

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7657733号
(P7657733)

(45)発行日 令和7年4月7日(2025.4.7)

(24)登録日 令和7年3月28日(2025.3.28)

(51)国際特許分類 F I
G 0 5 B 23/02 (2006.01) G 0 5 B 23/02 3 0 2 Y

請求項の数 13 (全45頁)

(21)出願番号	特願2021-565995(P2021-565995)	(73)特許権者	504389784
(86)(22)出願日	令和2年4月29日(2020.4.29)		デュール システムズ アーゲー
(65)公表番号	特表2022-532090(P2022-532090 A)		Durr Systems AG
(43)公表日	令和4年7月13日(2022.7.13)		ドイツ連邦共和国、74321 ビーテ イヒハイム - ビッシンゲン、カール - ベンツ - シュトラッセ 34
(86)国際出願番号	PCT/DE2020/100360	(74)代理人	100099759
(87)国際公開番号	WO2020/224718		弁理士 青木 篤
(87)国際公開日	令和2年11月12日(2020.11.12)	(74)代理人	100123582
審査請求日	令和5年4月25日(2023.4.25)		弁理士 三橋 真二
(31)優先権主張番号	102019206839.1	(74)代理人	100092624
(32)優先日	令和1年5月10日(2019.5.10)		弁理士 鶴田 準一
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)	(74)代理人	100114018
(31)優先権主張番号	102019112099.3		弁理士 南山 知広
(32)優先日	令和1年5月9日(2019.5.9)	(74)代理人	100153729
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 分析方法及びそのための装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

方法技術的設備(101)内、たとえば塗装設備(102)内でエラー分析する方法であって、該方法が、

- 方法技術的設備(101)内でエラー状況を自動的に認識すること；
- それぞれ認識されたエラー状況についてのエラー状況データセットを、エラーデータベース(136)内に記憶すること；
- それぞれ認識されたエラー状況のエラーデータセットに基づいて、エラー状況のためのエラー原因を自動的に求め、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めること；を含み、

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、1つ又は複数のプロセス値が、以下の結合判断基準：

- プロセス値を、方法技術的設備(101)の、エラー状況が発生している設備部分に対応づけること；
- ユーザーのアクティブな選択に基づいて、プロセス値をヒストリカルなエラー状況と結合すること；

- エラー状況に関連していると事前に判断された、報告システムからのプロセス値の結合；
- ユーザーによるプロセス値のアクティブな選択；

の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合され、

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、さらなるエラー原因及び/又はプロセス値が提案され、該提案が以下の提案判断基準：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備（101）の内部のプロセス値の、又はプロセス値を求めるセンサの位置；
- 定められたプロセス窓及び/又はノーマル状態からのプロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位付け；
- プロセス値の物理的依存性；

の1つ又は複数に基づいて、自動的に実施される、ことを特徴とする、方法。

10

【請求項2】

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、以下の優先順位判断基準：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備（101）の内部のプロセス値の、又はプロセス値を求めるセンサの位置；
- 定められたプロセス窓及び/又はノーマル状態からのプロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位付け；
- 報告システム（138）からのエラー原因及び/又はプロセス値の優先順位付けを採用することによって；

20

- ユーザーによる優先順位付け；

の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値の自動的な優先順位付けが実施される、ことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

ヒストリカルなエラー状況が、エラーデータベース（136）から、以下の類似性判断基準：

- ヒストリカルなエラー状況のエラー分類；
- 同一又は比較可能な設備部分におけるヒストリカルなエラー状況；
- 既知のエラー状況のプロセス値に対して等しい、又は類似の、ヒストリカルなエラー状況のプロセス値；

30

の1つ又は複数を用いて、求められる、ことを特徴とする、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

ヒストリカルなプロセス値がプロセスデータベース（134）から求められ、前記プロセス値が既知のエラー状況のプロセス値に対して等しく、あるいは類似している、ことを特徴とする、請求項1から3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

求められたヒストリカルなプロセス値が、ヒストリカルなエラー状況に属するものとして特徴づけられる、ことを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

認識されたエラー状況に対して、エラー状況データセットがエラーデータベース（136）内に記憶される、ことを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の方法。

40

【請求項7】

それぞれのエラー識別データセットが、以下のエラー状況データ：

- エラー状況のエラー分類；
- 報告システムからの前結合に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値；
- それぞれのエラー状況の発生の時点についての情報；
- それぞれのエラー状況の発生の期間についての情報；
- それぞれのエラー状況の発生の場所についての情報；
- アラーム；
- ステータス報告；

50

の1つ又は複数を含む、ことを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】

それぞれのエラー状況のエラー状況データセットが、認識されたエラー状況を明確に識別するためのエラー識別データを含む、ことを特徴とする請求項6又は7に記載の方法。

【請求項9】

それぞれのエラー状況のエラー状況データセット内に、文書化データとエラー除去データが記憶されている、ことを特徴とする請求項6から8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項10】

方法技術的設備(101)の駆動におけるプロセス値が、認識されたエラー状況と時間的に同期して記憶される、ことを特徴とする請求項6から9のいずれか1項に記載の方法。

10

【請求項11】

プロセス値にタイムスタンプが設けられ、それを用いてプロセス値が時点に明確に対応づけ可能である、ことを特徴とする請求項6から10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項12】

方法技術的設備(101)内で、たとえば塗装設備(102)内で、エラー分析するためのエラー分析システム(144)であって、前記エラー分析システムが、方法技術的設備(101)内で、たとえば塗装設備(102)内で、請求項1から11のいずれか1項に基づいて、エラー分析する方法を実施するように、形成され、かつ整えられている、エラー分析システム(144)。

【請求項13】

工業的制御システム(100)であって、前記工業的制御システムが請求項12に記載のエラー分析システム(144)を含む、工業的制御システム(100)。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、方法技術的設備(プロセスエンジニアリングプラント、verfahrenstechnischen Anlage)内、たとえば塗装設備(塗装プラント、Lackieranlage)内で、エラー分析する方法に関する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0002】

本発明の課題は、エラー状況を簡単かつ確実に分析することができる、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でエラー分析する方法に関する。

【課題を解決するための手段】

【0003】

この課題は、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でエラー分析する方法によって解決される。

【0004】

方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でエラー分析する方法は、以下のものを含む：

- 方法技術的設備内のエラー状況を特に自動的に認識し；
- それぞれ認識されたエラー状況についてのエラー状況データセットを、エラーデータベースに記憶し；
- エラー状況のためのエラー原因を自動的に求め、かつ/又はそれぞれ認識されたエラー状況のエラーデータセットに基づいて、エラー状況に関連するプロセス値を自動的に求める。

40

【0005】

「エラー状況の原因となるプロセス値」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内で、特にエラー状況の原因となる、かつ/又はそれと関連するプロセス値を意味する。

【0006】

「特に」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内で、可能な任意かつ/又は選

50

択的な特徴を記述するためだけに使用される。

【0007】

エラー状況が報告システムによって自動的に認識されると、効果的であり得る。

【0008】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、エラー状況のためのエラー原因及び/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、1つ又は複数のプロセス値が、以下の結合判断基準の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合される：

- 報告システムからの前結合；
- プロセス値を、方法技術的設備の、エラー状況が発生した、その同じ設備部分に対応づける；
- ユーザーのアクティブな選択に基づいて、プロセス値をヒストリカルなエラー状況と結合する；
- ユーザーによるプロセス値のアクティブな選択。

10

【0009】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、エラー状況のためのエラー原因及び/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、以下の優先順位付け判断基準の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値の自動的な優先順位付けが、自動的に実施される：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備の内部のプロセス値又はプロセス値を求めるセンサの位置；
- 定められたプロセス窓からの、及び/又はノーマル状態からの、プロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位付け；
- 報告システムからのエラー原因及び/又はプロセス値の優先順位付けを採用することによって；
- ユーザーによる優先順位付け。

20

【0010】

プロセス値のプロセス関連性に基づいて実施される優先順位付けは、好ましくは、プロセスクリティカルなプロセス値が高い優先順位を有するように、行われる。

【0011】

「プロセスクリティカルなプロセス値」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内で、特に、報告システム内にプロセスクリティカルとして格納されており、かつ/又はユーザーによってプロセスクリティカルであると定められている、プロセス値を意味する。

30

【0012】

方法技術的設備の内部のプロセス値又はプロセス値を求めるセンサの位置に基づいて実際される優先順位付けは、好ましくは、同一、位置の近い、かつ/又は比較可能な設備部分に対応づけられているプロセス値が高い優先順位を有するように、行われる。

【0013】

「比較可能な設備部分」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内で、特に類似又は等しい構造を有する設備部分を意味する。

40

【0014】

比較可能な設備部分は、たとえば等しい構造の、あるいは類似の構造の工業的空気供給設備、工業的空気供給設備の等しい構造の、あるいは類似の構造の調整モジュールあるいは構造の等しい、あるいは類似の構造のポンプ又はモータである。

【0015】

プロセス値を求めるセンサの位置は、好ましくは方法技術的設備内のナンバリングシステム(いわゆる「プラントナンバリングシステム」)からの体系を用いて識別される。

【0016】

プロセス値は、好ましくは、ナンバリングシステムを用いて明確に指定される。

【0017】

50

好ましくは、プロセス値は、ナンバリングシステム内のその表示にしたがって優先順位をつけられる。

【0018】

ナンバリングシステムは、センサ及び/又はプロセス値を明確に指定するために、好ましくは機能ユニットの指定、それぞれの機能ユニットの機能グループの指定及び/又はそれぞれの機能部材の指定を有し、それにそれぞれのセンサ及び/又はプロセス値が対応づけられている。

【0019】

さらに、ナンバリングシステムによるプロセス値の明確な表示が、測定された変量の種類の指定、たとえば温度、流量、圧力、を含むと、効果的であり得る。

10

【0020】

たとえば、塗装設備の空気供給設備は機能ユニットであって、その場合に空気供給設備の調整モジュールは機能グループであり、かつその場合に空気供給設備のポンプが機能部材である。

【0021】

プロセス値のノーマル状態は、好ましくは、アノマリー及び/又はエラー認識する方法を用いて求められる。

【0022】

ヒストリカルなエラー状況内のヒストリカルなプロセス値の優先順位に基づいて実施される優先順位づけは、好ましくは、プロセス値がヒストリカルなエラー状況と同様に優先順位付けされるように、行われる。

20

【0023】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、エラー状況のためのエラー原因及び/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、他のエラー原因及び/又はプロセス値が提案され、その場合に提案は、以下の提案判断基準の1つ又は複数を用いて自動的に実施される：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備の内部のプロセス値又はプロセス値を求めたセンサの位置；
- 定められたプロセス窓及び/又はノーマル状態からのプロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位；
- プロセス値の物理的依存性。

30

【0024】

プロセスクリティカルなプロセス値が、好ましくは優先して提案される。

【0025】

方法技術的設備の内部のプロセス値又はプロセス値を求めたセンサの位置に基づいて実施される提案は、好ましくは、同一、近くに位置する、かつ/又は比較可能な設備部分に対応づけられたプロセス値が、より早く提案されるように、行われる。

【0026】

好ましくはプロセス値は、ナンバリングシステム内のその表示にしたがって提案される。

【0027】

ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位に基づいて実施される提案は、好ましくは、ヒストリカルなエラー状況内で優先順位の高いプロセス値が優先して提案されるように、行われる。

40

【0028】

プロセス値の物理的依存性に基づいて提案を求めるために、物理的依存性が、好ましくはユーザーによってエキスパート規則として定められる。

【0029】

好ましくは提案されるエラー原因及び/又はプロセス値の優先順位は、ユーザーによって変更可能である。

【0030】

50

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、ヒストリカルなエラー状況が、以下の類似性判断基準の1つ又は複数を用いて、エラーデータベースから求められる：

- ヒストリカルエラー状況のエラー分類；
- 同一又は比較可能な設備部分におけるヒストリカルエラー状況；
- 認識されたエラー状況のプロセス値に対して等しい、あるいは類似の、ヒストリカルなエラー状況のプロセス値。

【0031】

認識されたエラー状況に対して同一のエラー分類を有するヒストリカルなエラー状況が、好ましくは優先して求められる。

【0032】

認識されたエラー状況のプロセス値に対する、ヒストリカルなエラー状況のプロセス値の同一性又は類似性は、比較アルゴリズムによって求められる。

【0033】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、プロセスデータベースから、認識されたエラー状況に対して同一又は類似の、ヒストリカルなプロセス値が求められる。

【0034】

好ましくはヒストリカルなプロセス値を求めるために、プロセスデータベースがくまなくサーチされる。比較アルゴリズムを用いてプロセス値の同一性又は類似性が求められると、効果的であり得る。

【0035】

ヒストリカルなプロセス値を求めることは、好ましくは自動的に行われる。

【0036】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、求められたヒストリカルなプロセス値が、ヒストリカルなエラー状況に属すると特徴づけられる。

【0037】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、認識されたエラー状況について、エラー状況データセットがエラーデータベースに記憶される。

【0038】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、それぞれのエラー識別データセットが、以下のエラー状況データの1つ又は複数を含む：

- エラー状況のエラー分類；
- 報告システムからの前結合に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値；
- それぞれのエラー状況の発生の時点に関する情報；
- それぞれのエラー状況の発生の時間長に関する情報；
- それぞれのエラー状況の発生の場所に関する情報；
- アラーム；
- ステータス報告。

【0039】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、それぞれのエラー状況のエラー状況データセットが、認識されたエラー状況を明確に識別するためのエラー識別データを含む。

【0040】

エラー識別データは、好ましくはエラー状況を明確に指定するために使用可能である。

【0041】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、それぞれのエラー状況のエラー状況データセット内に、文書化データとエラー除去データが記憶される。

【0042】

文書化データは、好ましくは駆動指針、ハンドブック、回路ダイアグラム、方法ダイアグラム及び/又はそれぞれのエラー状況に該当する設備部分のデータシートを含む。

【0043】

10

20

30

40

50

エラー除去データは、好ましくはエラー状況を除去するためのデータ、特にエラー状況を除去するための操作指示を含む。

【0044】

特に文書化データとエラー除去データは、ユーザーがエラー状況データセットに付け加えることができる。

【0045】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、プロセス値が方法技術的設備の駆動中に、認識されたエラー状況と時間的に同期して記憶される。

【0046】

方法技術的設備内でエラー分析する方法の形態において、プロセス値にタイムスタンプが設けられ、それをを用いてプロセス値を時点に明確に対応づけることができる。

10

【0047】

本発明は、さらに、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でエラー分析するエラー分析システムに関するものであり、このエラー分析システムは方法技術的設備内、たとえば塗装設備内で、エラー分析するための本発明に係る方法を実施するように形成され、かつ整えられている。

【0048】

本発明は、さらに、本発明に係るエラー分析システムを有する、工業的制御システムに関する。

【0049】

本発明は、さらに、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内のプロセス偏差を予想する方法に関する。

20

【0050】

本発明の他の課題は、プロセス偏差を簡単かつ確実に予想可能な、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内のプロセス偏差を予想する方法を提供することである。

【0051】

この課題は、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内のプロセス偏差を予想する方法によって解決される。

【0052】

方法技術的設備内、たとえば塗装設備内のプロセス偏差を予想する方法は、以下のものを有する：

30

- 予想モデルの自動的な形成；
- 予想モデルを使用して、方法技術的設備の駆動中にプロセス偏差を予想する。

【0053】

好ましくは、予想モデルを用いて製造クリティカルなプロセス値のプロセス偏差が予想可能である。

【0054】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、プロセス偏差を予想する方法は、工業的な空気供給設備内、前処理ステーション内、カソード浸漬塗装するステーション内、かつ/又は乾燥ステーション内で実施される。

