

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7053152号**  
**(P7053152)**

(45)発行日 令和4年4月12日(2022.4.12)

(24)登録日 令和4年4月4日(2022.4.4)

(51)国際特許分類

**G 0 5 B** 23/02 (2006.01)  
**H 0 2 J** 3/38 (2006.01)

F I

**G 0 5 B** 23/02  
**H 0 2 J** 3/38

R  
 1 1 0

請求項の数 10 外国語出願 (全14頁)

(21)出願番号	特願2017-27409(P2017-27409)	(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 12 345、スケネクタディ、リバーロード 、1番
(22)出願日	平成29年2月17日(2017.2.17)	(74)代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(65)公開番号	特開2017-151980(P2017-151980 A)	(74)代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(43)公開日	平成29年8月31日(2017.8.31)	(74)代理人	100113974 弁理士 田中 拓人
審査請求日	令和2年2月12日(2020.2.12)	(72)発明者	プレストン・バトラー・ケンプ, ジュニア アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・ 29615、グリーンヴィル、ガーリン 最終頁に続く
(31)優先権主張番号	15/052,536		
(32)優先日	平成28年2月24日(2016.2.24)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 推奨点検間隔を最適化するシステム及び方法

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

一群の発電ユニット内の複数の発電ユニットの各々について修理及び/又は保守のためにユニットをオフラインにする第1のイベントから修理及び/又は保守のためにユニットを再びオフラインにする第2のイベントまでの運転期間の長さを決定する方法であって、一群の発電ユニット内の複数の発電ユニット(208、211)についての運転データ及び予期しない保守データを表す実験的データを収集するステップ(101)と、前記運転データ及び予期しない保守データの前記実験的データを評価するステップ(101)と、

前記実験的データに基づいて複数の故障モードモデルを生成するステップ(101)と、前記複数の故障モードモデルを合成するステップ(102)と、

前記複数の故障モードモデルの前記合成のために目標の運転指標を確立するステップであって、前記運転指標が、予期しない保守の可能性、予期しない保守のコスト、信頼性、利用度又は合計ライフサイクルコストのうちの1つである、ステップ(103、104)と、前記目標の運転指標に基づいて前記一群の発電ユニットについて一群の推奨保守間隔を生成するステップ(202、302)と、

前記一群の発電ユニット内の前記複数の発電ユニットの各々について運転のプロファイルを計算するステップであって、前記運転のプロファイルが、重み付け起動回数に対する重み付け着火時間の曲線(202)を含む、ステップ(208)と、

各発電ユニットの前記運転のプロファイルに基づいて前記一群の発電ユニット内の前記複

数の発電ユニットの各々について修理及び／又は保守のためにユニットをオフラインにする第1のイベントから修理及び／又は保守のためにユニットを再びオフラインにする第2のイベントまでの運転期間の長さを計算するステップ(108、109、210)とを含む方法。

**【請求項2】**

前記一群の発電ユニットが、新しい前記推奨保守間隔内で再評価される(109)、請求項1に記載の方法。

**【請求項3】**

前記運転指標が、各発電ユニットの1以上のサブシステムについて故障モードレベルでの信頼性モデル及びデータに直接関連付けられている、請求項1に記載の方法。

10

**【請求項4】**

評価が、設計評価ツールを用いて行われる、請求項2に記載の方法。

**【請求項5】**

前記複数の故障モードモデルが、運転パラメータの関数として予期しない保守イベントの確率を出力するように設計されている、請求項1に記載の方法。

**【請求項6】**

前記複数の故障モードモデルが、故障モードが起きたときの結果に関する結果データを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項7】**

各運転のプロファイルで得られる前記運転指標が同じ値になるように前記推奨保守間隔を調整するステップ(107)をさらに含む、請求項1に記載の方法。

20

**【請求項8】**

前記重み付け起動回数に対する重み付け着火時間の曲線が、任意の所与の着火時間／起動回数の比について前記保守間隔を定める、請求項1に記載の方法。

**【請求項9】**

前記設計評価ツールが、前記複数の故障モードモデルを合成したものに追加の故障モードモデルを含めるべきか決定するための故障モード／効果分析(FMEA)を含む、請求項4に記載の方法。

**【請求項10】**

コンポーネントレベルで故障モードモデルを決定するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

30

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、推奨保守間隔を決定することに関し、詳細には、各ユニットの運転のプロファイルに基づいて一群のユニットのための保守間隔を決定することに関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

公益事業会社のために電力を作り出すことを担っているユニットなどの発電ユニットは、長期間にわたって高いレベルで連續的に運転する責務を通常負う。このユニットは、高いレベルの信頼性を有するとみなされる必要がある。これらの要求の下で信頼性を維持することは、発電ユニットのコンポーネントが摩耗、疲労、亀裂、酸化及び他の損傷を含み得る使用による劣化の傾向があり、定期的な保守を必要とするので、難しいものであり得る。ユニットの故障をもたらし得る劣化は、故障モードと呼ばれ得る。

