

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-155219

(P2023-155219A)

(43)公開日 令和5年10月20日(2023.10.20)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 5 B 23/02 (2006.01)	G 0 5 B 23/02 T	3 C 2 2 3
G 0 1 M 17/007(2006.01)	G 0 5 B 23/02 3 0 2 R	
	G 0 1 M 17/007 J	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L 外国語出願 (全22頁)

(21)出願番号 特願2023-63079(P2023-63079)	(71)出願人 390023711
(22)出願日 令和5年4月7日(2023.4.7)	ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(31)優先権主張番号 10 2022 203 594.1	ミット ベシユレンクテル ハフツング
(32)優先日 令和4年4月8日(2022.4.8)	ROBERT BOSCH GMBH
(33)優先権主張国・地域又は機関 ドイツ(DE)	ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト (番地なし)
(31)優先権主張番号 10 2022 210 276.2	Stuttgart, Germany
(32)優先日 令和4年9月28日(2022.9.28)	(74)代理人 100114890
(33)優先権主張国・地域又は機関 ドイツ(DE)	弁理士 アインゼル・フェリックス=ライ インハルト
	(74)代理人 100098501
	弁理士 森田 拓
	(74)代理人 100116403
	弁理士 前川 純一
	(74)代理人 100134315

最終頁に続く

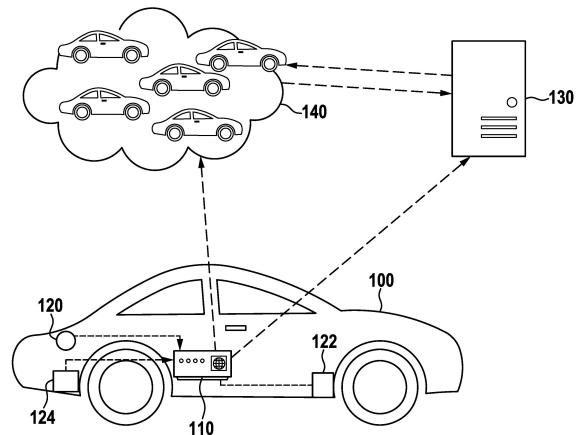
(54)【発明の名称】 システム内の欠陥を識別するための方法

(57)【要約】

【課題】本発明は、システム(100)内の欠陥を識別するための方法に関する。

【解決手段】本方法は、システムの複数の状態指標に対するパラメータ値を検出すること(200, 210, 220)であって、状態指標は、システムの測定されたパラメータ(200)及び/又は測定されたパラメータから計算又はモデル化された、システムに対するパラメータ(220)を含む、こと(200, 210, 220)と、状態指標のそれぞれに対して、状態指標に対する検出されたパラメータ値と所定の基準値との比較に基づいて、欠陥についての現在の評価指標を特定することと、少なくとも1つの構成要素にそれぞれ割り当てられている状態指標の所定のグループに対する評価指標の組合せに基づいて、システム(100)の少なくとも1つの構成要素に関する欠陥確率を決定することと、を含む。

【選択図】図1



10

20

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

システム（100）内の欠陥を識別するための方法であって、  
前記システムの複数の状態指標に対するパラメータ値を検出すること（200，210，220）であって、前記状態指標は、前記システムの測定されたパラメータ（200）及び/又は測定されたパラメータから計算又はモデル化された、前記システムに対するパラメータ（220）を含む、こと（200，210，220）と、

前記状態指標のそれぞれに対して、前記状態指標に対する検出された前記パラメータ値と所定の基準値との比較に基づいて、欠陥についての現在の評価指標を特定することと、  
少なくとも1つの構成要素にそれぞれ割り当てられている状態指標の所定のグループに対する前記評価指標の組合せに基づいて、前記システム（100）の前記少なくとも1つの構成要素に関する欠陥確率を決定することと、  
を含む方法。

10

## 【請求項 2】

少なくとも1つの診断ステップに対して、前記少なくとも1つの診断ステップにそれぞれ割り当てられている前記状態指標の前記所定のグループに対する前記評価指標の組合せに基づいて、診断確率を決定することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記状態指標に対する前記現在の評価指標を特定することは、  
前記パラメータ値を、前記基準値として設定されている1つ又は複数の閾値と比較すること、

20

前記パラメータ値を、1つ又は複数の他のシステムにおいて前記状態指標のために決定された基準値と比較すること、

前記パラメータ値を、複数の他のシステムにおいて前記状態指標のための複数のパラメータ値の統計的な特性値から検出された基準値と比較すること、

前記パラメータ値を、1つ又は複数の先行する時点で検出された、基準値として設定されている、前記システムのパラメータ値とを比較すること  
のうちの少なくとも1つを含む、請求項1又は2に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記複数の状態指標の各々に対する前記現在の評価指標を特定することは、  
前記パラメータ値と前記基準値との間の差を特定することと、  
特定された前記差に関連して前記評価指標を定めることと、  
を含む、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の方法。

30

## 【請求項 5】

前記複数の状態指標の各々に対する前記現在の評価指標を特定することは、  
前記状態指標を複数の関連性グループに分類することと、  
前記状態指標の前記関連性グループに関連して、定められている前記評価指標に関連性係数を乗算することによって前記評価指標を特定することと、  
をさらに含む、請求項4に記載の方法。

40

## 【請求項 6】

前記システム（100）の少なくとも1つの構成要素に対する前記欠陥確率を決定すること、及び/又は、少なくとも1つの診断ステップに対する前記診断確率を決定することは、

既存の組合せに基づいて前記評価指標の組合せを特定することと、

前記評価指標の特定された前記組合せに基づいて、前記システム（100）の少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率を決定することと、

を含む、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記システム（100）の少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率を決定すること

50

、及び/又は、少なくとも1つの診断ステップに対する前記診断確率を決定することは、  
重み付け係数によって各評価指標を重み付けすることと、

重み付けされた前記評価指標に基づいて、前記システム(100)の少なくとも1つの  
構成要素に対する前記欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確  
率を決定することと、

を含む、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記パラメータ値を検出することは、

センサの出力信号として前記パラメータ値を得ること、

入力値から前記パラメータ値を計算するように構成されている計算モジュールの出力値  
として前記パラメータ値を得ること、

通信接続を介して前記パラメータ値を受け取ること

のうちの少なくとも1つを含む、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

少なくとも1つの状態指標に対して、前記パラメータ値の検出中に所定の条件が満たさ  
れたかを検査し、これが満たされていなかった場合には、属する前記パラメータ値を破棄  
する、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

前記状態指標は、所定の通常状態からの測定された偏差を表すパラメータを含む、及び  
/又は、前記システムの少なくとも1つの構成要素の負荷に対する尺度を表すパラメータ  
を含む、請求項1乃至9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

構成要素に対する前記欠陥確率が所定の閾値を上回る場合に、ユーザに指示を出力する  
ことをさらに含む、請求項1乃至10のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

前記方法は、

前記システムの構成要素の実際の欠陥及び/又は交換及び/又は実行された診断ステッ  
プに関するデータを得ることと、

前記データを、前記構成要素に対する決定された欠陥確率及び/又は前記診断ステップ  
に対する診断確率と比較することと、

前記比較に基づいて、前記評価指標の前記特定の調整及び/又は前記欠陥確率の前記決  
定の調整及び/又は前記診断確率の前記決定の調整を行うことと、

をさらに含み、

前記調整は、

少なくとも1つの状態指標に対する前記所定のグループの割り当てを変更すること、

前記評価指標を特定するための計算設定を変更すること、

前記欠陥確率を特定するための計算設定を変更すること、

前記欠陥確率を特定するための前記状態指標の重み付けを変更すること、

前記診断確率を特定するための計算設定を変更すること、

前記診断確率を特定するための前記状態指標の重み付けを変更すること

のうちの少なくとも1つを含む、請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法。

【請求項13】

1つ又は複数の前記状態指標に対する前記パラメータ値を、時間的な経過及び/又は区  
間に基づく経過において検出する、請求項1乃至12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項14】

前記システムは、車両(100)である、請求項1乃至13のいずれか一項に記載の方  
法。

【請求項15】

請求項1乃至13のいずれか一項に記載の方法の全てのステップを実施するように構成  
されている計算ユニット(110, 130)。

10

20

30

40

50

**【請求項 16】**

コンピュータプログラムであって、当該コンピュータプログラムが計算ユニット上において実行されるときに、前記計算ユニットに、請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の方法の全てのステップを実施させるためのコンピュータプログラム。

**【請求項 17】**

請求項 16 に記載のコンピュータプログラムが記憶されている機械可読記憶媒体。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、システム内の欠陥を識別するための方法並びに当該方法を実施するための計算ユニット及びコンピュータプログラムに関する。 10

**【背景技術】****【0002】****発明の背景**

車両内の機能性を監視し、エラーを識別するために、種々異なる手段が利用される。これには、特に、種々異なる機能に対する、制御装置内のオンボード診断が属し、オンボード診断は、特定のパラメータ及び測定値を連続的に監視し、モデル化し、結果が所定の境界値を遵守しているかについて検査する。この際に、エラー又は予期しない結果が識別される場合には、シグナル（たとえば、点灯する警告ランプ、ディスプレイ上における情報の表示）が、ユーザに出力されるようにすることができ、又は、工場から読み出されるようにすることができる。 20

