(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3633270号
(P3633270)
(45)発行日　平成17年3月30日(2005.3.30)　(24)登録日　平成17年1月7日(2005.1.7)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H02P 7/63　H02P 7/63 302D

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21)出願番号　特願平10-79509
(22)出願日　平成10年3月26日(1998.3.26)
(65)公開番号　特開平11-285288
(43)公開日　平成11年10月15日(1999.10.15)
審査請求日　平成14年7月30日(2002.7.30)

(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100075258
弁理士　吉田　研二
(74)代理人　100096976
弁理士　石田　純
(72)発明者　長本　真
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　佐藤　栄次
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　三島木　英宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】モータ制御装置およびモータ制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電源より得られる電力をモータへの供給電力に変換する電力変換部に対して変換制御信号を送ってモータを制御するモータ制御装置において、
モータへの供給電力の電圧波形を正弦波にする変換制御信号を生成する正弦波制御部と、
前記電圧波形を矩形波にする変換制御信号を生成する矩形波制御部と、
モータ回転数およびモータトルクの少なくとも一方に応じて、正弦波制御モードと矩形波制御モードを切り替えるモード切替部と、
モード切替の際に、切替前の正弦波から切替後の矩形波へ向けて、または切替前の矩形波から切替後の正弦波へ向けて前記電圧波形を連続的に変化させる変換制御信号を生成する切替中間制御部と、
を含み、
前記切替中間制御部は、矩形波を無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であるとみなして、正弦電圧波形の位相および振幅の同時かつ連続的な変化によって、切替前の電圧波形を切替後の電圧波形に近づけて行くことを特徴とするモータ制御装置。
【請求項２】
請求項１に記載の装置において、
前記正弦波制御部は、正弦波信号に基づくＰＷＭ処理を行って変換制御信号を生成し、
前記切替中間制御部は、切替前後の電圧波形の中間の位相と振幅をもつ変形正弦波信号に基づくＰＷＭ処理を行って変換制御信号を生成することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項３】
請求項１又は２に記載の装置において、
前記モータは、車両に搭載された車両用モータであり、この車両用モータを制御することを特徴とするモータ制御装置。
【請求項４】
モータへの供給電力を調整してモータを制御するモータ制御方法であって、
モータへの供給電力の電圧波形を正弦波にする正弦波制御モードと、前記電圧波形を矩形波にする矩形波制御モードとをモータの状態に応じて切り替えるモード切替工程を含み、
このモード切替工程では、矩形波を無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であるとみなして、正弦電圧波形の位相および振幅の同時かつ連続的な変化によって、前記電圧波形を切替前の正弦波から切替後の矩形波へ、または切替前の矩形波から切替後の正弦波へ向けて近づけていくことを特徴とするモータ制御方法。
【請求項５】
請求項４に記載のモータ制御方法において、
前記モータは、車両に搭載された車両用モータであり、この車両用モータを制御することを特徴とするモータ制御方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、モータ制御装置および制御方法に関し、特に、正弦波制御と矩形波制御をモータの状態に応じて切り替えるものに関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、低公害の観点から電気自動車が注目されている。典型的な電気自動車は、バッテリ、インバータおよびモータを搭載している。インバータは電力変換装置の一種であり、複数の半導体素子のスイッチング動作によって、バッテリから得られる電力をモータへの供給電力に変換する。この供給電力によりモータが駆動され、車両の推進力が発生する。モータ制御装置は、運転者のアクセル操作に応じてモータの出力を制御するものであり、スイッチング動作を指示するスイッチング信号をインバータに送ることによってモータを制御する。以下、このスイッチング信号のように、電力変換装置の変換動作を制御する信号を変換制御信号という。
【０００３】
モータ制御では、正弦波制御が広く一般に行われている。正弦波制御とは、モータへの供給電力の電圧波形を正弦波にする制御である。正弦波制御は、例えば、ベクトル制御とＰＷＭ制御によって実現される。図１（ａ）では、実線の正弦波信号が点線のＰＷＭ搬送波と比較されて、スイッチング信号が生成される。このスイッチング信号に従ってインバータが電力変換を行うと、モータへの出力電圧波形が実質的に正弦波になる。なお、図１では１相の電圧波形のみが示されているが、実際には、モータの構成に応じた複数の電圧波形がある（以下、同じ）。このような正弦波制御は、高いモータ効率を得られるので広く用いられている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
図２は、モータの運転範囲を示しており、横軸は回転数であり、縦軸はトルクである。モータは理論的には点線で囲まれた領域内で使用可能である。しかし、斜線で示される高回転、高トルク領域ではモータの逆起電圧が高い。この領域では、外乱要因によって、逆起電圧が急上昇してバッテリ電圧を上回りやすい。正弦波制御では、このような逆起電圧に対処する処理が容易でない。そのため、従来のモータ制御では、実線で囲まれた領域、すなわち斜線部分を除いた領域しか使われていなかった。
【０００５】
しかしながら、モータの出力増大が求められており、高回転、高トルク領域でもモータを

