$L_l = T_s (\log t_l + C) \quad \dots (3)$$

【0026】

次に、運転可能時間算出部 108 は、以下に示す式 (4) に、算出した LMP 値  $L_l$  と運転計画が示す負荷に対応する温度  $T_p$  とを代入することで、運転可能時間  $t_p$  を算出する。

30

【0027】

【数 4】

$$t_p = 10^{\frac{L_l}{T_p} - C} \quad \dots (4)$$

【0028】

運転可否判定部 109 は、運転可能時間算出部 108 が算出した運転可能時間と、時間特定部 107 が特定した時間とに基づいて、タービンが運転計画が示す負荷での運転を、時間特定部 107 が特定した時間の間、継続することができるか否かを判定する。

40

【0029】

負荷算出部 110 は、余寿命記憶部 104 が記憶する余寿命に基づいて、時間特定部 107 が特定した時間までタービンの運転が可能となる負荷を算出する。負荷算出部 110 は、タービンの負荷とタービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を算出する負荷・時間算出部の一例である。具体的には負荷算出部 110 は、上記式 (3) により算出された LMP 値  $L_l$  と、時間特定部 107 が特定した時間  $t_i$  とを、以下に示す式 (5) に代入することで、温度  $T_i$  を算出する。次に負荷算出部 110 は、算出した温度  $T_i$  に基づいてタービンの運転負荷を特定する。

50

【 0 0 3 0 】

【 数 5 】

$$T_i = \frac{L_l}{\log t_i + C} \quad \dots (5)$$

【 0 0 3 1 】

発電電力量予測部 1 1 1 は、ネットワークを介して市場電力需要情報を取得し、管理対象の発電プラントが全体として発電すべき電力量を予測する。

10

運転計画生成部 1 1 2 は、負荷算出部 1 1 0 が算出した負荷および発電電力量予測部 1 1 1 の予測結果に基づいて、タービンの負荷を示す運転計画を生成する。具体的には、運転計画生成部 1 1 2 は、運転可否判定部 1 0 9 によって、現在の運転計画が示す負荷での運転を継続することができないと判定されたタービンの点検時期までの運転計画を、負荷算出部 1 1 0 が算出した負荷での運転に決定する。そして、運転計画生成部 1 1 2 は、発電電力量予測部 1 1 1 が予測した発電電力量を満たすように、運転可否判定部 1 0 9 によって現在の運転計画が示す負荷での運転を継続できると判定されたタービンの運転計画を生成する。

出力部 1 1 3 は、運転計画生成部 1 1 2 が生成した運転計画を出力する。運転計画の出力形式の例としては、ディスプレイへの表示、記憶媒体への記録、およびシートへの印刷が挙げられる。

20

【 0 0 3 2 】

ここで、本実施形態に係るタービン分析装置 1 の動作について説明する。

図 2 は、第 1 の実施形態に係るタービン分析装置の収集周期ごとの動作を示すフローチャートである。

タービン分析装置 1 は、収集周期ごとに、以下に示す処理を実行する。

まずデータ収集部 1 0 1 は、タービンに設けられたセンサからタービンの運転データを収集する（ステップ S 1）。次に、ヒートバランス算出部 1 0 2 は、収集された運転データを入力としてタービンのヒートバランスを算出する（ステップ S 2）。

【 0 0 3 3 】

30

次に、タービン分析装置 1 は、タービンに組み込まれた部品を 1 つずつ選択し、選択された部品について、それぞれ以下に示すステップ S 4 からステップ S 6 の処理を実行する（ステップ S 3）。

まず、負荷特定部 1 0 3 は、ヒートバランス算出部 1 0 2 が算出したヒートバランスを用いて、選択された部品の負荷の履歴を示す L M P 値を算出する（ステップ S 4）。次に、余寿命算出部 1 0 5 は、負荷特定部 1 0 3 が算出した L M P 値に基づいて、定格温度での運転に換算した消費寿命を算出する（ステップ S 5）。次に、余寿命算出部 1 0 5 は、余寿命記憶部 1 0 4 が記憶する余寿命から、算出された消費寿命を減算する（ステップ S 6）。これにより、余寿命算出部 1 0 5 は、余寿命記憶部 1 0 4 が記憶する余寿命を更新する。

