

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 11 日(11.10.2012)

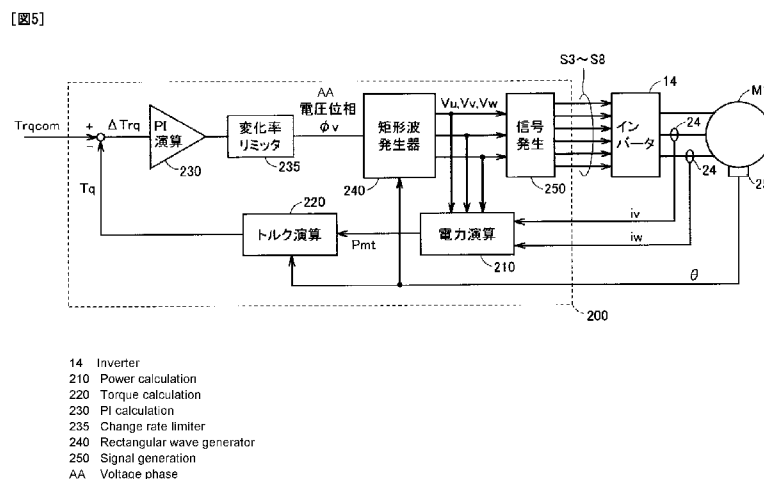


(10) 国際公開番号
WO 2012/137300 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/058598
- (22) 国際出願日: 2011 年 4 月 5 日(05.04.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 堅滋 (YAMADA, Kenji) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: CONTROL APPARATUS FOR ELECTRIC MOTOR, ELECTRIC VEHICLE PROVIDED WITH SAME, AND METHOD FOR CONTROLLING ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称: 電動機の制御装置およびそれを備える電動車両、ならびに電動機の制御方法



(57) Abstract: A PI calculation unit (230) of a rectangular wave voltage control unit (200) calculates control deviation by performing PI calculation to torque deviation (ΔTrq) with respect to a torque command value ($Trqcom$), and corresponding to the control deviation, the unit outputs voltage phase (Φv) of a rectangular wave voltage. A change rate limiter (235) limits a change rate of the voltage phase (Φv). When a change rate of a revolving speed of an electric motor (M1) is larger than a predetermined value, which indicates a rapid change of the revolving speed of the electric motor (M1), the change rate limiter (235) relaxes the limitation of the change rate of the voltage phase (Φv).

(57) 要約: 矩形波電圧制御部 (200) の P I 演算部 (230) は、トルク指令値 ($Trqcom$) に対するトルク偏差 (ΔTrq) について P I 演算を行なうことにより制御偏差を算出し、その制御偏差に応じた矩形波電圧の電圧位相 (ϕv) を出力する。変化率リミッタ (235) は、電圧位相 (ϕv) の変化率を制限する。ここで、変化率リミッタ (235) は、電動機 (M1) の回転速度の急変を示す所定値よりも電動機 (M1) の回転速度の変化率が大きいとき、電圧位相 (ϕv) の変化率の制限を緩和する。

明 細 書

発明の名称：

電動機の制御装置およびそれを備える電動車両、ならびに電動機の制御方法

技術分野

[0001] この発明は、電動機の制御装置およびそれを備える電動車両、ならびに電動機の制御方法に関し、特に、トルク指令に従って位相制御される矩形波電圧を電動機に印加することによって電動機を制御する矩形波電圧制御の技術に関する。

背景技術

[0002] 環境に配慮した車両として、電気自動車やハイブリッド自動車などの電動車両が近年注目されている。電気自動車は、蓄電装置とインバータとインバータによって駆動される電動機とを走行用の動力源として搭載する。ハイブリッド自動車は、内燃機関に加え、蓄電装置とインバータと電動機とを走行用の動力源として搭載する。

[0003] このような電動車両において、特開２００５－５１８５０号公報（特許文献１）には、電動機により駆動される駆動輪のスリップが検出されると、駆動軸に出力されるトルクを制限するように電動機を制御することが開示されている（特許文献１参照）。

[0004] ところで、電動機の制御については、パルス幅変調（PWM）された電圧を電動機に印加するPWM制御がよく知られている。また、PWM制御よりも電圧利用率を高めることができる制御として、トルク指令（トルク目標値）に従って位相制御される矩形波電圧を電動機に印加する矩形波電圧制御が知られている。

[0005] 特開２０００－５０６８９号公報（特許文献２）には、電動機の矩形波電圧制御について、電動機のトルク検出値とトルク指令値との偏差に基づいて矩形波電圧の電圧位相を制御することが開示されている（特許文献２参照）

。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2005-51850号公報

特許文献2：特開2000-50689号公報

特許文献3：特開2008-167557号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 電動機の制御については、制御の安定性ととも、トルク指令に対する実際の出力トルクの追従性（トルク応答性）が重要である。上記の特開2005-51850号公報に開示される技術は、スリップ発生時にトルクを制限することによって電動機を保護するものであるが、電動機の制御性（安定性および応答性）については特に検討されていない。また、特開2000-50689号公報に開示される技術は、矩形波電圧制御についてトルク偏差を小さくするものであるが、スリップ時やスリップ後のグリップ時に発生する回転速度やトルクの急峻な変動に対する電動機の制御性については、特に検討されていない。

[0008] それゆえに、この発明の目的は、電動機の矩形波電圧制御について、制御安定性およびトルク応答性を両立可能な電動機の制御装置およびそれを備える電動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、電動機の矩形波電圧制御について、制御安定性およびトルク応答性を両立可能な電動機の制御方法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、電動機の制御装置は、電圧指令生成部と、変化率制限部とを備える。電圧指令生成部は、トルク指令に従って電動機を動作させるように位相制御された矩形波電圧指令を生成する。変化率制限部は、矩形波

電圧指令の変化率を制限する。そして、変化率制限部は、電動機の回転速度の急変を示す所定値よりも電動機の回転速度の変化率が大きいつき、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する。

[0011] 好ましくは、変化率制限部は、電動機の回転速度の変化が増速方向のとき、矩形波電圧指令の位相を進める側のみの制限を緩和し、電動機の回転速度の変化が減速方向のとき、矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの制限を緩和する。

[0012] 好ましくは、変化率制限部は、さらに、トルク指令の急変を示すもう1つの所定値よりもトルク指令の変化率が大きいつき、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する。

[0013] また、この発明によれば、電動車両は、上述したいずれかの電動機の制御装置と、制御装置によって制御される電動機と、電動機によって駆動される駆動輪とを備える。

[0014] 好ましくは、制御装置の変化率制限部は、駆動輪のスリップまたはスリップ後の駆動輪のグリップが検知されると、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する。

[0015] さらに好ましくは、変化率制限部は、スリップが検知されると、矩形波電圧指令の位相を進める側のみの制限を緩和し、グリップが検知されると、矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの制限を緩和する。

[0016] 好ましくは、変化率制限部は、さらに、トルク指令の急変を示すもう1つの所定値よりもトルク指令の変化率が大きいつき、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する。

[0017] また、この発明によれば、電動機の制御方法は、トルク指令に従って電動機を動作させるように位相制御された矩形波電圧指令を生成するステップと、矩形波電圧指令の変化率を制限するステップと、電動機の回転速度の急変を示す所定値よりも電動機の回転速度の変化率が大きいつき、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和するステップとを含む。

[0018] 好ましくは、変化率の制限を緩和するステップは、電動機の回転速度の変

化が増速方向のとき、矩形波電圧指令の位相を進める側のみの制限を緩和するステップと、電動機の回転速度の変化が減速方向のとき、矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの制限を緩和するステップとを含む。

[0019] 好ましくは、変化率の制限を緩和するステップは、トルク指令の急変を示すもう1つの所定値よりもトルク指令の変化率が大きいとき、矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和するステップを含む。

発明の効果

[0020] この発明においては、矩形波電圧指令の変化率が制限される。これにより、矩形波電圧制御において、電動機の回転速度が変化する際に電圧指令の位相変化に伴ない発生するモータ電流のオフセットが抑制され、電動機制御の安定性が高まる。一方、電動機の回転速度の急変を示す所定値よりも電動機の回転速度の変化率が大きいときは、矩形波電圧指令の変化率の制限が緩和される。これにより、電動機の回転速度の急変時については、トルク追従が優先され、電動機制御の応答性が高められる。

[0021] したがって、この発明によれば、電動機の矩形波電圧制御について、制御安定性およびトルク応答性を両立させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] この発明の実施の形態1による電動機の制御装置が適用される電動車両の全体構成図である。

[図2] 図1に示す電動機の制御モードを説明する図である。

[図3] 交流電動機の動作状態と図2に示す制御モードとの対応関係を説明する図である。

[図4] 図1に示す制御装置の構成を機能的に説明する機能ブロック図である。

[図5] 図4に示す矩形波電圧制御部の詳細な構成を機能的に説明する機能ブロック図である。

[図6] 図4に示すPWM制御部の詳細な構成を機能的に説明する機能ブロック図である。

[図7] 図1に示す制御装置により実行される電圧位相の変化率制限処理に関する

るフローチャートである。

[図8]変形例における矩形波電圧制御部の構成を機能的に説明する機能ブロック図である。

[図9]変形例における制御装置により実行される電圧位相の変化率制限処理に関するフローチャートである。

[図10]実施の形態2における制御装置により実行される電圧位相の変化率制限処理に関するフローチャートである。

[図11]実施の形態3における制御装置により実行される電圧位相の変化率制限処理に関するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0023] 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。

[0024] [実施の形態1]

図1は、この発明の実施の形態1による電動機の制御装置が適用される電動車両の全体構成図である。図1を参照して、電動車両100は、直流電圧発生部10#と、平滑コンデンサC0と、インバータ14と、電動機M1と、駆動輪DWと、制御装置30とを備える。