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

このような診断の目的は、常に、エラー源を可能な限り正確に特定することである（ピンポイントング）。欠陥を有するユニットを識別できない場合には、疑わしい構成要素が交換されなければならない、これには時間及びコストがかかる。たとえば、診断要素が特定の排出値の上昇を示すことがあるが、これに際して、この不所望な上昇をどの構成要素が引き起こしているのかさえも明らかにされない。同様に、独立したエラー、ひいては制御装置内の個々の構成要素に対するエラーエントリが存在するのではなく、複数の構成要素の相互作用が偏差を引き起こしている可能性もある。 30

**【課題を解決するための手段】****【0004】****発明の開示**

本発明によれば、独立請求項の特徴を有する、システム内の欠陥を識別するための方法並びに当該方法を実施するための計算ユニット及びコンピュータプログラムが提案される。有利な構成は、従属請求項及び以下の明細書に記載されている。

**【0005】**

本発明は、車両等のシステム内のエラーを識別し、限定するための改良された診断手段を提示する。特に、はじめに、システムの複数の状態指標に対するパラメータ値を検出するための方法が提案され、状態指標は、システムの測定されたパラメータ及び/又は測定されたパラメータから計算又はモデル化された、システムに対するパラメータを含む。次いで、これらの状態指標のそれぞれに対して、欠陥についての現在の評価指標が特定され、評価指標は、状態指標に対する検出されたパラメータ値と所定の基準値との比較に基づいて特定される。次いで、状態指標の所定のグループに対する、このように特定された評価指標の組合せに基づいて、システムの少なくとも 1 つの構成要素に関する欠陥確率が決定され、状態指標のグループは、少なくとも 1 つの構成要素に割り当てられている。複数の状態指標を確率に基づいて組み合わせることで、個々の閾値超過又はエラー表示にまだ現れていないエラー又は変化も識別することができる。この場合、評価指標ははじめに状態指標に特有の主要な数値を表すことができ、ここでは、評価指標は、相 40 50

互に同等である必要はない。評価指標は、たとえば、エラー状態又は欠陥状態に対する確率値を示すことができるが、パラメータ値と境界との間隔、パラメータ値の分布と典型的な値又は類似の主要な数値との間隔も示すことができる。間隔として、たとえば、フリート平均値に対する3σの偏差又は特定のパラメータに対するパーセンタイル値（たとえば97パーセンタイル）も特定することができる。

#### 【0006】

さらに、この方法においては、構成要素のエラー又は欠陥のさらなる検査及び/又は限定のための可能な診断ステップに対して、これらの可能な診断ステップのうちのどれが、エラーの検査又は限定に最も関連するかを表示する確率を示す診断確率を決定することができる。診断ステップは、たとえば、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥に関連して、エアシステム又は冷却剤システムの漏れ検査であるものとしてよく、又は、ターボチャージャのブースト圧上昇の検査であるものとしてよい。診断確率の決定は、この場合、それぞれ少なくとも1つの診断ステップに割り当てられている状態指標の所定のグループに対する評価指標の組合せに基づく。さらに、この決定に、可能な診断ステップの診断コスト及び決定された欠陥確率も含めることができる。診断確率を決定することによって、工場において、エラーを限定するための必要な診断ステップを具体的に挙げるのが可能になり、欠陥確率及び診断コストに関して効率的な順序でこれらの診断ステップを表示することが可能になる。これによって、エラー診断についてはシステムの修理を効率的に実行することが可能になる。

10

#### 【0007】

これに加えて、この方法においては、欠陥・エラー可能性の原因確率も決定され、この原因確率は、種々異なる欠陥・エラー可能性に対して、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥をトリガするエラーが存在する確率を示す。欠陥・エラー可能性は、たとえば、不十分な冷却能力又は冷却水の内部への漏れである。原因確率の決定は、欠陥確率及び診断確率の場合と同様に、欠陥・エラー可能性に割り当てられている状態指標の所定のグループに対する評価指標の組合せに基づくものとしてよい。これによって、工場における修理時に、システムエラー又は上位の欠陥の原因が何であるかを表示することができ、これによって、エラー探索がさらに限定される。これによって、システムの修理をより容易にすることができる。欠陥確率及び/又は診断確率の決定の以降の経過において説明されるプロセスを、同様に、原因確率を決定するために使用することができる。

20

30

#### 【0008】

状態指標に対する現在の評価指標を特定することは、ここでは、たとえば、パラメータ値を、基準値として設定されている1つ又は複数の閾値と比較すること、パラメータ値を、1つ又は複数の他のシステムにおいて状態指標のために決定された基準値と比較すること、パラメータ値を、複数の他のシステムにおいて状態指標のための複数のパラメータ値の統計的な特性値から検出された基準値と比較すること、パラメータ値を、1つ又は複数の先行する時点で検出された、基準値として設定されている、システムのパラメータ値と比較することのうちの少なくとも1つを含むものとしてよい。

#### 【0009】

複数の状態指標の各々に対する現在の評価指標を特定することは、特に、パラメータ値と基準値との間の差を特定すること及び特定された差に関連して評価指標を決定することを含むものとしてよい。差を特定することによって、測定されたパラメータ値が、定められている欠陥閾値からどの程度離れているのか、又は、パラメータ値が、正常であると予想される値からどの程度離れているのかを表す尺度が検出され、次いで、この尺度を、欠陥についての評価指標の決定に關与させることができる。欠陥に関する境界値の近くにあるパラメータは、より高い確率で、現在の欠陥又は差し迫った欠陥を示唆する。

40

#### 【0010】

任意選択的に、状態指標を複数の関連性グループに分類することができる。ここでは、これらの関連性グループは、この方法の実施の対象である、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥に応じたものであってよい。たとえば、基礎となるシステムエラーは、NO

50

×テールパイプセンサによって測定されたNO<sub>x</sub>エミッションの上昇である場合があり、ここでは、他のエミッション(NH<sub>3</sub>、CO、HC、...)も考えられる。さらに、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥は、動作資源又はエネルギーの消費量の増加、ノイズエミッションの増加、製品の振動の増加又は一般に製品のあらゆる変化である場合もある。関連性グループは、上述の例においては、NO<sub>x</sub>エミッションに対するエミッション関連性グループであり、ここでは、各状態指標は、NO<sub>x</sub>エミッションに対する自身の関連性に基づいて、関連性グループに分けられる。したがって、たとえば、状態指標が割り当てられる3つの関連性グループ(高、中、低)を形成することが可能である。しかし、ここで、関連性グループを2つだけ形成すること、又は、3つより多く形成することも可能である。ここで、各関連性グループにはさらに関連性係数が割り当てられている。関連性係数は、3つの関連性グループに分ける場合には、たとえば値1(高)、値2/3(中)及び1/3(低)を有するものとしてよい。しかし、関連性係数が不均一な間隔、たとえば0.95(高)、0.50(中)及び0.25(低)を有するものとしてもよい。さらに、1よりも大きい値を有する関連性係数も考えられる。次いで、状態指標の関連性グループに関連して、定められている評価指標に関連性係数を乗算することによって評価指標が得られる。基礎となるシステムエラーに基づいて複数の関連性グループに分けることによって、構成要素に対する欠陥確率及び/又は診断ステップに対する診断確率の決定の正確さを高めることができる。

10

#### 【0011】

ここで、システムの少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率を決定することは、既存の組合せに基づいて評価指標の組合せを特定することを含むものとしてよい。既存の組合せは、たとえば、外部サーバ又はクラウドメモリに格納されているものとしてよく、類似のシステム又は典型的なシステムのフリートの一連のデータに由来し得る。たとえば、いくつかの組合せは、実際には非常に稀であり又は決して生じることはなく、他方では、他の組合せは、頻繁に生じる可能性があることを、一連のデータから推定することができる。次いで、システムの少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率を決定することを、評価指標の特定された組合せに基づいて実行することができる。組合せを決定するために一連のデータを用いることによって、評価指標の組合せが、頻繁に生じる組合せに限定され、したがって、システムの少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率を決定するための計算能力が低減され、それらの決定の正確さが高められる。さらに、これによって、評価指標の特定された組合せと、ここから生じる欠陥確率及び/又は診断確率とが、欠陥を有する構成要素に合っているものであるのか、又は、正しい診断ステップで決定されたものであるのかも検査され、これによって、既存の組合せのさらなる調整が可能になり、ひいては欠陥確率及び/又は診断確率の決定がさらに精密になり得る。

20

30

#### 【0012】

システムの少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率を決定することは、ここで、重み付け係数によって各評価指標を重み付けすることを含むものとしてよい。重み付け係数は、たとえば、工場における診断可能性分析(DMA:Diagnosemoeglichkeitsanalyse)又は導かれたエラー探索(GFS:gefuehrte Fehlersuche)の情報から生じる確率であってよい。これらの情報は、システムの製造開始前に既に存在しているエンジニアリング知識及び経験的知識から得られ、それらのエンジニアリング知識及び経験的知識は、古いシステムに由来し得るものであり、及び/又は、事前に検証フリートにおいて決定されるものである。次いで、システムの少なくとも1つの構成要素に対する欠陥確率及び/又は少なくとも1つの診断ステップに対する診断確率が、重み付けされた評価指標の値に基づいて決定される。ここで、たとえば、欠陥確率又は診断確率を、評価指標の値を下回る最大値に定めることが可能である。選択的に、構成要素に関連する全ての評価指標が比例して欠陥確率又は診断確率に取り入れられることも可能である。システムの製造開始前に存在している、この方法に

