

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4720653号
(P4720653)

(45) 発行日 平成23年7月13日(2011.7.13)

(24) 登録日 平成23年4月15日(2011.4.15)

(51) Int.Cl. F I
 HO2P 6/10 (2006.01) HO2P 6/02 371G
 HO2P 21/00 (2006.01) HO2P 5/408 ZHVC
 HO2P 27/04 (2006.01)

請求項の数 13 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-188267 (P2006-188267)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成18年7月7日(2006.7.7)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2008-17660 (P2008-17660A)	(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
(43) 公開日	平成20年1月24日(2008.1.24)	(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
審査請求日	平成19年7月20日(2007.7.20)	(74) 代理人	100112852 弁理士 武藤 正
		(72) 発明者	服部 宏之 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	山田 堅滋 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機制御装置およびそれを備えた車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電動機に対するトルク指令に基づいて電流指令を生成する電流指令生成部と、前記電流指令に基づいて前記電動機を制御する制御部とを備え、前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制し、かつ、前記トルク指令の変化に対するd軸電流の変化を制限するように前記電動機のトルク毎に予め決定された電流位相を有する電流指令を前記トルク指令に基づいて生成する、電動機制御装置。

【請求項2】

前記電流指令生成部は、前記トルク指令の増加に対して前記d軸電流が単調減少となるように前記電流指令を生成する、請求項1に記載の電動機制御装置。

【請求項3】

前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制するように前記電動機のトルク毎に決定される第1のd軸電流指令と、同一電流に対して前記電動機のトルクを最大にするように前記電動機のトルク毎に決定される第2のd軸電流指令とを折衷して得られるd軸電流指令に基づいて前記電流指令を生成する、請求項2に記載の電動機制御装置。

【請求項4】

電動機に対するトルク指令に基づいて電流指令を生成する電流指令生成部と、前記電流指令に基づいて前記電動機を制御する制御部とを備え、前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制し、かつ、前記トルク指令の変化に対するq軸電流の変化を制限するように前記電動機のトルク毎に予め決定された電流位相を

有する電流指令を前記トルク指令に基づいて生成する、電動機制御装置。

【請求項 5】

前記電流指令生成部は、前記トルク指令の増加に対して前記 q 軸電流が単調増加となるように前記電流指令を生成する、請求項 4 に記載の電動機制御装置。

【請求項 6】

前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制するように前記電動機のトルク毎に決定される第 1 の q 軸電流指令と、同一電流に対して前記電動機のトルクを最大にするように前記電動機のトルク毎に決定される第 2 の q 軸電流指令とを折衷して得られる q 軸電流指令に基づいて前記電流指令を生成する、請求項 5 に記載の電動機制御装置。

【請求項 7】

電動機に対するトルク指令に基づいて電流指令を生成する電流指令生成部と、前記電流指令に基づいて前記電動機を制御する制御部とを備え、前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制し、かつ、前記トルク指令の変化に対する前記電動機の制御電圧の変化を制限するように前記電動機のトルク毎に予め決定された電流位相を有する電流指令を前記トルク指令に基づいて生成する、電動機制御装置。

【請求項 8】

前記電流指令生成部は、前記トルク指令の増加に対して前記制御電圧が単調増加となるように前記電流指令を生成する、請求項 7 に記載の電動機制御装置。

【請求項 9】

前記電流指令生成部は、前記電動機の振動を抑制するように前記電動機のトルク毎に決定される前記電動機の第 1 の制御電圧と、同一電流に対して前記電動機のトルクを最大にするように前記電動機のトルク毎に決定される前記電動機の第 2 の制御電圧とを折衷して得られる制御電圧に基づいて前記電流指令を生成する、請求項 8 に記載の電動機制御装置。

【請求項 10】

前記電流指令生成部は、所定の条件を満たすように決定される最適電流位相を有する電流指令に基づいて前記電動機を制御する場合よりも前記電動機の振動を低減するように前記電流指令を生成する、請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項 11】

前記電流指令生成部は、前記電動機のトルク毎に電流位相が予め決定された電流マップを用いて、前記トルク指令に基づいて前記電流指令を生成する、請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項 12】

前記電動機は、永久磁石型 3 相交流同期電動機を含み、前記電流指令生成部は、前記電動機の電流周波数の第 6 次成分に対応する振動成分を抑制するように前記電流指令を生成する、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の電動機制御装置。

【請求項 13】

電動機と、前記電動機を制御する請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の電動機制御装置とを備える車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電動機制御装置およびそれを備えた車両に関し、特に、電動機の振動・騒音を低減する制御技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、電動機の手速度およびトルクを所望の値に制御する電流ベクトル制御が知られている。電流ベクトル制御には種々の制御方法が提案されており、たとえば、 $i_d = 0$ 制

10

20

30

40

50

御や最大トルク制御、弱め界磁制御などが知られている。

【0003】

$i_d = 0$ 制御は、d 軸電流を 0 に保つ制御法であり、トルクの線形制御を容易に実現することができる。最大トルク制御は、同一電流に対して発生トルクを最大にする制御法であり、効率的にトルクを発生させることができる。弱め界磁制御は、負の d 軸電流を流すことにより d 軸方向の磁束を減少させる制御法であり、速度制御範囲を拡大することができる。

【0004】

特開平 10 - 328952 号公報（特許文献 1）は、そのような電流ベクトル制御を用いた永久磁石同期モータの制御装置を開示する。このモータ制御装置は、速度制御部とトルク制御部とを備え、等価弱め界磁制御によりモータの速度制御範囲を拡大するとともに、速度制御精度およびトルク制御精度を独立して維持しつつ速度制御およびトルク制御を実行する（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 10 - 328952 号公報

【特許文献 2】特許第 3672457 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 7900 号公報

【特許文献 4】特開平 10 - 243699 号公報

【特許文献 5】特開平 8 - 275599 号公報

【特許文献 6】特許第 3686987 号公報

【特許文献 7】特開 2005 - 20800 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電動機に対する要求特性としては、速度制御性やトルク制御性のほか、静粛性（低振動性、低騒音性）も重要である。特に、電動機が車両に搭載される場合には、車内快適性を阻害しないように電動機の静粛性が強く要求される。しかしながら、車両においては、電動機の搭載スペースの制約や軽量化などの観点から、ハード的な振動対策や騒音対策を十分に取ることができない場合も多い。

【0006】

そこで、静粛性に配慮した電動機制御が望まれている。しかしながら、上記の特開平 10 - 328952 号公報では、電動機の静粛性については特に考慮されておらず、当該公報に開示される制御手法では、電動機の静粛性を改善することはできない。

【0007】

また、電動機の静粛性を向上可能な電動機制御を行なう場合、電動機の制御安定性が阻害されてはならず、制御安定性を確保するための方策が併せて必要である。

【0008】

そこで、この発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、その目的は、電動機の静粛性を向上可能な電動機制御装置およびそれを備えた車両を提供することである。

【0009】

また、この発明の別の目的は、電動機の静粛性を向上しつつ制御安定性にも配慮した電動機制御装置およびそれを備えた車両を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明によれば、電動機制御装置は、電動機に対するトルク指令に基づいて電流指令を生成する電流指令生成部と、電流指令に基づいて電動機を制御する制御部とを備える。電流指令生成部は、電動機の振動を抑制するように電動機のトルク毎に予め決定された電流位相を有する電流指令をトルク指令に基づいて生成する。

