

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5259241号
(P5259241)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(51) Int.Cl.	F 1
HO2P 6/06 (2006.01)	HO2P 6/00 321C
HO2K 15/03 (2006.01)	HO2K 15/03 Z
HO2P 6/18 (2006.01)	HO2P 6/02 371S
HO2P 7/06 (2006.01)	HO2P 5/06 X

請求項の数 12 (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)
 (65) 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)
 審査請求日 平成22年9月24日 (2010.9.24)

(73) 特許権者 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) 【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 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 と、前記ベクトル制御手段により求められるモータ電流 I_d , I_q と、前記駆動手段の出力電圧 V_d , V_q と、前記モータの定数である巻線インダクタンス L_d , L_q 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 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】

10

20

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構成されていることを特徴とする洗濯機。

20

【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、

30

前記モータ電流と、前記駆動手段の出力電圧と、前記モータの定数に基づいて、前記モータの回転速度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と、前記ベクトル制御で求められるモータ電流 I_d , I_q と、前記駆動手段の出力電圧 V_d , V_q と、前記モータの定数である巻線インダクタンス L_d , L_q 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。

40

【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。

50

【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变速運転する技術が普及している。また、特許文献1には、可变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、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

10

【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。

30

【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、

40

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 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 と、前記ベクトル制御手段により求められるモータ電流 I_d 、 I_q と、前記駆動手段の出力電圧 V_d 、 V_q と、前記モータの定数である巻線インダクタンス L_d 、 L_q 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

50

段と、

前記モータの回転速度 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 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 と、前記ベクトル制御で求められるモータ電流 I_d , I_q と、前記駆動手段の出力電圧 V_d , V_q と、前記モータの定数である巻線インダクタンス L_d , L_q 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 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

10

20

30

40

50

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、P E T樹脂（モールド樹脂）により覆われている。

【0013】

また、このP E T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

10

20

30

40

50

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定されている。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。

10

【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。

20

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。

30

【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[P M V: 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。

40

【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

50

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 I_q 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 I_d 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 I_u 、 I_v 、 I_w 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 I_u 、 I_v 、 I_w 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。

10

【0025】

電流センサ51により検出された電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、図示しないA/D変換器によりA/D変換されて、UVW/座標変換器53により2相電流 I_u 、 I_v に変換され、それらの2相電流 I_u 、 I_v は、/d q座標変換器54により、更にd軸電流 I_d 、q軸電流 I_q に変換される。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/d q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（軸とd軸との位相差の推定値）が用いられる。

20

【0026】

d軸電流 I_d 、q軸電流 I_q 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 I_dref 、速度制御部58が出力するq軸電流指令値 I_qref との偏差 I_d 、 I_q が算出される。電流偏差 I_d 、 I_q 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 V_d 、 V_q が算出される。

出力電圧指令値 V_d 、 V_q は、d q/座標変換器60により-d座標系で表わした値に変換され、更に/UVW座標変換器61により固定子の各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w に変換される。なお、d q/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が用いられる。

30

【0027】

各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w 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 V_u 、 V_v 、 V_w 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】

40

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 I_d 、q軸電流 I_q はそれぞれd軸電流指令値 I_dref 、q軸電流指令値 I_qref 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、回転子の回転位置をそれぞれ推定するもので、d軸電流 I_d 、q軸電流 I_q 及びd軸出力電圧指令値 V_d 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 L_d 、q軸インダクタンス L_q 、巻線抵抗値 R の各値が記憶されている。

【0030】

50

速度・位置推定部 6 3 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 を推定する。

$$V_d = R \cdot I_d - L_q \cdot I_q \quad \dots (1)$$

更に、角速度 を積分し、その積分結果が回転位置推定値 として出力される。また、角速度推定値 は速度制御部 5 8 にも与えられる。

【0031】

また、誘起電圧検出部 6 5 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 E_q を推定する。

$$V_q = R \cdot I_q + L_d \cdot I_d + E_q \quad \dots (2)$$

誘起電圧指令決定部 6 6 (誘起電圧指令決定手段) は、インバータ回路 5 2 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。 10

$$3/2 \cdot (V_q \cdot I_q + V_d \cdot I_d) = \cdot T + 3/2 \cdot R (I_d^2 + I_q^2) \quad \dots (3)$$

$$T = 3/2 \cdot \{ V_q \cdot I_q + V_d \cdot I_d - R (I_d^2 + I_q^2) \} \quad \dots (4)$$

