

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5969912号
(P5969912)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016. 8. 17)

(24) 登録日 平成28年7月15日(2016. 7. 15)

(51) Int.Cl.

F I

FO4B 49/06 (2006.01)

FO4B 49/10 (2006.01)

FO4B 49/06 341L

FO4B 49/10 331P

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-276638 (P2012-276638)	(73) 特許権者	000006666
(22) 出願日	平成24年12月19日 (2012. 12. 19)		アズビル株式会社
(65) 公開番号	特開2014-118933 (P2014-118933A)		東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
(43) 公開日	平成26年6月30日 (2014. 6. 30)	(74) 代理人	100064621
審査請求日	平成27年9月16日 (2015. 9. 16)		弁理士 山川 政樹
		(74) 代理人	100098394
			弁理士 山川 茂樹
		(72) 発明者	黒澤 敬
			東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内
		審査官	所村 陽一
		(56) 参考文献	特開2008-75477 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運転効率推定装置およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

並列運転される n (n は 2 以上の整数) 台のコンプレッサ C_i ($i = 1 \sim n$ の整数) について、これらコンプレッサの運転効率を個別に推定する運転効率推定装置であって、

各時間 t における、前記各コンプレッサ C_i で使用された個々の電力を示す電力使用量 W_{ti} と、これらコンプレッサ C_i から供給された圧縮空気全体の流量を示す全体流量 Q_t とを収集し、これら電力使用量 W_{ti} と全体流量 Q_t とを当該時間 t のデータ組として記憶部へ格納するデータ収集部と、

前記記憶部に格納されている前記データ組のうちから、前記全体流量 Q_t が一定状態または増加中にあるデータ組を対象データ組 D_t として m 個 ($m > n$) 選択するデータ組選択部と、

これら対象データ組 D_t に基づいて、当該全体流量 Q_t からなる目的変数を当該電力使用量 W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求めることにより、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなる前記各コンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算する運転効率計算部とを備えることを特徴とする運転効率推定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の運転効率推定装置において、

前記データ組選択部は、前記記憶部に格納されている前記データ組のうち、前記全体流量 Q_t が減少状態にあるデータ組を新たな対象データ組 D_t として n 個再選択し、

前記運転効率計算部は、再選択されたこれら対象データ組 D_t ごとに求めた、当該全体

10

20

流量 Q_t に関する流量変化率 λ_t と、前記全体流量 Q_t 、前記電力使用量 W_{ti} 、および前記偏回帰係数 a_i と、流量変化率と運転効率との関係を近似する 1 次関数の傾きを示す前記コンプレッサ C_i ごとの運転効率特性係数 b_i とを用いて、次式

【数 1】

$$Q_t = \sum_{i=1}^n \{(a_i + \lambda_t \times b_i) \times W_{ti}\}$$

に示す当該全体流量 Q_t に関する流量算出式を、対象データ組 D_t ごとに n 個生成し、これら流量算出式を連立方程式として解くことにより、前記運転効率特性係数 b_i を計算し、任意の時間 x における流量変化率 λ_x に、当該コンプレッサ C_i の運転効率特性係数 b_i を乗算して、当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i を加算することにより、当該時間 x におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_{xi} を計算する

10

ことを特徴とする運転効率推定装置。

【請求項 3】

コンピュータを、請求項 1 または請求項 2 に記載の運転効率推定装置の各部として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンプレッサ制御技術に関し、特に並列運転される複数のコンプレッサについて、コンプレッサの運転効率を個別に推定する運転効率推定技術に関する。

20

【背景技術】

【0002】

工場などの施設では、複数のコンプレッサを用いた圧縮空気供給システムを設け、これらコンプレッサを並列的に運転することにより、空気（あるいは冷媒などの混合ガス）をそれぞれ圧縮し、得られた圧縮空気をバッファータンクで一旦集気した後、ヘッダから施設の各負荷へ分配供給するものとなっている。

【0003】

このような圧縮空気供給システムで消費される電力エネルギーは、設備全体で消費する電力エネルギーのうち、比較的大きな割合を占める。このため、設備の省エネルギーや省 CO_2 を考えた場合、圧縮空気供給システムでの省エネルギーや省 CO_2 、すなわち各コンプレッサにおける運転効率の向上が求められる。

30

【0004】

コンプレッサの運転効率は、メーカーから技術資料として提示されているが、この運転効率は、例えば、コンプレッサを最大吐出量で一定時間安定して運転させた定格運転時に得られる最良な値、すなわち定格効率、あるいは、定格電力以下に入力電力が下がる場合に得られる流量もいわゆる定常状態すなわち安定して電力と流量の関係が定まる程度の時間同じ出力で運転を継続して得られた特性を仕様としたものである。したがって、新規なコンプレッサを、常時、ほぼ定格運転させる、あるいは一定の出力で運転を継続することができれば、このような仕様に従った運転効率を得られる。

40

【0005】

しかし、圧縮空気供給システムでは、負荷側の稼働状況に応じて消費される圧縮空気量が変化するため、コンプレッサの運転状態を調整して、供給する圧縮空気量および空気圧を適切な値に維持する必要がある。このため、コンプレッサの運転状態が変化するような実際の状況では、定格効率は得られない。したがって、圧縮空気供給システムの効率の向上を図るためには、各コンプレッサが、それぞれ実際にどのような運転効率で運転されているのか、把握する必要がある。

【0006】

また、コンプレッサの運転効率は、運転状態だけでなくコンプレッサの経年変化などによっても低下するため、定期的にメンテナンスを行う必要がある。この際、運転効率の低

50

下が最も大きいコンプレッサから、メンテナンスを行うことにより、圧縮空気供給システム全体の運転効率を早期に改善することができる。したがって、各コンプレッサの運転効率を個別に把握することが重要となる。

【0007】

また、圧縮空気供給システムでは、圧縮空気の供給圧や流量により測定した負荷の大きさに応じて各コンプレッサの起動/停止させることにより、効率よくコンプレッサを稼働させる台数制御を実施している。この場合、各コンプレッサのうち、運転効率のよいものから順に選択して起動させる方法が、省エネ、省CO₂を踏まえた台数制御の基本的な考え方となっている。したがって、各コンプレッサの運転効率を個別に常時把握することが重要となる。

10

【0008】

従来、このような圧縮空気供給システムにおいて、個々のコンプレッサの運転効率を管理する技術が提案されている（例えば、特許文献1-3など参照）。これらによれば、コンプレッサごとに収集した、当該コンプレッサにおける電力使用量などの供給エネルギー指標に加えて、当該コンプレッサにおける流量データなどの消費エネルギー指標を用いて、個々のコンプレッサにおける運転効率を求めるものとなっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2011-248568号公報

20

【特許文献2】特開2012-068878号公報

【特許文献3】特開2001-191789号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

このような従来技術では、各コンプレッサにおける電力使用量などの供給エネルギー指標に加え、各コンプレッサにおける流量データなどの消費エネルギー指標を用いて、個々のコンプレッサの運転効率を求めるものとなっている。このため、コンプレッサごとに、当該コンプレッサから出力された圧縮空気の流量を測定する流量計などの設備機器が必要となる。したがって、従来技術によれば、コンプレッサの運転効率を求めるためには、コンプレッサごとに設備機器の追加が必要となり、設備コストだけでなく管理コストも必要となる、あるいは計測器設置のためにコンプレッサの稼働を停止させる必要がある、という問題点があった。

