

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6758155号  
(P6758155)

(45) 発行日 令和2年9月23日 (2020.9.23)

(24) 登録日 令和2年9月3日 (2020.9.3)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 B 23/02 (2006.01)

G 0 5 B 23/02 3 0 1 Y

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-215918 (P2016-215918)	(73) 特許権者	507250427
(22) 出願日	平成28年11月4日 (2016.11.4)		日立GEニュークリア・エナジー株式会社
(65) 公開番号	特開2018-73316 (P2018-73316A)		茨城県日立市幸町三丁目1番1号
(43) 公開日	平成30年5月10日 (2018.5.10)	(74) 代理人	110001829
審査請求日	令和1年7月3日 (2019.7.3)		特許業務法人開知国際特許事務所
		(72) 発明者	笠原 孝保
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
		(72) 発明者	大城戸 忍
			茨城県日立市幸町三丁目1番1号
			日立GEニュークリ
			ア・エナジー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラントの診断システム及び診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラントを診断する診断システムにおいて、

前記プラントの運転データとして、複数の運転パラメータの経時変化を格納する運転データ格納部と、

運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析して、相関関係の変化が予め設定された閾値より大きい場合に相関異常と判定する相関変化解析部と、

前記相関変化解析部の解析結果に基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに前記相関異常をノード間のリンクで示す相関異常グラフを作成する相関異常グラフ作成部と、

前記プラントの定性モデルとして、前記プラントの正常動作に付随する運転パラメータ同士の因果関係を格納する定性モデル格納部と、

前記相関異常グラフを構成する前記運転パラメータが関与する定性モデルに基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに因果関係をノード間のリンクで示す定性グラフを作成する定性グラフ作成部と、

前記相関異常グラフ及び前記定性グラフを、リンクを介し相互に連結された運転パラメータの集合である島集合に分解し、前記相関異常グラフの島集合を作成するために前記定性グラフの島集合を互いに連結するリンクであって、リンクの数が最小になるとともに、リンクに対応する部品間隔が小さいものを選択し、選択したリンクが根本原因であると推定する根本原因推定部と、

10

20

前記根本原因推定部の推定結果を表示する表示装置と、を備えたことを特徴とする診断システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の診断システムにおいて、

前記表示装置は、前記相関異常グラフ上、前記根本原因推定部で根本原因として推定されたリンクを他のリンクと識別可能に表示することを特徴とする診断システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の診断システムにおいて、

前記プラントの構成データとして、前記プラントの構成情報及び構成画像を格納する構成データ格納部を備え、

前記根本原因推定部は、前記プラントの構成情報に基づき、前記根本原因推定部で根本原因として推定されたリンクに対応する異常発生部位を抽出しており、

前記表示装置は、前記プラントの構成画像上、前記根本原因推定部で抽出された異常発生部位を他の部位と識別可能に表示することを特徴とする診断システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の診断システムにおいて、

複数の対応操作情報を格納する対応操作情報格納部と、

前記対応操作情報格納部で格納された複数の対応操作情報のうち、前記根本原因推定部で抽出された異常発生部位に対する対応操作情報を抽出する対応操作情報抽出部とを備え、

前記表示装置は、前記対応操作情報抽出部で抽出された対応操作情報を表示することを特徴とする診断システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の診断システムにおいて、

前記プラントのシミュレーションモデルを格納するシミュレーションモデル格納部と、

前記プラントのシミュレーションモデルを用い、前記対応操作情報抽出部で抽出された対応操作を実行した場合を想定してシミュレーションを実行するシミュレーション実行部とを備え、

前記表示装置は、シミュレーションの結果を表示することを特徴とする診断システム。

【請求項 6】

プラントの運転データを診断する診断方法において、

前記プラントの運転データとして、複数の運転パラメータの経時変化を格納し、

運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析して、相関関係の変化が予め設定された閾値より大きい場合に相関異常と判定し、

前記解析結果に基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに前記相関異常をノード間のリンクで示す相関異常グラフを作成し、

前記相関異常グラフを構成する前記運転パラメータが関与する定性モデルに基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに因果関係をノード間のリンクで示す定性グラフを作成し、

前記相関異常グラフ及び前記定性グラフを、リンクを介し相互に連結された運転パラメータの集合である島集合に分解し、前記相関異常グラフの島集合を作成するために前記定性グラフの島集合を互いに連結するリンクであって、リンクの数が最小になるとともに、リンクに対応する部品間隔が小さいものを選択し、選択したリンクが根本原因であると推定し、その推定結果を表示することを特徴とする診断方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の診断方法において、

前記相関異常グラフ上、根本原因として推定されたリンクを他のリンクと識別可能に表示することを特徴とする診断方法。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の診断方法において、

前記プラントの構成情報に基づき、根本原因として推定されたリンクに対応する異常発生部位を抽出し、

前記プラントの構成画像上、前記異常発生部位を他の部位と識別可能に表示することを特徴とする診断方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の診断方法において、