40

【0055】

工業的空気供給設備、前処理ステーション及び/又はカソード浸漬塗装するステーションは、特にきわめて慣性的な方法技術的設備である。

【0056】

したがってこの種の方法技術的設備の製造クリティカルなプロセス値は、その駆動中にきわめて低速でしか変化しない。

【0057】

この種の方法技術的設備の慣性が大きいことに基づいて、予想モデルを用いて方法技術的設備の駆動中のプロセス偏差を早期に予想可能である。

【0058】

50

したがって好ましくは、この種の方法技術的設備の修理及び／又はメンテナンスのために、プロセス偏差の発生前に時間を獲得することができる。

【0059】

したがって工業的空気供給設備は、好ましくは複数の調整モジュール、たとえば予熱モジュール、冷却モジュール、追加熱モジュール及び／又は湿潤モジュールを含む。

【0060】

好ましくは、形成された予想モデルは、類似の方法技術的設備へ移すことができる。

【0061】

たとえば、前処理ステーションのために形成された予想モデルを、カソード浸漬塗装するステーションのために使用できることが、考えられる。

【0062】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、特に方法技術的設備の駆動の間に変化するプロセス値に基づいて、予想モデルを用いて、方法技術的設備内の製造クリティカルなプロセス値のプロセス偏差が予想される。

【0063】

「製造クリティカルなプロセス値」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、特に、あらかじめ定められたプロセス窓からのその偏差が品質偏差、特に品質欠陥をもたらす、プロセス値を意味する。

【0064】

工業的空気供給設備の製造クリティカルなプロセス値は、たとえば、工業的空気供給設備を用いて調節された空気の、特に工業的空気供給設備の吹き出し部分における、温度と相対空気湿度である。

【0065】

工業的空気供給設備を用いて調整された空気は、塗装設備、好ましくは塗装キャビンへ供給され、したがって、塗装キャビン内にある工作物、特に塗装キャビン内で処理される車両ボディの処理品質に、好ましくは直接作用する。

【0066】

たとえば、予想モデルを用いて、少なくとも約10分の、たとえば少なくとも約15分の、好ましくは少なくとも約20分の、予測範囲の間の、製造クリティカルなプロセス値のプロセス偏差を予想することが、可能である。

【0067】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、予想モデルを自動的に形成するために、方法技術的設備の駆動中にあらかじめ定められた期間にわたってプロセス値及び／又はステータス変数が記憶される。

【0068】

方法技術的設備が工業的空気供給設備である場合に、記憶されるプロセス値及び／又はステータス変数は、好ましくは以下のものである：

- 工業的空気供給設備の目標変数、特に工業的空気供給設備を用いて調整された空気の、特に工業的空気供給設備の吹き出し部分における、温度と相対湿度；
- 操作変数、特に工業的空気供給設備の加熱モジュール及び／又は冷却モジュールの弁の弁位置、ポンプ、特に湿潤ポンプの回転周波数かつ／又はベンチレータの回転周波数；
- 内部変数、特に工業的空気供給設備の加熱及び／又は冷却モジュール内の前進及び／又は還流温度及び／又は調整モジュール間の空気コンディション；
- 測定された変数、特に工業的空気供給設備の吹き込み部分における外部温度及び／又は相対外部湿度；
- 測定されない障害変数；及び／又は
- ステータス変数、特に湿潤ポンプ（オン／オフ）、ポンプのための手動モード（オン／オフ）、供給弁（開／閉）、ベンチレータ（オン／オフ）。

【0069】

「プロセス値」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、特に時間に

10

20

30

40

50

依存する、連続的な信号を意味する。

【 0 0 7 0 】

「ステータス変量」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、特に時間に依存する離散的な事象を意味する。

【 0 0 7 1 】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、方法技術的設備の駆動中にプロセス値及び/又はステータス変量が記憶される、あらかじめ定められた期間は、以下の判断基準の1つ又は複数にしたがって設定される：

- 方法技術的設備が、あらかじめ定められた期間内で、少なくとも約60%、好ましくは少なくとも約80%、特に製造駆動のために、準備完了した状態にある；
- 方法技術的設備が、あらかじめ定められた期間において、少なくとも約60%、好ましくは少なくとも約80%、製造可能な状態にある；
- 方法技術的設備が、あらかじめ定められた期間内で、特に可能な全駆動戦略によって駆動される；
- あらかじめ定められた期間内の、あらかじめ定められた数のプロセス偏差及び/又は障害場合。

10

【 0 0 7 2 】

方法技術的設備が、工業的空気供給設備である場合に、この設備は好ましくは、

- 工業的空気供給設備のベンチレータが駆動されている場合（ベンチレータのステータス変量「オン」）；
 - 工業的空気供給設備の調整モジュールが、自動モードで駆動される場合；
 - 少なくとも1つの調整弁が開放されている場合；かつ/又は
 - 湿潤ポンプが駆動されている場合（湿潤ポンプのステータス変量「オン」）、
- に、製造駆動のための駆動準備のできた状態にある。

20

【 0 0 7 3 】

「方法技術的設備の製造可能な状態」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、特に、方法技術的設備の目標変量が、あらかじめ定められたプロセス窓内にあることを意味する。

【 0 0 7 4 】

方法技術的設備が工業的空気供給設備である場合に、この設備は、工業的空気供給設備の目標変量、特に工業的空気供給設備を用いて調整された空気の温度と相対湿度が、特に工業的空気供給設備の吹き出し部分において、あらかじめ定められたプロセス窓内にある場合に、製造可能な状態にある。

30

【 0 0 7 5 】

前処理ステーション又はカソード浸漬塗装するステーションは、特に唯一の駆動戦略のみによって駆動可能である。

【 0 0 7 6 】

工業的空気供給設備は、特に複数の駆動戦略によって、特に周囲条件にしたがって、駆動可能である。

【 0 0 7 7 】

工業的空気供給設備は、たとえば以下の駆動戦略によって駆動可能である：加熱 - 湿潤、冷却 - 加熱、冷却 - 湿潤、冷却、加熱、湿潤。

40

【 0 0 7 8 】

方法技術的設備が工業的空気供給設備である場合に、特に、予想モデルを自動的に形成するためのプロセス値及び/又はステータス変量が、たとえば少なくとも6ヶ月の期間にわたって、特に少なくとも約9ヶ月の期間にわたって、好ましくは少なくとも約12ヶ月の期間にわたって、記憶されることが、考えられる。

【 0 0 7 9 】

方法技術的設備が、前処理ステーションあるいはカソード浸漬塗装するステーションである場合に、特に、予想モデルを自動的に形成するためのプロセス値及び/又はステータ

50

ス変量が、たとえば少なくとも約 2 週間の期間にわたって、特に少なくとも約 4 週間の期間にわたって、好ましくは少なくとも約 6 週間の期間にわたって記憶されることが、考えられる。

【 0 0 8 0 】

たとえば、あらかじめ定められた期間内に、少なくとも約 3 0、好ましくは少なくとも約 5 0 のプロセス偏差及び / 又は障害場合が発生することが、考えられる。

【 0 0 8 1 】

特に、方法技術的設備の駆動中にプロセス値及び / 又はステータス変量が記憶される、あらかじめ定められた期間が、つながりのない複数の部分期間を有することも、考えられる。

10

【 0 0 8 2 】

方法技術的設備の駆動中にプロセス値及び / 又はステータス変量が記憶される期間が、つながりのない複数の部分期間を有する場合に、部分期間は好ましくは以下の判断基準のそれぞれ 1 つ又は複数を有する：

- 部分期間の最小長さ、たとえば少なくとも約 3 0 分；
- 部分期間の開始時に、方法技術的設備の駆動が、製造可能な状態及び / 又はオーバーシュートの定まった状態にある；
- 方法技術的設備の駆動が、部分期間の最後に、オーバーシュートの定まった状態にある。

【 0 0 8 3 】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、予想モデルを形成するために、機械的な学習方法が実施され、その場合にあらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び / 又はステータス変量が、予想モデルの形成に使用される。

20

【 0 0 8 4 】

予想モデルを自動的に形成するために実施される学習方法は、以下のものの好ましくは 1 つ又は複数を有する：勾配ブースティング、ランダム・フォレスト、サポート・ベクトル・マシン。

【 0 0 8 5 】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、機械学習は、あらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び / 又はステータス変量から抽出されるフィーチャーに基づいて実施される。

30

【 0 0 8 6 】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、フィーチャーを抽出するために、以下のものの 1 つ又は複数が使用される：

- 統計的指数；
- メインコンポーネント分析からの係数；
- 線形の回帰係数；
- フーリエスペクトルに基づく支配的周波数及び / 又は振幅。

【 0 0 8 7 】

統計的指数は、たとえば最小、最大、中央値、平均値及び / 又は標準偏差を有する。

40

【 0 0 8 8 】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、予想モデルを訓練するために、選択された数の、プロセス偏差を有する予測データセット及び選択された数の、プロセス偏差のない予測データセットが使用される。

【 0 0 8 9 】

特に、選択された数の、プロセス偏差を有する予測データセットが、選択された数の、プロセス偏差のない予測データセットに、少なくとも近似的に相当することが、考えられる。

【 0 0 9 0 】

特に、選択された数の、プロセス偏差を有する予測データセットと、選択された数の、

50

プロセス偏差のない予測データセットとが同一であることが、考えられる。

【0091】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、プロセス偏差を有する予測データセットの数の選択は、以下の判断基準の1つ又は複数に基づいて行われる：

- 2つの予測データセットの間の最小時間間隔；
- 定められた規則を用いた自動的な選択；
- ユーザーによる選択。

【0092】

2つの予測データセットの間の最小時間間隔は、たとえば少なくとも約2時間である。

【0093】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、プロセス偏差を有する予測データセットは、あらかじめ定められた時間インターバル内にプロセス偏差が発生した場合に、それとして特徴づけられる。

【0094】

あらかじめ定められた時間インターバルは、好ましくは予測データセットの期間と選択された予測範囲とからなる。

【0095】

たとえば、予測データセットの期間が30分であり、選択された予測範囲が15分であることが、考えられる。

【0096】

プロセス偏差のない予測データセットは、あらかじめ定められた時間インターバル内にプロセス偏差が存在しない場合に、それとして特徴づけられる。

【0097】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、あらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び/又はステータス変数が、前処理によって予測データセットにまとめられる。

【0098】

プロセス偏差を予想する方法の形態において、前処理は以下のものを有する：

- あらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値の正規化；
- 時間的なシフトをもって時間窓内でプロセス値及び/又はステータス変数を分割することによって、プロセス値及び/又はステータス変数を予測データセットにまとめる。

【0099】

好ましくは時間窓の期間は、時間的シフトよりも大きい。

【0100】

時間窓の期間は、たとえば30分である。

【0101】

時間的シフトは、たとえば5分である。

【0102】

その場合に好ましくは、時間的に連続する予測データセットは、それぞれ、たとえば5分の、時間的な重なりを有するプロセス値及び/又はステータス変数を有する。

【0103】

本発明は、さらに、方法技術的設備内のプロセス偏差を予想するための予想システムに関し、その予想システムは、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でプロセス偏差を予想する、本発明に係る方法を実施するように形成され、かつ整えられている。

【0104】

本発明は、さらに、工業的制御システムに関するものであり、同システムは本発明に係る予想システムを含む。

【0105】

プロセス偏差を予想するための、本発明に係る方法は、好ましくは、エラー分析するための本発明に係る方法に関連して説明した特徴及び/又は利点の1つ又は複数を含む。

10

20

30

40

50

【0106】

本発明に係るエラー分析する方法は、好ましくはさらに、プロセス偏差を予想する本発明に係る方法に関連して説明した特徴及び／又は利点の1つ又は複数を含む。

【0107】

本発明は、さらに、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でアノマリー及び／又はエラー認識する方法に関する。

【0108】

本発明の他の課題は、アノマリー及び／又はエラー状況を簡単かつ確実に認識することができる、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でアノマリー及び／又はエラー認識する方法を提供することである。

【0109】

この課題は、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内で、アノマリー及び／又はエラー認識する方法によって解決される。

【0110】

方法技術的設備内、たとえば塗装設備内で、アノマリー及び／又はエラー認識する方法は、好ましくは以下のものを有する：

- 方法技術的設備のアノマリー及び／又はエラーモデルを自動的に形成し、同モデルがプロセス値の発生確率に関する情報を含む；
- 方法技術的設備の駆動中にそのプロセス値を自動的に読み込む；
- 読み込んだ方法技術的設備のプロセス値に基づいてアノマリー及び／又はエラーモデルを用いて発生確率を求めることにより、かつ発生確率を限界値について検査することによって、アノマリー及び／又はエラー状況を自動的に認識する。

【0111】

好ましくは、アノマリー及び／又はエラー認識する方法を用いて、エラー状況、すなわち構成部分、センサ及び／又はアクターの故障及び／又は不具合が識別可能である。

【0112】

好ましくは、方法技術的設備内でアノマリー及び／又はエラー認識する方法によって、方法技術的設備のノーマル状態を自動的に求めることができる。

【0113】

アノマリー及び／又はエラーモデルを用いて、特に方法技術的設備内の静的及び／又は動的な関係を記述することができる。

【0114】

「アノマリー」(anomaly；ずれ、偏差)との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、特にノーマル状態からのプロセス値の偏差を意味する。

【0115】

アノマリー及び／又はエラーモデルは、好ましくは構造グラフを含む。

【0116】

構造グラフは、特に複数のクリークを有し、その場合にそれぞれのクリークのノットの間関係が、好ましくは確率密度関数によって記述される。

【0117】

それぞれ構造グラフのクリークを用いて、好ましくは、方法技術的設備のセンサ及び／又はアクターのための関係が記述される。

【0118】

好ましくは、アノマリー及び／又はエラーモデルの構造グラフのクリーク内で、プロセス値の発生確率のための限界値を下回った場合に、アノマリーが認識される。

【0119】

認識された、アノーマルプロセス変量を有するアノマリーが、ユーザーにグラフ表示されると、効果的であり得る。

【0120】

アノマリー及び／又はエラー認識する方法の形態において、

10

20

30

40

50

- アノマリー及び/又はエラーモデルが、方法技術的設備内のプロセス構造に関する情報を内容とする、構造データを有し、かつ/又は

- アノマリー及び/又はエラーモデルが、方法技術的設備のプロセス値の間の関係に関する情報を内容とする、パラメータセッティングデータを有する。

【0121】

構造データは、特に方法技術的設備内のセンサ及び/又はアクターの間関係についての情報を含む。

【0122】

パラメータセッティングデータは、特にプロセス値の発生確率に関する情報を含む。

【0123】

特に、構造データ及び/又はパラメータセッティングデータは、アノマリー及び/又はエラーモデルを形成するために利用される。

【0124】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法の形態において、アノマリー及び/又はエラーモデルを形成するために、以下のステップの1つ又は複数が実施される：

- 方法技術的設備のプロセス構造を求めるための構造識別；
- 求められた方法技術的設備のプロセス構造内の因果関係を求める；
- 求められた方法技術的設備のプロセス構造内の関係の構造パラメータセッティング。

【0125】

アノマリー及び/又はエラーモデルは、好ましくは構造情報、因果関係情報及び/又は構造パラメータセッティング情報を含む。

【0126】

好ましくは、構造識別データを用いて、構造パラメータセッティングを容易にすることができる。

【0127】

特に、構造識別データを用いて、パラメータセッティングの手間及びそれに伴って構造パラメータセッティングのための計算の手間を軽減することができる。

【0128】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法の形態において、方法技術的設備のプロセス構造を求めるために構造識別する場合に、構造グラフが求められ、その構造グラフが特に方法技術的設備内の関係を模擬する。

