

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5860612号  
(P5860612)

(45) 発行日 平成28年2月16日(2016.2.16)

(24) 登録日 平成27年12月25日(2015.12.25)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>FO2C</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2C	7/00	A
<b>FO2C</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2C	9/00	Z
			FO2C	9/00	A

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-106889 (P2011-106889)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成23年5月12日 (2011.5.12)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2011-241828 (P2011-241828A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成23年12月1日 (2011.12.1)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成26年5月8日 (2014.5.8)		番
(31) 優先権主張番号	12/781,775	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成22年5月17日 (2010.5.17)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	クリストファー・ユージーン・ロング
			アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グ
			リーンヴィル、ガーリントン・ロード、3
			00番、ピーオー・ボックス648
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電設備を改良するシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発電ユニット(16)と、  
 予想制御ユニット(12)であり、  
 制御装置(26)と、

前記発電ユニット(16)の部品寿命に関連する少なくとも1つのライフリングモデル(32)と、前記発電ユニット(16)の動作に影響を及ぼす予想される条件に係する少なくとも1つの予測(20)とに基づいて、前記発電ユニット(16)の動作をシミュレートして、発電による利益を改善するための前記発電ユニット(16)の動作条件を指示する少なくとも1つの設定値を生成するように制御装置(26)を動作させるプログラムであるエンハンサ(30)を記憶した記憶装置(28)と、

を備える予想制御ユニット(12)と、

前記発電ユニット(16)に結合された調整ユニット(14)であり、前記制御装置(26)から前記少なくとも1つの設定値を受け取り、前記発電ユニット(16)の動作条件を前記少なくとも1つの設定値に基づいて調整するように構成された調整ユニット(14)と、

を備え、

前記ライフリングモデル(32)は、前記発電ユニット(16)の部品の消費された部品寿命および残存する部品寿命のうちの少なくとも1つを含み、

前記少なくとも1つの予測(20)が、燃料価格、周囲温度情報または電力価格を指示

10

20

するデータを含む、

前記設定値は、前記発電ユニット(16)の燃焼温度、燃料スプリットおよび燃料-空気比の少なくとも1つを含む、

る発電システム(10)。

【請求項2】

前記制御装置(26)が、前記発電ユニット(16)の動作のシミュレーション中に、第1の予測(20)の重み係数を、第2の予測(20)に比べて調整するように構成された、請求項1に記載の発電システム(10)。

【請求項3】

前記制御装置(26)が、前記発電ユニット(16)の少なくとも第1の部品の部品寿命の第1の減損率を、前記発電ユニット(16)の少なくとも第2の部品の部品寿命の第2の減損率に比べて変更するために、前記少なくとも1つの設定値を生成するように構成された、請求項1または2に記載の発電システム(10)。

10

【請求項4】

前記制御装置(26)が、前記発電ユニット(16)の部品の掛け捨て費用を含めて前記発電による利益を判断するように構成された、請求項1から3のいずれかに記載の発電システム(10)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本明細書に開示する主題は、発電設備の経済的改良および長期的な保守日程計画に関する。

【背景技術】

【0002】

発電設備または内部の発電ユニットは、従来、市場電力需要、放出規制などの当面の目標を達成するように運転される。これらの発電設備は例えば、石炭などのさまざまな炭化水素供給原料から比較的クリーンかつ効率的にエネルギーを生み出すことができるIGCC(Integrated Gasification Combined Cycle/石炭等ガス化複合サイクル)発電プラントを含むことができる。IGCC技術では、ガス化装置内で酸素および水蒸気と反応させることによって、炭化水素供給原料を、一酸化炭素(CO)と水素(H<sub>2</sub>)のガス混合物、すなわち合成ガス(syngas)に転換することができる。これらのガスを清浄化し、処理し、従来のコンバインドサイクル発電プラントにおいて燃料として利用することができる。例えば、IGCC発電プラントのガスタービンの燃焼器に合成ガスを供給し、これに点火して、発電用のガスタービンエンジンを動かすことができる。すなわち、ガスタービンエンジンは、燃料と空気の混合物を燃やして高温の燃焼ガスを発生させることができ、発生した高温の燃焼ガスは、1つまたは複数のタービンを動かして電気を生み出す。他のタイプの発電設備は、石炭火力発電プラントまたは天然ガス発電プラントを含むことができる。

30

【0003】

40

例えば発電設備のガスタービンの動作は一般に、部品寿命の予想される減損(expected wear on part life)が既知であるような形で抑制されることがある。この部品寿命の予想される減損に基づいて、オペレータは、所与の時点において発電するのか、あるいは定期保守、例えばガスタービンエンジンの1つまたは複数の部分の定期保守のために発電を停止するのかについての判断を下すことができる。しかしながら、これらの定期保守期間により、ピーク発電時期に発電設備の停止期間(outage)が重なる望ましくない事態が生じることがある。したがって、発電に有利な時期に停止期間が重なることを避けるために、発電設備の諸部分の保守の能動的日程計画が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0004】

【特許文献1】米国特許第7058552号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

次に、出願当初に特許請求されている発明と同等の範囲を有するあるいくつかの実施形態を概説する。これらの実施形態は、特許請求されている発明の範囲を限定するものではなく、これらの実施形態は、本発明の可能な形態の概要を提供することが意図されているにすぎない。実際、本発明は、以下に記載する実施形態と同様であり、またはそれらとは異なることがある、さまざまな形態を包含することができる。