40

**【0003】**

発電ユニットは、一般に、大型コンポーネントを備え、その多くは使用時に回転し、極限条件の下で動作し、大きな機械的荷重及び電気的負荷も受ける。適切に保守しないと、これらのユニットは、摩耗により劣化し、適切に保守を受けない場合、最終的に作動しなくなり得る。故障を防ぐため、発電ユニットは、定期的なスケジュールの下で定期的な修理及び保守のためにオフラインにされる。

50

### 【 0 0 0 4 】

発電ユニットの保守及び修理のスケジューリングは、ユニットが連続的に動作する運転期間を設定することをしばしば含み、この運転期間は、修理及び／又は保守のためにユニットをオフラインにする第1のイベントから修理及び／又は保守のためにユニットを再びオフラインにする第2のイベントまで続く。運転期間の長さを決定することは、ユニットの信頼できる動作のための要求と連続的な延長運転の必要性とのバランスをとることを通常伴う。

### 【 0 0 0 5 】

発電ユニットに対して修理及び／又は保守の作業を行うために、ユニットは、オフラインにされなければならない。オフラインの間、ユニットは、送電網のために電力を発生していない。運転期間がとても長く許可される場合、電源装置は、運転中に思いもよらずに故障する可能性があり得る。そのような思いもよらない故障は、予期しない発電停止という結果になり、これは、ユニットに頼るプラントの発電出力を減少させ、修理の必要に関する突然性及び即時性により財政上の資本と人的資本において高いコストがかかり得る。一方、運転期間を短くすることは、修理イベントと保守イベントの間のユニットが発電を行っている時間の量を減少させ、したがってより頻繁なオフラインセッションにより、発電ユニットの寿命のような長期間にわたってユニットが発生する総電力量を減少させる。ユニットをオフラインにすることについて説明する別のやり方は、「利用度」を減少させることであり、これは、数学的に説明することができる。数学的には、「1」は、365日である丸1年のスケジュールの利用度を表す。「0」は、丸1年にわたってオフラインであるユニットを表し、したがって1年で0日の利用度である。特定のユニットが利用可能であるときを数学的に表すために、(1 - (全ダウンタイムを全暦時間で割ったもの))の形態で計算を行うことができ、ここで全ダウンタイムは、計画されたダウンタイムと予期しないダウンタイムとの合計である。従来、故障の計算された可能性は、計画されたオフラインの保守イベントと修理イベントとの間に延びる産業用発電ユニットのための適切な運転期間を決定するために使用される。次いで、故障の計算された可能性は、信頼できる電源装置を維持する要求と電力を発生させる必要性との間のバランスに使用される。

10

20

30

### 【 0 0 0 6 】

故障の計算された可能性は、予期しない停止を受ける発電ユニットの可能性として特徴付けることができる。電源装置は、スケジュールされたオフラインの期間とは異なる時間にユニットがオフラインにされるとき、予期しない停止を受ける。典型的には、予期しない停止は、発電プラントのような現場で動作する発電ユニットの故障による。

### 【 0 0 0 7 】

従来から、予期しない停止の可能性は、発電ユニットの実際の現場故障の履歴データに基づいて決定される。実際の現場故障は、故障の可能性を評価するのに役立つが、発電ユニットの全ての潜在的な故障モードを正確に説明しない。一部の故障モードは、履歴に基づくユニット故障に反映されない。

### 【 0 0 0 8 】

これらの他の故障モードをモデル化するために、「非活動モデル（lurking モデル）」が従来から使用してきた。例えば、前もって分からぬ故障モードの可能性は、非活動モデルを用いて評価することができる。非活動モデルの手法は、おおまかであり、思いがけず事前に分からぬ故障モードの仮説的分析に基づいている。非活動モデルは、システム又はコンポーネントが現在動作している経験を越えて動作することが許可される場合に将来起こり得るこれらの知られていないシステム又はシステムコンポーネントの故障モードに関連した可能性を考慮に入れる。通常、それは、故障点がないワイルドモデルの一種であり形状パラメータ（「ベータ」とも知られる）が仮定されるWeibayes モデルを用いて評価される。ベータの値は、比較的高いものであり得、3から4の範囲内であり得る。一般に、ベータは、1から4の範囲内であり得る。非活動モデル内に使用される仮説的分析は、発電ユニットの実際の思いがけない故障モードを予期することはできない。

40

50

**【 0 0 0 9 】**

従来、最大運転間隔は、運転時間の最大量又は特定のユニットの最大起動回数のいずれかにやはり基づくものであり得る。時間についての最大間隔又は起動についての最大間隔を使用すると、運転指標が一群内の特定のユニットの運転のプロファイルの関数として変化することになる。特定のユニットが最大時間限度又は最大起動限度から離れているほど、そのユニットの点検はあまり適切でないものになる。言い換えると、そのユニットは、現在の推奨によって割り当てられるものよりも多くの時間又はサイクルにわたって動作し得たことになる。

