

明 細 書

発明の名称：異常検知装置、異常検知プログラム、及び学習装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラントにおいて異常を検知する異常検知装置、異常検知プログラム、及び学習装置に関する。

背景技術

[0002] プラントの状態変化を監視する技術が提案されている。例えば、特許文献1には、プラントから時々刻々と入力されるプロセス値を時系列的なプロセスデータに変換して記憶し、所定の検査区間内の複数のプロセスデータを統計処理することによりプロセス値の変化傾向を検出する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-278621号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、プラントは、通常、多数の制御系で構成されており、一部の制御系の異常が他の制御系に影響を及ぼしうる。この場合、各制御系のプロセス値（PV）、目標値（SP）、又は制御量（MV）を個別に監視しても、異常の予兆を検知することは難しい。

[0005] 本開示の目的は、プラントにおいて異常を検知する技術を向上させることにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本開示のある態様の異常検知装置は、複数の装置を備えるプラントの運転中に、複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値を取得するプロセス値取得部と、監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値を取得する指令値取得部と、所定期間にプロ

セス値取得部により取得されたプロセス値の変動幅と指令値取得部により取得された指令値の変動幅との関係に基づいて、監視対象装置の異常を検知する異常検知部と、を備える。

[0007] 本開示の別の態様は、異常検知プログラムである。このプログラムは、コンピュータを、複数の装置を備えるプラントの運転中に、複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値を取得するプロセス値取得部と、監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値を取得する指令値取得部と、所定期間にプロセス値取得部により取得されたプロセス値の変動幅と指令値取得部により取得された指令値の変動幅との関係に基づいて、監視対象装置の異常を検知する異常検知部と、として機能させる。

[0008] 本開示の別の態様は、学習装置である。この装置は、複数の装置を備えるプラントが所定期間運転されたときに取得された、複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値の変動幅と、監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値の変動幅と、監視対象装置の状態を示す情報とを学習データとして取得する学習データ取得部と、学習データに基づいて、プロセス値の変動幅と指令値の変動幅との関係に関する指標に基づいて監視対象装置の異常を検知するための検知基準を学習する学習部と、を備える。

[0009] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、プラントにおいて異常を検知する技術を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態に係る異常検知システムの全体構成を示す図である。

[図2]実施の形態に係る異常検知装置により監視される監視対象装置の例を示す図である。

[図3]プロセス値（P V）と指令値（O P）の時間変化の例を示す図である。

[図4]所定期間におけるP VとO Pの値をプロットした散布図の例を示す図である。

[図5]P V、O P、指標の時間変化の例を示す図である。

[図6]図2に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図7]図2に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図8]図2に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図9]実施の形態に係る異常検知装置により監視される監視対象装置の別の例を示す図である。

[図10]図9に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図11]図9に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図12]図9に示した監視対象装置のP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図13]他の制御系や外乱などによって制御が不安定化したときのP V、O P、指標値の時間変化の例を示す図である。

