

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-201425

(P2004-201425A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int.Cl.⁷

H02P 6/16

F25B 49/02

H02P 21/00

F I

H02P 6/02 371N

F25B 49/02 56O

H02P 5/408 B

テーマコード (参考)

5H56O

5H576

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-367841 (P2002-367841)

(22) 出願日 平成14年12月19日 (2002.12.19)

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(74) 代理人 100084629

弁理士 西森 正博

(72) 発明者 桧皮 武史

大阪府堺市金岡1304番地

ダイキン工業株式会社堺製作

所金岡工場内

(72) 発明者 前田 敏行

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の

2

ダイキン工業

株式会社滋賀製作所内

最終頁に続く

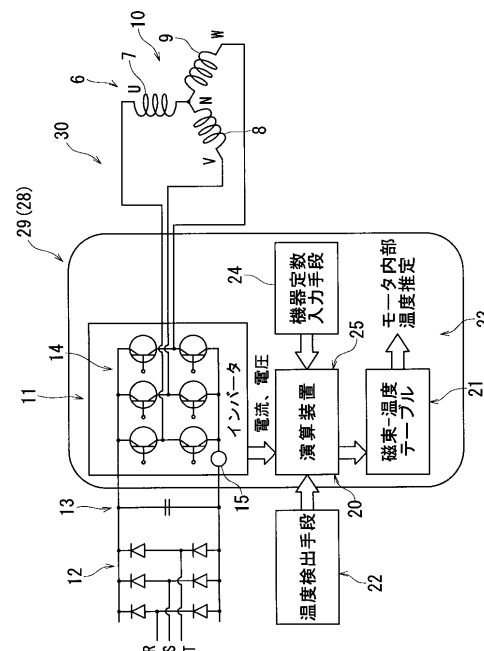
(54) 【発明の名称】 モータ温度推定装置及び圧縮機内部状態推定装置

(57) 【要約】

【課題】コスト高を招くことなく、モータ温度を精度良く検出(測定)できるモータ内部温度推定装置を提供し、また、推定したモータ温度から、冷凍装置の圧縮機内部の温度を推定できる圧縮機内部状態推定装置を提供する。

【解決手段】ブラシレスDCモータ6は、モータ電流、電圧及び機器定数を用いて回転子10の回転位置を推定し、その回転位置推定結果に基づいて制御される。推定手段23にて、モータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定する。モータ電流と電圧、及び機器定数である抵抗とインダクタンスからなるモデルを用いて、磁石17の温度をモータ温度として推定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータ電流、電圧及び機器定数を用いて回転子(16)の回転位置を推定し、その回転位置推定結果に基づいて制御されるブラシレスDCモータ(6)におけるモータ温度推定装置であって、そのモータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定する推定手段(23)を備えたことを特徴とするモータ温度推定装置。

【請求項 2】

モータ電流と電圧、及び機器定数である抵抗とインダクタンスからなるモデルを用いて、磁石(17)の温度をモータ温度として推定することを特徴とする請求項1のモータ温度推定装置。

10

【請求項 3】

上記磁石(17)のN極の向きにd軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向にq軸をとり、三相PMSMのモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転するd、q軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から磁石(17)による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を算出し、この磁束特性値から上記磁石(17)の温度を推定することを特徴とする請求項2のモータ温度推定装置。

【請求項 4】

上記モータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、上記推定時に、この定常時の電圧方程式において、電機子電流のd軸成分を0とすることを特徴とする請求項3のモータ温度推定装置。

20

【請求項 5】

冷凍装置の圧縮機(1)の内部状態を推定する圧縮機内部状態推定装置であって、上記請求項1～請求項4のいずれかのモータ温度推定装置にてモータ温度が推定されるブラシレスDCモータ(6)を備え、この推定されるモータ温度を圧縮機内部温度として推定することを特徴とする圧縮機内部温度推定装置。

【請求項 6】

上記推定した圧縮機内部温度を、温度検出手段(22)にて検出される圧縮機吐出管温度等を用いて実際の温度に近づける較正手段(25)を有することを特徴とする請求項5の圧縮機内部状態推定装置。

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、モータ温度推定装置及び圧縮機内部状態推定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