**【 0 0 1 0 】**

したがって、一群のレベルで、ユニットは、従来から推奨保守間隔により、時期尚早で点検を受けている。一定である従来の保守間隔は、ユニット運転の関数として所望の運転指標の挙動を考慮に入れていない。一部の従来の解決策では、橙円関係がシステムの起動回数とシステムが実行している時間との間で仮定される。これらの橙円の解決策では、しばしば、ユニットは、運転のプロファイルスペクトルの一部について時期尚早に点検を受けることが推奨されるとともに、逆に、適切な間隔よりも後に点検を受けることが推奨される。

10

**【 0 0 1 1 】**

一群のユニット内の個々のユニットごとに正しい運転期間を正確に推定し、それらの値を最大化するとともに思いもよらずそれらがオフラインとすることによる損失を最小化するようになっているシステム及び方法を向上させるという要求が、長年にわたって解決されていない。

20

**【先行技術文献】****【特許文献】****【 0 0 1 2 】****【文献】米国特許第 8 4 0 1 7 2 6 号明細書****【発明の概要】****【 0 0 1 3 】**

一群のユニットのための推奨保守間隔を決定する方法は、各ユニットの運転のプロファイルに基づいている。一群内の各ユニットは、運転のプロファイルにかかわらず運転指標の一定値へ実行される。例えば、運転指標は、少なくとも一定の予期しない保守の可能性、予期しない保守のコスト、信頼性、利用度、又はさらに合計ライフサイクルコスト（予期しない停止コスト、修理コスト及び付随的結果のコスト等など）を含み得る。故障モード / 効果分析（FMEA : failure mode and effects analysis）は、全ての知られている故障モード及び仮説的故障モードが適切に説明されることを確実にするために活用することができる。

30

**【 0 0 1 4 】**

一群のユニットのための推奨保守間隔を決定する方法は、同じ値の運転指標に実行される一群内の各ユニットに基づいている。上述したように、運転指標は、予期しない保守の可能性、予期しない保守のコスト、個々のユニットの信頼性、交換部品もしくは交換ユニットの利用度及び個々のユニットもしくは一群のユニットについての合計ライフサイクルコストを含み得る。

40

**【 0 0 1 5 】**

運転指標は、関心コンポーネント又はサブシステムごとに故障モードレベルで信頼性モデル及び / 又はデータに直接関連付けることができる。

**【 0 0 1 6 】**

適切な運転期間を決定する部分として、モデルは、関心コンポーネントごとに故障モードレベルで生成される。典型的には、これらのモデルは、運転パラメータの関数として所与の故障モードについての予期しない保守イベントの確率になる。これらのモデルは、故障モードが生じた場合には故障モードの結果についての、例えばイベント継続時間、又は修理コストなどについてのデータを含むこともできる。

50

**【 0 0 1 7 】**

個々の故障モードの全てについてのモデルが組み合わされて、結果として関心運転指標となる。「関心」運転指標は、ビジネスが一群内のユニットごとに一定を維持することを望む指標(m e t r i c)である。関心運転指標の例には、予期しない保守の可能性、予期しない保守のコスト、ユニットの信頼性、ユニットの利用度及び合計ライフサイクルコストが含まれるが、これらに限定されない。

**【 0 0 1 8 】**

上記モデルに基づいて、保守間隔、すなわち運転期間は、各運転のプロファイルが同じ値の運転指標になるように調整することができる。例えば、曲線を生成することができ、これによって特定のユニット又は一群のユニットについて起動回数と運転の時間とを比較する。そのような曲線は、任意の所与の時間と起動回数の比について保守間隔を示すことができる。

10

**【 0 0 1 9 】**

そのようなシステムは、上述の曲線において具体化された境界内で再評価することができる。再評価は、故障モード / 効果分析(FMEA)などの設計評価ツールを用いて達成することができる。そのような再評価は、(従来の方法に対して)保守間隔について新しい拡張された境界がある場合、何らかの新しい仮説的故障モードモデルが追加されるべきか決定することができる。何らかの新しい故障モードが特定される場合、それらの対応するモデルが追加され、新しいモデルが上述した個々の故障モードの全てについて再生成される。

20

**【 0 0 2 0 】**

結果として、一群のユニット内のユニットごとの推奨運転間隔は、その個々の運転プロファイルに基づいて生成され、この個々の運転プロファイルは、一群内の全ユニットにわたって同じ値の運転量を維持する。

**【 0 0 2 1 】**

信頼性については、機械内で生じる実際の摩耗、劣化及び損傷の実験的データは、機械故障モードのモデル化を強化するために使用することができる。モデルは、機械の信頼性を計算し、オフラインの保守及び修理セッション間の最適な期間を決定するために使用することができる。このモデルは、エンジン内部目視検査などによる機械の監視に基づいて、履歴的な現場故障と思いがけない故障とも呼ばれる潜在的な現場故障とからのデータを組み合わせる。