複数の対応操作情報のうち、前記異常発生部位に対する対応操作情報を抽出して表示することを特徴とする診断方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の診断方法において、

前記プラントのシミュレーションモデルを用い、抽出された対応操作を実行した場合を想定してシミュレーションを実行し、

シミュレーションの結果を表示することを特徴とする診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば発電プラントや化学プラントを診断する診断システム及び診断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、複数のコンピュータにネットワークを介し接続され、複数のコンピュータを運用管理する運用管理装置を開示している。この運用管理装置は、各コンピュータの性能値（詳細には、例えば CPU 利用率やメモリ残量等）の経時変化を取得する。そして、性能値同士の相関関係の変化を解析し、相関関係の変化が誤差範囲外となる場合に相関異常と判定する。そして、性能値をノードで示すとともに相関関係をノード間のリンクで示す相関グラフを作成し、相関異常のリンクを相関正常のリンクと識別可能にして相関グラフを表示する。

【0003】

非特許文献 1 は、相関関係の変化の解析方法として、密度比の直接推定による変化検知法（アルゴリズム）を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 238852 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】井出剛、杉山将、「異常検知と変化検知」、講談社、2015 年 8 月、p. 164 - 165

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

プラントを診断する診断システムにおいて、例えば特許文献 1 又は非特許文献 2 に記載の技術を採用することが考えられる。すなわち、プラントの運転データとして、複数の運転パラメータの経時変化を格納する。そして、運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析し、相関関係の変化が予め設定された閾値より大きい場合に相関異常と判定する。そして、運転パラメータをノードで示すとともに相関異常をノード間のリンクで示す相関異常グラフを作成して表示する。

【0007】

しかしながら、プラントでは、根本原因である相関異常の他に、多数の相関異常が派生する。そのため、複数の相関異常のうちのいずれが根本原因であるかを推定できず、その

10

20

30

40

50

対応を判断することが難しい。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、複数の相関異常のうちのいずれが根本原因であるかを推定することができるプラントの診断システム及び診断方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、代表的な本発明は、プラントを診断する診断システムにおいて、前記プラントの運転データとして、複数の運転パラメータの経時変化を格納する運転データ格納部と、運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析して、相関関係の変化が予め設定された閾値より大きい場合に相関異常と判定する相関変化解析部と、前記相関変化解析部の解析結果に基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに前記相関異常をノード間のリンクで示す相関異常グラフを作成する相関異常グラフ作成部と、前記プラントの定性モデルとして、前記プラントの正常動作に付随する運転パラメータ同士の因果関係を格納する定性モデル格納部と、前記相関異常グラフを構成する前記運転パラメータが関与する定性モデルに基づき、前記運転パラメータをノードで示すとともに因果関係をノード間のリンクで示す定性グラフを作成する定性グラフ作成部と、前記相関異常グラフ及び前記定性グラフを、リンクを介し相互に連結された運転パラメータの集合である島集合に分解し、前記相関異常グラフの島集合を作成するために前記定性グラフの島集合を互いに連結するリンクであって、リンクの数が最小になるとともに、リンクに対応する部品間隔が小さいものを選択し、選択したリンクが根本原因であると推定する根本原因推定部と、前記根本原因推定部の推定結果を表示する表示装置と、を備える。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、複数の相関異常のうちのいずれが根本原因であるかを推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の診断対象であるプラントの構成の具体例を表す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態における診断システムの構成を表すブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態の構成データ格納部に格納されたプラントの構成情報の具体例を表す図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態の構成データ格納部に格納されたプラントの構成画像の具体例を表す図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態の相関異常グラフ作成部で作成された相関異常グラフの具体例を表す図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態の定性グラフ作成部で作成された定性グラフの具体例を表す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態の表示装置で表示された相関異常グラフの具体例を表す図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態の表示装置で表示されたプラントの構成画像の具体例を表す図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態における診断システムの構成を表すブロック図である。

【図 11】本発明の第 2 の実施形態の表示装置で表示された対応操作情報の具体例を表す図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 3】本発明の第 3 の実施形態における診断システムの構成を表すブロック図である。

【図 1 4】本発明の第 3 の実施形態の表示装置で表示されたシミュレーション結果の具体例を表す図である。

【図 1 5】本発明の第 3 の実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の第 1 の実施形態を、図面を参照しつつ説明する。

【0013】

図 1 は、本実施形態の診断対象であるプラントの構成の具体例を表す図である。

【0014】

このプラントは、水を加熱するボイラ装置 1 と、ボイラ装置 1 を制御するボイラ制御装置 2 と、ボイラ装置 1 からポンプ系統 3 A , 3 B を介し供給された温水を用いて発電する発電装置 4 と、発電装置 4 を制御する発電制御装置 5 とを備えている。