40

50

影響する経験値によって評価指標を重み付けすることによって、エラー又は欠陥の識別を改良することができる。

【0013】

パラメータ値を検出することは、特に、センサの出力信号としてパラメータ値を得ること、及び/又は、入力値からパラメータ値を計算するように構成されている計算モジュールの出力値としてパラメータ値を得ること、及び/又は、通信接続を介してパラメータ値を受け取ることを含むものとしてよい。特に、パラメータ値は、欠陥が識別されるべきシステムにおいて（たとえば車両の制御装置において）検出可能であり、他方で、パラメータ値を評価し、欠陥確率を決定するための上述したステップは、他の装置（たとえば、工場のコンピュータ、サーバ又は計算ネットワーク）において実行され、この目的のために通信接続を介して検出される。リモートメモリ手段若しくはクラウドメモリ手段から又はリモートサーバから、格納されているデータ（たとえば、他の車両からのデータ又は構成部材の製造からの他のデータ、車両内の制御装置のデータ入力状態）を受け取り、処理することもできる。

10

【0014】

任意選択的に、少なくとも1つの状態指標に対して、パラメータ値の検出中に所定の条件が満たされたかを検査することができ、これが満たされていなかった場合には、属するパラメータ値を破棄することができる。選択的に、既にパラメータ値の測定又は計算時に条件を検査することができ、条件が満たされていない場合には、測定が破棄され、又は、計算が実行されない。条件として、たとえば、適当な有意義な動作範囲の存在、たとえば、定常若しくは準定常の動作点の存在、又は、特定の制限を伴う、規定された動作範囲の存在が規定されるものとしてよい。

20

【0015】

状態指標は、特に、所定の通常状態からの測定された偏差を表すパラメータを含むものとしてよく、及び/又は、システムの少なくとも1つの構成要素の健全状態に対する尺度を表すパラメータを含むものとしてよい。

【0016】

さらに、構成要素に対する欠陥確率が所定の閾値を上回る場合に、ユーザに指示が出力され得る。閾値は、各構成要素に対して同一であっても相違していてもよく、必要に応じて調整が行われるものとしてもよい。これによって、たとえば、安全に関して重要なエラーを早期に識別するために、特定のサブシステムの検査が有意義であることをユーザに示すことができる。

30

【0017】

任意選択的に、システムの構成要素の実際の欠陥及び/又は交換及び/又は実行された診断ステップに関するデータを得ることも可能である。このようなデータは、たとえば、ユーザ入力によって、又は、交換された構成要素の自動的な識別によって得られるものとしてよい。次いで、このデータを、構成要素に対する決定された欠陥確率と比較することができる。すなわち、たとえば、決定された高い欠陥確率が実際の欠陥と関連したものが、又は、誤った判定があったのかを検査することができる。さらに、このデータを、診断ステップに対する、決定された診断確率と比較することもできる。すなわち、どの診断ステップが実行されたか、この診断ステップに対して高い診断確率が決定されたか、すなわち、この診断ステップがエラーの限定に寄与することができたかを比較することができる。次いで、この比較に基づいて、評価指標の特定及び/又は欠陥確率若しくは診断確率の決定の調整を行うことができ、この調整は、たとえば、少なくとも1つの状態指標に対する所定のグループの割り当てを変更することによって、評価指標を特定するための計算設定を変更することによって、欠陥確率及び/又は診断確率を特定するための計算設定を変更することによって、又は、欠陥確率及び/又は診断確率を特定するための状態指標の重み付けを変更することによって行われる。これによって、パラメータ値から欠陥確率を持続的に検出する評価システムを継続的に改良し、適合させることができ、これによって、より正確な診断が可能になる。

40

50

## 【 0 0 1 8 】

1つ又は複数の状態指標に対するパラメータ値は、特に時間的な経過において検出可能であるので、欠陥についての評価指標を特定するために、たとえばこの経過も共に取り入れることができ、たとえば長い時間にわたる緩慢な変化に対する突発的な変化を共に取り入れることができる。さらに、時間的な経過において検出されたパラメータ値から、たとえば評価指標を形成するために利用することができる平均値を形成することができる。

## 【 0 0 1 9 】

説明したステップは、たとえば、車両における監視及び診断に特に適している。車両においては、通常既に複数のパラメータ値が検出され、モデル化され、制御装置又は他のユニットによって処理されているので、これらの値の少なくとも1つの部分を上述したステップのための状態指標として使用することができる。しかし、同様に、このような方法は、特定のパラメータ値が連続的に又は所定の間隔で検査され得る他のシステム、たとえば定置式の燃料電池又は移動式の燃料電池、電気式駆動装置又は他の駆動形態においても使用可能である。基本的には、欠陥が発生し得る、及び、情報が検出され得る全てのシステムにおける使用、ひいては多くの技術的なシステム及び製造設備における使用が可能である。

10

## 【 0 0 2 0 】

全体として、説明した変形例によって、欠陥を有する構成部材又は劣化した構成部材をシステムにおいて識別し、目的に即した修理を実行することが可能になるが、将来の期間に対して、どの構成要素が故障する可能性があるのかを推定することも可能になり、ひいてはたとえば製造業者のもとでの予備部品計画が可能になる。このような方法においては、欠陥が検出されていなくても、潜在的な問題領域に対する措置を早期に展開させることができ、これはたとえば制御時のソフトウェアモジュールの調整又はエラーの発生前の、特性が改良された部品による構成要素の置き換えによって行われる。

20

## 【 0 0 2 1 】

本発明に係る計算ユニット、たとえば自動車の制御装置は、特にプログラミング技術によって、本発明に係る方法を実施するように構成されている。

## 【 0 0 2 2 】

また、本発明に係る方法を、全てのステップを実行するためのプログラムコードを含むコンピュータプログラム又はコンピュータプログラム製品の形態で実装することも有利である。なぜなら、これは、特に、実行する制御装置がさらに他のタスクに利用され、それゆえいずれにせよ存在している場合に、特にわずかな単価しか生じさせないからである。最後に、上述したようなコンピュータプログラムが記憶されている機械可読記憶媒体が設けられている。コンピュータプログラムの提供のための適当な記憶媒体又はデータ担体は、特に、磁気的なメモリ、光学的なメモリ及び電気的なメモリ、たとえば、ハードディスク、フラッシュメモリ、EEPROM、DVD等である。コンピュータネットワーク（インターネット、イントラネット等）を介したプログラムのダウンロードも可能である。このようなダウンロードを、この場合、有線若しくはケーブル接続により、又は、無線により（たとえば、WLANネットワーク、3G接続、4G接続、5G接続又は6G接続等を介して）行うことができる。

30

40

## 【 0 0 2 3 】

本発明のさらなる利点及び構成は、明細書及び添付の図面から明らかになる。

## 【 0 0 2 4 】

本発明を実施例に即して図面に概略的に示し、以下において図面を参照しながら説明する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 車両とステップを実行するための処理ユニットとを備える例示的なシステムを示す図である。

【 図 2 】 例示的なステップをフローチャートにおいて示す図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0026】**

## 発明の実施形態

以下の例は、種々異なるデータが検出され、評価され、及び/又は、転送される、システムとしての車両に関する。図1は、システムとしての車両100を例示しており、これに対して、データが、確率に基づいて、処理ユニット130において評価されるべきである。多くの場合、この目的のために、車両100には1つ又は複数の制御装置110が設けられており、これらの制御装置110は、特定の機能に関して中央で又は固有にデータ検出（たとえば固定の間隔での測定）を制御する。同様に、このような制御装置において検出されたデータを、少なくとも部分的に評価し、計算及びモデル化のために使用し、車両における制御及び調整のために使用することも可能である。しかし、説明した方法は一般に、状態診断が重要であり、種々異なるデータが検出される任意のシステムに転用可能であり、これはたとえば、建設機械、自動生産機、燃料電池、フィードドライブ、タービン等である。このようなシステムにおいても、通常、相応の制御ユニット110、たとえば制御装置、マイクロコントローラ又は少なくとも、種々異なるデータの検出を制御することができる類似の要素が存在する。この場合、測定データ自体は、任意のセンサ及び測定設備120、122、124によって、たとえば、温度センサ、圧力センサ、質量流量センサ、回転数測定器、振動センサ又は音響センサ、加速度測定器等によって検出される。センサ120、122、124は、図1においては単に概略的に例示されているが、自明のとおり、車両又は他のシステムにおいては、通常、異なるサブシステムにおいて複数の異なるセンサが使用される。このような測定された値は、直接的に利用することが可能であり、又は、種々異なるパラメータが得られるモデル化及び計算に共に含めることが可能である。