30

【0011】

本発明はこのような課題を解決するためのものであり、コンプレッサごとに設備機器の追加を必要とすることなく、コンプレッサの運転効率を容易に推定できるコンプレッサ効率推定技術を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

このような目的を達成するために、本発明にかかる運転効率推定装置は、並列運転される n (n は2以上の整数) 台のコンプレッサ C_i ($i=1\sim n$ の整数) について、これらコンプレッサの運転効率を個別に推定する運転効率推定装置であって、各時間 t における、前記各コンプレッサ C_i で使用された個々の電力を示す電力使用量 W_{ti} と、これらコンプレッサ C_i から供給された圧縮空気全体の流量を示す全体流量 Q_t とを収集し、これら電力使用量 W_{ti} と全体流量 Q_t とを当該時間 t のデータ組として記憶部へ格納するデータ収集部と、前記記憶部に格納されている前記データ組のうちから、前記全体流量 Q_t が一定状態または増加中にあるデータ組を対象データ組 D_t として m 個 ($m>n$) 選択するデータ組選択部と、これら対象データ組 D_t に基づいて、当該全体流量 Q_t からなる目的変数を当該電力使用量 W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求めることにより、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなる前記各コンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算

40

50

する運転効率計算部とを備えている。

【0013】

また、上記運転効率推定装置の一構成例は、前記データ組選択部は、前記記憶部に格納されている前記データ組のうち、前記全体流量 Q_t が減少状態にあるデータ組を新たな対象データ組 D_t として n 個再選択し、

前記運転効率計算部は、再選択されたこれら対象データ組 D_t ごとに求めた、当該全体流量 Q_t に関する流量変化率 λ_t と、前記全体流量 Q_t 、前記電力使用量 W_{ti} 、および前記偏回帰係数 a_i と、流量変化率と運転効率との関係を近似する1次関数の傾きを示す前記コンプレッサ C_i ごとの運転効率特性係数 b_i とを用いて、当該全体流量 Q_t に関する流量算出式を、対象データ組 D_t ごとに n 個生成し、これら流量算出式を連立方程式として解くことにより、前記運転効率特性係数 b_i を計算するようにしたものである。

10

【0014】

これにより、任意の時間 x における流量変化率 λ_x に、当該コンプレッサ C_i の運転効率特性係数 b_i を乗算して、当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i を加算することにより、当該時間 x における個々のコンプレッサ C_i の運転効率 U_{xi} を計算することができる。

また、対象データ組 D_t を $2 \times n$ 組用意して、連立方程式を解くことにより、当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i および当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i を同時に計算することが出来、それにより個々のコンプレッサごとの運転効率 U_{xi} を個別に求めることができる。

20

【0015】

また、本発明にかかるプログラムは、コンピュータを、上記運転効率推定装置の各部として機能させるためのプログラムである。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、各コンプレッサの運転効率が、一般的な圧縮空気供給システムに予め設置されている電力計で得られた各コンプレッサの電力使用量と、流量計で得られた全体流量とに基づき計算される。このため、コンプレッサごとに、例えば当該コンプレッサにおける流量データを測定するための流量計などの設備機器の追加を必要とすることなく、各コンプレッサの運転効率を容易に推定することが可能となる。

30

【0017】

また、コンプレッサごとに運転効率が推定できるため、各コンプレッサが、実際にどのような運転効率で運転されているのかを、管理者が容易に把握することができる。これにより、使用量に応じたコンプレッサの特性を考慮した応答制御性の見直しを行い更なる高効率な運転条件を設定したり、台数制御における運転順序を見直すことができ、省エネルギーや省CO₂を実現できる。また、各コンプレッサに対するメンテナンスの要否、さらには、どのコンプレッサから順にメンテナンスを実施するかを計画することができるとともに、コンプレッサの交換要否判断にも極めて有用なデータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】運転効率推定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】電力使用量と空気流量との関係を示すグラフである。

【図3】空気流量の流量変化率に依存する運転効率特性を示すグラフである。

【図4】データ組の構成例である。

【図5】係数データの構成例である。

【図6】第1の実施の形態にかかる運転効率計算処理を示すフローチャートである。

【図7】運転効率の一覧表示画面例である。

【図8】第2の実施の形態にかかる係数計算処理を示すフローチャートである。

【図9】第2の実施の形態にかかる他の係数計算処理を示すフローチャートである。

【図10】第2の実施の形態にかかる運転効率計算処理を示すフローチャートである。

40

50

【図 1 1】運転効率の個別表示画面例である。

【図 1 2】運転効率の他の一覧表示画面例である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

[発明の原理]

まず、本発明の原理について説明する。

n (n は 2 以上の整数) 台のコンプレッサ $C_1 \sim C_n$ が並列運転される圧縮空気供給システムにおいて、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ の運転効率を、従来の方法で個別に観測して分析した結果、コンプレッサ C_i ($i = 1 \sim n$ の整数) において、電力使用量 W_i と圧縮空気の空気流量 Q_i との間に相関関係があることが確認された。一方、コンプレッサ C_i の原単位からなる運転効率 U_i は、電力使用量 W_i と空気流量 Q_i との積で求められるため、この相関関数の傾きを推定することにより運転効率 U_i を推定することができる。

10

【0020】

図 2 は、電力使用量と空気流量との関係を示すグラフである。この相関関係は、コンプレッサ C_i に固有の傾き a_i を有していることが観測されたため、これら傾き a_i を用いれば、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ の全体流量 Q は、次の式 (1) で表すことができる。

【数 1】

$$Q_t = \sum_{i=1}^n Q_{ti} = \sum_{i=1}^n (a_i \times W_{ti}) \quad \cdots (1)$$

20

【0021】

ここで、コンプレッサ C_i が n 台ある場合、傾き a_i も n 個ずつ存在するため、式 (1) を n 個分用意してこれらを連立方程式として解くことにより、コンプレッサ C_i ごとに空気流量 Q_i を測定することなく、全体流量 Q と電力使用量 W_i とのデータ組から傾き a_i すなわち運転効率 U_i を求めることができる。

しかしながら、前述したように、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ の運転状態が負荷変動に応じて変更されるため、実測された全体流量 Q と電力使用量 W_i との関係に、運転管理上無視できない程度のばらつきが生じ、運転効率 U_i を精度良く求めることは難しい。

【0022】

本発明は、このような全体流量 Q と電力使用量 W_i との関係に、無視できない程度ばらつきが生じることに着目し、式 (1) を時間 t ごとに n 個より多く用意して、全体流量 Q_t からなる目的変数を電力使用量 W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求める重回帰分析処理を実行して、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算することにより、ばらつきの影響が低減された運転効率 U_i を得るようにしたものである。

30

【0023】

一方、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ の運転効率を、従来の方法で個別に観測して分析した結果、ある特定の時間帯で、運転効率が低下する傾向があることがわかった。また、より詳細に空気流量と運転効率との関係を分析した結果、空気流量が低下している時間帯に、運転効率が低下していることがわかった。