【0129】

構造グラフは、好ましくは複数のノットと、ノットを対にして互いに結合する複数のエッジとを含む。

【0130】

構造グラフは、好ましくは複数のクリークを含む。

【0131】

求められた構造グラフ内の関係が、構造識別を用いて求められると、効果的であり得る。

【0132】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法の形態において、以下のものの1つ又は複数を使用して、構造グラフが求められる：

- 機械的な学習方法；
- エキスパートナレッジ
- 認識された回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラム；
- 方法技術的設備のナンバリングシステム内の指定。

【0133】

構造識別のため、特に構造グラフを求めるために、方法技術的設備内のナンバリングシステム(いわゆる「プラントナンバリングシステム」)からの体系が、たとえばセマンティクス分析を用いて、使用されると、効果的であり得る。

【0134】

10

20

30

40

50

ナンバリングシステムは、特に機能ユニットに関する、たとえば方法技術的設備の設備タイプに関する情報、それぞれの機能ユニットの機能グループに関する情報、それぞれの機能グループの機能部材に関する情報及び/又はデータタイプに関する情報を含む。

【0135】

好ましくは、ナンバリングシステムは、複数のレベルを有する。

【0136】

ナンバリングシステムの第1のレベルは、たとえばそれぞれの機能ユニットに関する情報を有する。

【0137】

ナンバリングシステムの第2のレベルは、たとえばそれぞれの機能グループに関する情報を有する。

10

【0138】

ナンバリングシステムの第3のレベルは、たとえばそれぞれの機能部材に関する情報を有する。

【0139】

ナンバリングシステムの第4のレベルは、たとえばそれぞれのデータタイプに関する情報を有する。

【0140】

好ましくはナンバリングシステムデータセットは、方法技術的設備の機能部材の明確な指定を含む。

20

【0141】

たとえば機能部材の明確な指定は、第1、第2、第3及び/又は第4のレベルについての情報を含む。

【0142】

好ましくは、セマンティクス分析する場合に、たとえば方法技術的設備の機能部材の明確な指定に基づいて、ナンバリングシステムデータセットからの情報の抽出が実施される。

【0143】

好ましくは、セマンティクス分析する場合に、ナンバリングシステムデータセット内で1つ又は複数のストリングサーチが実施される。

【0144】

その場合に特に、ナンバリングシステムデータセットから情報を抽出することができる。

30

【0145】

情報を抽出する場合に、特にナンバリングシステムデータセット内で第1のストリングサーチが実施され、その場合に特に抽出されたデータセットが得られる。

【0146】

ナンバリングシステムデータセットから抽出された情報は、好ましくはセマンティクス分析のためにカテゴライズされる。

【0147】

カテゴライズする場合に、たとえば、情報を抽出する際に得られた、抽出されたデータセット内で第2のストリングサーチが実施される。

40

【0148】

たとえば、セマンティクス分析する場合、特に1つ又は複数のストリングサーチにおいて、どの物理的変量がセンサ部材によって測定されたか、識別できることが、考えられる。

【0149】

セマンティクス分析を用いて識別可能な物理的変量は、たとえば以下のものである：サーモダイナミック変量（温度及び/又は湿度）；ハイドロリック変量（圧力、体積及び/又は充填状態）；機械的変量（回転数、トルク及び/又は回転位置）；電気的変量（周波数、電圧、電流強さ及び/又は電氣的出力）。

【0150】

さらに、セマンティクス分析する場合、特に1つ又は複数のストリングサーチにおいて

50

、ステータス変量が識別可能であると、効果的であり得る。

【0151】

セマンティクス分析において識別可能なステータス変量は、たとえば以下の情報を含む：湿潤ポンプの駆動状態に関する情報（オン/オフ）；ポンプのための手動モードに関する情報（オン/オフ）；供給弁の開放ステータスに関する情報（開/閉）；ベンチレータの駆動状態に関する情報（オン/オフ）。

【0152】

機械的学習方法を用いて構造グラフを求めることは、好ましくは、例えば相互情報量によって非線形関係が再現可能である相関係数を使用して実行される。

【0153】

「エキスパートナレッジ」との用語は、この明細書及び添付の請求項の枠内において、たとえばプロセス内のセンサの間の関係に関する知識を意味する。

【0154】

好ましくは構造グラフのノットの間のエッジは、エキスパートナレッジ、既知の回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラムからの情報を用いて構造グラフを前構成することによって、除外可能である。その場合に特に、構造グラフを求めるための計算の手間が削減可能である。

【0155】

プロセス値は、好ましくはナンバリングシステム（「プラント ナンバリングシステム」）を用いて明確に示される。

【0156】

したがって、構造グラフがプロセス値のそれぞれ明確な指定を使用して求められると、効果的であり得る。

【0157】

特に、機械的学習方法を用いて求められた構造グラフが、エキスパートナレッジを用いて、既知の回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラムを用いて、かつ/又は方法技術的設備のナンバリングシステム内の指定を用いて、その妥当性について検査されることが、考えられる。

【0158】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法の形態において、方法技術的設備は構造識別するために、特に構造グラフを求めるために、テスト信号によって刺激される。

【0159】

好ましくは、テスト信号によって刺激する場合に、所望にアノマリー及び/又はエラー状況が発生される。

【0160】

テスト信号は、特に設計データを考慮して発生される。特に設計データに基づいて、テスト信号のための限界値が設定可能であり、たとえばジャンプ機能を設定する場合に、操作変数ジャンプの最大の振幅が設定可能である。

【0161】

「設計データ」との用語は、この明細書及び/又は添付の請求項の枠内で、特に以下の情報の1つ又は複数を意味する：

- センサタイプ（温度センサ、流量センサ、弁位置センサ、圧力センサなど）及び/又はアクタータイプ（弁、ベンチレータ、フラップ、Eモータ）；
- センサ及び/又はアクターの許容される値領域；
- センサ及び/又はアクターの信号タイプ（フロート、インテガー）。

【0162】

特に方法技術的設備は、テスト信号を用いて動的に刺激される。

【0163】

テスト信号は、特に、方法技術的設備内の操作変数を変化させることができる、信号である。たとえばテスト信号を用いて、方法技術的設備の弁及び/又はポンプの操作変数が

10

20

30

40

50

変化される。

【0164】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、求められた方法技術的設備のプロセス構造の因果関係を求めることは、以下のものの1つ又は複数を使用して行われる：

- 方法技術的設備をテスト信号によって刺激する際に生成されたシステム入力信号とシステム出力信号；
- エキスパートナレッジ；
- 既知の回路ダイアグラム及びノ又は方法ダイアグラム；
- 方法技術的設備のナンバリングシステム内の指定。

10

【0165】

求められたプロセス構造内の因果関係は、たとえば、方法技術的設備をテスト信号によって刺激する際に求められた、方法技術的設備のシステム入力信号とシステム出力信号から、たとえばシステム入力信号とシステム出力信号のそれぞれの時間的推移を用いて、導き出さる。

【0166】

代替的に又は付加的に、方法技術的設備をテスト信号によって刺激した場合に求められたシステム入力信号とシステム出力信号から因果関係を、因果推論方法を用いて導き出すことが、考えられる。

【0167】

「因果関係」との用語は、この明細書及びノ又は添付の請求項の枠内において、特に、求められた構造グラフ内の因果関係方向、すなわち「矢印」を意味する。

20

【0168】

好ましくは、求められたプロセス構造内、もしくは求められた構造グラフ内で、求められた因果関係を用いて、認識されたアノマリーの原因となるプロセス値を見いだすことができる。

【0169】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、求められた方法技術的設備のプロセス構造内の関係を構造パラメータセッティングするために、以下のものの1つ又は複数が使用される：

- 確率密度関数を求める方法、特に混合ガウスモデル；
- プロセス値の間の既知の関係；
- 方法技術的設備の機能部材の物理的マップ、たとえば弁のマップ。

30

【0170】

好ましくは構造パラメータセッティングは、確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、行われる。

【0171】

方法技術的設備の機能部材の物理的なマップを用いて、機能部材の1つの変量の間関係が記述可能であると、効果的であり得る。

【0172】

弁の既知の弁マップを用いて、たとえば、弁位置と体積流量との間関係が記述可能である。

40

【0173】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、構造パラメータセッティングするために、方法技術的設備のレギュラー駆動からのデータかつノ又は方法技術的設備をテスト信号を用いて刺激することによって得られたデータが使用される。

【0174】

たとえば確率密度関数を求める方法を使用して、構造パラメータセッティングするために、特にデータベースに記憶されている位置変量、測定変量及びノ又は調整変量が使用さ

50

れる。

【0175】

好ましくは、確率密度関数を求める方法を使用して構造パラメータセッティングするために、方法技術的設備の進行中の駆動からのデータが使用され、そのデータは、少なくとも2週間の、好ましくは少なくとも4週間の、たとえば少なくとも8週間の期間にわたって記憶される。

【0176】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、構造パラメータセッティングするために、使用されるデータが構造パラメータセッティング前に前処理される。

10

【0177】

前処理する場合に、好ましくは、方法技術的設備の駆動準備完了もしくは製造準備完了の駆動状態に対応づけられていない(たとえば設備がオフ、保守相、など)、設備のレギュラー駆動からのデータは、方法技術的設備の状態を記述するアラームとステータスピットを用いて、排除される。

【0178】

さらに、設備のレギュラー駆動からのデータが、フィルタリングによって、たとえばローパスフィルタを用いて、かつノ又はバターワースフィルタを用いて、前処理されると、効果的であり得る。

【0179】

レギュラー駆動からのデータは、統一的なタイムステップ幅に補間される。

20

【0180】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、アノマリー及びノ又はエラーモデルを形成する場合に、プロセス値の発生確率のための限界値が定められ、その場合に限界値を下回った場合に、アノマリーが認識される。

【0181】

限界値を定めることは、好ましくは自動化して行われる。

【0182】

限界値を定めることは、好ましくは、非線形の最適化方法を用いて、たとえばネルダーミード方法を用いて、行われる。

30

【0183】

その代わりに、あるいはそれに加えて、限界値を定めることが分位数を用いて行われることが、考えられる。

【0184】

プロセス値の発生確率のための限界値は、好ましくは、たとえば「偽陽性率」の設定によって、最適化することができる。

【0185】

好ましくは、限界値は、アノマリー及びノ又はエラーモデルを最初に設定した後に、特にエラーアラームの発生が高すぎる場合に、適合される。

【0186】

アノマリー及びノ又はエラー認識する方法の形態において、アノマリー及びノ又はエラー認識する方法を用いて、認識されたアノマリー及びノ又は認識されたエラー状況のエラー原因が識別される。

40

【0187】

特にエラー原因は、アノマリー及びノ又はエラーモデルの構造グラフを用いて識別可能である。

【0188】

好ましくは、構造グラフは、アノマリー及びノ又はエラー状況を識別するため、かつノ又はエラー原因を識別するために、ユーザーのために視覚化される。

【0189】

50

構造グラフを用いて、特に「根本原因解析」が実現可能である。特に、方法技術的設備のプロセス構造内部のアノーマルプロセス値が識別可能である。

【0190】

好ましくは、認識されたアノーマルは、ユーザーによってエラー状況又はエラーアラームとして特徴づけることができる。

【0191】

エラー状況は、特にエラーデータベースに記憶される。

【0192】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法の形態において、方法技術的設備は、塗装設備の以下の操作ステーションの1つ又は複数を有し、あるいはそれによって形成される：

- 前処理ステーション；
- カソード浸漬塗装するステーション；
- 乾燥ステーション；
- 工業的空気供給設備；
- 塗装ロボット。

【0193】

本発明は、さらに、アノマリー及び/又はエラー認識するためのアノマリー及び/又はエラー認識システムに関し、同システムは、方法技術的設備内、たとえば塗装設備内でアノマリー及び/又はエラー認識するための本発明に係る方法を実施するように形成され、かつ整えられている。

【0194】

アノマリー及び/又はエラー認識システムは、特に報告システムであって、それを用いて方法技術的設備内のエラー状況が自動化されて認識可能である。

【0195】

本発明は、さらに、工業的制御システムに関し、同システムは、本発明に係るアノマリー及び/又はエラー認識システムを含む。

【0196】

アノマリー及び/又はエラー認識する、本発明に係る方法は、好ましくは本発明に係るエラー分析する方法及び/又は本発明に係るプロセス偏差を予想する方法に関連して記述された特徴及び/又は利点の1つ又は複数を含む。

【0197】

本発明に係るエラー分析する方法及び/又は本発明に係るプロセス偏差を予想する方法は、好ましくは本発明に係るアノマリー及び/又はエラー認識する方法に関連して記述された特徴及び/又は利点の1つ又は複数を含む。

【0198】

本発明の他の特徴及び/又は利点が、実施例についての以下の説明及び図面表示の対象である。

【図面の簡単な説明】

【0199】

【図1】方法技術的設備と工業的制御システムの図式的な表示である。

【図2】方法技術的設備、特に塗装設備の図式的な表示である。

【図3】工業的空気供給設備の図式的な表示である。

【図4】図3に示す工業的空気供給設備の、エラー状況が発生した場合の図式的な表示である。

【図5】図3に示す工業的空気供給設備の、他のエラー状況が発生した場合の図式的な表示である。

【図6】図3に示す工業的空気供給設備の、他のエラー状況が発生した場合の図式的な表示である。

【図7】工業的空気供給設備の他の図式的な表示である。

【図8】図7に示す工業的空気供給設備の、プロセス偏差のない駆動状態における図式的

10

20

30

40

50

な表示である。

【図 9】図 7 に示す工業的空気供給設備の、周囲条件の変化に基づくプロセス偏差を有する駆動状態における図式的な表示である。

【図 10】図 7 に示す工業的空気供給設備の、熱回収システムをオンにしたことに基づくプロセス偏差を有する駆動状態における図式的な表示である。

【図 11】図 7 に示す工業的空気供給設備の、弁の不具合に基づくプロセス偏差を有する駆動状態における図式的な表示である。

【図 12】予測データセットにまとめられたプロセス値の図式的な表示である。

【図 13】プロセス偏差を有する予測データセットとプロセス偏差のない予測データセットとして特徴づけられる、図 12 に基づく予測データセットの図式的な表示である。

10

【図 14】前処理ステーションの図式的な表示である。

【図 15】前処理ステーションのアノマリーモデル及びノ又はエラーモデルを形成するための方法ステップの図式的な表示である。

【図 16】図 4 に基づく前処理ステーションから導き出されたプロセス構造を有するグラフの図式的な表示である。

【図 17】ファクターグラフのクリークを示している。

【図 18】図 7 に基づくクリーク内の機能的関係のモデルである。

【図 19】エラー原因の割り当てによりノット 1 つ分だけ拡張された、17 に示すクリークに相当するクリークを示している。

【発明を実施するための形態】

20

【0200】

すべての図において、同一又は機能的に等価の部材には、同一の参照符号が設けられている。

【0201】

図 1 は、方法技術的設備 101 のための、全体を符号 10 で示す工業的制御システムを示している。

【0202】

方法技術的設備 101 は、たとえば塗装設備 104 であって、それが特に図 2 に示されている。

【0203】

30

図 1 から 6 を用いて、特に方法技術的設備 101 内、特に塗装設備 102 内でエラー分析する方法が説明される。

【0204】

図 1、2 及び 7 から 13 を用いて、特に、方法技術的設備 101 内、特に塗装設備 102 内でプロセス偏差を予想する方法が説明される。

【0205】

図 1、2 及び 14 から 19 を用いて、特に、方法技術的設備 101 内、特に塗装設備 102 内で、アノマリー及びノ又はエラー認識する方法が説明される。

【0206】

図 2 に示す方法技術的設備 101、特に塗装設備 102 は、工作物 106 を処理するための、特に車両ボディ 108 を処理するための、好ましくは複数の処理ステーション 104 を含む。

