

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6254276号
(P6254276)

(45) 発行日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日(2017.12.8)

(51) Int.Cl.

FO4D 27/00 (2006.01)

F 1

FO4D 27/00 101B
FO4D 27/00 F

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-530183 (P2016-530183)
 (86) (22) 出願日 平成26年7月23日 (2014.7.23)
 (65) 公表番号 特表2017-500470 (P2017-500470A)
 (43) 公表日 平成29年1月5日 (2017.1.5)
 (86) 國際出願番号 PCT/CN2014/082814
 (87) 國際公開番号 WO2016/011618
 (87) 國際公開日 平成28年1月28日 (2016.1.28)
 審査請求日 平成28年5月18日 (2016.5.18)

(73) 特許権者 508356582
 中山大洋▲電▼机股▲ふん▼有限公司
 中華人民共和国▲廣東▼省中山市西区沙朗
 第三工▲業▼区 (番地なし)
 (74) 代理人 100103207
 弁理士 尾崎 隆弘
 (72) 発明者 王▲繼▼忠
 中華人民共和国▲廣東▼省中山市西区沙朗
 第三工▲業▼区 (番地なし)
 (72) 発明者 周一▲橋▼
 中華人民共和国▲廣東▼省中山市西区沙朗
 第三工▲業▼区 (番地なし)
 (72) 発明者 ▲張▼政
 中華人民共和国▲廣東▼省中山市西区沙朗
 第三工▲業▼区 (番地なし)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ファン・モータ風量の検出法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記のステップを含むことを特徴とするファン・モータ風量の検出法。

A) モータ・コントローラのマイクロプロセッサにM個の風量点CFM_iに対応するM個の固定風量制御関数Q_i=F(n)を確立する。その中、パラメータQがモータの入力電力でもモータの直流バス電流でもモータの出力モーメントでもよく、nがモータの回転数、iが1からMまでの整数である。

B) モータをONにして安定になってからモータのリアルタイム回転数n₀及びパラメータQ₀を検出し、パラメータQ₀を前記の複数の風量点CFM_iに対応する複数の固定風量制御関数Q_i=F(n)に代入して複数の回転数n_iを取得し、リアルタイム回転数n₀を複数の風量点CFM_iと対応する複数の回転数n_iと比べて、リアルタイム検出風量CFM₀が風量点CFM_iとCFM_{i-1}との間にあることを確定する。

C) 所定の風量点CFM_iとCFM_{i-1}及び回転数n_iとn_{i-1}を利用して補間法によりリアルタイム検出風量CFM₀を算出する。

【請求項 2】

検出風量CFM₀=CFM_i+ (CFM_{i-1}-CFM_i) × (n_i-n₀) ÷ (n_i-n_{i-1}) であることを特徴とする請求項1に記載のファン・モータ風量の検出法。

【請求項 3】

前記の関数Q_i=F(n)は次の通りに得られるものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のファン・モータ風量の検出法。実験データを採集し、空気回路機器で目安風量のM

個に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実際の静圧領域をカバーリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及びパラメータQを調節して風量を目安風量に保ち、その場合のモータの安定な回転数n及び対応するパラメータQを記録する。それにより、目安風量のM個に対して一連の回転数n及びパラメータQが発生する。次に、カーブフィッティングにより発生する目安風量のM個で目安風量ごとに関数 $Q_i = F(n)$ に対応する。

【請求項 4】

複数の風量点 CFM_i は最大の出力風量及び最小の出力風量を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のファン・モータ風量の検出法。10

【請求項 5】

$Q_i = F(n)$ は二次関数であり、各目安風量点に対応する関数 $Q = C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ であることを特徴とする請求項1又は2に記載のファン・モータ風量の検出法。10

【請求項 6】

前記のファン・モータはBLDCモータ又はECMモータを利用し、モータ本体及びモータ・コントローラを含み、前記のモータ本体はシャフト、永久磁石回転子アセンブリ、固定子アセンブリ及びキャビネットアセンブリを含み、永久磁石回転子アセンブリと固定子アセンブリにより磁気結合を形成し、固定子アセンブリが固定子コア及び固定子コア上のコイル巻線を含み、前記のモータ・コントローラマイクロプロセッサ、インバーター回路、動作回転数検出回路及びインバーター回路のある出力端を含み、コイル巻線に接続し、動作回転数検出回路により検出する信号をマイクロプロセッサに入力し、マイクロプロセッサの出力端によりインバーター回路を制御し、マイクロプロセッサに目安風量を入力、設定し、リアルタイム検出風量 CFM_0 が設定目安風量の以下になると、警報信号を出力することを特徴とする請求項1又は2に記載のファン・モータ風量の検出法。20

【請求項 7】

ファン・モータが固定風量制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると警報を行い、検出風量と設定風量のずれが許容領域にある場合、警報をしないことを特徴とする請求項6に記載のファン・モータ風量の検出法。

【請求項 8】

ファン・モータが固定モーメント制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報を行うことを特徴とする請求項6に記載のファン・モータ風量の検出法。30

【請求項 9】

ファン・モータが固定回転数制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報を行うことを特徴とする請求項6に記載のファン・モータ風量の検出法。

【請求項 10】

M個の風量点が少なくとも5つあることを特徴とする請求項1又は2に記載のファン・モータ風量の検出法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明はファン・モータ風量の検出法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年以来、電器分野の日増しに激烈になっている競争に伴い、省エネ・エコ、高い制御可能性及び知能化程度、短い開発周期、低い騒音など製品に対する技術上の要求が高まっている。よって、中核的部材としてのモータは前記の技術課題の解決のための中核的部材となっている。従来の家用空調のためのモータに一般に効率低の低く、電力消費の多く、騒音も大きく、制御可能性知能程度の低い単相交流モータPSCを利用する。モータ技術の進歩に伴い、交流モータが直流モータに替えられるようになっている。直流モータはモー50

タ・コントローラがあり、モータ・コントローラにより電流の電子方向転換に達成するので、ECMモータ (electronically commutated motor) 又は直流ブラシレスモータ (BLDC MOTOR) と呼ばれ、省エネ・エコ、信頼可能性でも制御可能性でも高く、騒音が低く、知能化の達成が容易であることなどの特長があり、単相交流モータの不足を解決できるので、現状の空調のための単相交流モータが直流ブラシレスモータ又はECMモータに取り換えられるようになっている。

【0003】

中国又はアジア他国で、空調は直流モータの制御盤が空調メインボードに接続されていて、接続信号のポートGND、ポートVDC、ポートVCC、ポートVSP及びポートFGがある。このようなインタフェースが大体に標準的インタフェースとなり、空調メインボードが出力電圧ポートVSPにより直流モータ制御盤に目安回転数を入力し、モータがポートFGによりモータの実績回転数をフィードバックして直流モータの閉ループ回転数制御に達成する。空調の空気入出口のフィルター又は空気回路が詰められた場合、空調の出口からの風量が少なくなり、空調の冷却又は暖房の効果に影響を及ぼす。それは空調システムとして望まれないものである。よって、従来のBLDCモータにおいて固定風量又は風量モニターリング/警報機能に達成することは必要である。