空気調和装置等の冷凍装置は、一般には、圧縮機と、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器とが順次接続されてなる冷媒システムにて構成される。このような冷凍装置では、圧縮機の加減速や負荷の急激な変動や、圧縮機以外の他の機器の動作不良による不適切な条件での運転により、圧縮機内部の損傷による故障を生じることがあった。そこで、従来のこの種の冷凍装置では、その圧縮機内部の温度を検出して、その検出した温度から正常か異常かを判断して、異常である場合に、その運転を停止して、圧縮機内部の損傷による故障等を生じさせないようにするものがあり、圧縮機内部の温度を検出するために、圧縮機の吐出管温度を検出する温度センサを備えたものがあった(例えば、特許文献1参照)。

40

【0003】

【特許文献1】

特開平6-159270号公報(第4-7頁、図3)

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1のように、圧縮機の吐出管温度を検出する場合、通常運転時においては、

50

この吐出管温度と、圧縮機内部の温度差はあまり生じないが、ガス流量が少ない場合、温度差が大きくなり、精度の良い圧縮機内部温度を求めることができず、信頼性に劣るものであった。また、内部の温度を精度良く検出しようとするれば、熱電対等の温度センサを圧縮機内部に直接挿入して、この温度センサを利用して圧縮機内部温度を検出することも可能である。しかしながら、このような場合、温度センサの付設作業には手数を要すると共に、コスト高を招くことになる。

【0005】

この発明は、上記従来の欠点を解決するためになされたものであって、その目的は、コスト高を招くことなく、モータ温度を精度良く推定できるモータ温度推定装置を提供し、また、推定したモータ温度から、冷凍装置の圧縮機内部の温度を推定できる圧縮機内部状態推定装置を提供することにある。 10

【0006】

【課題を解決するための手段】

そこで請求項1のモータ温度推定装置は、モータ電流、電圧及び機器定数を用いて回転子16の回転位置を推定し、その回転位置推定結果に基づいて制御されるブラシレスDCモータ6におけるモータ温度推定装置であって、そのモータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定する推定手段23を備えたことを特徴としている。

【0007】

上記請求項1のモータ温度推定装置では、モータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定することができるので、温度検出用センサを必要とせず、しかも、回転位置を推定するためのデータを用いるので、このモータ温度推定装置を形成する場合、既存のこの種のモータに別途他の構成を付加することなく、形成することができる。 20

【0008】

請求項2のモータ温度推定装置は、モータ電流と電圧、及び機器定数である抵抗とインダクタンスからなるモデルを用いて、磁石17の温度をモータ温度として推定することを特徴としている。

【0009】

上記請求項2のモータ温度推定装置では、磁石17の温度を簡単な演算にて推定することができる。そして、この磁石17の温度をもって、モータ温度として代用する。

【0010】

請求項3のモータ温度推定装置は、上記磁石17のN極の向きにd軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向にq軸をとり、三相PMSMのモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転するd、q軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から磁石17による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を算出し、この磁束特性値から上記磁石17の温度を推定することを特徴としている。 30

【0011】

上記請求項3のモータ温度推定装置では、温度センサを使用することなく、簡単な基本の演算式を利用して確実にモータ温度を推定することができる。

【0012】

請求項4のモータ温度推定装置は、上記モータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、上記推定時に、この定常時の電圧方程式において、電機子電流のd軸成分を0とすることを特徴としている。 40

【0013】

上記請求項4のモータ温度推定装置では、定常時のモータ電圧方程式を求め、推定時に、このモータ電圧方程式において電機子電流のd成分を0とするので、演算要素を少なくして、演算誤差を少なくすることができる。

【0014】

請求項5の圧縮機内部状態推定装置は、冷凍装置の圧縮機1の内部状態を推定する圧縮機内部状態推定装置であって、上記請求項1～請求項4のいずれかのモータ温度推定装置にてモータ温度が推定されるブラシレスDCモータ6を備え、この推定されるモータ温度を 50

圧縮機内部温度として推定することを特徴としている。

【0015】

上記請求項5の圧縮機内部状態推定装置では、ブラシレスDCモータのモータ温度の推定が可能であるので、このモータ温度から圧縮機の内部温度を推定することができる。すなわち、モータが圧縮機内部に配置されるので、このモータ温度を圧縮機内部温度として代用することができる。

【0016】

請求項6の圧縮機内部状態推定装置は、上記推定した圧縮機内部温度を、温度検出手段22にて検出される圧縮機吐出管温度等を用いて実際の温度に近づける較正手段25を有することを特徴としている。