40

【0207】

処理ステーション 104 は、図 2 に示す塗装設備 102 の実施形態において、特に互いにつながれて、したがって塗装ライン 110 を形成する。

【0208】

工作物 106 を処理するため、特に車両ボディ 108 を塗装するために、工作物 106 が処理ステーション 104 を好ましくは次々と通り抜ける。

【0209】

たとえば、工作物 106 が次々と続く処理ステーション 104 を記載の順序で通り抜け

50

ることが、考えられる。

【0210】

工作物106は、前処理ステーション112内で前処理されて、前処理ステーション112からカソード浸漬塗装のためのステーション114へ移送される。

【0211】

カソード浸漬塗装するためのステーション114から工作物106は、その上にコーティングを施した後に、カソード浸漬塗装のためのステーション114の後方の乾燥ステーション116へ移送される。

【0212】

カソード浸漬塗装のためのステーション114内で工作物106上に塗布されたコーティングが乾燥ステーション116内で乾燥された後に、工作物106が好ましくはベースコートキャビン118内へ移送されて、その中で再び工作物106上にコーティングが設けられる。

10

【0213】

ベースコートキャビン118内でコーティングがもたらされた後に、工作物106は好ましくはベースコート乾燥ステーション120内へ移送される。

【0214】

ベースコートキャビン118内で工作物106に塗布されたコーティングがベースコート乾燥ステーション120内で乾燥された後に、工作物106が好ましくはクリアコートキャビン122内へ移送されて、その中で工作物106上に他のコーティングが設けられる。

20

【0215】

クリアコートキャビン122内でコーティングがもたらされた後に、工作物106は好ましくはクリアコート乾燥ステーション204へ供給される。

【0216】

クリアコートキャビン122内で工作物106上に設けられたコーティングがクリアコート乾燥ステーション203内で乾燥された後に、工作物106は好ましくは、製造プロセスの最後のコントロールステーション126へ供給される。

【0217】

コントロールステーション126内で好ましくは、品質検査者によって、たとえば視認コントロールを用いて品質コントロールが実施される。

30

【0218】

方法技術的設備101、特に塗装設備102は、好ましくはさらに、たとえばベースコートキャビン118及び/又はクリアコートキャビン122へ供給される空気を調整するための工業的な空気供給設備128を含む。

【0219】

工業的な空気供給設備128を用いて、好ましくは、ベースコートキャビン118及び/又はクリアコートキャビン122へ供給される空気の、温度及び/又は相対空気湿度が調節可能である。

【0220】

工業的な制御システム100を用いて、好ましくは、方法技術的設備101、特に塗装設備102の処理ステーション104内の製造プロセス、特に塗装プロセスが制御可能である。

40

【0221】

そのために、好ましくは工業的な制御システム100は、プロセスコントロールシステム130を含む。

【0222】

図1に示す工業的な制御システム100は、好ましくはさらに、データベース132を含む。

【0223】

50

工業的制御システム 100 のデータベース 132 は、好ましくはプロセスデータベース 134 とエラーデータベース 136 とを含む。

【0224】

さらに、工業的制御システム 100 が、報告システム 138 と分析システム 140 を含むと、効果的である。

【0225】

工業的制御システム 100 は、好ましくはさらに、視覚化システム 142 を有しており、それを用いてユーザーのために情報を視覚化することができる。

【0226】

その場合に好ましくは、視覚化システム 142 は、1つ又は複数のディスプレイを有しており、その上に情報を表示することができる。

10

【0227】

分析システム 140 は、好ましくはエラー分析システム 144 を有し、あるいはそれによって形成される。

【0228】

報告システム 138 が、方法技術的設備 101 内のプロセス偏差を予測するための予想システム 146 を有し、あるいはそれによって形成されると、効果的であり得る。

【0229】

その代わりに、あるいはそれを補足して、報告システム 138 がアノマリー及び/又はエラー認識システム 148 を有することが、考えられる。

20

【0230】

エラー分析システム 144 は、特に、図 1 から 6 を用いて説明される、エラー分析する方法を方法技術的設備 101 内で実施するように、整えられ、かつ形成されている。

【0231】

予想システム 146 は、特に図 1、2 及び 7 から 13 を用いて説明される、プロセス偏差を予想する方法を方法技術的設備 101 内で実施するように、整えられ、かつ形成されている。

【0232】

アノマリー及び/又はエラー認識システム 148 は、特に、図 1、2 及び 14 から 19 で説明される、アノマリー及び/又はエラー認識する方法を、方法技術的設備 101 内で実施するように形成されている。

30

【0233】

図 3 から 6 に示す工業的空気供給設備 128 は、好ましくは複数の調整モジュール 150、特に予熱モジュール 154、冷却モジュール 156、追加熱モジュール 158 及び/又は湿潤モジュール 160 を含む。

【0234】

たとえば、塗装設備 102 の工業的空気供給設備 128 は機能ユニットであって、その場合に空気供給設備 128 の調節モジュール 150 は、機能グループであり、かつその場合に空気供給設備の循環ポンプ 152 は機能部材である(図 3 から 6 を参照)。

【0235】

予熱モジュール、冷却モジュール 156 及び追加熱モジュール 158 の循環ポンプ 152 に加えて、工業的空気供給設備 128 は、好ましくはさらに湿潤モジュール 160 の湿潤ポンプ 153 を含む。

40

【0236】

さらに、空気供給設備 128 がベンチレータ 162 を含むと、効果的であり得る。

【0237】

空気供給設備 128 は、好ましくはさらに、熱回収するための熱回収システム 164 を含む。

【0238】

空気供給設備 128 に、好ましくはその周囲から空気流 165 を供給することができる。

50

【0239】

空気供給設備128を用いて調整された空気流167は、好ましくはベースコートキャビン118及び/又はクリアコートキャビン122へ供給可能である。

【0240】

空気供給設備は、好ましくは、図には示されていないセンサを有しており、それを用いてプロセス値が検出可能である。

【0241】

たとえば、センサを用いて以下のプロセス値が検出可能であって、それらは図3から6に好ましくはそれぞれ参照符号を用いて示されている；

- 外部温度166；
- 外部湿度168；
- 工業用空気供給設備を用いて調整された空気の温度170；
- 工業用空気供給設備を用いて調整された空気の湿度172；
- 調整モジュール150内の体積流量174、176、178；
- 調整モジュール150内の弁181、183、185の弁位置180、182、184。

10

【0242】

さらに、湿潤ポンプ153の回転周波数193とベンチレータ194の回転周波数195が検出されると、効果的であり得る。

【0243】

好ましくは、プロセス値166から184がプロセスデータベース134に記憶される。

20

【0244】

さらに、以下のステータス変量を検出することができ、それらが図3から6に好ましくはそれぞれ同様に参照符号を用いて示されている；

- 調整モジュール150の循環ポンプ152のポンプステータス186、188、190及び湿潤ポンプ153のポンプステータス192（オン/オフ）；
- ベンチレータステータス194（オン/オフ）；
- 調整モジュール150の弁ステータス196、198、200（閉/開）；
- 熱回収システム164のステータス202（オン/オフ）。

【0245】

好ましくはこれらのステータス変量186から202も、プロセスデータベース134内に記憶される。

30

【0246】

方法技術的設備101内でエラー分析する方法を、好ましくは図3から6を参照して説明する。

【0247】

その場合に工業用空気供給設備128は、特に方法技術的設備101を形成する。

【0248】

以下で、種々の状況例を説明し、それに基づいてエラー分析システム144の機能方法が明らかにされる。

40

【0249】

状況例1（図4を参照）：

（弁漏れ）

【0250】

予熱モジュール154において弁漏れが生じる。体積流量174 > 0が測定される。ポンプステータス186は「オフ」であり、調整弁の弁ステータス196は「閉」である。

【0251】

エラー状況は、報告システム内に論理（ポンプステータス186 = 「オフ」、体積流量174 > 0及び弁ステータス196「閉」）として格納される。したがって報告システムは、プロセス値とステータス値を好ましくは前結合として記憶する。

50

【 0 2 5 2 】

弁漏れに基づく報告が発生した場合のエラー分析ステップは、好ましくは以下のものである：

- 1) 報告がユーザーに、視覚化システム 1 4 2 を用いて、たとえば視覚化システム 1 4 2 のモニタを用いて表示される。
- 2) ユーザーは、状況を分析しようとして、診断窓を開く。
- 3) 診断窓内でユーザーに、報告と前結合されたプロセス値 1 7 4 及びステータス変数 1 8 6 から 1 9 6 が表示される。エラー分析システム 1 4 4 は、この情報を好ましくは報告システム 1 3 8 から直接入手する。
- 4) エラー状況と結合されたプロセス値の優先順位付けは、好ましくは行われぬ。というのは、エラー状況はプロセス値 1 7 4 のみに対応づけられているからである。
- 5) ユーザーは、エラー状況を結合と共にエラーデータベース 1 3 6 に格納する。
- 6) 同一の弁又は比較可能な弁にエラー状況「弁漏れ」が新たに発生した場合に、ユーザーに好ましくは比較可能なエラー状況が表示される。

10

【 0 2 5 3 】

状況例 2 (図 5 を参照) :

(高すぎる外部温度 1 6 6 に基づいて、工業用空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 を超過)

【 0 2 5 4 】

外部温度 1 6 6 が工業的空気供給設備 1 2 8 の設計窓の外部にあるために、工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 を越えた。

20

【 0 2 5 5 】

工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 があらかじめ定められたプロセス窓を外れた場合に、報告が形成されて、報告システム 1 3 8 から視覚化システム 1 4 2 へ報告される。

【 0 2 5 6 】

この報告は、工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 の値と結合されている。しかしこの報告は、外部温度 1 6 6 とは結合されていない。

【 0 2 5 7 】

温度変化に基づく報告が発生した場合のエラー分析ステップは、好ましくは以下のものである：

30

- 1) 報告がユーザーに、視覚化システム 1 4 2 を用いて、たとえば視覚化システム 1 4 2 のモニタを用いて、表示される。
- 2) ユーザーは、状況を分析しようとして、診断窓を開く。
- 3) 診断窓内で、ユーザーに、報告と結合されたプロセス値 1 7 0 が表示される。
- 4) エラー状況と結合されたプロセス値の優先順位付けは、行われぬ。というのは、エラー状況に対応づけられているのは、プロセス値 1 6 6 のみだからである。
- 5) 付加的にユーザーに、好ましくは以下のプロセス値が提案される：
 - 工業的空気供給設備を用いて調整された空気の湿度 1 7 2 (プロセスクリティカルな変数、挙動における異常を示す) ;
 - 外部温度 1 6 6 (挙動における異常を示す) ;
 - 外部湿度 1 6 8 (挙動における異常を示す) 。
- 6) ユーザーは、提案されたプロセス値を選択して、それらをエラー状況に付け加える。
- 7) ユーザーは、重要なプロセス値を提案されたので、分析システム 1 4 0 から、特にエラー分析システム 1 4 4 から、温度変化の原因を直接把握することができる。
- 8) ユーザーは、エラー除去提案を有するエラー状況に、文書化を付け加える。
- 9) ユーザーは、エラー状況を結合及び文書化と共にエラーデータベースへ格納する。
- 10) エラー分析システム 1 4 4 は、好ましくはエラー ID、エラー分類 (温度上昇) 、エラー場所 (工業的空気供給設備の 1 2 8 の吹き出し部分) の他に、優先される順序においてプロセス変数 1 7 0、1 7 2、1 6 6、1 6 8 の参照 (ID) と特徴 (たとえば平

40

50

均値、最小値、最大値、エラー状況が発生している間のプロセス変量のばらつき)の量、及び記憶時点もしくはエラー状況の最後まで、エラー状況が発生している期間も把握する。

【0258】

状況例3(図5を参照)：

(高すぎる外部温度に基づく、工業的空気供給設備を用いて調整された空気の温度170の超過)

【0259】

工業的空気供給設備を用いて調節された空気の温度170を、外部温度に基づいて新たに超過する。このエラーイメージは、状況例2に類似している。

10

【0260】

温度変化に基づく報告が発生した場合の分析ステップは、好ましくは以下のものである：

1) 報告がユーザーに、視覚化システム142を用いて、たとえば視覚化システム142のモニタを用いて、表示される。

2) ユーザーは、エラー状況を分析しようとして、診断窓を開く。

3) 診断窓内でユーザーに、報告と結合されたプロセス値：170、172、166、168が記載の順序で表示される。

4) プロセスリストとその優先順位が、類似のエラー状況から得られる。状況例2に基づくエラー状況に対する類似性は、エラー分析システム144によってプロセス値の数値的調整を介して定められる。

20

5) 類似のエラー状況が、ユーザーに表示される。

6) ユーザーは、図示された、優先順位づけされた列内のプロセス値の推移と、彼に示される類似のエラー状況の記録を解決を見い出すために利用することができる。

7) ユーザーは、エラー状況を格納する。

【0261】

状況例4(図6を参照)：

(供給システム内の障害)

【0262】

予熱モジュール154内のバーナーに、供給される燃焼ガスが少なすぎる。体積流量174が低下する。

30

【0263】

より多くの燃焼ガスを得るために、予熱モジュール154の弁181がより大きく開放され、弁位置180が変化する。

【0264】

予熱モジュール154の障害を補償するために、追加熱モジュール158の弁185も開放される。弁位置184が変化する。

【0265】

この障害は、外部温度166が低いことに基づいて補償できず、工業的空気供給設備を用いて調整された空気の温度170が落ち込む。

【0266】

供給システム内の障害に基づく報告が発生する場合の分析ステップは、好ましくは以下のものである：

40

1) 報告がユーザーに、視覚化システム142を用いて、たとえば視覚化システム142のモニタを用いて、表示される。

2) ユーザーは、エラー状況を分析しようとして、診断窓を開く。

3) 診断窓内でユーザーに、報告システム138内の予備優先順位付けに基づいて、報告と結合されたプロセス値170が表示される。

4) 優先順位付けは、行われぬ。

5) 以下のプロセス値が、提案される：

- 工業的空気供給設備を用いて調整された空気の湿度172(プロセスクリティカルな

50

変量、挙動における異常を示す)；

- 体積流量 174、弁位置 180、弁位置 186 (ノーマル状態からの偏差に依存する)；

6) 状況例 2 と 3 に基づくエラー状況は、類似であるとは段階づけられない (プロセス値の数値的間隔が大きいので、信号挙動が異なる)；

7) 提案されたプロセス値が、エラー状況に付け加えられて、エラーデータベースに格納される。

【0267】

方法技術的設備 101 内のプロセス偏差を予測する方法を、好ましくは図 7 から 13 を参照して説明する。

【0268】

方法技術的設備 101 が、工業的な空気供給設備 128 である場合に、記憶されているプロセス値及び/又はステータス変量は、好ましくは以下のものを有する (図 7 を参照)：

- 工業的空気供給設備 128 の目標変量 204、特に工業的空気供給設備を用いて調整された空気の、特に空気供給設備 128 の吹き出し箇所における、温度 170 と相対的な空気湿度 172；

- 操作変量 206、特に工業的空気供給設備 128 の加熱モジュール及び/又は冷却モジュール 154、156、168 の弁の弁位置 180、182、184、ポンプ 152、特に湿潤ポンプ 153 の回転周波数 193、及び/又はベンチレータ 162 の回転周波数 195；

- 内部の変量 208、特に工業的空気供給設備 128 の加熱及び/又は冷却モジュール 154、156、158 内の前進流及び/又は還流温度 210、かつ/又は調整モジュール 150 の間の空気状態；