【0011】

好ましくは、電流指令生成部は、所定の条件を満たすように決定される最適電流位相を

10

20

30

40

50

有する電流指令に基づいて電動機を制御する場合よりも電動機の振動を低減するように電流指令を生成する。なお、「所定の条件」とは、たとえば、同一電流に対して発生トルクを最大にする条件（最大トルク制御）である。

【0012】

好ましくは、電流指令生成部は、電動機のトルク毎に電流位相が予め決定された電流マップを用いて、トルク指令に基づいて電流指令を生成する。

【0013】

好ましくは、電動機は、永久磁石型3相交流同期電動機を含む。電流指令生成部は、電動機の電流周波数の第6次成分に対応する振動成分を抑制するように電流指令を生成する。

10

【0014】

好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の変化に対するd軸電流の変化を制限するように電流指令を生成する。

【0015】

さらに好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の増加に対してd軸電流が単調減少となるように電流指令を生成する。

【0016】

また、好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の変化に対するq軸電流の変化を制限するように電流指令を生成する。

【0017】

さらに好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の増加に対してq軸電流が単調増加となるように電流指令を生成する。

20

【0018】

また、好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の変化に対する電動機の制御電圧の変化を制限するように電流指令を生成する。

【0019】

さらに好ましくは、電流指令生成部は、トルク指令の増加に対して制御電圧が単調増加となるように電流指令を生成する。

【0020】

また、この発明によれば、電動機制御装置は、電動機に対する電流指令を生成する電流指令生成部と、電流指令に基づいて電動機を制御する制御部と、電動機の回転子（ロータ）と固定子（ステータ）との間に作用する磁気強制力（磁気吸引力または磁気反発力）のラジアル方向成分の変動を抑制するように電流指令を補正する補正部とを備える。

30

【0021】

好ましくは、補正部は、電動機の回転角毎に電流補正量が予め決定された補正マップを用いて、電動機の回転角に応じて電流指令を補正する。

【0022】

また、好ましくは、電動機制御装置は、電動機の回転子と固定子との間に作用する磁気強制力のラジアル方向成分の変動を検出可能なセンサをさらに備える。補正部は、そのセンサからの検出値に基づいて電流指令を補正する。

40

【0023】

好ましくは、補正部は、電動機の回転周波数の特定次数成分についてのみ電流指令を補正する。

【0024】

さらに好ましくは、電動機は、永久磁石型3相交流同期電動機を含む。特定次数成分は、第6次成分である。

【0025】

また、この発明によれば、車両は、電動機と、電動機を制御する上述したいずれかの電動機制御装置とを備える。

【発明の効果】

50

【 0 0 2 6 】

この発明によれば、電流指令生成部は、電動機の振動を抑制するように電動機のトルク毎に予め決定された電流位相を有する電流指令をトルク指令に基づいて生成し、制御部は、その電流指令に基づいて電動機を制御するので、ハード的な振動対策や騒音対策による電動機の体格増加および重量増加を伴なうことなく、電動機の静粛性を向上させることができる。

【 0 0 2 7 】

また、この発明においては、電流指令生成部は、トルク指令の変化に対するd軸電流またはq軸電流の変化を制限するように電流指令を生成するので、トルク指令の変化に対して電流指令が急変することはない。したがって、この発明によれば、電動機の制御安定性を確保することができる。

10

【 0 0 2 8 】

また、この発明においては、電流指令生成部は、トルク指令の変化に対する電動機の制御電圧の変化を制限するように電流指令を生成するので、トルク指令の変化に対して電動機の制御電圧が急変することはない。したがって、この発明によれば、制御電圧によって電動機の制御モード(PWM(Pulse Width Modulation)制御モードや過変調制御モード、矩形波制御モードなど)が切替わる場合、制御モードの切替が頻繁に起こることにより電動機の制御が不安定になるのを回避することができる。

【 0 0 2 9 】

また、電動機の回転子と固定子との間に作用する磁気強制力のうちラジアル方向成分の変動が電動機の振動および騒音に大きく影響し得るところ、この発明によれば、補正部は、磁気強制力のラジアル方向成分の変動を抑制するように電流指令を補正するので、電動機の静粛性を効果的に向上させることができる。また、ハード的な振動対策や騒音対策による電動機の体格増加および重量増加を伴なうこともない。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【 0 0 3 1 】

[実施の形態 1]

30

図1は、この発明による電動機制御装置を備えたモータ駆動装置の回路図である。図1を参照して、モータ駆動装置100は、直流電源Bと、昇圧コンバータ10と、インバータ20と、制御装置30と、コンデンサC1, C2と、正極ラインPL1, PL2と、負極ラインNLと、電圧センサ42, 44と、電流センサ46と、回転角センサ48とを備える。

【 0 0 3 2 】

このモータ駆動装置100は、電気自動車やハイブリッド自動車、燃料電池車などの車両に搭載される。そして、交流モータM1は、駆動輪(図示せず)に機械的に連結され、車両を駆動するためのトルクを発生する。あるいは、交流モータM1は、エンジン(図示せず)に機械的に連結され、エンジンの動力を用いて発電する発電機として動作し、かつ、エンジンの始動を行なう電動機としてハイブリッド自動車に組込まれてもよい。

40

【 0 0 3 3 】

昇圧コンバータ10は、リアクトルLと、npn型トランジスタQ1, Q2と、ダイオードD1, D2とを含む。npn型トランジスタQ1, Q2は、正極ラインPL2と負極ラインNLとの間に直列に接続される。リアクトルLの一端は、正極ラインPL1に接続され、その他端は、npn型トランジスタQ1, Q2の接続ノードに接続される。ダイオードD1, D2は、それぞれnpn型トランジスタQ1, Q2に逆並列に接続される。

【 0 0 3 4 】

インバータ20は、U相アーム22と、V相アーム24と、W相アーム26とを含む。U相アーム22、V相アーム24およびW相アーム26は、正極ラインPL2と負極ライ

50

ンNLとの間に並列に接続される。U相アーム22は、直列接続されたnpn型トランジスタQ3、Q4およびnpn型トランジスタQ3、Q4に逆並列に接続されるダイオードD3、D4を含む。V相アーム24は、直列接続されたnpn型トランジスタQ5、Q6およびnpn型トランジスタQ5、Q6に逆並列に接続されるダイオードD5、D6を含む。W相アーム26は、直列接続されたnpn型トランジスタQ7、Q8およびnpn型トランジスタQ7、Q8に逆並列に接続されるダイオードD7、D8を含む。

【0035】

そして、U相アーム22の中間点は、交流モータM1のU相コイルに接続され、同様に、V相アーム24の中間点およびW相アーム26の中間点は、それぞれ交流モータM1のV相コイルおよびW相コイルに接続される。なお、交流モータM1の各相コイルの他端は、互いに接続されて中性点を構成する。

10

【0036】

なお、上記のnpn型トランジスタQ1~Q8として、たとえばIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を用いることができる。また、npn型トランジスタに代えてパワーMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)等の電力スイッチング素子を用いてもよい。

【0037】

直流電源Bは、ニッケル水素やリチウムイオン等の二次電池から成る。直流電源Bは、正極ラインPL1および負極ラインNLを介して昇圧コンバータ10へ電力を供給し、また、電力回生時には、昇圧コンバータ10によって充電される。なお、直流電源Bとして、大容量のキャパシタを用いてもよい。

20

【0038】

コンデンサC1は、正極ラインPL1と負極ラインNLとの間に接続され、正極ラインPL1と負極ラインNLとの間の電圧変動を平滑化する。電圧センサ42は、コンデンサC1の両端の電圧VLを検出し、その検出した電圧VLを制御装置30へ出力する。

