

(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2010-141994
(P2010-141994A)

(43) 公開日 平成22年6月24日(2010.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2P 6/18 (2006.01)	HO2P 6/02 371S	5H505
HO2K 15/03 (2006.01)	HO2K 15/03 G	5H560
HO2K 1/27 (2006.01)	HO2K 1/27 502A	5H622
HO2P 21/00 (2006.01)	HO2P 5/408 C	
HO2P 27/04 (2006.01)	HO2P 6/02 371T	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-314423 (P2008-314423)
(22) 出願日 平成20年12月10日 (2008.12.10)

(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
(71) 出願人 502285664
東芝コンシューマエレクトロニクス・ホールディングス株式会社
東京都千代田区外神田二丁目2番15号
(71) 出願人 503376518
東芝ホームアプライアンス株式会社
東京都千代田区外神田二丁目2番15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

最終頁に続く

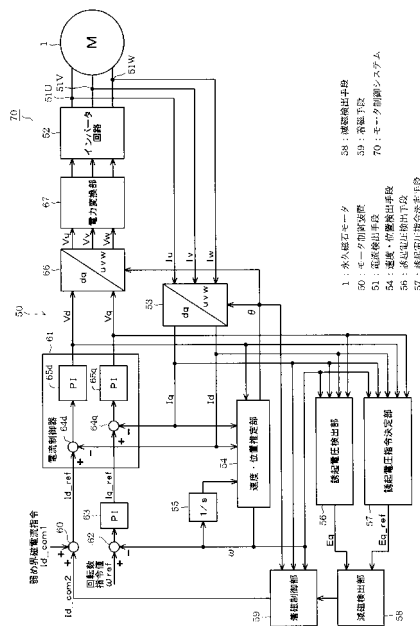
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置及びドラム式洗濯機

(57) 【要約】

【課題】モータの運転中に永久磁石が意図せずに減磁した場合でも、着磁状態の復帰を図ることができるモータ制御装置を提供する。

【解決手段】着磁制御部59は、減磁検出部58が、モータ1の運転中にアルニコ磁石が着磁された状態から減磁したことを検出すると、アルニコ磁石を再度増磁することで磁力を復帰させる。減磁検出部58は、誘起電圧指令決定部57がモータ1の運転状態に応じて決定すると誘起電圧指令 E_{q_ref} と、誘起電圧検出部56により検出された誘起電圧 E_q とを比較し、前者に対して後者が所定の割合若しくは所定値だけ低下した場合に、アルニコ磁石9bの減磁を検出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

着磁量が変更可能な程度に低保磁力である永久磁石をロータに配置してなる永久磁石モータを制御対象とし、前記モータに流れる電流を検出してベクトル制御するモータ制御装置において、

前記モータの回転速度及び回転位置を検出する速度・位置検出手段と、前記永久磁石の磁化状態を電機子反作用磁界により調整することで、前記モータの回転位置に応じて前記永久磁石を増磁又は減磁させる着磁手段と、

前記モータの運転中に、前記永久磁石が、前記着磁手段によって着磁された状態から減磁したことを検出する減磁検出手段とを備えたことを特徴とするモータ制御装置。

10

【請求項 2】

前記モータの運転状態に応じて、最適な誘起電圧指令を決定する誘起電圧指令決定手段と、

前記モータが発生する誘起電圧を演算により検出する誘起電圧検出手段とを備え、

前記減磁検出手段は、前記誘起電圧指令と、前記検出された誘起電圧とを比較することで、前記永久磁石の減磁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】

前記減磁検出手段は、前記誘起電圧指令に対して、前記検出された誘起電圧が所定の割合若しくは所定値だけ低下した場合に、前記永久磁石の減磁を検出することを特徴とする請求項 2 記載のモータ制御装置。

20

【請求項 4】

前記着磁手段は、前記減磁検出手段により前記永久磁石の減磁が検出されると、前記モータの q 軸電流が一定値を上回った後、前記一定値を下回った場合に前記永久磁石を増磁することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記着磁手段は、前記減磁検出手段により前記永久磁石の減磁が検出されると、前記モータの q 軸電流振幅の変動割合又は変動幅が一定値以下となった場合に前記永久磁石を増磁することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

前記着磁手段は、前記減磁検出手段により前記永久磁石の減磁が検出されると、前記モータの q 軸電流振幅の一定期間に亘る平均値が一定値以下となった場合に前記永久磁石を増磁することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のモータ制御装置。

30

【請求項 7】

前記永久磁石モータと、

請求項 1 乃至 6 の何れかに記載のモータ制御装置とを備え、前記モータが発生する回転駆動力により、洗濯物を収容するドラムを回転させて洗濯運転を行うことを特徴とするドラム式洗濯機。