10

【0006】

第1の実施形態において、発電プラント制御は、予想制御ユニットを備え、この予想制御ユニットは、発電ユニットの部品寿命を指示する少なくとも1つのライフィングモデルと、発電ユニットの動作をシミュレートするように構成されたエンハンサとを記憶するように構成された記憶装置と、エンハンサおよび少なくとも1つのライフィングモデルにアクセスして、発電ユニットの動作条件を指示する少なくとも1つの設定値を、エンハンサの動作中に前記少なくとも1つのライフィングモデルを利用することに基づいて生成するように構成された制御装置とを備える。

【0007】

第2の実施形態において、発電システムは、発電ユニットと、予想制御ユニットであり、発電ユニットの部品寿命を指示する少なくとも1つのライフィングモデルと、発電ユニットの動作に影響を及ぼす予想される条件に係る少なくとも1つの予測とに基づいて、発電ユニットの動作をシミュレートするように構成されたエンハンサを記憶した記憶装置と、発電ユニットの動作条件を指示する少なくとも1つの設定値をエンハンサを介して生成するように構成された制御装置とを備える予想制御ユニットと、発電ユニットに結合された調整ユニットであり、制御装置から前記少なくとも1つの設定値を受け取り、発電ユニットの動作条件を前記少なくとも1つの設定値に基づいて調整するように構成された調整ユニットとを備える。

20

【0008】

第3の実施形態において、発電システムの運転を改良する方法は、予想制御ユニットにおいて予測を受け取るステップと、予想制御ユニット内のリアルタイムのライフィングモデルまたはほぼリアルタイムのライフィングモデルに、制御装置を介してアクセスするステップと、発電システム内の発電ユニットの動作をシミュレートするように構成されたエンハンサに、制御装置を介してアクセスして、前記予測および前記リアルタイムのライフィングモデルまたはほぼリアルタイムのライフィングモデルに基づいて発電システムを改良するステップとを含む。

30

【0009】

本発明のこれらの特徴、態様および利点、ならびに他の特徴、態様および利点は、以下の詳細な説明を添付図面を参照して読んだときによりいっそう理解される。添付図面では、全体を通じて、同様の符号が同様の部分を表す。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の技法の一実施形態に基づく、発電設備の健全性管理システムの概略ブロック図である。

【図2】本発明の技法の一実施形態に基づく、発電ユニットと連携した図1の健全性管理システムの動作の流れ図である。

【図3】本発明の技法の一実施形態に基づく、図1の発電ユニットの部品寿命の予想される低下を示すグラフである。

【図4】本発明の技法の一実施形態に基づく、発電能力に影響を与える周囲条件をある期間にわたって示す第1のグラフである。

50

【図5】本発明の技法の一実施形態に基づく、予測燃料費をさまざまな期間にわたって示す第2のグラフである。

【図6】本発明の技法の一実施形態に基づく、発電電力の全体価格の変化をさまざまな期間にわたって示すグラフである。

【図7】本発明の技法の一実施形態に基づく、さまざまな条件で運転したときの発電設備の複数の部品の維持率を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の1つまたは複数の特定の実施形態を以下に説明する。これらの実施形態を簡潔に説明することに努めたため、本明細書では、実際の実施態様の一部の特徴が説明されていないことがある。このような実際の実施態様の展開においては、あらゆる工学プロジェクトまたは設計プロジェクトと同様に、システムおよび事業に関連した制約の順守などの開発者の特定の目標を達成するために、実施態様ごとに異なることがあるその実施態様に固有の多数の判断を下さなければならないことを理解すべきである。さらに、このような開発努力は、複雑で、時間がかかることもあるが、それでも、この開示の恩恵に浴する当業者にとっては、定型的な設計、製作及び製造作業となることを理解すべきである。

10

【0012】

本発明のさまざまな実施形態の要素を提示するとき、数詞が無いことや冠詞の存在は、その要素が1つまたは複数あることを意味することが意図されている。用語「備える」、「含む」および「有する」は包括語であり、記載された要素以外の追加の要素が存在してもよいことを意味することが意図されている。

20

【0013】

後に詳細に論じるとおり、ある種の実施形態において、発電設備は、定期的な保守および/または交換が必要なことがある複数の部品を含む、ガスタービンエンジン駆動発電機などの発電ユニットを含むことができる。この保守によって、発電設備の発電能力が中断されることがある。さらに、それらの複数の部品を保守する日程は一般に重ならず、それにより、発電設備は、第1の部品の保守を実行するある期間にオフラインとなり（例えば発電することができず）、第2の部品の保守を実行する第2の時期にもオフラインになる。発電ユニットの保守の日程を決める手助けとするため、本明細書で論じる実施形態では、予想制御ユニット(predictive control unit)を利用することができる。

30

【0014】

この予想制御ユニットは、発電ユニットの動作パラメータを制御することができ、ある時期に発電設備を運転することの全体的な収益性などの条件に基づいて、発電ユニットの動作パラメータを制御することができる。すなわち、予想制御ユニットは、所与の時点において、控えめに運転して、高需要期が終わるまで保守を遅らせたほうがより有益であるのか、または、反対に、価格マージンが有利な時期にはシステムを酷使したほうがより有益であるのかを選択することによって、将来の保守のための停止期間（以後、保守停止期間）の日程を決めることができる。予想制御ユニットは、例えばその時点の燃料費、電力スポット価格および/または周囲温度、ならびに予測される燃料費、電力スポット価格および/または周囲温度（以後それぞれ、予測燃料費、予測電力スポット価格、予測周囲温度）と結合させて有利な市場条件を予想することができる統計ベースのライフィングモデル(lifing model)を使用して、例えば発電ユニットの1つまたは複数の部品の残存寿命を監視し、予想することができる。