30

**【 0 0 2 2 】**

信頼性データは、様々な形式をとることができ、その各々は、測定、取り込み及び/又は収集のために様々なツールを必要とし得る。信頼性データは、少なくとも、A)各ユニットから自動的に収集できる及び/又は中央監視システムへ送信できる運転データ、B)予期しないダウンタイムに関連し得るとともに財務会計システムに取り込むことができるコストデータ、ならびにC)過去に起こったものを含み故障モードを説明できる現場エンジニアリング報告を含むことができる。これらの例は、例示的であり、限定するものではない。

**【 0 0 2 3 】**

信頼性データは、様々な記憶装置に記録することができ、これは、データが最終的な記憶装置に集約される前に中間記憶装置として機能することができる。この中間データ及び/又は集約データは、故障モードレベルで信頼性モデルを生成するために使用することができる。記憶装置は、少なくとも、A)各ユニットから自動的に収集される及び/又は中央監視システムへ送信する運転データを記憶するために使用することができる第1のデータベースシステム、B)財務会計データを記憶するためにしようすることができる第2のデータベースシステム、C)言語処理プログラムなどの従来のオフィースoftwareプログラムを用いて生成することができていた現場報告を記憶するために使用することができるサーバ(この報告は個々のファイルとして生成及び/又は記憶することができる)、ならびにD)複数のデータベース及び/又は記憶装置から集めてまとめた信頼性データを記

40

50

憶することができる第3のデータベースシステムを含むことができる。各データベースは、中間データベースであり得る。これらの例は、例示的であり、限定するものではない。

#### 【0024】

分析装置は、一群内及び／又は群全体のユニットに関して収集されたデータのモデルを生成するために使用することができる。分析装置は、信頼性データから関心コンポーネントごとに故障モードレベルでモデルを生成するために使用することができる。モデルが生成された後、1以上の分析装置は、将来の信頼性、利用度、予期しないコスト及び他の運転考慮事項を予測するために生成されたモデルを適用するために使用することができる。1以上の分析装置は、推奨群保守間隔を計算する目的でそれらのモデルを評価するために使用することができる。例えば、分析装置には、少なくともA)関心コンポーネントごとに故障モードレベルでモデルを繰り返し生成するために信頼性エンジニアによって使用される統計解析ソフトウェア、B)用計算ソフトウェアツール、C)確率的シミュレーションソフトウェア、ならびにD)パーソナルコンピュータ、サーバ、又はクラウドベースのシミュレーションソフトウェアを含み得る。これらの例は、例示的であり、限定するものではない。

10

#### 【0025】

発電ユニットには、ガスタービン、蒸気タービン、又は別の発電装置が含まれ得る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0026】

【図1】推奨保守間隔を決定するステップを描いたプロセスの流れ図である。

20

【図2】従来の保守間隔と本出願による推奨保守間隔とを比べた比較を表すグラフである。

【図3】従来の保守間隔と本出願による推奨保守間隔とを比べた比較を表す代替のグラフである。

【図4(a)】従来の手段による運転のプロファイルの関数としての運転量を表すグラフである。

【図4(b)】図2に示したグラフに関連した運転のプロファイルの関数として運転量を表す代替のグラフである。

【図4(c)】図3に示したグラフに関連した運転のプロファイルの関数として運転量を表すさらに別の代替のグラフである。

【図5】図4(b)の曲線とともに図4(c)の曲線を示す組み合わせたグラフである。

30

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0027】

図1は、推奨保守間隔を決定するステップを描いたプロセスの流れ図を示す。第1のステップ101として、故障モードモデルが生成される。ステップ101では、モデルは、関心コンポーネントごとに生成される。次いで、ステップ102において、様々な故障モードモデルは組み合わされて、特定の関心運転指標について適宜グラフとして示される数学的モデルを生成する。ステップ102において生成した様々な故障モードモデルを組み合わせた後、ステップ103において、目標の運転指標が、目標の運転のプロファイルでの運転指標を計算することによって得られる。

#### 【0028】

ステップ103において得られた目標の運転指標を用いて、次いで、ステップ104において、運転のプロファイルをインクリメントすることができる。ステップ104のインクリメントでは、保守間隔は、運転のプロファイルが同じ値の運転指標になるように調整することができる。ステップ104のインクリメントの後、ステップ105において、運転指標は、新しい運転のプロファイルで計算することができる。ステップ105において新しい運転指標が計算された後、ステップ106において、運転指標は、目標の運転指標と比較される。ステップ105において計算された運転指標が目標の運転指標に等しくない場合、システムは、最適化ループに入ることができ、それによってステップ107において、保守間隔は調整され、続いてステップ105における最新の運転のプロファイルでの運転指標の新たな計算がある。