40

【0024】

図 3 は、空気流量の流量変化率に依存する運転効率特性を示すグラフである。ここでは、横軸が空気流量の変化率 λ [%] を示し、縦軸が原単位からなるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i [m^3 / kWh] を示している。このグラフによれば、流量変化率 λ が 0 以上の正側領域、すなわち直前時間に比べて空気流量が同じまたは増加している場合、コンプレッサ C_i の運転効率 U_i はほぼ一定であり、流量変化率 λ が 0 より小さい負側領域、すなわち直前時間に比べて空気流量が減少した場合、その流量変化率 λ の大きさに応じて運転効率 U_i が低減している。この原因の 1 つとして、空気流量の減少時に、コンプレッサ C_i が流量を低下させようとして流量絞りを先に絞るが、流量絞りの動作よりも時間遅れを生んだ状態でモータの運転が低下するため、無駄な電流消費が発生することが考え

50

られる。

【 0 0 2 5 】

本発明は、このようなコンプレッサ C_i における空気流量の流量変化率 λ に依存する運転効率特性のうち、直前時間に比べて空気流量が同じまたは増加している場合、運転効率 U がほぼ一定であることに着目し、重回帰分析を行う際に用いるデータ組として、任意の時間 t における全体流量 Q_t が直前時間に比べて一定状態または増加中である場合の全体流量 Q_t と電力使用量 W_{ti} とのデータ組を選択して用いるようにしたものである。

【 0 0 2 6 】

[第 1 の実施の形態]

次に、図 1 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態にかかる運転効率推定装置 10 について説明する。図 1 は、運転効率推定装置の構成を示すブロック図である。

10

【 0 0 2 7 】

この運転効率推定装置 10 は、全体としてコントローラ、サーバ装置、パーソナルコンピュータなどの情報処理装置からなり、複数のコンプレッサ C ($C_1 \sim C_n$) が並列運転される圧縮空気供給システム 1 から収集した、個々のコンプレッサ $C_1 \sim C_n$ に関する電力使用量 W_{ti} ($i = 1 \sim n$ の整数) と全体流量 Q_t とに基づいて、個々のコンプレッサ $C_1 \sim C_n$ に関する運転効率を推定する機能を有している。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示した圧縮空気供給システム 1 において、供給電力 PW によりコンプレッサ $C_1 \sim C_n$ を並列運転して得た圧縮空気は、管路 2 を介してバッファータンク 3 を経由して、管路 4 およびヘッダ 5 を介して、圧縮空気を消費する加工機などの各負荷 6 に供給される。これらコンプレッサ C は、コンプレッサ制御部 7 により、管路 4 に設けられた流量計 4A で管理対象にしている所定の時間で時間測定した単位時間当たりの圧縮空気の全体流量 Q_t や、ヘッダ 5 に設けられた圧力計 5A で測定された圧縮空気の気圧 P_t に基づく台数制御により、運転 / 停止、あるいはロード / アンロードが個別に制御されて、負荷 6 に対して圧縮空気を安定供給する。

20

【 0 0 2 9 】

[運転効率推定装置]

次に、図 1 を参照して、運転効率推定装置 10 の構成について説明する。

運転効率推定装置 10 には、主な機能部として、データ収集部 11、操作入力部 12、画面表示部 13、記憶部 14、データ組選択部 15、および運転効率計算部 16 が設けられている。

30

【 0 0 3 0 】

データ収集部 11 は、コンプレッサ C_i ($i = 1 \sim n$ の整数) ごとに設けられた電力計 8 ($8_1 \sim 8_n$) で測定された、各時間 t における単位時間あたりに使用された個々の電力を示す電力使用量 W_{ti} と、管路 4 に設けられた流量計 4A で測定された、これらコンプレッサ C_i から供給された圧縮空気全体の流量を示す全体流量 Q_t とを収集する機能と、これら電力使用量 W_{ti} と全体流量 Q_t とを当該時間 t のデータ組 14A として記憶部 14 へ格納する機能とを有している。なお、電力量 kWh が得られる計測器で、電力 P (W) を測っている場合は、積算値にする必要がある。

40

【 0 0 3 1 】

操作入力部 12 は、キーボードやマウスなどの操作入力装置からなり、オペレータの操作を検出して出力する機能を有している。

画面表示部 13 は、LCD などの画面表示装置からなり、運転効率推定のための操作画面や各機能部で得られたデータ画面を表示する機能を有している。

【 0 0 3 2 】

記憶部 14 は、ハードディスクや半導体メモリからなり、各機能部での処理に用いる各種の処理データやプログラム 14P を記憶する機能を有している。

プログラム 14P は、コンピュータで実行することにより各機能部を実現するためのプログラムであり、外部装置や記録媒体から読み込まれて、予め記憶部 14 に格納される。

50

【 0 0 3 3 】

記憶部 1 4 で記憶される主な処理データとして、データ組 1 4 A と係数データ 1 4 B がある。

データ組 1 4 A は、データ収集部 1 1 により収集された、各時間 t における各コンプレッサ C_i での電力使用量 W_{ti} と全体流量 Q_t との組からなるデータである。

図 4 は、データ組の構成例である。ここでは、データ収集部 1 1 で収集された電力使用量 W_{ti} および全体流量 Q_t が時間 t ごとに格納されている。

【 0 0 3 4 】

係数データ 1 4 B は、各コンプレッサ C_i の運転効率 U_i に相当する偏回帰係数 a_i を示すデータである。

図 5 は、係数データの構成例である。ここでは、コンプレッサ C_i ごとに、偏回帰係数 a_i が格納されている。なお、この例では、コンプレッサ C_i ごとに、後述の使用量変動に対する応答性の指標として運転効率特性係数 b_i も格納されている。

【 0 0 3 5 】

データ組選択部 1 5 は、記憶部 1 4 に格納されているデータ組 1 4 A のうちから、全体流量 Q_t が同じ値で継続している一定状態または増加中にあるデータ組を対象データ組 D_t として m 個 ($m > n$) 選択する機能を有している。

【 0 0 3 6 】

運転効率計算部 1 6 は、データ組選択部 1 5 により選択した m 個の対象データ組 D_t に基づいて、当該全体流量 Q_t からなる目的変数を当該電力使用量 W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求める重回帰分析処理を実行することにより、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算する機能と、これら運転効率 U_i を画面表示部 1 3 で画面表示する機能とを有している。

【 0 0 3 7 】

[第 1 の実施の形態の動作]

次に、本実施の形態にかかる運転効率推定装置 1 0 の動作について説明する。

まず、図 6 を参照して、運転効率推定装置 1 0 での運転効率計算処理について説明する。図 6 は、第 1 の実施の形態にかかる運転効率計算処理を示すフローチャートである。

データ組選択部 1 5 は、操作入力部 1 2 で検出されたオペレータ操作に応じて、あるいは一定時間ごとに、あるいは、プログラム等で設定された時間帯毎に、図 6 の運転効率計算処理を実行する。なお、運転効率計算処理にあたって、記憶部 1 4 には、データ収集部 1 1 により収集された各時間 t におけるデータ組 1 4 A が予め格納されているものとする。

【 0 0 3 8 】

データ組選択部 1 5 は、まず、記憶部 1 4 のデータ組 1 4 A から、未選択の時間 t におけるデータ組を選択し (ステップ 1 0 0)、当該データ組の全体流量 Q_t を、例えば時間 t から単位時間分だけ前に測定された全体流量 Q_{t-1} と比較して、 Q_t が一定状態または増加中であるか確認する (ステップ 1 0 1)。