【0039】

昇圧コンバータ10は、制御装置30からの信号PWCに基づいて、直流電源Bから供給される電圧をリアクトルLを用いて昇圧する。より具体的には、昇圧コンバータ10は、npn型トランジスタQ2のオン時に流れる電流をリアクトルLに磁場エネルギーとして蓄積し、その蓄積されたエネルギーをnpn型トランジスタQ2のオフタイミングに同期してダイオードD1を介して正極ラインPL2へ出力することにより、直流電源Bからの電圧を昇圧する。

30

【0040】

コンデンサC2は、正極ラインPL2と負極ラインNLとの間に接続され、正極ラインPL2と負極ラインNLとの間の電圧変動を平滑化する。電圧センサ44は、コンデンサC2の両端の電圧VHを検出し、その検出した電圧VHを制御装置30へ出力する。

【0041】

インバータ20は、昇圧コンバータ10から供給される直流電圧を制御装置30からの信号PWIに基づいて3相交流電圧に変換し、その変換した3相交流電圧を交流モータM1へ出力する。また、インバータ20は、車両の回生制動時、交流モータM1が発電した3相交流電圧を信号PWIに基づいて直流電圧に変換し、その変換した直流電圧を正極ラインPL2へ出力する。

40

【0042】

電流センサ46は、交流モータM1に流れるモータ電流Iを検出し、その検出したモータ電流Iを制御装置30へ出力する。回転角センサ48は、交流モータM1のロータの回転角を検出し、その検出した回転角を制御装置30へ出力する。

【0043】

制御装置30は、図示されない外部ECU(Electronic Control Unit)から受けるトルク指令TR、電圧センサ42、44からの電圧VL、VH、電流センサ46からのモータ電流I、および回転角センサ48からの回転角に基づいて、昇圧コンバータ10を駆

50

動するための信号PWCおよびインバータ20を駆動するための信号PWIを生成し、その生成した信号PWCおよび信号PWIをそれぞれ昇圧コンバータ10およびインバータ20へ出力する。なお、トルク指令TRは、外部ECUにおいて、アクセルペダルおよびブレーキペダルの踏込量や車両の走行状態などに基づいて算出される。

【0044】

図2は、図1に示した制御装置30の機能ブロック図である。図2を参照して、制御装置30は、コンバータ制御部32と、インバータ制御部34とを含む。コンバータ制御部32は、電圧VL, VHに基づいて、昇圧コンバータ10のnpn型トランジスタQ1, Q2をオン/オフするための信号PWCを生成し、その生成した信号PWCを昇圧コンバータ10へ出力する。

10

【0045】

インバータ制御部34は、交流モータM1のトルク指令TR、モータ電流Iおよび回転角、ならびに電圧VHに基づいて、インバータ20のnpn型トランジスタQ3~Q8をオン/オフするための信号PWIを生成し、その生成した信号PWIをインバータ20へ出力する。

【0046】

図3は、図2に示したインバータ制御部34の詳細な機能ブロック図である。図3を参照して、インバータ制御部34は、電流指令生成部102と、座標変換部104, 110と、PI制御部106, 108と、制御モード設定部112と、駆動信号生成部114とから成る。

20

【0047】

電流指令生成部102は、交流モータM1から発生するノイズ(振動および騒音)を低減可能な電流指令(以下、「低ノイズ電流指令」とも称し、この低ノイズ電流指令に基づく電流制御を「低ノイズ制御」とも称する。)が交流モータM1のトルク毎に予め決定されたマップを用いて、交流モータM1のトルク指令TRに基づいてd軸電流指令Id*およびq軸電流指令Iq*を生成する。なお、このd軸電流指令Id*およびq軸電流指令Iq*の決定方法については、後ほど詳述する。

【0048】

座標変換部104は、回転角センサ48からの回転角を用いて、電流センサ46によって検出されたモータ電流Iをd軸電流Idおよびq軸電流Iqに変換する。PI制御部106は、電流指令生成部102からのd軸電流指令Id*と座標変換部104からのd軸電流Idとの偏差を受け、その偏差を入力として比例積分演算を行ない、その演算結果を座標変換部110へ出力する。PI制御部108は、電流指令生成部102からのq軸電流指令Iq*と座標変換部104からのq軸電流Iqとの偏差を受け、その偏差を入力として比例積分演算を行ない、その演算結果を座標変換部110へ出力する。

30

【0049】

座標変換部110は、回転角センサ48からの回転角を用いて、PI制御部106, 108からそれぞれ受けるd, q軸上の電圧指令をU相電圧指令Vu*, V相電圧指令Vv*およびW相電圧指令Vw*に変換し、その変換した電圧指令Vu*, Vv*, Vw*を駆動信号生成部114および制御モード設定部112へ出力する。

40

【0050】

制御モード設定部112は、電圧VHに対する電圧指令Vu*, Vv*, Vw*の比率を示す変調率を算出する。そして、制御モード設定部112は、変調率の算出結果に基づいて、インバータ20における交流モータM1の制御モードを設定し、その設定された制御モードを指示する信号MDを駆動信号生成部114へ出力する。

【0051】

なお、交流モータM1の制御モードには、PWM制御モード、過変調制御モード、および矩形波制御モードがある。これらの制御モードでは、インバータ20のnpn型トランジスタQ3~Q8をオン/オフする基本周波数(「キャリア周波数」と称される。)が相互に異なる。すなわち、PWM制御モードはキャリア周波数が最も高く、過変調制御モー

50

ドはキャリア周波数が次に高く、矩形波制御モードはキャリア周波数が最も低い。

【0052】

そして、制御モード設定部112は、変調率が低いとき、制御モードをPWM制御モードに設定する。また、制御モード設定部112は、変調率が高くなると、制御モードを過変調制御モードに設定する。さらに、制御モード設定部112は、変調率がさらに高くなると、制御モードを矩形波制御モードに設定する。

【0053】

駆動信号生成部114は、信号MDにより指示された制御モードに基づいて、座標変換部110からの電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* から駆動信号 D_u 、 D_v 、 D_w を生成する。詳細には、駆動信号生成部114は、電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* および電圧VHに基づいて、実際にインバータ20の各npn型トランジスタQ3～Q8をオン/オフするための駆動信号 D_u 、 D_v 、 D_w を生成し、その生成した駆動信号 D_u 、 D_v 、 D_w を信号PWIとしてインバータ20へ出力する。

10

【0054】

これにより、インバータ20の各npn型トランジスタQ3～Q8が駆動信号 D_u 、 D_v 、 D_w に応じてスイッチング制御され、交流モータM1の各相コイルに流される電流が制御される。このようにして、モータ電流Iが制御され、トルク指令TRに応じたモータトルクが発生する。

【0055】

次に、電流指令生成部102におけるd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* の決定方法について説明する。

20

【0056】

図4は、電流位相とトルクとの関係を示した図である。図4を参照して、横軸は、交流モータM1に流される電流の位相（進角）を示し、縦軸は、交流モータM1のトルクを示す。曲線k1～k3は、交流モータM1に流される電流がそれぞれ I_1 ～ I_3 のときのトルクの変化を示し、電流 I_1 ～ I_3 の大小関係は $I_1 < I_2 < I_3$ である。

【0057】

曲線k4は、最大トルク曲線を示し、交流モータM1に流される電流を変化させたときの最大トルクの軌跡を示す。たとえば、交流モータM1に流される電流が I_1 のとき、電流位相（進角）を2とすると、電流 I_1 における最大トルクTSが得られる（点P1）。このように、同一電流に対して発生トルクが最大となるように電流位相を決定する制御は、一般に「最大トルク制御」と称される。