40

50

**【 0 0 2 9 】**

一方、ステップ 106において、所望の公差（例えば、±0.1%）内で運転指標と目標の運転指標とが等しいと分かった場合、次いで、システムは、他の運転のプロファイルがステップ 108における保守間隔を決定するプロセスの一部として評価されることを必要とするか検討することができる。システム又はこのシステムの操作者が他運転のプロファイルが評価されることを必要とすると決定する場合、ステップ 104におけるように、運転のプロファイルは、再びインクリメントすることができる。ステップ 104において、運転のプロファイルが再びインクリメントされる場合、ステップ 105において、新しい運転指標が、最新の運転のプロファイルで再び計算され、続いてステップ 106における比較がある。

10

**【 0 0 3 0 】**

他方、ステップ 108において他の運転のプロファイルが評価されることを必要とされないことが決定される場合、次いで、システムは、ステップ 109において、例えば、FMEA の手続きを用いて、新しい推奨保守間隔内で評価することができる。

**【 0 0 3 1 】**

ステップ 109においてシステムを評価した後、システム又はこのシステムの操作者が、ステップ 110による延長運転により任意の他の故障モードがモデル化されることを必要とするか決定する。ステップ 110がはいと決定する場合、さらなる故障モードがモデル化されることは必要となり、新しいさらなるモデルは、ステップ 102においてすでに検討された他の全てのモデルと組み合わされる。次いで、システムは、ステップ 102において組み合わされた新しいさらなるモデルを用いて上述のステップを通じて進行する。しかしながら、ステップ 110が他の故障モードがモデル化又は検討される必要がないと決定する場合、システムは完成され、保守間隔はステップ 111において決定される。

20

**【 0 0 3 2 】**

図 2 は、本出願の運転指標に基づく曲線 201 と曲線 202 との間の従来の保守期間の間のグラフ的比較を示す図である。この図において、垂直軸は、発電ユニットについての重み付け (factored) 着火起動回数 203 の尺度を有する。水平軸は、発電ユニットについての重み付け着火時間 204 の尺度を有する。曲線 202 は、運転指標について同値の曲線として示される。この特定の例では、運転指標は、点 205 に示されるように従来技術（従来）の時間及び起動回数の保守間隔運転指標の値に等しく設定される。

30

**【 0 0 3 3 】**

線 208 は、スケジュールされた保守のためにユニット A をオフラインにするときに考えられる「ユニット A」の一例を示す。点 209 は、ユニット A がオフラインにされる従来の点を示し、一方、点 210 は、ユニット A がオフラインにされるときの本技術による点を示す。従来の方法によれば、どのくらい多くの時間ユニットが実際に運転しているのかにかかわらず、ユニット A が 1200 回起動されるとすぐに、ユニットはオフラインにされなければならない。

**【 0 0 3 4 】**

線 211 は、スケジュールされた保守のためにユニット B をオフラインにするときに考えられる「ユニット B」の別の一例を表す。従来の方法によれば、ユニット B は点検時が 3200 時間に到達するとすぐに、着火起動の回数にかかわらず、ユニット B がオフラインにされる。同様に、点 212 は、従来の方法によるユニット B が保守のためのオフラインにされる点を示し、一方、点 213 は、ユニット B がオフラインにされるときの本技術による点を示す。

40

**【 0 0 3 5 】**

図 2 に示されるように、曲線 201 と曲線 202 との間の領域 206、207 は、本明細書中に記載されたシステムを用いて可能になるさらなるユニット運転を表す。線 208 の破線部分は、本技術の結果としてユニット A の追加運転時間を示す。線 211 の破線部分は、本技術の結果としてユニット B のさらなる運転時間を示す。

**【 0 0 3 6 】**

50

図3は、図2に示した曲線と同様に、本出願の運転指標に基づく曲線301の従来の保守期間と曲線302の従来の保守期間との間のグラフによる比較を示す。図3では、垂直軸は、発電ユニットについての重み付け着火起動303の尺度を有する。水平軸は、発電ユニットについての重み付け着火時間304の尺度を有する。図3は、第3の曲線308も示しており、この第3の曲線308は、曲線302に結果としてなる運転指標未満の値に設定された運転指標とやはり運転指標について同値の曲線である。矢印309に示されるように、運転指標を低い値に設定すると、本出願によってここに決定された改善された保守間隔を表す曲線をずらす。例えば、曲線302は、予期しない停止又は故障の可能性を約30%に設定された運転指標を表すことができ、一方、曲線308は、予期しない停止又は故障の可能性を約25%に表すことができ、これは一群のユニット内のユニットが故障にあう可能性が下がったことを表す。

10

#### 【0037】

図2と同様に、領域306、307は、従来の保守間隔の決定に関して可能性のあるさらなるユニット運転を表す。曲線308のいずれにより、領域306、307は、図2に示した領域206、207よりも小さい。曲線308は、一群についての推奨保守間隔を表し、故障の可能性は曲線302に比べて減少している。