ここで、(3)式の左辺はインバータ回路 5 2 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 6 6 は、トルク T を求めると、速度・位置推定部 6 3 より得られるモータ 1 の角速度 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 E_{qref} 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。 20

【0033】

着磁電流決定部 5 7 は、誘起電圧検出部 6 5 により推定された誘起電圧 E_q と、誘起電圧指令決定部 6 6 により決定された誘起電圧指令 E_{qref} 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 9 b を着磁するための d 軸電流指令値 (着磁電流指令値) I_{dref} を決定する。

【0034】

速度制御部 5 8 により出力される q 軸電流指令値 I_{qref} は、回転子の角速度 (回転速度に相当) 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) ref に一致させるための電流指令値である。減算器 6 7 は、洗濯乾燥機 2 1 の制御回路部より出力される角速度指令値 ref と角速度推定値 との偏差 を算出し、その偏差 は、比例積分器 6 8 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 I_{qref} として出力される。 30

そして、d 軸電流指令値 I_{dref} 、q 軸電流指令値 I_{qref} は電流制御部 5 5 に与えられ、前述したようにモータ 1 の d 軸電流 I_d 、q 軸電流 I_q 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 が減算器 6 7 にフィードバックされる。比例積分器 6 8 は、比例積分演算により偏差 をゼロに収束させる。その結果、角速度推定値 は角速度指令値 ref 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 5 5、速度制御部 5 8、速度・位置推定部 6 3 は、ベクトル制御手段 7 0 を構成している。また、インバータ回路 5 2、PWM 形成部 6 2 を除く部分は、制御装置 5 0 を構成するマイクロコンピュータのソフトウェアにより実現されている機能である。 40

【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 2 1 の作用について説明する。制御回路部がインバータ回路 5 2 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 9 a、9 b に作用するようになる。そして、これら永久磁石 9 a、9 b のうち、保磁力が小さいアルニコ磁石 9 b の磁化状態が、この電機子反作用による外部磁界により 50

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 9 b 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。

【 0 0 3 7 】

まず、洗濯行程では、制御回路部は、給水弁 3 0 を開放して水槽 2 5 内に給水を行い、続いてドラム 2 7 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 2 9 によって搔き上げるためドラム 2 7 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 9 b の磁化状態が増磁されるように、インバータ回路 5 2 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 2 7 を高トルク低速度で回転させることができる。

【 0 0 3 8 】

次に、脱水行程では、制御回路部は、排水弁 3 1 を開放して水槽 2 5 内の水を排出し、続いてドラム 2 7 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 2 7 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 9 b の磁化状態が減磁されるように、インバータ回路 5 2 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 2 7 を低トルク高速度で回転させることができる。

【 0 0 3 9 】

最後に、乾燥行程では、制御回路部は、送風ファン 3 6 およびヒートポンプ 4 0 を駆動させるとともにドラム 2 7 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、次の洗濯行程に備えて、アルニコ磁石 9 b の磁化状態が増磁されるように、インバータ回路 5 2 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ることができ、次の洗濯行程において、ドラム 2 7 を高トルク低速度で回転させ易くすることができる。

【 0 0 4 0 】

次に、上述のように洗濯乾燥機 2 1 の運転状態に応じて、アルニコ磁石 9 b 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。

【 0 0 4 1 】

先ず、誘起電圧検出部 6 5 が誘起電圧 E_q を演算し（ステップ S 1）、誘起電圧指令決定部 6 6 は、その時点のトルク T 及び角速度 ω に基づいて誘起電圧指令 E_{qref} を決定する（ステップ S 2）。着磁電流決定部 5 7 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 S 3）、磁化指令が与えられていれば（YES）、誘起電圧指令 E_{qref} と誘起電圧 E_q の大小を比較する（ステップ S 4）。 $E_{qref} > E_q$ であれば（YES）、着磁電流指令 I_{dref} の極性を（+）に設定し（ステップ S 5）、 $E_{qref} < E_q$ であれば（NO）、着磁電流指令 I_{dref} の極性を（-）に設定する（ステップ S 6）。