- 測定された障害変量 210、特に工業的空気供給設備 128 の吹き込み部分における外部温度 166 及び/又は相対外部湿度 168；

- 測定されない障害変量 212；及び/又は

- ステータス変量 214、特に湿潤ポンプ 153 (オン/オフ)；ポンプ 152、153 のための手動のモード (オン/オフ)；供給弁 181、183、185、ベンチレータ 162 (オン/オフ)。

【0269】

次に、種々の駆動状態の例を説明し、その駆動状態から予想システム 146 の機能方法が明らかになる。

【0270】

駆動状態の例 1；

(偏差なし)

【0271】

図 8 は、プロセス偏差のない、工業的空気供給設備 128 の第 1 の駆動状態の例を示している。したがって第 1 の駆動状態の例は、好ましくはポジティブケースを表す。

【0272】

外部温度 166 と外部湿度 168 は、一定ではない。予熱モジュール 154 と湿潤モジュール 160 はアクティブである。

【0273】

工業的空気供給設備 128 の調整システムは、工業的空気供給設備 128 を用いて調整された空気の温度 170 と相対空気湿度 172 を一定の値に維持する。

【0274】

ステータス変量 214 (ベンチレータ 162 = オン、かつ弁及びポンプモード = 「自動」) にしたがって、工業的空気供給設備 128 は駆動準備完了である。

【0275】

工業的空気供給設備 128 を用いて調整された空気の一定の温度 170 と相対空気湿度 172 に基づいて、工業的空気供給設備 128 は好ましくはさらに製造準備完了である。

10

20

30

40

50

【 0 2 7 6 】

駆動状態例 2 :

(設計パラメータの上方の相対湿度 1 6 8 が減少して、外部温度 1 6 6 が高くなる ; 測定された障害変量 2 1 0 の、目標変量 2 0 4 への影響)

【 0 2 7 7 】

図 9 は、天候急変によって、相対的な外部湿度 1 6 8 が低下して外部温度が上昇した場合の工業的空気供給設備 1 2 8 の第 2 の駆動状態の例を示している。

【 0 2 7 8 】

プロセス値は、以下の挙動を示す :

- a) 天候急変後上昇した外部温度 1 6 6 は、設計パラメータ外である。 10
- b) これまでアクティブであった予熱モジュール 1 5 4 の出力は、閉ループ制御によって減少される。
- c) 加熱出力の減少が充分でないので、閉ループ制御によって冷却モジュール 1 5 6 の弁 1 8 3 が開放され、それに伴って冷却出力が増大する。
- d) 湿潤ポンプ 1 5 3 の回転周波数 1 9 3 が、減少する外部湿度 1 6 8 を補償するために、閉ループ制御によって増大される。
- e) 冷却モジュール 1 5 6 の低すぎる設計に基づいて冷却出力が充分ではないので、工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 の偏差がもたらされる。

【 0 2 7 9 】

温度 1 7 0 のためのあらかじめ定められたプロセス窓を外れることは、工業的空気供給設備 1 2 8 の慣性と閉ループ制御の補償とに基づいて遅延する。 20

【 0 2 8 0 】

駆動状態例 3 :

(熱回収を有する冬期駆動への切り替え ; 目標変量 2 0 4 への、測定されない障害変量 2 1 2 の影響)

【 0 2 8 1 】

図 1 0 は、熱回収システム 1 6 4 をオンにした場合の、工業的空気供給設備 1 2 8 の第 3 の駆動状態の例を示しており、その熱回収システムが、排熱に基づいて気候状況が冷たい場合に空気流 1 6 5 を温める。

【 0 2 8 2 】

熱回収システム 1 6 4 をオンにすることは、手動の弁によって行われ、したがって熱回収システム 1 6 4 による熱回収の影響は測定できない (測定されない障害変量 2 1 2)。 30

【 0 2 8 3 】

プロセス値は、以下の挙動を示す :

- a) 熱回収システム 1 6 4 の加熱出力が増大され、値は測定できない。
- b) 予熱モジュール 1 5 4 の弁 1 8 1 は、加熱出力の増大に基づいて、閉鎖する。
- c) 付加的な冷却出力によって温度を維持するために、冷却モジュール 1 5 6 内で弁 1 8 3 が開放する。
- d) 湿潤ポンプ 1 5 3 の回転周波数 1 9 3 が、閉ループ制御によって、工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の空気湿度 1 7 2 が維持されるように、適合される。 40
- e) 工業的空気供給設備 1 2 8 を用いて調整された空気の温度 1 7 0 の偏差がもたらされる。というのは、冷却モジュール 1 5 6 が熱供給を充分迅速に補償できないからである。偏差は、工業的空気供給設備 1 2 8 の慣性と閉ループ制御の補償に基づいて遅延される。

【 0 2 8 4 】

駆動状態例 4 :

(予熱モジュール 1 5 4 の弁 1 8 1 の不具合)

【 0 2 8 5 】

図 1 1 は、予熱モジュール 1 5 4 の弁 1 8 1 の不具合を有する工業的空気供給設備 1 2 8 の第 4 の駆動状態例を示している。

【 0 2 8 6 】

プロセス値は、以下の挙動を示す：

a) 予熱モジュール 154 の弁 181 は、器具エラーに基づいて閉鎖し、それによって加熱出力が減少する。

b) 足りない加熱出力を補償するために、追加熱モジュール 158 の弁 185 が開放する。

c) 追加熱モジュール 158 の加熱出力が充分ではないので、工業的空気供給設備 128 を用いて調整された空気の温度 170 の偏差がもたらされる。

【0287】

方法技術的設備 101 内、特に工業的空気供給設備内でプロセス偏差を予想する方法を、上で説明した駆動状態 1 から 4 に関して以下で説明する。

【0288】

好ましくは、工業的空気供給設備 128 の駆動中にプロセス偏差を有する駆動状態 2 から 4 は、プロセス偏差を予想する方法を用いて、たとえば約 15 分の予測範囲 216 をもって予想可能である。

【0289】

予想モデルを訓練するためのデータベースとして、工業的空気供給設備 128 がノーマル場合において (> 80%) 使用準備できた駆動状態 (たとえば駆動状態 1 を参照) で作動する、期間が考えられる。

【0290】

記載されたデータは、たとえば駆動状態 2 から 4 を、好ましくはそれぞれ複数回含む。これらは、駆動の進行中に、たとえば弁 181、183、185 の閉鎖によって、発生し、あるいは代替的に意図的にもたらしすることができる。

【0291】

これらのデータは、好ましくは次に前処理されて、正規化され、それがたとえば図 12 から理解される。そこには、たとえば予熱モジュール 154 の弁 181 の弁位置 180 及び工業的空気供給設備 128 を用いて調整された空気の温度 170 と相対的な空気湿度 172 が記載されている。

【0292】

正規化されたデータは、それぞれたとえば 5 分の時間的シフトをもって、たとえば 30 分の時間窓 218 に分割される。

【0293】

時間窓 218 内で正規化されたデータは、特に予測データセット、特にプロセス偏差 220 のない予測データセットとプロセス偏差を有する予測データセットを形成する (図 7 を参照)。

【0294】

プロセス偏差を有する予測データセット 222 のために、ステータス変数 214 を用いて、方法技術的設備 101 が駆動準備できているか (たとえばベンチレータ 162 「オン」、調整モジュール 150 が自動駆動) が、調べられる。

- 否定の場合：プロセス偏差を有する該当する予測データセットは捨てられ、予想モデルの訓練には使用されない。

- 肯定の場合：プロセス偏差を有する該当する予測データセットが、予測モジュールの訓練用に考えられる。

【0295】

たとえば 1 時間の最小時間間隔に基づいて、図 7 ではプロセス偏差を有する 1 つの予測データセット 222 のみが選択される。

【0296】

プロセス偏差のない予測データセット 220 の選択は、好ましくはプロセス偏差を有する予測データセット 222 の選択と同様に行われる。

【0297】

たとえば 1 時間の最小時間間隔において、予想モデルの訓練のためにプロセス偏差のな

10

20

30

40

50

い1つの予測データセットのみが選択される。

【0298】

選択されたプロセス偏差のない予測データセット220から、かつ選択されたプロセス偏差を有する予測データセット222から、次に好ましくは特徴が抽出される。

【0299】

特徴を抽出するために、たとえば統計的な指数、たとえば最小値、最大値、中央値、平均値及び/又は標準偏差が使用される。さらに、特徴を抽出するために、線形の回帰係数が使用されると、効果的であり得る。

【0300】

予想モデルの訓練は、選択されたプロセス偏差のない予測データセット220に基づき、かつ選択されたプロセス偏差を有する予測データセット222に基づいて、特に機械的な学習方法を用いて、たとえば勾配ブースティングを用いて、行われる。

10

【0301】

訓練された予想モデルを用いて、好ましくは、工業的空気供給設備128内の製造クリティカルなプロセス値からのプロセス偏差が、工業的空気供給設備128の駆動の間に変化するプロセス値に基づいて予想される。

【0302】

予想モデルが、特に駆動状態2から4の例を用いて説明される：

【0303】

駆動状態例2：

20

【0304】

予想モデルは、温度上昇の出現後にプロセス偏差を予想する。その基礎は、測定された障害変量210、特に外部温度166と外部湿度168、調整モジュール150の反応及び工業的空気供給設備128を用いて調整された空気の、吹き出し部分における温度170の推移である。

【0305】

駆動状態例3：

【0306】

予想モデルは、熱回収システムをオンにした後に、工業的空気供給設備128を用いて調整された空気の温度170の温度上昇を予想する。基礎は、調整モジュール150の反応と、工業的空気供給設備128を用いて調整された空気の、吹き出し部分における温度170の推移である。

30

【0307】

駆動状態例4：

【0308】

予想モデルは、天候条件及び予熱モジュール156の弁181の弁位置180に基づいて、工業的空気供給設備128を用いて調整された空気の温度170の温度上昇を予想する。

【0309】

方法技術的設備101内でアノマリー及び/又はエラー認識する方法を、好ましくは図14から19を参照して説明する。

40

【0310】

アノマリー及び/又はエラー認識する方法を用いて、好ましくはエラー状況、特に構成部品、センサ及び/又はアクターにおける故障及び/又は不具合が識別可能である。

【0311】

その場合に前処理ステーション112が、たとえば方法技術的設備101を形成する。

【0312】

前処理ステーション112は、好ましくは前処理槽224を有し、その中で工作物105、好ましくは車両ボディ108が前処理される。

【0313】

50

前処理ステーション 1 1 2 は、好ましくはさらに、第 1 のポンプ 2 2 6、第 2 のポンプ 2 2 8、熱交換器 2 3 0 及び弁 2 3 2 を含む。

【 0 3 1 4 】

プロセス値 V 6 2 ポイント、S 8 6、T 9 5、T 8 5、T 1 5 及び T 0 5 は、方法技術的設備 1 0 1 のナンバリングシステム内の明確な指定に基づいて、名付けられている。

【 0 3 1 5 】

プロセス値 T 9 5、T 8 5、T 1 5 及び T 0 5 は、特に、方法技術的設備 1 0 1 の内部の、特に前処理ステーション 1 1 2 の内部の、温度を表す。

【 0 3 1 6 】

プロセス値 S 8 6 は、弁 2 3 2 の弁位置である。

10

【 0 3 1 7 】

プロセス値 V 6 2 ポイントは、体積流量である。

【 0 3 1 8 】

好ましくは、アノマリー及び/又はエラー認識する方法を実施するために、方法技術的設備 1 0 1 の、特に前処理ステーション 1 1 2 の、アノマリー及び/又はエラーモデル 2 3 3 が形成され、それが、上で挙げたプロセス値の発生確率に関する情報を含む(図 1 5 を参照)。

【 0 3 1 9 】

アノマリー及び/又はエラーモデル 2 3 3 の形成は、好ましくは以下のように行われる：

【 0 3 2 0 】

まず、特にテスト信号生成 2 3 6 の枠内で、設計データ 2 3 4 を考慮しながら、テスト信号が形成される。

20

【 0 3 2 1 】

特に設計データ 2 3 4 に基づいて、テスト信号のための限界、たとえばジャンプ関数を設定する場合の操作変量ジャンプの最大振幅が設定される。

【 0 3 2 2 】

設計データ 2 3 4 は、たとえば 1 つ又は複数の以下の情報を含む：

- センサタイプ(温度センサ、流量センサ、弁位置、圧力センサなど)及び/又はアクタータイプ(弁、ベンチレータ、フラップ、E-モータ)；
- センサ及び/又はアクターの許容される値領域；
- センサ及び/又はアクターの信号タイプ(フロート、整数)。

30

【 0 3 2 3 】

方法技術的設備 1 0 1、特に前処理ステーション 1 1 2 は、テスト信号を用いて好ましくは動的に刺激される。これが図 1 5 に、参照符号 2 3 8 で示されている。その場合に、テスト信号によって刺激された場合に、所望にアノマリー及び/又はエラー状況が形成されることが、考えられる。

【 0 3 2 4 】

方法技術的設備 1 0 1、特に前処理ステーション 1 1 2 がテスト信号によって刺激された場合に、好ましくはシステム入力信号 2 4 0 とシステム出力信号 2 4 2 が形成される。

【 0 3 2 5 】

これらのシステム入力信号 2 4 0 とシステム出力信号 2 4 2 は、好ましくはテスト信号データベース 2 4 4 内に記憶される。

40

【 0 3 2 6 】

次に、好ましくは方法技術的設備 1 0 1 の、特に前処理ステーション 1 1 2 の、構造識別 2 4 6 が実施される。その場合に方法技術的設備 1 0 1、特に前処理ステーション 1 1 2 の構造グラフ 2 4 7 が求められる(図 1 6 を参照)。

【 0 3 2 7 】

構造識別 2 4 6、特に構造グラフを求めることは、好ましくは機械的な学習方法を用いて、好ましくは相関を用いて行われ、それを用いて非線形の関係が、たとえば伝達情報量("mutual information")を用いて、再現可能である。

50

【 0 3 2 8 】

さらに、構造識別 2 4 6 のためにエキスパートナレッジ 2 4 8、すなわち特にプロセス内の関係に関する知識、が利用されると、効果的であり得る。

【 0 3 2 9 】

その場合に、たとえば、求めるべき構造グラフのノットの間のエッジは、エキスパートナレッジ、既知の回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラム 2 5 0 からの情報を用いて構造グラフを事前設定することによって、除外可能である。その場合に特に、構造グラフを求めるための計算の手間が削減可能である。

【 0 3 3 0 】

さらに、構造グラフが、プロセス値のそれぞれ明確な指定を使用しながら、方法技術的設備 1 0 1 の、特に前処理ステーション 1 1 2 の、ナンバリングシステムを用いて、すなわちプロセス値の指定のセマンティクス 2 5 2 を用いて、求められると、効果的であり得る。

10

【 0 3 3 1 】

特に、機械的な学習方法を用いて求められた構造グラフが、エキスパートナレッジ 2 4 8 を用い、既知の回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラム 2 5 0 を用いて、かつ/又は方法技術的設備 1 0 1 のナンバリングシステム内の指定(セマンティクス 2 5 2)を用いて、その妥当性がチェックされることが、考えられる。

【 0 3 3 2 】

好ましくは次に、求められたプロセス構造内の因果関係 2 5 4、特に求められた構造グラフ内の「矢印方向」が求められる。

20

【 0 3 3 3 】

求められたプロセス構造内の因果関係 2 5 4 は、たとえば、方法技術的設備 1 0 1 がテスト信号によって刺激された場合に求められた、方法技術的設備 1 0 1 のシステム入力信号 2 4 0 とシステム出力信号 2 4 2 から、たとえばシステム入力信号 2 4 0 とシステム出力信号 2 4 2 のそれぞれの時間的推移を用いて、導き出される。