【請求項 8】

前記モータ制御装置の減磁検出手段は、洗い又は濯ぎ運転を開始する場合における前記モータ起動時の q 軸電流の最大値が、所定値を超えた場合に、前記永久磁石の減磁を検出することを特徴とする請求項 7 記載のドラム式洗濯機。

40

【請求項 9】

前記モータ制御装置の着磁手段は、前記減磁検出手段により前記永久磁石の減磁が検出されると、洗い又は濯ぎ運転中における前記モータの回転速度が一定となった場合に、前記永久磁石を増磁することを特徴とする請求項 7 又は 8 記載のドラム式洗濯機。

【請求項 10】

前記モータ制御装置の着磁手段は、前記減磁検出手段により前記永久磁石の減磁が検出されると、洗い又は濯ぎ運転中における前記モータの一方向に対する回転時間が所定時間以上となる場合に、前記永久磁石を増磁することを特徴とする請求項 7 乃至 9 の何れかに記載のドラム式洗濯機。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、着磁量が変更可能な程度に低保磁力である永久磁石をロータに配置してなる永久磁石モータを制御対象とし、モータに流れる電流を検出してベクトル制御するモータ制御装置、及びそのモータ制御装置を備え、永久磁石モータによりドラムを回転させて洗濯運転を行うドラム式洗濯機に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、洗濯機においては、モータをベクトル制御してダイレクトドライブ方式でドラム等を回転駆動することで回転精度を向上させて、洗濯性能の向上を図ると共に、運転中の振動及び騒音低減などの効果を得る構成が採用されている。そして、斯様な構成では、脱水運転のようにドラムを高速に回転させる場合、モータのトルク出力に寄与しないd軸電流を通電することで、固定子巻線に発生する誘起電圧を減少させる弱め界磁制御を行っている。しかしながら、弱め界磁制御では、d軸電流を通電することで銅損が増加するため、駆動効率の低下が避けられない。

10

【0003】

これに対して、出願人は、特願2008-266386号において、48極/36スロット構成のモータのロータ側に保持力が弱い永久磁石を配置し、固定子巻線に大きな電流を一瞬通電することで永久磁石を減磁し、永久磁石の磁束を減少させてモータに発生する誘起電圧を減少させることで、弱め界磁制御を行うことなく高速運転を可能とする技術を提案した。尚、上記のような構造を有する永久磁石モータの一例は、特許文献1に開示されている。

20

【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】

【0004】

しかしながら、上記出願のように永久磁石の着磁量を変更しようとする、モータの構造によっては、トルクを発生させるためにq軸電流を通電しても永久磁石が増減磁する場があることが判った。図10は実測結果を示すもので、洗濯機で洗い運転を行うために永久磁石を増磁し、誘起電圧が43Vまで発生する状態にする。この状態から運転を開始して運転中に巻線電流を10A程度まで通電すると、モータが発生する誘起電圧が38Vまで低下するように減磁した。図中の±10Aの範囲では、34V~42Vの範囲で変化している。

30

【0005】

つまり、トルク出力時に10A程度の電流を通電すると、等価的に永久磁石を増減するための電流が±10A程度流れるような状態になっており、永久磁石が増磁された状態からは誘起電圧34V相当まで減磁され、永久磁石が減磁された状態からは誘起電圧42V相当まで増磁されることになる。q軸電流を通電している場合はこれが交互に起きるため、結果的には上述したように、中間の電圧38V程度の着磁状態で安定する。

40

【0006】

洗濯機の洗い運転時には高トルク出力が要求されるため、発生する誘起電圧が大きい方が望ましいが、q軸電流を通電することで永久磁石が減磁すると、q軸電流をより多く通電しなければ所望のトルク出力が得られなくなり、結果として消費電流が増加することになってしまう。

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、モータの運転中に永久磁石が意図せずに減磁した場合でも、着磁状態の復帰を図ることができるモータ制御装置、及びその装置を備えたドラム式洗濯機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

上記目的を達成するため、本発明のモータ制御装置は、着磁量が変更可能な程度に低保磁力である永久磁石をロータに配置してなる永久磁石モータを制御対象とし、前記モータに流れる電流を検出してベクトル制御するものにおいて、

前記モータの回転速度及び回転位置を検出する速度・位置検出手段と、前記永久磁石の磁化状態を電機子反作用磁界により調整することで、前記モータの回転位置に応じて前記永久磁石を増磁又は減磁させる着磁手段と、

前記モータの運転中に、前記永久磁石が、前記着磁手段によって着磁された状態から減磁したことを検出する減磁検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0008】