[0025] 直流電圧発生部10#は、蓄電装置Bと、システムリレーSR1、SR2と、平滑コンデンサC1と、コンバータ12とを含む。蓄電装置Bは、代表的には、ニッケル水素やリチウムイオン等の二次電池や、電気二重層キャパシタ等により構成される。蓄電装置Bの電圧Vbおよび蓄電装置Bに対して入出力される電流Ibは、それぞれ電圧センサ10および電流センサ11によって検知される。システムリレーSR1は、蓄電装置Bの正極端子と電力線6との間に接続され、システムリレーSR2は、蓄電装置Bの負極端子と電力線5との間に接続される。システムリレーSR1、SR2は、制御装置30からの信号SEによりオン／オフされる。

[0026] コンバータ12は、リアクトルL1と、電力用半導体スイッチング素子Q

1, Q2と、ダイオードD1, D2とを含む。電力用半導体スイッチング素子Q1, Q2は、電力線7と電力線5の間に直列に接続される。電力用半導体スイッチング素子Q1, Q2のオン／オフは、制御装置30からの制御信号S1, S2によって制御される。

[0027] なお、電力用半導体スイッチング素子（以下、単に「スイッチング素子」と称する。）としては、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）や電力用MOS（Metal Oxide Semiconductor）トランジスタ、電力用バイポーラトランジスタ等を用いることができる。ダイオードD1, D2は、それぞれスイッチング素子Q1, Q2に逆並列に接続される。リアクトルL1は、スイッチング素子Q1, Q2の接続ノードと電力線6との間に接続される。平滑コンデンサC0は、電力線7と電力線5との間に接続される。

[0028] インバータ14は、電力線7と電力線5との間に並列に設けられる、U相上下アーム15と、V相上下アーム16と、W相上下アーム17とを含む。各相上下アームは、電力線7と電力線5との間に直列接続されたスイッチング素子によって構成される。たとえば、U相上下アーム15は、スイッチング素子Q3, Q4から成り、V相上下アーム16は、スイッチング素子Q5, Q6から成り、W相上下アーム17は、スイッチング素子Q7, Q8から成る。スイッチング素子Q3～Q8には、それぞれダイオードD3～D8が逆並列に接続される。そして、スイッチング素子Q3～Q8のオン／オフは、制御装置30からの制御信号S3～S8によって制御される。

[0029] 電動機M1は、代表的には永久磁石型三相交流同期電動機であり、U, V, W相の3つのコイルの一端が中性点に共通接続されて構成される。各相コイルの他端は、各相上下アーム15～17のスイッチング素子の中間点に接続される。そして、電動機M1は、インバータ14によって駆動され、駆動輪DWを駆動するためのトルクを発生する。なお、電動機M1は、車両の制動時等に駆動輪DWによって駆動される発電機の機能を併せ持つように構成されてもよい。

[0030] コンバータ12は、基本的には、各スイッチング周期内でスイッチング素

子 Q_1 、 Q_2 が相補的かつ交互にオン／オフするように制御される。コンバータ12は、昇圧動作時には、蓄電装置Bから供給される電圧 V_b を電圧 V_H （インバータ14への入力電圧に相当するこの直流電圧を以下「システム電圧」とも称する）へ昇圧する。この昇圧動作は、スイッチング素子 Q_2 のオン期間にリアクトル L_1 に蓄積される電磁エネルギーを、スイッチング素子 Q_1 およびダイオード D_1 を介して電力線7へ供給することにより行なわれる。

[0031] また、コンバータ12は、降圧動作時には、電圧 V_H を電圧 V_b に降圧する。この降圧動作は、スイッチング素子 Q_1 のオン期間にリアクトル L_1 に蓄積される電磁エネルギーを、スイッチング素子 Q_2 およびダイオード D_2 を介して電力線6へ供給することにより行なわれる。これらの昇圧動作または降圧動作における電圧変換比（ V_H および V_b の比）は、上記スイッチング周期に対するスイッチング素子 Q_1 、 Q_2 のオン期間比（デューティ比）により制御される。なお、スイッチング素子 Q_1 、 Q_2 をそれぞれオン、オフに固定すれば、 $V_H = V_b$ （電圧変換比＝1.0）とすることもできる。

[0032] 平滑コンデンサ C_0 は、コンバータ12からの直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧をインバータ14へ供給する。電圧センサ13は、平滑コンデンサ C_0 の両端の電圧すなわちシステム電圧 V_H を検出し、その検出値を制御装置30へ出力する。

[0033] インバータ14は、電動機 M_1 のトルク指令値（トルク目標値） T_{rqcom} が正の場合には、制御装置30からの制御信号 $S_3 \sim S_8$ に応答したスイッチング素子 $Q_3 \sim Q_8$ のスイッチング動作により直流電圧を交流電圧に変換し、正のトルクを出力するように電動機 M_1 を駆動する。また、インバータ14は、電動機 M_1 のトルク指令値 T_{rqcom} が零の場合には、制御信号 $S_3 \sim S_8$ に応答したスイッチング動作により直流電圧を交流電圧に変換し、トルクが零になるように電動機 M_1 を駆動する。これにより、電動機 M_1 は、トルク指令値 T_{rqcom} によって指定された零または正のトルクを発生するように駆動される。

- [0034] さらに、車両の制動時には、電動機M1のトルク指令値 T_{rqcom} が負に設定される。この場合には、インバータ14は、制御信号S3～S8に 응답したスイッチング動作により、電動機M1が発電した交流電圧を直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をコンバータ12へ供給する。なお、ここで言う回生制動とは、車両を運転するドライバーによるフットブレーキ操作があった場合の回生発電を伴う制動や、フットブレーキを操作しないものの、走行中にアクセルペダルをオフすることで回生発電をさせながら車両を減速（または加速の中止）させることを含む。
- [0035] 電流センサ24は、電動機M1に流れるモータ電流を検出し、その検出値を制御装置30へ出力する。なお、三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w の瞬時値の和は零であるので、電流センサ24は、2相分のモータ電流（たとえばV相電流 i_v およびW相電流 i_w ）を検出するように配置すれば足りる。
- [0036] 回転角センサ（レゾルバ）25は、電動機M1のロータの回転角 θ を検出し、その検出値を制御装置30へ出力する。制御装置30は、回転角 θ に基づいて電動機M1の回転速度（回転数）および角速度 ω （rad/s）を算出できる。なお、回転角センサ25については、回転角 θ を制御装置30にてモータ電圧や電流から直接演算することによって配置を省略してもよい。
- [0037] 制御装置30は、電子制御ユニット（ECU（Electronic Control Unit））により構成され、予め記憶されたプログラムを図示しないCPUで実行することによるソフトウェア処理および／または専用の電子回路によるハードウェア処理により、電動車両100の動作を制御する。
- [0038] 代表的な機能として、制御装置30は、トルク指令値 T_{rqcom} や、電圧センサ10によって検出された電圧 V_b 、電流センサ11によって検出された電流 I_b 、電圧センサ13によって検出されたシステム電圧 V_H 、電流センサ24からのモータ電流 i_v 、 i_w 、回転角センサ25からの回転角 θ 等に基づいて、後述の制御方式により電動機M1がトルク指令値 T_{rqcom} に従ったトルクを出力するように、コンバータ12およびインバータ14の動作を制御する。すなわち、制御装置30は、コンバータ12およびイン

バータ 1 4 を制御するための制御信号 S 1 ～ S 8 を生成してコンバータ 1 2 およびインバータ 1 4 へ出力する。

[0039] 次に、制御装置 3 0 による電動機 M 1 の制御についてさらに詳しく説明する。

(制御モードの説明)

図 2 は、図 1 に示した電動機 M 1 の制御モードを説明する図である。図 2 を参照して、この電動車両 1 0 0 では、電動機 M 1 の制御、すなわちインバータ 1 4 における電力変換について、PWM 制御モードと矩形波電圧制御モードとを切替えて使用する。

[0040] PWM 制御モードは、正弦波 PWM 制御と過変調 PWM 制御とを含む。正弦波 PWM 制御では、正弦波状の電圧指令と搬送波（代表的には三角波）との電圧比較に従って、各相上下アーム素子のオン／オフが制御される。この結果、上アーム素子のオン期間に対応するハイレベル期間と、下アーム素子のオン期間に対応するローレベル期間との集合について、一定期間内でその基本波成分が正弦波となるようにデューティが制御される。なお、正弦波状の電圧指令の振幅が搬送波振幅以下の範囲に制限されるこの正弦波 PWM 制御では、電動機 M 1 への印加電圧（以下、単に「モータ印加電圧」とも称する。）の基本波成分を入力電圧の約 0. 6 1 倍程度までしか高めることができない。以下では、インバータ 1 4 の入力電圧（すなわちシステム電圧 V_H）に対するモータ印加電圧（線間電圧）の基本波成分（実効値）の比を「変調率」と称する。

[0041] 過変調 PWM 制御は、電圧指令（正弦波成分）の振幅が搬送波振幅より大きい範囲で上記正弦波 PWM 制御と同様の PWM 制御を行なうものである。特に、電圧指令を本来の正弦波波形から歪ませること（振幅補正）によって基本波成分を高めることができ、変調率を正弦波 PWM 制御での最高変調率から 0. 7 8 の範囲まで高めることができる。なお、過変調 PWM 制御では、電圧指令（正弦波成分）の振幅が搬送波振幅より大きいため、電動機 M 1 に印加される線間電圧は、正弦波ではなく歪んだ電圧となる。

[0042] 一方、矩形波電圧制御では、上記一定期間内で、ハイレベル期間およびローレベル期間の比が1 : 1の矩形波1パルス分が交流電動機に印加される。これにより、矩形波電圧制御では、変調率は0.78まで高められる。