40

【 0 0 3 4 】

タービン分析装置 1 は、上記ステップ S 1 からステップ S 6 の処理を収集周期ごとに実行することで、余寿命記憶部 1 0 4 が記憶する各部品の余寿命を最新の状態に保つことができる。

【 0 0 3 5 】

ここで、本実施形態に係るタービン分析装置 1 による運転計画の見直し処理について説明する。タービン分析装置 1 は、利用者が指定するタイミングで、または定期的に、各発電プラントの運転計画の見直しを行う。つまり、タービン分析装置 1 は、現在使用されている運転計画に従ってタービンを運転させることでタービンの部品が点検時期までに寿命に至ることが予測される場合に、全てのタービンの部品が点検時期までに寿命に至らない

50

ように、運転計画を変更する。

【0036】

図3は、第1の実施形態に係るタービン分析装置による運転計画の生成処理を示すフローチャートである。

タービン分析装置1は、運転計画の見直し処理を開始すると、運転計画の見直しの対象となるタービンを1つずつ選択し、選択されたタービンについて、以下に示すステップS102からステップS106の処理を実行する(ステップS101)。

まず、運転可能時間算出部108は、選択されたタービンに組み込まれた各部品に関連付けられた余寿命を余寿命記憶部104から読み出す(ステップS102)。次に、運転可能時間算出部108は、各部品について、現在の運転計画に従った運転での運転可能時間を算出する(ステップS103)。次に、時間特定部107は、選択されたタービンに関連付けられた点検時期を、点検時期記憶部106から読み出し、現在から点検時期までの時間を特定する(ステップS104)。次に、運転可否判定部109は、運転可能時間算出部108が算出した各部品の運転可能時間のうち最も短いものと、時間特定部107が特定した時間とを比較し、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができるか否かを判定する(ステップS105)。

【0037】

運転可否判定部109が、選択されたタービンについて、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができると判定した場合(ステップS105: YES)、タービン分析装置1は、ステップS101に戻り、次のタービンを選択する。他方、運転可否判定部109が、選択されたタービンについて、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができないと判定した場合(ステップS105: NO)、負荷算出部110は、各部品について、時間特定部107が特定した時間の間、選択されたタービンを運転することができる最大の負荷を算出する(ステップS106)。

【0038】

タービン分析装置1が、すべてのタービンについて、ステップS102からステップS106の処理を実行すると、運転計画生成部112は、全てのタービンについて、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができるか否かを判定する(ステップS107)。つまり、運転計画生成部112は、ステップS105における運転可否判定部109による判定結果がすべてYESであるか否かを判定する。全てのタービンについて、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができる場合(ステップS107: YES)、運転計画を変更する必要がないため、タービン分析装置1は、新たな運転計画を生成せずに処理を終了する。

【0039】

他方、次の点検時期まで現在の運転計画に従った運転ができないタービンが存在する場合(ステップS107: NO)、運転計画生成部112は、運転計画に従った運転ができないタービンについて、点検期間までの間、負荷算出部110が算出した負荷で運転させる運転計画を生成する(ステップS108)。発電電力量予測部111は、ネットワークを介して市場電力需要情報を取得し、管理対象の発電プラントが発電すべき電力量を予測する(ステップS109)。次に、運転計画生成部112は、予測した電力量を満たすように、点検対象のタービンの運転計画を生成する(ステップS110)。具体的には、運転計画生成部112は、発電電力量予測部111が予測した発電電力量を満たすように、ステップS105で運転計画に従った運転ができると判定されたタービンの発電電力量分担を算出する。

そして、出力部113は、運転計画生成部112が生成した運転計画を出力する(ステップS111)。

【0040】

このように、本実施形態に係るタービン分析装置1は、タービンの負荷の履歴とタービンの設計寿命とに基づいて、タービンの負荷と、タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間との関係を算出する。具体的には、運転可能時間算出部108は、現在の運転

10

20

30

40

50



計画が示す負荷によるタービンの運転可能時間を算出する。また負荷算出部 110 は、時間特定部 107 が特定した時間の間、タービンの運転を継続することができる負荷を算出する。