【 0 0 4 2 】

続くステップ S 7において、誘起電圧検出部 6 5 が演算した誘起電圧 E_q が前回の値と同じであれば（YES）、着磁電流指令 I_{dref} を所定値だけ増加させ（ステップ S 8）、前回の値と異なれば（NO）そのままステップ S 9 に移行する。尚、所定値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 S 9 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 S 10）、通電位置でなければ（NO）ステップ S 1 に戻る（CONTINUE）。

10

20

30

40

50

【0043】

図3は、図2の制御を繰り返し実行した場合の電流 I_d , I_q , 誘起電圧 E_q , 誘起電圧指令 E_{qref} の変化を示すものである。トルク電流 I_q 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 I_d はゼロに維持される。本実施例では、励磁電流 I_d 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 I_d 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 E_q , 誘起電圧指令 E_{qref} 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 $T = 50 \text{ rpm}$, $T = 12 \text{ N} \cdot \text{m}$ ）、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 $T = 1200 \text{ rpm}$, $T = 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ）、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 E_q 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 E_{qref} 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。

$$\begin{aligned} T &= 3 / (2) \cdot \{ V_q \cdot I_q + V_d \cdot I_d - (\text{銅損}) \} \\ &= 1.5 \{ (R \cdot I_q + \cdot L_d \cdot I_d + E_q) \cdot I_q \\ &\quad + (R \cdot I_d + \cdot L_q \cdot I_q) \cdot I_d - (\text{銅損}) \} \\ (\text{銅損}) &= 1.5 (R \cdot I_q^2 + \cdot L_d \cdot I_d \cdot I_q + E_q \cdot I_q \\ &\quad + R \cdot I_d^2 + \cdot L_q \cdot I_q \cdot I_d) - T \quad \dots (5) \end{aligned}$$

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 , R , L_d , L_q を与えた場合に、銅損が最小となる誘起電圧 E_q を、誘起電圧指令 E_{qref} として決定すれば良い。

【0046】

但し、上記の場合、 q 軸電流 I_q 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 I_d 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 E_{qref} 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 I_d の通電量を低下させることができることが可能となったり、或いは弱め界磁制御を行わざとも、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 I_d 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 E_q の変化に反映されるので、誘起電圧 E_q 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の回転速度と出力トルク T とに基づき決定される誘起電圧指令 E_{qref} と、検出した誘起電圧 E_q 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

10

20

30

40

50

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の回転速度及び回転位置を演算し、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。

10

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。

20

【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。

30

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。

40

【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

50

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 9 a 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

10

【図3】図2の制御を繰り返し実行した場合の電流 I_d , I_q , 誘起電圧 E_q , 誘起電圧指令 E_{qref} 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

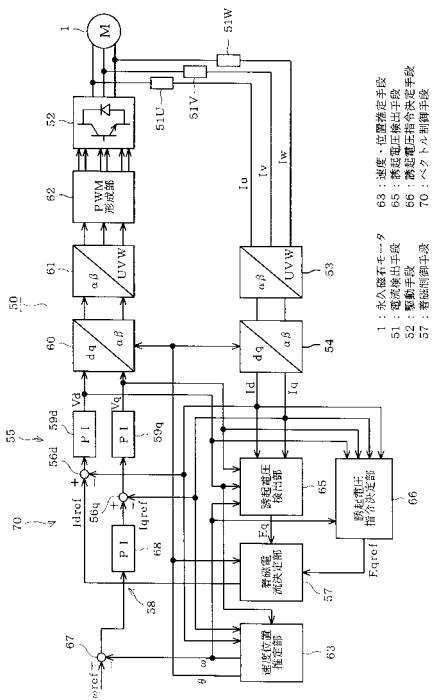
【符号の説明】

【0055】

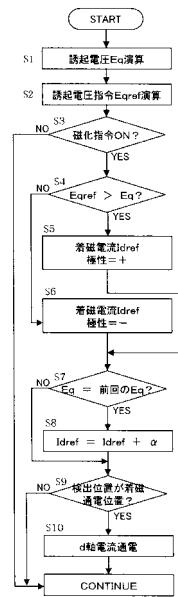
20

図面中、1は永久磁石モータ、3は回転子、5は固定子巻線、9 b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。