[0043] 電動機M1においては、回転数や出力トルクが増加すると誘起電圧が高くなるので、必要となる駆動電圧（モータ必要電圧）が高くなる。コンバータ12による昇圧電圧すなわちシステム電圧V_Hは、このモータ必要電圧よりも高く設定する必要がある。一方、システム電圧V_Hには、限界値（V_H最大電圧）が存在する。したがって、電動機M1の動作状態に応じて、正弦波PWM制御または過変調PWM制御によるPWM制御モードと、矩形波電圧制御モードとが選択的に適用される。なお、矩形波電圧制御では、モータ印加電圧の振幅が固定されるので、トルク指令に対するトルク偏差（トルク実績値（推定値）とトルク指令値との差）に基づく矩形波電圧パルスの位相制御によってトルク制御が実行される。

[0044] 図3は、交流電動機の動作状態と図2に示した制御モードとの対応関係を説明する図である。図3を参照して、概略的には、低回転数域R1では、トルク変動を小さくするために正弦波PWM制御が用いられ、中回転数域R2では過変調PWM制御、高回転数域R3では矩形波電圧制御が適用される。特に、過変調PWM制御および矩形波電圧制御の適用により、交流電動機M1の出力向上が実現される。このように、図2に示した制御モードのいずれを用いるかについては、基本的には、実現可能な変調率の範囲内で決定される。

[0045] （制御装置の構成）

図4は、図1に示した制御装置30の構成を機能的に説明する機能ブロック図である。図4を参照して、制御装置30は、矩形波電圧制御部200と、PWM制御部400と、制御モード切替部490とを含む。

[0046] 矩形波電圧制御部200は、トルク指令値 T_{rqcom} と、モータ電流 i_v 、 i_w と、回転角 θ とを受ける。そして、矩形波電圧制御部200は、これらの信号に基づいて、インバータ14に印加する電圧の位相をトルクフィ

ードバック制御により設定し、その設定された電圧位相に基づいて、インバータ 14 を駆動するための制御信号 $S_3 \sim S_8$ を生成して制御モード切替部 490 へ出力する。

[0047] PWM制御部 400 は、トルク指令値 T_{rqcom} と、電流センサ 24 によって検出されるモータ電流 i_v , i_w と、回転角センサ 25 により検出される回転角 θ とを受ける。そして、PWM制御部 400 は、これらの信号に基づいて、インバータ 14 に印加する電圧指令値 $V_d\#$, $V_q\#$ を電流フィードバック制御により生成し、生成された電圧指令値 $V_d\#$, $V_q\#$ に基づいて、インバータ 14 を駆動するための制御信号 $S_3 \sim S_8$ を生成して制御モード切替部 490 へ出力する。なお、過変調 PWM 制御時は、電圧振幅が補正され、電圧指令値の基本波成分が高められる。

[0048] 制御モード切替部 490 は、PWM制御部 400 から電圧指令値 $V_d\#$, $V_q\#$ を受け、電圧センサ 13 (図 1) からシステム電圧 V_H を受ける。そして、制御モード切替部 490 は、システム電圧 V_H と電圧指令値 $V_d\#$, $V_q\#$ とから算出される変調率に基づいて、PWM制御モードから矩形波電圧制御モードへの切替を行なう。詳しくは、制御モード切替部 490 は、変調率が 0.78 に達すると PWM 制御モードから矩形波電圧制御モードへ切替える。

[0049] 一方、矩形波電圧制御モードでは変調率は 0.78 一定であるので、矩形波電圧制御モードから PWM 制御モードへの切替は、電流位相に基づいて行なわれる。制御モード切替部 490 は、モータ電流 i_v , i_w および回転角 θ を受ける。そして、制御モード切替部 490 は、これらの信号を用いて電流位相に基づいて矩形波電圧制御モードから PWM 制御モードへの切替を行なう。

[0050] (制御モードの構成)

図 5 は、図 4 に示した矩形波電圧制御部 200 の詳細な構成を機能的に説明する機能ブロック図である。図 5 を参照して、矩形波電圧制御部 200 は、電力演算部 210 と、トルク演算部 220 と、PI 演算部 230 と、変化

率リミッタ 235 と、矩形波発生器 240 と、信号発生部 250 とを含む。

[0051] 電力演算部 210 は、電流センサ 24 によって検出される V 相電流 i_v および W 相電流 i_w から求められる各相電流と、各相（U 相、V 相、W 相）電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w とにより、下記（1）式に従って電動機 M1 への供給電力（モータ電力） P_{mt} を算出する。この際、検出されたモータ電流（ i_v 、 i_w ）から歪み成分を除去するためのフィルタ処理が併せて実行される。

[0052] $P_{mt} = i_u \cdot V_u + i_v \cdot V_v + i_w \cdot V_w \quad \cdots (1)$

トルク演算部 220 は、電力演算部 210 によって算出されたモータ電力 P_{mt} と、回転角センサ 25 によって検出される電動機 M1 の回転角 θ から算出される角速度 ω とを用いて、実際のトルクを示すトルク推定値 T_{rq} を下記（2）式に従って算出する。

[0053] $T_{rq} = P_{mt} / \omega \quad \cdots (2)$

PI 演算部 230 は、トルク指令値 $T_{rq\,com}$ に対するトルク偏差 ΔT_{rq} ($\Delta T_{rq} = T_{rq\,com} - T_{rq}$) について PI（比例積分）演算を行なうことにより制御偏差を算出し、その制御偏差に応じて矩形波電圧の位相 ϕ_v （以下、単に「電圧位相 ϕ_v 」と称する。）を設定する。具体的には、PI 演算部 230 は、正トルク（ $T_{rq\,com} > 0$ ）の場合には、トルク不足時には電圧位相 ϕ_v を進め、トルク過剰時には電圧位相 ϕ_v を遅らせる。一方、負トルク（ $T_{rq\,com} < 0$ ）の場合には、PI 演算部 230 は、トルク不足時には電圧位相 ϕ_v を遅らせ、トルク過剰時には電圧位相 ϕ_v を進める。

[0054] 変化率リミッタ 235 は、電圧位相 ϕ_v の変化率を制限する。すなわち、矩形波電圧制御においては、スリップ等の外乱により電動機 M1 の回転速度が変化すると、トルクを維持するために電圧位相 ϕ_v を変化させる。詳しくは、回転速度が上昇すると、トルクを維持するために電圧位相 ϕ_v を進め、回転速度が低下すると、電圧位相 ϕ_v を遅らせる。しかしながら、この電圧位相 ϕ_v の位相変化に伴ない三相モータ電流にオフセットが生じ、電圧位相

ϕ_v の変化率が大きいほどオフセット量が大きくなる。この電流オフセット量が大きくなると矩形波電圧制御の安定性が損なわれるので、電圧位相 ϕ_v の変化率を制限するための変化率リミッタ 235 が設けられる。

[0055] 一方で、電圧位相 ϕ_v の変化率を制限すると、制御の応答性が阻害される。駆動輪 DW のスリップ時やスリップ後のグリップ時において電動機 M1 の回転速度が急変する場合には、制御の応答性（トルク応答性）を優先させることが望ましい。特に、スリップ後のグリップ時においては、トルク応答性が低いと、実際の実出力トルクがトルク指令に対して過大となるトルク偏差が発生するので、トルク応答性が要求される。そこで、この実施の形態 1 においては、電動機 M1 の回転速度が急変した場合には、変化率リミッタ 235 の変化率制限が緩和される。

[0056] 矩形波発生器 240 は、電圧位相 ϕ_v に従って各相電圧指令値（矩形波パルス） V_u 、 V_v 、 V_w を生成する。信号発生部 250 は、各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w に基づいて制御信号 S3～S8 を生成する。そして、インバータ 14 が制御信号 S3～S8 に従ったスイッチング動作を行なうことにより、電圧位相 ϕ_v に従った矩形波パルスがモータの各相電圧として印加される。

[0057] なお、電力演算部 210 およびトルク演算部 220 に代えてトルクセンサを配置することによって、当該トルクセンサの検出値に基づいてトルク偏差 ΔT_{rq} を求めてもよい。

[0058] 図 6 は、図 4 に示した PWM 制御部 400 の詳細な構成を機能的に説明する機能ブロック図である。図 6 を参照して、PWM 制御部 400 は、電流指令生成部 410 と、座標変換部 420、450 と、電圧指令生成部 440 と、PWM 変調部 460 とを含む。

[0059] 電流指令生成部 410 は、予め作成されたマップ等に基づいて、電動機 M1 のトルク指令値 T_{rq_com} に対応する d 軸電流指令値 I_{d_com} および q 軸電流指令値 I_{q_com} を生成する。座標変換部 420 は、電動機 M1 の回転角 θ を用いた座標変換（uvw 3 相→dq 2 相）により、電流センサ 2

4によって検出される v 相電流 i_v および w 相電流 i_w を d 軸電流 I_d および q 軸電流 I_q に変換する。

[0060] 電圧指令生成部440は、 d 軸電流偏差 ΔI_d ($\Delta I_d = I_{d\text{com}} - I_d$) および q 軸電流偏差 ΔI_q ($\Delta I_q = I_{q\text{com}} - I_q$) の各々についてPI演算を行なうことにより制御偏差を算出し、その制御偏差に応じた d 軸電圧指令値 $V_{d\#}$ および q 軸電圧指令値 $V_{q\#}$ を生成する。

[0061] 座標変換部450は、電動機M1の回転角 θ を用いた座標変換 ($dq2$ 相 $\rightarrow uvw3$ 相) によって、 d 軸電圧指令値 $V_{d\#}$ および q 軸電圧指令値 $V_{q\#}$ を U 相、 V 相、 W 相の各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w に変換する。PWM変調部460は、各相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w と搬送波との比較に基づいて、インバータ14を駆動するための制御信号 $S_3 \sim S_8$ を生成する。なお、搬送波は、所定周波数の三角波やのこぎり波によって構成される。

[0062] 図7は、図1に示した制御装置30により実行される電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理に関するフローチャートである。なお、このフローチャートの処理は、一定時間毎または所定の条件が成立する毎にメインルーチンから呼び出されて実行される。