これにより、タービン分析装置 1 は、タービンの寿命を負荷に応じて適切に管理することができる。

#### 【0041】

また、本実施形態に係るタービン分析装置 1 は、タービンが現在の運転計画が示す負荷で検査時期まで運転を継続できない場合に、検査時期までの間、タービンの運転を継続することができる負荷を算出する。これにより、タービン分析装置 1 は、点検時期より前に高温部品が寿命に至る可能性がある場合に、点検時期より前に部品が寿命に至らないよう

10

#### 【0042】

また、本実施形態に係るタービン分析装置 1 は、複数のタービンが発電すべき電力量の予測に基づいて、複数のタービンの運転計画を生成する。これにより、タービン分析装置 1 は、一部のタービンの運転計画が寿命に至らないように変更されたとしても、全体の発電電力量が予測される電力量を満足するように、残りのタービンの運転計画を変更することができる。

#### 【0043】

##### 《第2の実施形態》

以下、図面を参照しながら第2の実施形態について詳しく説明する。

20

第1の実施形態では、タービン分析装置 1 が各タービンの運転負荷を決定する。これに対し、第2の実施形態では、タービンの所有者が各タービンの運転負荷を設定する。第2の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、所有者によって入力された運転負荷でのタービンの運転可能時間を算出し、提示する。

#### 【0044】

図4は、第2の実施形態に係るタービン分析装置の構成を示す概略ブロック図である。

第2の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、第1の実施形態の構成のうち、点検時期記憶部 106、時間特定部 107、運転可否判定部 109、負荷算出部 110、発電電力量予測部 111、および運転計画生成部 112 を備えない。他方、第2の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、第1の実施形態の構成に加え、さらに負荷入力部 114 を備える

30

#### 【0045】

負荷入力部 114 は、所有者からタービンの運転負荷の入力を受け付ける。

運転可能時間算出部 108 は、余寿命記憶部 104 が記憶する余寿命に基づいて、負荷入力部 114 に入力された運転負荷でタービンを運転する場合の運転可能時間を算出する。

出力部 113 は、運転可能時間算出部 108 が算出した運転可能時間を出力する。

#### 【0046】

図5は、第2の実施形態に係るタービン分析装置による運転可能時間の提示処理を示すフローチャートである。

40

図6は、第2の実施形態に係るタービン分析装置が出力する運転可能時間の提示画面の第1の例を示す図である。

タービン分析装置 1 は、タービンの所有者から運転可能時間の提示の要求を受け付けると、運転可能時間の提示処理を開始する。運転可能時間算出部 108 は、運転可能時間の提示対象のタービンの余寿命を余寿命記憶部 104 から読み出す（ステップ S201）。次に、出力部 113 は、初期画面として、図6に示すように、運転可能時間算出部 108 が読み出した余寿命に基づいて、負荷 100%のときの運転可能時間を提示する提示画面 D1 をディスプレイに出力する（ステップ S202）。提示画面 D1 は、運転可能時間バー D110 と負荷バー D120 とを含む画面である。運転可能時間バー D110 は、その長さによって運転可能時間を示すインジケータである。タービンの運転可能時間が長いほ

50

ど、運転可能時間バー D 1 1 0 の長さが長くなる。他方、タービンの運転可能時間が短いほど、運転可能時間バー D 1 1 0 の長さが短くなる。負荷バー D 1 2 0 は、タービンの運転負荷の入力を受け付けるスライダーである。負荷バー D 1 2 0 は、ハンドル D 1 2 1 とトラック D 1 2 2 とを含む。ハンドル D 1 2 1 は、トラック D 1 2 2 上でドラッグアンドドロップされることにより、任意の負荷を選択することができる。トラック D 1 2 2 は、ハンドル D 1 2 1 の可動範囲を表す。

#### 【 0 0 4 7 】

負荷入力部 1 1 4 は、所有者から負荷バー D 1 2 0 のハンドル D 1 2 1 の操作を受け付けることで、負荷の入力を受け付ける（ステップ S 2 0 3）。次に、運転可能時間算出部 1 0 8 は、ステップ S 2 0 1 で読み出した余寿命に基づいて、負荷入力部 1 1 4 に入力された負荷でタービンを運転させる場合の運転可能時間を算出する（ステップ S 2 0 4）。具体的には、上述した式（3）に、ステップ S 2 0 1 で読み出された余寿命  $t_1$  と定格温度  $T_s$  とを代入することで LMP 値  $L_1$  を算出し、上述した式（4）に、算出された LMP 値  $L_1$  と負荷入力部 1 1 4 に入力された負荷に対応する温度  $T_p$  とを代入することで、運転可能時間  $t_p$  を算出する。