【 0 3 3 4 】

代替的に又は付加的に、因果関係 2 5 4 が、方法技術的設備 1 0 1 がテスト信号によって刺激された場合に求められたシステム入力信号 2 4 0 とシステム出力信号 2 4 2 から、因果推論方法を用いて導き出されることが、考えられる。

30

【 0 3 3 5 】

因果関係 2 5 4 を求めるために、好ましくはさらに、エキスパートナレッジ 2 4 8、方法ダイアグラム 2 5 0 及び/又は方法技術的設備 1 0 1 のナンバリングシステム内の指定(セマンティクス 2 5 2)が利用される。

【 0 3 3 6 】

好ましくは、求められたプロセス構造内、もしくは求められた構造グラフ内で求められた因果関係 2 5 4 を用いて、認識されたアノマリーの原因となるプロセス値を見いだすことができる。

【 0 3 3 7 】

構造識別 2 4 6 及び/又は因果関係 2 5 4 を求めた後に、好ましくは構造パラメータセッティング 2 5 6 が実施される。

40

【 0 3 3 8 】

構造識別 2 4 6 を用いて、好ましくは構造パラメータセッティング 2 5 6 を容易にすることができる。構造パラメータセッティング 2 5 6 のための計算の手間は、構造識別 2 4 6 を用いて好ましくは軽減可能である。

【 0 3 3 9 】

構造パラメータセッティング 2 5 6 は、好ましくは確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、行われる。

【 0 3 4 0 】

構造パラメータセッティング 2 5 6 は、たとえば図 1 7 に示すクリーク 2 5 8 の共通の

50

確率密度関数 f 1 のために、混合ガウスモデルを用いて実施される（図 18 を参照）。

【0341】

好ましくは、構造パラメータセッティング 256 のために、同様にエキスパートナレッジ 248 が利用される。

【0342】

構造パラメータセッティング 256 のために、たとえば、プロセス値及び / 又は方法技術的設備 101 の、特に前処理ステーションの機能部材の物理的マップの間の既知の物理的関係が利用される。たとえば、弁 232 のマップが利用される。

【0343】

さらに、エラー状況に関するエキスパートナレッジ 248 が、構造パラメータセッティング 256 に利用されると、効果的であり得る。

10

【0344】

弁 232 の既知の弁マップを用いて、たとえば弁位置 586 と体積流量 V 62 ポイントの間の関係が記述可能である。

【0345】

確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、構造パラメータセッティング 256 するために、好ましくは駆動データベース 260 内に記憶されている、方法技術的設備 101、特に前処理ステーション 112 のレギュラー駆動からのデータ、かつ / 又はテスト信号データベース 244 からのデータが使用される。

【0346】

確率密度関数を求める方法を使用して、構造パラメータセッティング 256 するために、特にデータベース 244、260 内に記憶されている操作変量、測定変量及び / 又は調整変量が使用される。

20

【0347】

好ましくは確率密度関数を求める方法を使用して構造パラメータセッティング 256 するために、方法技術的設備 101、特に前処理ステーション 10 の進行している駆動からのデータが使用され、そのデータは、少なくとも 2 週間、好ましくは少なくとも 4 週間、たとえば少なくとも 8 週間の期間にわたって記憶される。

【0348】

これらのデータは、構造パラメータセッティング 256 の前に、好ましくは前処理される。

30

【0349】

前処理する場合に、好ましくは、方法技術的設備 101 の駆動もしくは製造準備のできた駆動状態に対応づけられていない（たとえばオフにされた設備、保守相など）の方法技術的設備 101 のデータは、特に方法技術的設備 10、特に前処理ステーション 112 の状態を記述するアラームとステータスピットを用いて、排除される。

【0350】

さらに、方法技術的設備 101 のデータが、たとえばローパスフィルタを用いて、かつ / 又はバターワースフィルタを用いて、フィルタリングによって前処理されると、効果的であり得る。

40

【0351】

好ましくはデータは、さらに、統一的な時間ステップ幅に補間される。

【0352】

アノマリー及び / 又はエラーモデル 233 を形成する場合に、好ましくは限界値最適化 264 の枠内で、プロセス値の発生確率のための限界値が定められる。

【0353】

発生確率のための限界値は、好ましくは、限界値を下回った場合にアノマリーが認識されるように、定められる。

【0354】

限界値の決定は、好ましくは、非線形の最適化方法を用いて、たとえばネルダーモード

50

方法を用いて行われる。

【0355】

代替的に又は付加的に、限界値の決定が分位数を用いて行われることも、考えられる。

【0356】

プロセス値の発生確率のための限界値は、好ましくは、たとえば「偽陽性率」の設定によって、最適化可能である。

【0357】

さらに、限界値が、アノマリー及び/又はエラーモデル233の最初の形成後に、特にエラーアラームの数が多すぎる場合に、適合されることが、考えられる。

【0358】

アノマリー及び/又はエラーモデル233を用いたアノマリー及び/又はエラー認識は、以下のように行われる：

【0359】

たとえば、弁232の弁不具合とそれに伴って個々のクリーク内で表現されたノーマル状態からのセンサ値の偏差がもたらされる。

【0360】

クリーク内のセンサ値の発生確率が、方法技術的設備101の駆動において、特に前処理ステーション112の駆動において、評価され、かつ、計算された限界値を下回った場合に、種々のクリーク内で検出されたアノマリーがもたらされる。

【0361】

弁232の弁不具合は、まず弁位置586のクリーク258内のアノマリーをもたらし、その場合にアノマリー及び/又はエラー認識システム148により報告が出力される。

【0362】

さらなる時間の推移において、エラー増殖によって他のアノマリーが生じ、それが後にプロセス重要の変量、特に槽224の槽温度T35に影響を与える。

【0363】

好ましくはアノマリー及び/又はエラー認識システム148による報告は、以下の情報の1つ又は複数を含んでいる；

- アノマリーの検出時点；
- 関与したセンサと共に、アノマリーの発生した1つ又は複数のクリーク。

【0364】

アノマリーを早期に認識して、ユーザーに報告することによって、正しい時期に介入する場合には、好ましくはプロセス重要の変量、すなわち槽224の槽温度T35の偏差を阻止することができる。

【0365】

ユーザーは、次に、エラー原因、すなわちアノマリーが発生した弁不具合を定めることができる。

【0366】

エラー原因の指定によって、クリーク258がノット266の1つ分だけ拡大されて、アノマルなデータの確率密度関数が機能的関係において積分される（図19を参照）。

【0367】

エラー原因の積分後に、アノマリー及び/又はエラー認識が以前のように実施される。アノマリーが発生した場合には、付加的に、定められたエラー原因の確率が出力される。

【0368】

ユーザーは、アノマリー及び/又はエラー認識システム148の報告によって、以下の情報の1つ又は複数を得る：

- アノマリーの検出時点；
- アノマリーの発生のクリークと関与したセンサ；
- 定められたエラー原因の確率

【0369】

10

20

30

40

50

特別な実施形態は、以下のものである：

【0370】

実施形態1：

方法技術的設備(101)内、たとえば塗装設備(102)内でエラー分析する方法であって、該方法が、

- 方法技術的設備(101)内でエラー状況を特に自動的に認識すること；
- それぞれ認識されたエラー状況についてのエラー状況データセットを、エラーデータベース(136)内に記憶すること；
- それぞれ認識されたエラー状況のエラーデータセットに基づいて、エラー状況のためのエラー原因を自動的に求め、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めること；を含む方法。

10

【0371】

実施例2：

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、1つ又は複数のプロセス値が、以下の結合判断基準：

- 報告システムからの前結合；
- プロセス値を、方法技術的設備(101)の、エラー状況が発生している設備部分に対応づけること；
- ユーザーのアクティブな選択に基づいて、プロセス値をヒストリカルなエラー状況と結合すること、
- ユーザーによるプロセス値のアクティブな選択；

20

の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合される、ことを特徴とする、実施形態1に記載の方法。

【0372】

実施形態3：

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、以下の優先順位判断基準：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備(101)の内部のプロセス値あるいはプロセス値を求めるセンサの位置；
- 定められたプロセス窓及び/又はノーマル状態からのプロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位付け；
- 報告システム(138)からのエラー原因及び/又はプロセス値の優先順位付けを採用することによって；
- ユーザーによる優先順位付け；

30

の1つ又は複数に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値の自動的な優先順位付けが実施される、ことを特徴とする、実施形態2に記載の方法。

【0373】

実施形態4：

エラー状況のためのエラー原因を自動的に求めるために、かつ/又はエラー状況に関連するプロセス値を自動的に求めるために、さらなるエラー原因及び/又はプロセス値が提案され、該提案が以下の提案判断基準：

- プロセス値のプロセス関連性；
- 方法技術的設備(101)の内部のプロセス値又はプロセス値を求めるセンサの位置；
- 定められたプロセス窓及び/又はノーマル状態からのプロセス値の偏差の大きさ；
- ヒストリカルなエラー状況におけるヒストリカルなプロセス値の優先順位付け；
- プロセス値の物理的依存性；

40

の1つ又は複数に基づいて、自動的に実施される、ことを特徴とする、実施形態1から3のいずれか1つに記載の方法。

50

【0374】

実施形態5：

ヒストリカルなエラー状況が、エラーデータベース(136)から、以下の類似性判断基準：

- ヒストリカルなエラー状況のエラー分類；
- 同一又は比較可能な設備部分におけるヒストリカルなエラー状況；
- 既知のエラー状況のプロセス値に対して等しい、又は類似の、ヒストリカルなエラー状況のプロセス値；

の1つ又は複数を用いて、求められる、ことを特徴とする、実施形態1から4のいずれか1つに記載の方法。

10

【0375】

実施形態6：

ヒストリカルなプロセス値がプロセスデータベース(134)から求められ、前記プロセス値が既知のエラー状況のプロセス値に対して等しく、あるいは類似している、ことを特徴とする、実施形態1から5のいずれか1つに記載の方法。

【0376】

実施形態7：

求められたヒストリカルなプロセス値が、ヒストリカルなエラー状況に属するものとして特徴づけられる、ことを特徴とする実施形態6に記載の方法。

【0377】

実施形態8：

認識されたエラー状況に対して、エラー情報データセットがエラーデータベース(136)内に記憶される、ことを特徴とする実施形態1から7のいずれか1つに記載の方法。

20

【0378】

実施形態9：

それぞれのエラー識別データセットが、以下のエラー状況データ：

- エラー状況のエラー分類；
- 報告システムからの前結合に基づいて、エラー状況と結合されたプロセス値；
- それぞれのエラー状況の発生の時点についての情報；
- それぞれのエラー状況の発生の期間についての情報；
- それぞれのエラー状況の発生の場所についての情報；
- アラーム；
- ステータス報告；

の1つ又は複数を含む、ことを特徴とする実施形態8に記載の方法。

30

【0379】

実施形態10：

それぞれのエラー状況のエラー状況データセットが、認識されたエラー状況を明確に識別するためのエラー識別データを含む、ことを特徴とする実施形態8又は9に記載の方法。

【0380】

実施形態11：

それぞれのエラー状況のエラー状況データセット内に、文書化データとエラー除去データが記憶されている、ことを特徴とする実施形態8から10のいずれか1つに記載の方法。

40

【0381】

実施形態12：

方法技術的設備(101)の駆動におけるプロセス値が、認識されたエラー状況と時間的に同期して記憶される、ことを特徴とする実施形態8から11のいずれか1つに記載の方法。

【0382】

50

実施形態 13 :

プロセス値にタイムスタンプが設けられ、それを用いてプロセス値が時点に明確に対応づけ可能である、ことを特徴とする実施形態 8 から 12 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0383】

実施形態 14 :

方法技術的設備 (101) 内で、たとえば塗装設備 (102) 内で、エラー分析するためのエラー分析システム (144) であって、前記エラー分析システムが、方法技術的設備 (101) 内で、たとえば塗装設備 (102) 内で、実施形態 1 から 13 のいずれか 1 つに基づいて、エラー分析する方法を実施するように、形成され、かつ整えられている、エラー分析システム (144)。

10

【0384】

実施形態 15 :

工業的制御システム (100) であって、前記制御システムが実施形態 14 に記載のエラー分析システム (144) を含む、工業的制御システム (100)。

【0385】

実施形態 16 :

方法技術的設備 (101) 内で、たとえば塗装設備 (102) 内で、プロセス偏差を予想する方法であって、該方法が：

- 予想モデルの自動的形成；

- 前記予想モデルを使用して、方法技術的設備 (101) の駆動におけるプロセス偏差を予想すること、を含む、方法。

20

【0386】

実施形態 17 :

プロセス偏差を予想する方法が、工業的空気供給設備 (128) 内、前処理ステーション (112) 内、カソード浸漬塗装するステーション (114) 内、かつ/又は乾燥ステーション (116、120、124) 内で実施される、ことを特徴とする実施形態 16 に記載の方法。

【0387】

実施形態 18 :

方法技術的設備 (101) 内で予想モデルを用いて製造クリティカルなプロセス値のプロセス偏差が、方法技術的設備 (101) の駆動の間に変化するプロセス値に基づいて、予想される、ことを特徴とする実施形態 16 又は 17 に記載の方法。

30

【0388】

実施形態 19 :

予想モデルを自動的に形成するために、方法技術的設備 (101) の駆動におけるプロセス値及び/又はステータス変量が、あらかじめ定められた期間にわたって記憶される、ことを特徴とする実施形態 16 から 18 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0389】

実施形態 20 :

方法技術的設備 (101) の駆動中にプロセス値及び/又はステータス変量が記憶される、あらかじめ定められた期間が、以下の判断基準：

- 方法技術的設備 (101) が、あらかじめ定められた期間の間、少なくとも約 60%、好ましくは少なくとも約 80%、特に製造駆動のために、駆動準備ができた状態にあること；

- 方法技術的設備 (101) が、あらかじめ定められた期間の間、少なくとも約 60%、好ましくは少なくとも約 80%、製造可能な状態にあること；

- 方法技術的設備 (101) が、あらかじめ定められた期間の間、特に全可能な駆動戦略で駆動されること；

- あらかじめ定められた期間内の、あらかじめ定められた数のプロセス偏差及び/又は

40

50

障害場合；

の1つ又は複数にしたがって設定される、ことを特徴とする実施形態19に記載の方法。

【0390】

実施形態21：

予想モデルを形成するために、機械的な学習方法が実施され、あらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び/又はステータス変数が、予想モデルを形成するために使用される、ことを特徴とする実施形態19又は20に記載の方法。

【0391】

実施形態22：

前記機械的な学習方法が、フィーチャーに基づいて実施され、前記フィーチャーがあらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び/又はステータス変数から抽出される、ことを特徴とする実施形態21に記載の方法。

10

【0392】

実施形態23：

フィーチャーを抽出するために：

- 統計的な指数；
- メインコンポーネント分析に基づく係数；
- 線形の回帰係数；
- フーリエスペクトルに基づく支配的周波数及び/又は振幅；

の1つ又は複数が使用される、ことを特徴とする、実施形態22に記載の方法。

20

【0393】

実施形態24：

予想モデルを訓練するために、プロセス偏差を有する選択された数の予測データセット(222)と、プロセス偏差のない選択された数の予測データセット(220)とが使用される、ことを特徴とする実施形態16から23のいずれか1つに記載の方法。

【0394】

実施形態25：

プロセス偏差を有する予測データセットの数の選択が、以下の判断基準：

- プロセス偏差を有する2つの予測データセットの間の最小時間間隔；
- 定められた規則を用いての自動的な選択；
- ユーザーによる選択；

の1つ又は複数に基づいて行われる、ことを特徴とする実施形態24に記載の方法。

30

【0395】

実施形態26：

プロセス偏差を有する予測データセットが、あらかじめ定められた時間インターバルの間にプロセス偏差が生じた場合に、そのものと特徴づけられる、ことを特徴とする実施形態24又は25に記載の方法。