【0004】

現状の対策として、空気出口又は空気回路に風圧計を設置して風量を判断したり、風量計を設置して風量を検出したりするが、それにより別途にハードウェアを追加することが必要であり、取付や配線がトラブルにつながり、別途のコストアップとなる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は正確に空気フィルターの詰りを判断し、信号出力により警報を行い、数学モデルが簡単であり、制御が信頼可能であり、精度が高いファン・モータの風量に関する検出法を提供することを目的にする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は目的が下記の技術案により達成するものである。

【0007】

下記のステップを含むことを特徴とするファン・モータ風量の検出法。

【0008】

A) モータ・コントローラのマイクロプロセッサにM個の風量点 CFM_i に対応するM個の固定風量制御関数 $Q_i=F(n)$ を確立する。その中、パラメータQがモータの入力電力でもモータの直流バス電流でもモータの出力モーメントでもよく、nがモータの回転数、iが1からMまでの整数である。

【0009】

B) モータをONにして、安定になってからモータのリアルタイム回転数 n_0 及びパラメータ Q_0 を検出し、パラメータ Q_0 を前記の複数の風量点 CFM_i に対応する複数の固定風量制御関数 $Q_i=F(n)$ に代入して複数の回転数 n_i を取得し、リアルタイム回転数 n_0 を複数の風量点 CFM_i と対応する複数の回転数 n_i と比べて、リアルタイム検出風量 CFM_0 が風量点 CFM_i と CFM_{i-1} との間にあることを確定する。

【0010】

C) 所定の風量点 CFM_i と CFM_{i-1} 及び回転数 n_i と n_{i-1} を利用して補間法によりリアルタイム検出風量 CFM_0 を算出する。

【0011】

検出風量 $CFM_0=CFM_i + (CFM_{i-1}-CFM_i) \times (n_i-n_0) \div (n_i-n_{i-1})$

【0012】

前記の関数 $Q_i=F(n)$ は次の通りに得られるものである。実験データを採集し、空気回路機器で目安風量のM個に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実

10

20

30

40

50

際の静圧領域をカバーリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及びパラメータQを調節して風量を目安風量に保ち、その場合のモータの安定な回転数n及び対応するパラメータQを記録する。それにより、目安風量のM個に対して一連の回転数n及びパラメータQが発生する。次に、カーブフィッティングにより発生する目安風量のM個で目安風量ごとに関数 $Q_i=F(n)$ に対応する。

【0013】

前記の複数の風量点 CFM_i は最大の出力風量及び最小の出力風量を含む。

【0014】

前記の $Q_i=F(n)$ は二次関数であり、各目安風量点に対応する関数が $Q=C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ である。

10

【0015】

前記のファン・モータはBLDCモータ又はECMモータを利用し、モータ本体及びモータ・コントローラを含む。前記のモータ本体はシャフト、永久磁石回転子アセンブリ、固定子アセンブリ及びキャビネットアセンブリを含み、永久磁石回転子アセンブリと固定子アセンブリにより磁気結合を形成し、固定子アセンブリが固定子コア及び固定子コア上のコイル巻線を含む。前記のモータ・コントローラマイクロプロセッサ、インバーター回路、動作回転数検出回路及びインバーター回路のある出力端を含み、コイル巻線に接続し、動作回転数検出回路により検出する信号をマイクロプロセッサに入力し、マイクロプロセッサの出力端によりインバーター回路を制御し、マイクロプロセッサに目安風量を入力、設定し、リアルタイム検出風量 CFM_0 が設定目安風量の以下になると、警報信号を出力する。

20

【0016】

前記のファン・モータが固定風量制御モデルで動作し、マイクロプロセッサにより実績電力が定格電力に達しているかと検出し、実績電力が定格電力に達していない、検出風量と設定風量のずれが所定の値になると警報を行うが、検出風量と設定風量のずれが許容領域にある場合、警報をしない。

【0017】

前記のファン・モータが固定モーメント制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報を行う。

【0018】

前記のファン・モータが固定回転数制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報を行う。

30

【発明の効果】

【0019】

従来の技術と比べて、本発明は次の効果がある。

【0020】

1) 本発明はモータ・コントローラのマイクロプロセッサにM個の風量点 CFM_i に対応するM個の固定風量制御関数 $Q_i=F(n)$ を確立し、モータのリアルタイム回転数 n_0 及びパラメータ Q_0 を検出し、パラメータ Q_0 を前記の複数の風量点 CFM_i に対応する複数の固定風量制御関数 $Q_i=F(n)$ に代入して複数の回転数 n_i を取得し、リアルタイム回転数 n_0 を複数の風量点 CFM_i と対応する複数の回転数 n_i と比べて、リアルタイム検出風量 CFM_0 が風量点 CFM_i と CFM_{i-1} との間にあることを確定し、利用補間法によりリアルタイム検出風量 CFM_0 を算出し、数学モデルが簡単であり、制御が信頼可能であり、精確度が高い。

40

【0021】

2) ファン・モータを風量検出のための部材にし、検出風量 Q_1 と設定風量 Q_0 とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報信号を出力し、いかなるハードウェアの追加も不要であり、取付が簡単であり、コストが安い。

【0022】

ファン・モータが固定風量の制御モデルで動作し、マイクロプロセッサが実績電力が定格電力に達しているかと検出し、実績電力が定格電力に達している場合に検出風量 Q_1 と設定風量 Q_0 とのずれを判断し、方案が簡単であり、マイクロプロセッサの演算量が少なく、

50

実行可能性が高い。

【0023】

前記の関数 $Q_i = F(n)$ は次の通りに得られるものである。実験データを採集し、空気回路機器で目安風量のM個に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実際の静圧領域をカーリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及びパラメータQを調節して風量を目安風量に保ち、その場合のモータの安定な回転数n及び対応するパラメータQを記録する。それにより、目安風量のM個に対して一連の回転数n及びパラメータQが発生する。次に、カーブフィッティングにより発生する目安風量のM個で目安風量ごとに関数 $Q_i = F(n)$ に対応し、前記のM個の風量点が少なくとも5つあるので、効果的に検出の精度を保証できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】従来の空調ファンシステムの構成図

【図2】本発明によるファン・モータの取付図

【図3】本発明によるファン・モータの立体図

【図4】本発明によるファン・モータ・コントローラの立体図

【図5】本発明によるファン・モータの断面図

【図6】本発明によるファン・モータ・コントローラの実施回路ブロック図

【図7】図6に対応する回路図

【図8】本発明によるファン・モータの固定風量制御法の制御プロセスチャート

20

【図9】本発明によるファン・モータに関する実験による固定風量のフィッティンググラフ

【図10】本発明による1/3HPのファン・モータの直接電力による固定風量制御の実験データフィッティンググラフ

【図11】本発明によるファン・モータについて補間法により任意の入力風量実験データを求めるためのフィッティンググラフ

【図12】本発明によるファン・モータの固定風量制御法の制御論理図

【図13】本発明によるファン・モータの固定風量制御法の制御プロセスチャート

【図14】本発明によるファン・モータの固定風量制御法の他の制御プロセスチャート

【図15】本発明によるファン・モータの固定風量制御法の実験に検証されたテスト結果

30

図

【図16】本発明によるファン・モータの風量の計算図

【発明を実施するための形態】

【0025】

次に、実施例と図により本発明について詳細に説明する。

【実施例1】

【0026】

次に、本発明に関するファン・モータの回路の構成及び風量検出の制御原理を示す。

【0027】

図1の通りに、本発明では、代表的な空調通風管路（「空気回路」と略す）に送風システム（ガスストーブ又は空気処理装置など）を設置する。図の中で「モータ+風力輪」でその送風システムを表す。管路に空気フィルターもあり、モータがONすると送風が開始する。空気出口と空気入口の数量が室数に関わり、管路の設計に関する統一的規格がなく、空気フィルターに異なる電圧降下があるので、従来の単相交流モータ・PSCモータの送風システムを異なる管路に搭載する場合、実績風量が違う。本発明では、ファン・モータがBLDCモータ又はECMモータである。