[図14]プラントが運転されたときに算出された指標をクラスタリングした例を示す図である。

[図15]監視対象装置が正常状態から異常状態に遷移する確率の時間変化の例を示す図である。

[図16]複数の制御系を含むプロセスにおける指標の時間変化の例を示す図である。

[図17]実施の形態に係る学習装置の構成を示す図である。

[図18]実施の形態に係る異常検知装置の構成を示す図である。

[図19]図19(a)(b)(c)は、異常検知装置10により算出された指

標の時間変化の例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0012] 図1は、実施の形態に係る異常検知システムの全体構成を示す。異常検知システム1は、複数の装置により構成されるプロセスを実行するプラント3と、プラント3に備えられた複数の装置のうち監視の対象となる監視対象装置5と、監視対象装置5を制御する制御装置4と、監視対象装置5の異常を検知する異常検知装置10と、異常検知装置10において異常を検知するために使用される検知基準を学習する学習装置40とを備える。これらの装置は、通信手段の一例であるインターネット2により接続される。通信手段は、インターネット2以外の任意の通信手段であってもよい。
- [0013] 複数の制御装置4によりそれぞれ独立して自動フィードバック制御される複数の装置により構成されるプロセスにおいて、それぞれの自動フィードバック制御による影響が相互に干渉しうる場合には、ある装置において生じた異常の影響が他の装置に伝播し、プロセス全体の挙動が不安定になる可能性がある。本実施の形態の異常検知システム1は、異常検知装置10により監視対象装置5を監視し、監視対象装置5における異常の予兆を検知するので、異常の影響が他の装置に拡大していく前に適切に対処することができる。複数の装置の全てを監視対象装置5としてもよいし、一部の装置を監視対象装置5としてもよい。後者の場合、複数の装置のうち、異常が発生した場合に重大な損害又は危険が発生しうるような特定の重要装置を監視対象装置5としてもよい。また、重要装置の異常を誘因しうる装置を監視対象装置5としてもよい。重要装置の異常を誘因しうる装置は、重要装置の異常を上位事象とするフォルトツリー分析（FTA）により抽出されてもよい。
- [0014] 学習装置40は、プラント3が所定期間運転されたときに取得された運転実績データをプラント3から取得し、運転実績データを使用して検知基準を学習する。学習装置40は、同種の監視対象装置5を備える複数のプラント3から取得された運転実績データを使用して検知基準を学習してもよい。これにより、学習の効率を向上させることができるので、検知基準の精度をよ

り高めることができる。

[0015] 図2は、実施の形態に係る異常検知装置10により監視される監視対象装置5の例を示す。監視対象装置5の一例であるバルブ6は、配管7を流れる流体の流量を制御するために開閉される。バルブ6の開度は、制御装置4の一例であるフローコントローラFCにより制御される。フローコントローラFCは、配管7を流れる流体の流量をプロセス値(PV)として取得し、流量が設定された目標値(SV)となるように、PID制御などによりバルブ6の開度の指令値(OP)を算出し、バルブ6に伝達する。

[0016] 図3は、プロセス値(PV)と指令値(OP)の時間変化の例を示す。図3において、実線はPVを示し、破線はOPを示す。t1までの期間において、PVはほぼ一定に維持されているが、これはフローコントローラFCがフィードバック制御によりOPを変更し続けているからである。t1にバルブ6の開度が100%に達すると、それ以上はバルブ6の開度を変更することができないので、PVが異常値をとり始める。この例においてPVの異常が検知されるのはt1以降であるが、PVだけでなくOPの変動も考慮すると、t1以前から異常の予兆が見て取れる。すなわち、t1以前もバルブ6の開度を変更し続けるとPVを一定に維持できないような状況が生じていたのであり、実際にPVが異常値をとる前から何らかの異常が生じていたと考えられる。しかし、従来のように、PVのみを監視する場合は、t1以降でないと異常を検知することができない。

[0017] 本実施の形態の異常検知システム1は、PVだけでなくOPも監視することにより、PVが異常値をとる前に異常の予兆を検知する。例えば、図3に示す例のように、PVを一定に維持しようとしているときにOPが大きく変動している場合は、異常の予兆である可能性がある。また、OPがほぼ一定であるにもかかわらずPVが大きく変動している場合も、異常の予兆である可能性がある。それに対して、正常な制御においてPVを変更しようとしているときには、PVもOPも同時に変動する。したがって、本実施の形態の異常検知システム1では、PVの変動幅とOPの変動幅との関係に基づい

て異常を検知する。

[0018] 図4は、所定期間におけるPVとOPの値をプロットした散布図の例を示す。図4において、OPは、レンジが0～100になるように正規化し、PVは、分散型制御システム(DCS)の設定レンジの最小値を0、最大値を100として正規化してプロットしている。本実施の形態の異常検知システム1では、散布図にプロットされた各点をカバーする最小の長方形(プロット領域)の対角線の長さLと、対角線と横軸との間の角 θ を、異常を検知するための指標とする。この指標は、所定期間におけるPVの変動幅及びOPの変動幅を成分とするベクトルの大きさと傾きに該当する。異常検知装置10が異常を検知するために使用する指標は、対角線の長さLと角 θ の一方又は双方であってもよいし、対角線の長さLと角 θ の一方又は双方に基づいて算出される値であってもよい。また、指標は、プロット領域の面積や形状などであってもよいし、PVとOPの値から統計的手法により算出される統計値などであってもよい。