30

【0058】

一方、トルクTSを発生させるための電流の大きさおよび位相の条件としては、電流 I_1 および電流位相2（点P1）以外にも存在する。すなわち、図に示されるように、電流が I_2 であって電流位相が1のとき（点P2）、電流が I_2 であって電流位相が3のとき（点P3）、電流が I_3 であって電流位相が4のとき（点P4）なども、同一のトルクTSを発生させることができる。

【0059】

図5は、電流位相と振動量との関係を示した図である。図5を参照して、横軸は、交流モータM1に流される電流の位相（進角）を示し、縦軸は、交流モータM1の振動量を示す。なお、この振動量は、交流モータM1の振動の大きさを示すことができる状態量であればよく、たとえば、交流モータM1が3相モータであることから、交流モータM1が発生する振動または騒音に対して支配的な電気6次成分（交流モータM1の電流周波数の第6次成分に相当する振動成分または騒音成分）をこの振動量とすることができる。

40

【0060】

曲線k5～k7は、交流モータM1に流される電流がそれぞれ I_1 ～ I_3 （ $I_1 < I_2 < I_3$ ）のときの振動量の変化を示す。交流モータM1の振動量は、ロータおよびステータ間に作用する磁気強制力（磁気吸引力または磁気反発力）に大きく依存し、図4と比較すれば分かるように、交流モータM1の振動量はトルクの変化とは対応していない。

50

【 0 0 6 1 】

ここで、図 4 に示したトルク T_S を交流モータ M_1 が発生しているときの振動量についてみると、電流が I_2 であって電流位相が 1 のとき（図 4 の点 P_2 に対応）の振動量は点 P_5 で示され、電流が I_1 であって電流位相が 2 のとき（図 4 の点 P_1 に対応）の振動量は点 P_6 で示される。また、電流が I_2 であって電流位相が 3 のとき（図 4 の点 P_3 に対応）の振動量は点 P_7 で示され、電流が I_3 であって電流位相が 4 のとき（図 4 の点 P_4 に対応）の振動量は点 P_8 で示される。

【 0 0 6 2 】

したがって、交流モータ M_1 にトルク T_S を発生させる場合、交流モータ M_1 の制御を振動量の観点からみると、電流が I_2 であって電流位相が 3 のとき（点 P_7 ）に交流モータ M_1 の振動を最も小さくすることができる。そこで、この実施の形態 1 では、交流モータ M_1 の振動量が最小となる電流および位相をトルク毎に予め実験または計算により求めておき、与えられるトルク指令 T_R に基づいて電流指令（低ノイズ電流指令）を生成することとしたものである。

10

【 0 0 6 3 】

図 6 は、低ノイズ制御時および最大トルク制御時の電流ベクトルを示した図である。図 6 を参照して、横軸は d 軸電流を示し、縦軸は q 軸電流を示す。曲線 k_{11} は、図 4 に示したトルク T_S を発生させる定トルク曲線を示す。曲線 k_{12} , k_{13} は、それぞれ図 4 に示した電流 I_1 , I_2 に対応する定電流曲線を示す。

【 0 0 6 4 】

点 P_{11} は、曲線 k_{11} と曲線 k_{12} との接点であり、原点から点 P_{11} へ向かうベクトルは、最大トルク制御時の電流ベクトルを示す。すなわち、電流が I_1 であって電流位相が 2 であり、このときの d 軸電流および q 軸電流は、それぞれ $I_d(P_6)$ および $I_q(P_6)$ である（カッコ内の「 P_6 」は、図 5 の点 P_6 に対応していることを示す。）。

20

【 0 0 6 5 】

一方、点 P_{12} は、曲線 k_{11} と曲線 k_{13} との接点であり、原点から点 P_{12} へ向かうベクトルは、交流モータ M_1 にトルク T_S を発生させるときに交流モータ M_1 の振動を最小にする低ノイズ制御時の電流ベクトルを示す。すなわち、電流が I_2 であって電流位相が 3 であり、このときの d 軸電流および q 軸電流は、それぞれ $I_d(P_7)$ および $I_q(P_7)$ である（カッコ内の「 P_7 」は、図 5 の点 P_7 に対応していることを示す。）。

30

【 0 0 6 6 】

そして、この実施の形態 1 では、実際には、交流モータ M_1 の振動量が最小となる電流ベクトル（ d 軸電流および q 軸電流）をトルク毎に予め実験または計算により求めてマップ化しておき、与えられるトルク指令 T_R に基づいて、そのマップを用いて電流指令生成部 102 により d 軸電流指令 I_d^* および q 軸電流指令 I_q^* が生成される。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、電流位相とトルクとの関係を示した図である。図 7 を参照して、曲線 $k_{14} \sim k_{16}$ は、交流モータ M_1 に流される電流がそれぞれ $I_4 \sim I_6$ のときのトルクの変化を示し、電流 $I_4 \sim I_6$ の大小関係は $I_4 < I_5 < I_6$ である。

40

【 0 0 6 8 】

曲線 k_{17} は、交流モータ M_1 の振動量を最小にする電流位相の軌跡を示す。すなわち、交流モータ M_1 のトルク指令が T_{R1} のとき、電流位相 5 で電流 I_4 を交流モータ M_1 に流すと（点 P_{21} ）、交流モータ M_1 の振動が最小となる。また、トルク指令が T_{R2} の場合は、電流位相 6 で電流 I_5 を交流モータ M_1 に流すと交流モータ M_1 の振動が最小となり（点 P_{22} ）、トルク指令が T_{R3} の場合は、電流位相 7 で電流 I_6 を交流モータ M_1 に流すと交流モータ M_1 の振動が最小となる（点 P_{23} ）。つまり、曲線 k_{17} は、低ノイズ制御時における電流位相の軌跡を示す。

【 0 0 6 9 】

50

なお、この図7では、低ノイズ制御時の電流位相は、曲線k4で示される最大トルク制御時の電流位相よりも進んでいるが、電流位相と振動量との関係によっては、低ノイズ制御時の電流位相が最大トルク制御時の電流位相よりも遅れる場合もあり得る。

【0070】

図8は、モータ回転角と振動量（電気6次成分）との関係を示した図である。図8を参照して、横軸は、交流モータM1のロータの回転角を示し、縦軸は、交流モータM1の振動量を示す。曲線k21～k23は、交流モータM1がトルクTSを発生しているときの各電流条件における交流モータM1の振動波形の電気6次成分を示す。

【0071】

すなわち、曲線k21は、トルクTSを発生させるために電流位相1で電流I2を交流モータM1に流したときの振動波形を示し（図5の点P5に対応）、曲線k22は、トルクTSを発生させるために電流位相2で電流I1を交流モータM1に流したときの振動波形を示し（図5の点P6に対応）、曲線k23は、トルクTSを発生させるために電流位相3で電流I2を交流モータM1に流したときの振動波形を示す（図5の点P7に対応）。

【0072】

図に示されるように、最大トルク制御で交流モータM1を制御した場合に対応する曲線k22よりも、この実施の形態1による低ノイズ制御で交流モータM1を制御した場合に対応する曲線k23の方が振幅が小さく、低ノイズ制御により交流モータM1の振動量を低減することができる。

【0073】

図9は、トルクと振動量との関係を示した図である。図9を参照して、曲線k24は、最大トルク制御で交流モータM1を制御したときの振動量の変化を示し、曲線k25は、この実施の形態1による低ノイズ制御で交流モータM1を制御したときの振動量の変化を示す。