40

【0028】

図2の通りに、1) 製品が空調システムコントローラにより制御され、空調システムコントローラによりすべての製品を制御し、操作装置及びカスタマイズのインターフェースの周囲回路及びプロトコルにより設置情報をモータ・コントローラに送信する。2) モータ・

50

コントローラはマイクロプロセッサーシングルチップマイクロコンピュータ又はDSP電子パネルによりモータ制御を行い、コントローラの各回路に電力を提供する電源部があり、電源について直流バス電圧及び電流を設置する。よって、モータの制御により出力を行う。普通、安いコスト及び量産のモータ・コントローラでは、電流及び電圧センサハードウェアとして並列抵抗回路を利用し、システムのフィードバックとしてモータの駆動を制御し、モータ制御を行う。例えば、ベクトル制御、直接トルク制御、及び他のセンサ又はノンセンサ制御など。周知の通りに、すべての電子アセンブリに動作期間の変化があり、それらの変化が検出の精度及び耐久性に影響を及ぼす。3) ファン・モータは回転子に磁石及び構成があり、固定子側又は溝に多相巻き線がある。温度変化の場合、永久磁石及び巻き線の抵抗が変化するので、モータ制御の異なる変化につながる。普通、モータの製造プロセスにも決まった程度の変化が発生し、モータの劣化、新しいモータと中古モータ、貢献の要素制御の正確性及び耐久性など、永久磁石のモータの磁束が温度の変化により消磁などを引き起こすことがある。また、モータシャフト失効のおそれ、システムの安全性、及び検出又はリアルタイムモニターリング。4) プロワー：プロワーはモータシャフトに取り付けられ、回転による気流が所定の速度で送風し、取付位置が操作に影響を及ぼしたり、摩擦抵抗を向上させたりすることがあり、少ない気流量ないし誤った回転方向につながる。5) 空気フィールター：空気フィールターに関する定期交換及び修理が必要である。長い期間にトレーシングをしなければ、摩擦抵抗が向上し、気流圧力に影響を及ぼすことがある。6) 管路制御：ほこり及び管路破壊が管路システムの区域制御及びON/OFFポートシステムの圧力変化につながる。前記の場合、固定風量制御を行うと多くの不安定につながる。10

【0029】

図3、図4及び図5の通りに、普通、ファン・モータがモータ・コントローラ2及びモータ本体1からなり、前記のモータ本体1が固定子アセンブリ12、回転子アセンブリ13及びキャビネットアセンブリ11を含み、固定子アセンブリ12がキャビネットアセンブリ11に取り付けられ、モータ本体1に回転子の位置の検出のためのホールセンサ14が取り付けられ、回転子アセンブリ13が固定子アセンブリ12の内側又は外側にあり、モータ・コントローラ2が制御盤22及び制御盤22に取り付けられた制御基板21を含み、制御基板21が一般に電源回路、マイクロプロセッサ、バス電流検出回路、インバーター回路及び回転子位置検出回路14（即ちホールセンサ）を含み、電源回路が各回路に給電し、回転子位置検出回路が回転子の位置信号を検出し、マイクロプロセッサに入力し、バス電流検出回路が検出したバス回路をマイクロプロセッサに入力し、バス電圧検出回路が直流バス電圧をマイクロプロセッサに入力し、マイクロプロセッサがインバーター回路を制御し、インバーター回路が固定子アセンブリ12の各相コイル巻線の電力のON・OFFを制御する。30

【0030】

図6、図7の通りに、ファン・モータが3相ブラシレス直流永磁同期モータである場合、回転子位置検出回路14に一般にホールセンサの3つを利用し、ホールセンサの3つがそれぞれ360度の電気角周期の回転子位置を検出し、120度電気角を回転するごとに固定子アセンブリ12の各相コイル巻線の通電を1回に変え、3相6歩の制御モデルを形成する。交流入力（AC INPUT）はダイオードD7、D8、D9及びD10からなる全波整流回路を経て、コンデンサC1の一端で直流バス電圧 V_{bus} を出力する。直流バス電圧 V_{bus} が入力交流・電圧に関わる。交流入力（AC INPUT）の電圧が確定されてから、3相巻き線の線間電圧UPがPWMチョッパーの出力電圧である。その中、 $UP=V_{bus} \cdot w$ 、wがマイクロプロセッサによりインバーター回路に入力するPWM信号のデューティサイクルであり、線間電圧UPを変えると、直流バス電流 I_{bus} を変えることができる。インバーター回路は電子スイッチQ1、Q2、Q3、Q4、Q5及びQ6からなり、電子スイッチQ1、Q2、Q3、Q4、Q5及びQ6の制御端がそれぞれマイクロプロセッサに出力される6回のPWM信号（P1、P2、P3、P4、P5及びP6）に制御され、インバーター回路にバス電流 I_{bus} の検出のための抵抗R1が接続されていて、バス電流検出回路が抵抗R1の検出バス電流 I_{bus} を転換してからマイクロプロセッサに送る。モータ入力電力は電子スイッチQ7に制御され、マイクロプロセッサに出力される1回路のPWM信号（P0）が電子スイ40
50

チQ7の導通時間を制御してモータの入力電力を制御する。

【0031】

図8の通りに、前記のファン・モータが風力輪を駆動し、固定子アセンブリ、永久磁石回転子アセンブリ及びモータ・コントローラを有し、前記のモータ・コントローラにマイクロプロセッサ、インバーター回路、回転子位置検出回路、バス電流検出回路、バス電圧検出回路及びモータ入力電力制御回路（図に表示無し）があり、回転子位置検出回路が回転子位置の信号を検出し、マイクロプロセッサ、マイクロプロセッサに入力して回転子位置の信号によりモータのリアルタイム回転数nを算出し、バス電流検出回路がバス電流をマイクロプロセッサに、バス電圧検出回路が直流バス電圧をマイクロプロセッサに入力し、マイクロプロセッサがインバーター回路、インバーター回路が固定子アセンブリの各相コイル巻線の電力の投入・遮断、マイクロプロセッサがモータ入力電力制御回路を制御し、下記のステップを含むことを特徴とする空調システムにおけるファン・モータの直接電力に制御される固定風量の制御法。10

【0032】

ステップA) モータ・コントローラをONし、目安風量のIN-CFMを受信、プリセットする。。

【0033】

ステップB) 目安風量IN-CFMにより対応する関数P=f(n)を取得する。その中、nが回転数、Pがモータの入力電力である。20

【0034】

ステップC) 直接電力制御・固定風量制御のモデルに入る。制御モータ又はモータ速度が零である場合にモータをONにして、モータが関数P=f(n)の制御軌跡に沿って安定な動作点(p_t、n_t)に達するようとする。その中、p_t、n_tは固定風量制御関数P=f(n)に満たす軌跡にある入力電力及び回転数である。20