[0019] 図5は、PV、OP、指標の時間変化の例を示す。時刻tにおける指標は、時刻tの直前の所定期間におけるPVとOPの変動幅から算出される。同様に、時刻t-1における指標は、時刻t-1の直前の所定期間におけるPVとOPの変動幅から算出される。このように、所定のタイミング、例えば所定の時間間隔で定期的に指標を算出して値を監視することにより、異常を迅速に検知することができる。

[0020] 図6は、図2に示した監視対象装置5のPV、OP、指標値の時間変化の例を示す。期間T1～T2においては、プロセスの状態が安定しており、PVの変動幅もOPの変動幅も小さい。したがって、プロット領域は小さな正方形に近い形状となるので、対角線の長さLは短く、角 θ は45°に近くなる。期間T3～T4において、例えば、下流で閉塞が生じていて流量が正常より少なくなっているものとする。このような異常が生じたとき、流量を一定に維持するためにはバルブ6の開度を上昇させる必要があるので、PVの変動幅は依然として小さいままであるが、OPの変動幅は大きくなる。した

がって、プロット領域は横に長い長方形となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 0° に近くなる。

[0021] 図7は、図2に示した監視対象装置5のPV、OP、指標値の時間変化の例を示す。期間T1～T2は、図6の場合と同様である。期間T3～T4において、例えば、上流の圧力の急激な変化により流量が多くなったものとする。このような異常が生じたとき、フローコントローラFCの制御が追いつかずPVのみが変動するので、OPの変動幅は小さいが、PVの変動幅は大きくなる。したがって、プロット領域は縦に長い長方形となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 90° に近くなる。

[0022] 図8は、図2に示した監視対象装置5のPV、OP、指標値の時間変化の例を示す。期間T1～T2は、図6の場合と同様である。期間T3～T4において、例えば、目標値が変更されたものとする。このとき、正常な制御として、流量を目標値まで上昇させるためにOPが上昇し、それに追従してPVも上昇するので、PVの変動幅もOPの変動幅も大きくなる。したがって、プロット領域は大きな正方形に近い形状となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 45° に近くなる。

[0023] 図9は、実施の形態に係る異常検知装置10により監視される監視対象装置5の別の例を示す。監視対象装置5の一例であるバルブ8は、容器9内の液体の液面の高さを制御するために開閉される。バルブ8の開度は、制御装置4の一例である液面コントローラLCにより制御される。液面コントローラLCは、容器9内の液体の液高をプロセス値(PV)として取得し、流量が設定された目標値(SV)となるように、PID制御などによりバルブ6の開度の指令値(OP)を算出し、バルブ6に伝達する。

[0024] 図10は、図9に示した監視対象装置5のPV、OP、指標値の時間変化の例を示す。期間T1～T2においては、プロセスの状態が安定しており、PVの変動幅もOPの変動幅も小さい。したがって、プロット領域は小さな正方形に近い形状となるので、対角線の長さ L は短く、角 θ は 45° に近くなる。期間T3～T4において、例えば、下流で閉塞が生じていて容器9が

ら流出する液体の量が正常より少なくなっているものとする。このような異常が生じたとき、液面の高さを一定に維持するためにはバルブ 8 の開度を上昇させる必要があるので、 PV の変動幅は依然として小さいままであるが、 OP の変動幅は大きくなる。したがって、プロット領域は横に長い長方形となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 0° に近くなる。

[0025] 図 11 は、図 9 に示した監視対象装置 5 の PV 、 OP 、指標値の時間変化の例を示す。期間 $T1 \sim T2$ は、図 10 の場合と同様である。期間 $T3 \sim T4$ において、例えば、上流からの流入量の急激な上昇により液面が高くなったものとする。このような異常が生じたとき、液面コントローラ LC の制御が追いつかず PV のみ変動するので、 OP の変動幅は小さいが、 PV の変動幅は大きくなる。したがって、プロット領域は縦に長い長方形となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 90° に近くなる。

[0026] 図 12 は、図 9 に示した監視対象装置 5 の PV 、 OP 、指標値の時間変化の例を示す。期間 $T1 \sim T2$ は、図 10 の場合と同様である。期間 $T3 \sim T4$ において、例えば、目標値が変更されたものとする。このとき、正常な制御として、液面の高さを目標値まで上昇させるために OP が上昇し、それに追従して PV も上昇するので、 PV の変動幅も OP の変動幅も大きくなる。したがって、プロット領域は大きな正方形に近い形状となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 45° に近くなる。