40

【0015】

予想制御ユニットは次いで、所与の時点において、控えめに動作させる（例えば高需要期が終わるまで保守を遅らせる）ほうがより有益であるのか、または、反対に、（例えば価格マージンが有利な時期に）システムを酷使するほうがより有益であるのかを選択することができる。このように、予想制御ユニットは、短期的な運転判断に関してとるべき適当な制御動作、およびその動作が、発電設備の長期的なライフィング効果にどのような影響を与えるのかを決定するのを手助けすることができる。すなわち、予想制御ユニットは

50

、例えば最大許容燃焼温度（例えば発電ユニットの燃焼器内の燃焼温度などの温度）などの動作限界を設定することによって、将来の数時間、数日、数週間、数か月および/または数年にわたる総運転費を最小化する運転戦略を選択することができる。

【0016】

したがって、予想制御ユニットは、発電ユニットの複数の部品の寿命を同じ時期に終わらせることができるように、発電ユニットをさまざまな速度で動作させることができる。さらに、収益性がピークになる時期に発電設備の停止期間が重ならないように、例えば発電ユニットの部品の補給サービス、交換または保守を計画することができる。これらの停止期間の日程計画は、例えば予測電力スポット価格、予測される周囲条件（以後、予測周囲条件）、予測燃料費、および更新可能であることがある予測される他の因子（以後、他の予測因子）に基づくことができる。保守停止期間の能動的日程計画を使用することによって、例えば経済情勢が有利な時期に発電設備を運転することができる。

10

【0017】

次に図面を説明する。最初に図1を参照すると、発電設備10が示されている。発電設備10は、予想制御ユニット12、調整ユニット14および発電ユニット16を含むことができる。予想制御ユニット12は例えば調整ユニット14と統合することができる、または調整ユニット14とは別個のユニットとすることができる。その構成の如何にかかわらず、予想制御ユニット12は、調整ユニット14とともに動作して、発電ユニット16の動作を変更することができる。このように、発電ユニット16が生み出す電力出力18を、例えば後により詳細に論じる予測（forecast）20、電力需要22および/または動作条件24などの外部影響に基づいてカスタマイズすることができる。

20

【0018】

予想制御ユニット12を利用し、発電設備10の短期的な運転戦略を指令し、同時に、発電設備10に対する改良された長期的な保守日程を定義することによって、発電設備10を経済的に改良することができる。用語「改良する」、「改良」および/または「改良された」は、本発明の革新の利用者の要求をより十分に満たすために費用を最小にする、または利益を最大にするなどの最適化を含む任意のプロセスを含むことが意図されている。一態様によれば、この方法（またはプロセス）は、改良または「最適化」のために、数値的ルーチン、アルゴリズム、伝達関数などを利用することができる。

30

【0019】

予想制御ユニット12は制御装置26を含むことができる。制御装置26は、1つもしくは複数の「汎用」マイクロプロセッサ、1つもしくは複数の専用マイクロプロセッサ、および/または特定用途向け集積回路（ASIC）、あるいはこのような処理構成要素のある組合せ、中央処理ユニット（CPU）、ならびに/あるいは他のタイプのプロセッサを含むことができる。予想制御ユニット12はさらに記憶装置28を含むことができ、記憶装置28は、リードオンリーメモリ（ROM）、フラッシュメモリ、1つもしくは複数のハードドライブ、他の適当な光学、磁気もしくは固体記憶媒体、またはこれらの組合せを含む不揮発性記憶装置、および/あるいはランダムアクセスメモリ（RAM）を含む揮発性記憶装置などの1つまたは複数の記憶素子を含むことができる。一実施形態において、記憶装置28は、制御装置26が処理するさまざまなソフトウェアプログラム、命令、および/あるいはデータまたはデータファイルを記憶することができる。したがって、予想制御ユニット12は、本明細書に開示した技法を容易にするためにプロセッサが実行する命令を含むことができる。あるいは、さまざまな追加のハードウェア構成要素によって、これらの技法を実現することもできる。

40

【0020】

発電設備10のさまざまな改良技法を実現するために利用することができる命令またはソフトウェアプログラムの例は、エンハンサ（enhancer）30およびライフィングモデル32を含むことができる。エンハンサ30およびライフィングモデル32は例えば、記憶装置28の1つまたは複数の記憶素子に記憶されたソフトウェアプログラムおよび/またはデータとすることができる。一実施形態では、制御装置26がエンハンサ30を利用し

50

て、発電ユニット16などの発電設備10の1つまたは複数の要素の動作をシミュレートする(例えばモデル化する)ことができる。例えば、エンハンサ30を利用して、指定された条件下での発電ユニット16の動作をシミュレートすることができる。これらの条件は予測20を含むことができ、予測20は、記憶装置28の記憶素子から取り出すことができる。

#### 【0021】

予測20は、予想される条件、例えば予測燃料費、予測周囲条件、予測される電力需要(以後、予測電力需要)、電力スポット価格の予測される推定値(以後、予測推定値)、および/または発電設備10による発電に影響を及ぼす可能性がある他の予測因子を含むことができる。一実施形態において、制御装置26は、オペレータなどの外部供給源から予測20を受け取り、記憶装置28に記憶された関連データの上に上書きすることができる。このように、記憶装置28に記憶された予測20を、例えば世界の出来事、気象現象および/または消費パターンの変化に起因する、予測燃料費、予測電力スポット価格、予測周囲温度および/または他の予測因子の変化を含むように更新して、発電ユニット16によって発電するのに有利な市場条件の予想の更新を可能にすることができる。