また、本発明のドラム式洗濯機は、前記永久磁石モータと、請求項1乃至6の何れかに記載のモータ制御装置とを備え、前記モータが発生する回転駆動力により、洗濯物を収容するドラムを回転させて洗濯運転を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明のモータ制御装置によれば、着磁手段は、減磁検出手段が、モータの運転中に低保持力永久磁石が着磁手段によって着磁された状態から減磁したことを検出すると、永久磁石を再度増磁することで、永久磁石の磁力を復帰させることができる。

【0010】

また、本発明のドラム式洗濯機によれば、洗濯運転中などにモータの永久磁石が減磁した場合でも、本発明のモータ制御装置の作用により永久磁石の磁力を復帰させて洗濯運転等を継続することができ、効率の低下を防止できる。

【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を参照して説明する。図2(a)は、永久磁石モータ1(アウトロータ型ブラシレスモータ)のロータの構成を示す平面図、図2(b)は一部の斜視図である。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、アウトロータ型として構成したものである。

永久磁石モータ1は、ステータ2と、これの外周に設けたロータ3とから構成されている。ステータ2は、ステータコア4とステータ巻線5とから構成されている。ステータコア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て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。ステータコア4の表面は、ロータ3の内周面との間に空隙を形成する外周面(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。

【0012】

また、このPET樹脂から成る複数の取付部6が、ステータ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、ステータ2が、この場合、ドラム式洗濯乾燥機21の水槽25(図3参照)の背面に固着されるようになっている。ステータ巻線5は三相からなり、各ティース部4bに巻装されている。

【0013】

ロータ3は、フレーム7とロータコア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ある。ロータコア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てかしめることにより構成したもので、フレーム7の内周部に配置されている。このロータコア8の内周面(ステータ2の外周面(ステータコア4の外周面)と対向し当該ステータ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。

10

20

30

40

50

【0014】

これら複数の凸部8aの内部には、ロータコア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がロータコア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、ロータコア8の周方向に沿って1つずつ交互に配置されている。

【0015】

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、ロータコア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。

尚、ネオジム磁石9aが高保磁力であり、アルニコ磁石9bが低保磁力であるというのは、後述するようにステータ2を介して着磁電流を通電した場合に、アルニコ磁石9bの着磁量を変化させることができる程度の電流ではネオジム磁石9aの着磁量に変化しないという基準において、前者を高保磁力、後者を低保磁力と称している。

【0016】

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の外周部からステータ2とロータ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、ロータコア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。

そして、永久磁石モータ1は、48極/36スロット構成となっており、3スロット当たりでは4極が対応する(4極/3スロット)。

【0017】

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3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、背面が開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(ステータ2)がねじ止めにより固着されている。

【0018】

永久磁石モータ1の回転軸26は、後端部(図3では右側の端部)が永久磁石モータ1(ロータ3)の軸取付部10に固定されており、前端部(図3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、背面が開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の駆動によりロータ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パッフル29が設けられている。

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

10

20

30

40

50

になっている。

【0019】

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。

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4参照)、通風ダクト33内を流れる空気は、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。絞り弁40は膨張弁から成り、開度調整機能を有している。

10

【0020】

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。

20

【0021】

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のロータ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軸はロータ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)。

30

【0022】

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ウンドとの間に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。

【0023】

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変換されるとuvw/dq座標変換器53により2相電流 I_d , I_q に変換された後、更にd軸電流 I_d , q軸電流 I_q に変換される。 θ は、モータ1のステータに固定された2軸座標系の座標軸である。ここでの座標変換の計算には、速度・位置推定部(速度・位置検出手段, 速度・位置推定手段)54により推定されるロータの回転位置推定値(θ 軸とd軸との位相差の推定値)が用いられる。また、速度・位置推定部54により推定されるモータ1の回転速度(角速度)が出力される。

40

【0024】

速度・位置推定部54は、上述のようにモータ1の角速度 ω , ロータの回転位置 θ をそれぞれ推定するもので、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と共に

50

、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。

速度・位置推定部54は、(1)式のd軸モータ電圧方程式を用いて、モータ1の回転速度を推定する。

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

更に、角速度を積分器55で積分し、その積分結果が回転位置推定値として出力される。

【0025】

誘起電圧検出部(誘起電圧検出手段)56は、(2)式のq軸モータ電圧方程式を用いて、モータの誘起電圧 E_q を推定演算する。

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

すなわち、uvw/dq座標変換器53から算出されるdq軸の電流 I_d 、 I_q と、後述する電流制御器61の出力であるq軸出力電圧指令 V_q と、速度・位置推定部54で演算した推定回転速度とモータ1によって決定される巻線抵抗 R 、d軸インダクタンス L_d を用いて E_q を演算する。