#### 【0038】

図4(a)は、従来技術による運転のプロファイルの関数として運転量のグラフを示す。ここで、例示的な運転量として、「予期しない停止の可能性」が使用される。例示的な運転プロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として定義した「N比」を有する。他の運転量又は運転プロファイルが使用されてもよい。図4(a)は、運転量Yを含む垂直軸403を有する。図4(a)では、運転量は、パーセンテージの確率として表される予期しない停止の可能性として示される。図4(a)は、運転のプロファイルXを含む水平軸404も有する。運転のプロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として上述のように定義されたN比として示されている。曲線412は、発電ユニットが運転中であった時間数に応じて故障モードによる予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線413は、発電ユニットについての重み付け起動回数に応じた故障モードによる予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線411は、予期しない停止の総確率を運転のプロファイルの関数として示す合成した曲線である。

20

#### 【0039】

図4(b)は、図2に示した運転プロファイルに従って運転のプロファイルの関数として運転量のグラフを示す。ここで、図4(a)に示されるように、例示的な運転量として、「予期しない停止の可能性」が使用される。例示的な運転プロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として定義した「N比」を有する。他の運転量又は運転プロファイルが使用されてもよい。図4(b)は、運転量Yを含む垂直軸403を有する。図4(b)では、運転量は、パーセンテージの確率として表される予期しない停止の可能性として示される。図4(b)運転のプロファイルXを含む水平軸404を有する。運転のプロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として上述のように定義されたN比として示されている。曲線422は、発電ユニットが運転中であった重み付け着火時間数に応じて故障モードによる予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線423は、発電ユニットについての重み付け起動回数に応じた故障モードによる予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線421は、予期しない停止の合計可能性を運転のプロファイルの関数として示す合成した曲線である。

30

#### 【0040】

図4(c)は、図3に示した運転プロファイルに従って運転のプロファイルの関数として運転量のグラフを示す。ここで、図4(a)のように、例示的な運転量として、「予期しない停止の可能性」が使用される。例示的な運転プロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として定義した「N比」を有する。他の運転量又は運転プロファイルが使用されてもよい。図4(c)は、運転量Yを含む垂直軸403を有する。図4(c)では、運転量は、パーセンテージの確率として表される予期しない停止の可能性として示される。図4

40

50

(c) は、運転のプロファイル X を含む水平軸 404 を有する。運転のプロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として上述のように定義された N 比として示されている。曲線 432 は、発電ユニットが運転中であった重み付け着火時間数に応じて故障モードによる予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線 433 は、発電ユニットについての重み付け起動回数に応じた予期しない停止の可能性の一例を示す。曲線 431 は、予期しない停止の合計可能性を運転のプロファイルの関数として示す合成した曲線である。

#### 【0041】

図 5 は、図 2 ~ 図 3 に示した運転プロファイルに従って運転のプロファイルの関数として運転量のグラフを示す。ここで、図 4 (a) にあるように、例示的な運転量として、「予期しない停止の可能性」が使用される。例示的な運転プロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として定義した「N 比」を有する。他の運転量又は運転プロファイルが使用されてもよい。図 5 は、運転量 Y を含む垂直軸 503 を有する。図 5 では、運転量は、パーセンテージの確率として表される予期しない停止の可能性として示される。図 5 は、運転のプロファイル X を含む水平軸 504 をやはり有する。運転のプロファイルは、重み付け着火時間 / 起動回数として上述のように定義された N 比として示されている。

10

#### 【0042】

図 5 は、曲線 511 において従来技術に従って、図 5 の曲線 521 において図 2 中の線 202 として示される保守間隔に従って、及び図 5 の曲線 531 において、図 3 中の線 308 として示される保守間隔に従って、予期しない停止の合計可能性を近接させる。

20

#### 【0043】

現在最も実際的で好ましい実施形態であるとみなされるものとともに本発明を説明してきたが、本発明は開示した実施形態に限定されず、逆に添付の特許請求の範囲の精神及び範囲内に含まれる様々な修正形態及び均等な構成を含むものであることを理解されたい。

#### 【0044】

最後に、代表的な実施態様を以下に示す。

##### [実施態様 1]

一群の発電ユニット内の複数のユニット (208、211) ごとに推奨保守間隔を決定する方法であって、

一群の発電ユニット内の複数のユニットについての運転データ及び予期しない保守データを収集するステップ (101) と、

30

前記運転データ及び予期しない保守データを評価するステップ (101) と、

前記実験的データに基づいて複数の故障モードモデルを生成するステップ (101) と、前記複数の故障モードモデルを合成するステップ (102) と、

前記複数の故障モードモデルの前記合成のために目標の運転指標を確立するステップ (103、104) と、

前記目標の運転指標に基づいて前記一群の発電ユニットについて一群の推奨保守間隔を生成するステップ (202、302) と、

前記一群の発電ユニット内の前記複数のユニットごとに運転のプロファイルを計算するステップ (208) と、

各ユニットの前記運転のプロファイルに基づいて前記一群の発電ユニット内の前記複数のユニットごとに前記推奨保守間隔を計算するステップ (108、109、210) とを含む方法。