#### 【0022】

制御装置26は、エンハンサ30を予測20とともに利用して、例えば発電設備10の短期的な運転戦略と長期的な運転戦略のバランスをとることができる。さらに、制御装置26は、エンハンサ30を実行している間に、ライフィングモデル32に記憶された情報を利用することができる。ライフィングモデル32は例えば、発電ユニット16の構成要素など、発電設備10の諸要素に対する長期的なライフィングモデル情報を含むことができる。これらのライフィングモデル情報は、発電設備10のさまざまな部品の消費された部品寿命の量および/または残存している部品寿命の量に関係していることがある。

#### 【0023】

最初に、発電設備10の諸要素の部品寿命に関する情報をライフィングモデル32にプログラムすることができる。このデータも更新可能とすることができる。例えば、発電設備10のさまざまな要素の残存部品寿命の推定値を、例えば発電ユニット16のさまざまな構成要素のその時点の残存部品寿命の指示として、経路34に沿ってライフィングモデル32へ送ることができる。発電設備10のさまざまな要素の残存部品寿命のこれらの推定値は、例えば制御装置26が受け取ることができ、制御装置26は、受け取ったそれらの推定値を、ライフィングモデル32に記憶された関連データの上に上書きすることができる。このように、例えば発電ユニット16の部分など発電設備10のさまざまな部品の残存部品寿命および/または消費された部品寿命の推定値の変化を含むように、ライフィングモデル32を更新することができる。制御装置26は、エンハンサ30を実行している間に、ライフィングモデル32に記憶されたこの更新された情報を利用して、発電設備10の将来の保守停止期間の日程を決定することができる。

#### 【0024】

前述のとおり、制御装置26は、エンハンサ30を実行しているときに、各ライフィングモデル32からの情報またはデータを利用して、短期的な運転判断に関してとるべき適切な制御動作、およびその動作が、発電設備10の長期的なライフィング効果にどのような影響を与えるのかを決定することができる。すなわち、制御装置26は、ライフィングモデル32から取り出したデータ(このようなライフィングモデルデータは、事象が生じたときにリアルタイムで、事象が生じた後に数秒または数分を含むほぼリアルタイム(near-real time)で、日程に基づいて、および/またはユーザの要求によって更新されていることがある)を利用して、例えば発電ユニット16のある部品を将来のある機会に交換するような日程を組むことができるのか、または、その部品の寿命が、合理的に決定された次の保守機会の時期には適合しないと予想されるのかを判定することができる。これは、指定されたさまざまな条件下での発電設備10の動作をモデル化し、またはシミュレートすることによって達成することができる。これらの条件は例えば、さまざまなライフィングモデル32および予測20を利用して発電設備10の運転をシミュレートする

10

20

30

40

50

ことによって生じさせることができる。これらのシミュレーションに基づいて、予想制御装置ユニット12は、1つまたは複数の設定値（setpoint）を生成し、調整ユニット14へ送ることができる。調整ユニット14は例えば制御信号を生成するプロセッサを含むことができる。これらの設定値は、発電ユニット16の動作レベルおよび/または動作限界とすることができる。例えば、これらの設定値は、発電ユニット16の燃焼温度、タービン内圧、燃料スプリット（fuel split）（例えば発電ユニット16のさまざまな燃料ノズルを通して送られる燃料の量）、燃料-空気比、および/またはタービンブレード速度のレベルを含むことができる。したがって、これらの設定値を変更することにより、例えば発電ユニット16をより控えめに動作させて、計画されたプラント停止期間を別の日付に遅らせることができる。あるいは、例えば収益の上がる発電時期に、例えば発電ユニット16をより積極的に動作させて、発電設備の電力出力が最大になるように設定値を変更することもできる。この場合には、計画されたプラント停止期間がより早い日付に繰り上がる可能性もある。予想制御装置ユニット12による設定値生成の根本的な成果は、部品を同時に摩損させ、したがって停止期間の回数を減らし、次いで望ましい時期に停止期間を設けることによって、電力を販売する機会を逸することの費用を低減させる運転軌道（operation trajectory）を生成することである。

10

#### 【0025】

調整ユニット14は、制御装置26から設定値を受け取ることができ、それらの設定値を利用して、発電ユニット16の諸態様を制御することができる。例えば、設定値を利用して、発電ユニット16の燃焼温度など、発電ユニット16の動作限界を指定することができる。さらに、調整ユニットは、電力需要22（例えば発電ユニット10が発電すべき電力の量）などの他の因子、ならびに経路36に沿った発電ユニット16からの動作フィードバックを含むことができる。動作フィードバックは例えば、発電ユニット16のタービン速度、温度、圧力および/または燃料流量に関する測定値を含むことができる。したがって、発電ユニット16は、発電ユニット16のさまざまな部分の残存寿命の量（経路34に沿って送られる）と、発電ユニット16の動作フィードバック（経路36に沿って送られる）の両方に関する測定値を、経路38に沿って送ることができる。

20

#### 【0026】

発電ユニット16を制御するための設定値を生成するプロセスは、図2の流れ図40によって示すことができる。ステップ42で、予想制御ユニット12は予測20を受け取ることができる。予測20は例えば、収益を最大にする設定値の生成および発電設備10の長期的な保守日程計画に役立つ予測燃料費、予測周囲条件（例えば温度）、予測電力需要、電力スポット価格の予測推定値、自然災害の予想、天気予測、歴史的傾向、または発電設備10による発電に影響を与える可能性がある他の指示を含むことができる。ステップ44で、予想制御ユニット12の制御装置26は、ライフィングモデル32にアクセスすることができる。これらのライフィングモデル32は、例えば発電ユニット16の少なくとも1つの構成要素の残存部品寿命に関する直近の更新されたデータを含むことができる。ステップ46で、制御装置26はエンハンサ30を実行することができる。すなわち、ステップ46では、例えば発電ユニット16の動作のさまざまなシミュレーションを、エンハンサ30を介して企てることができる。あるいは、エンハンサ30は、予想制御ユニット12が解くべき改良問題を公式化することができる（例えば発電設備10の運転上の1つまたは複数の制約条件を含む少なくとも1つの方程式）。