[0027] 図 13 は、他の制御系や外乱などによって制御が不安定化したときの PV 、 OP 、指標値の時間変化の例を示す。期間 $T1 \sim T2$ においては、プロセスの状態が安定しており、 PV の変動幅も OP の変動幅も小さい。したがって、プロット領域は小さな正方形に近い形状となるので、対角線の長さ L は短く、角 θ は 45° に近くなる。期間 $T3 \sim T4$ においては、他の制御系や外乱などの影響に制御が追いつかず、 PV の変動幅も OP の変動幅も大きい。したがって、プロット領域は大きな正方形に近い形状となるので、対角線の長さ L は長く、角 θ は 45° に近くなる。

[0028] このように、プロット領域の対角線の長さ L と角 θ は、監視対象装置 5 の

異常の兆候と相関があるので、個々の制御系における異常を検知するための指標として使用することができる。例えば、異常検知装置 10 は、正規化された P V の変動幅と正規化された O P の変動幅との関係が通常の範囲から外れたときに、監視対象装置 5 の異常を検知してもよい。P V の変動幅と O P の変動幅との関係は、例えば、P V の変動幅と O P の変動幅との比などであってもよい。異常検知装置 10 は、P V の変動幅及び O P の変動幅を成分とするベクトルの形状が安定運転時の形状から横長若しくは縦長になる、又は同形状で大きくなる傾向にて異常を判断してもよい。

[0029] 異常検知装置 10 は、所定期間における制御操作量の目標値に更に基づいて監視対象装置 5 の異常を検知してもよい。目標値を更に考慮することにより、図 8 及び図 12 に示したように目標値が変更されたことにより正常な制御が行われた場合を判別することができるので、検知精度を向上させることができる。

[0030] 図 14 は、プラント 3 が運転されたときに算出された指標をクラスタリングした例を示す。学習装置 40 は、過去にプラント 3 が運転されたときの P V 及び O P から算出された指標をクラスタリングすることにより、監視対象装置 5 の状態ごとに指標を分類する。学習装置 40 は、プロット領域の対角線の長さ L と角 θ を指標としてクラスタリングしてもよいし、3 以上の指標を次元削減してクラスタリングしてもよい。領域 80 は、正常状態における指標のクラスタに対応し、領域 81 は、正常状態から異常状態に遷移している状態におけるクラスタに対応し、領域 82 は、異常状態におけるクラスタに対応する。異常検知装置 10 は、プラント 3 の運転中に指標を算出し、算出された指標が属するクラスタを判定することにより、現在の監視対象装置 5 の状態を把握することができる。また、指標の時間変化を監視することにより、監視対象装置 5 の将来の状態を予測することができる。

[0031] 図 15 は、監視対象装置 5 が正常状態から異常状態に遷移する確率の時間変化の例を示す。遷移確率は、P V 及び O P から算出された指標に基づいて算出されてもよい。遷移確率を算出するためのアルゴリズムは、学習装置 4

0により学習されてもよい。遷移確率算出アルゴリズムは、指標を入力し、遷移確率を出力するニューラルネットワークなどであってもよい。学習装置40は、過去にプラント3が運転されたときのPV及びOPから算出された指標と、そのときの監視対象装置5の状態を表すデータとを学習データとして、遷移確率算出アルゴリズムを学習してもよい。監視対象装置5の状態は、特定のプロセス値の範囲などで定義されてもよい。異常検知装置10は、プラント3の運転中に指標を算出し、算出された指標を遷移確率算出アルゴリズムに入力することにより、現在の遷移確率を把握することができる。これにより、監視対象装置5の将来の状態を予測することができる。