10

20

**【0027】**

本願で説明された方法によって、複雑なケースでもシステムの診断を可能にするために、大量のデータを評価することができる。ここでデータを検出、処理し、適当に集約し、たとえばリモートサーバ130又は他の適当な計算ユニットに伝送することができ、そこで確率に基づいた診断を実行するために、これらのデータが使用され得る。次いで、この診断に基づいて同様に、現場における診断のための判定、構成要素の交換又は他の後続のステップが実行され得る。

30

**【0028】**

ここで、他の車両140からの収集されたデータが評価に共に取り入れられることによって、診断結果が得られるものとしてよく又は改良されるものとしてよい。それらのデータは、たとえば、リモートサーバ又はクラウドメモリに格納されているものとしてよく、これによって、評価を行っているユニット130がそれらにアクセスすることができる。それらのデータを、類似の方式により又は他の方式により収集し、集約することもできる。ここで、フリートデータ140との比較を、個別車両に対する評価と組み合わせることもできる。すなわち、特に、診断は、監視されている特徴の適当な選択、その集約及び組み合わせられた評価によって影響される。ここで、個々の車両又は他の車両の比較的古いデータも共に評価に含めることができ、このようにして、学習する診断システムが生じ、この診断システムの結果が時間と共にますます改良されるように、評価が構成されるものとしてよい。

40

**【0029】**

評価に使用されるデータは、以下においては、一般に、状態指標と称される。複数の種々異なる値、計算パラメータ及びモデル化パラメータが状態指標とみなされる。特に、既に他の機能を実現するために検出された又は制御装置において利用可能な複数のパラメータを評価することもできる。これによって、一般に、付加的なパラメータを状態指標として検出又は特定する必要がなくなる。しかし、同様に、特定のパラメータ、計算又は評価だけが状態指標として利用され、それゆえ、この目的のために特別に提供されるものとしてもよい。

50

## 【 0 0 3 0 】

図 2 は、例示的なステップを示しており、これらのステップは、以下においてさらにより詳細に説明される。ステップ 2 0 0 乃至ステップ 2 4 0 を、たとえば図 1 の制御装置 1 1 0 において実行することができる。ここで、ステップ 2 0 0 においては、はじめにパラメータ値を測定することができ、すなわち、たとえばセンサによって得ることができる。さらに、ステップ 2 1 0 においては、計算、モデル化及び類似のプロセスによって、測定されたパラメータ値及び他の入力値から他のパラメータ値を形成することができる。ステップ 2 2 0 においては、このようにして得られたパラメータ値をさらに集約させることができ、これによって、状態指標の評価のために必要なデータ量を低減することができる。たとえば、特定の時間窓にわたるパラメータの平均値を形成し得る、規定された時点における個々の離散的な測定値又は所定数の測定値、たとえば、最後の測定値、最後の 1 0 個の測定値若しくは任意の他の数の測定値を取り上げることができ、又は、特定の境界条件を満たす値だけ、若しくは、それらの測定時にこのような境界条件が満たされた値だけを考慮することができる。次いで、このようにして得られた、種々異なる状態指標に対する最終的なパラメータ値を、ステップ 2 3 0 において、少なくとも一時的に格納することができる。検出、集約及び格納のこれらのステップを、当然、任意の頻度で繰り返すことが可能であり、通常、パラメータ値は、システムが動作している限り、連続的に又は所定の間隔で検出され、処理される。ステップ 2 4 0 においては、状態指標に対するそのように格納されているパラメータ値を、任意選択的に、適当な評価ユニット 1 3 0 に伝達することができ、評価ユニット 1 3 0 は、たとえばリモートサーバ又は工場のコンピュータであってよく、ここで、最終的にステップ 2 5 0 において、収集された状態指標の評価を行うことができる。

10

20

## 【 0 0 3 1 】

状態指標として、特に、以下の特性を有するパラメータ、すなわち、  
連続的又は小刻みな離散的なフォーマットを有するパラメータ（たとえば、パーセント値）、  
伝送のためにわずかな測定量及び / 又はわずかなデータしか必要としないパラメータ（たとえば、走行サイクルごとに 1 回だけ、又は、所定の走行区間の後に 1 回検出されるパラメータ）、  
動作点、走行状況及び周囲条件に可能な限り関連しないパラメータ、  
他の状態指標、また任意選択的に他の構成要素の状態指標とも比較可能であるパラメータ  
が適しているが、これらに制限されるものではない。

30

## 【 0 0 3 2 】

これらの特性は、評価に際して種々異なる利点をもたらすが、必ずしも必要であるとはみなされず、これらの特性の全てを満たさない少なくとも部分的なパラメータ、たとえば非常に頻繁に検出されるバイナリ評価又はパラメータを状態指標として考慮することも可能である。この場合には、パラメータを、たとえば調整のためにたとえば極めて短い間隔で検出することも可能であるが、ここでは、検出されたパラメータ値の選択された一部のみが状態指標として評価される。同様に、1 つのパラメータに対する複数の値から、平均化又は他の統計的演算によって、状態指標の個々の値を、たとえば定められている時間窓にわたる移動平均値によって、形成することができる。状態指標としての、以下において説明する負荷カウンタも、たとえば動作点及び走行状況から独立している必要はない。さらに、車両において非直接的に検出又は測定され得るデータも共に取り入れることができる。これらは、たとえば、工場のコンピュータの入力マスクを介して、工場の人員によって提供され得る。このようなデータの例は、エンジンの始動時の遅延であり、すなわち、エンジンが全く始動しない、エンジンが著しく遅延して（5 秒以上経過して）始動する、エンジンが遅延して始動する、エンジンがジャークを伴って始動する、エンジンが時々しか始動しない、又は、エンジンが冷えている場合にのみエンジンが始動する、である。

40

## 【 0 0 3 3 】

50

明確にするために、可能な状態指標を、2つのグループに分けることができる。一方のグループにおいては、車両において測定された、構成要素又は測定値の、通常状態又は境界値からの偏差を表すパラメータが状態指標として適している。これらの状態指標は、以下においては診断特徴と称される。他方のグループにおいては、構成要素の負荷、たとえば、構成要素における負荷変動の計数を検出するパラメータが指標として適している。これらの状態指標は、以下においては、負荷カウンタと称される。しかし、自明のとおり、基本的には、これらの両グループに分類することができない状態指標も評価に共に含めることができる。

#### 【0034】

診断特徴のクラスからの状態指標として、通常いずれにせよ制御装置において利用可能な複数のパラメータを使用することができる。 10

#### 【0035】

状態指標としての可能な診断特徴は、たとえば、構成要素の物理的な状態であり得る。これには、直接的に測定された物理的な値、たとえば、適当なセンサによって検出された、圧力、温度、質量流量の値、又は、任意の他の値も含まれる。しかし、同様に、物理的な状態として、物理的なモデルを介して測定値からパラメータが決定されるものとしてもよい。

#### 【0036】

例として、冷却器換気レベルを、たとえば温度センサ、圧力センサ及び質量流量センサの測定値と、車両速度とから物理的なモデルを介して決定し、状態指標として使用することができる。この値は、任意の冷却装置、たとえば、インタークーラ、エンジン冷却器、排気ガス再循環冷却器、バッテリー冷却用の冷却器、燃料電池冷却用の冷却器等の状態指標として適している。また、種々異なる冷却器の状態指標として適当な量の決定を、以下においてさらに、ディーゼルエンジンのエアシステムに対する実施例に関連してより詳細に説明する。 20

#### 【0037】

状態指標として利用可能なさらなる物理的な量は、たとえば、センサ測定値とモデルとから決定される触媒の変換効率、又は、センサとモデルとから決定される基質の貯蔵容量（たとえば、SCR触媒のNH<sub>3</sub>貯蔵容量）である。他の例として、差圧センサから計算された流れ抵抗特性値が挙げられ、これは、たとえば、粒子フィルタ、触媒、排気ガス再循環管路、燃料電池スタック又はシステムの他の適当な箇所を介して特定可能である。 30

#### 【0038】

通常、学習され、制御装置において値の補正のために使用されるセンサ及びアクチュエータの学習値を、診断特徴に挙げられ得る状態指標の他のグループとしてみなすことができ、したがって、これらの値も既に存在していることが多い。特にこれは、学習値であってよく、この学習値は、たとえばセンサ又はアクチュエータのドリフト特性、たとえば空気質量センサのドリフト、又は、適当な動作状態において周囲圧力と比較される場合における圧力センサの学習された偏差を表している。

#### 【0039】

たとえば、インジェクタの量調整のためのインジェクタの噴射挙動に関する学習値、又は、フラップ若しくは弁の「開放」ストッパ及び「閉鎖」ストッパの学習値も使用可能であり、これらは、たとえば、機械的な欠陥又は汚染を示唆し得る。 40

#### 【0040】

同様に、種々異なる機能のカウンタを診断特徴として用いることができ、ひいては状態指標として用いることができる。これは特に、構成要素に対する再生機能がどの程度の頻度で起動されたかを表すカウンタに当てはまる。このような再生プロセスによって、基礎となるシステムが頻繁に変化し、したがって、プロセスの回数が増加するにつれて、再生の効果は弱まる。同様に、再生プロセス及び類似のプロセスの計数を、構成要素の特殊な負荷状態、ひいては劣化に対するカウンタとして用いることができる。たとえば、粒子フィルタの再生の数のためのカウンタを状態指標として利用することができる。粒子フィル 50