30

40

#### 【0027】

ステップ48で、予想制御ユニット12は、改良されたプロファイルを生成する。この改良されたプロファイルは、数時間、数週、数か月および/または数年にわたって例えば発電ユニット16に適用する動作パラメータの予測値を含むことができる。この改良されたプロファイルの生成は、改良問題を解き、または発電ユニット16に対する設定値（例えば動作レベルおよび/または動作限界）の変更に基づくさまざまな結果のシミュレーションを実行することを含むことができる。さらに、改良されたプロファイルの生成は、予測20およびライフィングモデル32からのデータを適用して、発電ユニット16の短期

50

的および/または長期的な動作目標を改良することを含むことができる。すなわち、ステップ48では、その時点の条件およびステップ42でアクセスした予測される条件を、発電ユニット16の部品のその時点の残存寿命を識別するライフィングモデル32からのフィードバックとともに利用して、改良問題を解き、または例えば発電ユニット16の動作のシミュレーションを実行することによって、発電設備10が運転される改良されたシナリオを定義することができる。

#### 【0028】

例えば、制御装置26は、発電ユニット16に対する改良されたプロファイル（例えば発電設備10を改良するために指定された期間にわたって互いに一緒に利用される1つまたは複数の設定値）を生成することができる。その改良されたプロファイルは例えば、発電ユニット16の2つ以上の部品の部品寿命の減損が予想される期間にわたって同じ速度で進むのを助ける燃焼温度限界を決定することを含むことができる。追加および/または代替として、改良されたプロファイルは例えば、予想される期間にわたって発電設備10が放出レベルまたは放出要件を満たすことを可能にする発電ユニット16に対する燃料スプリットを含むことができる。

10

#### 【0029】

ステップ48で生成した改良されたプロファイルに基づいて、予想制御ユニット12において設定値を生成する。前述のとおり、これらの設定値は、発電ユニット16の燃焼温度、タービン内圧、燃料スプリット、燃料-空気比および/またはタービンブレード速度など、発電ユニット16に対する動作レベルおよび/または動作限界とすることができる。例えば、その時点の時間ステップ（例えば少なくとも1分、少なくとも1時間、少なくとも1日、少なくとも1週または少なくとも1年）に対する決定された燃焼温度限界を、識別された改良されたプロファイルに基づいて生成することができる。すなわち、改良されたプロファイルは、発電ユニット16へ送るために生成された設定値を含むことができる。

20

#### 【0030】

続いて、ステップ50で、これらの設定値を、発電ユニット16を制御する調整ユニット14へ送る。さらに、ステップ42~50はそれぞれリアルタイムで実施することができることに留意すべきである。すなわち、ステップ42~50はそれぞれ、事象が起こったときにその事象に対する応答として実施することができる。追加または代替として、ステップ42~50はそれぞれほぼリアルタイムで実施することができることに留意すべきである。すなわち、ステップ42~50はそれぞれ、事象が起こってからある時間の後に、例えばある事象が起こってから数秒または数分後にその事象に対する応答として実施することができる。

30

#### 【0031】

この能力は、例えば経路34に沿って送られたデータおよび更新可能な予測20からのデータによって容易にすることができる。さらに、流れ図40に示したプロセスを、所与の時間間隔で（例えば10分置き、30分置き、1時間置き、6時間置き、12時間置き、1日置き、1週間置きまたは1か月置きに）、かつ/または例えばユーザの要求に応じて、繰り返すことができることに留意すべきである。

40

#### 【0032】

したがって、図2は、短期的な運転戦略を指令し、同時に発電ユニット16などの発電設備10の部分に対する長期的な保守日程計画を定義することによって、発電設備10の完全な経済的改良を達成する予想制御法を示す。前述のとおり、改良は、数時間、数日、数週、数か月、数年などの将来のある期間にわたる全体の運転費を、例えば将来の保守停止期間の日程を有利に決定することによって最小化する運転戦略を可能にすることができる。例えば発電ユニット16を制御するための動作設定値を生成することによって達成することができる。

#### 【0033】

図3は、発電ユニット16の3つの要素に対する予想される保守停止期間の一例を示す

50



グラフ52を示す。発電ユニット16のこれらの要素は例えば、燃焼器、ドライブシャフト、タービンケット、ノズルおよび/または発電ユニット16内に一般的に見られる他の要素を含むことができる。グラフ52は、発電ユニット16の前述の3つのそれぞれの部品の残存寿命の百分率を時間に対して示している。グラフ52に示されているように、部品1は、部品1の残存部品寿命の量を、発電ユニット16が所与の一組の動作設定値で動作しているある期間にわたって示す経路54を有することができる。同様に、部品2および部品3はそれぞれ、部品2および3の残存部品寿命の量を、発電ユニット16が部品1と同じ所与の一組の動作設定値で動作しているある期間にわたって示す経路56および経路58を有することができる。グラフ52に示されているように、部品1の経路54は、部品寿命の最も速い消費を示す。すなわち、発電ユニット16を所与の一組の動作設定値で動作させたとき、部品1は、60週で完全に消耗する。したがって、部品1が消耗した(すなわち消費された)ときには、保守のため、発電設備10の運転を、保守停止期間60によって示すある期間、停止することができる。この保守停止期間60の間に、部品1を交換することができる。さらに、80週頃にもう一度停止期間を設けないために、保守停止期間60の間に部品2を交換することもできる。すなわち、比較的短い期間に(例えば互いにおよそ20週以内に)2回の停止期間を設ける代わりに、1回の保守停止期間60で済ますことができ、保守停止期間60の間に部品1と部品2の両方を交換することができる。