【0026】

誘起電圧指令決定部(誘起電圧指令決定手段)57は、洗濯機の洗い運転および脱水運転に対して、最適な誘起電圧指令 E_{q_ref} を出力する。 E_{q_ref} は、例えば図10のような増減磁特性を持つモータ1の場合、洗い運転時は誘起電圧を最大にすると効率が良いするため $E_{q_ref} = 4.3V$ とし、脱水運転時は、誘起電圧を最小にすると効率が良いようになるため $E_{q_ref} = 3.3V$ とするように決定する。

減磁検出部(減磁検出手段)58は、誘起電圧指令決定部57で決定された E_{q_ref} と、誘起電圧演算部56で検出した現在の誘起電圧 E_q とを比較し、 $E_{q_ref} > E_q$ であれば、減磁していると判断する。

【0027】

着磁制御部(着磁手段)59は、モータの運転状態に応じて増減磁を行うために、(1)洗濯機の運転動作に応じて増減磁をする場合、(2)減磁検出部58で減磁を検出した場合、(3)モータ電流(q軸電流 I_q)の大きさによって減磁をしたと判断した場合、以上の3つの場合に応じて着磁電流指令 I_{d_com2} を出力する。 I_{d_com2} は増磁の場合は正、減磁の場合は負の値をとる。また、ロータが回転している場合の通電指令位置に基づいて、電気角360毎に2回、それぞれ数ms~数10msの期間通電指令を出力する。

【0028】

着磁制御部59は、上記位相及び回転速度に基づいて決定した、アルニコ磁石9bを着磁するための着磁電流指令 I_{d_com2} を加算器60に出力し、加算器60は、その着磁電流指令 I_{d_com2} に弱め界磁電流指令 I_{d_com1} を加算した結果を、d軸電流指令値 I_{d_ref} として電流制御部61に出力する。また、外部より与えられる回転数指令値 ω_{ref} は、減算器62において回転速度との差が求められると、その差が比例積分(PI)器63で比例積分演算され、q軸電流指令値 I_{q_ref} として電流制御部61に出力される。

【0029】

電流制御部61では、減算器64d、64qにおいてd軸電流指令値 I_{d_ref} 、q軸電流指令値 I_{q_ref} とd軸電流 I_d 、q軸電流 I_q との差がそれぞれ求められ、その差が比例積分器65d、65qで比例積分演算される。そして、比例積分演算の結果は、d-q座標系で表わされた出力電圧指令値 V_d 、 V_q として、dq/uvw座標変換器66に出力される。dq/uvw座標変換器66では、電圧指令値 V_d 、 V_q は、d-q座標系で表わした値に変換された後、更に各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w に変換される。尚、dq/uvw座標変換器66における座標変換の計算にも、後述する磁極位置 θ_m が用いられる。

【0030】

各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w は電力変換部67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

10

20

30

40

50

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。電力変換部 67 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 の巻線 5 に印加される。

【0031】

上記の構成において、電流制御器 61 では比例積分 (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_{d_ref} , q 軸電流指令値 I_{q_ref} 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 62 にフィードバックされ、比例積分器 63 は、比例積分演算により偏差を

10

ゼロに収束させる。その結果、回転速度は指令値 ω_{ref} に一致するようになる。
なお、以上の構成において、モータ制御装置 50 に永久磁石モータ 1 を加えたものが、モータ制御システム 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、モータ制御装置 50 を構成するマイクロコンピュータのソフトウェアにより実現されている機能である。

【0032】

次に、永久磁石モータ 1 を備えたドラム式洗濯乾燥機 (以下、単に洗濯機と称す) 21 の作用について説明する。モータ制御装置 50 がインバータ回路 52 を介してステータ巻線 5 に通電すると、電機子反作用による外部磁界 (ステータ巻線 5 を流れる電流により発生する磁界) が、ロータ 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、ステータ巻線 5 に鎖交する磁束量 (鎖交磁束量) を増減できる。そこで、本実施例では、モータ制御装置 50 は、ステータ巻線 5 の通電を制御することにより、アルニコ磁石 9b の磁化状態を運転工程 (洗濯工程、脱水工程、乾燥工程) ごとに切り換えて実行する。ここで、各運転工程における動作内容について順に説明する。

20

【0033】

まず、洗濯工程では、洗濯機 21 の制御回路部は、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。この洗濯工程では、水を含んだ洗濯物をパッフル 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、回転速度は低速で良い。そこで、モータ制御装置 50 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 によるステータ巻線 5 の通電を制御する。これにより、ステータ巻線 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。

