(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2009-268191
(P2009-268191A)
(43)公開日　平成21年11月12日(2009.11.12)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02P 6/06	(2006.01)	H02P	6/00	321C	5H560
H02K 15/03	(2006.01)	H02K	15/03	Z	5H571
H02P 6/18	(2006.01)	H02P	6/02	371S	5H622
H02P 7/06	(2006.01)	H02P	5/06	X	

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 15 頁）

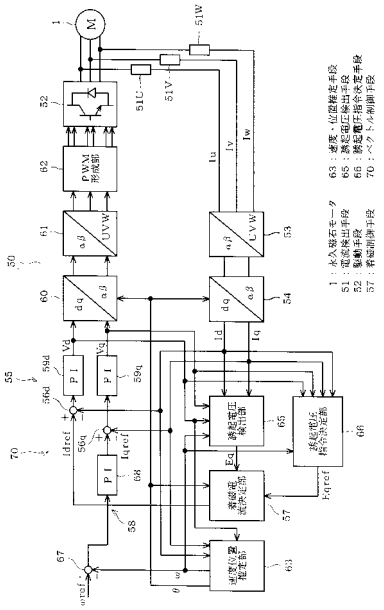
(21)出願番号　特願2008-112437 (P2008-112437)
(22)出願日　平成20年4月23日 (2008.4.23)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　110000567
特許業務法人　サトー国際特許事務所
(72)発明者　前川　佐理
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　永井　一信
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　新田　勇
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】モータ制御装置，モータ駆動システム，洗濯機，空調機，永久磁石モータの着磁量変更方法

(57)【要約】
【課題】実際に着磁状態を変化させたモータの回転子磁束量を定量的に評価できるモータ制御装置を提供する。
【解決手段】着磁電流決定部５７は、ベクトル制御において得られる励磁電流Ｉｄによって、モータ１の回転子を構成する低保磁力のアルニコ磁石９ｂの着磁量を変化させる。その場合、モータ１の回転速度ωと出力トルクＴとに基づき決定される誘起電圧指令Ｅqrefと、演算により検出した誘起電圧Ｅｑとの差に応じて着磁電流指令Ｉdrefを決定する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータを制御するモータ制御装置において、
前記モータの巻線に通電を行うことで駆動する駆動手段と、
この駆動手段を介して前記モータの巻線に通電を行い、前記永久磁石の着磁量を変化させる着磁制御手段と、
前記モータに通電される電流を検出する電流検出手段と、
前記モータ電流と、前記駆動手段の出力電圧と、前記モータの定数とに基づいて、前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算して推定する速度・位置推定手段を備え、前記駆動手段を介して前記モータをベクトル制御するベクトル制御手段と、
前記モータの回転速度ωと、前記ベクトル制御手段により求められるモータ電流Ｉｄ，Ｉｑと、前記駆動手段の出力電圧Ｖｄ，Ｖｑと、前記モータの定数である巻線インダクタンスＬｄ，Ｌｑ及び巻線抵抗Ｒとから、前記モータの誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段と、
前記モータの回転速度ωと前記モータの出力トルクＴとに基づいて、誘起電圧指令を決定する誘起電圧指令決定手段と、
前記モータの誘起電圧と、前記誘起電圧指令とに基づいて、前記着磁制御手段による通電量を決定する着磁電流決定手段とを備えたことを特徴とするモータ制御装置。
【請求項２】
前記速度・位置推定手段は、ｄ軸モータ電圧方程式を用いて前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算し、
前記誘起電圧検出手段は、ｑ軸モータ電圧方程式を用いて前記モータの誘起電圧を検出することを特徴とする請求項１記載のモータ制御装置。
【請求項３】
前記誘起電圧指令決定手段は、前記モータの現在の運転状態に応じて、効率が最高となるように前記誘起電圧指令を決定することを特徴とする請求項１又は２記載のモータ制御装置。
【請求項４】
前記誘起電圧指令決定手段は、前記モータの現在の運転状態に応じて、銅損が最小となるように前記誘起電圧指令を決定することを特徴とする請求項３記載のモータ制御装置。
【請求項５】
着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータと、
請求項１乃至４の何れか記載のモータ制御装置とで構成されることを特徴とするモータ駆動システム。
【請求項６】
請求項５記載のモータ駆動システムを備え、
前記永久磁石モータによって、洗濯運転や脱水運転を行うための駆動力を発生させるように構成されていることを特徴とする洗濯機。
【請求項７】
ヒートポンプを用いた乾燥運転を行う機能を備え、
前記永久磁石モータによって、前記ヒートポンプを構成するコンプレッサを駆動することを特徴とする請求項６記載の洗濯機。
【請求項８】
請求項５記載のモータ駆動システムを備え、
前記永久磁石モータによって、コンプレッサを駆動することを特徴とする空調機。
【請求項９】
着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータについて、駆動手段を介して前記モータに通電される電流を検出し、

前記モータ電流と、前記駆動手段の出力電圧と、前記モータの定数とに基づいて、前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算して推定してベクトル制御する場合に、前記駆動手段を介して前記永久磁石の着磁量を変更する方法において、

前記モータの回転速度ωと、前記ベクトル制御で求められるモータ電流Ｉｄ，Ｉｑと、前記駆動手段の出力電圧Ｖｄ，Ｖｑと、前記モータの定数である巻線インダクタンスＬｄ，Ｌｑ及び巻線抵抗Ｒとから、前記モータの誘起電圧を検出し、

前記モータの回転速度ωと、前記モータの出力トルクＴとに基づいて、誘起電圧指令を決定すると、

前記モータの誘起電圧と、前記誘起電圧指令とに基づいて、前記着磁制御手段による通電量を決定することを特徴とする永久磁石モータの着磁量変更方法。

【請求項１０】

ｄ軸モータ電圧方程式を用いて前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算すると共に、ｑ軸モータ電圧方程式を用いて前記モータの誘起電圧を検出することを特徴とする請求項９記載の永久磁石モータの着磁量変更方法。