【0015】

ポンプ系統 3 A は、ポンプ 6 を備えている。ポンプ 6 は、メカニカルシール S、シール室 R 1 , R 2、及び作動室 R 3 を有している。

【0016】

ポンプ 6 のシール室 R 1 には、ボイラ装置 1 から配管 t 1 , t 2 及びバルブ v 1 を介しパージ水が供給される。シール室 R 1 に供給されたパージ水は、メカニカルシール S を介しシール室 R 2 に流出し、さらに配管 t 3 , t 4 及びバルブ v 2 を介し流出する。シール室 R 2 における配管 t 3 の接続部より下流側には、パージ水をサンプリングするための配管 t 5 が接続されている。

【0017】

配管 t 1 にはパージ水の状態量 P 1 ( 詳細には、例えば温度又は圧力等。以下、同様 ) を計測する計器 7 a が設けられ、配管 t 2 にはパージ水の状態量 P 2 を計測する計器 7 b が設けられている。配管 t 3 にはパージ水の状態量 P 3 を計測する計器 7 c が設けられ、配管 t 4 にはパージ水の状態量 P 4 を計測する計器 7 d が設けられている。配管 t 5 にはパージ水の態量 P 5 を計測する計器 7 e が設けられている。

【0018】

ポンプ 6 の作動室 R 3 には、ボイラ装置 1 から配管 t 7 , t 8 及びバルブ v 3 を介し温水が供給される。そして、作動室 R 3 は、温水を加圧し、配管 t 6 を介し発電装置 4 へ供給する。配管 t 6 には温水の状態量 P 6 を計測する計器 7 f が設けられている。

【0019】

ポンプ系統 3 B は、ポンプ系統 3 A と同様の構成であり、その説明を省略する。

【0020】

ボイラ装置 1 は、ボイラ制御装置 2 からの熱出力指令値 A 1 に応じてポンプ系統 3 A 側の熱出力を調整し、ボイラ制御装置 2 からの熱出力指令値 A 2 に応じてポンプ系統 3 B 側の熱出力を調整する。ボイラ装置 1 には状態量 P 7 を計測する計器 7 g が設けられている。

【0021】

発電装置 4 は、発電制御装置 5 からの発電出力指令値 A 3 に応じて発電出力を調整する。発電装置 4 には状態量 P 8 を検出する計器 7 h が設けられている。

【0022】

図 2 は、本実施形態における診断システムの構成を表す図である。

【0023】

本実施形態の診断システムは、運転データ取得装置 1 1、運転データ格納部 1 2、定性モデル格納部 1 3、構成データ格納部 1 4、演算処理装置 1 5、表示装置 1 6、及び入力装置 1 7 を備えている。演算処理装置 1 5 は、機能的構成として、相関変化解析部 1 8、

10

20

30

40

50

相関異常グラフ作成部 19、定性グラフ作成部 20、及び根本原因推定部 21 を有している。入力装置 17 は、ユーザが入力するためのものであって、例えばキーボードやマウスで構成されている。

#### 【0024】

構成データ格納部 14 は、プラントの構成情報及び構成画像を格納している。図 3 は、構成データ格納部 14 で格納されたプラントの構成情報の具体例として、ポンプ系統 3 A の構成情報を表す。図 3 中の「CONN ( 部位 A , 部位 B ) 」は、部位 A と部位 B の接続を示し、図 3 中の「DTCT ( 状態量 , 部位 C ) 」は、状態量の計測部位が部位 C であることを示している。図 4 は、構成データ格納部 14 で格納されたプラントの構成画像の具体例として、ポンプ系統 3 A の構成画像を表す。

10

#### 【0025】

運転データ取得装置 11 は、プラントからの信号 ( 詳細には、上述した計器 7 a ~ 7 h 及び制御装置 2 , 5 からの信号 ) を周期的に入力し、時刻と関連付けて運転データ格納部 12 に出力する。これにより、運転データ格納部 12 は、プラントの運転データとして、N 個の運転パラメータ ( 詳細には、上述した状態量 P 1 ~ P 8 及び指令値 A 1 ~ A 3 ) の経時変化を格納するようになっている。

#### 【0026】

演算処理装置 15 の相関変化解析部 18 は、例えば非特許文献 1 に記載された密度比の直接推定による変化検知法により、運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析するようになっている。