タの再生時には、温度が一時的に著しく高くされ、これによって、粒子堆積物が焼き払われる。したがって、このようなカウンタは、たとえば間接的に、フィルタの増大する灰化を示唆し得る。さらに、必要な再生プロセスの頻度は、たとえば、ディーゼルエンジンにおける機関燃焼の煤形成の増加等の基礎となる他の欠陥を示唆し得る。フィルタの灰化であるのか、又は、煤形成の増加をもたらす他の欠陥であるのかの区別は、たとえば、他の診断量によって、又は、負荷カウンタ（たとえば、現在のフィルタ要素の投入以来の総走行距離（km））によっても特定可能である。他の例として、フラップの解放機能の数をカウントするカウンタを、状態指標として用いることができる。このような機能は、たとえば、凍結したフラップを再び解放するために、短いアクチュエータインパルスを利用する。

10

**【0041】**

機能のデバウンス時間も、状態指標として利用可能であり、又は、そこから状態指標を導出するために利用可能である。デバウンス時間は、たとえば、信号入力側の状態変化があった場合に、所定の期間が経過した場合に、又は、この状態が所定の持続時間にわたって発生した場合に初めて、この変化を記録するために、時間的な境界値として定められる。この目的のために、特定の信号、特定の状態又は特定の値が初めて発生すると直ちに、カウンタ又はタイマが開始されるものとしてよい。所定のデバウンス時間に達した後に、この信号自体をさらに処理することができる。この場合、デバウンス時間を、基本的に、信号入力側における信号変化又は状態変化に対しても、特定の境界値（たとえば、上側の閾値）に関する変化に対しても定めることが可能である。したがって、欠陥識別に対するデバウンス時間も定めることが可能であり、これによって、属するデバウンス時間が経過した後に初めて、エラー自体が識別、格納又は表示される。たとえばエンジンにおける空気質を調整する場合、特に一時的な走行状況においては、短時間の偏差は通常のものであり、回避されるべきものではなく、これに対して、長時間続く偏差はエラーを示唆する。これに対応して、偏差信号に対するデバウンス時間が定められるものとしてよい。デバウンス時間は、制御装置における複数の通常の診断機能において見られ、したがって、容易に、かつ、評価のための付加的なコストをかけずに、状態指標として用いることが可能である。

20

**【0042】**

たとえば診断機能に対して、1回の走行サイクル内又は所定の走行区間内で（たとえば100kmの区間ごとに）最大デバウンス時間が検出される場合には、欠陥識別閾値から各構成要素がどの程度離れていたのかを特定するために、この値を、欠陥に対して定められている閾値と関連して利用することができる。

30

**【0043】**

状態指標のためのさらなる値として、いわゆるエラー率又はエラー商を利用することができる。エラー率は、構成要素に欠陥がないとみなされる時間に対する、（たとえば、閾値の超過に基づいて）構成要素の欠陥が疑われる時間の比率であってよい。エラー率は、単独で、又は、使用されるエラー条件に関連して、構成要素が欠陥識別閾値からどの程度離れているかを表す尺度を提供することができる。

**【0044】**

調整部の調整パラメータも、状態指標として利用することができる。たとえば、調整パラメータを検出し、評価することができ、特に、調整部の積分器成分（I成分）を検出し、評価することができる。調整器においてI成分は、特に定常的なエラー補正を担う。したがって、多くの機能において、I成分は、欠陥のない場合に定常状態においてゼロに近似し、逆に、偏差は、調整されるべき量に関連して、生じ得るドリフト又は欠陥を示唆する。このような調整パラメータは、動作点に強く関連する可能性があるため、このような調整パラメータを、特定の動作パラメータに関連して、ヒストグラムないし頻度分布として検出し、評価することもでき、すなわち、たとえば、種々異なる動作範囲に対して別個に検出することもできる。

40

**【0045】**

50

例として、以下においては、ディーゼルエンジンのエアシステムの状態監視のために用いることができる、診断特徴の範囲からの種々異なる、可能な状態指標を提案する。

【0046】

構成要素の物理的な状態として、たとえば、エアシステムの種々異なる範囲における圧力、温度及び質量流量を、状態指標として、又は、状態指標を形成するために、用いることができる。たとえば、エアシステム内の種々異なる冷却器の効率を状態指標として利用することができる。

【0047】

高圧排気ガス再循環冷却器の効率を、たとえば、高圧排気ガス再循環冷却器後の温度、排気ガス再循環冷却前のモデル化された排気ガス温度、排気ガス再循環冷却前のモデル化された圧力、測定された吸気管圧、高圧排気ガス再循環による計算された質量流量（これは、たとえば、空気質量センサの測定値、吸気管圧、吸気管温度、及び、エンジン回転数から特定可能である）、及び、高圧排気ガス再循環冷却器の冷却剤温度から特定することができる。

10

【0048】

モデル化された値のために、たとえばエアシステムを調整するために又は排気ガス中の特定の値を監視するために利用される通常の物理的なモデルを使用することができる。

【0049】

他の例として、低圧排気ガス再循環冷却器の冷却効率を、低圧排気ガス再循環冷却器後の温度、低圧排気ガス再循環冷却前のモデル化された排気ガス温度、排気ガス再循環冷却前のモデル化された排気ガス圧力、ターボチャージャ前の測定された若しくはモデル化された圧力、又は、空気質量センサにおける圧力若しくは周囲圧力、低圧排気ガス再循環部を通る計算された質量流量（これは、たとえば、空気質量センサの測定値、吸気管圧、吸気管温度、並びに、エンジン回転数、又は、選択的に、低圧排気ガス再循環区間にわたる差圧並びに低圧排気ガス再循環区間における温度及び圧力から特定可能である）、及び、低圧排気ガス再循環冷却器の冷却剤温度から特定することができる。

20

【0050】

最後に、インタークーラの冷却効率も測定値から特定することができ、すなわち、たとえば、インタークーラ後の測定された温度、インタークーラ前のモデル化された温度、たとえば圧縮モデルから計算されるターボチャージャ圧縮機後の温度、インタークーラ内の圧力、たとえばインタークーラ前又は後のブースト圧、低圧排気ガス再循環区間を通る質量流量（これはたとえば、空気質量センサの測定値、吸気管圧、吸気管温度及びエンジン回転数、さらに場合により、低圧排気ガス再循環を使用する場合には、低圧排気ガス再循環区間にわたる差圧並びに低圧排気ガス再循環区間における温度及び圧力から特定可能である）、低圧排気ガス再循環冷却器の冷却剤温度（水冷式インタークーラの場合）、又は、車両速度又はインタークーラファンの駆動制御（空冷式インタークーラの場合）から特定することができる。

30

【0051】

エアシステムの場合、これらの3つの効率の全て、又は、これらの効率の1つ若しくは2つだけが、状態指標として例示的に選択され得る。

40

【0052】

この場合、これらの測定値からの状態指標としての効率の決定を、たとえば、所定の期間にわたってパラメータ値（測定された、計算された、又は、モデル化された値）の平均値を形成することによって行うことができる。状態指標としての評価のために、所定の動作範囲内で検出された値のみが使用されることが定められていてもよい。たとえば、安定動作、定常動作又は準定常動作における値のみが、状態指標としての評価の際に使用されることが定められるものとしてよい。選択的又は付加的に、状態指標としての評価のための有効な動作範囲が閾値に基づいて定められるものとしてよく、これによって、上記の例においては、たとえば、質量流量又は冷却剤温度が特定の値範囲にある又は特定の閾値を上回る動作点の値のみが考慮され得る。付加的に又は選択的に、冷却装置の入口において

50

、冷却剤温度と排気ガス温度との間に十分に大きい温度差が存在するかを検査することができ、任意選択的に、たとえば閾値である期間を定めることによって、このような状態が既に特定の時間にわたって存在しているかを検査することもできる。このようなパラメータが既に診断機能に対して使用されており、このために有効な動作範囲が設定されている場合には、状態指標としての使用に対しても、同一の有効性パラメータを使用することができる。しかし、選択的に、状態指標として使用するために、診断機能の場合とは異なる有効条件を選択することもできる。

**【 0 0 5 3 】**

たとえば、エアシステムの制御のために設けられている制御装置においては、冷却効率をパラメータとして提供することができ、他の量は、「真である」又は「偽である」として、属する値が適当な動作範囲内で検出されたかを示すことができる。したがって、有効な動作範囲を評価するためのこの量を、状態指標である、冷却器効率の有効性に対するトリガ条件として利用することができ、したがって、有効な動作範囲内で検出された、冷却器効率に対する決定された全ての値を状態指標として格納することができ、及び/又は、評価を行っているユニットに伝送することができる。