[0032] 図16は、複数の制御系を含むプロセスにおける指標の時間変化の例を示す。第1段～第5段は、複数の制御装置4によりそれぞれ制御される複数の制御系において算出された指標の時間変化を示す。第6段は、これらの指標に基づいて算出された、プロセス全体が緊急停止する危険度の時間変化を示す。緊急停止の危険度を算出するためのアルゴリズムは、学習装置40により学習されてもよい。緊急停止危険度算出アルゴリズムにおいて、それぞれの制御系において算出された指標は、それぞれの制御系における異常がプロセス全体の緊急停止を引き起こす危険度に応じて重み付けされてもよい。緊急停止危険度算出アルゴリズムは、それぞれの制御系における指標を入力し、緊急停止危険度を出力するニューラルネットワークなどであってもよい。学習装置40は、過去にプラント3が運転されたときのPV及びOPから算出された指標と、そのときの緊急停止の危険度や緊急停止までの時間などを学習データとして、緊急停止危険度算出アルゴリズムを学習してもよい。異常検知装置10は、プラント3の運転中にそれぞれの制御系における指標を算出し、算出された指標を緊急停止危険度算出アルゴリズムに入力することにより、現在の緊急停止危険度を把握することができる。これにより、プロセス全体の将来の状態を予測することができるので、必要に応じて適切な措置を講じることによりプロセスの緊急停止を回避することができる。

[0033] 図17は、実施の形態に係る学習装置40の構成を示す。学習装置40は

、通信装置 4 1、処理装置 5 0、及び記憶装置 6 0 を備える。

[0034] 通信装置 4 1 は、無線又は有線による通信を制御する。通信装置 4 1 は、インターネット 2 を介して、他の装置との間でデータを送受信する。

[0035] 記憶装置 6 0 は、処理装置 5 0 が使用するデータ及びコンピュータプログラムを格納する。記憶装置 6 0 は、実績データ保持部 6 1、指標クラスタリングモデル 6 2、遷移確率算出アルゴリズム 6 3、及び緊急停止危険度算出アルゴリズム 6 4 を格納する。指標クラスタリングモデル 6 2、遷移確率算出アルゴリズム 6 3、及び緊急停止危険度算出アルゴリズム 6 4 は、異常検知装置 1 0 がプラント 3 における異常を検知するために使用する検知基準として機能する。

[0036] 実績データ保持部 6 1 は、プラント 3 が運転されたときに取得された P V、O P、監視対象装置 5 の状態、プロセスの状態などの実績データを保持する。

[0037] 処理装置 5 0 は、実績データ取得部 5 1、学習データ生成部 5 2、検知基準提供部 5 3、指標クラスタリング部 5 4、遷移確率算出アルゴリズム学習部 5 5、及び緊急停止危険度算出アルゴリズム学習部 5 6 を備える。これらの構成は、ハードウェアコンポーネントでいえば、任意のコンピュータの C P U、メモリ、メモリにロードされたプログラムなどによって実現されるが、ここではそれらの連携によって実現される機能ブロックを描いている。したがって、これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、又はそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは、当業者には理解されるところである。

[0038] 実績データ取得部 5 1 は、プラント 3 が運転されたときに取得された P V、O P、監視対象装置 5 の状態、プロセスの状態などの実績データを取得して実績データ保持部 6 1 に格納する。

[0039] 学習データ生成部 5 2 は、実績データ保持部 6 1 に格納された実績データから学習データを生成する。学習データ生成部 5 2 は、P V 及び O P から指標を算出する。学習データ生成部 5 2 は、特定の P V などに基づいて、監視

対象装置 5 の状態を表す数値を算出する。

- [0040] 指標クラスタリング部 5 4 は、学習データ生成部 5 2 により算出された指標をクラスタリングすることにより、指標クラスタリングモデル 6 2 を学習する。
- [0041] 遷移確率算出アルゴリズム学習部 5 5 は、学習データ生成部 5 2 により生成された学習データを使用して、遷移確率算出アルゴリズム 6 3 を学習する。遷移確率算出アルゴリズム学習部 5 5 は、指標が入力層に入力されたときに、そのときの遷移確率が出力層から出力されるように、ニューラルネットワークの中間層を調整することにより、遷移確率算出アルゴリズム 6 3 を学習してもよい。
- [0042] 緊急停止危険度算出アルゴリズム学習部 5 6 は、学習データ生成部 5 2 により生成された学習データを使用して、緊急停止危険度算出アルゴリズム 6 4 を学習する。緊急停止危険度算出アルゴリズム学習部 5 6 は、それぞれの制御系における指標が入力層に入力されたときに、そのときの緊急停止の危険度が出力層から出力されるように、ニューラルネットワークの中間層を調整することにより、緊急停止危険度算出アルゴリズム 6 4 を学習してもよい。
- [0043] 検知基準提供部 5 3 は、学習済みの指標クラスタリングモデル 6 2、遷移確率算出アルゴリズム 6 3、及び緊急停止危険度算出アルゴリズム 6 4 を異常検知装置 1 0 に提供する。
- [0044] 図 1 8 は、実施の形態に係る異常検知装置 1 0 の構成を示す。異常検知装置 1 0 は、通信装置 1 1、表示装置 1 2、入力装置 1 3、処理装置 2 0、及び記憶装置 3 0 を備える。
- [0045] 通信装置 1 1 は、無線又は有線による通信を制御する。通信装置 1 1 は、インターネット 2 を介して、他の装置との間でデータを送受信する。表示装置 1 2 は、処理装置 2 0 により生成された表示画像を表示する。入力装置 1 3 は、処理装置 2 0 に指示を入力する。
- [0046] 記憶装置 3 0 は、処理装置 2 0 が使用するデータ及びコンピュータプログ