10

【0017】

請求項6の圧縮機内部状態推定装置では、較正手段25にて、推定した温度の信頼性を向上させることができる。また、この較正に使用する実際の温度は、圧縮機吐出管温度等であり、この吐出管温度は、この圧縮機が使用される冷凍装置において吐出管温度制御を行う場合に使用され、この種の冷凍装置には吐出管温度を検出する温度センサが通常配置されている。このため、この較正のために、別途温度センサを追加する必要がない。

【0018】

【発明の実施の形態】

次に、この発明のモータ温度推定装置及び圧縮機内部状態推定装置の具体的な実施の形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。図1はこの圧縮機内部状態推定装置29を構成するモータ温度推定装置28を備えた圧縮機駆動装置30の簡略図を示す。圧縮機駆動装置30は、図2に示すように空気調和装置（冷凍装置）に使用される。この空気調和装置は、圧縮機1に、室外熱交換器2、膨張弁（電動膨張弁）3、室内熱交換器4等を順次接続して、冷媒循環回路（冷媒システム）を形成している。そして、四路切換弁5を切換えることによって、冷房運転と暖房運転とが可能とされる。

20

【0019】

そして、圧縮機1は、図1に示すように、U相7とV相8とW相9の3相のコイル（電機子）10と、インバータ11を有するブラシレスDCモータ6を備える。この場合のインバータ11は正弦波PWM制御方式である。すなわち、インバータ11は、交流入力電源をAC-DC変換回路部12にて直流に変換し、平滑回路部13にて平滑にし、DC-AC変換回路部（インバータ部）14にて任意の周波数の交流電源に変換するものである。インバータ11はインバータ制御手段（図示省略）からのインバータ信号にて、インバータ部14のトランジスタのON/OFFのパターンを変えることによって、周波数と電圧を制御することができる。また、モータ3相コイル10に加わる電流及び電圧は検出手段15にて検出することができる。なお、検出手段15としては、例えば、電流を検出することが可能な電流検出センサ等にて構成される電流検出部と、電圧を検出することが可能な電圧検出センサ等にて構成される電圧検出部とを有する。

30

【0020】

ところで、圧縮機1は、図3に示すように、この実施形態ではスクロール形であって、そのブラシレスDCモータ6が、上記電機子10と、ロータ（回転子）16とを有する。この場合、ブラシレスDCモータ6の回転子16は、図4に示すように内部に磁石（永久磁石）17・・・が埋め込まれた埋込磁石構造のものを使用している。ところで、永久磁石同期モータ（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）は、直流モータのブラシと整流子による機械的整流を半導体のスイッチング作用に置き換えたモータであり、ブラシレスDCモータと呼ぶ。また、PMSMは、機械的整流作用を半導体のスイッチング作用で置き換えたため、磁石（永久磁石）17をロータ側に、電機子10をステータ側に設けた回転界磁形の構造となる。そして、このブラシレスDCモータ6は、モータ電流、電圧及び機器定数を用いて回転子16の回転位置を推定し、その回転位置推定結果に基づいて制御される。

40

【0021】

50

ところで、上記空気調和装置において、冷房運転を行う場合には、四路切換弁 5 を図 2 の実線で示す状態に切換えて圧縮機 1 のモータ 6 を駆動させる。これにより、この圧縮機 1 からの吐出冷媒が、室外熱交換器 2 を通過した後、膨張弁 3 で減圧膨張して、室内熱交換器 4 を通過し、圧縮機 1 に返流される。この際、室外熱交換器 2 が凝縮器として機能すると共に、室内熱交換器 4 が蒸発器として機能して、冷房運転を行うことができる。

【0022】

また、暖房運転を行う場合には、四路切換弁 5 を図 2 の破線で示す状態に切換えて圧縮機 1 のモータ 6 を駆動させる。これにより、この圧縮機 1 からの吐出冷媒が、室内熱交換器 4 を通過した後、膨張弁 3 で減圧膨張して、室外熱交換器 2 を通過し、圧縮機 1 に返流される。この際、室内熱交換器 4 が凝縮器として機能すると共に、室外熱交換器 2 が蒸発器として機能して、暖房運転を行うことができる。