20

#### 【0027】

詳しく説明すると、まず、入力装置 17 によって過去の時刻範囲 T 1 ~ T 2 が入力されており、相関変化解析部 18 は、過去の時刻範囲 T 1 ~ T 2 における N 点の運転データ  $x^{(n)}$  ( 但し、 $n = 1, 2, \dots, N$  ) を運転データ格納部 12 から読み込む。同様に、入力装置 17 によって現在の時刻範囲 t 1 ~ t 2 が入力されており、相関変化解析部 18 は、現在の時刻範囲 t 1 ~ t 2 における N' 点の運転データ  $x'^{(n')}$  ( 但し、 $n' = 1, 2, \dots, N'$  ) を運転データ格納部 12 から読み込む。そして、下記の式 ( 1 ) の条件のもとに、最適な精度行列 ( 本実施形態では、 $11 \times 11$  の正方行列 ) を演算する。式中の  $x^{(n)}$  は、行列 ( P 1 , P 2 , P 3 , P 4 , P 5 , P 6 , P 7 , P 8 , A 1 , A 2 , A 3 ) であり、 $x^{(n)T}$  は、その転置行列を意味する。同様に、式中の  $x'^{(n')}$  は、行列 ( P 1 , P 2 , P 3 , P 4 , P 5 , P 6 , P 7 , P 8 , A 1 , A 2 , A 3 ) であり、 $x'^{(n')T}$  は、その転置行列を意味する。また、式中の  $\| \cdot \|_1$  は、精度行列 の全成分の絶対値の和を意味し、R は定数である。

30

#### 【0028】

##### 【数 1】

$$f(\Theta) = \min_{\Theta} \left\{ \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N x^{(n)T} \times \Theta \times x^{(n)} + \ln \frac{1}{N'} \sum_{n'=1}^{N'} \exp \left( -\frac{1}{2} \times x'^{(n')T} \times \Theta \times x'^{(n')} \right) \right\} \quad \dots (1)$$

subject to  $\| \Theta \|_1 \leq R$

40

#### 【0029】

これにより、i 番目 ( 但し、 $i = 1, 2, \dots, 11$  ) の運転パラメータと j 番目 ( 但し、 $j = 1, 2, \dots, 11$  ) の運転パラメータの相関関係の変化を、精度行列 に格納する。なお、精度行列 は、過去の運転データの精度行列 と現在の運転データの精度行列 ' の差や、偏相関行列の差を用いてもよい。そして、精度行列 の成分 a ( i , j ) の絶対値が予め設定された閾値よりも大きい場合に、i 番目の運転パラメータと j 番目の運転パラメータの相関異常と判定する。

#### 【0030】

相関異常グラフ作成部 19 は、相関変化解析部 18 の解析結果に基づき、運転パラメータをノードで示すとともに相関異常をノード間のリンクで示す相関異常グラフ ( 疎構造グ

50

ラフ)を作成するようになっている。

【0031】

図5は、相関異常グラフ作成部19で作成された相関異常グラフの具体例を表す。この相関異常グラフは、運転パラメータP1～P5をノードで示すとともに、運転パラメータP1とP3の相関異常、運転パラメータP1とP5の相関異常、運転パラメータP2とP3の相関異常、運転パラメータP2とP4の相関異常、運転パラメータP2とP5の相関異常、及び運転パラメータP3とP5の相関異常をリンクで示している。

【0032】

定性モデル格納部13は、プラントの定性モデルとして、プラントの正常動作に付随する運転パラメータ同士の因果関係を格納している。定性グラフ作成部20は、上述した相関異常グラフを構成する運転パラメータが関与する定性モデルを、定性モデル格納部13から読み込む。そして、読み込んだ定性モデルに基づき、運転パラメータをノードで示すとともに因果関係をノード間のリンクで示す定性グラフ(疎構造グラフ)を作成するようになっている。

【0033】

図6は、定性グラフ作成部20で作成された定性グラフの具体例を表す。図5の相関異常グラフが運転パラメータP1～P5をノードとして示しているから、図6の定性グラフも運転パラメータP1～P5をノードとして示している。

【0034】

定性モデル格納部13には、定性モデルとして、例えばIf thenルールで「バルブV1が閉じていない状態でパージ水の状態量P1が増加すれば、パージ水の状態量P2が増加する」、「バルブV1が閉じていない状態でパージ水の状態量P1が減少すれば、パージ水の状態量P2が減少する」と記述された情報が格納されている。図6の定性グラフは、これらの情報に基づき、運転パラメータP1とP2の因果関係をリンクで示す。

【0035】

また、定性モデル格納部13には、定性モデルとして、例えばIf thenルールで「バルブV2が閉じていない状態でパージ水の状態量P3が増加すれば、パージ水の状態量P4が増加する」、「バルブV2が閉じていない状態でパージ水の状態量P3が減少すれば、パージ水の状態量P4が減少する」、「パージ水の状態量P3が減少すれば、パージ水の状態量P5が減少する」、「パージ水の状態量P3が減少すれば、パージ水の状態量P5が減少する」と記述された情報が格納されている。図6の定性グラフは、これらの情報に基づき、運転パラメータP3とP4の因果関係及び運転パラメータP3とP5の因果関係をリンクで示す。

【0036】

なお、定性モデルは、ユーザが作成してもよいし、あるいは、構成データ格納部14で格納されたプラントの構成情報に基づき、演算処理装置15が自動的に作成してもよい。また、If thenルールで記述されず、テーブル形式等の他の形式で記述されてもよい。