ここで、 $Q_t < Q_{t-1}$ の場合 (ステップ 1 0 1 : NO)、データ組選択部 1 5 は、ステップ 1 0 0 へ戻って、未選択の時間におけるデータ組を新たに選択する。

【 0 0 3 9 】

一方、 $Q_t \geq Q_{t-1}$ の場合 (ステップ 1 0 1 : YES)、データ組選択部 1 5 は、当該データ組のうち、運転中のコンプレッサ C_i の電力使用量 W_{ti} に基づき、当該コンプレッサ C_i が定格出力を基準とする所定の定格運転範囲で運転されているか確認する (ステップ 1 0 2)。

ここで、定格運転範囲で運転されていないコンプレッサ C_i が存在する場合 (ステップ 1 0 2 : NO)、データ組選択部 1 5 は、ステップ 1 0 0 へ戻って、未選択の時間におけるデータ組を新たに選択する。

一方、運転中のすべてのコンプレッサ C_i が定格運転範囲で運転されている場合 (ステップ 1 0 2 : YES)、データ組選択部 1 5 は、当該データ組を対象データ組 D_t として

10

20

30

40

50

抽出し、記憶部 14 に格納する（ステップ 103）。

【0040】

この際、コンプレッサの定格出力は、メーカーから仕様として提示された値を用いればよいが、実際には、提示された値よりも大きな電力で稼働する場合もある。また、経年変化により、定格出力が低減している場合もある。したがって、このような場合には、コンプレッサ C_i ごとに、実測した電力使用量 W_{ti} の最大値を、定格出力として再設定しておけばよい。

【0041】

このようにして、データ組選択部 15 は、 Q_t が一定状態または増加中であるデータ組が D_t として、 m ($m > n$) 個分抽出されるまで（ステップ 104：NO）、繰り返し実行する。

10

【0042】

D_t が m 個分だけ抽出された場合（ステップ 104：YES）、運転効率計算部 16 は、コンプレッサ C_i ごとに偏回帰係数 a_i を割り当て（ステップ 105）、これら D_t に基づいて、 Q_t からなる目的変数を W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求めることにより、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算する（ステップ 106）。

【0043】

この後、運転効率計算部 16 は、得られた偏回帰係数 a_i を記憶部 14 に係数データ 14B として格納し（ステップ 107）、記憶部 14 に予め格納されている各コンプレッサ C_i の定格効率 U_{ri} を取得し、これら U_{ri} から偏回帰係数 a_i すなわち運転効率 U_i を減算した値を U_{ri} で除算することにより、運転効率劣化率 R_i を計算して、これらを画面表示部 13 で画面表示し（ステップ 108）、一連の運転効率計算処理を終了する。

20

【0044】

図 7 は、運転効率の一覧表示画面例である。ここでは、運転効率 U_i 、定格効率 U_{ri} 、および運転効率劣化率 R_i が、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ ごとに一覧表で表示されている。

この一覧表示画面により、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ に関する運転状況および運転効率を、容易に確認できるとともに、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ 間で容易に比較することができる。

30

【0045】

[第 1 の実施の形態の効果]

このように、本実施の形態は、データ組選択部 15 が、記憶部 14 に格納されているデータ組 14A のうちから、前記全体流量 Q_t が一定状態または増加中にあるデータ組を対象データ組 D_t として m 個 ($m > n$) 選択し、運転効率計算部 16 が、これら対象データ組 D_t に基づいて、当該全体流量 Q_t からなる目的変数を当該電力使用量 W_{ti} からなる説明変数で表す重回帰式を求めることにより、当該重回帰式の偏回帰係数 a_i からなるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i を計算するようにしたものである。

【0046】

これにより、各コンプレッサ C_i の運転効率 U_i が、一般的な圧縮空気供給システム 1 に予め設置されている電力計 8 で得られた各コンプレッサ C_i の電力使用量 W_{ti} と、流量計 4A で得られた全体流量 Q_t とに基づき計算される。このため、コンプレッサ C_i ごとに、例えば当該コンプレッサ C_i における流量データを測定するための流量計などの設備機器の追加を必要とすることなく、各コンプレッサ C_i の運転効率 U_i を容易に推定することが可能となる。この際、電力計 8 が設置されていない場合には、コンプレッサ C_i ごとに電力計 8 の追加が必要となるが、従来のようにコンプレッサ C_i ごとに流量計まで追加する必要はない。

40

【0047】

また、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ ごとに運転効率が推定できるため、前述の図 7 に示したような、運転効率の一覧表示画面により、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ が、実際にどのよう

50

な運転効率で運転されているのかを、管理者が容易に把握することができる。これにより、台数制御における運転順序を見直すことができ、省エネルギーや省CO₂を実現できる。また、各コンプレッサC₁～C_nに対するメンテナンスの要否、さらには、どのコンプレッサC₁～C_nから順にメンテナンスを実施するかを計画することができるとともに、コンプレッサC₁～C_nの交換要否判断や劣化に伴う更新時期の判断などにも極めて有用なデータを提供することができる。

【0048】

また、本実施の形態では、図6の運転効率計算処理について、それぞれオペレータ操作に応じて、あるいは一定時間ごとに実行する場合について説明した。この際、コンプレッサC₁～C_nの運転効率特性については、それほど急激に変化するものではないため、運転効率計算処理については、例えばメンテナンス周期に合わせて、数ヶ月や1年単位で自動実行するようにしてもよいし、1日や1週間などの任意の頻度で自動的に行うようにしてもよい。

【0049】

また、図6の運転効率計算処理において、得られた運転効率U_iの妥当性を検証する場合、次のような処理を実行すればよい。

まず、ステップ100～104と同様にして、定格運転で全体流量Q_tが一定状態または増加中である時間帯のデータ組D_tを、コンプレッサの台数nのk倍のm個分だけ抽出する。この際、kやmは、適宜設定し必要に応じて調整すればよい。

次に、ステップ105～106と同様にして、m個の半分以上あるいは適宜所要数のデータ組m₁個を用いて重回帰分析を行い、重回帰式を得る。

【0050】

この後、得られた運転効率U_iと、m個から上記重回帰分析に使用しなかった残りのm₂(=m-m₁)個のデータ組の電力使用量W_{t1}～W_{tn}とを、上記重回帰式に代入し、全体流量Q_{t'}を逆算する。

ここで、逆算により得られたQ_{t'}と、m₂個のデータ組の全体流量Q_t(実測値)とを比較し、両者の流量差ΔQ=|Q_{t'}-Q_t|が許容範囲として想定できる範囲E_q(実用上の許容誤差)に収まっているか判定し、ΔQがE_qの範囲に収まっていれば、重回帰分析により求めた運転効率U_iに妥当性があると判定し、当該運転効率U_iを現在の運転効率(原単位)として保存あるいは表示すればよい。

【0051】

一方、ΔQがE_qの範囲に収まっていなければ、求めた運転効率U_iに妥当性がないと判定して、m個のデータ組の中から再度m₁個あるいはm₁±Δm個のデータ組を再抽出する。この際、再抽出するデータ組は、未抽出のものであってもよく、その一部に抽出済みのものが含まれていてもよい。あるいは、前回とは異なるm個のデータ組を新たに抽出し直してもよい。