使用することが望まれる。このような要求に応えるべく、矩形波制御を利用することが考えられる。

【０００６】

矩形波制御は、正弦波制御とは別の周知の制御であり、図１（ｂ）に示すような矩形波を用いる。矩形波の波高値（電圧値）は一定である。モータへの供給電力の電圧波形がこの矩形波となるように、インバータへのスイッチング信号が生成される。

【０００７】

矩形波制御によれば、正弦波制御が困難な高回転、高トルク領域でも容易にモータを制御できる。そこで、通常は効率の高い正弦波制御を行い、高回転、高トルク領域では矩形波制御を行えば、高効率と高出力の両方を兼ね備えたモータを実現できると考えられる。

【０００８】

しかしながら、正弦波制御モードと矩形波制御モードの切替を行うと、下記のように、モード切替時のトルク変動という問題が生じる。例として、図２の点ｘ１から点ｘ３へ運転状態が変化する過程において点ｘ２でモード切替を行う場合を考える。点ｘ２では、正弦波制御から、同等のトルクを発生する矩形波制御への切替が行われるべきである。図３は三角波比較前の電圧指令値である。図３（ａ）において、正弦波ａおよび矩形波ｃは同等のトルクを生じさせるものであり、２つの波形では位相が異なっている。

【０００９】

実際のモード切替では、まず正弦波ａが、同一の位相をもつ矩形波ｂに切り替えられる。モータへの供給電圧の位相は瞬時には変えられないからである。それから、矩形波制御モードの下での位相調整が行われ、矩形波ｂが、切替後の矩形波ｃまで変更される。

【００１０】

ところが、このような切替処理を行うと、切替時にトルク変動が生じてしまう。同一の位相をもつ正弦波ａと矩形波ｂでは、矩形波ｂの方が大きなトルクを生じるからである。

【００１１】

図３（ｂ）を参照すると、図中の位相－トルクライン（実線）に示されるように、矩形波制御のモータトルクは矩形波の位相によって決まる。矩形波の波高は一定だからである。点ａの状態で正弦波制御が行われているときにモード切替が行われたとする。上記のようにモータへの供給電力の位相は瞬時には変えられないので、まず運転状態が点ａから点ｂへ移動する。それから、矩形波の位相調整により、位相－トルクラインに沿ってモータの状態が変化する。運転状態が点ｃに達した時点で、切替前と同等のトルクが得られる。上記の切替過程では、点ａと点ｂのトルク差に相当するトルク変動が生じる。

【００１２】

なお、矩形波制御から正弦波制御への切替を行う場合にも上記と同様である。図３（ｂ）において、まず、矩形波制御モードでの位相調整により、矩形波の位相が出発点ｃから点ｂに移動する。そして、運転状態が点ｂに到達してから、矩形波制御から正弦波制御への切替が行われる。この切替過程で、点ｂと点ａのトルク差に相当するトルク変動が生じる。

【００１３】

以上のように、正弦波制御と矩形波制御のモード切替を行うと、切替過程でトルク変動が生じる。このトルク変動は、車両挙動に影響を及ぼすものであり、違和感となって運転者に伝わる。従って、このようなトルク変動の発生を防ぐことが望まれる。

【００１４】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、正弦波制御と矩形波制御の切替を少ないトルク変動でスムーズに行うことができるモータ制御装置および制御方法を提供することにある。

【００１５】

【課題を解決するための手段】

本発明は、電源より得られる電力をモータへの供給電力に変換する電力変換部に対して変換制御信号を送ってモータを制御するモータ制御装置において、モータへの供給電力の電

圧波形を正弦波にする変換制御信号を生成する正弦波制御部と、前記電圧波形を矩形波にする変換制御信号を生成する矩形波制御部と、モータ回転数およびモータトルクの少なくとも一方に応じて、正弦波制御モードと矩形波制御モードを切り替えるモード切替部と、モード切替の際に、切替前の正弦波から切替後の矩形波へ向けて、または切替前の矩形波から切替後の正弦波へ向けて前記電圧波形を連続的に変化させる変換制御信号を生成する切替中間制御部と、を含み、前記切替中間制御部は、矩形波を無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であるとみなして、正弦電圧波形の位相および振幅の同時かつ連続的な変化によって、切替前の電圧波形を切替後の電圧波形に近づけて行くことを特徴とする。

【００１６】

好ましくは、前記正弦波制御部は、正弦波信号に基づくＰＷＭ処理を行って変換制御信号を生成し、前記切替中間制御部は、切替前後の電圧波形の中間の位相と振幅をもつ変形正弦波信号に基づくＰＷＭ処理を行って変換制御信号を生成する。