10

【0023】

ところで、各運転中には、圧縮機 1 の加減速や負荷の急激な変動や、圧縮機 1 以外の他の機器の動作不良による不適切な条件での運転により、圧縮機 1 内部の損傷による故障を生じることがある。そこで、圧縮機内部状態推定装置 29 にて、圧縮機 1 の内部状態（この場合内部温度）を推定することによって、故障発生を事前に予知したり、故障原因を推定したりしている。

【0024】

すなわち、圧縮機内部状態推定装置 29 はモータ温度推定装置 28 にて構成され、モータ温度推定装置 28 にて推定されたモータ温度を圧縮機内部温度として推定する。そして、このモータ温度推定装置 28 は、上記検出手段 15 と、演算装置（演算手段）20 と、記憶装置（記憶手段）21、機器定数入力手段 24 等を備える。この場合、検出手段 15 と演算手段 20 と記憶手段 21 と機器定数入力手段 24 とでモータ温度を推定する推定手段 23 を構成する。なお、演算手段 20 及び記憶手段 21 等はマイクロコンピュータ等にて構成することができる。

20

【0025】

この場合、モータ温度の推定は、モータ電流、電圧及び機器定数から回転子 16 の磁石（永久磁石）17 の温度を推定するものである。具体的には、モータ電流と電圧、及び機器定数である抵抗とインダクタンスからなるモデル（この場合のモデルは回転座標モデルである）を用いて推定する。この際、数 1 に示すような P M 同期モータの電圧方程式を使用する。

30

【0026】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a + pL_u & pM_{uv} & pM_{wu} \\ pM_{uv} & R_a + pL_v & pM_{vw} \\ pM_{wu} & pM_{vw} & R_a + pL_w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \omega \psi_f \sin \theta \\ \omega \psi_f \sin \left(\theta - \frac{2}{3} \pi \right) \\ \omega \psi_f \sin \left(\theta + \frac{2}{3} \pi \right) \end{bmatrix}$$

ただし、 L_u, L_v, L_w : 各相の自己インダクタンス

M_{uv}, M_{vw}, M_{wu} : 相間の相互インダクタンス

$\theta = \omega t$: d軸のU相からの進み角

ω : 電気角速度

ψ_f : 一相あたりの永久磁石による電機子鎖交磁束の最大値

v_u, v_v, v_w : 各相の電機子電圧

i_u, i_v, i_w : 各相の電機子電流

$p = \frac{d}{dt}$: 微分演算子

R_a : 電機子巻線抵抗

10

20

【 0 0 2 7 】

すなわち、図 5 に示すような三相の P M S M の 2 極の基本モデル（回転座標モデル）のように、磁石 17 の N 極の向きに d 軸を定め、これより $\pi / 2$ 進んだ方向に q 軸をとる。この際、U 相巻線を基準に時計廻りにとった d 軸の進み角を θ とすると、電機子自己インダクタンスは数 2 の数式となり、相互インダクタンスは数 3 の数式となり、磁石 17 の電機子鎖交磁束は数 4 の数式になる。

【 0 0 2 8 】

【 数 2 】

$$\left. \begin{aligned} L_u &= l_a + L_a - L_{as} \cos 2\theta \\ L_v &= l_a + L_a - L_{as} \cos \left(2\theta + \frac{2}{3} \pi \right) \\ L_w &= l_a + L_a - L_{as} \cos \left(2\theta - \frac{2}{3} \pi \right) \end{aligned} \right\}$$

30

ただし、 L_u, L_v, L_w : 各相の自己インダクタンス

l_a : 一相あたりの漏れインダクタンス

L_a : 一相あたりの有効インダクタンスの平均値

L_{as} : 一相あたりの有効インダクタンスの振幅

$\theta = \omega t$: d軸のU相からの進み角

ω : 電気角速度

40

【 0 0 2 9 】

【 数 3 】

$$\left. \begin{aligned} M_{uv} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos \left(2\theta - \frac{2}{3}\pi \right) \\ M_{vw} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos 2\theta \\ M_{wv} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos \left(2\theta + \frac{2}{3}\pi \right) \end{aligned} \right\}$$

ただし, M_{uv}, M_{vw}, M_{wu} : 相間の相互インダクタンス

10

【 0 0 3 0 】

【 数 4 】

$$\left. \begin{aligned} \psi_{fu} &= \psi_f \cos \theta \\ \psi_{fv} &= \psi_f \cos \left(\theta - \frac{2}{3}\pi \right) \\ \psi_{fw} &= \psi_f \cos \left(\theta + \frac{2}{3}\pi \right) \end{aligned} \right\}$$