【0035】

ステップD) 直接電力制御・固定風量制御のモデルを保つ。モータの動作回転数によりモータリアルタイム入力電力P_iを算出し、30

$$\Delta P = |P_t - P_i|$$

を計算する。

【0036】

ステップE) 電力増加値 P < 設定値Psetである場合、現状動作点を保つ。

【0037】

ステップF) 電力増加値 P > 設定値Psetである場合、電力/回転数制御論理により速度ループの操作時間となっているかと計算する。速度ループの操作時間となっていない場合、現状動作点を保つ。40

【0038】

ステップG) 速度ループの操作時間となっている場合、速度制御回路に入つて

$$\Delta n = |n_i - n_t|$$

により速度を調節する。n_iがリアルタイム回転数である。軌跡上の新規動作点(P_i、n_i)に達する。即ち、P_t=P_i、n_t=n_iとなるようにして、ステップCに戻す。

【0039】

前記の前記の関数P=f(n)は次の通りに得られるものである。実験データを採集し、複数の目安風量に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実際の静圧領域をカバーリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及びモータリアルタイム入力電力P_iを調節して風量を目安風量に保ち、この場合のモータ安定回転数n及び対応するモータリアルタイム入力電力P_iを50

記録する。それにより、複数の目安風量に対して回転数n及びモータリアルタイム入力電力P_iが発生する。次に、カーブフィッティングにより複数の目安風量が発生する。その目安風量で目安風量ごとに関数P=f(n)の1つに対応する。

【0040】

上記の外部入力目安風量IN-CFMのすべてが前記の検出した複数の目安風量のどれにも当たらない場合、補間法により、外部入力目安風量IN-CFMに対応する関数P=f(n)に関する補間計算を行う。それにより全過程の任意の目安風量の固定風量制御に達成する。

【0041】

前記の関数関係式P=f(n)は多項式関数のP=C₁+C₂×n+…+C_m×n^{m-1}である。
その中、C₁、C₂、…、C_mが係数、nがモータ回転数である。目安風量ごとに一連のC₁、C₂、…、C_m係数に対応して記憶され、マイクロプロセッサが入力する目安風量IN-CFMによりルックアップテーブル又は補間法により対応する一連のC₁、C₂、…、C_m係数を取得して、関数関係式P=f(n)を取得する。 10

【0042】

前記の関数関係式P=f(n)は二次関数P=C₁+C₂×n+C₃×n²である。

【0043】

本発明の直接電力による固定風量制御の制御法(Direct P Control for Constant Airflow Control Apparatus Method)は開発及び数学モデルの確立が次のとおりである。普通、通風システムにおいて、ファンがファン・モータに駆動されて安定な状態で気流が発生する。固定の風量制御は静的圧力条件での速度及び電力制御により達成する。関係式CFM=F(P, speed, pressure)の中、CFMは風量、Pは電力、speedは速度、pressureは静圧を示す。静的圧力が変化する場合、電力及び速度で当該固定風量を制御、維持する。電力と速度が静的圧力の向上に伴って変化する。図9の通りに、固定風量CFM曲線は検出できる。それらの固定風量CFM曲線に基づいて制御モデルを開発する。製品の制御により風量の需要を確定し、電力及び速度を制御して所定の静的圧力で固定風量CFMを提供する。図9において、特性曲線は制御電力及び速度を保つ固定風量の物理特性を示す。すべてのモータの定格電力において、すべての区分の設計の気流システムの空調メーカーに対して、電力のテスト結果及び速度曲線に基づいて次の通りに結論を得ることができる。即ち、代表的な二次関数が見事に用代表的な関数であるP=C₁+C₂×n+C₃×n²の開発モデリングに用いられることができる。曲線で未定点(A、B及びC)の3つを選択し、それに対応する座標におけるデータが(p1, n1)、(p2, n2)、(p3, n3)である。下式の通りに係数C₁、C₂、C₃を取得する。 20 30

$$F(A, B, C) = \sum_i^m (Yi - (C1 + C2 * n + C3 * n^2))^2$$

F/ A=0、F/ B=0、及び F/ C=0
式によると、m=3となる。

【0044】

カーブフィッティングの過程は多項式記述曲線に対する選択である。多項式の係数は最小二乗法により求める。理論上P=C₁+C₂×n+C₃×n²+…+C_m×n^{m-1}を用いることができるが、実際に二項式を選択して普通の需要に満たすことができる。関数関係式P=f(n)はP=C₁+C₂×n+C₃×n²二次関数である。その中、C₁、C₂及びC₃が係数、nがモータの回転数である。テストされる複数の目安風量で目安風量のすべてが一連の係数C₁、C₂及びC₃に対応し、記憶される。マイクロプロセッサは入力する目安風量IN-CFMに基づき、ルックアップテーブルにより対応する一連の係数C₁、C₂及びC₃を取得して関数関係式P=f(n)を得られる。表1の通りに、ある荷重において、目安風量ごとに一連の係数C₁、C₂及びC₃に対応する。 40

【表1】

CFM	C ₁	C ₂	C ₃
150	0.338	-0.151	0.0458
300	0.4423	-0.2113	0.0765
450	○○○	○○○	○○○
600	○○○	○○○	○○○
750	○○○	○○○	○○○
900	○○○	○○○	○○○

10

【0045】

図10は1/3HPのファン・モータが小型管路の空調システムにおける直接電力による固定風量制御の実験データのフィッティンググラフである。所定の目標気流に対して、システムでは選択されたいいくつかの代表的な風量CFMをテスト点に選択して数学モデルを確立するためのデータ・ベースを確立する。それらの代表的な点は最小及び最大の風量を含み、一部の中央点を加える。製品仕様により、テスト点として代表的な風量CFMが150 / 300 / 450 / 600及び750CFMである。

【0046】

20

表2はテストデータの結果を示す例である。モータの回転数は領域が200 ~ 1400 rpm、システムの静的圧力が0.1 ~ 1 H₂Oにある。プリセット固定風量CCFM出力を保ち、図10に対応するモータ入力電力の単位当たりの値を取得してデータ・ベースを形成する。

【表2】

150CFM 風量		300CFM 風量		450CFM 風量		600CFM 風量		750CFM 風量	
回転数	出力								
385.3	3.6%	452.2	6.9%	590.1	14.8%	693.6	26.6%	822.9	45.6%
385.9	3.6%	577.7	10.6%	680.6	19.6%	763.9	31.6%	878.1	50.4%
531	6.0%	700.3	14.6%	778.5	24.7%	839.3	37.2%	936	56.4%
637.3	8.6%	787.5	18.4%	858.4	29.8%	905	43.2%	997.9	63.9%
737.4	11.6%	861.2	22.2%	940.5	35.2%	987.8	50.6%	1056	70.5%
818.4	14.4%	932.6	26.2%	1015	41.0%	1051	57.0%	1115	77.1%
891	17.4%	997.9	30.5%	1078	45.6%	1127	64.1%	1176	83.3%
970.3	21.5%	1053	34.2%	1146	51.6%	1184	70.2%	1173	83.2%
1029	24.8%	1119	39.7%	1197	56.6%	1245	75.0%		
1100	28.3%	1165	43.1%	1252	61.6%				
1163	32.4%								