【0037】

根本原因推定部21は、上述した相関異常グラフを上述した定性グラフと比較することにより、相関異常グラフを構成する複数のリンクのうちのいずれが根本原因であるかを推定するようになっている。

【0038】

詳しく説明すると、まず、相関異常グラフ及び定性グラフを島集合(リンクを介し相互に連結された運転パラメータの集合)に分解する。図5の相関異常グラフは、島集合1{P1, P2, P3, P4, P5}になり、図6の定性グラフは、島集合2{P1, P2}と島集合3{P3, P4, P5}になる。そして、相関異常グラフの島集合を作成するために定性グラフの島集合を互いに連結するリンクであって、リンクの数が最小になるとともに、リンクに対応する部品間隔が小さいものを探す。この例では、リンクP1-P3、リンクP1-P4、リンクP1-P5、リンクP2-P3、リンクP2-P4、リンクP2-P5のうちのいずれか1つが候補となり、対応する部品間隔が最も小さいものとしてリ

10

20

30

40

50

リンク P 2 - P 3 を選択する。これにより、リンク P 2 - P 3 が根本原因であると推定する。なお、リンクに対応する部品間隔（詳細には、例えば部品間に存在する部品の個数等）に関しては、構成データ格納部 1 4 で格納されたプラントの構成情報を用いて判断する。

【 0 0 3 9 】

根本原因推定部 2 1 は、さらに、構成データ格納部 1 4 で格納されたプラントの構成情報に基づき、根本原因として推定されたリンクに対応する異常発生部位を抽出するようになっている。例えばリンク P 2 - P 3 に対応する異常発生部位は、メカニカルシール S 及びシール室 R 1 , R 2 である。

【 0 0 4 0 】

表示装置 1 6 は、例えば図 7 で示すように、根本原因として推定されたリンク P 2 - P 3 を他のリンクと識別可能にして、相関異常グラフを表示するようになっている。あるいは、入力装置 1 7 の入力に応じて、例えば図 3 で示す相関異常グラフの表示と、根本原因として推定されたリンク P 2 - P 3 とその両側のノードのみ示すグラフ（図示せず）の表示に切替えるようにしてもよい。

【 0 0 4 1 】

表示装置 1 6 は、さらに、例えば図 8 で示すように、異常発生部位として抽出されたメカニカルシール S 及びシール室 R 1 , R 2 を他の部位と識別可能にして、ポンプ系統 3 A の構成画像を表示するようになっている。なお、相関異常グラフとポンプ系統 3 A の構成画像は同時に表示されて連携されている。すなわち、相関異常グラフ上で任意の運転パラメータを選択すれば、その運転パラメータの計測部位がポンプ系統 3 A の構成画像上で点滅するようになっている。

【 0 0 4 2 】

次に、本実施形態の診断方法及び作用効果を説明する。図 9 は、本実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

【 0 0 4 3 】

まず、ステップ S 1 0 1 にて、運転データ格納部 1 2 は、プラントの運転データとして、複数の運転パラメータの経時変化を格納する。ステップ S 1 0 2 に進み、演算処理装置 1 5 の相関変化解析部 1 8 は、運転パラメータ同士の相関関係の変化を解析して、相関関係の変化が予め設定された閾値より大きい場合に相関異常と判定する。ステップ S 1 0 3 に進み、相関異常グラフ作成部 1 9 は、相関変化解析部 1 8 の解析結果に基づき、相関異常グラフを作成する。

【 0 0 4 4 】

そして、ステップ S 1 0 4 に進み、定性グラフ作成部 2 0 は、相関異常グラフを構成する運転パラメータが関与する定性モデルに基づき、定性グラフを作成する。ステップ S 1 0 5 に進み、根本原因推定部 2 1 は、相関異常グラフを定性グラフと比較することにより、相関異常グラフを構成する複数のリンクのうちのいずれが根本原因であるかを推定する。さらに、プラントの構成情報に基づき、根本原因として推定されたリンクに対応する異常発生部位を抽出する。

【 0 0 4 5 】

そして、ステップ S 1 0 6 に進み、表示装置 1 6 は、根本原因推定部 2 1 の推定結果を表示する。具体的には、例えば図 7 の相関異常グラフを表示する。これにより、複数のリンク（すなわち、複数の相関異常）のうちのいずれが根本原因であるかを推定することができる。また、例えば図 8 のプラントの構成画像を表示する。これにより、異常発生部位を推定することができる。

【 0 0 4 6 】

なお、第 1 の実施形態においては、例えば図 7 の相関異常グラフと図 8 のプラントの構成画像の両方を表示する場合を例にとって説明したが、これに限られず、本発明の趣旨及び技術思想を逸脱しない範囲内で変形が可能である。すなわち、例えば図 7 の相関異常グラフと図 8 のプラントの構成画像のうちの一方のみを表示してもよい。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50