【0396】

実施形態27：

あらかじめ定められた期間にわたって記憶されたプロセス値及び/又はステータス変数が、前処理によってプロセスデータセットにまとめられる、ことを特徴とする実施形態26に記載の方法。

40

【0397】

実施形態28：

前処理が以下のもの：

- あらかじめ定められた期間にわたって記憶プロセス値を正規化すること；
- 時間的なシフトをもって時間窓内へプロセス値及び/又はステータス変数を分割することにより、プロセス値及び/又はステータス変数を予測データセットにまとめること、を含む

ことを特徴とする実施形態27に記載の方法。

50

【 0 3 9 8 】

実施形態 29 :

方法技術的設備内のプロセス偏差を予想するための予想システム(146)であって、前記予想システムが、実施形態16から29のいずれか1つにしたがって、方法技術的設備(101)内の、たとえば塗装設備(102)内の、プロセス偏差を予測する方法を実施するように形成され、かつ整えられている、予想システム(146)。

【 0 3 9 9 】

実施形態 30 :

実施形態29に記載の予想システム(146)を含む、工業的制御システム(100)。

10

【 0 4 0 0 】

実施形態 31 :

方法技術的設備(101)内、たとえば塗装設備(102)内でアノマリー及び/又はエラー認識する方法であって、該方法が、以下のこと：

- プロセス値の発生確率についての情報を含む、方法技術的設備(101)のアノマリー及び/又はエラーモデル(233)を自動的に形成すること；
- 方法技術的設備(101)の駆動中にそのプロセス値を自動的に読み込むこと；
- 読み込んだ方法技術的設備(101)のプロセス値に基づいて、アノマリー及び/又はエラーモデル(233)を用いて発生確率を求めることにより、かつ発生確率を限界値について検査することによって、アノマリー及び/又はエラー状況を自動的に認識すること、を含む方法。

20

【 0 4 0 1 】

実施形態 32 :

- アノマリー及び/又はエラーモデル(233)が構造データを含み、前記構造データが方法技術的設備(101)内のプロセス構造に関する情報を含み、かつ/又は

- アノマリー及び/又はエラーモデル(233)がパラメータセッティングデータを含み、前記パラメータセッティングデータが、方法技術的設備(101)のプロセス値の間の関係に関する情報を含む、ことを特徴とする、実施形態31に記載の方法。

30

【 0 4 0 2 】

実施形態 33 :

- アノマリー及び/又はエラーモデル(233)を形成するために、以下のステップ：
 - 方法技術的設備(101)のプロセス構造を求めるための構造識別(246)；
 - 方法技術的設備(101)の求められたプロセス構造内の因果関係(254)を求めること；
 - 方法技術的設備(101)の求められたプロセス構造内の関係の構造パラメータセッティング(256)；
- の1つ又は複数が実施される、ことを特徴とする実施形態31又は32に記載の方法。

40

【 0 4 0 3 】

実施形態 34 :

方法技術的設備(101)のプロセス構造を求めるために構造識別(246)する場合に構造グラフが求められ、前記構造グラフが、特に方法技術的設備(101)内の関係を表す、ことを特徴とする実施形態33に記載の方法。

【 0 4 0 4 】

実施形態 35 :

- 構造グラフを求めることが、以下のこと：
- 機械的な学習方法；
- エキスパートナレッジ(248)；
- 既知の回路ダイアグラム及び/又は方法ダイアグラム(250)；

50

- 方法技術的設備 (1 0 1) のナンバリングシステム内の指定 ;
の 1 つ又は複数をを用いて行われる、ことを特徴とする実施形態 3 4 に記載の方法。

【 0 4 0 5 】

実施形態 3 6 :

方法技術的設備 (1 0 1) が、構造識別のため、特に構造グラフを求めるために、テスト信号によって刺激される、ことを特徴とする実施形態 3 3 から 3 5 に記載の方法。

【 0 4 0 6 】

実施形態 3 7 :

方法技術的設備 (1 0 1) の求められたプロセス構造内の因果関係 (2 5 4) を求めるために、以下のもの :

- 方法技術的設備 (1 0 1) をテスト信号で刺激した際に生成されたシステム入力信号 (2 4 0) とシステム出力信号 (2 4 2) ;
 - エキスパートナレッジ (2 4 8) ;
 - 既知の回路ダイアグラム及び / 又は方法ダイアグラム (2 5 2) ;
 - 方法技術的設備 (1 0 1) のナンバリングシステム内の指定 ;
- の 1 つ又は複数をを使用して行われる、ことを特徴とする実施形態 3 3 から 3 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 4 0 7 】

実施形態 3 8 :

方法技術的設備 (1 0 1) の求められたプロセス構造内の関係を構造パラメータセッティング (2 4 6) するために、以下のもの :

- 確率密度関数を求める方法、特に混合ガウスモデル ;
 - プロセス値の間の既知の物理的關係 ;
 - 方法技術的設備 (1 0 1) の機能部材の物理的マップ、たとえば弁 (2 3 2) のマップ ;
- の 1 つ又は複数が使用される、ことを特徴とする実施形態 3 3 から 3 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 4 0 8 】

実施形態 3 9 :

確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、構造パラメータセッティング (2 4 6) するために、方法技術的設備 (1 0 1) のレギュラー駆動からのデータ及び / 又は方法技術的設備 (1 0 1) をテスト信号を用いて刺激することによって獲得されたデータが、使用される、ことを特徴とする実施形態 3 8 に記載の方法。

【 0 4 0 9 】

実施形態 4 0 :

確率密度関数を求める方法を使用して、特に混合ガウスモデルを使用して、構造パラメータセッティング (2 4 6) するために使用されるデータが、構造パラメータセッティング (2 4 6) の前に前処理される、ことを特徴とする実施形態 3 9 に記載の方法。

【 0 4 1 0 】

実施形態 4 1 :

アノマリー及び / 又はエラーモデル (2 3 3) を形成する場合に、プロセス値の発生確率のための限界値が定められ、限界値を下回った場合にアノマリーが認識される、ことを特徴とする実施形態 3 1 から 4 0 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 4 1 1 】

実施形態 4 2 :

アノマリー及び / 又はエラー認識する方法を用いて、認識されたアノマリー及び / 又は認識されたエラー状況のエラー原因が識別される、ことを特徴とする実施形態 3 1 から 4 1 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 4 1 2 】

実施形態 4 3 :

10

20

30

40

50

方法技術的設備（１０１）が、塗装設備の以下の処理ステーション（１０４）：

- 前処理ステーション（１１２）；
- カソード浸漬塗装のためのステーション（１１４）；
- 乾燥ステーション（１１６、１２０、１２４）；
- 工業的空気供給設備（１２８）
- 塗装ロボット、

の１つ又は複数を含み、あるいはそれらによって形成される、
ことを特徴とする実施形態３１から４２のいずれか１つに記載の方法。

【０４１３】

実施形態４４：

アノマリー及び／又はエラー認識するためのアノマリー及び／又はエラー認識システム（１４８）であって、前記システムが、方法技術的設備（１０１）内、たとえば塗装設備（１０２）内で、実施形態３１から４３のいずれか１つに基づいて、アノマリー及び／又はエラー認識する方法を実施するように形成され、かつ整えられている、アノマリー及び／又はエラー認識システム（１４８）。

10

【０４１４】

実施形態４５：

実施形態４４に記載のアノマリー及び／又はエラー認識システム（１４８）を含む、工業的制御システム（１００）。

20

【０４１５】

実施形態４６：

実施形態１４に記載のエラー分析システム、実施形態２９に記載の方法技術的設備内のプロセス偏差を予想するための予想システム、及び／又は実施形態４４に記載のアノマリー及び／又はエラー認識システムを含む、工業的制御システム。