30

【0034】

次に、脱水工程では、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。この脱水工程では、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良い。そこで、モータ制御装置 50 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 によるステータ巻線 5 の通電を制御する。これにより、ステータ巻線 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。

40

【0035】

最後に、乾燥工程では、制御回路部は、送風ファン 36 およびヒートポンプ 41 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。この乾燥工程において、モータ制御装置 50 は、次回の洗濯工程に備えて、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 によるステータ巻線 5 の通電を制御する。これにより、ステータ巻線 5 に作用する磁束量を増加させた状態にでき、次回の洗濯工程において、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。

【0036】

50

上記のように洗い運転では、水を含んだ衣類を回転させるために大きなトルクが必要となる。図5は、洗濯運転時において、ドラム27に収容された衣類の位置が変化する状態を模式的に示している。ドラム27を回転させる場合、内部の衣類が図5(a)に示す最低の位置にある状態からスタートし、パッフル29により持ち上げられて図5(b)に示す状態になった場合に最も大きなトルクが必要となる。また、ドラム27の回転数が定常回転数(仮に50rpmとする)に達すると、その回転数のまま一定時間運転を継続するが、定常回転数では継続して衣類が回り続けるため、負荷トルクは起動時に比べると小さい。つまり、洗い運転において最も大きなトルクが発生するのは、モータ1が停止している状態から動き始めて図5(b)の状態になったときである。

【0037】

図6に、(a)洗い運転時の回転数及びトルク、(b)トルク電流 I_q 、(c)モータ1の磁束量：誘起電圧定数(単位回転数あたりの誘起電圧値)の関係を示す。図6(a)に破線で示すように、正転方向の起動時と反転方向の起動時に大きなトルクが発生するため、それに対応してトルク電流 I_q の通電量が増える。ここで、起動時にトルク電流 I_q が10A程度流れたとすると、図10の増減磁特性に従いアルニコ磁石9bが減磁するため、モータ1の誘起電圧が低下する(図6(c)参照)。

【0038】

次に、図6のように洗い運転時に減磁が発生した場合の対応について説明する。減磁検出部58は、モータ1が減磁したか否かを以下の2つの方法により判定する。1つは(1)誘起電圧演算部56で検出した現在の誘起電圧 E_q が、洗い運転前に指令された誘起電圧指令値 E_{q_ref} よりも所定の割合、若しくは所定値だけ低下した場合、もう1つは(2)電流検出器51で検出されd-q変換されたトルク電流 I_q が、一定値(例えば6A)よりも大きくなった場合である。この場合、図10のようなモータ毎の増減磁特性のように、流れた電流に応じて減磁した誘起電圧をテーブル化する等して保持し、そのテーブルを参照することで判定する。

【0039】

そして、減磁検出部58は、減磁状態を検出すると、更に以下の5つの条件の内、何れか1つ以上が満たされた場合に、着磁制御部59に着磁指令を出力する。

条件(1)：検出したトルク電流 I_q が一定値(例えば6A)を上回った後、その一定値を下回った場合

すなわち、一定値を上回った時点で減磁を判定し、起動時に高トルクを出力する期間を過ぎてトルク電流 I_q が低下するのを待つ。高トルクを出力する前に再増磁をしても、その後直ぐまた減磁する可能性があるため、この条件(1)により、起動負荷に対応したトルクを出力する以前に再増磁することを回避する。

【0040】

条件(2)：洗い又は濯ぎ運転中のモータ1の回転数が一定速度の場合

すなわち、定常回転数である50rpmに達してから再増磁を行うことで、条件(1)と同様に起動負荷に対応したトルクを出力する以前に再増磁することを回避する。

条件(3)：トルク電流 I_q の振幅値の変動割合もしくは変動幅が一定値以下の場合

すなわち、定常回転数に達した後トルク電流 I_q の値が大きな変動をしていない場合に再増磁を行う。この条件は、 I_q が大きく変動している場合は(例：3A~10A)起動負荷への対応期間を過ぎてから再増磁しても、減磁する可能性があるためである。

【0041】

条件(4)：トルク電流 I_q の振幅値の一定期間の平均値が、一定値以下の場合

例えば、 I_q 平均値が6Aで継続中のときは、非常に重い負荷がかかっている状態が継続しているため、最増磁してもすぐに減磁してしまうため可能性があるためである。

条件(5)：洗い又は濯ぎ運転中のドラム回転時間が所定時間(例えば10秒)以上の場合

すなわち、ドラム27の正反転回転時間が短すぎる場合、起動負荷への対応期間を過ぎて再増磁をしても、その後すぐに停止してしまうような場合に再増磁を行わないためであ

10

20

30

40

50

る。

【0042】

これらの条件が成立した場合に再増磁を行う理由は2つであり、その1つは、洗い運転中に再増磁による通電を頻繁に行うとその度に騒音が発生し、洗濯機としての製品性を損なうからである。もう1つは、着磁時にはインバータ回路52のスイッチング素子に大きな電流が流れるため、スイッチング素子の耐久性を低下させず、寿命を維持するためである。本実施例では、モータ1を駆動するために流れる電流値は最大8A程度、アルニコ磁石9bを着磁するために流れる電流は20A程度を想定している。