【請求項１１】

前記モータの現在の運転状態に応じて、効率が最高となるように前記誘起電圧指令を決定することを特徴とする請求項９又は１０記載の永久磁石モータの着磁量変更方法。

【請求項１２】

前記モータの現在の運転状態に応じて、銅損が最小となるように前記誘起電圧指令を決定することを特徴とする請求項１１記載の永久磁石モータの着磁量変更方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータを駆動するモータ制御装置，及び前記永久磁石モータとモータ制御装置とで構成されるモータ駆動システム，並びにそのシステムを備えてなる洗濯機，空調機，更に前記永久磁石モータの着磁量変更方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、消費電力の低減を目的として、永久磁石モータをインバータ装置によりベクトル制御して、低速から高速まで可変速運転する技術が普及している。また、特許文献１には、可変速運転範囲の全体に亘ってモータ効率を向上させることができ、信頼性の向上を実現する永久磁石式モータとして、以下のような構成が開示されている。当該モータは、巻線を設けた固定子と、固定子巻線の電流で作る磁界により不可逆的に磁束密度が変化する程度の低保磁力の永久磁石と、前記低保磁力の２倍以上の保磁力を有する高保磁力の永久磁石を配置した回転子から構成されている。そして、電源電圧の最大電圧以上となる高速回転運転を行う場合は、低保磁力の永久磁石と高保磁力の永久磁石による全鎖交磁束が減じるように、電流による磁界で低保磁力の永久磁石を磁化させて全鎖交磁束量を調整することを可能としている。

【特許文献１】特開２００６－２８０１９５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

特許文献１では、低保磁力永久磁石を磁化させる場合、ベクトル制御で得られるｄ軸電流をモータの固定子巻線に通電しているが、その電流値や通電回数は、実験により求めたデータに基づいて行うことになる。例えば、ｄ軸電流を負方向に１０Ａ通電すると、モータの磁束量が１０％減少する、という実験結果に基づき電流値や通電回数を決定する。しかしながら、この場合、低保磁力永久磁石を増減磁させた結果、モータの回転子磁束量が実際にどの程度の量になっているかは不明であるため、必ずしも最適な効率でモータを運転することができるとは限らないという問題があった。

【０００４】
本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、実際に着磁状態を変化させたモータの回転子磁束量を定量的に評価できるモータ制御装置，及び永久磁石モータとモータ制御装置とで構成されるモータ駆動システム，並びにそのシステムを備えてなる洗濯機，空調機，更に前記永久磁石モータの着磁量変更方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
上記目的を達成するため、請求項１記載のモータ制御装置は、着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータを制御するものにおいて、
前記モータの巻線に通電を行うことで駆動する駆動手段と、
この駆動手段を介して前記モータの巻線に通電を行い、前記永久磁石の着磁量を変化させる着磁制御手段と、
前記モータに通電される電流を検出する電流検出手段と、
前記モータ電流と、前記駆動手段の出力電圧と、前記モータの定数とに基づいて、前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算して推定する速度・位置推定手段を備え、前記駆動手段を介して前記モータをベクトル制御するベクトル制御手段と、
前記モータの回転速度ωと、前記ベクトル制御手段により求められるモータ電流Ｉｄ，Ｉｑと、前記駆動手段の出力電圧Ｖｄ，Ｖｑと、前記モータの定数である巻線インダクタンスＬｄ，Ｌｑ及び巻線抵抗Ｒとから、前記モータの誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段と、
前記モータの回転速度ωと前記モータの出力トルクＴとに基づいて、誘起電圧指令を決定する誘起電圧指令決定手段と、
前記モータの誘起電圧と、前記誘起電圧指令とに基づいて、前記着磁制御手段による通電量を決定する着磁電流決定手段とを備えたことを特徴とする。
【０００６】
また、請求項５記載のモータ駆動システムは、着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータと、請求項１乃至４の何れか記載のモータ制御装置とで構成されることを特徴とする。
【０００７】
また、請求項６記載の洗濯機は、請求項５記載のモータ駆動システムを備え、前記永久磁石モータによって、洗濯運転や脱水運転を行うための駆動力を発生させるように構成されていることを特徴とする。
また、請求項８記載の空調機は、請求項５記載のモータ駆動システムを備え、前記永久磁石モータによって、コンプレッサを駆動することを特徴とする。
【０００８】
請求項９記載の永久磁石モータの着磁量変更方法は、着磁量を変更可能な程度に低保磁力である永久磁石が回転子に配置される永久磁石モータについて、駆動手段を介して前記モータに通電される電流を検出し、
前記モータ電流と、前記駆動手段の出力電圧と、前記モータの定数とに基づいて、前記モータの回転速度ω及び回転位置を演算して推定してベクトル制御する場合に、前記駆動手段を介して前記永久磁石の着磁量を変更する方法において、
前記モータの回転速度ωと、前記ベクトル制御で求められるモータ電流Ｉｄ，Ｉｑと、前記駆動手段の出力電圧Ｖｄ，Ｖｑと、前記モータの定数である巻線インダクタンスＬｄ，Ｌｑ及び巻線抵抗Ｒとから、前記モータの誘起電圧を検出し、
前記モータの回転速度ωと、前記モータの出力トルクＴとに基づいて、誘起電圧指令を決定すると、
前記モータの誘起電圧と、前記誘起電圧指令とに基づいて、前記着磁制御手段による通電量を決定することを特徴とする。
【発明の効果】