[0063] 図7を参照して、制御装置30は、制御モードが矩形波電圧制御モードであるか否かを判定する(ステップS10)。制御モードが矩形波電圧制御モードであると判定されると(ステップS10においてYES)、制御装置30は、トルク指令値 $T_{rq\text{com}}$ に対するトルク偏差 ΔT_{rq} についてPI演算を行なうことにより、矩形波電圧の電圧位相 ϕ_v を算出する(ステップS20)。

[0064] 次いで、制御装置30は、電動機M1の回転速度が急変したか否かを判定する(ステップS30)。一例として、電動機M1の回転速度の急変を示すしきい値が予め設定され、回転速度の変化率がそのしきい値を超えると回転速度が急変したものと判定される。

[0065] そして、電動機M1の回転速度が急変したと判定されると(ステップS30においてYES)、制御装置30は、電圧位相 ϕ_v の変化率制限を緩和す

る（ステップS 4 0）。具体的には、制御装置 3 0は、変化率リミッタ 2 3 5（図 5）のリミット値に通常時よりも大きい拡大値を設定する。なお、変化率リミッタ 2 3 5の通常時のリミット値および上記拡大値は、予め設定される。一方、ステップS 3 0において回転速度は急変していないと判定されたときは（ステップS 3 0においてNO）、ステップS 4 0は実行されずにステップS 5 0へ処理が移行される。

[0066] 次いで、制御装置 3 0は、変化率リミッタ 2 3 5によって電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理を実行する（ステップS 5 0）。そして、電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理が実行されると、制御装置 3 0は、電圧位相 ϕ_v に従って各相電圧指令値（矩形波パルス） V_u 、 V_v 、 V_w を生成する（ステップS 6 0）。

[0067] なお、ステップS 1 0において制御モードが矩形波電圧制御モードでないと判定された場合には（ステップS 1 0においてNO）、制御装置 3 0は、上述のPWM制御を実行する（ステップS 7 0）。

[0068] 以上のように、この実施の形態 1においては、矩形波電圧制御において、変化率リミッタ 2 3 5により矩形波電圧の電圧位相 ϕ_v の変化率が制限される。これにより、電動機M 1の回転速度が変化する際に矩形波電圧の位相変化に伴ない発生するモータ電流のオフセットが抑制され、電動機制御の安定性が高まる。一方、電動機M 1の回転速度の急変を示す所定値よりも回転速度の変化率が大きいときは、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限が緩和される。これにより、電動機M 1の回転速度の急変時には、トルク追従が優先され、電動機制御の応答性が高められる。したがって、この実施の形態 1によれば、電動機M 1の矩形波電圧制御について、制御安定性およびトルク応答性を両立させることができる。

[0069] [変形例]

上記の実施の形態 1では、電圧位相 ϕ_v の変化率を制限するための変化率制限部として変化率リミッタ 2 3 5が用いられたが、変化率制限部としてフィルタを用い、フィルタの時定数を変えることによって電圧位相 ϕ_v の変化

率を変更（緩和）可能としてもよい。

[0070] 図 8 は、この変形例における矩形波電圧制御部の構成を機能的に説明する機能ブロック図である。図 8 を参照して、矩形波電圧制御部 200A は、図 5 に示した実施の形態 1 における矩形波電圧制御部 200 の構成において、変化率リミッタ 235 に代えてフィルタ 236 を含む。

[0071] フィルタ 236 は、電圧位相 ϕ_v の変化率を制限するために設けられ、たとえば、時定数可変なローパスフィルタによって構成される。そして、電動機 M1 の回転速度が急変した場合には、フィルタ 236 の時定数を小さくすることによってフィルタ 236 によるフィルタリング機能を緩和し、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和する。

[0072] なお、矩形波電圧制御部 200A のその他の構成は、図 5 に示した矩形波電圧制御部 200 と同じである。

[0073] 図 9 は、この変形例における制御装置 30 により実行される電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理に関するフローチャートである。なお、このフローチャートの処理も、一定時間毎または所定の条件が成立する毎にメインルーチンから呼び出されて実行される。

[0074] 図 9 を参照して、このフローチャートは、図 7 に示したフローチャートにおいて、ステップ S40、S50 に代えてステップ S42、S52 を含む。すなわち、ステップ S30 において電動機 M1 の回転速度が急変したと判定されると（ステップ S30 において YES）、制御装置 30 は、フィルタ 236（図 8）の時定数を通常時よりも小さくする（ステップ S42）。なお、フィルタ 236 の通常時の時定数および上記変更値は、予め設定される。一方、ステップ S30 において回転速度は急変していないと判定されたときは（ステップ S30 において NO）、ステップ S42 は実行されずにステップ S52 へ処理が移行される。

[0075] 次いで、制御装置 30 は、フィルタ 236 によって電圧位相 ϕ_v のフィルタ処理を実行する（ステップ S52）。これにより、電圧位相 ϕ_v の変化率が制限される。そして、電圧位相 ϕ_v のフィルタ処理が実行されると、ステ

ップS 6 0へ処理が移行され、電圧位相 ϕ_v に従って各相電圧指令値（矩形波パルス） V_u 、 V_v 、 V_w が生成される。

[0076] 以上により、この変形例によっても、実施の形態1と同様の効果を得ることができる。

[実施の形態2]

駆動輪DWのスリップやスリップ後のグリップ時など電動機M1の回転速度が外乱により急変した場合、回転速度の変化が増速方向のときは、トルクを維持するためにはトルクフィードバック制御により電圧位相 ϕ_v を進める必要がある。逆に、回転速度の変化が減速方向のときは、トルクを維持するためにはトルクフィードバック制御により電圧位相 ϕ_v を遅らせる必要がある。

[0077] そこで、この実施の形態2では、電動機M1の回転速度が急変したと判定された場合、回転速度の変化が増速方向のときは、電圧位相 ϕ_v を進める側のみ、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和し、回転速度の変化が減速方向のときは、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側のみ、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和する。これにより、不必要な変化率制限の緩和を無くし、制御の安定性を確保する。

[0078] この実施の形態2における電動車両100および制御装置30の全体構成は、実施の形態1と同じである。

[0079] 図10は、実施の形態2における制御装置30により実行される電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理に関するフローチャートである。なお、このフローチャートの処理も、一定時間毎または所定の条件が成立する毎にメインルーチンから呼び出されて実行される。

[0080] 図10を参照して、このフローチャートは、図7に示したフローチャートにおいて、ステップS40に代えてステップS44、S46、S48を含む。すなわち、ステップS30において電動機M1の回転速度が急変したと判定されると（ステップS30においてYES）、制御装置30は、回転速度の変化が増速方向か否かを判定する（ステップS44）。回転速度の変化が

増速方向であると判定されると（ステップS 4 4においてYES）、制御装置30は、電圧位相 ϕ_v を進める側のみ電圧位相 ϕ_v の変化率制限を緩和する（ステップS 4 6）。すなわち、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側については、電圧位相 ϕ_v の変化率制限は緩和されない。

[0081] 一方、ステップS 4 4において回転速度の変化が減速方向であると判定されると（ステップS 4 4においてNO）、制御装置30は、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側のみ電圧位相 ϕ_v の変化率制限を緩和する（ステップS 4 8）。すなわち、電圧位相 ϕ_v を進める側については、電圧位相 ϕ_v の変化率制限は緩和されない。

[0082] そして、ステップS 4 6またはステップS 4 8の処理が実行されると、ステップS 5 0へ処理が移行され、電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理が実行される。

[0083] なお、上記においては、実施の形態1をベースにして電圧位相 ϕ_v の変化率を変化率リミッタ235により制限する場合について説明したが、電圧位相 ϕ_v の変化率をフィルタ236により制限する場合（実施の形態1の変形例）にも同様に適用可能である。すなわち、電圧位相 ϕ_v を進める側と遅らせる側とでフィルタ236の時定数を別々に設定可能とし、回転速度の変化が増速方向の場合には、電圧位相 ϕ_v を進める側のみの時定数を通常値よりも小さくし、回転速度の変化が減速方向の場合には、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側のみの時定数を小さくしてもよい。

[0084] 以上のように、この実施の形態2においては、回転速度の変化が増速方向のときは、電圧位相 ϕ_v を進める側のみ、一方、回転速度の変化が減速方向のときは、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側のみ、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和するようにしたので、変化率制限の緩和が最小限に抑えられる。したがって、この実施の形態2によれば、実施の形態1よりも矩形波電圧制御の安定性を高めることができる。

[0085] [実施の形態3]

上記の各実施の形態においては、電動機M1の回転速度が急変した場合に

電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和するものとしたが、この実施の形態3では、電動機M1のトルク指令が急変した場合に電圧位相 ϕ_v の変化率の制限が緩和される。これにより、トルク指令の急変時のトルク応答性が高められる。

[0086] この実施の形態3における電動車両100および制御装置30の全体構成は、実施の形態1と同じである。

[0087] 図11は、実施の形態3における制御装置30により実行される電圧位相 ϕ_v の変化率制限処理に関するフローチャートである。なお、このフローチャートの処理も、一定時間毎または所定の条件が成立する毎にメインルーチンから呼び出されて実行される。

[0088] 図11を参照して、このフローチャートは、図7に示したフローチャートにおいて、ステップS30に代えてステップS32を含む。すなわち、ステップS20において矩形波電圧の電圧位相 ϕ_v が算出されると、制御装置30は、電動機M1のトルク指令が急変したか否かを判定する（ステップS32）。一例として、電動機M1のトルク指令値 T_{rqcom} の急変を示すしきい値が予め設定され、トルク指令値 T_{rqcom} の変化率がそのしきい値を超えるとトルク指令が急変したものと判定される。

[0089] そして、電動機M1のトルク指令が急変したと判定されると（ステップS32においてYES）、ステップS40へ処理が移行され、電圧位相 ϕ_v の変化率制限が緩和される。一方、ステップS32においてトルク指令は急変していないと判定されたときは（ステップS32においてNO）、ステップS40は実行されずにステップS50へ処理が移行される。