30

40

【0047】

最小二乗法を利用し、各予定CFM風量が電力及び回転数の二次関数に対応し、標準的計算法によりそれらの式による電力及び所定の静的圧力によるすべてのシステムの動作点における速度を得られる。設定風量IN-CFMプリセットを入力すると、モータシステムがそれに対応する関数に定義を与え、その動作点の軌跡について関数の定義を守る。式(3) ~ (7)は標準式で表すことができる。その中、C1、C2及びC3が定数である。

$$\text{Power}(150) = 0.3388 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 - 0.1551 \left(\frac{n}{1000} \right) + 0.0458 \quad (3)$$

$$\text{Power} (300) = 0.4423 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 - 0.2113 \left(\frac{n}{1000} \right) + 0.0765 \quad (4)$$

$$\text{Power}(450) = 0.3987 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 - 0.0308 \left(\frac{n}{1000} \right) + 0.0294 \quad (5) \quad 10$$

$$\text{Power} (600) = 0.2580 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 + 0.3983 \left(\frac{n}{1000} \right) - 0.1379 \quad (6)$$

$$\text{Power} (750) = 0.1385 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 + 0.8150 \left(\frac{n}{1000} \right) - 0.3139 \quad (7)$$

【 0 0 4 8 】

即ち、 $P=C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ となり、式(3)～(7) モデリング曲線が固定風量CFMに必要な5つの選択動作点の軌跡を提供し、Powerが電力、nが回転数である。

【 0 0 4 9 】

図11の通りに、求める固定風量IN-CFMがモデリング曲線のいずれかではない場合、補間法により新しい特性式を得て求める固定風量IN-CFMを補間する。例えば、求める固定風量IN-CFM=525cfmの要求が受けられる場合、隣り合う曲線CFM1-600cfm及びCFM2-450cfmのモデリングが認識できる。次に、該当する式の2式がIN-CFM=525cfm曲線の算出のための新規式に用いられる。求めるIN-CFM=525cfm及び選択する速度 1、2、3によりそれらの速度を確定し、電力値を算出する。モデル曲線の2本に対応する式に対する2重電力点で選択する速度を利用して、線形加重補間を行ってP値を算出できる。先ず、下記の通りにマトリックス・データを示す。

$$\begin{bmatrix} P_i \\ P(600) \\ P_1(450) \\ P_2(450) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 \\ P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \end{bmatrix}$$

【 0 0 5 0 】

1組の電力点

$$(p_{1i}, p_{2i})$$

が選択する速度 と対応し、選択する速度 1、2及び 3が3組の電力点

(p_{1i}, p_{2i})

と対応し、線形加重補間により P_i 値を算出する。

$$pi = p_{2i} + w \cdot (p_{1i} - p_{2i})$$

【0051】

重み値 W は次の式により算出する。

10

$$w = \frac{CFM - CFM2}{CFM1 - CFM2}$$

【0052】

注 : $CFM2 = IN-CFM / CFM1, 0 \leq W \leq 1$ 。下記のマトリックス式によると、

$$\begin{bmatrix} \omega_1^2 & \omega_1 & 1 \\ \omega_2^2 & \omega_2 & 1 \\ \omega_3^2 & \omega_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}$$

20

30

【0053】

それによりに対応する $IN-CFM=525cfm$ の関数 $P=C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ が得られる。このマトリックス式を解決すると、係数 C_1, C_2, C_3 に対して計算できる。よって、すべての需要入力風量 $IN-CFM$ について電力式を得られる。この過程がモータ・コントローラにおけるマイクロプロセッサ-シングルチップマイクロコンピュータにおいて初期化されるので、電力の算出にあまりリアルタイムのCPU資源を消費しない。

【0054】

よって、本直接電力制御DPC (Direct Power Control) は回転数制御により電力制御に達成する。電力/回転数制御論理は機能が電力/回転数回路時間定数を協調してシステムの安定性を保証することにある。制御についてモータ制御の正確な制御とトルク制御を比較できる。スカラー量又はベクトルの制御を問わず、速度制御は制御精度の向上でトルク制御より更に効果的である。

40

【0055】

DPC制御は独特な電力及びファンの荷重速度の特性により速度制御を行うことであり、モータが零回転数から高い回転数まで回転し、電力もそれによりゼロから大きくなる。図13の通りに、モータの回転数は静的圧力点である1組の動作点A(電力、速度)に達するまで向上する。静的圧力が突然的に大きくなる場合、速度制御モデルで、モータが更に多くの電力(又は更に大きなトルク)を提供して速度を保つ。高い静圧力にとても大きな電力が必要であるので、電力が突然的に更に高く向上する。モータシステムが同じ速度で新しい

50

動作点Bに達する場合、この計算方法によりそれが固定のCFM軌跡曲線動作点にあるかと判別し、1組の電力/速度点Cを確定できる。但し、点Cが安定な動作点ではないので、高い電力の要求に応じて点Dへ行き、新しい安定な動作点の点Gに収束するまで繰り返す。

【0056】

実施の場合、電力のバラツキを少なくすることができ、突然的に変化する場合、受限制される電力により制御を増加する。図14において、増加電力が Pに指定されてもいい。電力変化が当該電力増加 Pを超えた次第に、速度制御が行われる。このような方式において、すべての動作点が固定風量CFM軌跡曲線の正負帯域幅に対応して動作する。静圧変化推移中に風量制御システムが安定である。

【0057】

図15の通りに、前記のモータ直接電力制御の固定風量制御法及び算出法について本発明のファン・モータ・コントローラで試験を行い、すべてのシステム性能が図15の要求に満たすものである。

【0058】

図12はファン・モータスカラー量制御応用における本算出法の論理ブロック図であり、入力電力が直流バス電圧及び電流により算出され、電力及び回転数が最大電力Pmax、及び回転数nmaxに限られる。

【0059】

フィードバックされた直流バス電流/電圧によりモータのリアルタイム入力電力値 P_i を算出すると、外部から入力する風量のIN-CFMと電力/速度のデータとの整合によりモータの入力電力の計算値 P_t を得られる。モータの入力電力の計算値 P_t とモータリアルタイム電力の電力 P_i を比べて電力差 Pを得られ、電力差 Pが制限され、大きすぎた電力差 Pを避け、大きすぎた電力バラツキを調節する。電力差 Pが電力/速度により論理電力を制御し、速度ループの制御を行い、インバータPWMにより回転数の制御を行う。スカラー量制御を行い、即ち、リアルタイムバス電流 I_{bus} 及びリアルタイムバス電圧によりモータのリアルタイム入力電力 $P = I_{bus} \times V_{bus}$ を算出する。