【０００９】
請求項１記載のモータ制御装置によれば、永久磁石モータの回転子を構成する永久磁石の着磁量を、要求される駆動特性に応じて適切に変化させることができるので、モータの運転効率を向上させることができる。
請求項５記載のモータ駆動システムによれば、本発明モータ制御装置により永久磁石の着磁量を適切に変化させて永久磁石モータを駆動制御することで、モータの運転効率を向上可能なシステムを提供できる。
【００１０】
請求項６記載の洗濯機，また請求項８記載の空調機によれば、永久磁石モータの特性を各運転に適するように変化させ、モータの運転効率を向上させ、低消費電力化を図ることができる。
請求項９記載の永久磁石モータの着磁量変更方法によれば、請求項１と同様に、永久磁石モータの回転子を構成する永久磁石の着磁量を、要求される駆動特性に応じて適切に変化させて、モータの運転効率を向上させることができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１１】
（第１実施例）
以下、本発明の第１実施例について図１乃至図８を参照しながら説明する。図５は、永久磁石モータ１（アウタロータ型ブラシレスモータ）の回転子の構成を示す斜視図である。尚、この永久磁石モータ１は、特許文献１に開示されているものと同様の特徴を有するモータを、アウタロータ型として構成したものである。
【００１２】
永久磁石モータ１は、固定子２と、これの外周に設けた回転子３とから構成されている。固定子２は、固定子コア４と固定子巻線５とから構成されている。固定子コア４は、打ち抜き形成した軟磁性体であるケイ素鋼板を多数枚積層し且つかしめることにより構成したもので、環状のヨーク部４ａと、当該ヨーク部４ａの外周部から放射状に突出する多数のティース部４ｂとを有している。固定子コア４の表面は、回転子３の内周面との間に空隙を形成する外周面４ｃ（各ティース部４ｂの先端面）を除き、ＰＥＴ樹脂（モールド樹脂）により覆われている。
【００１３】
また、このＰＥＴ樹脂から成る複数の取付部６が、固定子２の内周部に一体的に成形されている。これら取付部６には複数のねじ穴６ａが設けられており、これら取付部６をねじ止めすることで、固定子２が、この場合、ドラム式洗濯乾燥機２１の水槽２５（図７参照）の背面に固着されるようになっている。固定子巻線５は三相からなり、各ティース部４ｂに巻装されている。
【００１４】
回転子３は、フレーム７と回転子コア８と複数の永久磁石９とを図示しないモールド樹脂により一体化した構成となっている。フレーム７は、磁性体である例えば鉄板をプレス加工することにより扁平な有底円筒状に形成したもので、円形の主板部７ａと、この主板部７ａの外周部から段部７ｂを経て起立する環状の周側壁７ｃとを有する。主板部７ａの中心部には、回転軸２６（図７参照）を取付けるための軸取付部１０が設けられており、この軸取付部１０と段部７ｂとの間には、複数の通風孔１１およびリブ１２が軸取付部１０を中心に放射状に形成されている。
【００１５】
回転子コア８は、ほぼ環状に打ち抜き形成した軟磁性体であるケイ素鋼板を多数枚積層し且つかしめることにより構成したもので、フレーム７の周側壁７ｃの内周部に配置されている。この回転子コア８の内周面（固定子２の外周面（固定子コア４の外周面４ｃ）と対向し当該固定子２との間に空隙を形成する面）は、内方に向けて円弧状に突出する複数の凸部８ａを有した凹凸状に形成されている。
【００１６】

図６にも示すように、これら複数の凸部８ａの内部には、回転子コア８を軸方向（ケイ素鋼板の積層方向）に貫通する矩形状の挿入穴１３が形成されており、これら複数の挿入穴１３が回転子コア８において環状に配置された構成となっている。また、これら複数の挿入穴１３は、短辺の長さが異なる２種類の挿入穴１３ａ，１３ｂから構成されており、これら挿入穴１３ａ，１３ｂは、回転子コア８の周方向に沿って１つずつ交互に配置されている。

【００１７】

永久磁石９は、挿入穴１３ａに挿入された矩形状のネオジム磁石９ａ（高保磁力永久磁石）と、挿入穴１３ｂに挿入された矩形状のアルニコ磁石９ｂ（低保磁力永久磁石）とから構成されている。この場合、ネオジム磁石９ａの保磁力は約９００ｋＡ／ｍ、アルニコ磁石９ｂの保磁力は約１００ｋＡ／ｍであり、保磁力が９倍程度異なっている。すなわち、永久磁石９は保磁力が異なる２種類の永久磁石９ａ，９ｂから構成され、これら永久磁石９ａ，９ｂは、回転子コア８内部においてほぼ環状に且つ１つずつ交互に配置されている。

【００１８】

また、これら２種類の永久磁石９ａ，９ｂは、それぞれ１種類で１磁極を形成しており、その磁化方向が永久磁石モータ１の径方向（永久磁石モータ１の外周部から固定子２と回転子３間の空隙に向かう方向）に沿うように配設されている。このように２種類の永久磁石９ａ，９ｂを、交互に且つその磁化方向が径方向に沿うように配置することにより、隣同士に配置された永久磁石９ａ，９ｂが互いに反対方向に磁極を有する状態（一方のＮ極が内側、他方のＮ極が外側となる状態）となり、これらネオジム磁石９ａとアルニコ磁石９ｂとの間に例えば矢印Ｂで示す方向に磁気経路（磁束）が生ずる。尚、上方の破線で示す矢印は、回転子コア８を経由する磁束である。すなわち、保磁力が大きいネオジム磁石９ａと保磁力が小さいアルニコ磁石９ｂの双方を通過する磁気経路が形成されるようになっている。

【００１９】

次に、上記のように構成された永久磁石モータ１を備えたドラム式洗濯乾燥機２１の構成について説明する。図７は、ドラム式洗濯乾燥機２１の内部構成を概略的に示す縦断側面図である。ドラム式洗濯乾燥機２１の外殻を形成する外箱２２は、前面に円形状に開口する洗濯物出入口２３を有しており、この洗濯物出入口２３は、ドア２４により開閉されるようになっている。外箱２２の内部には、背面が閉鎖された有底円筒状の水槽２５が配置されており、この水槽２５の背面中央部には上述の永久磁石モータ１（固定子２）がねじ止めにより固着されている。この永久磁石モータ１の回転軸２６は、後端部（図７では右側の端部）が永久磁石モータ１（回転子３）の軸取付部１０に固定されており、前端部（図７では左側の端部）が水槽２５内に突出している。回転軸２６の前端部には、背面が閉鎖された有底円筒状のドラム２７が水槽２５に対して同軸状となるように固定されており、このドラム２７は、永久磁石モータ１の駆動により回転子３および回転軸２６と一体的に回転する。なお、ドラム２７には、空気および水を流通可能な複数の流通孔２８と、ドラム２７内の洗濯物の掻き上げやほぐしを行うための複数のバッフル２９が設けられている。

【００２０】

水槽２５には給水弁３０が接続されており、当該給水弁３０が開放されると、水槽２５内に給水されるようになっている。また、水槽２５には排水弁３１を有する排水ホース３２が接続されており、当該排水弁３１が開放されると、水槽２５内の水が排出されるようになっている。

水槽２５の下方には、前後方向へ延びる通風ダクト３３が設けられている。この通風ダクト３３の前端部は前部ダクト３４を介して水槽２５内に接続されており、後端部は後部ダクト３５を介して水槽２５内に接続されている。通風ダクト３３の後端部には、送風ファン３６が設けられており、この送風ファン３６の送風作用により、水槽２５内の空気が、矢印で示すように、前部ダクト３４から通風ダクト３３内に送られ、後部ダクト３５を

通して水槽２５内に戻されるようになっている。

【００２１】

通風ダクト３３内部の前端側には蒸発器３７が配置されており、後端側には凝縮器３８が配置されている。これら蒸発器３７および凝縮器３８は、コンプレッサ３９および絞り弁４０とともにヒートポンプ４１を構成しており（図８参照）、通風ダクト３３内を流れる空気が、蒸発器３７により除湿され凝縮器３８により加熱されて、水槽２５内に循環されるようになっている。絞り弁４０は、この場合、膨張弁（特には電子式膨張弁〔ＰＭＶ：Pulse Motor Valve〕）から成っており、開度調整機能を有している。