【0074】

また、図10は、モータ回転速度と音圧との関係を示した図である。なお、この音圧は、交流モータM1の騒音レベルに対応する。図10を参照して、曲線k26は、最大トルク制御で交流モータM1を制御したときの音圧の変化を示し、曲線k27は、この実施の形態1による低ノイズ制御で交流モータM1を制御したときの音圧の変化を示す。

【0075】

図9、図10に示されるように、この実施の形態1による低ノイズ制御で交流モータM1を制御することにより、従来の最大トルク制御で交流モータM1を制御する場合に比べて、交流モータM1の振動量および音圧が大きく低減する。

【0076】

以上のように、この実施の形態1によれば、トルク指令TRに基づいて電流指令生成部102により低ノイズ電流指令が生成され、その低ノイズ電流指令に基づいて交流モータM1が制御されるので、ハード的な振動対策や騒音対策による電動機の体格増加および重量増加を伴うことなく、交流モータM1の静粛性を向上させることができる。

【0077】

[実施の形態2]

再び図7を参照して、低ノイズ制御時の電流位相は曲線k17で示されるところ、低ノイズ制御時は、曲線k4で示される最大トルク制御時に比べてトルク指令の変化に対する電流位相の変化が大きい。ここで、図3に示したように、交流モータM1に流される電流は、d軸電流およびq軸電流ごとに電流指令と電流実績との偏差に基づいてPI制御（フィードバック制御）されるので、電流位相が急変するとd軸電流指令Id*およびq軸電流指令Iq*が急変し、制御の安定性が損なわれる可能性もある。そこで、この実施の形態2では、交流モータM1の低ノイズ化を図りつつ制御の安定性を確保するための方策が施される。

【0078】

10

20

30

40

50

再び図3を参照して、この実施の形態2におけるインバータ制御部34は、実施の形態1におけるインバータ制御部34の構成において、電流指令生成部102に代えて電流指令生成部102Aを含む。

【0079】

電流指令生成部102Aは、低ノイズ制御用のd軸電流指令をトルク指令の増加に対して単調減少となるように修正したd軸電流指令およびそのd軸電流指令に基づいて決定されるq軸電流指令がトルク毎に予め決定されたマップを用いて、交流モータM1のトルク指令TRに基づいてd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を生成する。

【0080】

なお、実施の形態2におけるインバータ制御部34のその他の構成は、実施の形態1と同じである。また、この実施の形態2におけるモータ駆動装置の全体構成は、図1に示したモータ駆動装置100と同じである。

【0081】

図11は、トルク指令TRとd軸電流指令 I_d^* との関係を示した図である。図11を参照して、曲線k31は、実施の形態1による低ノイズ制御用のd軸電流指令 I_d^* を示し、曲線k32は、この実施の形態2によるd軸電流指令 I_d^* を示す。また、曲線k33は、最大トルク制御用のd軸電流指令 I_d^* を示す。

【0082】

曲線k31で示される低ノイズ制御用のd軸電流指令 I_d^* は、トルク指令TRの変化に対して変動が大きく、かつ、非単調である。そこで、この実施の形態2では、曲線k31をベースとしつつ、トルク指令TRの増加に対してd軸電流指令 I_d^* が単調減少となるように曲線k31を修正した曲線k32に基づいて、d軸電流指令 I_d^* が決定される。これにより、トルク指令の変化に対する電流指令の変化が抑制され、制御の安定性が確保される。

【0083】

なお、曲線k32の決定にあたっては、低ノイズ制御用のd軸電流指令を示す曲線k31と最大トルク制御用のd軸電流指令を示す曲線k33とを折衷するように決定することができる。これにより、交流モータM1の低ノイズ化を達成しつつ、効率が大きく低下するのを防止できる。また、その他の制御手法（力率1制御など）による制御時におけるd軸電流指令と低ノイズ制御用のd軸電流指令とを組合わせて曲線k32を決定してもよい。

【0084】

以上のように、この実施の形態2によれば、低ノイズ制御用のd軸電流指令をベースとしつつ、トルク指令TRの増加に対して単調減少となるように修正されたd軸電流指令 I_d^* を用いて交流モータM1が制御されるので、交流モータM1の低ノイズ化を図りつつ、制御安定性を確保することができる。

【0085】

また、低ノイズ制御用のd軸電流指令と最大トルク制御用のd軸電流指令とを折衷するようにd軸電流指令 I_d^* を生成することにより、効率が大きく低下するのを防止することができる。

【0086】

[実施の形態2の変形例1]

上記においては、低ノイズ制御用のd軸電流指令をトルク指令の増加に対して単調減少となるように修正したが、低ノイズ制御用のq軸電流指令をトルク指令の増加に対して単調増加となるように修正してもよい。

【0087】

すなわち、この実施の形態2の変形例1における電流指令生成部102Aは、低ノイズ制御用のq軸電流指令をトルク指令の増加に対して単調増加となるように修正したq軸電流指令およびそのq軸電流指令に基づいて決定されるd軸電流指令がトルク毎に予め決定されたマップを用いて、交流モータM1のトルク指令TRに基づいてd軸電流指令 I_d^*

10

20

30

40

50

および q 軸電流指令 I_{q^*} を生成する。

【 0 0 8 8 】

図 1 2 は、トルク指令 T_R と q 軸電流指令 I_{q^*} との関係を示した図である。図 1 2 を参照して、曲線 k 4 1 は、実施の形態 1 による低ノイズ制御用の q 軸電流指令 I_{q^*} を示し、曲線 k 4 2 は、この実施の形態 2 の変形例 1 による q 軸電流指令 I_{q^*} を示す。また、曲線 k 4 3 は、最大トルク制御用の q 軸電流指令 I_{q^*} を示す。

【 0 0 8 9 】

曲線 k 4 1 で示される低ノイズ制御用の q 軸電流指令 I_{q^*} は、トルク指令 T_R の変化に対して変動が大きく、かつ、非単調である。そこで、この実施の形態 2 の変形例 1 では、曲線 k 4 1 をベースとしつつ、トルク指令 T_R の増加に対して q 軸電流指令 I_{q^*} が単調増加となるように曲線 k 4 1 を修正した曲線 k 4 2 に基づいて、q 軸電流指令 I_{q^*} が決定される。これにより、トルク指令の変化に対する電流指令の変化が抑制され、制御の安定性が確保される。

【 0 0 9 0 】

なお、曲線 k 4 2 の決定にあたっては、低ノイズ制御用の q 軸電流指令を示す曲線 k 4 1 と最大トルク制御用の q 軸電流指令を示す曲線 k 4 3 とを折衷するように決定することができる。これにより、交流モータ M 1 の低ノイズ化を達成しつつ、効率が大きく低下するのを防止できる。また、その他の制御手法による制御時における q 軸電流指令と低ノイズ制御用の q 軸電流指令とを組合わせて曲線 k 4 2 を決定してもよい。

【 0 0 9 1 】

以上のように、この実施の形態 2 の変形例 1 によっても、実施の形態 2 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 9 2 】

[実施の形態 2 の変形例 2]

実施の形態 1 による低ノイズ制御により d 軸電流指令 I_{d^*} および q 軸電流指令 I_{q^*} が生成され、その生成された電流指令に基づいて交流モータ M 1 が制御される場合、トルク指令 T_R の変化に対してモータ電圧（インバータ出力電圧）が急変したり、トルク指令 T_R の変化に対するモータ電圧の変化が非単調になり得る。