ただし, $\psi_{fu}, \psi_{fv}, \psi_{fw}$: 各相の永久磁石の電機子鎖交磁束

ψ_f : 一相あたりの永久磁石による電機子鎖交磁束の最大値

20

【 0 0 3 1 】

この数 2 から数 4 から上記数 1 の式を得ることができる。また、三相座標系から d、q 座標系に変換する変換行列は次の数 5 の数式となる。この変換行列を用いて、上記数 1 の基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転する d、q 軸座標系に変換すれば、PMSM の電圧方程式は次の数 6 の数式となる。

【 0 0 3 2 】

【 数 5 】

$$C = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \left(\theta - \frac{2}{3}\pi \right) & \cos \left(\theta + \frac{2}{3}\pi \right) \\ -\sin \theta & -\sin \left(\theta - \frac{2}{3}\pi \right) & -\sin \left(\theta + \frac{2}{3}\pi \right) \end{bmatrix}$$

30

【 0 0 3 3 】

【 数 6 】

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a + pL_d & -\omega L_q \\ \omega L_d & R_a + pL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \psi \end{bmatrix}$$

$$\text{ただし, } \psi = \sqrt{\frac{3}{2}} \psi_f = \sqrt{3} \psi_e$$

ψ_e : 永久磁石による電機子鎖交磁束の実効値

v_d, v_q : 電機子電圧のd, q軸成分

i_d, i_q : 電機子電流のd, q軸成分

$$L_d = l_a + \frac{3}{2} (L_a - L_{as}) : d\text{軸インダクタンス}$$

$$L_q = l_a + \frac{3}{2} (L_a + L_{as}) : q\text{軸インダクタンス}$$

10

【0034】

また、定常時においては、上記数6の数式において、微分演算子pが0となるので、この定常時のモータ電圧方程式は次の数7の数式となる。

【0035】

【数7】

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \psi \end{bmatrix}$$

20

【0036】

そして、数7において ψ を求め、この ψ から磁石17の温度を推定する。ここで、 ψ は、磁石17による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値である。具体的には、 $\psi = \sqrt{3} \psi_e$ で求めることができ、 ψ_e は永久磁石による電機子鎖交磁束の実効値である。この際、図6のように、 β を0として電流位相を0とした場合において、 i_d （電機子電流のd軸成分）を0とすれば、 v_q （電機子電圧のq軸成分）は次の数8の数式となって、これから数9のように、上記 ψ を求めることができる。この ψ が求めれば、図7のような、 ψ と温度との関係を示す線図（磁束 - 温度線図）から温度（磁石の温度）を推定することができる。すなわち、この線図は、実際の温度に対する ψ の値であり、予め作成してこれを上記記憶手段21に入力しておく。そして、上記演算手段20にてこの ψ が演算されれば、この演算結果が記憶手段21に入力され、これにより、モータ温度を推定する。

30

【0037】

【数8】

$$v_q = R \cdot i_q + \omega \cdot \psi$$

【0038】

【数9】

$$\psi = (v_q - R \cdot i_q) / \omega$$

40

【0039】

また、通常制御時は、 v_q は次の数10の数式となって、これから数11のように、 ψ を求めることができる。そして、上記線図（磁束 - 温度線図）から、この求めた ψ に基づいて温度（磁石の温度）を推定することができる。ところで、上記演算においては、モータ電流と電圧とは検出手段15に検出され、このモータ電流及び電圧と、機器定数入力手段24からの機器定数である抵抗及びインダクタンスとが演算手段20に入力される。この

50

ため、上記の各演算式に必要なデータ（数値）を確実に得ることができる。

【 0 0 4 0 】

【 数 1 0 】

$$vq = \omega * Ld * id + R * iq + \omega * \psi$$

【 0 0 4 1 】

【 数 1 1 】

$$\psi = (vq - \omega * Ld * id - R * iq) / \omega$$

10

【 0 0 4 2 】

また、電機子鎖交磁束に関する磁束特性値としては、上記の ψ に限るものではなく、この ψ が、 $\sqrt{3} \psi_e$ であるので、この ψ_e を磁束特性値として、この ψ_e と温度との関係の線図（磁束 - 温度線図）を作成することができ、これによって、モータ温度を推定するようにしてもよい。なお、 ψ_e とは、上記したように、磁石 17 による電機子鎖交磁束の実効値である。