ラムを格納する。記憶装置 30 は、プロセス値保持部 31、指令値保持部 32、目標値保持部 33、指標クラスタリングモデル 34、遷移確率算出アルゴリズム 35、及び緊急停止危険度算出アルゴリズム 36 を格納する。

[0047] 処理装置 20 は、プロセス値取得部 21、指令値取得部 22、目標値取得部 23、指標算出部 24、状態検知部 25、遷移確率算出部 26、緊急停止危険度算出部 27、提示部 28、及び検知基準更新部 29 を備える。これらの構成も、ハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、又はそれらの組合せによっていろいろな形で実現できる。

[0048] プロセス値取得部 21 は、制御装置 4、監視対象装置 5、プロセス値を検知するセンサなどからプロセス値を取得してプロセス値保持部 31 に格納する。指令値取得部 22 は、制御装置 4 から指令値を取得して指令値保持部 32 に格納する。目標値取得部 23 は、制御装置 4 から目標値を取得して目標値保持部 33 に格納する。

[0049] 指標算出部 24 は、プロセス値保持部 31 に格納された所定期間のプロセス値と、指令値保持部 32 に格納された所定期間の指令値に基づいて、指標を算出する。

[0050] 状態検知部 25 は、指標算出部 24 により算出された指標を指標クラスタリングモデル 34 に入力することにより、監視対象装置 5 の状態を検知する。

[0051] 遷移確率算出部 26 は、指標算出部 24 により算出された指標を遷移確率算出アルゴリズム 35 に入力することにより、遷移確率を算出する。

[0052] 緊急停止危険度算出部 27 は、指標算出部 24 により算出されたそれぞれの制御系における指標を緊急停止危険度算出アルゴリズム 36 に入力することにより、緊急停止の危険度を算出する。

[0053] 提示部 28 は、状態検知部 25 による検知結果、遷移確率算出部 26 により算出された遷移確率、及び緊急停止危険度算出部 27 により算出された緊急停止の危険度を表示装置 12 に表示する。また、提示部 28 は、プロセス値の変動幅及び指令値の変動幅を成分とするベクトルの形状の経時変化を表

示装置 12 に表示する。これにより、オペレータは、プロセス全体の将来の状態を的確に予測し、必要に応じて適切な措置を講じることによりプロセスの緊急停止を回避することができる。

[0054] 検知基準更新部 29 は、学習装置 40 により追学習された指標クラスタリングモデル 62、遷移確率算出アルゴリズム 63、又は緊急停止危険度算出アルゴリズム 64 を学習装置 40 から取得して、指標クラスタリングモデル 34、遷移確率算出アルゴリズム 35、又は緊急停止危険度算出アルゴリズム 36 を更新する。

[0055] 図 19 (a) (b) (c) は、異常検知装置 10 により算出された指標の時間変化の例を示す。図 19 (a) は、PV 及び OP の時間変化と、算出された指標（対角線の長さ L と角 θ ）の時間変化を示す。図 19 (b) は、時刻 T_{11} の前の所定時間における PV と OP の散布図であり、図 19 (c) は、時刻 T_{12} の前の所定時間における PV と OP の散布図である。時刻 T_{12} の直前から OP が異常値を取り始めるが、指標も同様に通常値から大きく外れた異常値を取り始めている。したがって、この指標に基づいて、制御系における異常の予兆を的確に検知することができる。