10

#### 【0034】

部品1および2を交換した後、それぞれの部品1、2および3の残存部品寿命が不足するまで、発電ユニット16を動作させ続けることができる。残存部品寿命の不足は、例えば約150週動作させた後に起こる可能性がある。その時点で、部品1、2および3はそれぞれ、それぞれの部品寿命の約20%未満の残存寿命を有する。したがって、それぞれの部品1、2および3を同時に交換するように、2回目の保守停止期間62の日程を決定することができる。上で論じたとおり、グラフ52に示した例の発電ユニット16は、示した全期間にわたって、所与の一組の設定値で動作させた。しかしながら、それらの動作設定値は、保守停止期間60および62において複数の部品を交換することに関連した掛け捨て費用(throw away cost)を発生させる可能性がある。例えば、部品2については、保守停止期間60および62中に部品2を交換するときに、約15%の掛け捨て費用64および66が生じる。すなわち、部品2では、保守停止期間60および62中に交換するときに、使用可能な寿命が約15%残っている。発電ユニット16に対する設定値の生成が、これらの掛け捨て費用64および66を低減させるのに役立つことがある。さらに、一方または両方の保守停止期間60および62が不利な時期に置かれることもある。すなわち、これらの保守停止期間60および62が、発電設備10が発電中であることが有利となる収益性がピークの時期と重なることがある。

20

30

#### 【0035】

図4~6はそれぞれ、発電設備10の収益性に影響を及ぼす可能性がある因子を示すグラフ68、70および72を示す。例えば、図4のグラフ68は、所与の発電設備10の年間の予測周囲温度を表す曲線を示す。周囲温度は、発電設備10の全体の効率に影響を及ぼす可能性がある。したがって、グラフ68に示したような情報は、発電設備10の予想される周囲温度およびそれに起因する発電設備10の対応する効率の差異を考慮した、60および62などの保守停止期間の計画を可能にすることができる。

40

#### 【0036】

同様に、図5のグラフ70は、所与の発電設備10の年間の予測燃料費を表す曲線を示す。1年のさまざまな時期の燃料費は、発電設備10における全体の発電費用に影響を及ぼす可能性がある。したがって、グラフ70に示したような情報は、発電設備10の予想される燃料費を考慮した、60および62などの保守停止期間の計画を可能にすることができる。

#### 【0037】

さらに、図6のグラフ72は、発電設備10が発電した電力が販売される年間の予測価

50

格を表す曲線を示す。電力が販売される価格を、60および62などの保守停止期間の日程をいつにするかを決定する際の因子とすることができる。例えば、1年のうち電力の販売価格がそのピークまたはピーク付近にある傾向がある時期に、所与の発電設備10の停止期間を制限すると有利なことがある。

#### 【0038】

図4～6に示したような情報は、将来の保守停止期間の日程を有利に決定するのに有益であることがある。例えば、予想制御ユニット12は、1日または数日間の電力が販売される価格、ならびに予想される燃料費、および同じ日の予想される周囲温度を考慮した発電設備10の全体効率を考慮することができる。場合によっては、60および62などの保守停止期間の日程を決定するのに、グラフ68、70および72の情報が別々の日を指すこともある。しかしながら、予想制御ユニット12の制御装置26は、それぞれのグラフ68、70および72からの情報を利用して、その1日または数日の電力を販売することができる価格に対する全体的な発電費用を決定することができる。このように、予想制御ユニット12は、保守停止期間60および62など、有利な保守期間を決定することができる。

10

#### 【0039】

さらに、統計ベースのライフィングモデル32を使用し、その時点の燃料費、スポット価格および周囲温度、予測される燃料費、スポット価格および周囲温度、燃料消費量の最小化、販売電力の最大化、(控えめに運転している間の)電力販売機会の逸失の最小化、(保守のため停止している間の)電力販売機会の逸失の最小化、早期に交換される部品の「掛け捨て費用」の最小化、消費される部品寿命(資産価値低下)の最小化、保守費(労務費)の最小化、放出レベルまたは放出要件を満たす能力、および/または運転開始費用の最小化に関する情報を利用して、さまざまな部品の残存寿命を監視し、予想することによって、予想制御ユニット12は、例えば制御装置26を介して実行される改良されたプロファイルの生成を介して、有利な市場条件を予想することができる可能性がある。一実施形態では、全体の収益の最大化の判定においてある目的の重みがより大きくなるように、上記のそれぞれの目的に値を割り当てることができる。例えば、グラフ68の情報に重み変更子(weight modifier/ウエイト・モディファイア)1を割り当て、グラフ70および72の情報にそれぞれ重み変更子1.5および2を割り当てることができる。すなわち、グラフ72の情報は、発電設備10の改良に対してグラフ68の情報の2倍の影響を有することができる。