10

**【 0 0 5 4 】**

エアシステムにおいて、たとえば、排気ガス再循環弁が閉じられている場合のエンジンを通るモデル化された質量流量に対する空気質量センサ値の偏差を、センサ及びアクチュエータの学習値の範囲からの状態指標としてみなすことができる。排気ガス再循環弁が閉じられている場合のエンジンを通るモデル化された質量流量は、吸気管圧、吸気管温度及びエンジン回転数から生じる。次いで、このモデル化された値を、再び、所定の有効な動作条件下で検出された測定値（たとえば閉じられている排気ガス再循環弁、定常動作、定められている境界内の空気質量流量）と比較し、任意選択的に平均化することができる。次いで、モデル化された空気質量値と測定された空気質量値との間の特定された偏差を、状態指標として格納し、伝達し、評価することができる。さらに、現在測定されている空気質量値も、固有の状態指標として使用することができる。種々異なる空気質量のもとで複数回の比較が実行される場合、空気質量に関する偏差係数の経過を評価することができる。このような場合には、線形の偏差、すなわち、空気質量範囲にわたる一定の係数は、空気質量センサのエラーを示唆する傾向があり、他方で空気質量範囲にわたる係数の増加を伴う偏差は、たとえば、排気ガス再循環システム又はクランクケース換気部からの堆積物による吸気管のスーティングを示す傾向がある。予期せぬ偏差係数の低下が発生した場合、たとえば、欠陥を有する、著しく汚れている、又は、誤った清掃が行われたエアフィルタによるエラーが疑われ得る。

20

30

**【 0 0 5 5 】**

デバウンス時間を、エアシステムにおいて、たとえば空気質量の調整時に利用し、上述したように評価することができる。同様に、デバウンス時間、及び、対応するタイマ又はデバウンスカウンタがブースト圧調整時に使用されるものとしてよく、状態指標として利用可能である。デバウンス時間が利用され、対応するカウンタが存在し得る他の範囲は、排気ガス再循環の流れ監視であり、これは、過度に多量又は過度に少量の排気ガスが戻し管路を介して導かれるかどうかを検査し、これによって、管路のスーティング又は弁の誤機能の推定を可能にする。この場合、同様に、種々異なる動作範囲について別個に診断を実行することができ、これによって、属する値を別個に状態指標として評価することもできる。

40

**【 0 0 5 6 】**

上述したようなエラー率を、たとえば、高圧排気ガス再循環のスーティング識別から得ることができ、これには、任意選択的に、同様に、動作範囲に対する有効条件が与えられるものとしてよい。また、排気ガス再循環システムの速度の監視も、エラー率で動作することができ、この場合、たとえば、エラー状態の正の偏差及び負の偏差を、指標として別個に使用することが可能である。

**【 0 0 5 7 】**

50

最後に、エアシステム内の調整パラメータとして、ブースト圧調整、空気質量調整、排気ガス再循環調整、又は、種々異なるアクチュエータ（たとえば、弁、スロットルバルブ、排気ガスフラップ、ターボチャージャアクチュエータ又はスワールフラップ）の位置調整のパラメータが状態指標として評価され得る。

【0058】

エアシステムに関する上述した全ての状態指標を、エアシステム内のエラーから、欠陥を有する各構成要素を限定することができるようにするために、個別に及び/又はまとめて評価することができる。

【0059】

自明のとおり、状態指標に関する上述のグループ及び細分化も、具体的に挙げたパラメータも、例示的に挙げられているだけであり、基本的には、システムにおけるそれぞれの値又はパラメータを状態指標として利用することができ、この状態指標は、少なくとも部分的に特定のシステム状態によって影響を受けることがあり、ひいては逆に、状態評価のために評価されることもある。

【0060】

既に説明したように、状態指標として、負荷カウンタのクラスに割り当てられた値も利用することができる。

【0061】

たとえば、構成要素の機械的な負荷を検出するために、種々異なる振幅に対する振動の動きの数を検出し、構成部材設計に対する所定の値と比較することができる。このような負荷値は、特に、専門分野において公知のいわゆるレインフロー線図又はヴェーラー線に基づいて示されるものとしてよい。状態指標として、構成部材設計との比較を、振動カウンタ自体と同様に利用することができる。構成要素への最小の作用力及び/又は最大の作用力の検出、又は、定められている走行サイクルごとの作用力の検出も、状態指標として利用可能である。

【0062】

熱負荷を検出するため、たとえば、構成要素の耐久性に関連する箇所における温度分布を検出又はモデル化することができ、したがって、どの温度範囲において構成要素がそれぞれどのような期間にわたって動作したかが検出される。同様に、ここでも、走行サイクル中の温度の最小値及び/又は最大値を評価することができる。先の例における機械的な振動と同様に、温度振動の動き、すなわち、特定の温度範囲にわたる加熱と冷却とから成るサイクルも検出可能である。このような温度変動の際に構成部材の負荷が発生するので、これらのパラメータも、耐久性分析のための状態指標として評価可能である。

【0063】

さらに、車両のメンテナンス状態、たとえば、特定の点検プロセスの検出、オイル交換間隔、又は、（部分的な）構成要素の交換の実行を表す量が、状態指標として適している。

【0064】

たとえば、ターボチャージャを監視するために、以下の負荷カウンタ状態指標、すなわち、定められている温度範囲における動作持続時間、たとえば、ターボチャージャが所定の（高い）閾値を上回る温度で動作した長さ、同様に、定められている回転数範囲における動作持続時間、たとえば、ターボチャージャが特定の回転数閾値を上回って動作した長さ、低温のターボチャージャにおける高い回転数又は高い温度等の強い負荷が生じた頻度、すなわち、強い負荷交番が生じた頻度、温度差に対する特定の閾値を上回る温度交番の数、モータが高温で停止した頻度（軸受におけるオイルの炭化の危険）、オイル交換の数又は間隔、車両に対する短距離走行と長距離走行との間の比を基礎として用いることができる。

【0065】

自明のとおり、ここでは、動作範囲に対する属する閾値がはじめに任意に選択可能であり、この閾値は、たとえば、特に、構成要素の特に高い負荷が予想される動作範囲が評価

10

20

30

40

50

に共に含まれるように設計可能である。しかし、説明した負荷カウンタ値を、全ての動作範囲に対して検出し、評価することも可能であり、又は、選択された高負荷動作点に対する負荷カウンタ値を、全ての動作範囲に対する負荷カウンタ値に加えて、概して状態指標として使用することも可能である。カウンタが関係する期間も適当に選択することが可能であり、特に負荷カウンタを構成要素の全使用持続時間にわたって考慮することが可能であるが、使用されている値に応じて、負荷カウンタを所定の条件下でリセットすることも可能である。

**【 0 0 6 6 】**

次いで、状態指標として検出された値を、はじめに集約して、たとえば制御装置のメモリ要素に格納することができる。この場合、ネットワーク化された種々異なる制御装置のデータを、中央で収集して格納することもできる。

10

**【 0 0 6 7 】**

次いで、このようにして収集された値が評価され得る。評価のために、特に、状態指標に対する検出された値を適当な処理ユニットへ伝送することができ、この処理ユニットは、複数のパラメータに対して必要な評価のために十分な計算能力を提供することができる。このような処理ユニットは、たとえば、リモートサーバ、工場のPC、中央制御部、又は、たとえば、プロセッサ、マイクロコントローラ、適当な揮発性メモリ要素及び不揮発性メモリ要素、又は、説明したステップを実行することができる類似の構成要素を有する他のあらゆる装置を含み得る。処理ユニットへの伝送を、たとえば、無線通信接続又は有線通信接続によって行うことができ、たとえば、移動無線ネットワークと、車両において利用可能な相応のインタフェースとを介して、又は、工場における点検の際にケーブル接続を介して、行うことができる。これらのデータを、たとえば、所定の時点で、規則的な時間間隔で、又は、呼び出しに基づいて、まとめて伝送することができ、又は、各特定若しくは計算の後にも、たとえば、対応する診断特徴が制御装置によって計算されるたびに伝送することができる。生値として、又は、集約された形態で、たとえば、最小値として、平均値として、最大値として、値を局所的に格納し、次いで、これらの集約された値を、たとえば、走行サイクルの終了時に、又は、それぞれ所定の走行区間の後に（たとえば100kmごとに）伝送することも可能である。次いで、車両内に格納されている値が、伝送後、任意選択的に消去又はリセットされ得る。

20

**【 0 0 6 8 】**

最適な伝送頻度並びに格納される値の数及び選択は、利用可能なメモリ容量及び利用可能な伝送手段、たとえばデータ伝送の帯域幅及びコストも考慮することができる。さらに、格納条件及び伝送条件を定めるために、特定の状態指標がどの程度の頻度で決定又は計算されるのか、及び、個々の値の正確さ又は変動がどの程度のレベルであるのかも共に取り入れることができる。有効な結果を供給するためには、特定の動作状態が特定の時間にわたって存在する必要があるので、走行サイクルごとに評価可能な結果を供給するのではない状態指標が定義されるものとしてよい。他の状態指標によって、短時間で、複数の検出された値を得ることができ、これらの値は個々の値として又は集約された形態で評価のために利用可能である。種々異なる状態指標又は状態指標の種々異なるサブグループに対して、異なる伝送条件が定められるものとしてよい。たとえば、負荷カウンタの伝送は、比較的長い時間区間で行われ得るのに対して、連続して検出された診断特徴は、より頻繁に伝送される。さらに、伝送のために他の条件又はトリガ条件が有効であることがあり、制御装置内の従来の診断機能によるエラーの識別時に、状態指標に対して現在収集されている全ての値又はたとえばこのエラーに関連し得る、特定の数の他の値が、通常の伝送サイクル外で直ちに伝達されることが定められるものとしてよい。