【 0 0 9 3 】

ここで、上述のように、インバータ 2 0 における変調率に応じて交流モータ M 1 の制御モードが変化するので、実施の形態 1 による低ノイズ制御によると、制御モードが頻りに切替わることにより制御安定性の低下や制御負荷の上昇を招く可能性もある。そこで、この実施の形態 2 の変形例 2 においては、低ノイズ制御をベースとしつつトルク指令 T_R の増加に対してモータ電圧が単調増加となるように d 軸電流指令 I_{d^*} および q 軸電流指令 I_{q^*} が生成される。

【 0 0 9 4 】

図 1 3 は、トルク指令 T_R とモータ電圧との関係を示した図である。図 1 3 を参照して、曲線 k 5 1 は、実施の形態 1 による低ノイズ制御時のモータ電圧を示し、曲線 k 5 2 は、この実施の形態 2 の変形例 2 によるモータ電圧を示す。また、曲線 k 5 3 は、最大トルク制御時のモータ電圧を示す。

【 0 0 9 5 】

曲線 k 5 1 で示される低ノイズ制御時のモータ電圧は、トルク指令 T_R の変化に対して変動が大きく、かつ、非単調である。そこで、この実施の形態 2 の変形例 2 では、曲線 k 5 1 をベースとしつつ、トルク指令 T_R の増加に対してモータ電圧が単調増加となるように曲線 k 5 1 を修正した曲線 k 5 2 に従ってモータ電圧が変化するように、d 軸電流指令 I_{d^*} および q 軸電流指令 I_{q^*} が生成される。

【 0 0 9 6 】

具体的には、トルク指令 T_R に基づいて曲線 k 5 2 を用いてモータ電圧 V を決定し、その決定されたモータ電圧 V に基づいて、次の電圧方程式を満足するように d 軸電流指令 I_{d^*} および q 軸電流指令 I_{q^*} を算出することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 7 】

$$V_d = (I_d^*) \times R - \omega \times L_q \times (I_q^*) \dots (1)$$

$$V_q = (I_q^*) \times R + \omega \times L_d \times (I_d^*) + \dots (2)$$

$$V = (V_d^2 + V_q^2)^{1/2} \dots (3)$$

なお、Rは交流モータM1の電機子巻線抵抗であり、 ω は電気角速度である。また、 L_q 、 L_d はそれぞれq軸インダクタンスおよびd軸インダクタンスであり、 Φ は電機子鎖交磁束である。

【 0 0 9 8 】

そして、上記の方法によりトルク指令TR毎にd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を求めてマップ化しておき、与えられるトルク指令TRに基づいて、そのマップを用いて電流指令生成部102Aによりd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* が生成される。

10

【 0 0 9 9 】

なお、曲線k52の決定にあたっては、低ノイズ制御時のモータ電圧を示す曲線k51と最大トルク制御時のモータ電圧を示す曲線k53とを折衷するように決定することができる。これにより、交流モータM1の低ノイズ化を達成しつつ、効率が大きく低下するのを防止できる。また、その他の制御手法による制御時におけるモータ電圧曲線と低ノイズ制御時のモータ電圧曲線とを合わせて曲線k52を決定してもよい。

【 0 1 0 0 】

図14は、d軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を示した図である。図14を参照して、曲線k61は、実施の形態1による低ノイズ制御時のd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を示し、曲線k62は、この実施の形態2の変形例2におけるd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を示す。また、曲線k63は、最大トルク制御時のd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を示す。

20

【 0 1 0 1 】

以上のように、この実施の形態2の変形例2によれば、低ノイズ制御時のモータ電圧をベースとしつつ、トルク指令TRの増加に対してモータ電圧が単調増加となるように生成されたd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を用いて交流モータM1が制御されるので、交流モータM1の制御モード(PWM制御モード、過変調制御モードおよび矩形波制御モード)の切替が頻繁に起こることにより交流モータM1の制御が不安定になるのを回避することができる。

30

【 0 1 0 2 】

[実施の形態3]

図15は、モータ回転軸に垂直な断面を模式的に示した交流モータM1の断面図である。図15を参照して、交流モータM1のロータ202とステータ204との間にはギャップ206が設けられており、ロータ202とステータ204との間には磁気強制力F(磁気吸引力または磁気反発力)が作用する。

【 0 1 0 3 】

上述のように、交流モータM1の振動量は、この磁気強制力Fに大きく依存する。ここで、ロータ202およびステータ204間に作用する磁気強制力Fは、トルクを発生させる回転方向成分 F_c と回転軸に対して垂直に作用するラジアル方向成分 F_r とに分けることができ、このラジアル方向成分 F_r の変動が交流モータM1の振動に大きく影響する。

40

【 0 1 0 4 】

図16は、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r (電気6次成分)が変動する様子を示した図である。図16を参照して、横軸は、交流モータM1のロータの回転角を示し、曲線S1~S3は、それぞれモータ電流 $I_A \sim I_C$ ($I_A < I_B < I_C$)が交流モータM1に供給されているときの磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の電気6次成分を示す。

【 0 1 0 5 】

図に示されるように、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r は、モータ電流の大小に拘わらず、構造的に決まるロータおよびステータの相対的な位置関係に応じて、ロータの回

50

転角に依存して周期的に変動する。

【0106】

そこで、この実施の形態3では、交流モータM1のロータおよびステータ間に作用する磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の変動を抑制するように電流指令が補正される。

【0107】

図17は、実施の形態3におけるインバータ制御部の詳細な機能ブロック図である。図17を参照して、このインバータ制御部34Aは、図3に示した実施の形態1におけるインバータ制御部34の構成において、電流指令生成部102に代えて電流指令生成部102Bを含み、補正部103をさらに含む。

【0108】

電流指令生成部102Bは、トルク指令 T_R に基づいて、所定の条件を満足するd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を生成する。たとえば、電流指令生成部102Bは、公知の最大トルク制御に基づいてd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を生成することができる。

【0109】

補正部103は、電流指令生成部102Bからd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を受け、図示されない回転角センサ48から交流モータM1の回転角 θ を受ける。そして、補正部103は、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の変動の電気6次成分を抑制するように、交流モータM1の回転角 θ に応じてd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を補正する。

【0110】

より具体的には、補正部103は、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の極大点近傍においてモータ電流が減少するようにd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を補正し、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の極小点近傍においてモータ電流が増大するようにd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を補正する。

【0111】

なお、補正部103は、たとえば、交流モータM1のロータの回転角に応じて電流補正量が予め決定された補正マップを用いて、回転角センサ48からの回転角 θ に基づいてd軸電流指令 I_d^* およびq軸電流指令 I_q^* を補正することができる。

【0112】

なお、インバータ制御部34Aのその他の構成は、実施の形態1におけるインバータ制御部34と同じである。

【0113】

図18は、モータ電流と磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r （電気6次成分）との関係を示した図である。図18を参照して、点線で示される曲線S2は、図16に示される曲線S2に対応し、曲線S4は、補正部103により電流指令が補正された場合の磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の電気6次成分を示す。

【0114】

補正部103により電流指令が補正されることにより、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の極大点近傍においてモータ電流が減少し、ラジアル方向成分 F_r の極小点近傍においてモータ電流が増大する。これにより、無補正時の場合（曲線S2）に比べて、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の変動が抑制される（曲線S4）。

【0115】

なお、上記においては、交流モータM1が3相モータであることから、ラジアル方向成分 F_r の変動において支配的な電気6次成分の変動を抑制するように電流指令を補正したが、電流指令の補正は、電気6次の変動成分のみを抑制する補正に限定されるものではない。