【 0 0 4 3 】

20

上記のようにモータ温度（この実施の形態では、磁石 17 の温度）を推定することができ、この推定した温度から圧縮機 1 の内部温度を推定することができる。これによって、圧縮機 1 が正常か異常かを判断でき、異常状態での運転を回避して、圧縮機内部の損傷による故障等を生じさせないようにすることができる。なお、この温度推定としては、運転中において常時行っても、ある条件下（例えば、モータ回転数やモータ電流が所定値になったとき）において、上記のように、 β が 0 となるような状態を作って、 i_d （電機子電流の d 軸成分）を 0 として、 ψ を求め、これから温度を推定するようにしてもよい。

【 0 0 4 4 】

ところで、 β が 0 となるような状態を作れば、d 軸インダクタンス L_d が不使用となって、温度変動等による定数の変化にともなう演算誤差が少なくなり、温度推定精度がよくなり、しかも、この実施形態のような冷凍装置においては、ガス欠エリアにおいても温度推定可能性があるが、測定エリアが狭く、運転中に β を 0 とする測定モードをする必要がある。また、 β を 0 としない通常時では、全ての運転エリアにおいて温度推定が可能であり、しかも、運転中常時推定が可能であるが、d 軸インダクタンス L_d の同定の精度を向上させる必要がある。すなわち、 β を 0 とする場合であっても、 β を 0 としない場合であっても、それぞれ長所と短所とがあり、どちらを採用してもよい。

30

【 0 0 4 5 】

また、図 2 に示すような冷凍装置（空気調和機）では、圧縮機 1 の吐出管温度に基づく吐出管温度制御運転を行うので、吐出管 18 には温度検出手段 22 としての温度センサ 22a が付設されている。そのため、この圧縮機内部状態推定装置は、上記推定した温度が実際の温度に対して相違する場合に、この吐出管温度を利用して、推定する温度を、実際の温度に近づける較正手段 25（上記演算装置 20 にて構成することができる）を備える。

40

【 0 0 4 6 】

すなわち、ガス流量が正常であれば、吐出管温度は圧縮機内部温度とほぼ同一であるので、推定した温度がこの吐出管温度と相違する場合、その推定された温度が正確でないことになり、この推定した温度に補正値を付加するようにすればよい。また、この較正は、運転中において常時行っても、モータ電流や吐出管温度がある一定時間の間、ある範囲を示したときに行うようにすることもできる。

【 0 0 4 7 】

上記モータ温度推定装置では、モータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定する

50

ことができるので、温度検出用センサを必要とせず、しかも、回転位置を推定するためのデータを用いるので、他の構成の付加もあまり必要としない。これにより、低コストにて信頼性の高いモータ温度を得ることができる。特に、モータ電流と電圧、及び機器定数である抵抗とインダクタンスからなる回転座標モデルを用いて、磁石の温度をモータ温度として推定するので、磁石 17 の温度を簡単に推定することができる。さらに、簡単な演算式（基本電圧方程式）を利用して確実にモータ温度を推定することができる。しかも、磁石 17 の N 極の向きに d 軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向に q 軸をとり、三相 PMSM のモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転する d、q 軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、推定時に、この定常時の電圧方程式において、電機子電流の d 軸成分を 0 とするので、d 軸インダクタンス L_d を不使用として、演算要素を少なくすることができる。このため、温度変動等による定数の変化にともなう演算誤差を少なくすることができる。

10

【0048】

また、上記圧縮機内部状態推定装置は、上記のようにモータ温度が推定されるブラシレス DC モータ 6 を備え、このモータ温度から圧縮機 1 の内部温度を推定することができ、これによって、圧縮機内部の状態を推定することができる。特に、較正手段 25 にて、推定した温度の信頼性を向上させることができる。このため、この圧縮機内部状態推定装置は、圧縮機 1 が正常状態で駆動している場合に、異常を判断したり、逆に、圧縮機が異常状態で駆動している場合に、正常と判断したりすることがなくなる。正常か否かの判断を正しく行えなければ、例えば、圧縮機が空気調和機に使用されている場合等において、正常状態であるにもかかわらず異常と判断すれば、この判断によって、その運転を停止することになり、室内を快適空間にすることができず、逆に、異常であるにもかかわらず正常と判断すれば、そのまま空調運転が行われ、空気調和機が故障したり、消費電力が大となったりするおそれがある。これに対して、この圧縮機内部状態推定装置によれば、圧縮機の内部状態（内部温度）を精度良く推定でき、このようなおそれはない。