【００１７】

上記のように、矩形波は、無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であるとみなすことができる。これにより、切替前の電圧波形と切替後の電圧波形とは、異なる位相と振幅をもつ２つの正弦波であるとみなされる。そこで、正弦電圧波形の位相と振幅の同時かつ連続的な変化によって、切替前の電圧波形を切替後の電圧波形に近づけていく。正弦波から矩形波への切替では、切替前の正弦波の位相を切替後の矩形波の位相に連続的に近づけ、これと同時に、切替前の正弦波の振幅を無限大または十分に大きな振幅に連続的に近づけていく。矩形波から正弦波への切替では逆の処理が行われる。このように、従来は切替途中に矩形波の位相調整が行われたのと異なり、本発明では切替途中に正弦波の位相および振幅が同時かつ連続的に変更されるので、切替途中で大きなトルク変動が発生することなく、切替前の電圧波形が切替後の電圧波形に移行する。また、このモータ制御装置を、車両に搭載された車両用モータに適用した場合には、車両挙動に対する影響の少ないスムーズなモード切替が可能となり、運転者に違和感を与えるのを防ぐことが可能となる。

【００１８】

なお、本発明は、正弦波制御から矩形波制御への切替と、その逆の切替の両方に適用されてもよい。また、どちらか一方の切替にのみ適用されてもよい。

【００１９】

また、本発明の一態様は、モータへの供給電力を調整してモータを制御するモータ制御方法であって、モータへの供給電力の電圧波形を正弦波にする正弦波制御モードと、前記電圧波形を矩形波にする矩形波制御モードとをモータの状態に応じて切り替えるモード切替工程を含み、このモード切替工程では、矩形波を無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であるとみなして、正弦電圧波形の位相および振幅の同時かつ連続的な変化によって、前記電圧波形を切替前の正弦波から切替後の矩形波へ、または切替前の矩形波から切替後の正弦波へ向けて近づけていくことを特徴とする。この態様によれば、本発明の上述の効果が、モータ制御方法というかたちで得られる。また、このモータ制御方法を、車両に搭載された車両用モータの制御に適用してもよい。

【００２０】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面を参照し説明する。

【００２１】

まず、図４を参照して、本実施形態のモード切替の原理を説明する。ここでは、正弦波制御モードから矩形波制御モードへの切替処理を説明する。ただし、逆のモード切替処理も、切替の方向が異なることを除き、ほぼ同様である。

【００２２】

図４（ａ）において、正弦波ａ１はモード切替前の電圧波形であり、矩形波ｃ１はモード切替後の電圧波形である。正弦波ａ１と矩形波ｃ１は異なる位相をもっており、両電圧波形は同等のトルクを生じさせる。

【００２３】
本実施形態では、「矩形波ｃ１が、無限大または十分に大きな振幅をもつ正弦波であり、その波高値は電圧上限値（最大バッテリ電圧）によって制限されている」とみなされる。これにより、切替開始時と切替終了時の電圧波形がともに正弦波であり、２つの正弦波では位相と振幅が異なるとみなすことができる。
【００２４】
モード切替を開始する前に、正弦波ａ１の位相と振幅が切替初期値に設定される。また、矩形波ｃ１の位相が切替目標の位相に設定され、さらに無限大の振幅が切替目標の振幅に設定される。
【００２５】
モード切替が開始すると、切替初期値から切替目標値へ向けて、電圧波形の位相および振幅が同時かつ連続的に変更される。すなわち、初期の位相から目標の位相へ連続的に正弦波の位相が変更され、これと同時に、初期の振幅から無限大の振幅に向けて連続的に正弦波の振幅が変更されていく。
【００２６】
図４の電圧波形ｂ１は、切替の途中の電圧波形である。この電圧波形ｂ１は、切替初期と切替目標の中間の位相および振幅をもつ正弦波である。矩形波と同様に最大バッテリ電圧にて電圧値にリミットがかかるので波形の一部が平坦である。このような変化途中の電圧波形ｂ１は、切替前後の正弦波ａ１および矩形波ｃ１と同等かそれらに近いモータトルクを生じさせる。従って、大きなトルク変動を生じることなく、正弦波ａ１から矩形波ｃ１へ電圧波形を変更することが可能となる。
【００２７】
図４（ｂ）を参照すると、点ａ１は、切替前の正弦波制御モードでの運転状態である。点ｃ１は、切替後の矩形波制御モードでの運転状態である。点ａ１と点ｃ１では、トルクは等しいが位相は異なる。従来のモード切替では、まず正弦波制御から矩形波制御への切替が行われ、この切替で運転状態は点ａ１から点ｂ１に移動する。それから矩形波制御での位相調整が行われ、運転状態は、位相－トルクラインに沿って点ｂ１から点ｃ１へ移動する。従来はこのような運転状態の軌跡に起因するトルク変動が生じる。
【００２８】
一方、本実施形態では、点ｃ１の状態での矩形波が、無限大の振幅をもつ正弦波とみなされる。そして、図４（ａ）に示すような電圧波形の位相と振幅の連続的な変化により、運転状態は、点線で示すように点ａ１から点ｃ１へ向かって直線に近い軌跡を描いて移行する。この間、運転状態が点ｃ１に到達する直前までは、電圧波形が正弦波である。図４（ｂ）から明らかなように、本実施形態によれば、モード切替時のトルク変動を低減することが可能となる。
【００２９】
図５は、本実施形態のモータ制御装置が搭載された電気自動車の駆動システムを示している。バッテリ２は、インバータ４を介してモータ６に接続されている。モータ６は、永久磁石式の三相交流モータである。モータ６は、減速ギア８を介して車輪１０に連結されている。バッテリ２からインバータ４へは直流電流が供給される。この直流電流はインバータ４にて交流電流に変換され、モータ６は、インバータ４から供給される電力で回転する。そして、モータ６の出力トルクが減速ギア８を介して車輪１０へ伝えられ、車両が走行する。
【００３０】
モータＥＣＵ１２は、インバータ４にスイッチング信号（Ｓｕ，Ｓｖ，Ｓｗ）を送ることによってモータ６のトルクを制御する装置である。インバータ４には複数の半導体素子が備えられており、電力変換は半導体素子のスイッチング動作によって行われる。スイッチング信号は、半導体素子に必要なスイッチング動作を行わせるための信号であり、すなわち、インバータ４に必要な電力変換を行わせるための信号である。本実施形態では、このスイッチング信号が本発明の変換制御信号に相当する。