【００２２】

外箱２２の前面にはドア２４の上方に位置して操作パネル４２が設けられており、この操作パネル４２には運転コースなどを設定するための複数の操作スイッチ（図示せず）が設けられている。操作パネル４２は、マイクロコンピュータを主体として構成されドラム式洗濯乾燥機２１の運転全般を制御する制御回路部（図示せず）に接続されており、当該制御回路部は、操作パネル４２を介して設定された内容に従って、永久磁石モータ１、給水弁３０、排水弁３１、コンプレッサ３９、絞り弁４０などの駆動を制御しながら各種の運転コースを実行する。また、図示しないが、コンプレッサ３９を構成するコンプレッサモータも、永久磁石モータ１と同様の構成を採用している。

【００２３】

図１は、永久磁石モータ１の回転をベクトル制御するモータ制御装置５０の構成をブロック図で示したものである。尚、上記コンプレッサモータも同様の構成によって制御される。ベクトル制御では、電機子巻線に流れる電流を、界磁である永久磁石の磁束方向と、それに直交する方向とに分離してそれらを独立に調整し、磁束と発生トルクとを制御する。電流制御には、モータ１の回転子と共に回転する座標系、いわゆるｄ－ｑ座標系で表わした電流値が用いられるが、ｄ軸は回転子に取り付けた永久磁石の作る磁束方向であり、ｑ軸はｄ軸に直交する方向である。巻線に流れる電流のｑ軸成分であるｑ軸電流Ｉｑは回転トルクを発生させる成分であり（トルク成分電流）、同ｄ軸成分であるｄ軸電流Ｉｄは磁束を作る成分である（励磁または磁化成分電流）。

【００２４】

電流センサ５１（Ｕ，Ｖ，Ｗ）は、モータ１の各相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）に流れる電流Ｉｕ、Ｉｖ、Ｉｗを検出するセンサである。尚、電流センサ５１（電流検出手段）に替えて、インバータ回路５２（駆動手段）を構成する下アーム側のスイッチング素子とグランドとの間に３個のシャント抵抗を配置し、それらの端子電圧に基づいて電流Ｉｕ、Ｉｖ、Ｉｗを検出する構成としても良い。尚、電流センサ５１は、実際にはインバータ回路５２の出力端子とモータ１の巻線５との間に介挿されている。

【００２５】

電流センサ５１により検出された電流Ｉｕ、Ｉｖ、Ｉｗは、図示しないＡ／Ｄ変換器によりＡ／Ｄ変換されて、ＵＶＷ／αβ座標変換器５３により２相電流Ｉα、Ｉβに変換され、それらの２相電流Ｉα、Ｉβは、αβ／ｄｑ座標変換器５４により、更にｄ軸電流Ｉｄ，ｑ軸電流Ｉｑに変換される。α，βは、モータ１の固定子に固定された２軸座標系の座標軸である。このαβ／ｄｑ座標変換器５４における座標変換の計算には、後述する回転子の回転位置推定値（α軸とｄ軸との位相差の推定値）θが用いられる。

【００２６】

ｄ軸電流Ｉｄ，ｑ軸電流Ｉｑについては、電流制御部５５の減算器５６ｄ，５６ｑにおいて、着磁電流決定部５７（着磁制御手段）が出力するｄ軸電流指令値Idref、速度制御部５８が出力するｑ軸電流指令値Iqrefとの偏差ΔＩｄ 、ΔＩｑ が算出される。電流偏差ΔＩｄ，ΔＩｑは、比例積分器５９ｄ，５９ｑにおいて比例積分演算され、ｄ－ｑ座標系で表わされた出力電圧指令値Ｖｄ、Ｖｑが算出される。

出力電圧指令値Ｖｄ、Ｖｑは、ｄｑ／αβ座標変換器６０によりα－β座標系で表わした値に変換され、更にαβ／ＵＶＷ座標変換器６１により固定子の各相電圧指令値Ｖｕ、Ｖｖ、Ｖｗに変換される。なお、ｄｑ／αβ座標変換器６０における座標変換の計算にも

、後述する回転子の回転位置推定値θが用いられる。

【００２７】

各相電圧指令値Ｖｕ、Ｖｖ、ＶｗはＰＷＭ形成部６２に入力され、指令値に一致する電圧を供給するためのパルス幅変調されたゲート駆動信号が形成される。インバータ回路５２は例えばＩＧＢＴなどのスイッチング素子を三相ブリッジ接続して構成され、図示しない直流電源回路より直流電圧の供給を受けるようになっている。ＰＷＭ形成部６２で形成されたゲート駆動信号は、インバータ回路５２を構成する各スイッチング素子のゲートに与えられ、それにより各相電圧指令値Ｖｕ、Ｖｖ、Ｖｗに一致するＰＷＭ変調された三相交流電圧が生成されてモータ１の電機子巻線に印加される。

【００２８】

上記の構成において、減算部５６ｄ，５６ｑと比例積分器５９ｄ，５９ｑとによる比例積分（ＰＩ）演算によるフィードバック制御が行なわれ、ｄ軸電流Ｉｄ、ｑ軸電流Ｉｑはそれぞれｄ軸電流指令値Ｉdref、ｑ軸電流指令値Ｉqrefに一致するように制御される。

【００２９】

速度・位置推定部６３（速度・位置推定手段）は、モータ１の角速度ω，回転子の回転位置θをそれぞれ推定するもので、ｄ軸電流Ｉｄ、ｑ軸電流Ｉｑ及びｄ軸出力電圧指令値Ｖｄが入力されている。また、誘起電圧検出部６５（誘起電圧検出手段）には、モータ１の回路定数（モータ定数）である電機子巻線のｄ軸インダクタンスＬｄ、ｑ軸インダクタンスＬｑ、巻線抵抗値Ｒの各値が記憶されている。

【００３０】

速度・位置推定部６３は、（１）式のｄ軸モータ電圧方程式を用いて、モータ１の角速度ωを推定する。

$$Vd = R \cdot Id - \omega \cdot Lq \cdot Iq \quad \cdots (1)$$

更に、角速度ωを積分し、その積分結果が回転位置推定値θとして出力される。また、角速度推定値ωは速度制御部５８にも与えられる。

【００３１】

また、誘起電圧検出部６５は、（２）式のｑ軸モータ電圧方程式を用いて、モータ１の誘起電圧Ｅｑを推定する。

$$Vq = R \cdot Iq + \omega \cdot Ld \cdot Id + Eq \quad \cdots (2)$$

誘起電圧指令決定部６６（誘起電圧指令決定手段）は、インバータ回路５２の出力電力を表す（３）式を変形した（４）式を用いて、モータ１の出力トルクＴを演算する。

$$3/2 \cdot (Vq \cdot Iq + Vd \cdot Id) = \omega \cdot T + 3/2 \cdot R(Id^2 + Iq^2) \quad \cdots (3)$$

$$T = 3/(2\omega) \cdot \{Vq \cdot Iq + Vd \cdot Id - R(Id^2 + Iq^2)\} \quad \cdots (4)$$