そして、抽出したデータ組を用いて重回帰分析を再実行し、ΔQとE_qとの比較により、運転効率U_iの妥当性が得られるまで、データ組の再抽出を繰り返し実行すればよい。また、再抽出を規定回数繰り返しても運転効率U_iの妥当性が得られない場合には、アラームを出力したり、許容範囲E_qを見直したりすればよい。

【0052】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態にかかる運転効率推定装置10について説明する。

第1の実施の形態では、全体流量Q_tが一定状態または増加中の場合を対象として、コンプレッサC_iの運転効率U_iを計算する場合を例として説明した。本実施の形態では、全体流量Q_tが減少中の場合を対象として、コンプレッサC_iの運転効率U_iを計算する場合について説明する。

【0053】

前述の図3に示したように、コンプレッサの運転効率特性は、空気流量の流量変化率λに依存する。特に、流量変化率λが0以上の正側領域、すなわち直前時間に比べて空気流

10

20

30

40

50

量が同じまたは増加している場合、コンプレッサ C_i の運転効率 U_i はほぼ一定であり、流量変化率 λ が 0 より小さい負側領域、すなわち直前時間に比べて空気流量が減少した場合、その流量変化率 λ の大きさに応じて運転効率 U_i が低減している。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態は、この運転効率 U_i のうち負側領域における運転効率特性が、1 次関数で近似できることに着目したものである。時間 t における全体流量 Q_t の流量変化率を λ_t とし、1 次関数の切片および傾きをそれぞれ a_i , b_i とした場合、時間 t におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_{ti} は、次の式 (2) で表され、この切片 a_i が第 1 の実施の形態で計算した偏回帰係数 a_i に相当する。

【 数 2 】

$$U_{ti} = a_i + \lambda_t \times b_i \quad \cdots(2)$$

10

【 0 0 5 5 】

また、切片 a_i および傾き b_i は、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ に固有の値を持つことが観測された。このことから、この 1 次関数を用いれば、時間 t におけるコンプレッサ C_i の個別流量 Q_{ti} は、次の式 (3) で表される。なお、時間 t における全体流量を Q_t とし、時間 t から単位時間だけ遡った時間 $t - 1$ における全体流量を Q_{t-1} とし、上記 1 次関数の切片および傾きをそれぞれ a_i , b_i とした場合、時間 t における λ_t は、次の式 (4) で表される。

【 数 3 】

$$Q_{ti} = U_{ti} \times W_{ti} = (a_i + \lambda_t \times b_i) \times W_{ti} \quad \cdots(3)$$

20

【 数 4 】

$$\lambda_t = \frac{Q_t - Q_{t-1}}{Q_{t-1}} \quad \cdots(4)$$

【 0 0 5 6 】

したがって、時間 t におけるコンプレッサ C_i での電力使用量を W_{ti} とした場合、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ 全体の全体流量 Q_t は、次の式 (5) で表される。

【 数 5 】

$$Q_t = \sum_{i=1}^n Q_{ti} = \sum_{i=1}^n \{(a_i + \lambda_t \times b_i) \times W_{ti}\} \quad \cdots(5)$$

30

【 0 0 5 7 】

ここで、 a_i は既知であり、コンプレッサ C_i が n 台ある場合、 b_i も n 個存在するため、式 (5) を n 個分用意すれば、これらを連立方程式として解くことにより、 b_i を求めることができる。

さらに、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ 全体の全体流量 Q_t と各コンプレッサ C_i の電力使用量 W_{ti} とは、大幅な設備を追加することなく、一般的な圧縮空気供給システム 1 において、時間 t ごとに容易に測定できる。

40

【 0 0 5 8 】

したがって、本実施の形態では、時間 t ごとに測定した Q_t と W_{ti} とのデータ組のうちから、 Q_t が減少状態にある対象データ組 D_t を n 個再選択して、これら D_t を用いて n 個の式 (5) からなる流量算出式を生成し、これら n 個の流量算出式からなる連立方程式を解くことにより、 b_i を計算するようにしたものである。

また、この後、任意の時間 x における Q_x , Q_{x-1} を式 (4) に代入して求めた λ_x と、先に求めた当該コンプレッサ C_i の a_i , b_i とを式 (2) に代入して、時間 x における各コンプレッサ C_i の運転効率 U_{xi} を求めるようにしたものである。

【 0 0 5 9 】

本実施の形態において、データ組選択部 15 は、記憶部 14 に格納されているデータ組

50

14Aのうち、全体流量 Q_t が減少状態にあるデータ組を新たな対象データ組 D_t として n 個再選択する機能を有している。

運転効率計算部16は、再選択されたこれら対象データ組 D_t ごとに求めた、当該全体流量 Q_t に関する単位時間当たりの流量変化率 λ_t と、全体流量 Q_t 、電力使用量 W_{ti} 、および偏回帰係数 a_i と、コンプレッサ C_i ごとの流量変化率と運転効率との関係を近似する1次関数の傾きを示す運転効率特性係数 b_i とを用いて、式(5)に示す当該全体流量 Q_t に関する流量算出式を、対象データ組 D_t ごとに n 個生成する機能と、これら流量算出式を連立方程式として解くことにより、運転効率特性係数 b_i を計算する機能と、任意の時間 x における流量変化率 λ_x に、当該コンプレッサ C_i の運転効率特性係数 b_i を乗算して、当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i を加算することにより、当該時間 x におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_{xi} を計算する機能を有している。

10

【0060】

[第2の実施の形態の動作]

次に、本実施の形態にかかる運転効率推定装置10の動作について説明する。

まず、図8を参照して、運転効率推定装置10での係数計算処理について説明する。図8は、第2の実施の形態にかかる係数計算処理を示すフローチャートである。ここでは、第1の実施形態を実施後に運転効率特性係数 b_i をステップワイズに計算する処理手順が示されている。

【0061】

運転効率計算部16は、操作入力部12で検出されたオペレータ操作に応じて、あるいは一定時間ごとに、図8の係数計算処理を実行する。なお、係数計算処理にあたって、記憶部14には、データ収集部11により収集された各時間 t におけるデータ組14Aと、第1の実施形態で得られた偏回帰係数 a_i を示す係数データ14Bとが、予め格納されているものとする。

20

【0062】

データ組選択部15は、まず、記憶部14のデータ組14Aから、未選択の時間 t におけるデータ組を再選択し(ステップ200)、当該データ組の全体流量 Q_t を、例えば時間 t から単位時間分だけ前に測定された全体流量 Q_{t-1} と比較して、 Q_t が減少中であるか確認する(ステップ201)。この場合、流量変化率 λ_t を先に計算して、この λ_t の正負を確認してもよい。

30

ここで、 $Q_t \geq Q_{t-1}$ ($\lambda_t \geq 0$) の場合(ステップ201: NO)、データ組選択部15は、ステップ200へ戻って、未選択のデータ組を新たに選択する。