【００３１】
モータＥＣＵ１２には、電流センサ１４が検出したモータ電流（Ｉｕ，Ｉｖ，Ｉｗ）が入力される。モータ電流は、インバータ４からモータ６に供給される電流である。また、回転角センサ１６は、モータ６のロータ角（θ：ステータに対するロータの回転角度（位置））を検出してモータＥＣＵ１２に送っている。モータ回転数はロータ角信号から求められる。さらに、モータＥＣＵ１２には、アクセル１８からアクセル操作量を示す信号が入力される。
【００３２】
モータＥＣＵ１２では、トルク決定部２０が、アクセル操作量やモータ回転数（車速）に基づいて、モータ６が出力すべきトルクを決定し、この出力トルクに対応するトルク指令Ｔ＊を求める。トルク指令Ｔ＊は、正弦波制御部２２および矩形波制御部２４にて、インバータ４へのスイッチング信号の生成のために用いられる。本実施形態では、図６に示すように、モータ回転数Ｎおよびモータトルク Ｔに応じて正弦波制御モードと矩形波制御モードが切り替えられる。
【００３３】
正弦波制御モードでは、正弦波制御部２２によりスイッチング信号が生成される。正弦波制御部２２は、周知のベクトル制御部２６およびＰＷＭ制御部２８を有し、ベクトル制御とＰＷＭ制御によってパルス幅変調されたスイッチング信号を生成する。この処理は、電気自動車の制御に広く用いられており周知であるので、詳細な説明は省略する。概略的には、トルク指令Ｔ＊からｄ－ｑ軸座標上のｄ軸電流指令Ｉｄ＊およびｑ軸電流指令Ｉｑ＊が求められる。一方、モータ電流Ｉｕ，Ｉｖ，Ｉｗから励磁電流ＩｄおよびトルクＩｑが求められる。これらの指令値および電流値に基づいて電圧指令Ｖｄ，Ｖｑが求められ、さらに電圧指令Ｖｄ，Ｖｑの座標変換が行われる。前述の図１（ａ）は、この段階の電圧信号を示している。座標変換後の電圧信号が所定形状のＰＷＭ搬送波と比較され、パルス幅変調されたスイッチング信号Ｓｕ，Ｓｖ，Ｓｗが生成される。スイッチング信号に従ってインバータ４が電力変換を行うことにより、モータ電流の電圧波形は正弦波に対応したものになる。そして、モータ６により、トルク決定部２０で決定されたトルクが出力される。
【００３４】
一方、矩形波制御モードでは、矩形波制御部２４によりスイッチング信号が生成される。矩形波制御においては、矩形波の波高が一定であり、周期はモータ回転数（車速）によって決まる。従って、矩形波の位相が制御対象となり、この位相によってトルクが決まる。矩形波の位相の基準はロータ角θである。矩形波制御では、モータ電流Ｉｕ，Ｉｖ，Ｉｗから励磁電流ＩｄおよびトルクＩｑが求められる。そして、これらの電流Ｉｄ，Ｉｑから、モータの現在のトルクＴが求められる。このトルクＴがトルク指令Ｔ＊と比較されて、矩形波の位相が決定される。矩形波の位相がロータ角θに加算され、加算結果に基づいてスイッチング信号Ｓｕ，Ｓｖ，Ｓｗが生成される。スイッチング信号に従ってインバータ４が電力変換を行うと、モータ電流の電圧波形は矩形波に対応したものになる。そして、モータ６によりトルク決定部２０で決定されたトルクが出力される。
【００３５】
上記の２つの制御モードを使い分ける目的は、前述したように、モータ出力の増大にある。図６において、切替ラインｍより下側の領域では、効率の高い正弦波制御モードでモータを制御することが好適である。しかし、切替ラインｍを越える高回転、高トルク領域では、モータの逆起電圧が高い。この領域では、アクセルの急操作のような外乱要因によって逆起電圧が急上昇したときに、逆起電圧がバッテリ電圧を上回り、トルクダウンが生じやすい。正弦波制御では、このような逆起電圧に対処する処理が容易でない。そこで、切替ラインｍより上の領域では、矩形波制御モードでモータを制御する。矩形波制御では、正弦波制御が困難な高回転、高トルク領域でも容易にモータを制御できる。このようにして、高効率と高出力の両方を兼ね備えたモータ制御が可能である。
【００３６】