ここで、（３）式の左辺はインバータ回路５２の出力電圧を表し、右辺第１項はモータ１の出力を、同第２項は銅損を表している。

【００３２】

そして、誘起電圧指令決定部６６は、トルクＴを求めると、速度・位置推定部６３より得られるモータ１の角速度ωとに基づきモータ１の現在の負荷点を算出する。また、その負荷点毎にモータ１の効率が最も良くなる誘起電圧を予め求めておき、その誘起電圧を指令値Ｅqrefとして決定する。この決定を行う過程の詳細については後述する。

【００３３】

着磁電流決定部５７は、誘起電圧検出部６５により推定された誘起電圧Ｅｑと、誘起電圧指令決定部６６により決定された誘起電圧指令Ｅqrefとを比較することで、モータ１の回転子を構成するアルニコ磁石９ｂを着磁するためのｄ軸電流指令値（着磁電流指令値）Ｉdrefを決定する。

【００３４】

速度制御部６３により出力されるｑ軸電流指令値Ｉqrefは、回転子の角速度（回転速度に相当）ωを、外部から入力される角速度指令値（回転速度指令値に相当）ωrefに一致

させるための電流指令値である。減算器６７は、洗濯乾燥機２１の制御回路部より出力される角速度指令値ωrefと角速度推定値ωとの偏差Δωを算出し、その偏差Δωは、比例積分器６８によって比例積分演算が施され、その演算結果がｑ軸電流指令値Ｉqerfとして出力される。

そして、ｄ軸電流指令値Ｉdref、ｑ軸電流指令値Ｉqrefは電流制御部５５に与えられ、前述したようにモータ１のｄ軸電流Ｉｄ、ｑ軸電流Ｉｑがそれらの指令値に一致するように制御される。その制御結果としての角速度推定値ωが減算器６７にフィードバックされる。比例積分器６８は、比例積分演算により偏差Δωをゼロに収束させる。その結果、角速度推定値ωは角速度指令値ωrefに一致するようになる。

【００３５】

なお、以上の構成において、電流制御部５５，速度制御部５８，速度・位置推定部６３は、ベクトル制御手段７０を構成している。また、インバータ回路５２，ＰＷＭ形成部６２を除く部分は、制御装置５０を構成するマイクロコンピュータのソフトウエアにより実現されている機能である。

【００３６】

次に、上記のように永久磁石モータ１を備えたドラム式洗濯乾燥機２１の作用について説明する。制御回路部がインバータ回路５２を介して固定子巻線５に通電すると、電機子反作用による外部磁界（固定子巻線５を流れる電流により発生する磁界）が、回転子３の永久磁石９ａ，９ｂに作用するようになる。そして、これら永久磁石９ａ，９ｂのうち、保磁力が小さいアルニコ磁石９ｂの磁化状態が、この電機子反作用による外部磁界により減磁または増磁され、これにより、固定子巻線５に鎖交する磁束量（鎖交磁束量）を増減することができる。そこで、本実施例では、制御回路部は、固定子巻線５の通電を制御することにより、アルニコ磁石９ｂの磁化状態を運転行程（洗濯行程、脱水行程、乾燥行程）ごとに切り換えて実行する。ここで、各運転行程における動作内容について順に説明する。

【００３７】

まず、洗濯行程では、制御回路部は、給水弁３０を開放して水槽２５内に給水を行い、続いてドラム２７を回転させて洗濯を行う。この洗濯行程では、水を含んだ洗濯物をバッフル２９によって掻き上げるためドラム２７を高トルクで回転させる必要があるが、回転速度は低速でよい。そこで、制御回路部は、アルニコ磁石９ｂの磁化状態が増磁されるように、インバータ回路５２による固定子巻線５の通電を制御する。これにより、固定子巻線５に作用する磁束量が多く（磁力が強く）なることから、ドラム２７を高トルク低速度で回転させることができる。

【００３８】

次に、脱水行程では、制御回路部は、排水弁３１を開放して水槽２５内の水を排出し、続いてドラム２７を高速回転させることにより洗濯物に含まれる水分を脱水する。この脱水行程においては、脱水効率を向上するためにドラム２７を高速で回転させる必要があるが、トルクは小さくてもよい。そこで、制御回路部は、アルニコ磁石９ｂの磁化状態が減磁されるように、インバータ回路５２による固定子巻線５の通電を制御する。これにより、固定子巻線５に作用する磁束量が少なく（磁力が弱く）なることから、ドラム２７を低トルク高速度で回転させることができる。

【００３９】

最後に、乾燥行程では、制御回路部は、送風ファン３６およびヒートポンプ４０を駆動させるとともにドラム２７を回転させることにより洗濯物の乾燥を行う。この乾燥行程においては、制御回路部は、次回の洗濯行程に備えて、アルニコ磁石９ｂの磁化状態が増磁されるように、インバータ回路５２による固定子巻線５の通電を制御する。これにより、固定子巻線５に作用する磁束量を多くした状態とすることができ、次回の洗濯行程において、ドラム２７を高トルク低速度で回転させ易くすることができる。

【００４０】

次に、上述のように洗濯乾燥機２１の運転状態に応じて、アルニコ磁石９ｂの着磁量，

モータ１の磁束量，特性を変更する場合の制御について図２乃至図４も参照して説明する。モータ１の磁束量を、ｄ軸電流によって適切に変化させるには、通電前後の磁束量を把握することが重要である。そこで、図２に示すフローチャートに従って着磁制御を行う。

【００４１】

先ず、誘起電圧検出部６５が誘起電圧Ｅｑを演算し（ステップＳ１）、誘起電圧指令決定部６６は、その時点のトルクＴ及び角速度ωとに基づいて誘起電圧指令Eqrefを決定する（ステップＳ２）。着磁電流決定部５７は、制御回路部より磁化指令が与えられている（ＯＮ）か否かを判断し（ステップＳ３）、磁化指令が与えられていれば（ＹＥＳ）、誘起電圧指令Eqrefと誘起電圧Ｅｑとの大小を比較する（ステップＳ４）。Eqref＞Ｅｑであれば（ＹＥＳ）、着磁電流指令Ｉdrefの極性を（＋）に設定し（ステップＳ５）、Eqref≦Ｅｑであれば（ＮＯ）、着磁電流指令Ｉdrefの極性を（－）に設定する（ステップＳ６）。