これらの条件に基づき、再増磁を行った場合の減磁のリカバリシーケンス、および効果を図7に示す。減磁検出部58が、起動時に出力したトルク電流 I_q によりアルニコ磁石9bが減磁したことを検出すると、着磁制御部59が各種条件に基づき図7(b)に示すタイミングで再増磁して復帰させ(c)、その後の運転中の消費電力を低減させている。

【0043】

また、図8は、永久磁石9の再着磁をどのようなケースで許可するかを示す一例であり、(a)は洗濯物量が4kgの場合、(b)は洗濯物量が9kgの場合を示す。ここでは、上述した5つの条件の内、条件(5)に基づいて判定している。すなわち、図8(a)に示す4kgの場合は、(b)の9kgの場合に比較してドラム27の正転、反転動作時間が短くなっており、「洗い(前半)」が20秒である以外は、「給水・攪拌」の5.2秒が最高である。そして、「洗い(前半)」の場合だけ再着磁を許可し、その他の工程はドラム27の回転時間が短く、何れも不許可となっている。一方、図8(b)に示す9kgの場合は、「排水」が5秒である以外は何れも10秒以上であり、「排水」が不許可である以外は何れも許可となっている。

【0044】

以上のように本実施例によれば、着磁制御部59は、減磁検出部58が、モータ1の運転中にアルニコ磁石9bが着磁された状態から減磁したことを検出すると、アルニコ磁石9bを再度増磁することで磁力を復帰させることができる。そして、減磁検出部58は、誘起電圧指令決定部57がモータ1の運転状態に応じて決定すると誘起電圧指令 E_{q_ref} と、誘起電圧検出部56により検出された誘起電圧 E_q とを比較し、誘起電圧指令 E_{q_ref} に対して、検出された誘起電圧 E_q が所定の割合若しくは所定値だけ低下した場合に、アルニコ磁石9bの減磁を検出するので、減磁状態を確実に検出できる。

また、着磁制御部59は、減磁検出部58によりアルニコ磁石9bの減磁が検出されると、モータ1のq軸電流 I_q が一定値を上回った後、その一定値を下回った場合にアルニコ磁石9bを増磁するので、モータ1が起動時に高トルクを出力した後に、減磁が発生する可能性が低下した時点で、増磁を行うことができる。

【0045】

また、着磁制御部59は、減磁検出部58によりアルニコ磁石9bの減磁が検出されると、モータ1のq軸電流 I_q 振幅の変動割合又は変動幅が一定値以下となった場合、若しくはq軸電流 I_q 振幅の一定期間に亘る平均値が一定値以下となった場合にアルニコ磁石9bを増磁するので、q軸電流 I_q の変動が小さくなり、減磁が発生する可能性が低下した時点で、増磁を行うことができる。

【0046】

そして、ドラム式洗濯乾燥機21を、永久磁石モータ1及びモータ制御装置50よりなるモータ制御システム70を備え、永久磁石モータ1によりドラム27を回転駆動して洗濯運転を行うように構成したので、運転中等にモータ1のアルニコ磁石9bが減磁した場合でも、アルニコ磁石9bの磁力を復帰させて洗濯運転等を継続することができ、効率の低下を防止できる。この場合、減磁検出部58は、洗い又は濯ぎ運転を開始する場合に、モータ1起動時のq軸電流 I_q の最大値が所定値を超えるとアルニコ磁石9bの減磁を検出するので、洗濯運転の負荷が大きくなり、アルニコ磁石9bの減磁が発生する確率が高い期間に検出を行うことができる。

【0047】

加えて、着磁制御部 5 9 は、減磁検出部 5 8 によりアルニコ磁石 9 b の減磁が検出されると、洗い又は濯ぎ運転中において、モータ 1 の回転速度が一定となった場合、若しくはモータ 1 の一方向に対する回転時間が所定時間以上となる場合に、アルニコ磁石 9 b を増磁するので、負荷変動が小さくなりモータ 1 の回転が安定し、再度の減磁が発生する可能性が低い期間に増磁を行うことができる。

【0048】

(第2実施例)