【0116】

また、上記においては、交流モータM1のロータの回転角に応じて電流補正量が予め決定された補正マップを用いて、交流モータM1の回転角 θ に基づいて電流指令を補正した

10

20

30

40

50

が、図19に示すように、ステータ204または交流モータM1が格納されるモータケース(図示せず)に固設される加速度センサ210によって磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の変動を検出し、その検出値を用いて補正部103により電流指令を補正してもよい。

【0117】

以上のように、この実施の形態3によれば、磁気強制力Fのラジアル方向成分 F_r の変動を抑制するように電流指令が補正されるので、交流モータM1の静粛性を効果的に向上させることができる。また、ハード的な振動対策や騒音対策による交流モータM1の体格増加および重量増加を伴うこともない。

【0118】

さらに、公知の電流制御手法を用いて電流指令が生成され、その生成された電流指令を補正部103により補正するようにしたので、公知の電流制御手法による効果を得つつ交流モータM1の静粛性を向上させることができる。

【0119】

なお、上記において、交流モータM1は、この発明における「電動機」に対応し、インバータ制御部34、34AのPI制御部106、108、座標変換部110、制御モード設定部112および駆動信号生成部114は、この発明における「制御部」を形成する。

【0120】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図1】この発明による電動機制御装置を備えたモータ駆動装置の回路図である。

【図2】図1に示す制御装置の機能ブロック図である。

【図3】図2に示すインバータ制御部の詳細な機能ブロック図である。

【図4】電流位相とトルクとの関係を示した図である。

【図5】電流位相と振動量との関係を示した図である。

【図6】低ノイズ制御時および最大トルク制御時の電流ベクトルを示した図である。

【図7】電流位相とトルクとの関係を示した図である。

【図8】モータ回転角と振動量(電気6次成分)との関係を示した図である。

【図9】トルクと振動量との関係を示した図である。

【図10】モータ回転速度と音圧との関係を示した図である。

【図11】トルク指令とd軸電流指令との関係を示した図である。

【図12】トルク指令とq軸電流指令との関係を示した図である。

【図13】トルク指令とモータ電圧との関係を示した図である。

【図14】d軸電流指令およびq軸電流指令を示した図である。

【図15】モータ回転軸に垂直な断面を模式的に示した交流モータの断面図である。

【図16】磁気強制力のラジアル方向成分(電気6次成分)が変動する様子を示した図である。

【図17】実施の形態3におけるインバータ制御部の詳細な機能ブロック図である。

【図18】モータ電流と磁気強制力のラジアル方向成分(電気6次成分)との関係を示した図である。

【図19】加速度センサの配置を示す図である。

【符号の説明】

【0122】

10 昇圧コンバータ、20 インバータ、22 U相アーム、24 V相アーム、26 W相アーム、30 制御装置、32 コンバータ制御部、34、34A インバータ

10

20

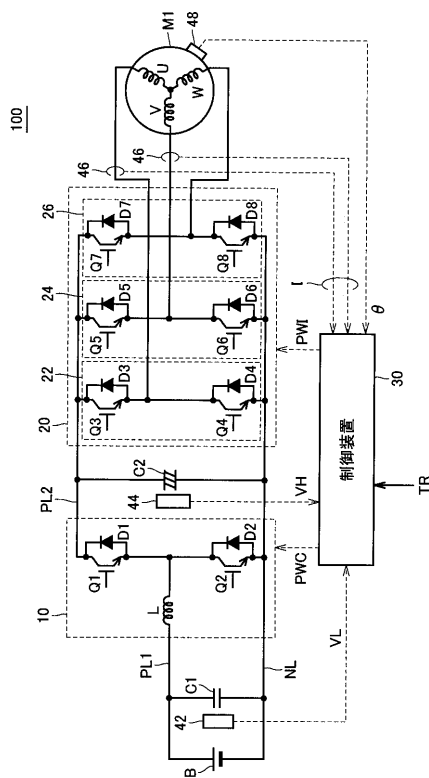
30

40

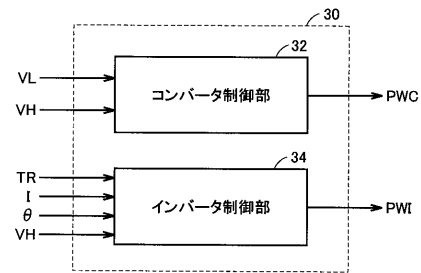
50

制御部、42, 44 電圧センサ、46 電流センサ、48 回転角センサ、100 モータ駆動装置、102, 102A, 102B 電流指令生成部、103 補正部、104, 110 座標変換部、106, 108 PI制御部、112 制御モード設定部、114 駆動信号生成部、M1 交流モータ、B 直流電源、C1, C2 コンデンサ、PL1, PL2 正極ライン、NL 負極ライン、L リアクトル、Q1~Q8 npn型トランジスタ、D1~D8 ダイオード。