上記のモードの切替は、切替指示部３０の指示によって行われる。本実施形態の特徴として、モード切替の際にモード移行期間が設けられ、モード移行期間には切替中間制御部３２によってモータが制御され、図４に示すようにしてモータ電流の電圧波形が変形される。以下、図７、図９のフローチャートを参照して、モード移行時の処理を説明する。

【００３７】

図７は、正弦波制御モードから矩形波制御モードへの切替処理を示している。切替指示部１０は、モータトルクＴおよびモータ回転数Ｎを監視して、図６の切替ラインｍ上のトルクＴおよび回転数Ｎが検出されたか否かを判断する（Ｓ１０）。ラインｍ上のトルクＴおよび回転数Ｎが検出されるまでＳ１０の判断が継続され、この間は正弦波制御モードが継続する。Ｓ１０がＹＥＳになると、切替指示部３０は切替フラグをＯＮにする（Ｓ１２）。

【００３８】

切替フラグがＯＮになると、正弦波制御部２２および矩形波制御部２４の両方で計算処理が行われる。正弦波制御部２２では、現在のモータ電流の電圧波形の位相と振幅が算出される。通常の正弦波制御モードではこの正弦電圧波形の位相や振幅は求めていない。ここでは、以下の切替中間制御のために位相や振幅を求める。一方、矩形波制御部２４では、現在のモータトルクＴと同じ大きさのトルクを発生するのに必要な矩形波の位相が算出される（Ｓ１４）。同等のトルクを発生する正弦波と矩形波では、位相が異なる。従って、Ｓ１４で算出される位相は、現在の正弦波の位相とは異なったものになる。なお、これらの値を容易に求めるために、図６の切替ラインｍ上での正弦波や矩形波の位相および振幅を表すマップを予め作成しておくことも好適である。

【００３９】

次に、Ｓ１６～Ｓ２０では、図４を用いて説明したように、モータ電流の電圧波形が、現在の正弦波から、Ｓ１４で算出した位相をもつ矩形波に変形される。まず、現在の正弦波の位相と振幅が切替初期値に設定される。また、Ｓ１４で算出した矩形波の位相が切替目標の位相に設定される。さらに無限大の振幅が切替目標の振幅に設定する。ただし、ここでは、無限大と同等とみなせる十分に大きな振幅を切替目標値にする。すなわち、この目標振幅をもつ正弦波が矩形波とほぼ同じ形になるように、目標振幅が十分に大きく設定される。

【００４０】

Ｓ１６では、切替中間制御部３２の位相・振幅調整部３４により、切替初期値から切替目標値へ向けて、振幅および位相が両方とも所定の幅だけ近づけられる。そして、近づいた振幅および位相に基づいてスイッチング信号が生成される（Ｓ１８）。ここでは、位相・振幅調整部３４により、Ｓ１６で求めた位相と振幅をもつ電圧信号が生成される。そして、この電圧信号が、ＰＷＭ制御部３６にて、所定形状のＰＷＭ搬送波と比較され、これによりスイッチング信号Ｓｕ，Ｓｖ，Ｓｗが生成される。なお、ＰＷＭ制御部３６が、正弦波制御部２２のＰＷＭ制御部２８と兼用されてもよいことはもちろんである。

【００４１】

インバータ４は、上記のスイッチング信号に従って電力変換を行う。その結果、モータ電流の電圧波形は、図４（ａ）の中段に示すようなかたちになる。最大バッテリ電圧にて電圧値にリミットがかかっているので、電圧波形ｂ１は、部分的に平坦部をもつ正弦波になっている。この電圧波形ｂ１は、正弦波ａ１と同等か、それに近いトルクを発生させる。

【００４２】

次に、位相・振幅調整部３４は、Ｓ１６で求めた現在の位相および振幅が切替目標値に達したか否かを判定する（Ｓ２０）。Ｓ２０がＮＯであれば、Ｓ１６に戻り、さらに、振幅および位相を切替目標値へ近づける。このようにして、振幅と位相が切替目標値に達するまで、同様の処理が続けられる。

【００４３】

ここで、切替初期値から切替目標値までの移行期間は十分に短い時間であるべきであり、例えば、１００ｍｓｅｃ程度が好ましい。移行期間がこの程度の長さであれば、アクセル

操作量が大きく変化することがないと考えられる。従って、切替前後で同等のモータトルクを発生させればよいと考えられる。上記のＳ１６では、この制御間隔おきに位相および振幅が目標値に近づけられる。好ましくは、位相および振幅が同時に目標値に達するように、Ｓ１６の位相および振幅の変化幅が設定される。

【００４４】

図７でＳ２０の判断がＹＥＳになると、切替指示部３０は切替フラグをオフにする（Ｓ２２）。そして、矩形波制御モードが設定される（Ｓ２４）。以降、矩形波制御部２４によってモータ制御が行われる。