図 9 は本発明の第 2 実施例であり、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 実施例におけるモータ制御装置 7 1 は、モータ 1 に例えばホール IC を備えてなる位置センサ (位置検出手段) 7 2 (u, v, w) を配置しており、第 1 実施例の構成における速度・位置推定部 5 4 を、速度位置検出部 (速度位置検出手段) 7 3 に置き換えたものである。そして、モータ 1 とモータ制御装置 7 1 とが、モータ制御システム 7 4 を構成している。

速度位置検出部 7 3 は、位置センサ 7 2 より与えられる位置信号 H_u , H_v , H_w に基づいて、モータ 1 の回転数及び回転位置を検出する。その他の作用効果については、第 1 実施例と全く同様である。

【0049】

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、以下のような変形又は拡張が可能である。

高保持力永久磁石、低保持力永久磁石は、それぞれネオジウム磁石 9 a, アルニコ磁石 9 b に限ることなく、適切な保持力が得られる材質の磁石を適宜選択すれば良い。また、低保持力永久磁石を増減磁させることで所望の出力特性を満たすことができる場合、高保持力永久磁石は必ずしも必要ではない。

特許文献 1 に開示されている構造の永久磁石モータに適用しても良い。

洗濯乾燥機 2 1, 又は乾燥機能がない洗濯機に限ることなく、ロータに低保持力永久磁石を備えてなる永久磁石モータを使用し、且つ負荷の変動状態に応じてモータの出力特性を変化させるのが望ましい機器であれば適用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図 1】本発明の第 1 実施例であり、モータ制御装置の電気的構成を示す機能ブロック図