[0090] なお、上記においては、実施の形態1をベースにして電圧位相 ϕ_v の変化率を変化率リミッタ235により制限する場合について説明したが、電圧位相 ϕ_v の変化率をフィルタ236により制限する場合（実施の形態1の変形例）にも同様に適用可能である。すなわち、トルク指令が急変した場合に、フィルタ236の時定数を通常時よりも小さくするようにしてもよい。

[0091] また、実施の形態2と同様に、電動機M1のトルク指令が急変した場合に

、トルク指令の変化が増大方向のときは、電圧位相 ϕ_v を進める側のみ、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和し、トルク指令の変化が減少方向のときは、電圧位相 ϕ_v を遅らせる側のみ、電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和するようにしてもよい。

[0092] また、上記の実施の形態 1, 2 (変形例含む) にこの実施の形態 3 を併せることによって、電動機 M 1 の回転速度またはトルク指令が急変した場合に電圧位相 ϕ_v の変化率の制限を緩和するようにしてもよい。

[0093] 以上のように、この実施の形態 3 によっても、電動機 M 1 の矩形波電圧制御について、制御安定性およびトルク応答性を両立させることができる。

[0094] なお、上記の各実施の形態において、駆動輪 DW の回転速度 (回転数) や電動機 M 1 の回転角 θ の検出値に基づいて駆動輪 DW のスリップおよびグリップを検知し、電動機 M 1 の回転速度が急変したか否かを、駆動輪 DW のスリップまたはスリップ後のグリップが発生したか否かによって判定してもよい。また、上記の実施の形態 2 において、電動機 M 1 の回転速度が急変した場合に回転速度の変化が増速方向に変化したか否かを、駆動輪 DW のスリップが発生したかによって判定してもよい。

[0095] なお、この発明は、図 1 に示した電動車両 100 の基本構成を有する様々な車両に適用可能である。たとえば、図 1 に示した構成にエンジンをさらに搭載するハイブリッド自動車や、蓄電装置 B に加えて燃料電池を直流電源として搭載する燃料電池自動車等にもこの発明は適用可能である。

[0096] なお、上記において、PI 演算部 230 は、この発明における「電圧指令生成部」の一実施例に対応し、変化率リミッタ 235 およびフィルタ 236 の各々は、この発明における「変化率制限部」の一実施例に対応する。

[0097] 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請求の範囲によって示され、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。

符号の説明

[0098] 5～7 電力線、10, 13 電圧センサ、10# 直流電圧発生部、11, 24 電流センサ、12 コンバータ、14 インバータ、15 U相上下アーム、16 V相上下アーム、17 W相上下アーム、25 回転角センサ、30 制御装置、100 電動車両、200, 200A 矩形波電圧制御部、210 電力演算部、220 トルク演算部、230 PI演算部、235 変化率リミッタ、236 フィルタ、240 矩形波発生器、250 信号発生部、400 PWM制御部、410 電流指令生成部、420, 450 座標変換部、440 電圧指令生成部、460 PWM変調部、490 制御モード切替部、B 蓄電装置、SR1, SR2 システムリレー、C0, C1 平滑コンデンサ、Q1～Q8 スイッチング素子、D1～D8 ダイオード、L1 リアクトル、M1 電動機、DW 駆動輪。

請求の範囲

- [請求項1] トルク指令に従って電動機（M1）を動作させるように位相制御された矩形波電圧指令を生成するための電圧指令生成部（430）と、
 前記矩形波電圧指令の変化率を制限するための変化率制限部（235, 236）とを備え、
 前記変化率制限部は、前記電動機の回転速度の急変を示す所定値よりも前記電動機の回転速度の変化率が大きいとき、前記矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する、電動機の制御装置。
- [請求項2] 前記変化率制限部は、前記電動機の回転速度の変化が増速方向のとき、前記矩形波電圧指令の位相を進める側のみの前記制限を緩和し、前記電動機の回転速度の変化が減速方向のとき、前記矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの前記制限を緩和する、請求項1に記載の電動機の制御装置。
- [請求項3] 前記変化率制限部は、さらに、前記トルク指令の急変を示すもう1つの所定値よりも前記トルク指令の変化率が大きいとき、前記制限を緩和する、請求項1に記載の電動機の制御装置。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の電動機の制御装置（30）と、
 前記制御装置によって制御される電動機（M1）と、
 前記電動機によって駆動される駆動輪（DW）とを備える電動車両。
- [請求項5] 前記制御装置の変化率制限部（235, 236）は、前記駆動輪のスリップまたは前記スリップ後の前記駆動輪のグリップが検知されると、前記矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和する、請求項4に記載の電動車両。
- [請求項6] 前記変化率制限部は、前記スリップが検知されると、前記矩形波電圧指令の位相を進める側のみの前記制限を緩和し、前記グリップが検知されると、前記矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの前記制限

を緩和する、請求項 5 に記載の電動車両。

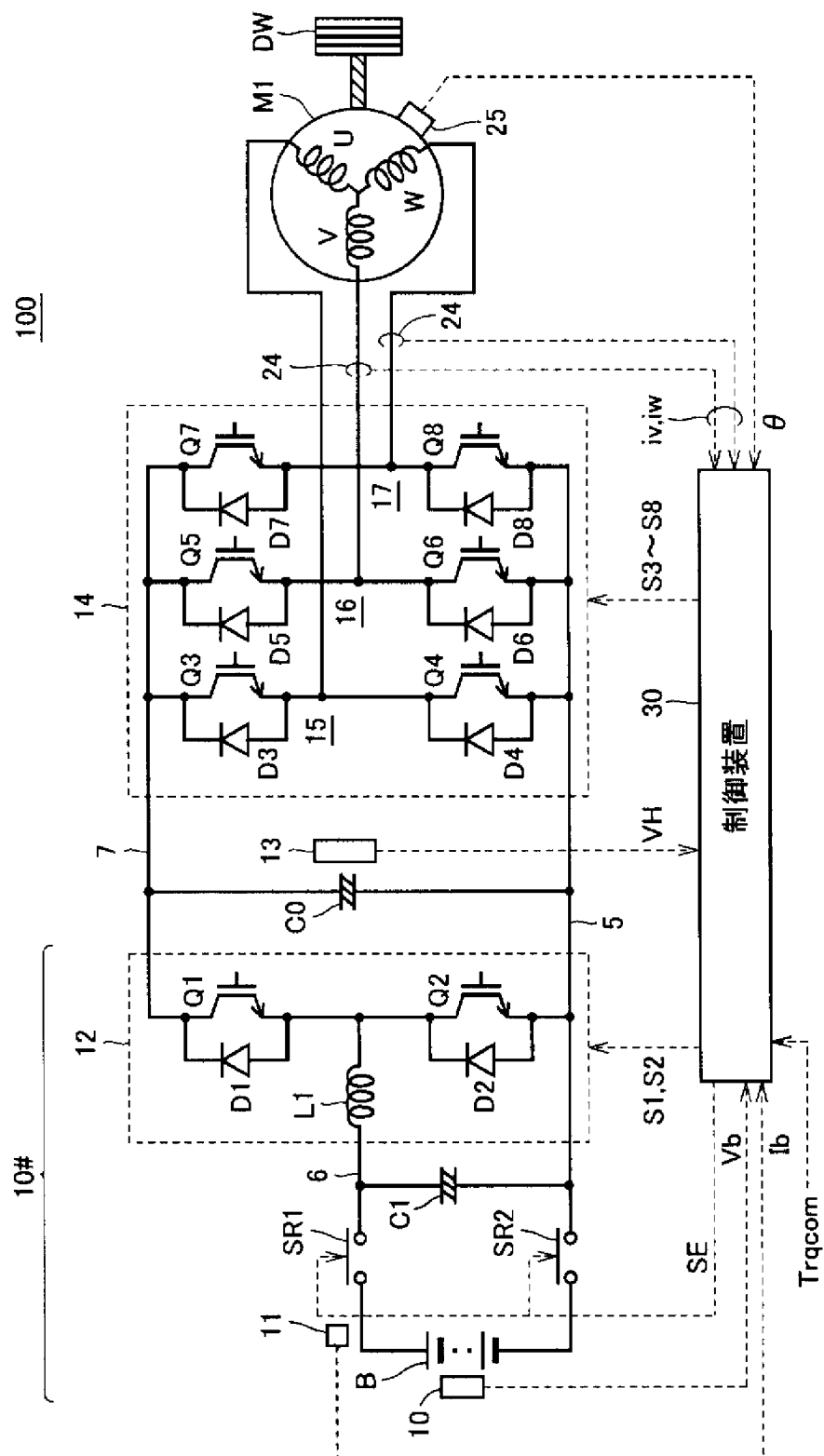
[請求項 7] 前記変化率制限部は、さらに、前記トルク指令の急変を示すもう 1 つの所定値よりも前記トルク指令の変化率が大きいとき、前記制限を緩和する、請求項 4 に記載の電動車両。

[請求項 8] 電動機 (M 1) の制御方法であって、
トルク指令に従って電動機を動作させるように位相制御された矩形波電圧指令を生成するステップと、
前記矩形波電圧指令の変化率を制限するステップと、
前記電動機の回転速度の急変を示す所定値よりも前記電動機の回転速度の変化率が大きいとき、前記矩形波電圧指令の変化率の制限を緩和するステップとを含む、電動機の制御方法。

[請求項 9] 前記変化率の制限を緩和するステップは、
前記電動機の回転速度の変化が増速方向のとき、前記矩形波電圧指令の位相を進める側のみの前記制限を緩和するステップと、
前記電動機の回転速度の変化が減速方向のとき、前記矩形波電圧指令の位相を遅らせる側のみの前記制限を緩和するステップとを含む、請求項 8 に記載の電動機の制御方法。

[請求項 10] 前記変化率の制限を緩和するステップは、前記トルク指令の急変を示すもう 1 つの所定値よりも前記トルク指令の変化率が大きいとき、前記制限を緩和するステップを含む、請求項 8 に記載の電動機の制御方法。