本発明の第２の実施形態を、図１０～図１２を用いて説明する。なお、本実施形態において、第１の実施形態と同等の部分は同一の符号を付し、適宜、説明を省略する。

【００４８】

図１０は、本実施形態における診断システムの構成を表すブロック図である。

【００４９】

本実施形態の診断システムは、運転データ取得装置１１、運転データ格納部１２、定性モデル格納部１３、構成データ格納部１４、対応操作情報格納部２２、演算処理装置１５Ａ、表示装置１６、及び入力装置１７を備えている。演算処理装置１５Ａは、機能的構成として、相関変化解析部１８、相関異常グラフ作成部１９、定性グラフ作成部２０、根本原因推定部２１、及び対応操作情報抽出部２３を有している。

10

【００５０】

対応操作情報格納部２２は、複数の異常発生部位に対する複数の対応操作情報を格納している。具体例の一つとして、異常発生部位がポンプ系統３Ａの一部である場合、第１の対応操作情報として、ボイラ装置１の熱出力を１／２にするために、ボイラ制御装置２の熱出力指令値Ａ１を０％にすることが格納されている。また、第２の対応操作情報として、ポンプ系統３Ａを分離するために、バルブｖ２を閉じることが格納されている。また、第３の対応操作情報として、発電装置４の発電出力Ｅを５０％にすることが格納されている。なお、発電装置４の発電出力Ｅは、下記の式（２）で表される。式（２）中のＦ１はポンプ系統３Ａ側の熱出力、Ｆ２はポンプ系統３Ｂ側の熱出力、Ｔ０は応答時定数である。

20

【００５１】

【数２】

$$E = (F1 + F2) \div T0 \times A3 \quad \cdots (2)$$

【００５２】

対応操作情報抽出部２３は、対応操作情報格納部２２で格納された複数の対応操作情報のうち、根本原因推定部２１で抽出された異常発生部位に対する対応操作情報を抽出するようになっている。

【００５３】

表示装置１６は、例えば図７の相関異常グラフと図８のプラントの構成画像とともに、対応操作情報抽出部２３で抽出された対応操作情報を表示する。すなわち、例えば異常発生部位がポンプ系統３Ａの一部である場合、図１１で示すように、対応操作情報として、ボイラ制御装置２の熱出力指令値Ａ１を０％にすること、バルブｖ２を閉じること、発電制御装置５の発電出力Ｅを５０％に調整することを表示する。

30

【００５４】

次に、本実施形態の診断方法及び作用効果を説明する。図１２は、本実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

【００５５】

本実施形態では、第１の実施形態と同様、ステップＳ１０１～Ｓ１０６の手順を行う。そして、ステップＳ１０７に進み、対応操作情報抽出部２３は、複数の対応操作情報のうち、根本原因推定部２１で抽出された異常発生部位に対する対応操作情報を抽出する。表示装置１６は、対応操作情報抽出部２３で抽出された対応操作情報を表示する。これにより、ユーザの判断の一助とすることができる。

40

【００５６】

本発明の第３の実施形態を、図１３～図１５を用いて説明する。なお、本実施形態において、第１及び第２の実施形態と同等の部分は同一の符号を付し、適宜、説明を省略する。

【００５７】

図１３は、本実施形態における診断システムの構成を表すブロック図である。

【００５８】

本実施形態の診断システムは、運転データ取得装置１１、運転データ格納部１２、定性

50

モデル格納部 13、構成データ格納部 14、対応操作情報格納部 22、シミュレーションモデル格納部 24、演算処理装置 15B、表示装置 16、及びコマンド入力装置 17を備えている。演算処理装置 15Bは、機能的構成として、相関変化解析部 18、相関異常グラフ作成部 19、定性グラフ作成部 20、根本原因推定部 21、及び対応操作情報抽出部 23、及びシミュレーション実行部 25を有している。

#### 【0059】

シミュレーションモデル格納部 24は、プラントのシミュレーションモデルを格納している。このシミュレーションモデルは、構成部品の関数ブロックで記述され、入力に対する関数や時間遅れが設定されている。例えば、ボイラ装置 1のポンプ系統 3A側の熱出力 F1及びポンプ系統 3B側の熱出力 F2は、下記の式(3)で表される。ボイラ装置 1の総熱出力 Fは、熱出力 F1、F2の和となる。発電装置 4の発電出力 Eは、上記の式(2)で表される。

#### 【0060】

##### 【数3】

$$\left. \begin{aligned} F1 &= A1 \times T1 \\ F2 &= A2 \times T2 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

#### 【0061】

シミュレーション実行部 25は、上述したシミュレーションモデルに対し、現在の運転データ等(詳細には、上述した状態量 P1～P8及び指令値 A1～A3や、バルブ v1～v3の開度)を初期値として入力するとともに、根本原因推定部 21で抽出された対応操作を実行した場合を想定して、シミュレーションを実行する。