40

##### [実施態様 2]

前記一群の発電ユニットは、新しい前記推奨保守間隔内で再評価される (109)、実施態様 1 記載の推奨保守間隔を決定する方法 (108、109)。

##### [実施態様 3]

選ばれた前記運転指標は、予期しない保守の可能性、予期しない保守のコスト、信頼性、利用度、又は合計ライフサイクルコストのうちの 1 つである、実施態様 1 記載の推奨保守間隔を決定する方法 (108、109)。

##### [実施態様 4]

50

選ばれた前記運転指標は、ユニットごとに1以上の関心サブシステムについて故障モードレベルで信頼性モデル及びデータに直接関連付けられている、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様5]

評価は、設計評価ツールを用いて行われる、実施態様2記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様6]

前記複数の故障モードモデルは、運転パラメータの関数として予期しない保守イベントの確率を出力するように設計されている、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

10

[実施態様7]

前記複数の故障モードモデルは、故障モードが生じた場合に故障モードの結果について結果データを含む、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様8]

前記結果データは、イベント継続時間、イベントコスト及び/又は修理コストを含む、実施態様7記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様9]

故障モードモデルの組み合わせは、前記推奨保守間隔を決定するビジネスが前記一群内のユニットごとに一定を維持するように選ぶ関心運転指標になる、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

20

[実施態様10]

各運転のプロファイルが選ばれた前記運転指標の同じ値になるように前記推奨保守間隔を調整するステップ(107)をさらに含む、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様11]

前記運転のプロファイルは、重み付け起動回数対重み付け時間領域の内に曲線(202)を含む、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様12]

前記重み付け起動回数と重み付け着火時間領域は、任意の所与の時間/起動回数の比について前記保守間隔を定める、実施態様11記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

30

[実施態様13]

前記設計評価ツールは、何らかのさらなる故障モードモデルが前記組み合わせた複数の故障モードモデル内に含まれるべきか決定するための故障モード/効果分析(FMEA)を含む、実施態様5記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様14]

コンポーネントレベルで故障モードモデルを決定するステップをさらに含む、実施態様1記載の推奨保守間隔を決定する方法(108、109)。

[実施態様15]