【0060】

ファン・モータの風量検出の原理を下記に示す。

【0061】

前記の理論分析によると、図10は小型管路の空調システムにおける1 / 3HPのファン・モータの直接電力による固定風量制御の実験データフィッティンググラフであり、風量CFMがテスト点として5つあり、それぞれ150、300、450、600及び750CFMであり、式(3)～(7)を得られ、表2にテストデータの結果例を示す。モータの回転数の領域が200～1400 rpm、システムの静的圧力が0.1～1 H₂Oにあり、プリセット固定風量CCFMの出力を保ち、図10に対応するモータ入力電力の単位当たりの値を得て、前記の5つの動作点ではない風量データのいずれかを記述、入力する。例えば、IN-CFM=525cfmの関数 $P=C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ を得られる。マトリックス式を解決し、C1、C2、C3係数を算出できる。よって、必要なすべての入力風量IN-CFMについて電力式を得られる。即ち、入力されるすべての目安風量について当該目安風量に対応する固定風量制御の関数 $P=C_1 + C_2 \times n + C_3 \times n^2$ を得られる。

【0062】

前記の原理により反対方向の推理を行うと、モータが安定に動作する場合、モータの現在のリアルタイム電力Po及び回転数noを検出する。図16の通りに、その点M(Po, no)により、その点(Po, no)が固定風量に制御される曲線CFM0にあると推算でき、その点M(Po, no)に対応する風量を算出できる。その推論過程は次のとおりである。

【0063】

それが既知の風量曲線の2本の間にある。Poを式(3)～(7)に代入して、5種の風量に対応する回転数n(150)、n(300)、n(450)、n(600)及びn(750)を得られ、回転数の比較により回転数noが既知の固定風量曲線の2本の間にあると判断する。その点M(Po, no)が固定風量曲線CFM1とCFM2との間にあるとすると、入力電力 = Poである場合、固定風量曲線CF

10

20

30

40

50

M1及びCFM2に対応する回転数がそれぞれn1、n2であり、その点M(Po、no)の固定風量CFM0=CFM2+(CFM1-CFM2)×(n2-no)÷(n2-n1)である。その中、CFM1、CFM2は風量150、n(300)、450、600、750のいずれかである。前記の推論によると、モータのリアルタイム電力Po及び回転数noが既知である場合、空調システムの電力を取得するための風量CFM0を取得できる。検出風量と設定風量との偏差が所定の値に達する場合、空気フィールターの詰りとみなし、警報信号を出力する。

【実施例2】

【0064】

下記のステップを含むことを特徴とするファン・モータ風量の検出法。

【0065】

A) モータ・コントローラのマイクロプロセッサにM個の風量点CFMiに対応するM個の固定風量制御関数Qi=F(n)を確立する。その中、Qが直流バス電流回転数、nがモータの回転数、iが1からMまでの整数である。

【0066】

B) モータをONにして安定になってからモータのリアルタイム回転数ni及びパラメータQ0を検出し、パラメータQ0を前記の複数の風量点CFMiに対応する複数の固定風量制御関数Qi=F(n)に代入して複数の回転数niを取得し、リアルタイム回転数noを複数の風量点CFMiと対応する複数の回転数niと比べて、リアルタイム検出風量CFM0が風量点CFMiとCFMi-1との間にあることを確定する。

【0067】

C) 所定の風量点CFMiとCFMi-1及び回転数niとni-1補間法によりリアルタイム検出風量CFM0を算出する。

【0068】

検出風量CFM0=CFMi+(CFMi-1-CFMi)×(ni-no)÷(ni-ni-1)。

【0069】

前記の関数Qi=F(n)は次の通りに得られるものである。実験データを採集し、空気回路機器で目安風量のM個に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実際の静圧領域をカーバーリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及び直流バス電流Q風量を調節して目安風量に保ち、この場合のモータ安定回転数n及び対応する直流バス電流Qを記録する。それにより、目安風量のM個に対して一連の回転数n及び直流バス電流Qが生じる。次に、カーブフィッティングにより発生する目安風量のM個で目安風量ごとに関数Qi=F(n)に対応する。

【0070】

ファン・モータが固定回転数制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィールターの詰りとみなし、警報を行う。リアルタイム検出風量CFM0の算出精度を保証するために、風量点のM個を少なくとも5つにしなければいけない。

【実施例3】

【0071】

下記のステップを含むことを特徴とするファン・モータ風量の検出法。

【0072】

A) モータ・コントローラのマイクロプロセッサにM個の風量点CFMiに対応するM個の固定風量制御関数Qi=F(n)を確立する。その中、Qがモータの出力モーメント、nがモータの回転数、iが1からMまでの整数である。

【0073】

B) モータをONにして安定になってからモータのリアルタイム回転数ni及びパラメータQ0を検出し、パラメータQ0を前記の複数の風量点CFMiに対応する複数の固定風量制御関数Qi=F(n)に代入して複数の回転数niを取得し、リアルタイム回転数noを複数の風量点CFMiと対応する複数の回転数niと比べて、リアルタイム検出風量CFM0が風量点CFMiとCFMi-1との間にあることを確定する。

【0074】

10

20

30

40

50

C) 所定の風量点 CFM_i と CFM_{i+1} 及び回転数 n_i と n_{i+1} 補間法によりリアルタイム検出風量 CFM_0 を算出する。

【0075】

検出風量 $CFM_0 = CFM_i + (CFM_{i+1} - CFM_i) \times (n_i - n_o) \div (n_i - n_{i+1})$ 。

【0076】

前記の関数 $Q_i=F(n)$ は次の通りに得られるものである。実験データを採集し、空気回路機器で目安風量のM個に対して低静圧から高静圧までに調節する。この静圧が応用する実際の静圧領域をカーブリングできるようにしなければいけない。静圧調節中に、モータが固定回転数に制御され、モータ回転数n及びモータの出力モーメントQ風量をを調節して目安風量に保ち、この場合のモータ安定回転数n及び対応するモータの出力モーメントQを記録する。それにより、目安風量のM個に対して一連の回転数n及びモータの出力モーメントQが生じる。次に、カーブフィッティングにより発生する目安風量のM個で目安風量ごとに関数 $Q_i=F(n)$ に対応する。モータの出力モーメントQとモータの動作電流と正比例となるので、モータの動作電流を検出してモータの出力モーメントQを算出できる。10

【0077】

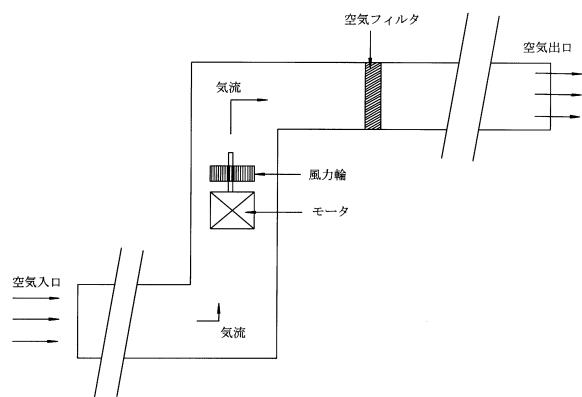
ファン・モータが固定モーメント制御モデルで動作し、検出風量と設定風量とのずれが所定の値に達すると、空気フィルターの詰りとみなし、警報を行う。リアルタイム検出風量 CFM_0 の算出精度を保証するために、風量点のM個を少なくとも5つにしなければいけない。