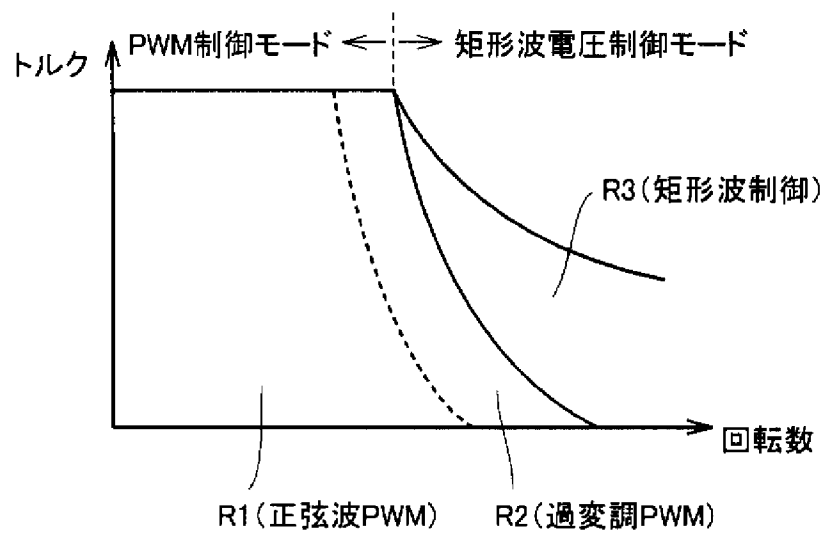
[図1]



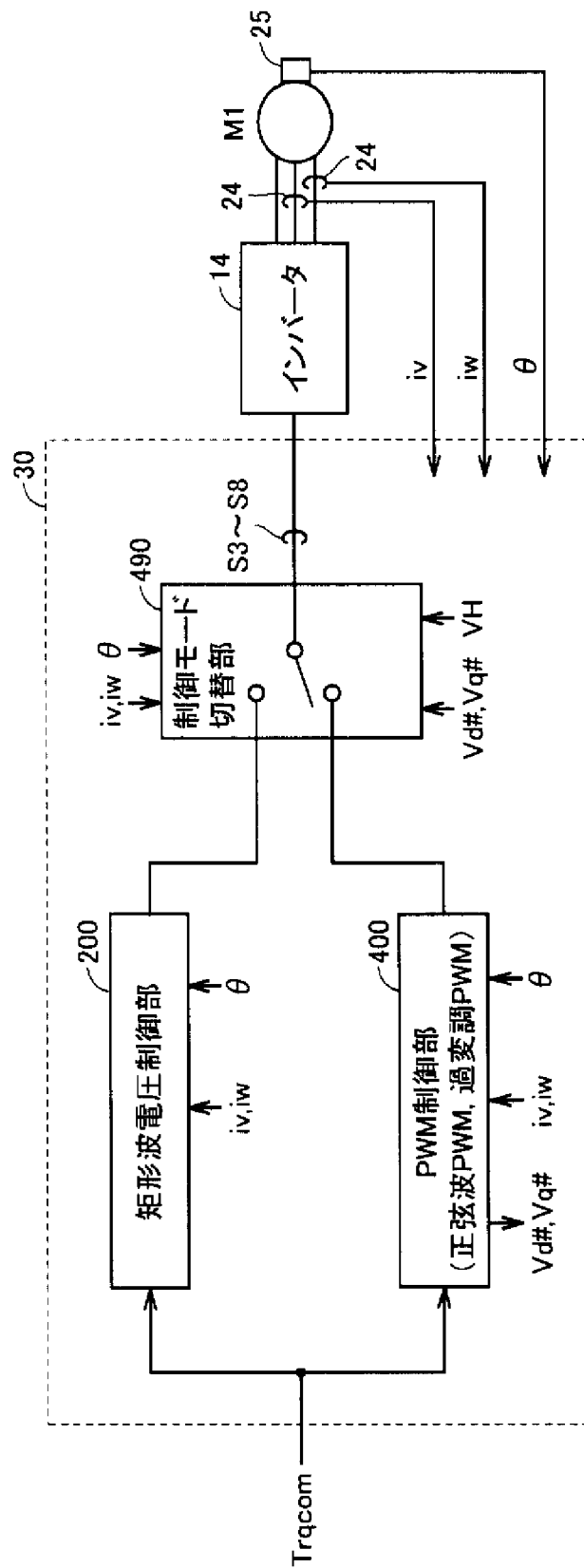
[図2]

制御方式	PWM制御モード		矩形波電圧 制御モード
	正弦波PWM	過変調PWM	矩形波(1パルス)
インバータの出力 電圧波形	基本波成分 	基本波成分 	基本波成分 
変調率	0～約0.61	正弦波PWMでの 最高値～0.78	0.78
特徴	トルク変動小	中速域の 出力向上	高速域の 出力向上

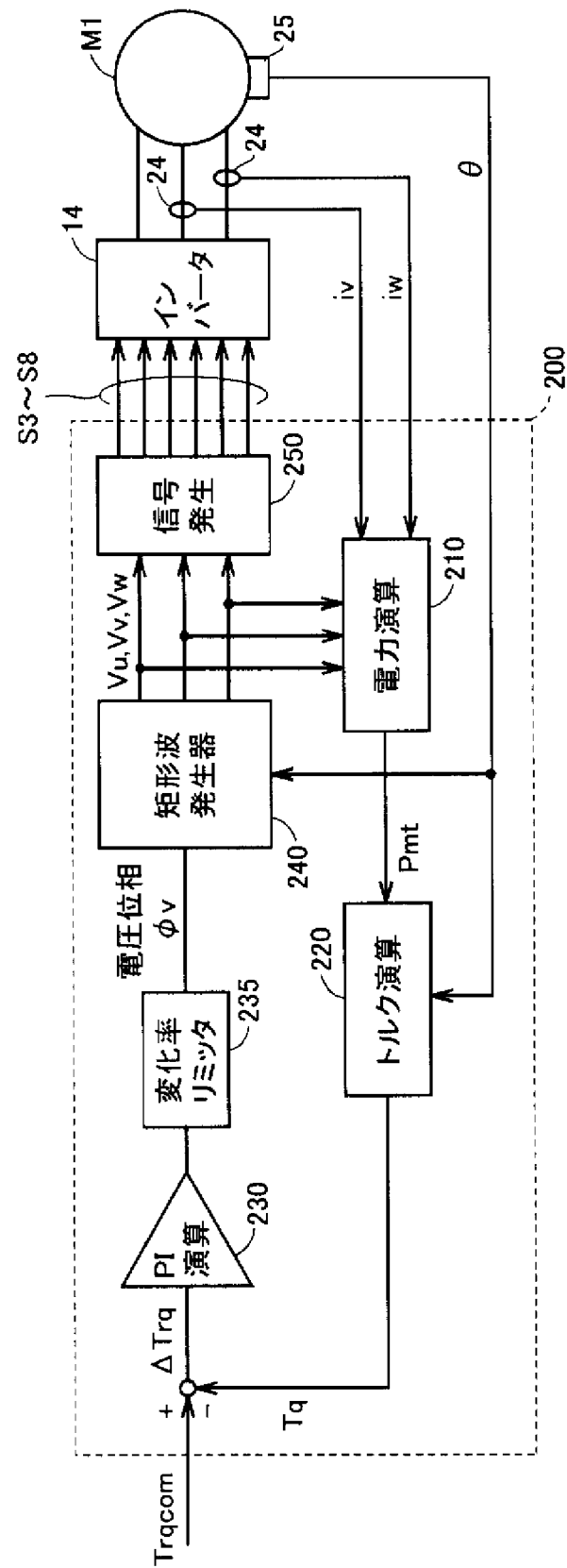
[図3]



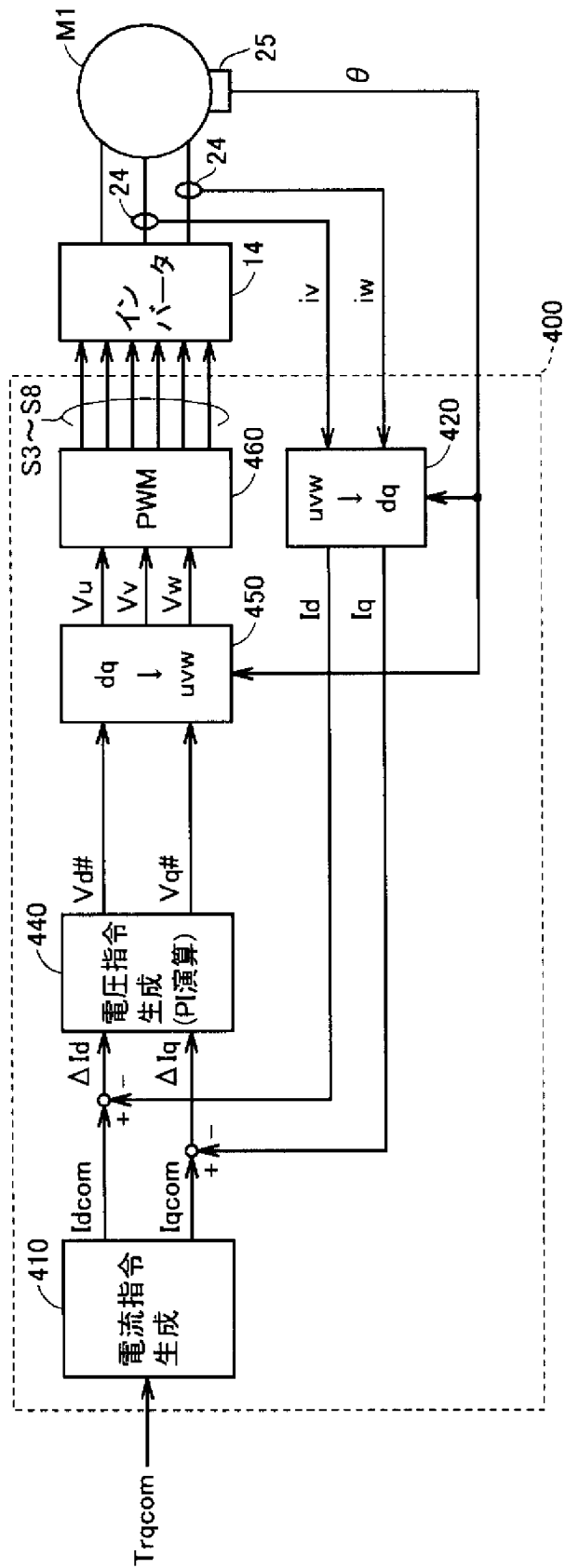
[図4]