【0063】

一方、 $Q_t < Q_{t-1}$ ($\lambda_t < 0$) の場合(ステップ201: YES)、データ組選択部15は、当該データ組のうち、運転中のコンプレッサ C_i の電力使用量 W_{ti} に基づき、当該コンプレッサ C_i が定格出力を基準とする所定の定格運転範囲で運転されているか確認する(ステップ202)。

ここで、定格運転範囲で運転されていないコンプレッサ C_i が存在する場合(ステップ102: NO)、データ組選択部15は、ステップ100へ戻って、未選択の時間におけるデータ組を新たに選択する。

40

一方、運転中のすべてのコンプレッサ C_i が定格運転範囲で運転されている場合(ステップ202: YES)、データ組選択部15は、当該データ組を新たな対象データ組 D_t として抽出し、記憶部14に格納する(ステップ203)。

【0064】

この際、コンプレッサの定格出力は、メーカーから仕様として提示された値を用いればよいが、実際には、提示された値よりも大きな電力で稼働する場合もある。また、経年変化により、定格出力が低減している場合もある。したがって、このような場合には、コンプレッサ C_i ごとに、実測した電力使用量 W_{ti} の最大値を、定格出力として再設定しておけばよい。

【0065】

50

このようにして、データ組選択部 15 は、 Q_t が減少状態にあるデータ組が D_t として、新たに n 個分抽出されるまで（ステップ 204：NO）、繰り返し実行する。

【0066】

D_t が n 個分だけ抽出された場合（ステップ 204：YES）、運転効率計算部 16 は、コンプレッサ C_i ごとに運転効率特性係数 b_i を割り当て（ステップ 205）、 D_t ごとに、当該 Q_t に関する単位時間当たりの流量変化率 λ_t を、前述した式（4）に基づき計算する（ステップ 206）。

【0067】

続いて、運転効率計算部 16 は、 D_t ごとの Q_t および W_{ti} と、コンプレッサ C_i ごとの a_i 、 b_i を用いて、前述した式（5）の Q_t に関する流量算出式を、 D_t ごとに n 個生成する（ステップ 207）。

10

この後、運転効率計算部 16 は、これら n 個の流量算出式から、前述した式（6）のような連立方程式を生成し（ステップ 208）、これを解くことにより、各コンプレッサ C_i の b_i を計算し（ステップ 209）、得られた b_i を記憶部 14 に係数データ 14B として格納し（ステップ 210）、一連の係数計算処理を終了する。

【0068】

なお、運転効率推定装置 10 にかかる係数計算処理については、図 9 に示す処理手順で実行してもよい。図 9 は、第 2 の実施の形態にかかる他の係数計算処理を示すフローチャートである。ここでは、対象データ D_t を $2 \times n$ 組取得して連立方程式を解き、 a_i と b_i とを同時に求める処理手順が示されている。

20

すなわち、図 8 にかかるステップ 201、202 を不要として、ステップ 200、203、204 で $2 \times n$ 組データを抽出する。続いて、ステップ 205 - 207 を図 8 と同様に実行して、ステップ 208 で $2 \times n$ 個の流量算出式から連立方程式を生ずる。この後、ステップ 208 で、この連立方程式を解けば、 a_i 、 b_i を求めることができる。

【0069】

次に、図 10 を参照して、運転効率推定装置 10 での運転効率計算処理について説明する。図 10 は、第 2 の実施の形態にかかる運転効率計算処理を示すフローチャートである。

運転効率計算部 16 は、操作入力部 12 で検出されたオペレータ操作に応じて、あるいは一定時間または所定の間隔ごとに、図 10 の運転効率計算処理を実行する。なお、運転効率計算処理にあたって、記憶部 14 には、各コンプレッサ C_i ごとに、偏回帰係数 a_i 、運転効率特性係数 b_i が係数データ 14B として格納されているものとする。

30

【0070】

運転効率計算部 16 は、まず、記憶部 14 のデータ組 14A を参照して、運転効率対象として指定された任意の時間 x のデータ組から全体流量 Q_x を取得し（ステップ 220）、前述と同様に、流量変化率 λ_x を計算する（ステップ 221）。

【0071】

この後、運転効率計算部 16 は、記憶部 14 の係数データ 14B から各コンプレッサ C_i の a_i 、 b_i を取得し、これら a_i 、 b_i と流量変化率 λ_x とを前述した式（2）に代入することにより、時間 x における運転効率 U_{xi} をコンプレッサ C_i ごとに計算する（ステップ 222）。

40

【0072】

また、運転効率計算部 16 は、記憶部 14 に予め格納されている各コンプレッサ C_i の定格効率 U_{ri} を取得し、 U_{ri} から U_{xi} を減算した値を U_{ri} で除算することにより、運転効率劣化率 R_{xi} を計算し（ステップ 223）、これらを画面表示部 13 で画面表示し（ステップ 224）、一連の運転効率計算処理を終了する。この際、 U_{xi} 、 U_{ri} 、 R_{xi} を画面表示する際、 a_i 、 b_i も一括して画面表示してもよく、オプション設定で画面表示の可否を選択可能としてもよい。

【0073】

図 11 は、運転効率の個別表示画面例である。ここでは、各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ の

50

うちコンプレッサ C_1 に関する、特定の時間 x 「11 : 00」における運転効率 U_{x1} と運転効率特性とが、グラフ表示されており、横軸が流量変化率 λ_x を示し、縦軸が運転効率 U_{x1} を示している。また、グラフには、コンプレッサ C_1 の定格効率 U_{r1} 、定格効率 U_{r1} を基準とした運転効率 U_{x1} の劣化率を示す運転効率劣化率 R_{x1} 、偏回帰係数 a_1 からなる最大効率 U_{max1} 、および運転効率特性係数 b_1 からなる、単位流量変化率当たりにおける運転効率 U_{x1} の低減率 R_{dx1} が、ともに表示されている。

【0074】

この個別表示画面により、管理者は、運転効率 U_{xi} や運転効率劣化率 R_{xi} に基づいて、選択したコンプレッサ C_i が時間 x において、どのような状況で運転されているかを容易に確認することができる。また、最大効率 U_{maxi} により、コンプレッサ C_i で得られる最も良い効率を把握できるとともに、低減率 R_{dxi} により、流量変化率 λ_x が低下するに連れて、どの程度の割合で運転効率 U_{xi} が低下するのかを詳細に確認することができる。

10

【0075】

また、図12は、運転効率の他の一覧表示画面例である。ここでは、前述した時間 x における運転効率 U_{xi} (= 偏回帰係数 a_i : 静特性)、定格効率 U_{ri} 、運転効率劣化率 R_{xi} 、最大効率 U_{maxi} 、および低減率 R_{dxi} (= 運転効率特性係数 b_i : 動特性) が、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ ごとに一覧表で表示されている。

この一覧表示画面により、時間 x における各コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ に関する運転状況および運転効率特性を、容易に確認できるとともに、コンプレッサ $C_1 \sim C_n$ 間で容易に比較することができる。

20

【0076】

[第2の実施の形態の効果]