20

【0049】

ところで、圧縮機 1 の運転に際しては、起動時に圧縮機 1 の内部温度を推定し、この温度またはその後の温度上昇程度を推定し、この起動時の温度や温度上昇が異常であれば、その運転を停止するようにしてもよい。これにより、異常検出の早期検出が可能となり、異常状態での長時間の運転を回避して圧縮機 1 の損傷等を防止できる信頼性の向上を図ることができる。

30

【0050】

以上にこの発明の具体的な実施の形態について説明したが、この発明は上記形態に限定されるものではなく、この発明の範囲内で種々変更して実施することができる。例えば、回転子（ロータ）16 として、図 4 に示すような埋込磁石構造のものを使用したか、もちろんロータ表面に永久磁石を張り付けた表面磁石構造のものであってもよい。また、圧縮機 1 として、スクロール形に限るものではなく、スイング形等の他のタイプであってもよい。さらに、較正手段 25 において、推定した温度を比較する実際の温度として、吐出管温度に限るものではなく、実際の圧縮機内部温度と実質的に同一または実際の圧縮機内部温度に対して比例するもの等を採用することができる。また、冷凍装置として、図 2 に示すような空気調和装置に限るものではなく、温度推定が可能なブラシレス DC モータ 6 を備えた圧縮機 1 を使用した各種の冷凍装置であってもよい。さらに、モータ温度の推定に用いるモデルとして、回転座標モデルではなく固定座標系を使用することも可能である。

40

【0051】

【発明の効果】

請求項 1 のモータ温度推定装置によれば、モータ電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定することができるので、温度検出用センサを必要とせず、しかも、回転位置を推定するためのデータを用いるので、他の構成の付加もあまり必要としない。これにより、低コストにてモータ温度を得ることができる。そして、モータ温度が推定できれば、例えば、この推定したモータ温度から、このモータが正常に駆動しているか否かの判断を行うこ

50

とができ、異常であれば、このモータが故障等を起こす場合があるので、故障を起こす前にその使用を中止して、故障することを回避することができる。

【 0 0 5 2 】

請求項 2 のモータ温度推定装置によれば、磁石の温度を簡単な演算にて推定することができる。そして、この磁石の温度をもって、モータ温度とすることができる。このため、この推定したモータ温度は、信頼性が高いことになる。

【 0 0 5 3 】

請求項 3 のモータ温度推定装置によれば、温度センサを使用することなく、簡単な基本の演算式を利用して確実にモータ温度を推定することができる。

【 0 0 5 4 】

請求項 4 のモータ温度推定装置によれば、定常時のモータ電圧方程式を求め、推定時に、このモータ電圧方程式において電機子電流の d 成分を 0 とすれば、演算要素を少なくして、演算誤差を少なくすることができる。これにより、高精度に温度を推定できる。

【 0 0 5 5 】

請求項 5 の圧縮機内部状態推定装置によれば、ブラシレス DC モータのモータ温度の推定が可能であるので、このモータ温度から圧縮機の内部温度を推定することができ、これによって、圧縮機内部の状態を推定することでき、圧縮機の故障等を未然に防止できる。

【 0 0 5 6 】

請求項 6 の圧縮機内部状態推定装置によれば、較正手段にて、推定した温度の信頼性を向上させることができる。これにより、圧縮機が正常状態で駆動している場合に、異常を判断したり、逆に、圧縮機が異常状態で駆動している場合に、正常と判断したりすることがなくなる。また、この較正に使用する実際の温度は、圧縮機吐出管温度等であり、この吐出管温度は、この圧縮機が使用される冷凍装置において吐出管温度制御を行う場合に使用され、この種の冷凍装置には通常吐出管温度を検出する温度センサが配置されている。このため、較正のために、別途温度センサを追加する必要がなく、コスト低減に寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明のモータ温度推定装置の実施形態を示す簡略図である。