【符号の説明】

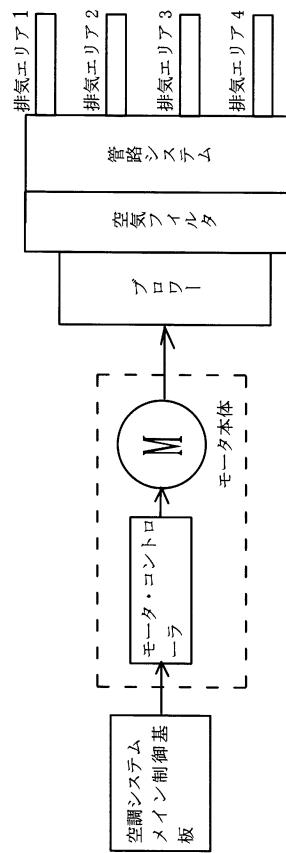
【0078】

- 1 . . . モータ本体
- 2 . . . モータ・コントローラ
- 1 1 . . . キャビネットアセンブリ
- 1 2 . . . 固定子アセンブリ
- 1 3 . . . 回転子アセンブリ
- 1 4 . . . ホールセンサ(回転子位置検出回路)
- 2 1 . . . 制御基板
- 2 2 . . . 制御盤

【図1】



【図2】



【図3】

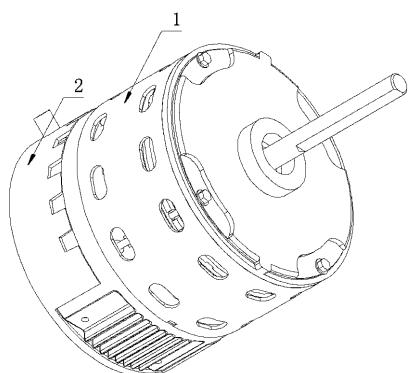


図3

【図4】

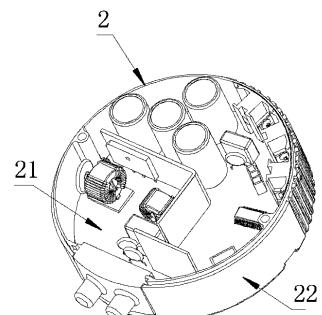


図4

【図5】

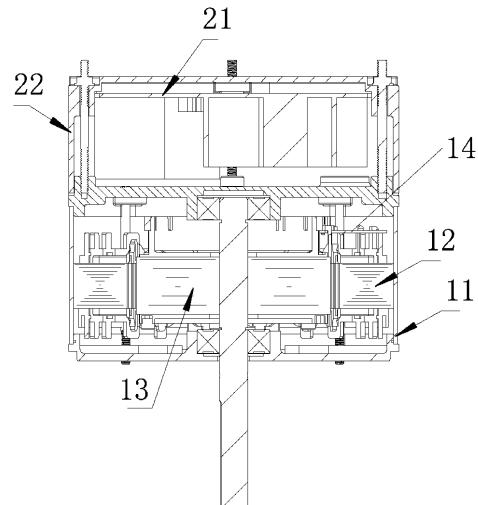
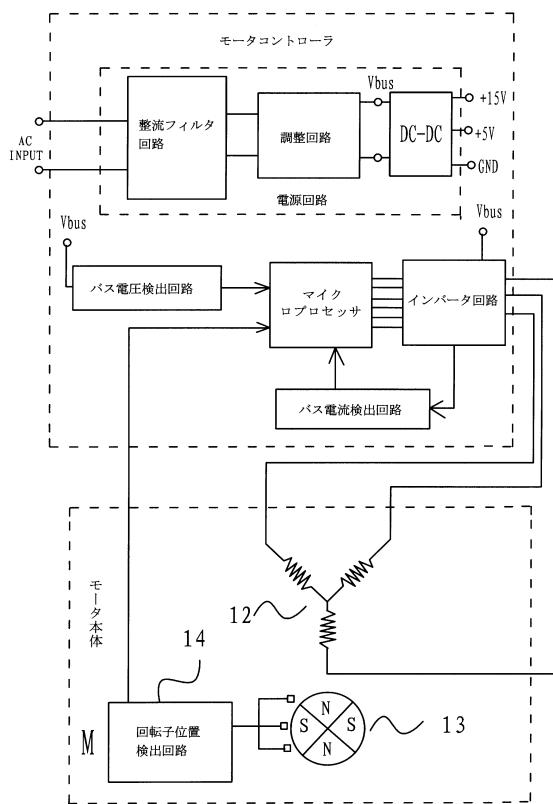
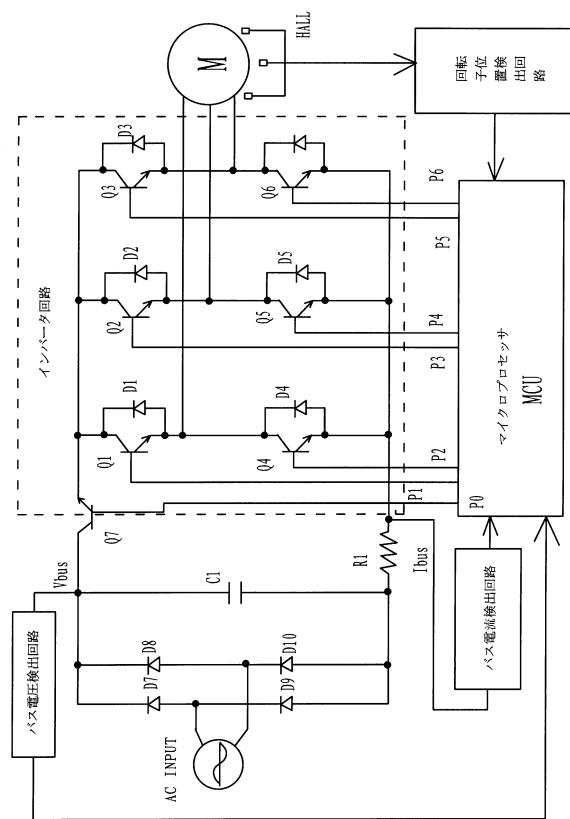