30

40

50

【図面】
【図 1】

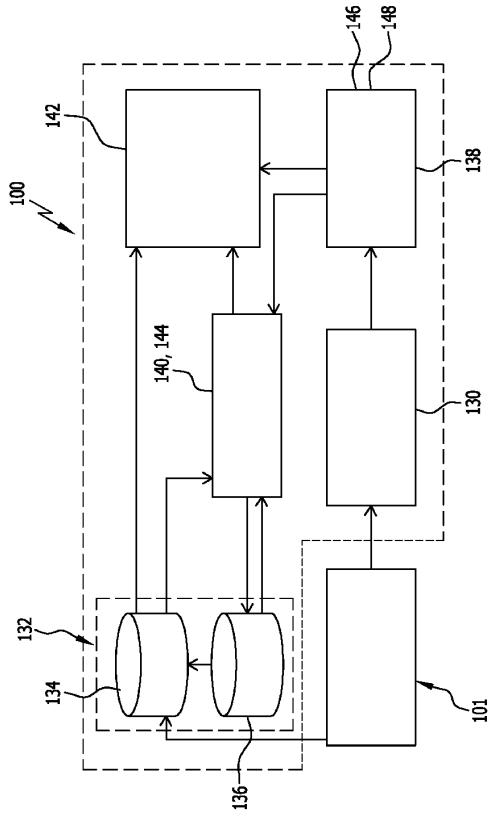


FIG.1

【図 2】

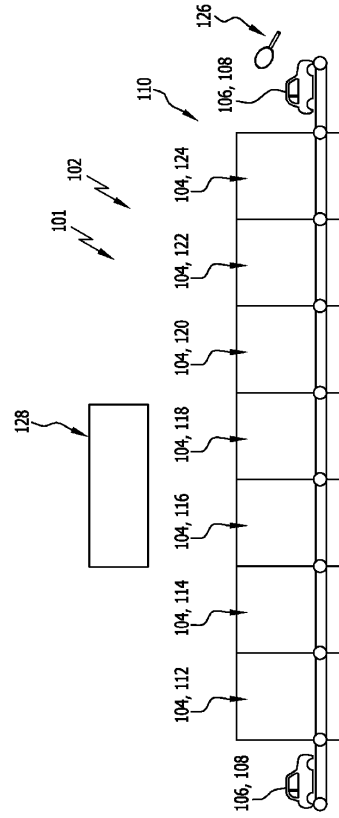


FIG.2

【図 3】

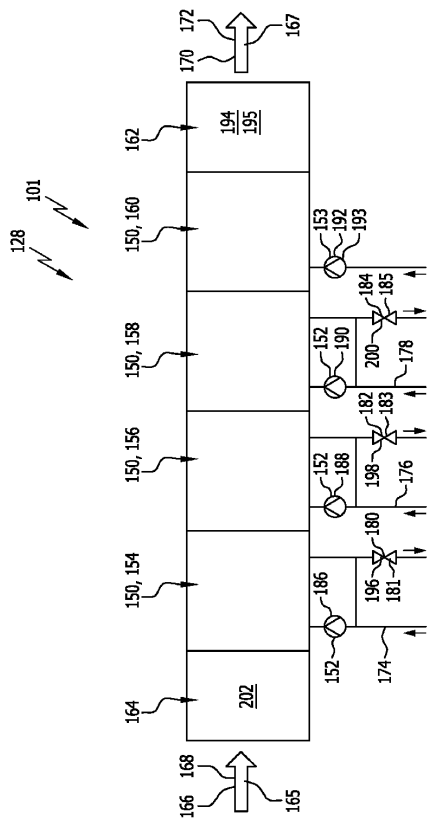


FIG.3

【図 4】

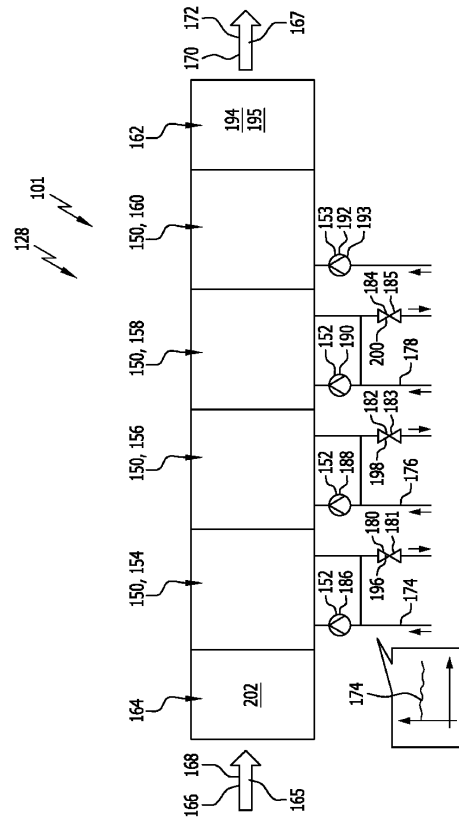


FIG.4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

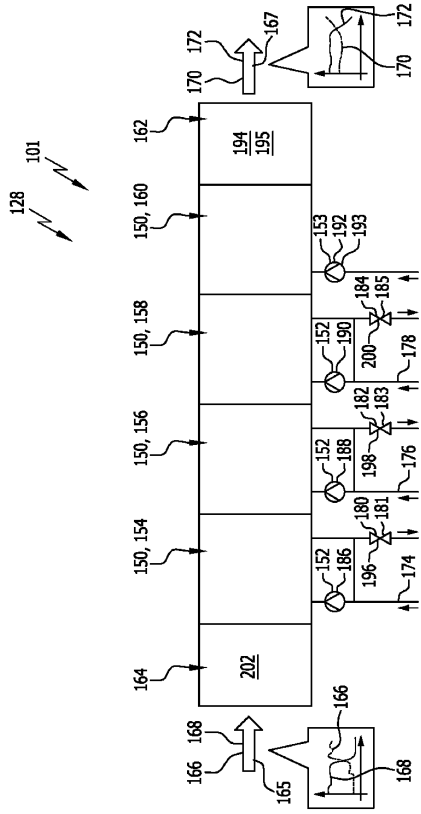


FIG.5

【 図 6 】

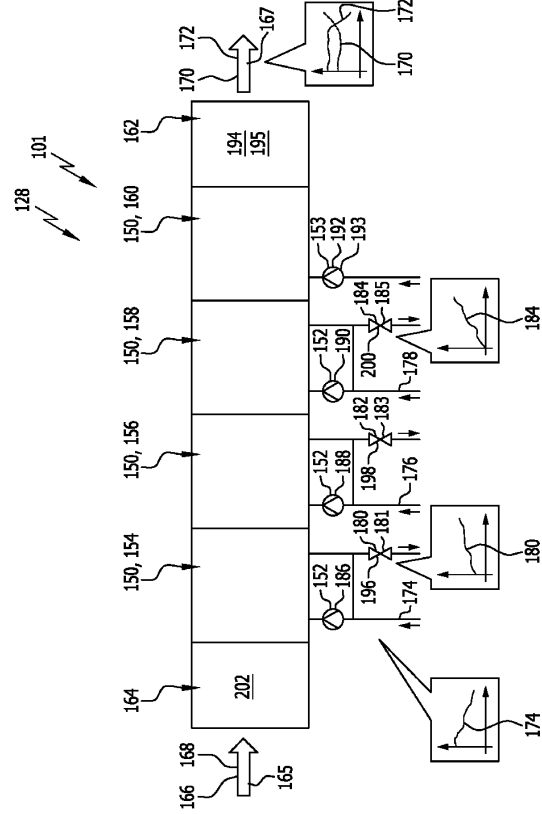


FIG.6

【 図 7 】

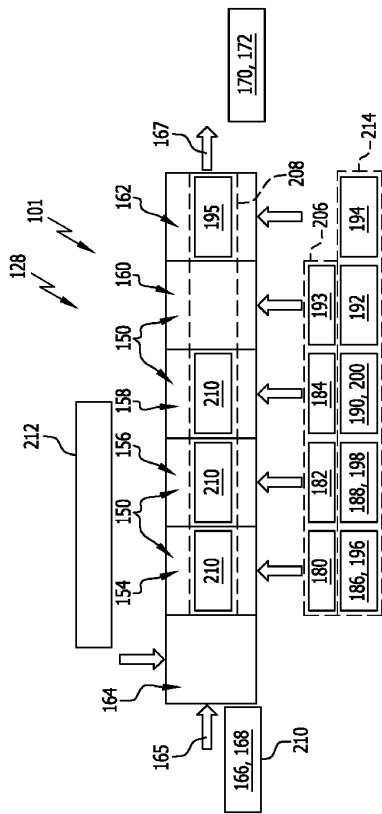


FIG.7

【 図 8 】

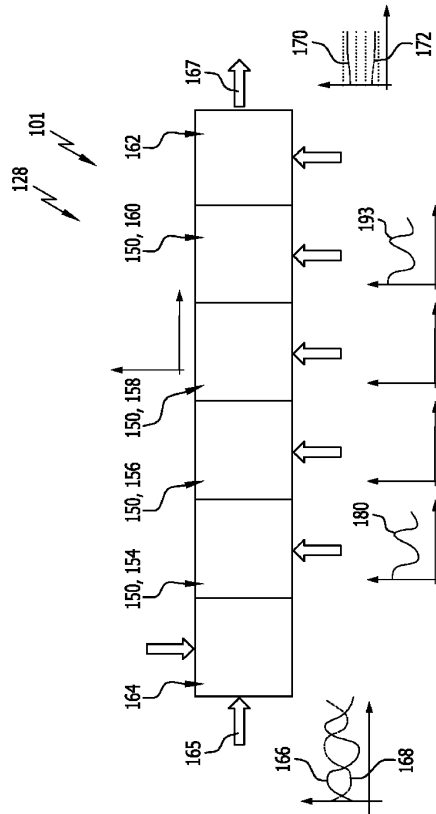


FIG.8

10

20

30

40

50

【図 9】

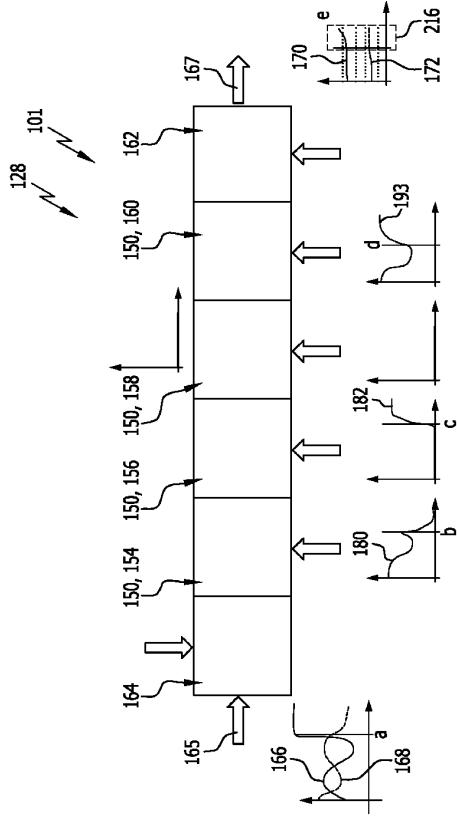


FIG.9

【図 10】

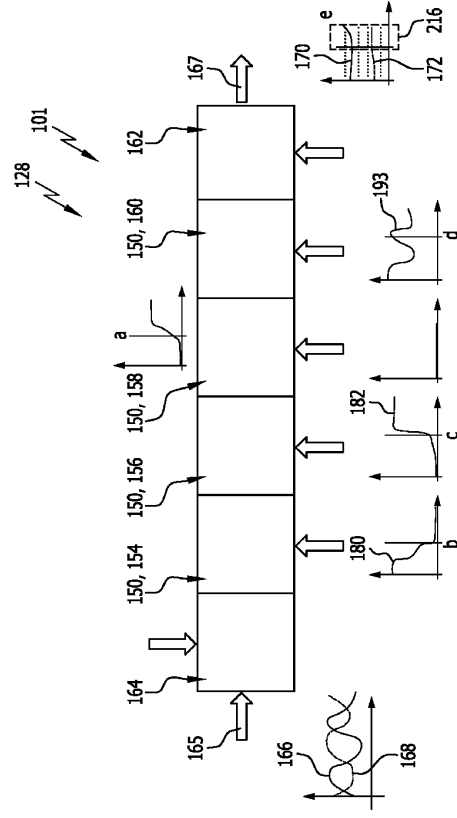


FIG.10

【図 11】

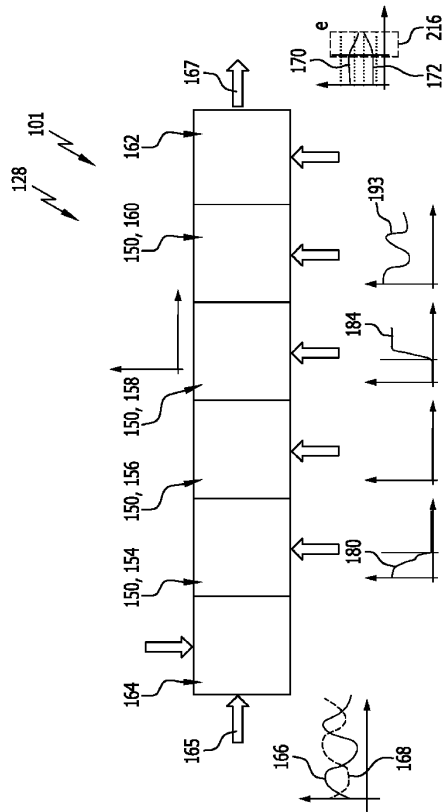


FIG.11

【図 12】

t	00:00	00:05	00:10	00:15	00:20	00:25	00:30	00:35	00:40	00:45	00:50	00:55	01:00	01:05	01:10	01:15	01:20	01:25
T [°C]	22.0	22.1	22.5	22.8	23.3	22.4	22.1	22.0	21.9	21.8	22.2	22.5	20.0	19.8	19.5	19.1	19.2	19.3
φ [%]	65.1	65.0	65.2	65.3	65.2	65.1	65.5	65.6	65.4	65.2	65.4	65.4	65.4	65.2	65.1	65.2	65.0	65.0
[%]	10	8	9	9	9	8	8	10	11	11	12	9	0	0	0	0	0	0

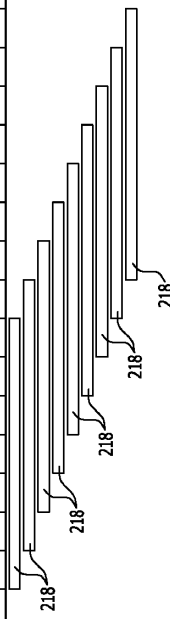


FIG.12

【 図 1 3 】

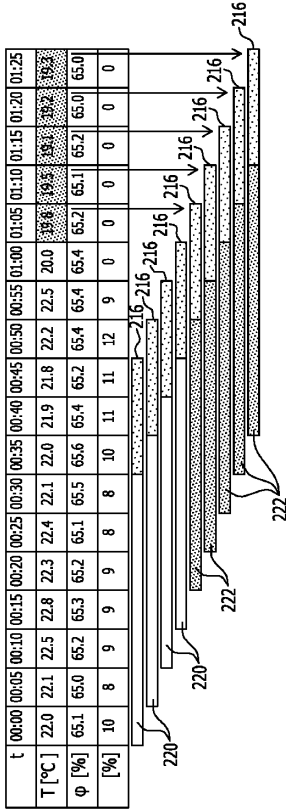


FIG.13

【 図 1 5 】

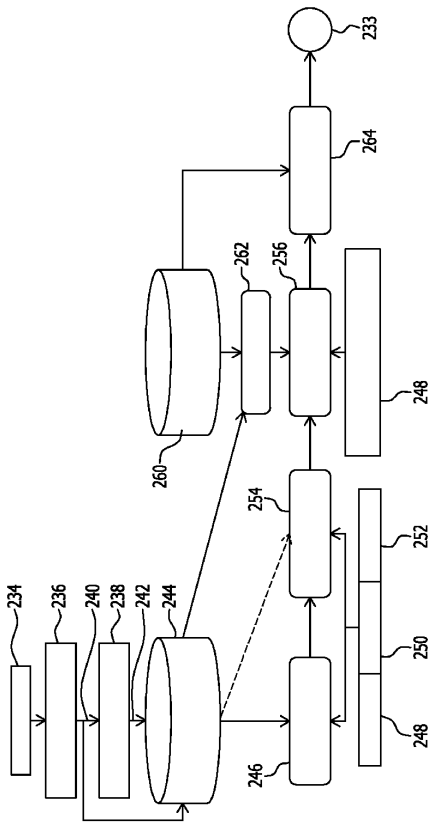


FIG.15

【 図 1 4 】

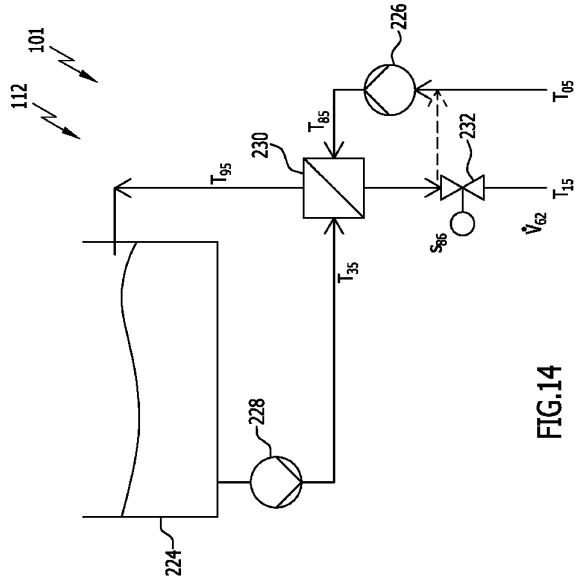


FIG.14

【 図 1 6 】

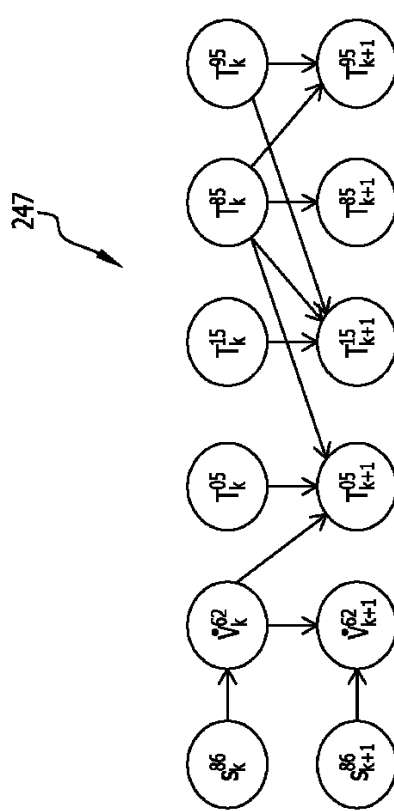


FIG.16

【 図 17 】

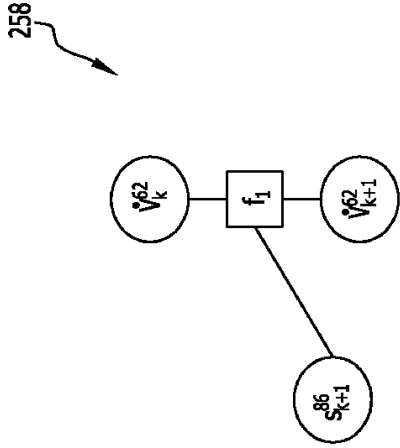


FIG.17

【 図 18 】

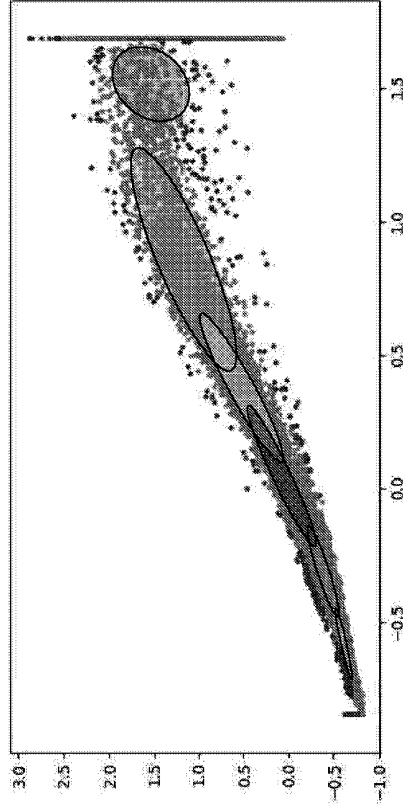


FIG.18

【 図 19 】

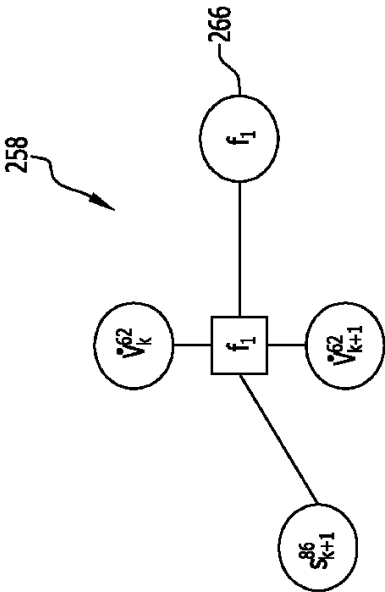


FIG.19

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

ドイツ(DE)

弁理士 森本 有一

(74)代理人 100211177

弁理士 赤木 啓二

(72)発明者 ジーモン アルト

ドイツ連邦共和国, 7 1 2 5 4 デイツィンゲン, ビルヘルムシュトラッセ 1 2

(72)発明者 トビアス シュロッター

ドイツ連邦共和国, 7 2 3 7 9 ヘッヒンゲン, ビーナール シュトラッセ 4

(72)発明者 ダニエル フォークト

ドイツ連邦共和国, 0 4 2 2 9 ライプツィヒ, ビガントシュトラッセ 3 2

(72)発明者 マルクス フンメル

ドイツ連邦共和国, 7 3 6 6 0 ウーアバルハ, シュピタルガッセ 1 0

(72)発明者 イェンス ベルナー

ドイツ連邦共和国, 7 1 6 9 6 メーグリンゲン, イム ホイレージャー 2 6

(72)発明者 ハウケ ベンシュ

ドイツ連邦共和国, 2 3 5 6 2 リューベック, クルンメック 1 2

(72)発明者 フィリップ エーティンガー

ドイツ連邦共和国, 7 4 3 4 3 ザクセンハイム, メターツィンメラール シュトラッセ 2 7

(72)発明者 シュテファノ ベル

ドイツ連邦共和国, 7 0 8 0 6 コーンベストハイム, イルティスバーク 1 5

(72)発明者 マルティン バイクゲナント

ドイツ連邦共和国, 7 4 3 2 1 ビーティッヒハイム - ビッシンゲン, ビルケンバーク 3 4

審査官 渡邊 捷太郎

(56)参考文献

特開平06 - 034404 (JP, A)

特開2018 - 120343 (JP, A)

特開2015 - 184942 (JP, A)

国際公開第2010/082322 (WO, A1)

特開2019 - 049391 (JP, A)

特表2010 - 511232 (JP, A)

特開2013 - 054626 (JP, A)

特開2016 - 081482 (JP, A)

特開2013 - 045281 (JP, A)

米国特許出願公開第2016/0343122 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 5 B 2 3 / 0 2