【００４２】

続くステップＳ７において、誘起電圧検出部６５が演算した誘起電圧Ｅｑが前回の値と同じであれば（ＹＥＳ）、着磁電流指令Ｉdrefを所定値αだけ増加させ（ステップＳ８）、前回の値と異なれば（ＮＯ）そのままステップＳ９に移行する。尚、所定値αは毎回一定であっても、または毎回変化させても何れでも良い。ステップＳ９では、その時点のモータ１の回転子位置が着磁通電を行う位置であるか否かを判断し、通電位置であれば（ＹＥＳ）ｄ軸電流を通電し（ステップＳ１０）、通電位置でなければ（ＮＯ）ステップＳ１に戻る（CONTINUE）。

【００４３】

図３は、図２の制御を繰り返し実行した場合の電流Ｉｄ，Ｉｑ，誘起電圧Ｅｑ，誘起電圧指令Eqrefの変化を示すものである。トルク電流Ｉｑは一定に制御され、モータ１を全界磁運転する場合、励磁電流Ｉｄはゼロに維持される。本実施例では、励磁電流Ｉｄを、アルニコ磁石９ｂを着磁するために使用するので、励磁電流Ｉｄはその着磁を行うタイミング（例えば電気角０°）で出力される（図３（ａ），（ｃ）参照）。そして、図３（ｄ）に示すように、誘起電圧Ｅｑ，誘起電圧指令Eqrefの差がなくなった場合に着磁処理は終了する。

【００４４】

図４は、横軸にトルク［Ｎ・ｍ］，縦軸に回転数［ｒｐｍ］をとり、一般的な洗濯機の運転状態に対応するモータの最大出力特性を示したものである。洗い運転や濯ぎ運転では、モータの負荷点はＡとなり（例えばω＝５０ｒｐｍ，Ｔ＝１２Ｎ・ｍ）、低速回転で高トルク出力が要求される。一方、脱水運転では、モータの負荷点はＢとなり（例えばω＝１２００ｒｐｍ，Ｔ＝２Ｎ・ｍ）、低トルク出力で高速回転が要求される。効率最大となる誘起電圧Ｅｑは、負荷点Ａにおいて相対的に低くなり、負荷点Ｂにおいて相対的に高くなる。

【００４５】

ここで、ステップＳ２において、誘起電圧指令決定部６６が誘起電圧指令Eqrefを決定する場合の原理を説明する。（４）式における右辺第２項を（銅損）として（１），（２）式を代入して変形すると（５）式となる。

$$T = 3/(2\omega)\cdot\{Vq\cdot Iq + Vd\cdot Id - (\text{銅損})\}$$
$$= 1.5\omega\{(R\cdot Iq + \omega\cdot Ld\cdot Id + Eq)\cdot Iq + (R\cdot Id - \omega\cdot Lq\cdot Iq)\cdot Id - (\text{銅損})\}$$
$$(\text{銅損}) = 1.5\omega(R\cdot Iq^2 + \omega\cdot Ld\cdot Id\cdot Iq + Eq\cdot Iq + R\cdot Id^2 - \omega\cdot Lq\cdot Iq\cdot Id) - T \quad \cdots(5)$$

モータ１の効率を最大にするには、銅損を最小にすれば良い。したがって、（５）式においてＴ，ω，Ｒ，Ｌｄ，Ｌｑを与えた場合に、銅損が最小となる誘起電圧Ｅｑを、誘起電圧指令Eqrefとして決定すれば良い。

【００４６】

但し、上記の場合、ｑ軸電流Ｉｑの条件として「モータ１の負荷トルクを出力できるこ

と」、ｄ軸電流Ｉｄの条件として「弱め界磁となることで直流電圧を設定値以上に上昇させないこと」を制限として加える。そして、例えば（５）式を演算することで誘起電圧指令Ｅqrefを決定しても良いし、データテーブル化してメモリ等に保持しておくことで決定しても良い。

例えば負荷点Ｂにおいてモータ１の磁束量を低減すれば、弱め界磁制御を行うｄ軸電流Ｉｄの通電量を低下させることが可能となったり、或いは弱め界磁制御を行わずとも、必要な回転数を得ることができるようになる。

【００４７】

以上のように本実施例によれば、着磁電流決定部５７は、ベクトル制御において得られる励磁電流Ｉｄにより電機子反作用磁界を発生させて、モータ１の回転子３を構成する低保磁力のアルニコ磁石９ｂの着磁量を変化させる。そして、着磁量の変化はモータ１が発生させる誘起電圧Ｅｑの変化に反映されるので、誘起電圧Ｅｑを検出すれば着磁量がどの程度変化したかを評価でき、モータ１の回転速度ωと出力トルクＴとに基づき決定される誘起電圧指令Ｅqrefと、検出した誘起電圧Ｅｑとの差を得れば、アルニコ磁石９ｂの着磁量をどの程度変化させれば良いのかを決定できる。したがって、要求される駆動特性に応じて着磁量を適切に変化させ、モータ１の運転効率を向上させて、モータ１を駆動制御することができる。

【００４８】

また、洗濯乾燥機２１は、永久磁石モータ１により洗濯運転や脱水運転を行うための駆動力を発生させるので、洗濯運転において要求される低速回転・高出力トルクでの駆動特性，脱水運転において要求される高速回転・低出力トルクでの駆動特性に応じてモータ１の特性を変化させ、最適効率で運転を行うことで消費電力を低減することができる。特に脱水運転では、弱め界磁制御を行う必要をなくしたり、若しくは弱め界磁制御を最小限にしてモータ１の回転数を上昇させることができ、効率を向上させることができる。また、ヒートポンプ４１を構成するコンプレッサ３９を駆動する永久磁石モータについても同様に制御するので、乾燥運転を行う場合も同様の効果が得られる。

【００４９】

更に、速度・位置推定部６３は、ｄ軸モータ電圧方程式を用いてモータ１の回転速度ω及び回転位置θを演算し、誘起電圧検出部６５は、ｑ軸モータ電圧方程式を用いてモータ１の誘起電圧を検出するので、簡単な計算で必要な値を得ることができる。