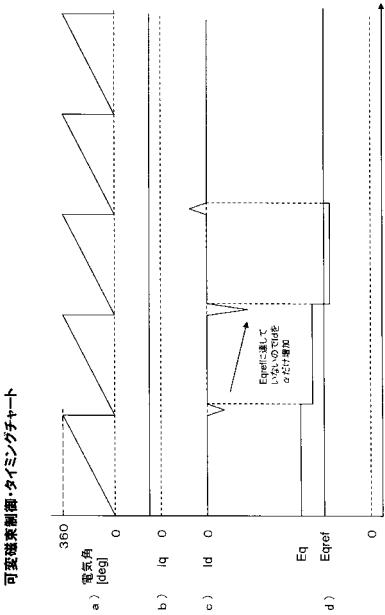
【図1】



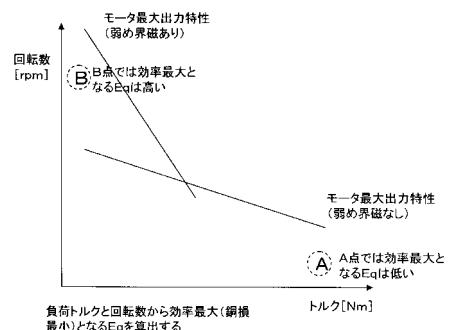
【図2】



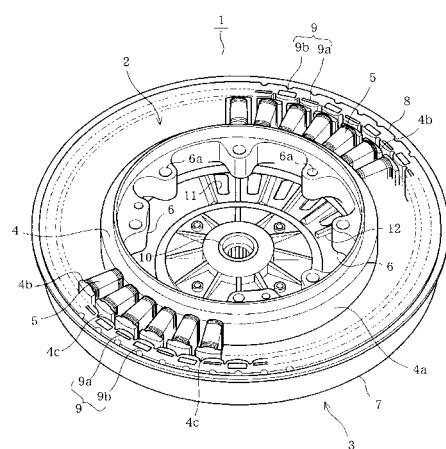
【図3】



【図4】

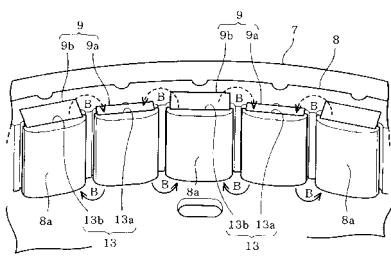


【図5】

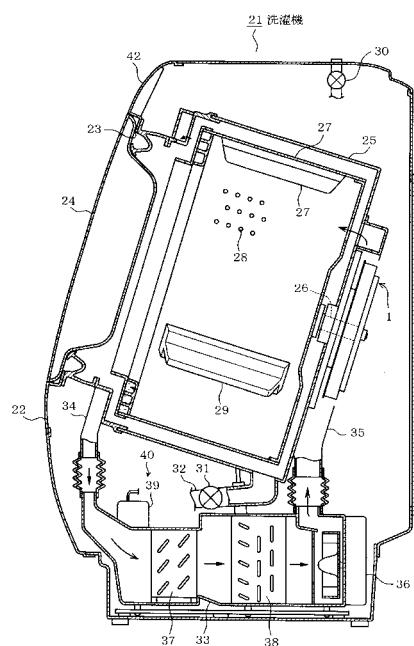


3: 回転子
5: 固定子巻線
9b: 低保磁力永久磁石

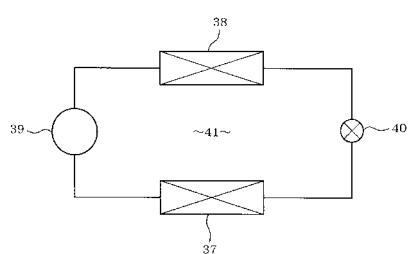
【図6】



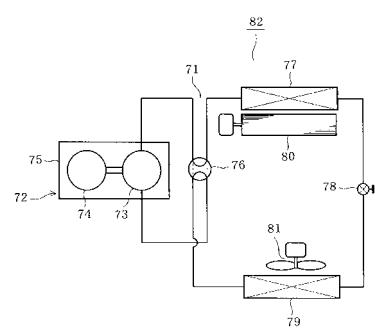
【図7】



【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

審査官 塩治 雅也

(56)参考文献 特開2008-043172(JP,A)

特開2007-181352(JP,A)

特開2008-061445(JP,A)

特開2007-175135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/06

H02K 15/03

H02P 6/18

H02P 7/06