20

30

#### 【0040】

上で論じたとおり、制御装置26は、所与の時点において、例えば控えめに運転して、高需要期が終わるまで保守を遅らせたほうがより有益であるのか、または価格マージンが有利な時期には発電ユニットを酷使したほうがより有益であるのかを選択することができる。さらに、これらの判断は、例えば発電ユニット16のある部品を将来のある機会に交換するような日程を組むことができるのか、または、その部品の寿命が、合理的に決定された次の保守機会の時期には適合しないと予想されるのかに影響する。そのため、予想制御装置ユニット12は、主要な部品を同時に摩損させ、したがって停止期間の回数を減らし、かつ/または望ましい時期に停止期間を設けることによって、収益をあげる機会を逸することの費用を低減させることができる。

40

#### 【0041】

収益の最大化に加え、予想制御ユニット12を利用することにより、図3の掛け捨て費用64および66などの掛け捨て費用を低減させることもできる。図7は、発電ユニット16の動作温度に対する2つの部品の維持率(maintenance factor/メンテナンス・ファクタ)のグラフ74である。グラフ74に示されているように、部品1は、発電ユニット16が所与の燃焼温度設定値で動作しているときの維持率(部品がその部品寿命を消費する速度)を示す経路76を有することができる。同様に、部品2は、発電ユニット16が所与の燃焼温度設定値で動作しているときの維持率(部品がその部品寿命を消費する速度)を示す経路78を有することができる。グラフ74に示されているように、部品1お

50

よび部品 2 は、点 80 の温度 T で維持率 1 を有する。すなわち、点 80 では、部品 1 および部品 2 はそれぞれ、等しい速度でそれぞれの部品寿命を消費する。しかし、グラフ 74 に示されているように、一般に、燃焼温度が高いことは、それぞれの所与の部品の消費速度がより速いことを含意する。しかし、部品 1 と部品 2 は同じ速度では劣化しないことがある。したがって、さまざまな部品 1 および 2 の寿命に対する例えば燃焼温度の相対的な影響は異なる。一実施形態では、計装を使用して、部品寿命に対する影響を決定するときに考慮される健全性指標 (health indicator) を識別することができる。

#### 【0042】

したがって、グラフ 74 からのデータを使用することによって、制御装置 26 は、部品 1 と部品 2 の寿命が同じような時期に (すなわち 60 および 62 などの同じ保守停止期間中に) に終わるように、発電ユニット 16 の設定値、例えば燃焼温度を変更することができる。すなわち、部品 1 は、より高い (点 80 の温度 T よりも高い) 燃焼温度において、部品 2 よりも速く部品寿命を消費する (より高い維持率を有する)。また、より低い (点 80 の温度 T よりも低い) 燃焼温度では、部品 2 が、部品 1 よりも速く寿命を消費する。したがって、例えば発電ユニット 16 の燃焼温度設定値を変更することによって、60 および 62 などの同じ保守停止期間中に終わるように、部品 1 と部品 2 の全体的な部品寿命を調整することができる。このように、発電ユニット 16 へ送られる有利な設定値を生成することによって、図 3 の費用 64 および 66 などの掛け捨て費用を最小化することができる。

#### 【0043】

以上に詳述した主題の技術的効果には、例えば発電設備 10 の発電ユニット 16 の動作パラメータを制御することができる予想制御ユニット 12 によって、ある期間中に発電設備 10 を運転することの全体的な収益性などの条件に基づいて、発電設備 10 の構成要素の保守および / または交換の日程を決定し、このような保守および / または交換を調整することができるが含まれる。他の効果には、例えばその時点の燃料費、電力スポット価格および / または周囲温度、ならびに予測される燃料費、電力スポット価格および / または周囲温度と結合させて有利な市場条件を予想することができる統計ベースのライフィングモデルを使用して、例えば発電ユニット 16 の 1 つまたは複数の部品の残存寿命を監視し、予想することができるが含まれる。他の効果には、例えば最大許容燃焼温度 (例えば発電ユニット 16 の燃焼器内の燃焼温度などの温度) などの動作限界を設定し、かつ / または発電ユニット 16 の複数の部品の寿命を同じ時期に終わらせることができるように、発電ユニット 16 をさまざまな速度で動作させることによって、将来の数時間、数日、数週間、数か月および / または数年にわたる発電設備 10 の総運転費を最小化する運転戦略を選択することができるが含まれる。したがって、技術的な効果には、例えば経済情勢が有利な時期に、発電設備 10 の保守停止期間および / または運転の能動的日程計画を利用することができるが含まれる。

#### 【0044】

本発明をその最良の形態を含めて開示するため、ならびに任意の装置またはシステムを製作し、使用すること、および組み込まれた任意の方法を実行することを含め、当業者が本発明を実施することを可能にするために、本明細書はいくつかの例を使用する。本発明の特許を受けられる範囲は下記の特許請求の範囲によって定義され、この範囲が、当業者が思いつくその他の例を含むことがある。このようなその他の例は、それらが特許請求の範囲の文字表現と異なる構造要素を有する場合、またはそれらが特許請求の範囲の文字表現との差異が実質的にない等価の構造要素を含む場合に、特許請求の範囲に含まれることが意図されている。

#### 【符号の説明】

#### 【0045】

- 10 発電設備
- 12 予想制御ユニット
- 14 調整ユニット

10

20

30

40

50

1 6	発電ユニット	
1 8	電力出力	
2 0	予測	
2 2	電力需要	
2 4	動作条件	
2 6	制御装置	
2 8	記憶装置	
3 0	エンハンサ	
3 2	ライフィングモデル	
3 4	経路	10
3 6	経路	
3 8	経路	
4 0	流れ図	
4 2	予測を受け取る	
4 4	更新されたライフィングモデルにアクセスする	
4 6	エンハンサを実行する	
4 8	改良されたプロファイルを生成する	
5 0	設定値を送る	
5 2	グラフ	
5 4	経路	20
5 6	経路	
5 8	経路	
6 0	保守停止期間	
6 2	2 回目の保守停止期間	
6 4	掛け捨て費用	
6 6	掛け捨て費用	
6 8	グラフ	
7 0	グラフ	
7 2	グラフ	
7 4	グラフ	30
7 6	経路	
7 8	経路	
8 0	点	