30

40

**【 0 0 6 9 】**

次いで、評価を行っているシステムにおいて、以降の評価ステップのうちの種々異なる評価ステップを、個別に又は組み合わせで実行することができる。

**【 0 0 7 0 】**

特に、診断特徴に関する状態指標を、所定の閾値と比較することができる。この場合に

50

は、この閾値は、診断機能にも使用された同一の閾値であってよく、選択的に、確率に基づいた評価のために、他の境界値が同一のパラメータに対して定められるものとしてよい。閾値を上回ったか又は下回ったかの簡単な検査に加えて、任意選択的に、検出された値から各閾値までの間隔も特定することができ、たとえば、生じ得る欠陥に対する重み付け又は評価指標をこの間隔から導出することができる（又は、この間隔自体が評価指標として利用される）。欠陥についての、まだ到達していない閾値に対する間隔が比較的大きい場合には、欠陥確率が比較的低いことが示唆され、他方では、閾値に対する偏差が比較的小さい場合には、欠陥の確率が高いことが示され得る。すなわち、所定の値とパラメータ値とのこの直接的又は間接的な比較によって、各状態指標に対して、現在のパラメータ値に基づいて、評価指標を得ることができ、評価指標は、たとえば、確率値、間隔値、又は

10

#### 【0071】

個々のシステム、たとえば車両の検出された状態指標を、他の同等なシステムの同一の状態指標に対する値と比較すること、たとえば、同様にこれらの値を少なくとも部分的に提供する車両フリートと比較することも可能である。ここでは、自身の決定された状態指標を提供するシステムの多くが、欠陥のない状態を有するので、複数の他のシステムの状態指標の統計的な特性値から（たとえば、それぞれ、各状態指標に対する平均値から、標準偏差から、頻度分布から又は他の導出された値から）、及び、個々のシステムの状態指標との比較から、個々のシステムの機能性又は状態が推定可能であると仮定することができる。たとえば、個々のシステムの1つ又は複数の値が、複数の他のシステムの同一のパラメータ値の平均とは明らかに偏差している場合、このことは欠陥を示唆し得る。選択的に、個々の値も、それぞれ他の値と比較可能であり、はじめに、特定された偏差値を統計的な手法によって評価することができる。ここでも、たとえば、個々のデータと、他のシステムのまとめられたデータとの間の特定された偏差に関連して、欠陥についての評価指標を出力することができる。

20

30

#### 【0072】

（たとえば、診断機能からの、又は、状態指標に対して特有の）欠陥閾値と、平均において欠陥がないとみなされる他のシステムの値との比較とを組み合わせることによって、検出された値をより良好に表現することができる。2つの比較によって、欠陥確率を、たとえば、0%（残余のシステムの平均値に相当する値）と100%（診断機能の欠陥境界を上回る値）との間で定めることができるので、この間に位置する全ての値に対して、同様に、対応する確率が示される。

#### 【0073】

また、1つ又は複数の状態指標の時間的な経過も評価に用いることができる。パラメータが時間にわたって及び/又は走行した走行区間にわたって緩慢に変化する場合、このことは、緩慢なドリフトを示唆し得る。このような緩慢なドリフトは、継続する可能性が高く、相応に外挿され得る。これによって、故障確率を特定することができる。これに対して、パラメータが跳躍的に変化し、新たな値に留まる場合には、この変化を、任意選択的に、はじめに、この時点で発生している走行条件（たとえば、高い温度、全負荷下における比較的長い走行）に関連付けることができる。そうでない場合には、予期しない跳躍的な変化は、診断の本来の欠陥閾値にまだ達していない場合でも、構成要素の自然発生的な欠陥を示唆し得る。

40

#### 【0074】

さらに、種々異なる状態指標を、基礎となるシステムエラーに関連する複数の関連性グ

50

ループに分けることができる。基礎となるシステムエラーに対して比較的高い関連性を有する状態指標は、この場合、基礎となるシステムエラーに対して比較的低い関連性を有する状態指標とは異なる関連性グループに分けられる。各関連性グループにはさらに、関連性係数が割り当てられており、関連性係数は、比較的高い関連性を有する関連性グループに対しては、基礎となるシステムエラーに関して比較的低い関連性を有する関連性グループよりも大きい。次いで、状態指標に、関連性グループに割り当てられている関連性係数が乗算される。

#### 【0075】

負荷カウンタのグループからの状態指標を、構成部材の設計に対する所定の設計目標と比較することができる。負荷カウンタが設計目標の近くの値又は設計目標を上回る値を有する場合には、同様に、比較的低い負荷カウンタ値に比較して、故障の確率が高くなっている可能性がある。

#### 【0076】

特に、構成要素又はサブシステムに対する診断特徴と負荷カウンタとを組み合わせで評価することによって、これらのグループのうちの1つだけを評価する場合と比較して、診断の改良が可能になる。

#### 【0077】

状態指標の評価は、検出された各値に対して、個々の確率又は評価に関する類似の主要な数値を評価指標として示すことができる。次いで、これらの評価指標の組合せから、1つ又は複数の構成要素の欠陥についての全体的な確率又は複数の構成要素から成るサブシステムの欠陥についての全体的な確率又は診断ステップに対する診断確率を決定することができる。評価指標の組合せを、たとえば、既存の組合せのストックから特定することができる。この場合、これらの既存の組合せは、フリーデータの評価から得られる組合せであってよい。したがって、評価指標の一部の組合せは、実際にはまれにしか生じない又は全く生じない可能性があり、他方では、他の組合せは、極めて頻繁に生じる可能性がある。したがって、評価指標の組合せの選択は、頻繁に生じる組合せのうちの1つに限定され得る。さらに、個々の評価指標は重み付けされるものとしてよく、その結果、具体的な欠陥に対して、特定の偏差又はエラーが、他の偏差又はエラーよりも高く重み付けされる。重み付け係数を、ここでは、特に、システムの製造開始前に既に存在している、工場における診断可能性分析(DMA)又は導かれたエラー探索(GFS)の情報から得ることができる。なぜなら、重み付け係数は、経験値に由来するからであり、又は、事前に検証フリートにおいて決定されているからである。

#### 【0078】

さらに、どの状態指標が直接的若しくは間接的に関係するのか、又は、特定の構成要素に関連するのかが設定されるものとしてよく、これは、たとえば種々異なるグループに状態指標をグループ化することによって、重み付けを提示することによって、又は、他の方式によって、設定されるものとしてよい。これらのグループの選択は事前設定されるものとしてよく、一般的な欠陥識別に基づいて得られるものとしてよい。たとえば、個々の触媒の故障がどの状態指標に作用するかが設定されるものとしてよく、その場合には、これらの状態指標を触媒の欠陥識別のために共に評価することができる。この場合、各状態指標は、任意の数のグループに割り当てられるものとしてよい。たとえば、複数の異なる構成要素に欠陥又は悪化が生じている際に、特定の排気ガスパラメータの変化が生じる場合があり、したがって、属する状態指標が、これらの構成要素ごとにグループ化される。それにもかかわらず、これらのグループは、自身の全体的な組成において異なっていてよいので、これによって、エラーのより正確な限定が可能になる。したがって、各構成要素とは無関係の状態指標のパラメータ値の変化を無視することができる。

#### 【0079】

基本的に、状態指標の評価を、機械学習によって、たとえば1つ又は複数のニューラルネットワークによって行うこともできる。ニューラルネットワークのための入力データとして、たとえば、検出された状態指標自体及び/又は閾値比較、フリート値との比較及び

10

20

30

40

50

他の特定から決定された評価指標を用いることができる。システムに対する状態指標を比較的長い時間にわたって検出し、状態指標に対する各値をエラーのない時間又は実際に発生した効果とリンクさせることによって、教師あり機械学習のためのラベル付き学習データを形成することができる。付加的又は選択的に、複数の状態指標の偏差における構造を識別するために、教師なし学習の手法を選択することもできる。この場合には、出力値として、たとえば、特定の構成要素に対する欠陥確率が出力され得る。選択的又は付加的に、出力値として、現在のシステム状態を複数のクラスにクラス分けすることができ、この場合、たとえば、エラーのない状態は、構成要素又はシステム全体の起こり得るあらゆる欠陥と同様に、1つのクラスを形成し得る。

**【0080】**

10

評価システムは、任意選択的に、評価を継続的に改良するためにさらなる情報も共に取り入れることができる。

**【0081】**

たとえば、工場において、手動のさらなる診断ステップが実行される場合には、診断の結果を検出して、評価システムにフィードバックすることができる。これによって、評価システムの結果が、他の指標によって強化、確認又は反証され得る。次いで、これに対応して、たとえば、評価全体における欠陥確率の計算又は個々の状態指標の重み付けの調整を行うことができる。同様の方式により、交換される、欠陥を有する構成要素を任意選択的に調べて、欠陥の正確な詳細を含み得る結果を評価システムにフィードバックすることができる。次いで、これらの構成要素に対する、時間にわたって検出された測定データ及び状態指標と共に、状態指標と欠陥との間の関係を推定することができる。