このように、本実施の形態は、データ組選択部15が、記憶部14に格納されているデータ組14Aのうち、全体流量 Q_t が減少状態にあるデータ組を新たな対象データ組 D_t として n 個再選択し、運転効率計算部16が、再選択されたこれら対象データ組 D_t ごとに求めた、当該全体流量 Q_t に関する単位時間当たりの流量変化率 λ_t と、全体流量 Q_t 、電力使用量 W_{ti} 、および偏回帰係数 a_i と、コンプレッサ C_i ごとの流量変化率と運転効率との関係を近似する1次関数の傾きを示す運転効率特性係数 b_i とを用いて、当該全体流量 Q_t に関する流量算出式を、対象データ組 D_t ごとに n 個生成し、これら流量算出式を連立方程式として解くことにより、運転効率特性係数 b_i を計算し、任意の時間 x における流量変化率 λ_x に、当該コンプレッサ C_i の運転効率特性係数 b_i を乗算して、当該コンプレッサ C_i の偏回帰係数 a_i を加算することにより、当該時間 x におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_{xi} を計算するようにしたものである。

30

【0077】

これにより、全体流量 Q_t が一定状態あるいは増加中である場合におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i だけでなく、全体流量 Q_t が減少中である場合におけるコンプレッサ C_i の運転効率 U_i を精度良く推定することができる。したがって、実際の運用で全体流量 Q_t が増減している場合であっても、任意の時間における運転効率 U_i を精度良く推定することが可能となる。

40

【0078】

また、本実施の形態において、コンプレッサ C_i ごとの運転効率特性係数 b_i を未知数とした連立方程式は、係数データを $n \times n$ 行列 A 、定数データを n 次元ベクトル d 、として表記すると、運転効率特性係数を表す未知数ベクトル b を用いて、 $Ab = d$ という形に変換される。

この連立方程式を解く場合、係数データと定数データの組み合わせにより、解が不安定になることがある。その結果、要求される精度で個々のコンプレッサの運転効率指標を計算できないケースが存在する。

【0079】

このようなケースへの対応策として、連立方程式の係数データを用いた定解の安定性を

50

表す指標である条件数 (Condition Number) として $\kappa(A) = \|A\| \cdot \|B\|$ (但し、 $B = A^{-1}$) を計算する。

そして、条件数が事前設定した閾値以上の場合には、条件数が閾値未満となるまでデータの n 個の組 D_t (ただし $t = 1, 2, \dots, n$) の一部もしくは全部を入れ換えることで、新たな係数データ A' および定数データ d' に置き換えて連立方程式を解き、要求される精度を満たしたコンプレッサの運転効率指標を計算すればよい。一方、閾値未満という条件を満足するデータの組み合わせが存在しなかった場合には、それまでの計算結果を記憶しておき、履歴情報の範囲の中で最小の条件数を有する場合の計算結果を運転効率指標とすればよい。

【0080】

10

また、上記ケースへの対応策として、次の方法を用いることも可能である。まず、係数データ A および定数データ d のセットを事前に L 個用意しておき、各セット j に対して未知数ベクトル $b(j)$ (ここで $j = 1, 2, \dots, L$) とする連立方程式の解を求める。

そして、各 i において解 $b_i(j)$ の j に関する分散を計算し、この分散が事前に設定した各 i に対する閾値未満となる条件が、全ての i において満足している場合、 $b_i(j)$ の j に関する平均値または中央値等の統計量を運転効率指標とすればよい。

【0081】

ここで、ある i に対して条件を満足していない場合には、条件を満足する結果が得られるまで係数データ A および定数データ d のセットを順次追加して計算処理を実施する。データ組の追加は事前に設定しておいた追加上限数 M を限度とするため、最終的に条件を満たさなかった場合には、全ての計算結果 $b_i(j)$ (ただし $j = 1, 2, \dots, L, L+1, \dots, L+M$) の j に関する平均値または中央値等の統計量を i に対する運転効率指標とすればよい。

20

【0082】

なお、連立方程式を用いて解の安定性を判定する方法として、閾値を用いた判定方法とは異なる判定方法も利用することができる。例えば、計算によって得られた運転効率指標を前述した式 (5) に代入し、運転効率指標の算出時に利用されなかった全体流量 Q_t に関する流量変化率 λ_t と、全体流量 Q_t 、電力使用量 W_{ti} に関する検証用データの組を用いて等式がある一定以内の誤差範囲で近似的に成立することを確認することで、解の安定性を判定することが可能である。

30

【0083】

[実施の形態の拡張]

以上、実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明のスコープ内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。また、各実施形態については、矛盾しない範囲で任意に組み合わせ実施することができる。

【0084】

また、各実施の形態では、運転効率を推定する対象として、コンプレッサで圧縮空気を生成して負荷へ供給する圧縮空気供給システムを例に説明したが、これに限定されるものではなく、圧縮空気以外、例えば水や冷媒などの混合ガスを圧縮して負荷へ供給する圧縮ガス供給システムなどの他のシステムにも、前述と同様にして各実施の形態を適用でき、同様の作用効果を得ることができる。

40

【符号の説明】

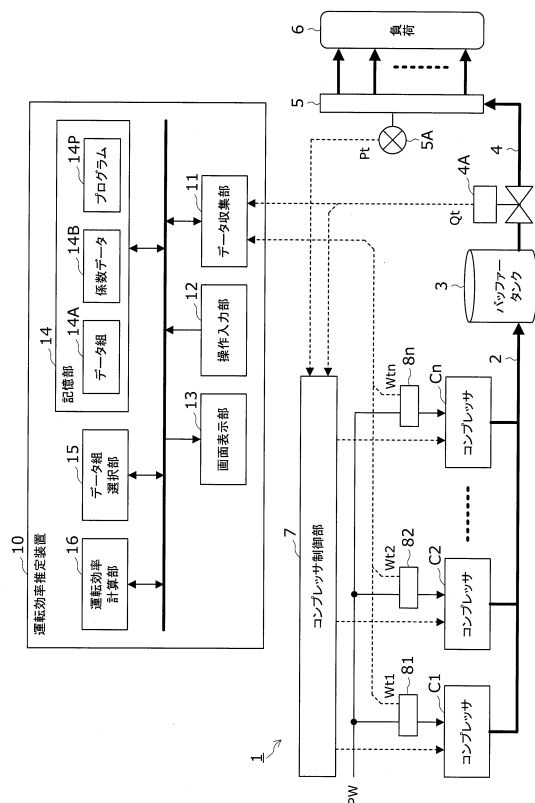
【0085】

1 ... 圧縮空気供給システム、 $C_1 \sim C_n$, C_i ... コンプレッサ、2, 4 ... 管路、3 ... バッファータンク、4A ... 流量計、5 ... ヘッド、5A ... 圧力計、6 ... 負荷、7 ... コンプレッサ制御部、8 (81 ~ 8n) ... 電力計、10 ... 運転効率推定装置、11 ... データ収集部、12 ... 操作入力部、13 ... 画面表示部、14 ... 記憶部、14A ... データ組、14B ... 係数データ、14P ... プログラム、15 ... データ組選択部、16 ... 運転効率計算部、 Q_t , Q_x ... 全体流量、 $W_{t1} \sim W_{tn}$, W_{ti} ... 電力使用量、 D_t ... 対象データ組、 λ_t , λ_x