一群のユニット内のユニットのための推奨保守間隔を決定するシステムであって、前記一群のユニットと、

40

前記一群のユニットの信頼性データを測定し、収集し及び/又は取り込むように構成された少なくとも第1のツールと、

前記一群のユニットの前記信頼性データを記録するように構成された少なくとも第1の記憶装置と、

前記一群のユニットの前記信頼性データを評価するように構成された少なくとも第1の分析装置と

を備え、

前記分析装置は、入力を有するように配置され、それによって使用者が運転量を選択できるとともに、前記分析装置が少なくとも前記信頼性モデル及び前記目標運転量に基づいて

50

推奨点検間隔を生成するように構成されているシステム。

【符号の説明】

【0 0 4 5】

1 0 1 ~ 1 1 1 ステップ

2 0 1 曲線

2 0 2 曲線

2 0 3 重み付け着火起動

2 0 4 重み付け着火時間

2 0 5 点

2 0 6 領域

2 0 7 領域

2 0 8 線

2 0 9 点

2 1 0 点

2 1 1 線

2 1 2 点

2 1 3 点

3 0 1 曲線

3 0 2 曲線

3 0 3 重み付け着火起動

3 0 4 重み付け着火時間

3 0 6 領域

3 0 7 領域

3 0 8 第3の曲線、曲線

3 0 9 矢印

4 0 3 垂直軸

4 0 4 水平軸

4 1 1 曲線

4 1 2 曲線

4 1 3 曲線

4 2 1 曲線

4 2 2 曲線

4 2 3 曲線

4 3 1 曲線

4 3 2 曲線

4 3 3 曲線

5 0 3 垂直軸

5 0 4 水平軸

5 1 1 曲線

5 1 2 曲線

5 1 3 曲線

10

20

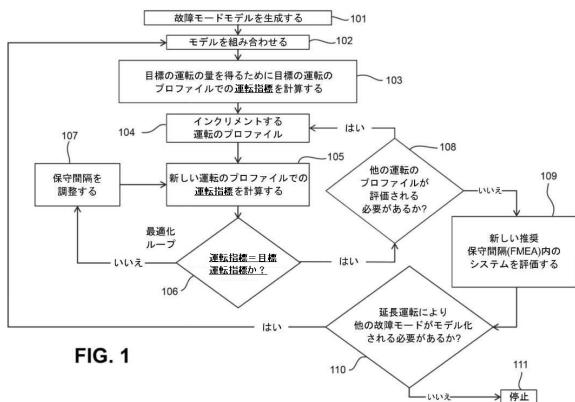
30

40

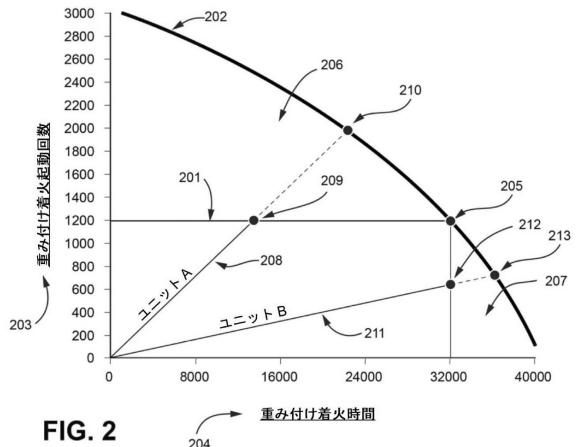
50

## 【図面】

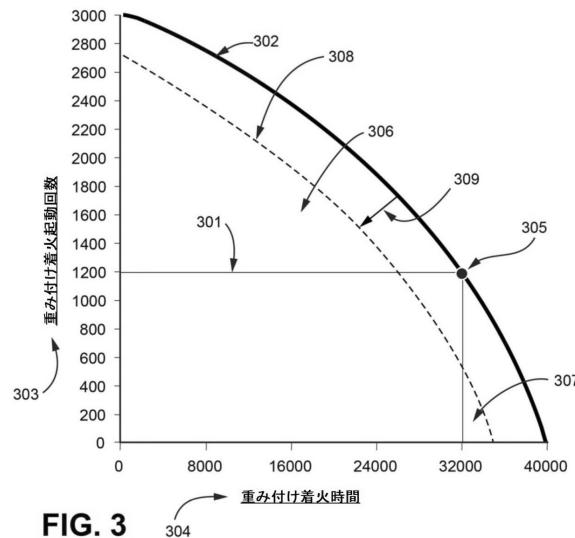
## 【図 1】



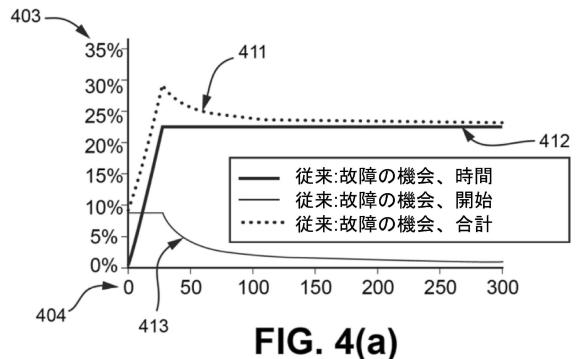
## 【図 2】



## 【図 3】



## 【図 4(a)】



10

20

30

40

50

【図 4 ( b )】

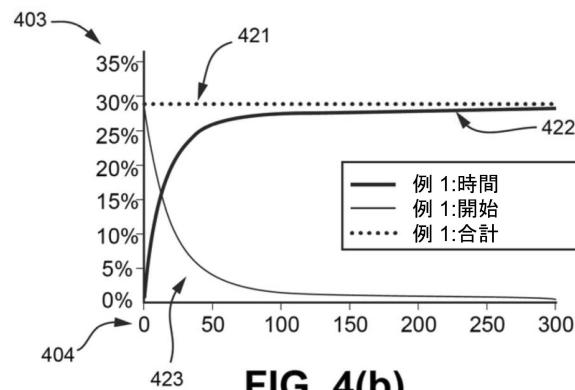


FIG. 4(b)

【図 4 ( c )】

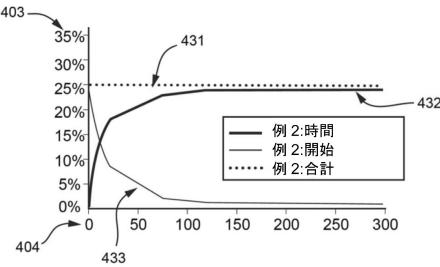


FIG. 4(c)

10

【図 5】

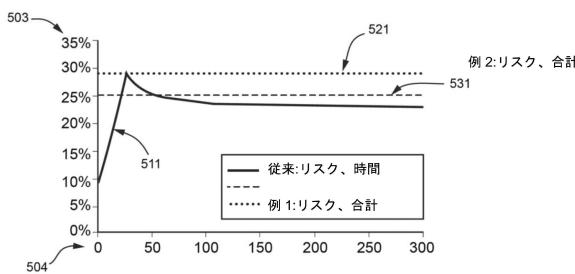


FIG. 5

20

30

40

50

---

フロントページの続き

トン・ロード、300番

審査官 松本 泰典

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0238256(US,A1)

米国特許出願公開第2009/0037206(US,A1)

国際公開第2012/157040(WO,A1)

特開2001-125626(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 05 B 23/02

H 02 J 3/38