#### 【 0 0 4 8 】

図 7 は、第 2 の実施形態に係るタービン分析装置が出力する運転可能時間の提示画面の第 2 の例を示す図である。

次に、出力部 1 1 3 は、図 7 に示すように、運転可能時間算出部 1 0 8 が算出した運転可能時間を提示する提示画面 D 1 をディスプレイに出力する（ステップ S 2 0 5）。図 7 に示すように、負荷入力部 1 1 4 に 1 0 0 % 未満の運転負荷が入力されると、運転可能時間バー D 1 1 0 の長さは、ステップ S 2 0 2 で提示されたものより長くなる。このとき、運転可能時間バー D 1 1 0 は、ステップ S 2 0 2 で提示された運転可能時間からの増加分を、異なる態様（例えば、色、模様など）で表示される。例えば、図 6 に示すように負荷 1 0 0 % での運転可能時間が 1 2 0 0 0 E O H（等価運転時間：Equivalent Operating Hours）であり、図 7 に示すように負荷 8 0 % での運転可能時間が 1 4 0 0 0 E O H である場合、運転可能時間バー D 1 1 0 のうち増加分である 2 0 0 0 E O H 相当が、異なる態様で表示される。これにより、所有者は、負荷の変更による運転可能時間の増加量を知ることができる。

#### 【 0 0 4 9 】

次に、負荷入力部 1 1 4 は、利用者から更に運転負荷の入力があるか否かを判定する（ステップ S 2 0 6）。負荷入力部 1 1 4 に運転負荷が入力された場合（ステップ S 2 0 6：YES）、タービン分析装置 1 は、ステップ S 2 0 4 に処理を戻し、運転可能時間を再計算する。他方、負荷入力部 1 1 4 に運転負荷が入力されない場合（ステップ S 2 0 6：NO）、タービン分析装置 1 は、処理を終了する。

#### 【 0 0 5 0 】

このように、本実施形態に係るタービン分析装置 1 は、タービンの負荷の入力を受け付け、タービンを当該負荷で運転した場合の運転可能時間を算出する。これにより、タービン分析装置 1 は、所有者にタービンの負荷を変更した場合の運転可能時間を提示することができる。

#### 【 0 0 5 1 】

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが可能である。

例えば、上述した実施形態では、タービン分析装置 1 がタービンに掛かる温度履歴を示す温度履歴変数である LMP を用いることで、クリープ変形により部品が寿命に至るか否かを判定するが、これに限られない。例えば、他の実施形態では、他の温度履歴変数を用いて部品が寿命に至るか否かを判定しても良い。例えば、他の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、温度とサイクル数との関係を示す温度履歴変数を用いることで、低サイクル疲労により部品が寿命に至るか否かを判定してもよい。また他の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、複数の温度履歴変数を用いて、クリープ変形および低サイクル疲労など、

10

20

30

40

50

複数の劣化事由に基づいてパーツが寿命に至るか否かを判定してもよい。

また他の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、タービンの入口温度 ( T 1 T )、負荷率、発電量、またはその他の状態量によって特定される負荷の履歴を用いて消費寿命を算出しても良い。

#### 【 0 0 5 2 】

また上述した実施形態では、タービン分析装置 1 がタービンを構成する各部品についての余寿命に基づいて、タービン全体の運転可能時間を算出するが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係るタービン分析装置 1 は、部品ごとの余寿命の算出を行わずに、タービン全体の設計寿命に基づいて直接的にタービン全体の余寿命を算出してもよい。

#### 【 0 0 5 3 】

また上述した実施形態では、負荷特定部 1 0 3 がヒートバランス算出部 1 0 2 が算出したヒートバランスに基づいて計算を行うが、これに限られない。例えば、他の実施形態では、負荷特定部 1 0 3 が、データ収集部 1 0 1 が収集した運転データに基づいて計算を行ってもよい。この場合、タービン分析装置 1 は、ヒートバランス算出部 1 0 2 を備えなくてもよい。