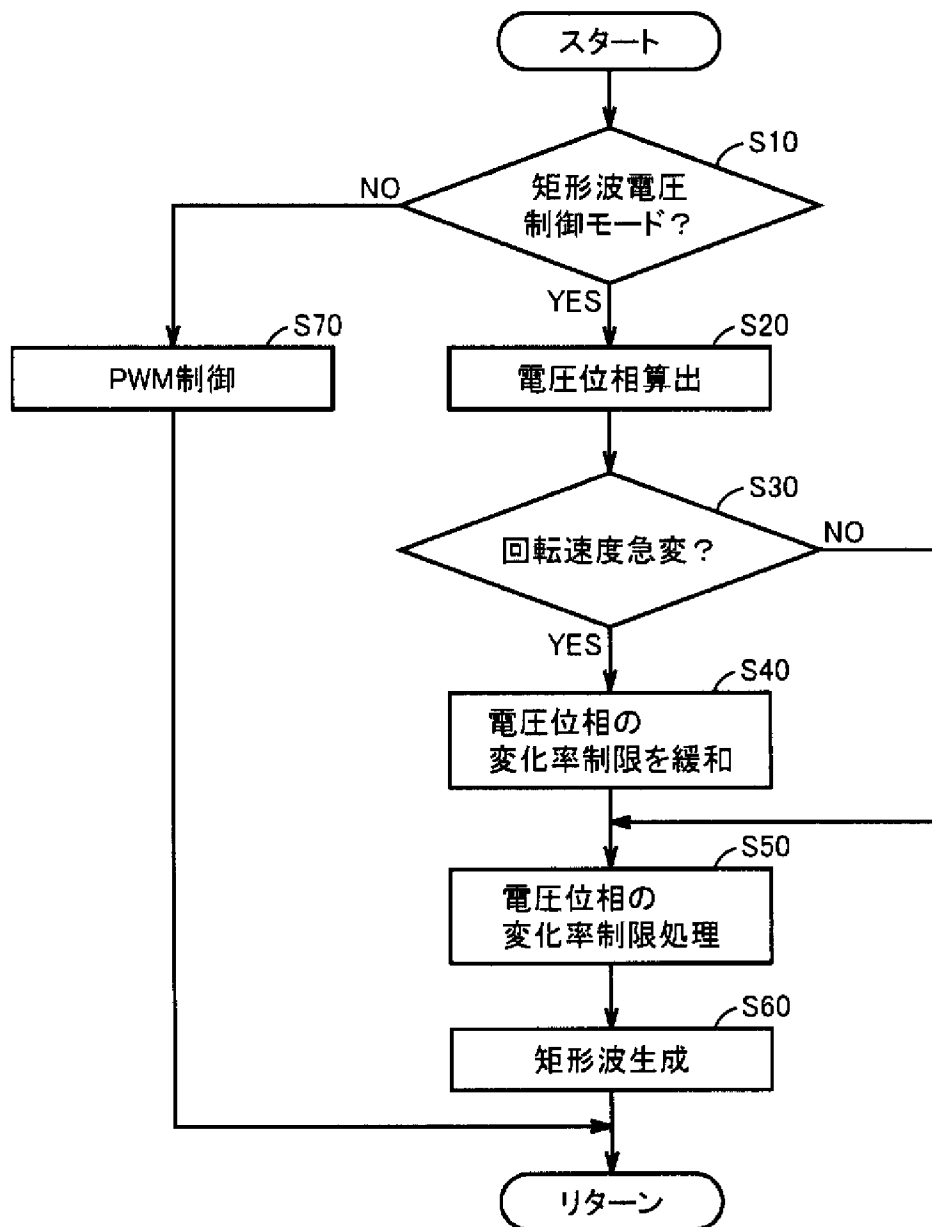
[図5]



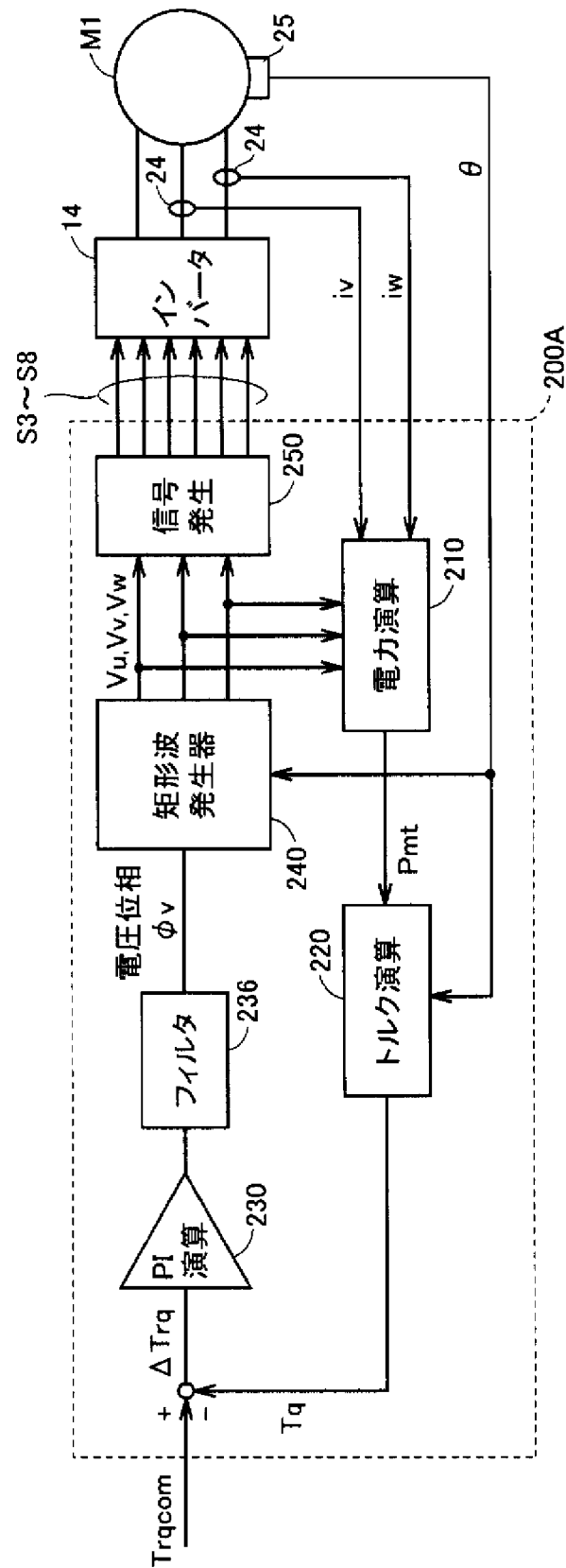
[図6]



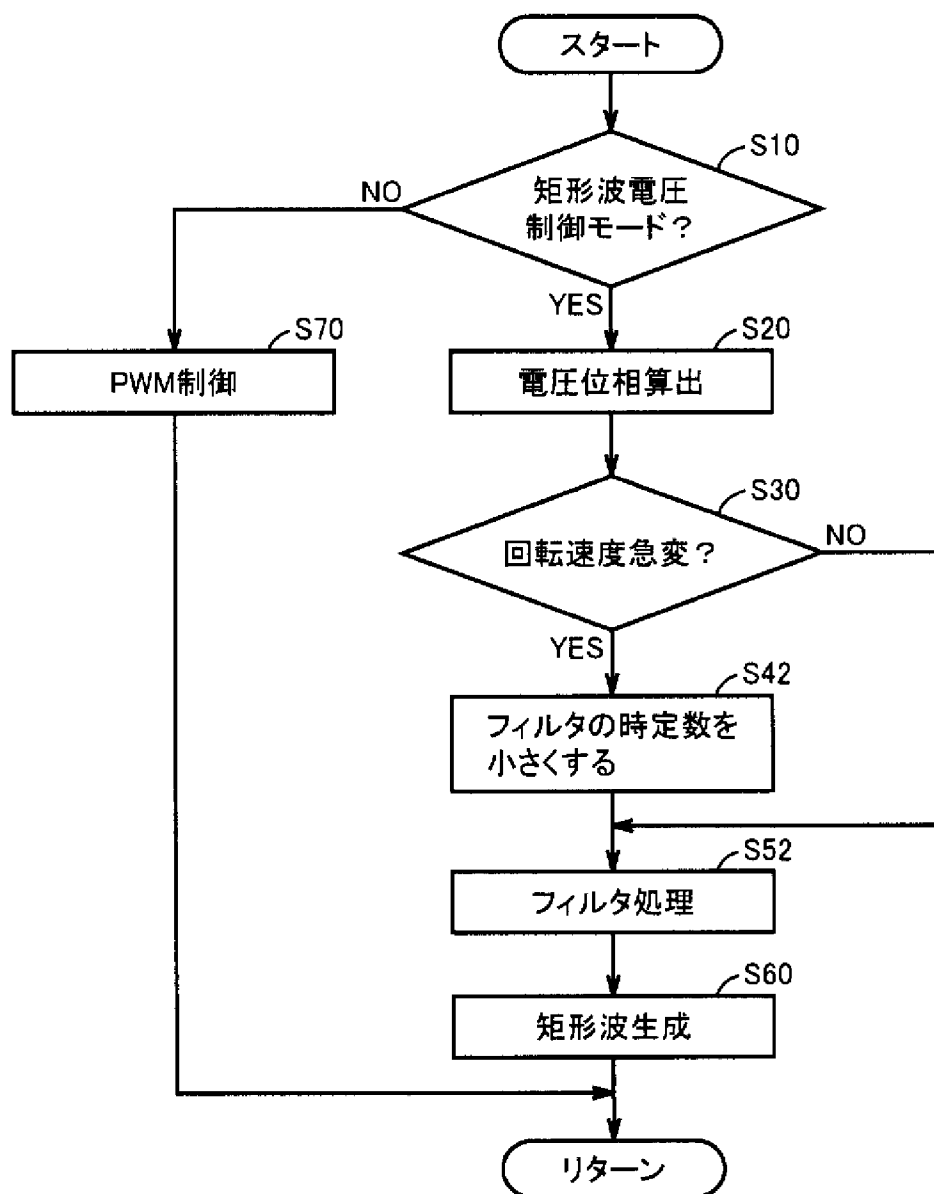
[図7]