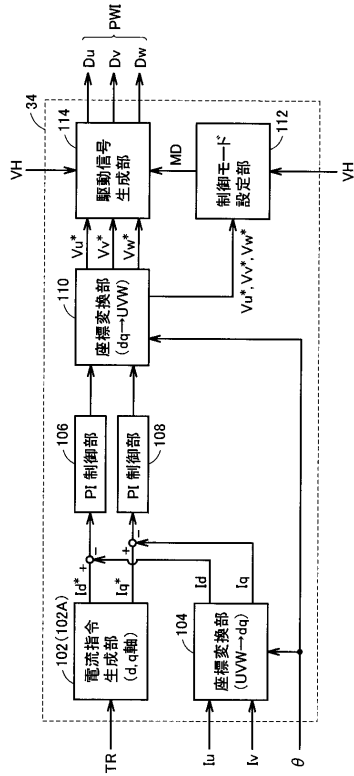
【図1】



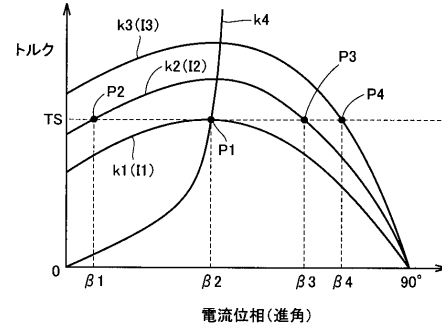
【図2】



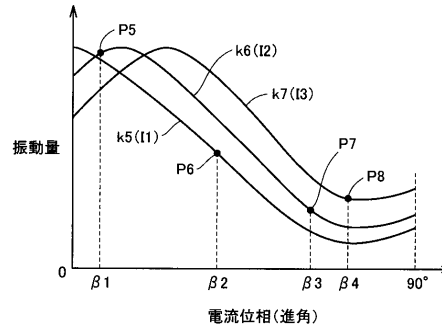
【図3】



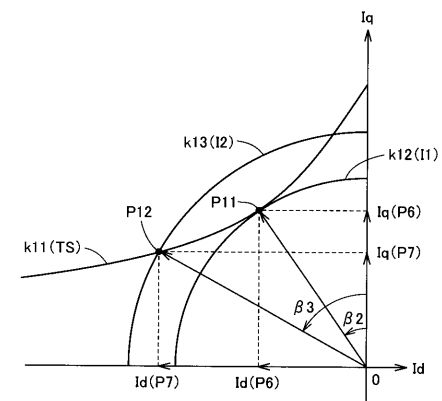
【図4】



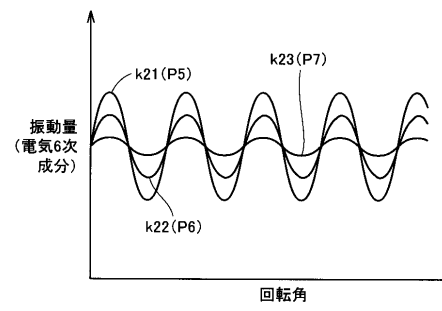
【図5】



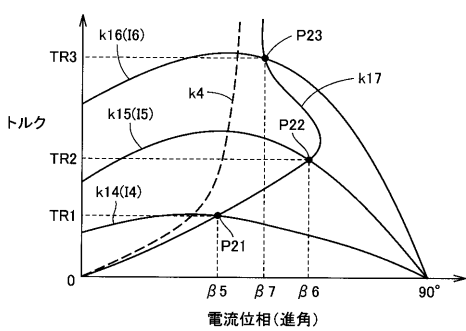
【図6】



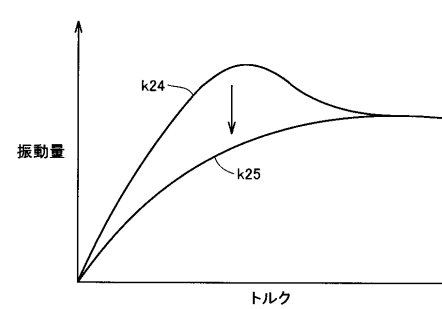
【図8】



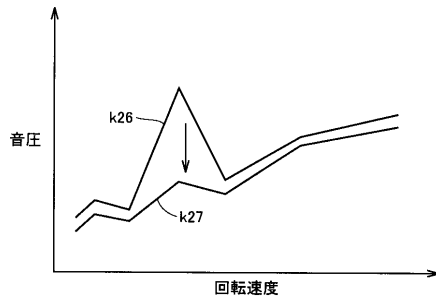
【図7】



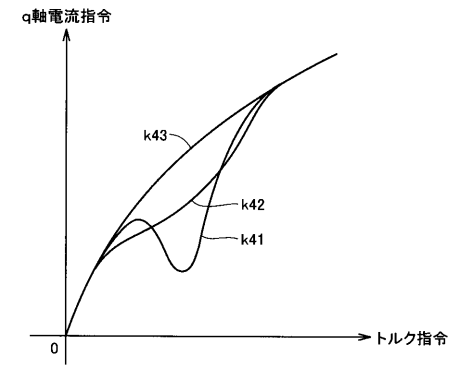
【図9】



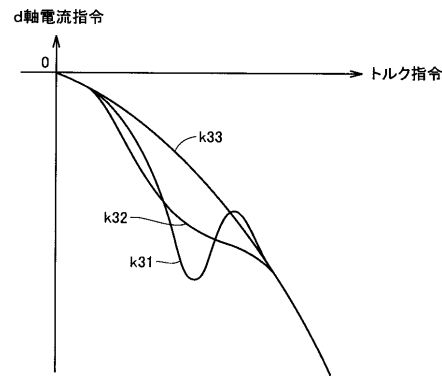
【図10】



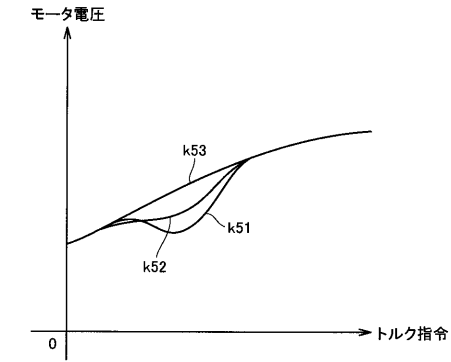
【図12】



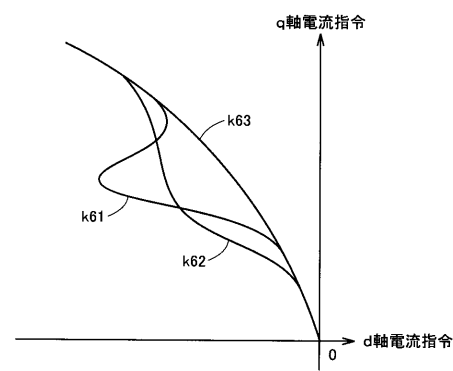
【図11】



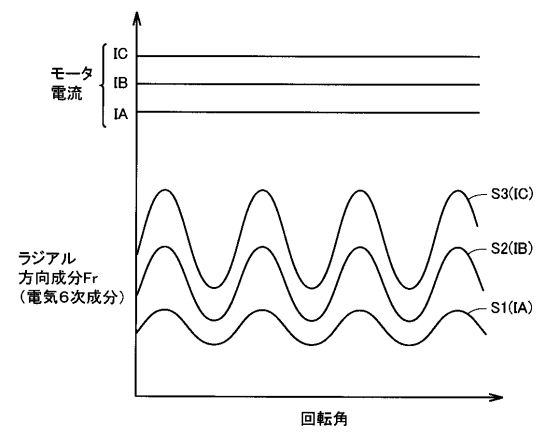
【図13】



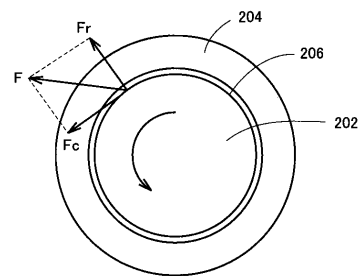
【図14】



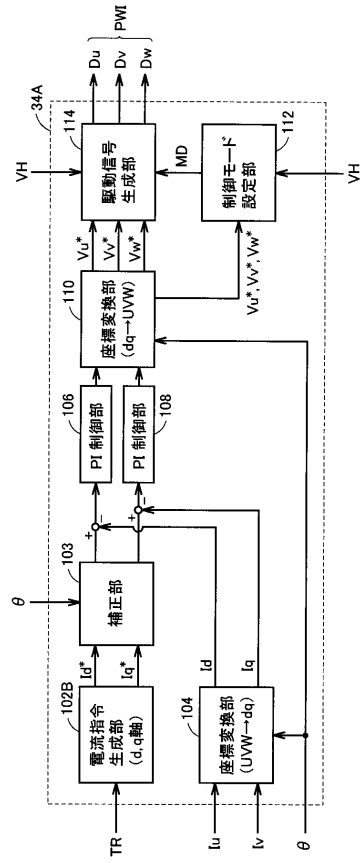
【図16】



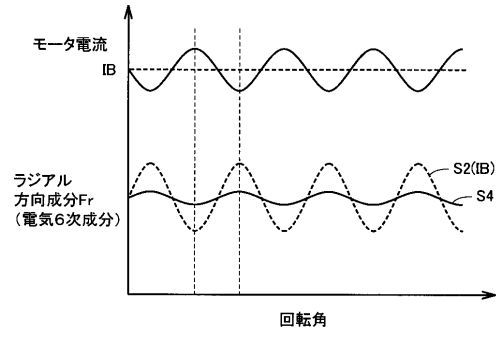
【図15】



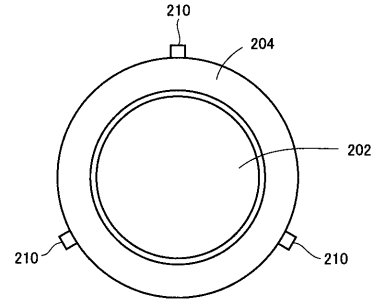
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 亮次
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 天坂 康種

(56)参考文献 特開2005-237054(JP,A)
特開2006-067718(JP,A)
特開2005-304237(JP,A)
特開平10-210800(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 6/10
H02P 21/00
H02P 27/04