图5

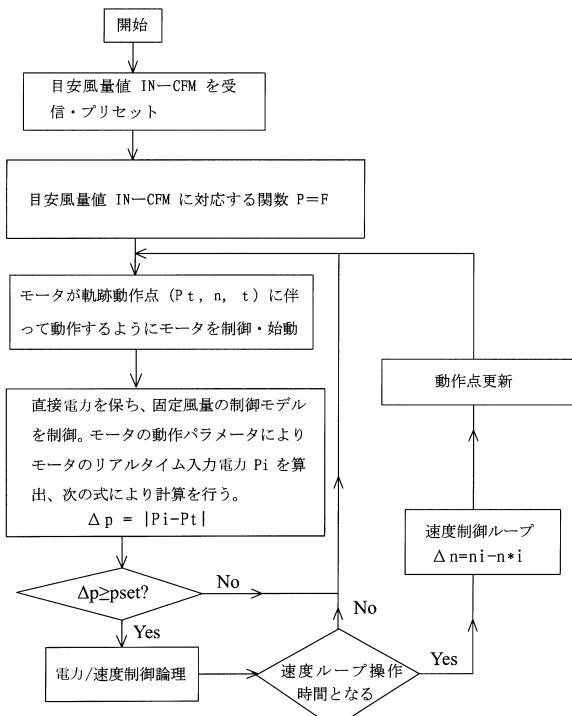
【図6】



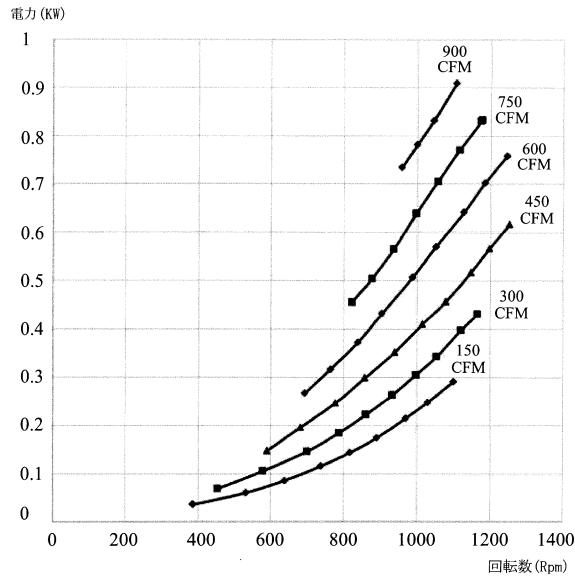
【図7】



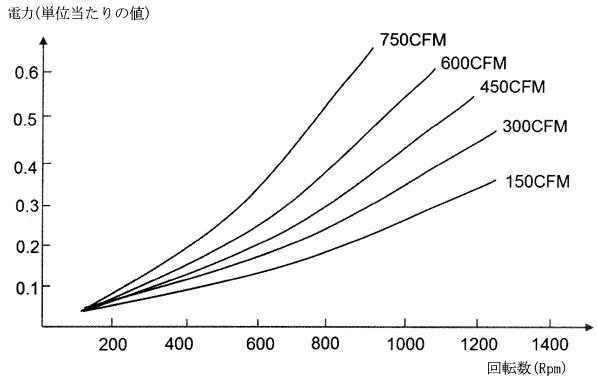
【図8】



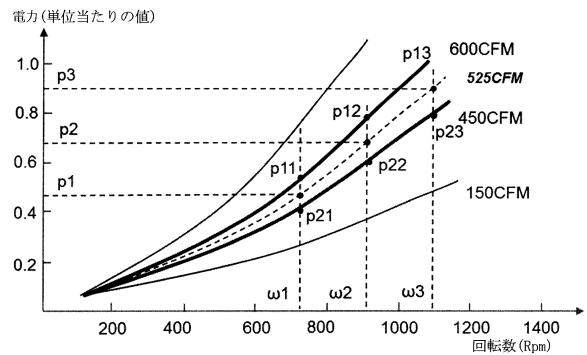
【図 9】



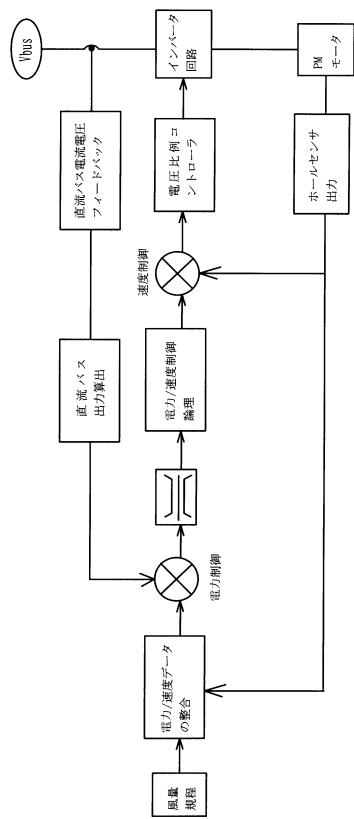
【図 10】



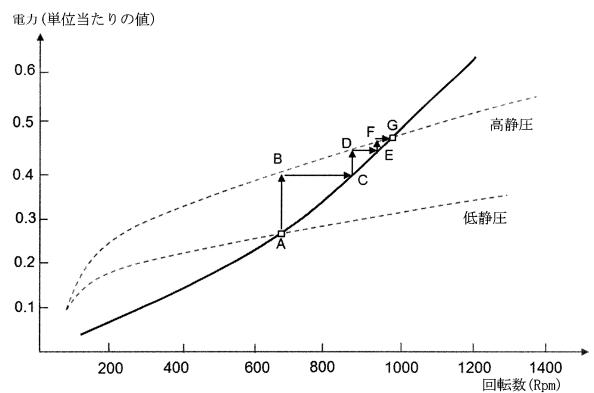
【図 11】



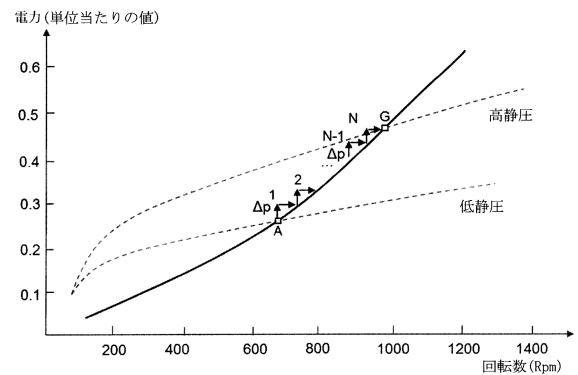
【図 12】



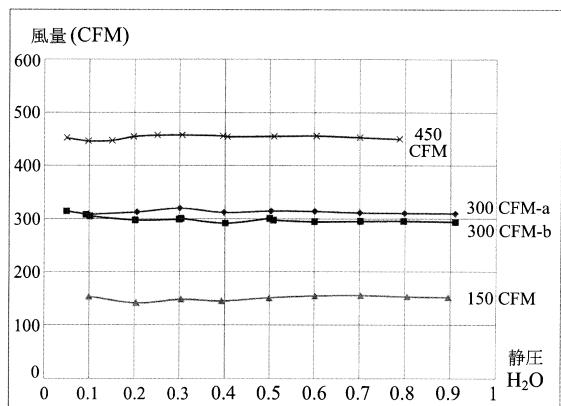
【図 13】



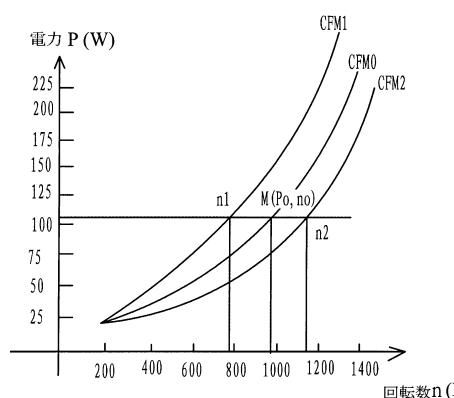
【図 14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 趙 勇
中華人民共和国 広東 省中山市西区沙朗第三工業区(番地なし)

(72)発明者 張 先 勝
中華人民共和国 広東 省中山市西区沙朗第三工業区(番地なし)

(72)発明者 孫 海 栄
中華人民共和国 広東 省中山市西区沙朗第三工業区(番地なし)

審査官 松浦 久夫

(56)参考文献 特開2013-108441(JP,A)
国際公開第2014/024359(WO,A1)
特開2002-165477(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 27/00