【図 2】(a) は、永久磁石モータのロータの構成を示す平面図、(b) は同一部を示す斜視図

【図 3】ドラム式洗濯乾燥機の内部構成を概略的に示す縦断側面図

【図 4】ヒートポンプの構成を示す図

【図 5】洗濯運転時に、ドラムに収容された衣類の位置が変化する状態を模式的に示す図

【図 6】(a) 洗い運転時の回転数及びトルク、(b) トルク電流 I_q , (c) モータの磁束量を示す図

【図 7】永久磁石を再増磁した場合のリカバリシーケンスを示す図

【図 8】永久磁石の再着磁をどのようなケースで許可するか一例を示す図

【図 9】本発明の第 2 実施例を示す図 1 相当図

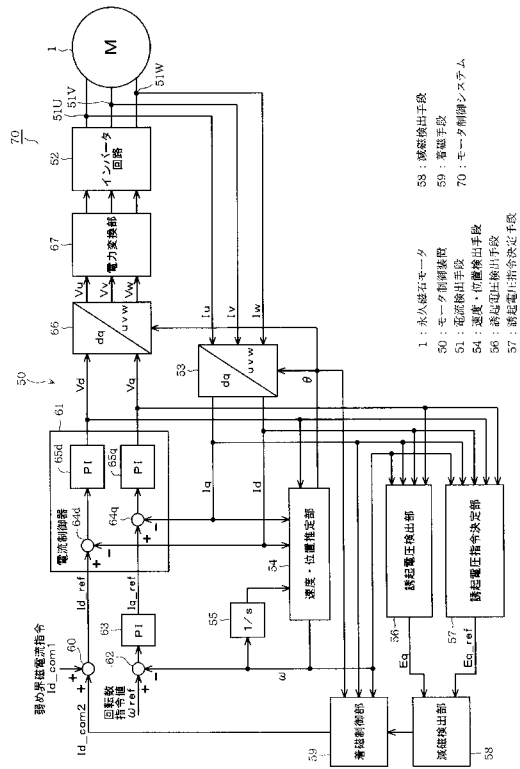
【図 10】従来技術の課題を説明する図

【符号の説明】

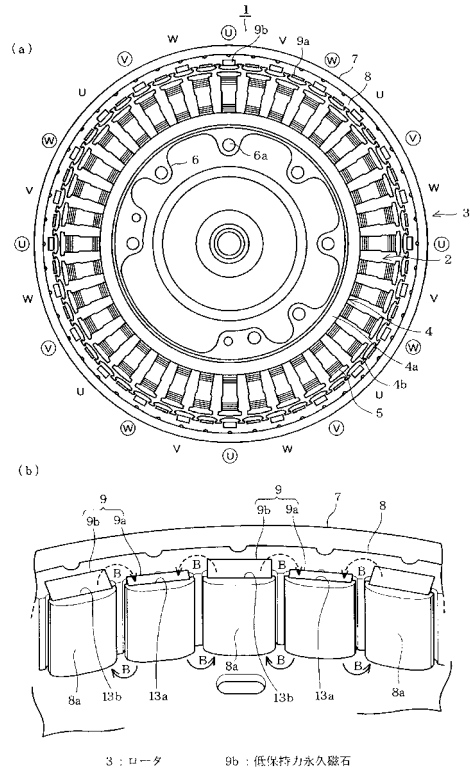
【0051】

図面中、1 は永久磁石モータ、3 はロータ、9 a はネオジウム磁石 (高保磁力永久磁石)、9 b はアルニコ磁石 (低保磁力永久磁石)、2 1 はドラム式洗濯乾燥機、2 7 はドラム、5 0 はモータ制御装置、5 1 は電流センサ (電流検出手段)、5 4 は速度・位置推定部 (速度・位置検出手段)、5 6 は誘起電圧検出部 (誘起電圧検出手段)、5 7 は誘起電圧指令決定部 (誘起電圧指令決定手段)、5 8 は減磁検出部 (減磁検出手段)、5 9 は着磁制御部 (着磁手段)、7 0 はモータ制御システム、7 1 はモータ制御装置、7 3 は速度位置検出部 (速度位置検出手段)、7 4 はモータ制御システムを示す。

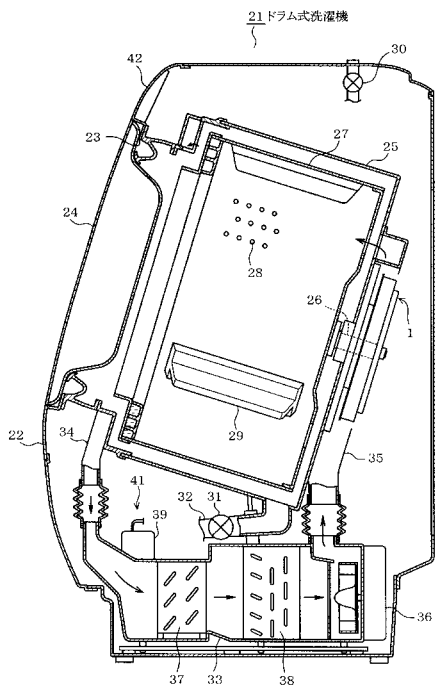
【図1】



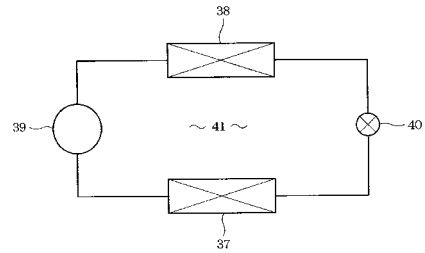
【図2】



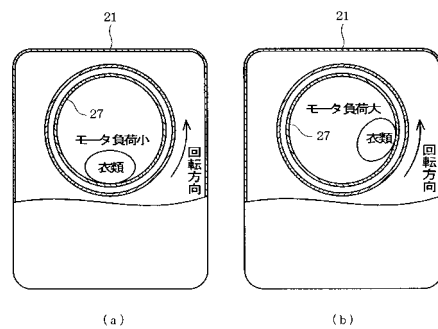
【図3】



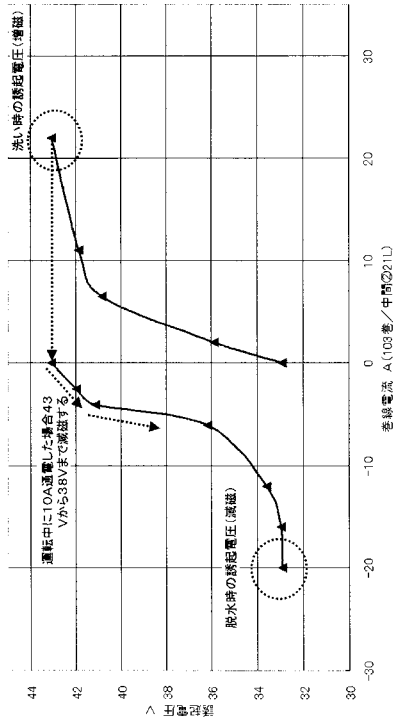
【図4】



【図5】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 細糸 強志

東京都千代田区外神田二丁目2番15号 東芝ホームアプライアンス株式会社内

Fターム(参考) 5H505 AA09 BB06 CC05 DD08 EE08 EE30 EE31 EE41 EE49 GG04
GG05 GG10 HB02 JJ01 LL14 LL15 LL16 LL22 LL24
5H560 AA10 BB04 BB12 BB17 DA13 DB13 DC13 EB01 EC01 HA00
TT05 TT15 XA02 XA03 XA13 XA17
5H622 AA03 CA01 CA10 DD03 PP09 QB08 QB10