#### 【0062】

表示装置 16は、シミュレーションの結果を表示する。図14は、表示装置 16で表示されたシミュレーション結果の具体例を表す。この例では、ポンプ系統 3A側の熱出力 F1、ポンプ系統 3B側の熱出力 F2、総熱出力 F、及び発電出力 Eの経時変化を示している。但し、図示しないものの、運転パラメータの経時変化を示してもよい。

#### 【0063】

次に、本実施形態の診断方法及び作用効果を説明する。図15は、本実施形態における診断方法の手順を表すフローチャートである。

#### 【0064】

本実施形態では、第2の実施形態と同様、ステップ S101～S107の手順を行う。そして、ステップ S108に進み、シミュレーション実行部 25は、根本原因推定部 21で抽出された対応操作情報を実行した場合を想定して、シミュレーションを実行する。ステップ S109に進み、表示装置 16は、シミュレーション結果を表示する。これにより、ユーザの判断の一助とすることができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0065】

- 12 運転データ格納部
- 13 定性モデル格納部
- 14 構成データ格納部
- 16 表示装置
- 18 相関変化解析部
- 19 相関異常グラフ作成部
- 20 定性グラフ作成部
- 21 根本原因推定部
- 22 対応操作情報格納部
- 23 対応操作情報抽出部
- 24 シミュレーションモデル格納部
- 25 シミュレーション実行部

10

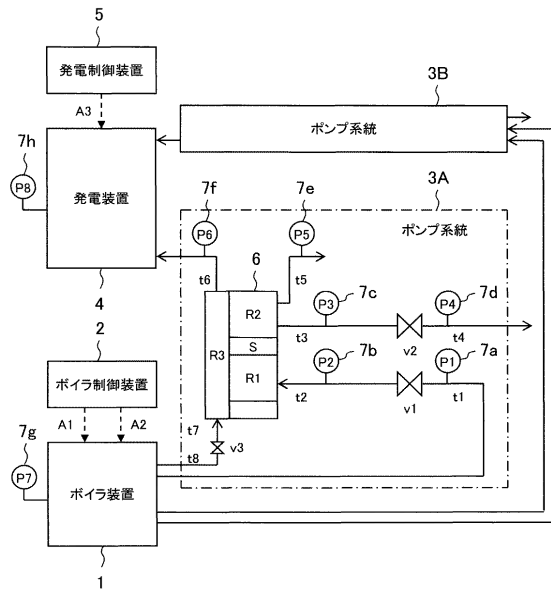
20

30

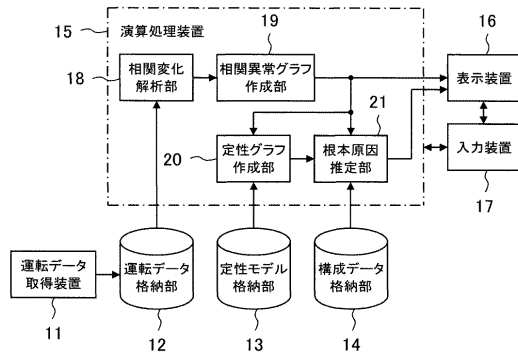
40

50

【 図 1 】



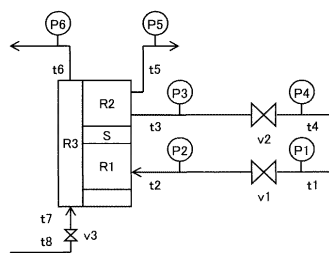
【 図 2 】



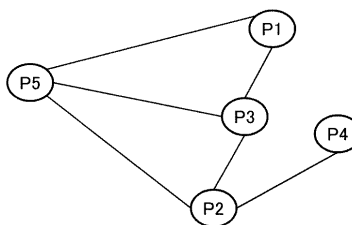
【圖 3】

CONN(t1,v1)  
CONN(v1,t2)  
CONN(t2,R1)  
CONN(R1,S)  
CONN(S,R2)  
CONN(R2,t3)  
CONN(t3,v2)  
CONN(v2,t4)  
CONN(R2,t5)  
CONN(t8,v3)  
CONN(v3,t7)  
CONN(t7,R3)  
CONN(R3,t6)  
DTCT(P1,t1)  
DTCT(P2,t2)  
DTCT(P3,t3)  
DTCT(P4,t4)  
DTCT(P5,t5)  
DTCT(P6,t6)