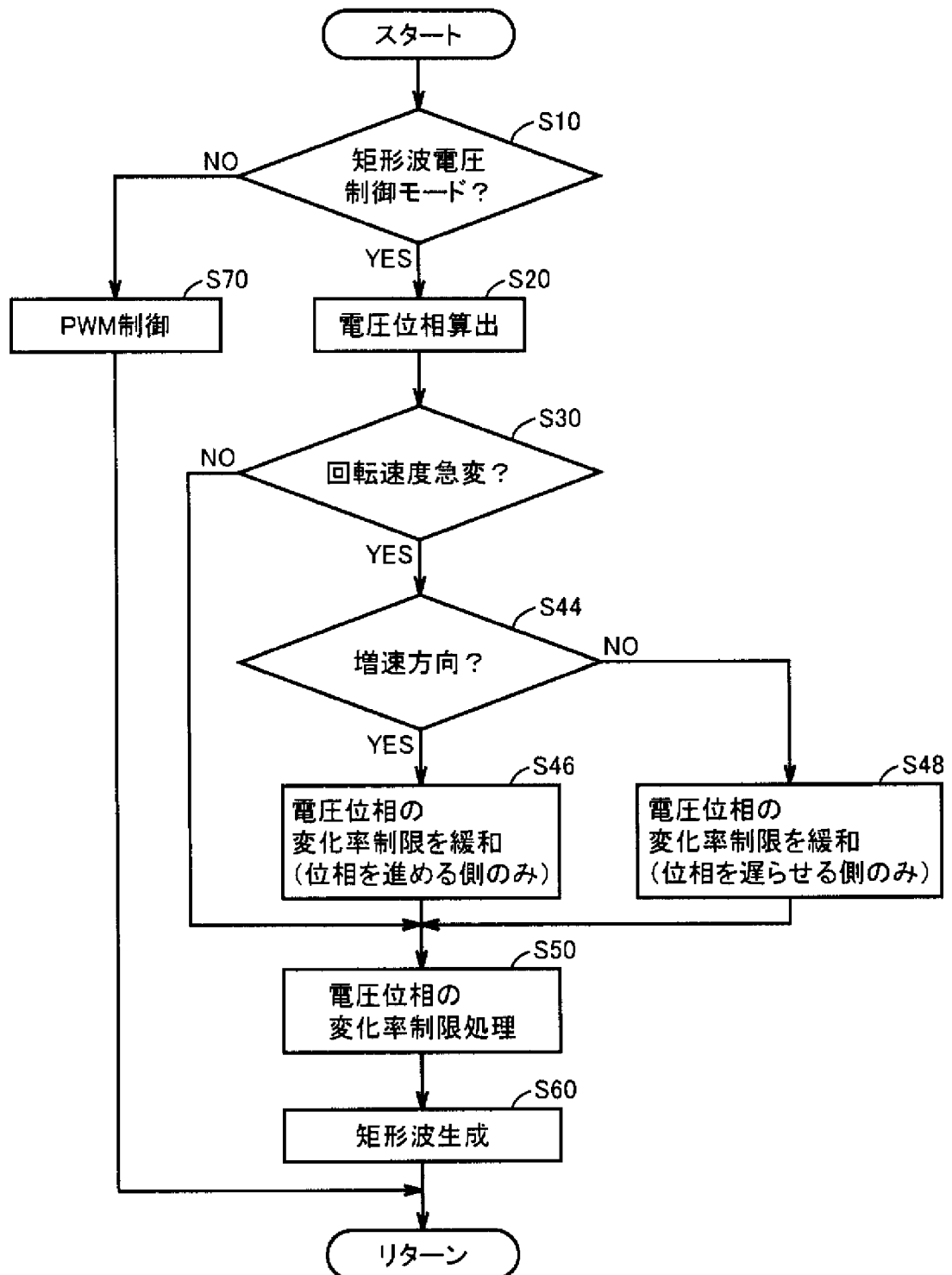
[図8]



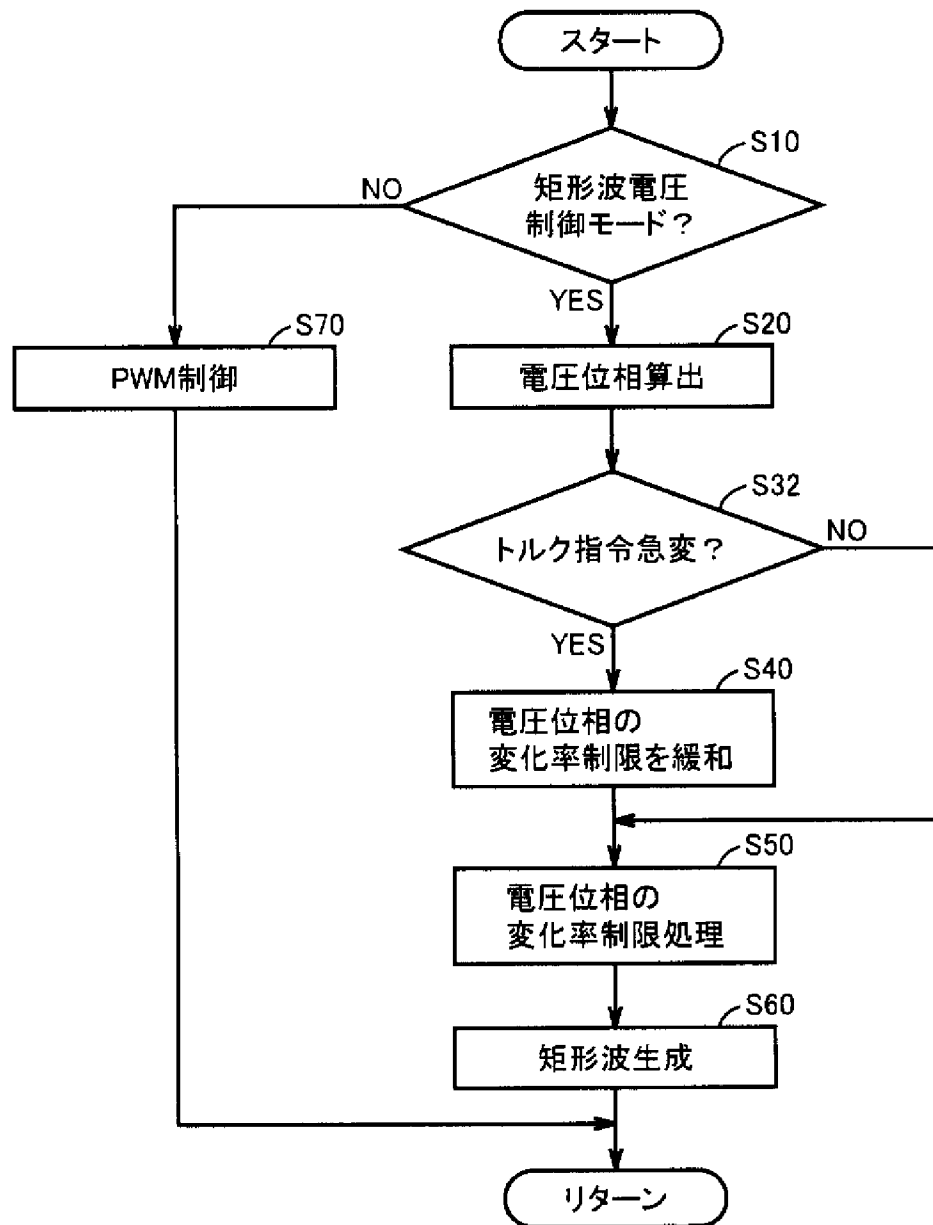
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058598

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P27/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P27/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-51850 A (Toyota Motor Corp.), 24 February 2005 (24.02.2005), & US 2006/0237244 A1 & EP 1654138 A & WO 2005/012026 A1 & CN 1829620 A	1-10
A	JP 2005-45880 A (Toyota Motor Corp.), 17 February 2005 (17.02.2005), (Family: none)	1-10
A	JP 2006-232492 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 07 September 2006 (07.09.2006), & US 2006/0192519 A1 & EP 1695861 A2	1-10
A	JP 9-312978 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 02 December 1997 (02.12.1997), (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 July, 2011 (05.07.11)

Date of mailing of the international search report
19 July, 2011 (19.07.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02P27/06 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02P27/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-51850 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 02. 24, & US 2006/0237244 A1 & EP 1654138 A & WO 2005/012026 A1 & CN 1829620 A	1-10
A	JP 2005-45880 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 02. 17, (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2006-232492 A (三菱重工業株式会社) 2006. 09. 07, & US 2006/0192519 A1 & EP 1695861 A2	1-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

尾家 英樹

3 V

9 3 3 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 9-312978 A (東洋電機製造株式会社) 1997. 12. 02, (ファミリーなし)	1-10