[0056] 以上、本発明を実施例をもとに説明した。この実施例は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

産業上の利用可能性

[0057] 本発明は、プラントにおいて異常を検知する異常検知装置に利用可能である。

符号の説明

[0058] 1 異常検知システム、3 プラント、4 制御装置、5 監視対象装置、6 バルブ、7 配管、8 バルブ、9 容器、10 異常検知装置、21 プロセス値取得部、22 指令値取得部、23 目標値取得部、24 指標算出部、25 状態検知部、26 遷移確率算出部、27 緊急停止危

険度算出部、28 提示部、29 検知基準更新部、31 プロセス値保持部、32 指令値保持部、33 目標値保持部、34 指標クラスタリングモデル、35 遷移確率算出アルゴリズム、36 緊急停止危険度算出アルゴリズム、40 学習装置、51 実績データ取得部、52 学習データ生成部、53 検知基準提供部、54 指標クラスタリング部、55 遷移確率算出アルゴリズム学習部、56 緊急停止危険度算出アルゴリズム学習部、61 実績データ保持部、62 指標クラスタリングモデル、63 遷移確率算出アルゴリズム、64 緊急停止危険度算出アルゴリズム。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の装置を備えるプラントの運転中に、前記複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値を取得するプロセス値取得部と、
- 前記監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値を取得する指令値取得部と、
- 所定期間に前記プロセス値取得部により取得されたプロセス値の変動幅と前記指令値取得部により取得された指令値の変動幅との関係に基づいて、前記監視対象装置の異常を検知する異常検知部と、
- を備える異常検知装置。
- [請求項2] 前記異常検知部は、前記プロセス値の変動幅と前記指令値の変動幅との関係に関する指標に基づいて前記監視対象装置の異常を検知するための検知基準を用いて前記監視対象装置の異常を検知する
- 請求項 1 に記載の異常検知装置。
- [請求項3] 前記指標は、前記プロセス値の変動幅及び前記指令値の変動幅を成分とするベクトルの大きさ又は傾きである
- 請求項 2 に記載の異常検知装置。
- [請求項4] 前記検知基準は、過去の所定期間における前記プロセス値の変動幅、前記指令値の変動幅、及び前記監視対象装置の状態に基づいて機械学習される
- 請求項 2 又は 3 に記載の異常検知装置。
- [請求項5] 前記異常検知部は、前記プロセス値の変動幅と前記指令値の変動幅との関係が通常範囲から外れたときに前記監視対象装置の異常を検知する
- 請求項 1 から 4 のいずれかに記載の異常検知装置。
- [請求項6] 前記プロセス値の変動幅及び前記指令値の変動幅を成分とするベクトルの形状が安定運転時の形状から横長若しくは縦長になる、又は同形状で大きくなる傾向にて異常を判断する

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の異常検知装置。

[請求項7] 前記ベクトルの形状の経時変化を表示装置に表示する

請求項 3 から 6 のいずれかに記載の異常検知装置。

[請求項8] 前記異常検知部は、前記所定期間における前記制御操作量の目標値に更に基づいて前記監視対象装置の異常を検知する

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の異常検知装置。

[請求項9] コンピュータを、

複数の装置を備えるプラントの運転中に、前記複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値を取得するプロセス値取得部と、

前記監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値を取得する指令値取得部と、

所定期間に前記プロセス値取得部により取得されたプロセス値の変動幅と前記指令値取得部により取得された指令値の変動幅との関係に基づいて、前記監視対象装置の異常を検知する異常検知部と、
として機能させるための異常検知プログラム。

[請求項10] 複数の装置を備えるプラントが所定期間運転されたときに取得された、前記複数の装置の少なくともいずれかの監視対象装置のプロセス値の変動幅と、前記監視対象装置を制御するための制御操作量の指令値の変動幅と、前記監視対象装置の状態を示す情報とを学習データとして取得する学習データ取得部と、

前記学習データに基づいて、前記プロセス値の変動幅と前記指令値の変動幅との関係に関する指標に基づいて前記監視対象装置の異常を検知するための検知基準を学習する学習部と、
を備える学習装置。