【００４５】

図８は、図７の処理が行われたときの電圧波形の位相と振幅の変化を示すタイムチャートである。切替フラグがＯＮになると、電圧波形の位相と振幅が同時に連続的に目標値に向けて変更される。そして、位相と振幅が同時に目標値に達した時点で切替フラグがオフになる。以降は、矩形波制御が行われる。

【００４６】

次に、図９を参照して、矩形波制御モードから正弦波制御モードへの切替処理を説明する。図９の切替処理は、図７を用いて説明した正弦波から矩形波への切替処理とほぼ同様である。ただし、切替の際の位相と振幅の変化の向きが逆である。

【００４７】

切替指示部３０は、モータトルクＴおよびモータ回転数Ｎを監視して、図６の切替ラインｍ上のトルクＴおよび回転数Ｎが検出されたか否かを判断する（Ｓ３０）。Ｓ３２の判断がＮＯである間は、矩形波制御モードが継続する。Ｓ３０がＹＥＳになると、切替指示部３０は切替フラグをＯＮにする（Ｓ３２）。

【００４８】

切替フラグがＯＮになると、矩形波制御部２４は、現在の矩形波の位相を算出し、切替中間制御部３２へ送る。正弦波制御部２２では、現在のモータトルクＴと同等のトルクを発生するのに必要な正弦電圧波形の位相と振幅が算出される（Ｓ３４）。ここでも、これらの値を容易に求めるために、図６の切替ラインｍ上での正弦波や矩形波の位相および振幅を表すマップを予め作成しておくことが好適である。

【００４９】

次に、現在の矩形波の位相が切替初期値に設定される。振幅の切替初期値は、無限大と同等とみなせる十分に大きな振幅に設定される。この振幅値は、正弦波から矩形波への切替制御の際にも用いられたものであり、無限大の代わりとして使われる。また、Ｓ３４で求めた正弦波の位相と振幅が、それぞれ、切替目標値に設定される。

【００５０】

Ｓ３６～Ｓ４０では、上記の切替初期値から切替目標値へ向けて、位相と振幅が順次変更される。Ｓ３６では、位相と振幅が所定幅だけ目標値へ近づけられる。Ｓ３６で求めた位相と振幅に対応する電圧信号が求められ、この電圧信号がＰＷＭ搬送波と比較され、スイッチング信号が生成される（Ｓ３８）。位相と振幅が目標値に達するまでは、上記の制御が続けられる。このような制御により、電圧波形は、前述の正弦波から矩形波への切替と同様に、ただし反対方向に変化する。従って、この場合にも、モード移行期間のトルク変動は小さい。

【００５１】

Ｓ４０において位相と振幅が目標値に達したと位相・振幅調整部３４が判断すると、Ｓ４２にて切替指示部３０が切替フラグをオフにする（Ｓ４２）。そして、正弦波制御モードが設定される（Ｓ４４）。以降、正弦波制御部２２によってモータ制御が行われる。

【００５２】

以上、本発明の好適な実施形態を説明した。本実施形態によれば、モード切替の途中では、位相と振幅を同時かつ連続的にシフトしながら、ＰＷＭ正弦波制御が行われる。一方、従来は、モード切替の途中では矩形波制御モードでの位相調整が行われ、そのためにトルク変動が生じる。本実施形態によれば、モード移行期間に図４に示すような正弦波に基づ

く制御を行うことで、モード切替時のトルク変動を低減することができる。その結果、車両挙動に対する影響の少ないスムーズなモード切替が可能となり、運転者に違和感を与えるのを防ぐことが可能となる。

【００５３】

本実施形態の変形例を説明する。本実施形態では電力変換装置がインバータであったが、インバータ以外の電力変換装置も同様に本発明に適用可能なことはもちろんである。また、モータは、永久磁石式の同期モータ以外のモータでもよい。また、ＰＷＭ制御を使わない他の制御が行われてもよい。また、回生制動時にも本発明の制御を行うことが好ましい。

【００５４】

また、本発明は、ハイブリッド自動車にも好適に適用される。ハイブリッド自動車は、電気自動車の一種であり、電気モータと内燃機関の両方を搭載している。このハイブリッドシステムのモータの制御に本発明を好適に適用可能である。その他、本発明は、電気自動車用でない任意のモータの制御に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】正弦波制御および矩形波制御によるモータ電流の電圧波形を示す図である。

【図２】従来の電気自動車のモータ制御の運転範囲を示す図である。

【図３】従来の正弦波制御から矩形波制御への切替を示す図である。

【図４】本発明の実施形態における正弦波制御から矩形波制御への切替処理を示す図である。

【図５】本発明の実施形態のモータ制御装置の構成を示す図である。

【図６】正弦波制御モードと矩形波制御モードが設定される運転領域を示す図である。

【図７】図５のシステムでの正弦波制御モードから矩形波制御モードへの切替処理を示す図である。

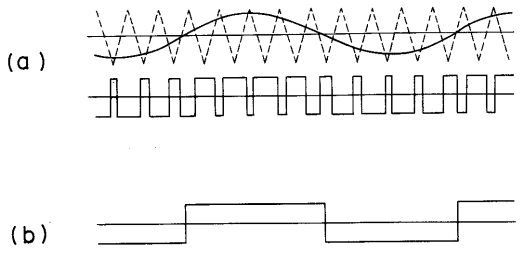
【図８】図７の処理を行ったときの電圧波形の位相と振幅の変化過程を示すタイムチャートである。