【図1】

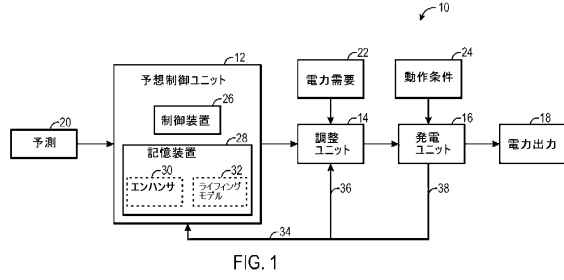


FIG. 1

【図2】

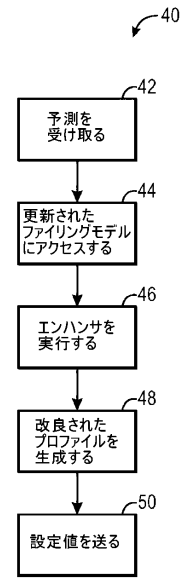


FIG. 2

【図3】

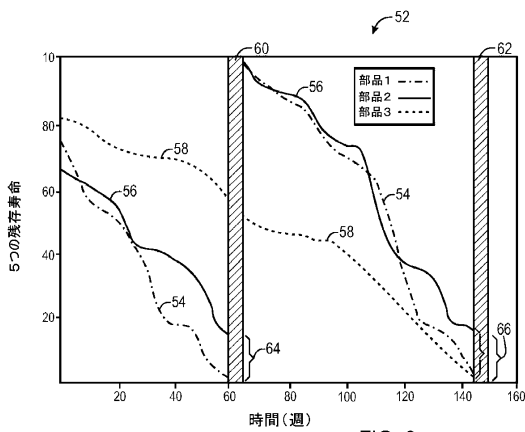


FIG. 3

【図5】

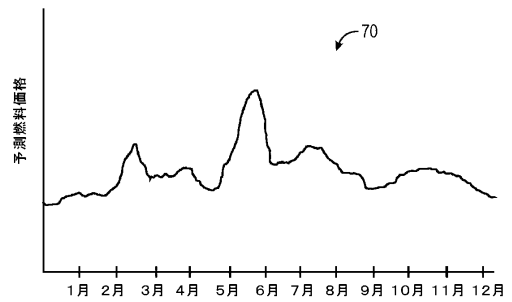


FIG. 5

【図4】

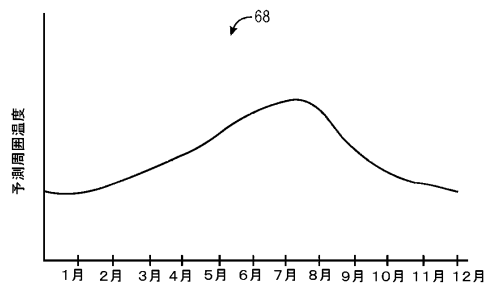


FIG. 4

【図6】

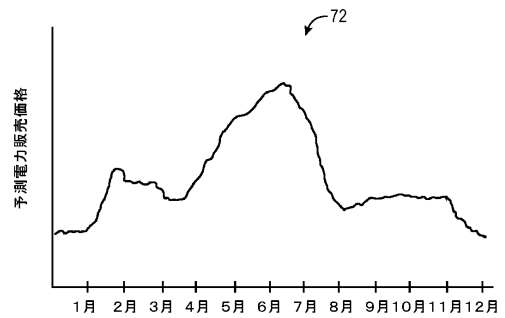


FIG. 6

【図7】

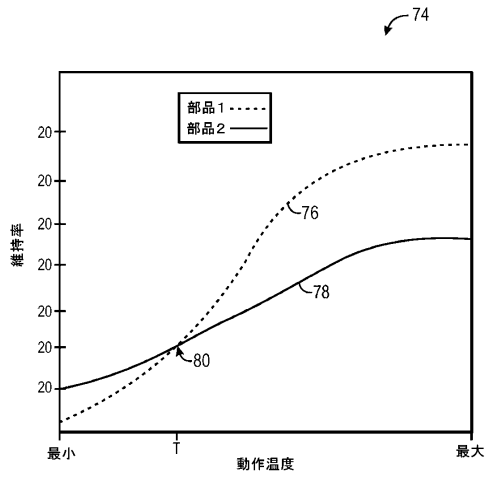


FIG. 7

## フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート・ジョセフ・アイアシロ  
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ・エヌイー、420  
0番、ルーム・42-3-2シー-08
- (72)発明者 ジョナサン・カール・サッチャー  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番、ピー  
オー・ボックス648
- (72)発明者 ケヴィン・トーマス・マッカーシー  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、トロイ、ノーススター・ドライブ、6番
- (72)発明者 サミール・ヴィツタル  
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ・エヌイー、420  
0番、ルーム・03-12シー-04

審査官 齊藤 公志郎

- (56)参考文献 特開2005-240776(JP, A)  
国際公開第01/023725(WO, A1)  
米国特許出願公開第2003/0028268(US, A1)  
特開2008-305419(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00  
F02C 9/00