【図 2】上記モータ温度推定装置を用いた空気調和装置の簡略図である。

【図 3】上記空気調和装置の圧縮機の簡略断面図である。

【図 4】上記空気調和装置の圧縮機に使用されるブラシレス DC モータの断面図である。

【図 5】上記ブラシレス DC モータの回転座標モデル図である。

【図 6】モータ電圧方程式から磁石による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を求めるためのグラフ図である。

【図 7】上記磁束特性値と温度との関係を示すグラフ図である。

【符号の説明】

1 圧縮機

6 ブラシレス DC モータ

16 回転子

17 磁石

22 温度検出手段

23 推定手段

25 較正手段

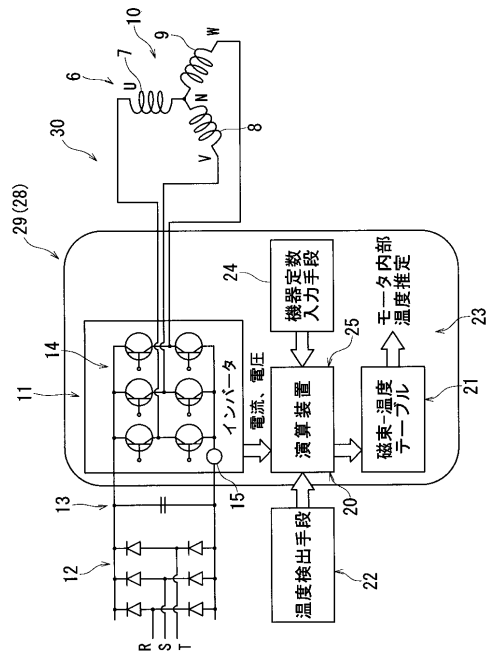
10

20

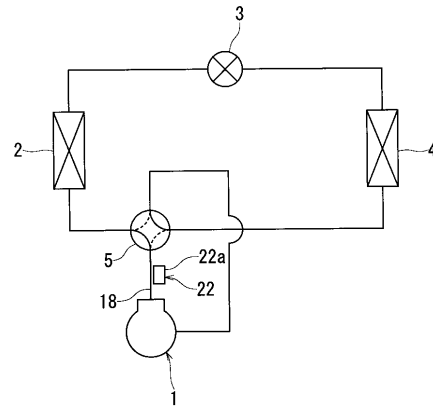
30

40

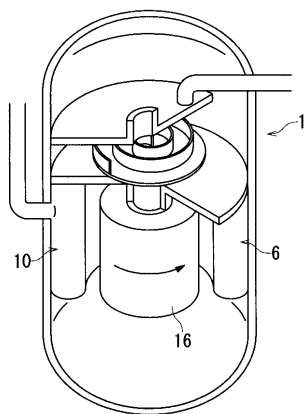
【図 1】



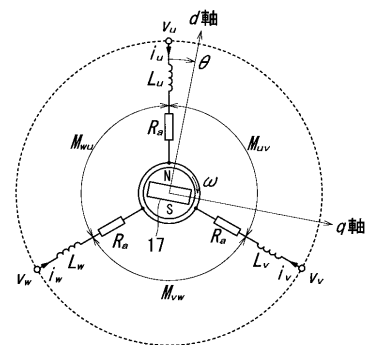
【図 2】



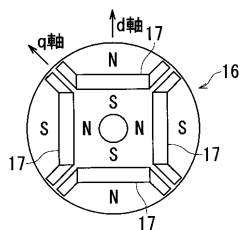
【図 3】



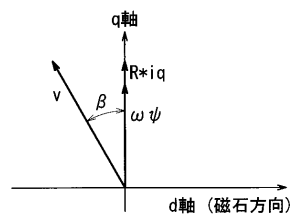
【図 5】



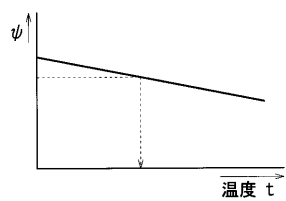
【図 4】



【図 6】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 喜多 正信

滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2

ダイキン工業株式会社滋賀

製作所内

F ターム(参考) 5H560 AA02 BB04 BB07 BB12 DA14 DC12 DC13 EB01 EC10 JJ06

TT15

5H576 AA10 BB06 DD07 EE01 JJ03 JJ04 KK06 LL22 LL24 LL43

MM06