【図９】図５のシステムでの矩形波制御モードから正弦波制御モードへの切替処理を示す図である。

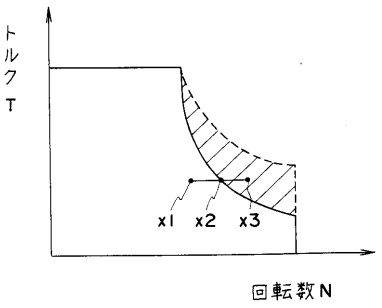
【符号の説明】

２　バッテリ、４　インバータ、６　モータ、１２　モータＥＣＵ、１４　電流センサ、１６　回転角センサ、２０　トルク決定部、２２　正弦波制御部、２４　矩形波制御部、２６　ベクトル制御部、２８，３６　ＰＷＭ制御部、３０　切替指示部、３２　切替中間制御部、３４　位相・振幅調整部。

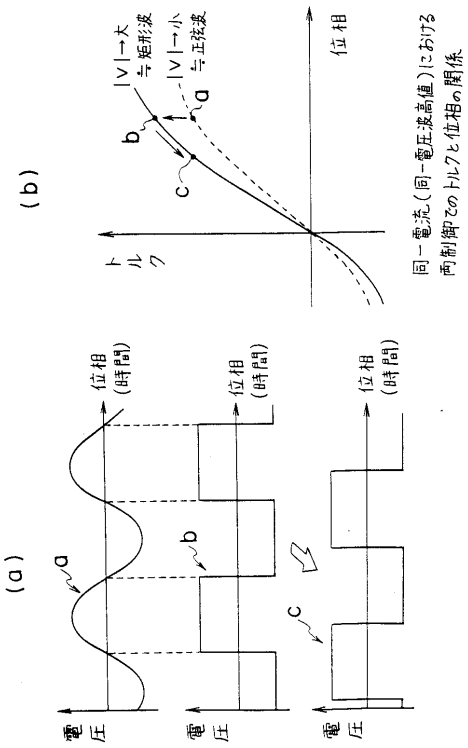
【図１】


(a)
(b)