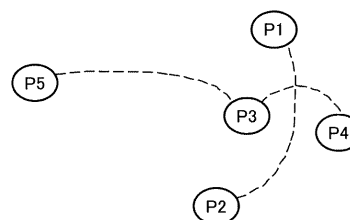
【圖 4】



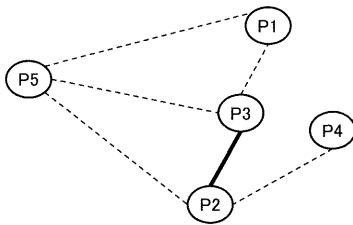
【 図 5 】



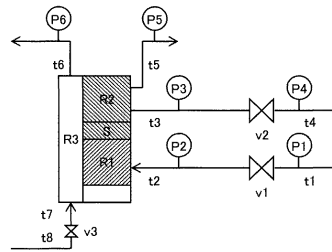
【 図 6 】



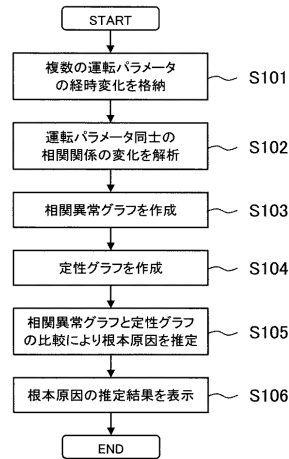
【図 7】



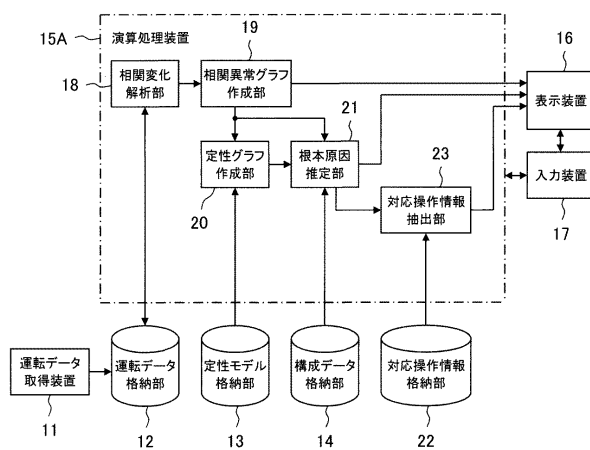
【図 8】



【図 9】



【図 10】



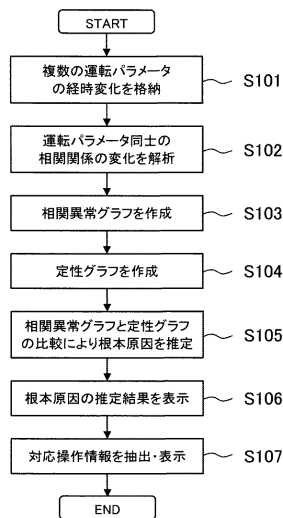
【図 11】

Set A1 0%

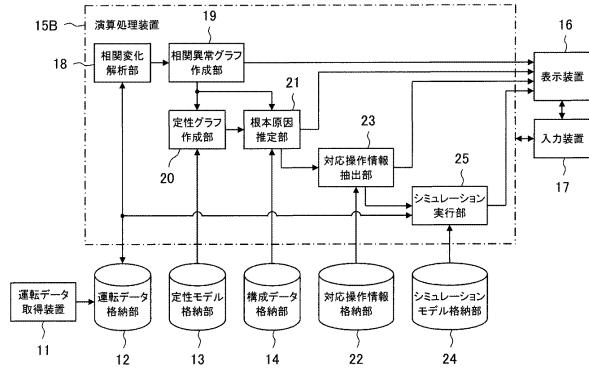
Set v2 Close

Set E 50%

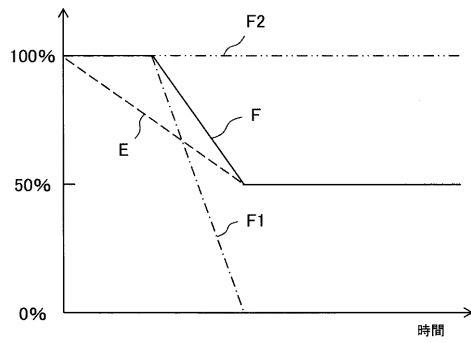
【図 12】



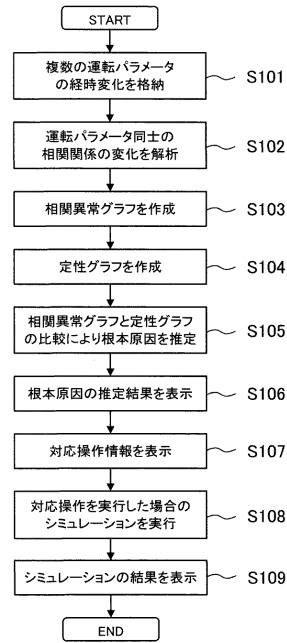
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 金田 昌基

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

審査官 堀内 亮吾

(56)参考文献 国際公開第2011/145496(WO, A1)

米国特許出願公開第2013/0132000(US, A1)

特開2009-199533(JP, A)

米国特許出願公開第2009/0217099(US, A1)

国際公開第2016/147726(WO, A1)

特開平10-320036(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 23/00 - 23/02