#### 【 0 0 5 4 】

図 8 は、少なくとも 1 つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ 9 0 0 は、CPU 9 0 1、主記憶装置 9 0 2、補助記憶装置 9 0 3、インタフェース 9 0 4 を備える。

上述のタービン分析装置 1 は、コンピュータ 9 0 0 に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式で補助記憶装置 9 0 3 に記憶されている。CPU 9 0 1 は、プログラムを補助記憶装置 9 0 3 から読み出して主記憶装置 9 0 2 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、CPU 9 0 1 は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域を主記憶装置 9 0 2 に確保する。

#### 【 0 0 5 5 】

なお、少なくとも 1 つの実施形態において、補助記憶装置 9 0 3 は、一時的でない有形の媒体の一例である。一時的でない有形の媒体の他の例としては、インタフェース 9 0 4 を介して接続される磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等が挙げられる。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 9 0 0 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 9 0 0 が当該プログラムを主記憶装置 9 0 2 に展開し、上記処理を実行しても良い。

#### 【 0 0 5 6 】

また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、当該プログラムは、前述した機能を補助記憶装置 9 0 3 に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル ( 差分プログラム ) であっても良い。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 5 7 】

- 1 タービン分析装置
- 1 0 1 データ収集部
- 1 0 2 ヒートバランス算出部
- 1 0 3 負荷特定部
- 1 0 4 余寿命記憶部
- 1 0 5 余寿命算出部
- 1 0 6 点検時期記憶部
- 1 0 7 時間特定部
- 1 0 8 運転可能時間算出部
- 1 0 9 運転可否判定部
- 1 1 0 負荷算出部

10

20

30

40

50

- 1 1 1 発電電力量予測部
- 1 1 2 運転計画生成部
- 1 1 3 出力部
- 1 1 4 負荷入力部
- 9 0 0 コンピュータ
- 9 0 1 CPU
- 9 0 2 主記憶装置
- 9 0 3 補助記憶装置
- 9 0 4 インタフェース