そして、誘起電圧指令決定部６６は、モータ１の現在の運転状態に応じて、効率が最高となるように、すなわち、モータ電圧方程式である（１），（２）式並びにインバータ回路５２の出力電力を表す（３）式より導出される（５）式に従い、銅損が最小となるように誘起電圧指令Ｅqrefを決定するので、洗濯乾燥機２１の実際の運転状態に適合するようにモータ１の効率を最大化することできる。

【００５０】

（第２実施例）

図９は本発明の第２実施例を示すものであり、第１実施例と同一部分には同一符号を付して説明を省略し、以下異なる部分について説明する。第２実施例は、本発明のモータ駆動システムを空調機（エアコンディショナ）に適用した場合を示す。図９は、空調機を構成するヒートポンプを示す。ヒートポンプ７１において、コンプレッサ７２は圧縮部７３とこれを駆動する永久磁石モータ（ブラシレスＤＣモータ）７４とを同一の鉄製密閉容器７５内に収納して構成されている。永久磁石モータ７４は、第１実施例のモータ１と同様に構成されているものとする。

【００５１】

コンプレッサ７２は、四方弁７６、室内側熱交換器７７、減圧装置７８、室外側熱交換器７９と共に閉ループを構成するように冷媒配管によって接続されている。四方弁７６は暖房運転及び冷房運転に応じて実線及び二点鎖線で示す状態に切り替えられ、コンプレッサ７２の圧縮部７３で圧縮された冷媒は、暖房時には室内側熱交換器７７、減圧装置７８、室外側熱交換器７９を順に通って圧縮部７３に戻り、冷房時には室外側熱交換器７９、

減圧装置７８、室内側熱交換器７７を順に通って圧縮部７３に戻るように制御される。
従って、室内側熱交換器７７は暖房時には凝縮器となって室内を暖め、冷房時には冷却器となって室内を冷やすこととなる。なお、室内空気及び室外空気はファン装置８０及び８１により夫々室内側熱交換器７７及び室外側熱交換器７９に送られる。以上が空調機８２を構成している。

【００５２】

以上のように構成される第２実施例によれば、空調機８１は、本発明のモータ駆動システムを備え、永久磁石モータ７４によりコンプレッサ７２を駆動するようにした。したがって、例えば運転を開始した直後などに室内温度を短時間で急速に低下又は上昇させる必要があり、コンプレッサ７２を高速回転させる場合にアルニコ磁石９ｂの磁束量を変化させて図４に示す負荷点Ｂに対応するように効率を最大化させ、各運転に適するようにモータ７４の特性を変化させれば、消費電力を低減することができる。

【００５３】

本発明は上記し又は図面に記載した実施例にのみ限定されるものではなく、以下のような変形または拡張が可能である。
特許文献１に開示されているような、ＩＰＭ（Interior Permanent Magnet）タイプの永久磁石モータに適用しても良い。
乾燥機能を持たない洗濯機に適用しても良い。
低保磁力永久磁石は、アルニコ磁石９ｂに限ることなく、インバータ回路を介して通電を行うことで発生させる磁界により着磁量が変化可能な程度に保磁力が低い永久磁石であれば材料はとはない。同様に、高保磁力永久磁石もネオジム磁石９ａに限ることはない。
更に、低保磁力永久磁石の着磁量を変化させることで、要求される運転特性を満たすことができる場合は、高保磁力永久磁石は不要である。
また、洗濯機や空調機に限ることなく、低保磁力永久磁石を備えて構成されるモータの磁束量を変化させるものであれば、広く適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【００５４】

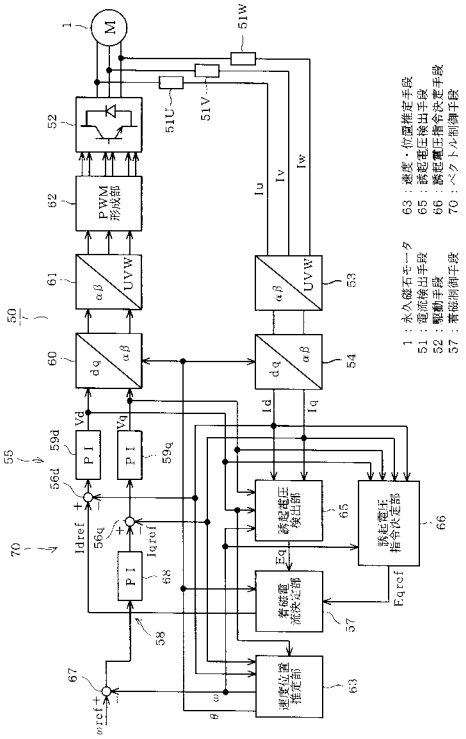
【図１】本発明を洗濯機に適用した場合の第１実施例であり、モータの回転をベクトル制御する構成を示す機能ブロック図
【図２】永久磁石の着磁量を変化させる処理内容を示すフローチャート
【図３】図２の制御を繰り返し実行した場合の電流Ｉｄ，Ｉｑ，誘起電圧Ｅｑ，誘起電圧指令Ｅqrefの変化を示す図
【図４】洗濯機の各運転状態に対応するモータの最大効率特性を示す図
【図５】永久磁石モータの回転子の構成を示す斜視図
【図６】回転子の一部を拡大して示す図
【図７】洗濯乾燥機の構成を示す縦断側面図
【図８】ヒートポンプの構成を示す図
【図９】本発明を空調機に適用した場合の第２実施例であり、図８相当図

【符号の説明】

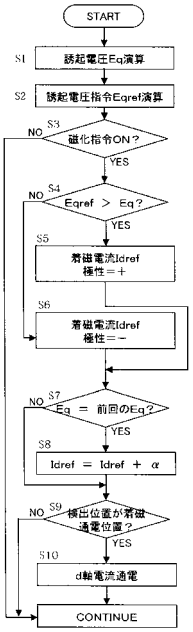
【００５５】

図面中、１は永久磁石モータ、３は回転子、５は固定子巻線、９ｂはアルニコ磁石（低保磁力永久磁石）、２１は洗濯乾燥機、３９はコンプレッサ、４１はヒートポンプ、５１は電流センサ（電流検出手段）、５０はモータ制御装置、５２はインバータ回路（駆動手段）、５７は着磁電流決定部（着磁制御手段）、６３は速度・位置推定部（速度・位置推定手段）、６５は誘起電圧検出部（誘起電圧検出手段）、６６は誘起電圧指令決定部（誘起電圧指令決定手段）、７０はベクトル制御手段、７２はコンプレッサ、７４は永久磁石モータ、８２は空調機を示す。