20

**【0082】**

同様に、修理又は点検プロセス前の状態指標の値と修理又は点検プロセス後の状態指標の値とを比較することができる。状態指標が変化した場合、すなわち、状態指標において修理の効果が見て取れる場合には、確率評価の割り当て及び重み付けが確認されるものとしてよい。これに対して、たとえば、構成部材が交換されたにもかかわらず、測定された値に変化が生じない場合には、他の構成要素の欠陥が存在するのかがより詳細に検査されるものとしてよい。さらに、このようなケースにおいては、各状態指標の、構成要素又はサブシステムへの割り当て又は状態指標の重み付けを検査し、変更することができる。

30

**【0083】**

修理後に改良が識別されたが、比較的短い所定の時間内に再び、上回り若しくは下回り又は欠陥の他の示唆が生じる場合には、類似の方式によって、他の構成要素の欠陥又は複数の構成要素の相互作用における複合的なエラーが存在するかどうかを検査されるものとしてよい。

**【0084】**

また、基本的に、上述の評価ステップを直接的に車両において実行すること、又は、現地において、このような方式により監視されるべき定置された装置において実行することも可能である。たとえば、このような計算を実行することができる複雑な制御装置のような、十分に高性能な処理ユニットが設けられている場合には、他の処理ユニットへの伝送を、必須ではないが、補足的に実行することができる。現地における評価が行われる場合には、比較のためのフリーデータ及び更新された閾値のような、これに必要なさらなる値及びパラメータを、リモートサーバ又は他のユニットから現地の処理ユニットに伝送することができる。たとえば、リモートサーバにおいて、収集されたフリーデータの評価を行うことができ、この評価から今度は、個々の評価のための現在の閾値又は重み付けが導出され、さらにこの導出された閾値又は重み付けが現地の処理ユニットに送られ、この現地の処理ユニットにおいて、これらの導出された閾値又は重み付けが評価のために使用されるものとしてよい。

40

**【0085】**

特に、工場の熟練工の経験値と、検証フェーズにおいて決定されたデータとに基づく上

50

述したノウハウモデルが、ノウハウ及びフリートデータからのフリートデータに基づくモデル又はハイブリッドモデルに変換される。これによって、個々の構成要素又は診断手段の欠陥確率を一連のデータに基づいて改良することができる。付加的に、個々の状態指標の時間的な影響を考察に共に取り入れることも可能であり、これによって、たとえば、長年の動作の後又は特定のキロメートル数以後において初めて発生する欠陥を、改良された方式により特定することが可能になる。

#### 【0086】

類似のシステムにおいて収集され、リモートサーバ又はクラウドメモリに格納されているフリートデータと、システムに収集されたデータとを、フリートのシステム及び調べられるべきシステムを種々異なるグループに分けるために使用することができる。たとえば、種々異なる排気ガスの種類（NO<sub>x</sub>、NH<sub>3</sub>、CO、HC、...）のエミッションレベルに関するデータを収集することができ、システムを、たとえば、低エミッションのグループと、高エミッションのグループとに、特に各排気ガスの種類ごとに別個に割り当てることができる。調べられるべきシステムにおいて、高い排出値が発生し、したがって、これが、高エミッションのシステムのグループに割り当てられる場合、欠陥確率及び/又は診断確率を決定するために、たとえば、評価指標の組合せを特定する際に、同一のグループに割り当てられているシステムに由来するフリートデータのみを用いることができる。さらに、種々異なるグループに分けることによって、どの状態指標又は状態指標の組合せが、値が顕著な場合でも、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥に影響を与えないかが決定される。たとえば、状態指標又は種々異なる状態指標の組合せが、低エミッションのグループにおける車両においても高エミッションのグループにおける車両においても顕著な値を有する場合には、これらの状態指標又は状態指標の組合せが、基礎となるシステムエラー又は上位の欠陥の特定に関連する可能性は低い。これに対して、状態指標又は種々異なる状態指標の組合せの顕著な値が、高い排出値の車両のグループにおいてのみ発生する場合には、これらは、欠陥確率及び/又は診断確率の決定に特に関連する。したがって、フリートのシステム及び調べられるべきシステムを、たとえばエミッションレベルに基づいて、種々異なるグループに分けることによって、個々の状態指標の重み付け又は評価指標の使用されるべき組合せの特定が改良される。

#### 【0087】

逆に、十分なフリートデータが存在する場合には直ちにモデルを開発することができ、このモデルによって、たとえばエミッションレベル、及び、他のあらゆる関連するシステムエラーも、モデル化される。このようなモデルは、機械学習又は他のAIアプリケーションによって作成される。ここから、たとえば、将来の状態指標の変化する値がエミッションレベルにどのような影響を与え得るかを事前に特定することができる。これによって、さらに、欠陥の可能性及び/又は診断の可能性を決定する状態指標又は評価指標の関連する組合せが、より良好に特定される。1つ又は複数の状態指標の時間的な経過を外挿することもでき、これによって、エミッションレベルを上回る、又は、システムエラーが発生する将来の時点を特定することができ、システムのユーザに早期に警告メッセージを表示することができる。

#### 【0088】

特に、実行された修理、すなわち、最終的に交換された構成要素、及び、この修理が、たとえばエミッションレベル又は個々の状態指標に及ぼした影響のデータを取り入れることによって、1つ又は複数の構成要素の交換又は修理が状態指標に及ぼす影響を特定するためのモデルが開発される。状態指標に基づいてエミッションレベルを特定する上述したモデルとの組合せにおいて、たとえばエミッションレベル又は他のシステムエラーを再び許容される範囲内にシフトさせるためにどの1つ又は複数の構成要素が交換又は修理されるべきかを決定することができる。特に、ここでは、可能な限り迅速にかつ低コストのシステム修理を可能にするために、たとえば、構成要素のコスト及び/又は構成要素の可用性又は納入時期を共に取り入れることができる。

10

20

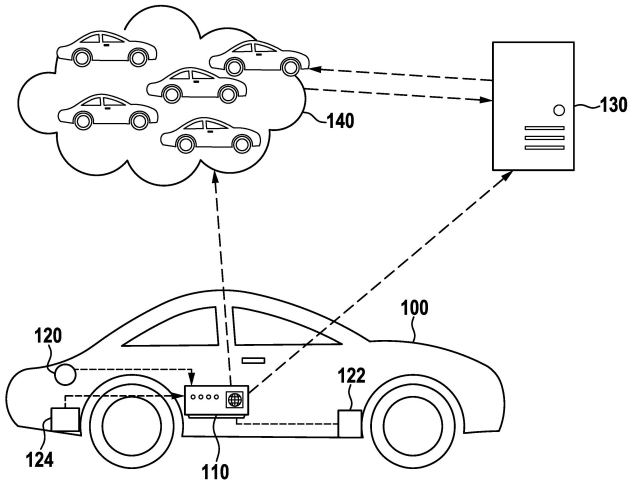
30

40

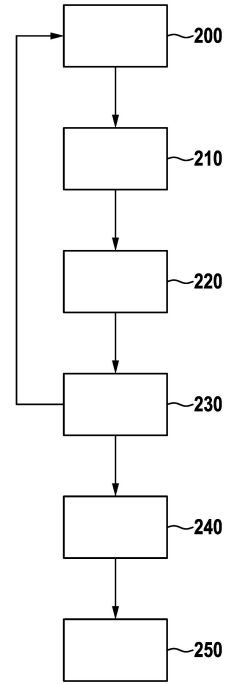
50

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

20

30

40

50

【 外国語明細書 】

[2023155219000004.pdf](#)

## フロントページの続き

- 弁理士 永島 秀郎  
(74)代理人 100162880  
弁理士 上島 類  
(72)発明者 ダニエル コンツェルマン  
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト リンツァー シュトラーセ 9 5 アー  
(72)発明者 ディールク シュテーブラー  
ドイツ連邦共和国 オーベアリークシンゲン シュペアリングヴェーク 1 0  
(72)発明者 ヘニング ホフマイヤー  
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト テュービンガー シュトラーセ 9 3  
(72)発明者 ヨハネス ツァイトラー  
ドイツ連邦共和国 バックナング ミッタージラー ヴェーク 4  
(72)発明者 カーステン ガントナー - ツァング  
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト パノラマシュトラーセ 8  
(72)発明者 マークス ヴィリモフスキ  
ドイツ連邦共和国 フライベアク・アム・ネッカー ツェッペリンシュトラーセ 6  
(72)発明者 ローベアト マンフレート ツィールケ  
ドイツ連邦共和国 シュヴィーバーディングェン イン・デア・アウエ 3  
(72)発明者 シュテファン ミヒャエル  
ドイツ連邦共和国 マークグレーニンゲン フリーダーヴェーク 5  
F ターム (参考) 3C223 AA16 BA03 CC02 DD03 EB02 EB03 EB07 FF02 FF03 FF04  
FF05 FF12 FF22 FF23 FF24 FF35 FF42 FF45 FF52 FF53 GG01  
HH02