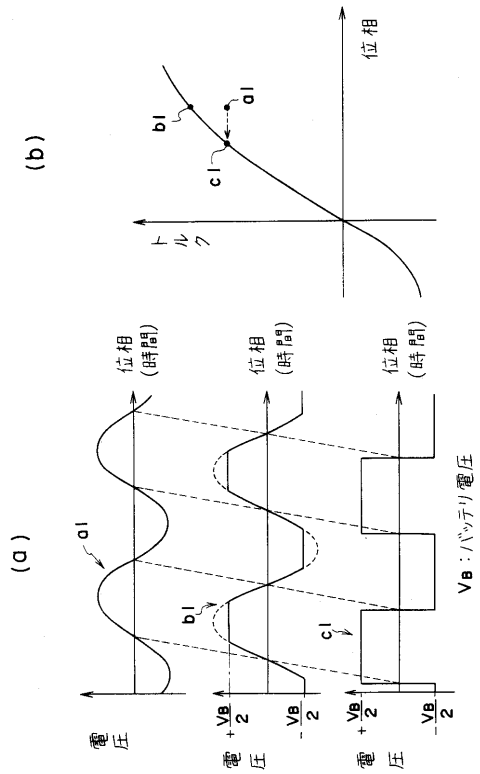
【図２】


トルク
x1
x2
x3
回転数N

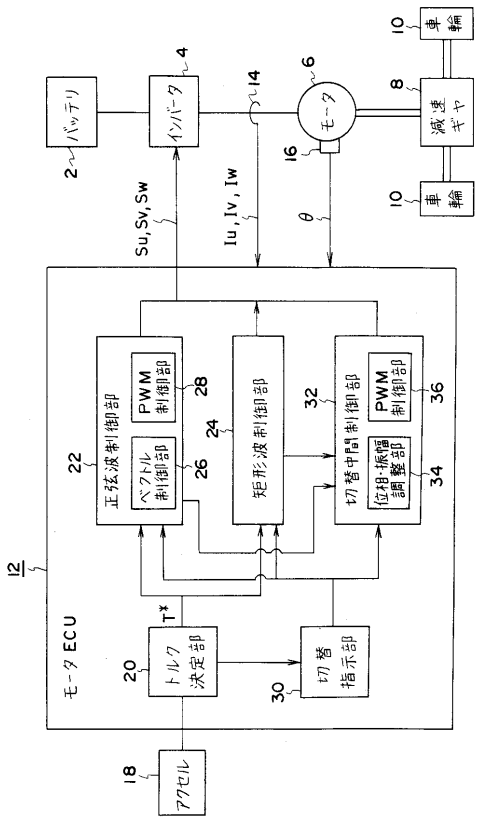
【図３】


(b)
|V|→大 ≒矩形波
|V|→小 ≒正弦波
トルク
位相
同一電流(同一電圧波高値)における両制御でのトルクと位相の関係
(a)
位相(時間)
電圧

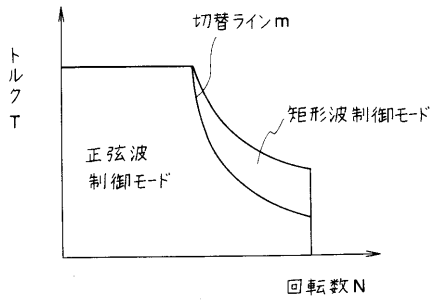
【図４】


(b)
トルク
位相
(a)
位相(時間)
電圧
VB：バッテリ電圧

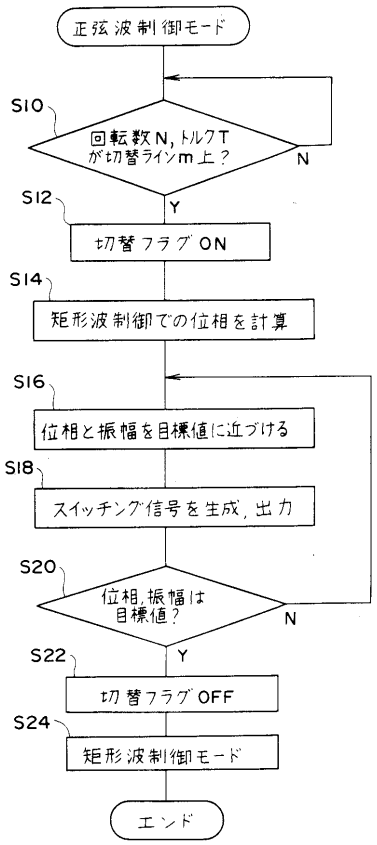
【図５】


バッテリ
インバータ
モータ
減速ギヤ
車輪
Su, Sv, Sw
Iu, Iv, Iw
θ
モータECU
正弦波制御部
ベクトル制御部
PWM制御部
矩形波制御部
切替中間制御部
位相・振幅調整部
トルク決定部
切替指示部
アクセル

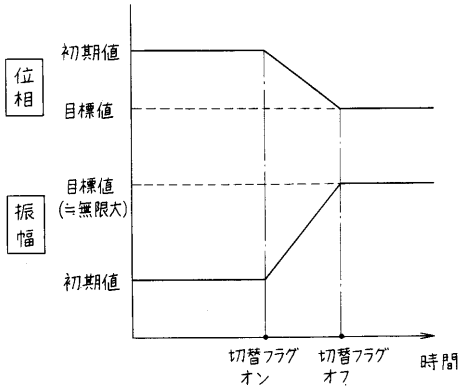
【図６】


切替ラインm
トルクT
矩形波制御モード
正弦波
制御モード
回転数N

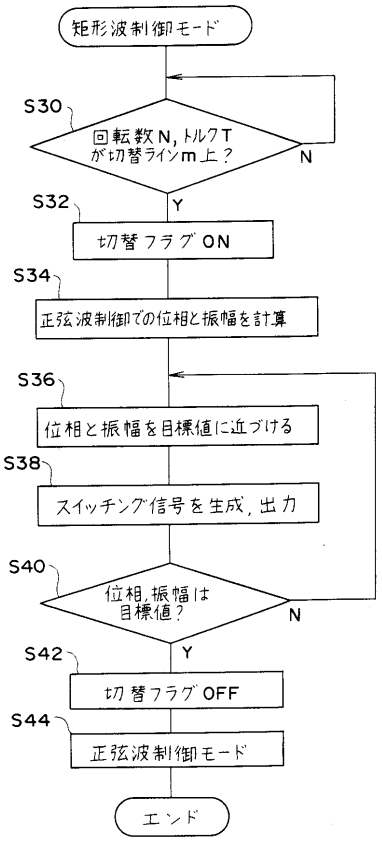
【図７】


正弦波制御モード
S10
回転数N,トルクTが切替ラインm上？
N
Y
S12
切替フラグON
S14
矩形波制御での位相を計算
S16
位相と振幅を目標値に近づける
S18
スイッチング信号を生成，出力
S20
位相,振幅は目標値？
N
Y
S22
切替フラグOFF
S24
矩形波制御モード
エンド

【図８】


位相
初期値
目標値
振幅
目標値
(≒無限大)
初期値
切替フラグ
オン
切替フラグ
オフ
時間

【図９】


矩形波制御モード
S30
回転数N,トルクTが切替ラインm上？
N
Y
S32
切替フラグON
S34
正弦波制御での位相と振幅を計算
S36
位相と振幅を目標値に近づける
S38
スイッチング信号を生成，出力
S40
位相,振幅は目標値？
N
Y
S42
切替フラグOFF
S44
正弦波制御モード
エンド

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－２３７９９０（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１３０７９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H02P 7/63 302