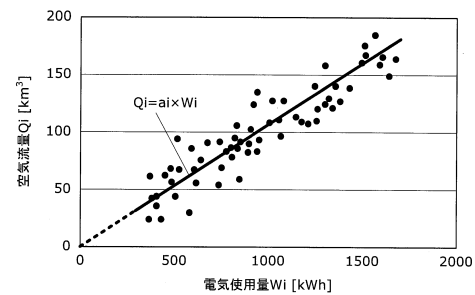
50

...流量変化率、 a_i ... 偏回帰係数 (切片)、 b_i ... 運転効率特性係数 (傾き)、 U_{ti} , U_{xi} ... 運転効率、 U_{ri} ... 定格効率、 R_{xi} ... 運転効率劣化率、 $U_{x\max i}$... 最大効率、 $R_{dx i}$... 低減率。

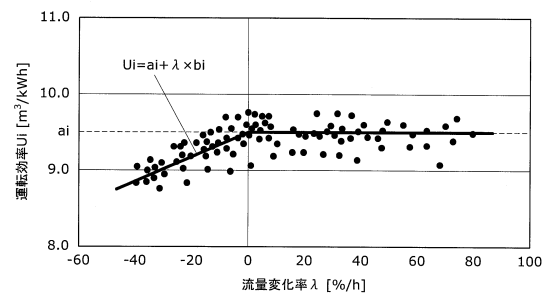
【図 1】



【図 2】



【図 3】



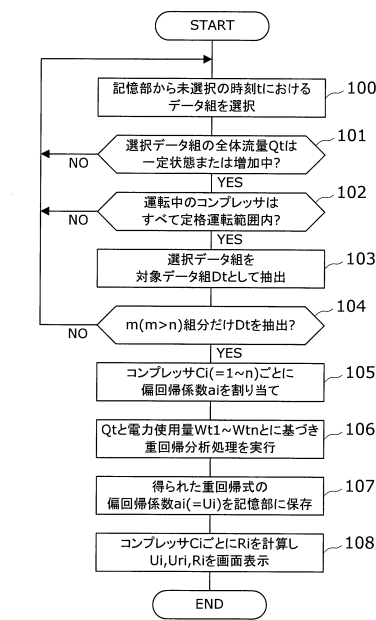
【図 4】

時刻t	全体流量 Qt [m³]	電力使用量Wti (i=1~n) [kWh]				
		コンプレッサ1	コンプレッサ2	----	コンプレッサn	
t1	Q1	W11	W12	----	W1n	
t2	Q2	W21	W22	----	W2n	
tm	Qm	Wm1	Wm2	----	Wmn	

【図 5】

コンプレッサ	偏回帰係数ai	運転効率特性係数bi
コンプレッサ1	a1	b1
コンプレッサ2	a2	b2
コンプレッサn	an	bn

【図 6】

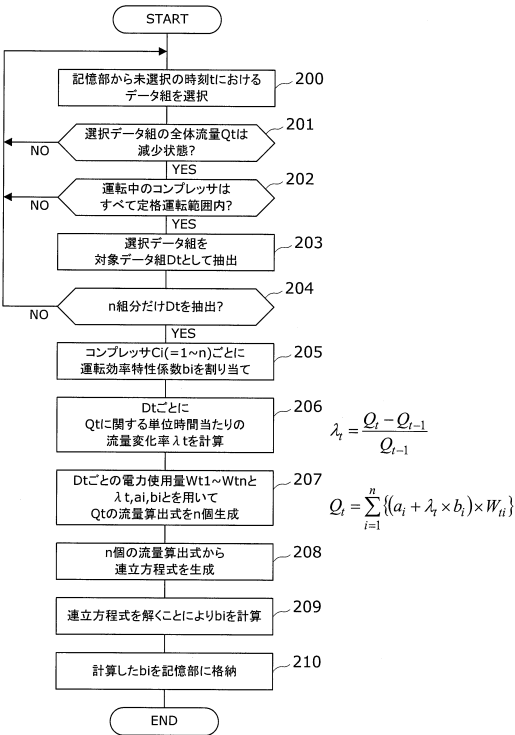


【図 7】

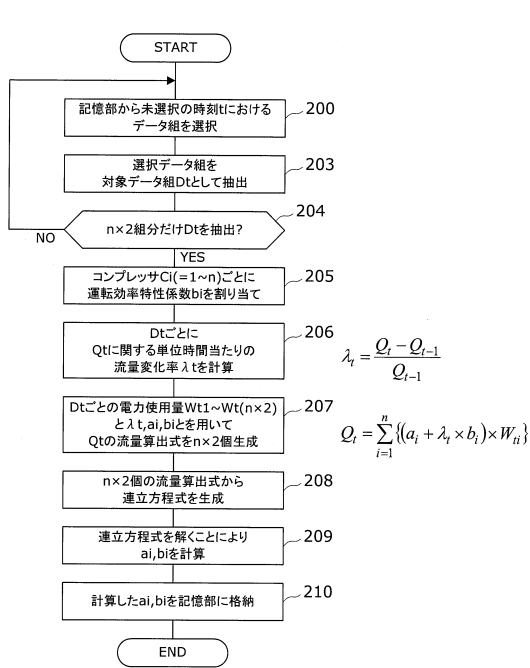
■運転効率 一覧表示画面ーコンプレッサC1～Cn				
各コンプレッサの運転効率 11:00現在				
コンプレッサ	コンプレッサC1	コンプレッサC2	-----	コンプレッサCn
運転効率 [m³/kWh]	10.14	10.00		9.73
定格効率 [m³/kWh]	10.55	10.75	-----	10.60
運転効率劣化率 [%]	3.89	7.00		8.20

閉じる

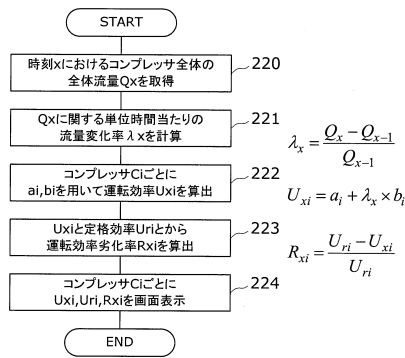
【図 8】



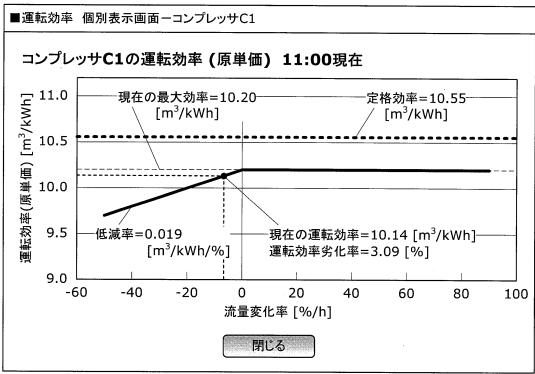
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

■運転効率 一覧表示画面-コンプレッサC1~Cn

各コンプレッサの運転効率 11:00現在

コンプレッサ	コンプレッサC1	コンプレッサC2	-----	コンプレッサCn
運転効率 [m³/kWh]	10.14	10.00	-----	9.73
定格効率 [m³/kWh]	10.55	10.75		10.60
運転効率劣化率 [%]	3.89	7.00		8.20
最大効率 [m³/kWh]	10.20	10.15		9.95
低減率 [m³/kWh/%]	0.010	0.010		0.012

閉じる

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 0 4 B 4 9 / 0 6

F 0 4 B 4 9 / 1 0