【図 1】

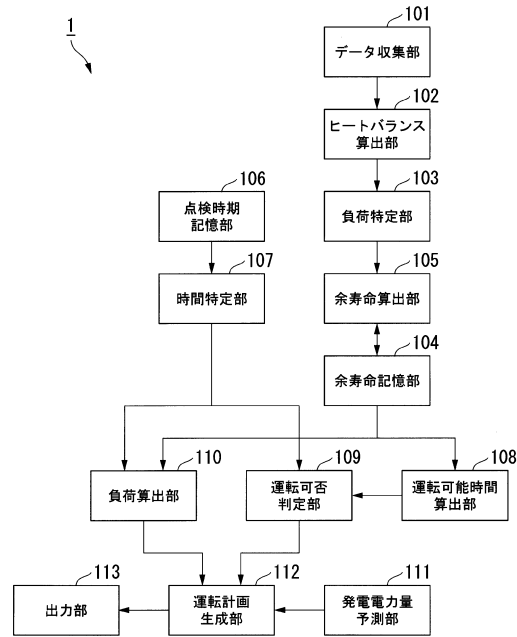


図 1

【図 2】

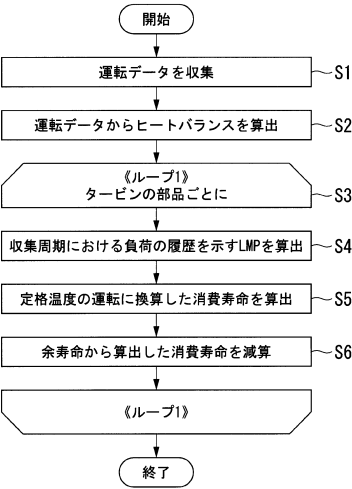


図 2

【図 3】

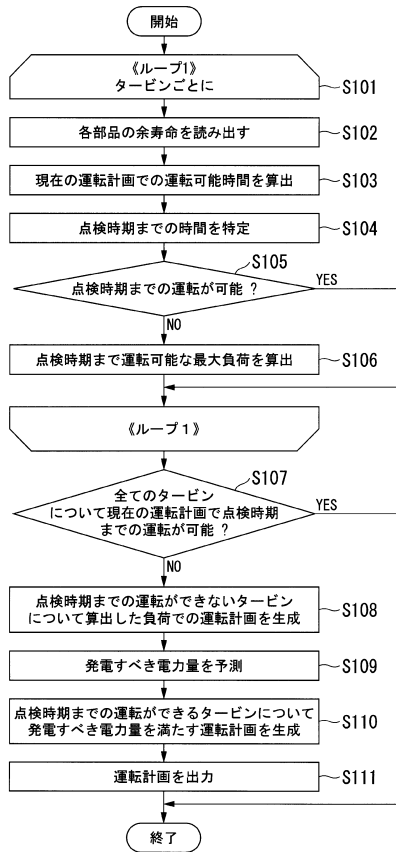


図3

【図 4】

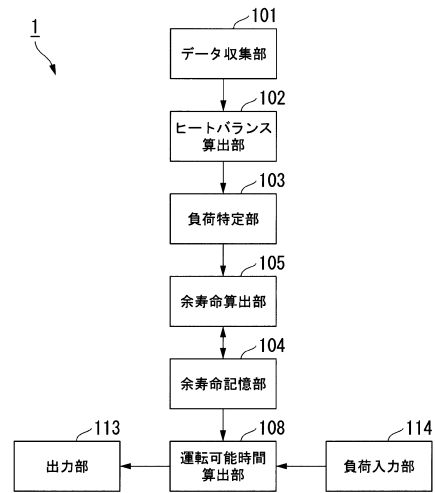


図4

【図 5】

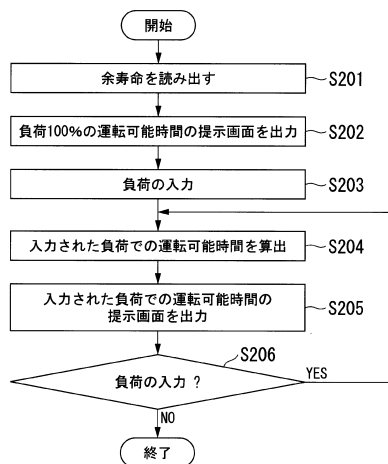


図5

【図 6】

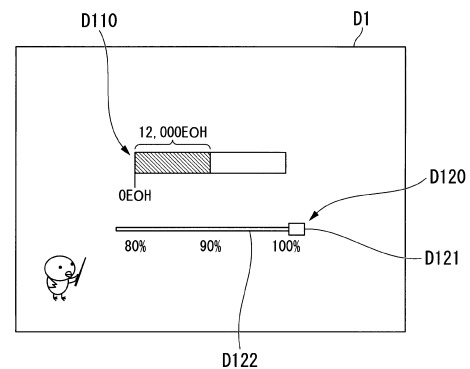


図6

【図 7】

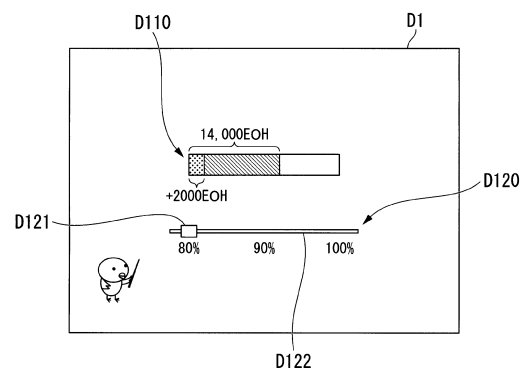


図7

【図 8】

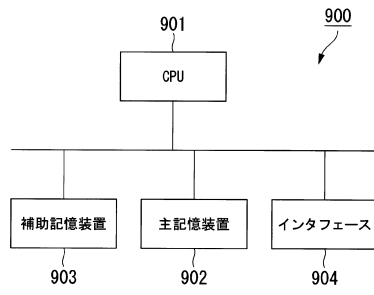


図 8

---

フロントページの続き

- (72)発明者 田中 徹  
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 遠藤 彰久  
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 筈井 祐介  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 野村 真澄  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 中村 大輔

- (56)参考文献 特開2001-317369(JP,A)  
特開2015-149885(JP,A)  
特開昭61-202136(JP,A)  
特開昭57-064141(JP,A)  
特開昭60-182305(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C	7/00
F02C	9/00
F01D	25/00
G01M	99/00