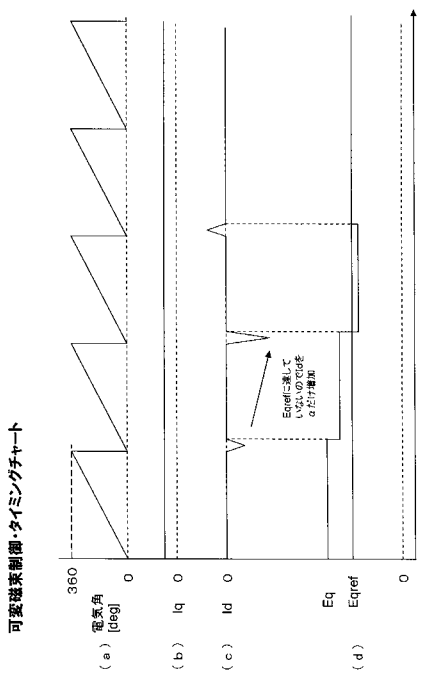
【図１】


1 ：永久磁石モータ
51 ：電流検出手段
52 ：駆動手段
57 ：界磁指令手段
63 ：速度・位置推定手段
65 ：誘起電圧検出手段
66 ：誘起電圧指令決定手段
70 ：ベクトル制御手段
PWM形成部
誘起電圧検出部
誘起電圧指令決定部
界磁電流決定部
速度位置推定部
P I

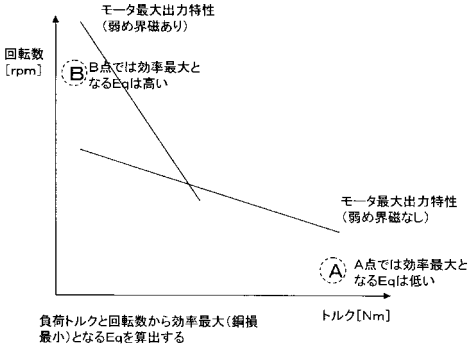
【図２】


START
S1 誘起電圧Eq演算
S2 誘起電圧指令Eqref演算
S3 磁化指令ON？
S4 Eqref ＞ Eq？
S5 界磁電流Idref 極性＝＋
S6 界磁電流Idref 極性＝－
S7 Eq ＝ 前回のEq？
S8 Idref ＝ Idref ＋ α
S9 検出位置が界磁通電位置？
S10 d軸電流通電
CONTINUE
NO
YES

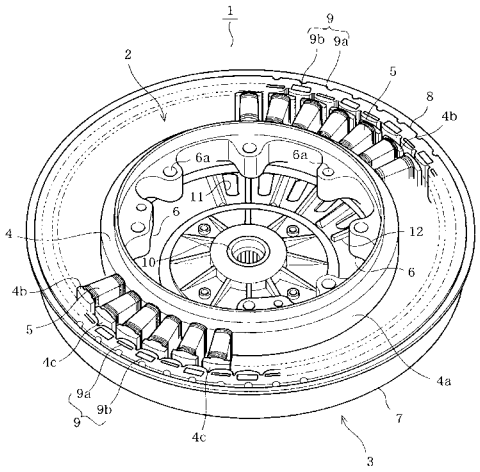
【図３】


可変磁束制御・タイミングチャート
電気角 [deg]
360
0
(a)
(b) Iq
(c) Id
(d) Eq Eqref
Eqref に達して いないのでα だけ増加

【図４】

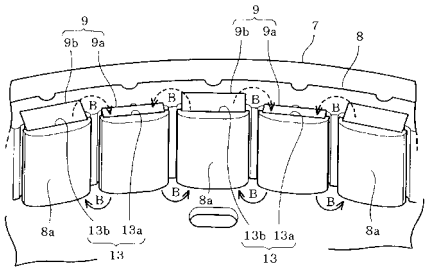

モータ最大出力特性
（弱め界磁あり）
回転数
[rpm]
B B点では効率最大と なるEqは高い
モータ最大出力特性
（弱め界磁なし）
A A点では効率最大と なるEqは低い
トルク[Nm]
負荷トルクと回転数から効率最大（鋼損最小）となるEqを算出する

【図５】

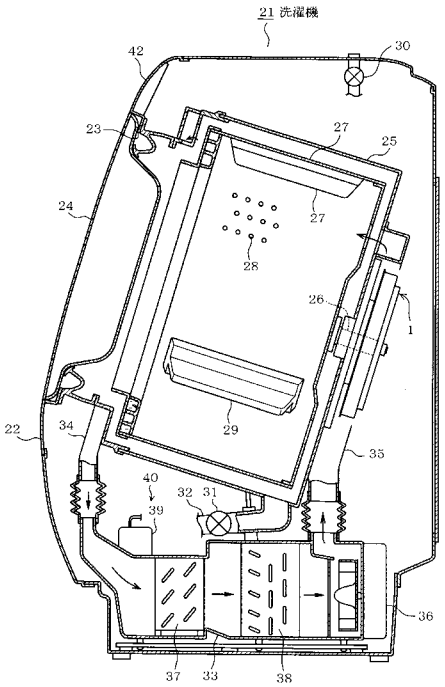


3：回転子
5：固定子巻線
9b：低保磁力永久磁石

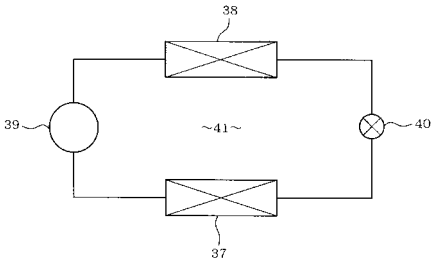
【図６】



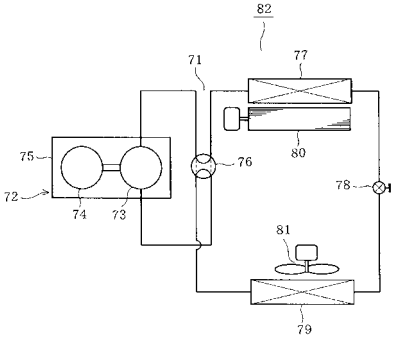
【図７】



【図８】



【図９】



72：コンプレッサ
74：永久磁石モータ
82：空調機

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5H560 AA02 AA10 BB04 BB12 BB17 DA13 DA14 DB13 DB14 DC12
EB01 XA02 XA13 XA17
5H571 AA11 BB02 BB09 DD10 EE08 FF08 GG04 HA08 JJ04 LL14
LL22 MM10
5H622 AA03 CA02 CA05 CA10 CB03 PP03 PP11 QB01 QB08