

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7347111号
(P7347111)

(45)発行日 令和5年9月20日(2023.9.20)

(24)登録日 令和5年9月11日(2023.9.11)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 M 7/48 (2007.01) H 0 2 M 7/48 F
H 0 2 P 27/08 (2006.01) H 0 2 P 27/08

請求項の数 10 (全19頁)

(21)出願番号	特願2019-190524(P2019-190524)	(73)特許権者	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	令和1年10月17日(2019.10.17)	(74)代理人	110002468 弁理士法人後藤特許事務所
(65)公開番号	特開2021-69138(P2021-69138A)	(72)発明者	佐藤 翔 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(43)公開日	令和3年4月30日(2021.4.30)	(72)発明者	正治 満博 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
審査請求日	令和4年8月2日(2022.8.2)	審査官	佐藤 匡

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力変換器の制御方法、及び、電力変換器の制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の制御周期で繰り返されるパルスパターンに応じたPWM制御を用いて、スイッチング素子の導通状態を変化させることで、直流電力を交流電力に変換する電力変換器の制御方法であって、

前記電力変換器と接続される負荷に対する制御指令値に応じて、前記パルスパターンを切り替えるか否かを判断する切り替え判断ステップと、

前記切り替え判断ステップにおいて、前記パルスパターンを切り替えると判断される場合に、切り替えタイミングの直前の第1パルスパターンにおける導通状態の変化タイミングと、前記切り替えタイミングの直後の第2パルスパターンにおける導通状態の変化タイミングとの間の時間を、前記切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅として推測するパルス幅推測ステップと、

前記パルス幅推測ステップにおいて推測された前記パルス幅が、閾値を上回るか否かを判定する、判定ステップと、

前記判定ステップにおいて前記パルス幅が前記閾値を上回ると判定される場合には、前記切り替えタイミングにおいて、前記パルスパターンの切り替えを行う切り替えステップと、を有する、電力変換器の制御方法。

【請求項2】

請求項1に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記判定ステップにおいて前記パルス幅が前記閾値を上回らないと判定される場合には

、前記パルス幅が前記閾値を上回るように、前記切り替えタイミングを再設定する第1再設定ステップを、さらに有する、電力変換器の制御方法。

【請求項3】

請求項2に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記第1再設定ステップにおいて、前記切り替えタイミングの後に、前記第1パルスパターンと、前記第2パルスパターンとにおける導通状態が同じとなるタイミングを、前記切り替えタイミングとして再設定する、電力変換器の制御方法。

【請求項4】

請求項1から3のいずれか1項に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記切り替え判断ステップにおいて判断された前記切り替えタイミングにおいて、前記第1パルスパターンと、前記第2パルスパターンとの導通状態が異なる場合には、前記切り替えタイミングの後であって、前記第1パルスパターンと、前記第2パルスパターンとにおいて導通状態が同じとなるタイミングを、前記切り替えタイミングとして再設定する、第2再設定ステップを、さらに有する、電力変換器の制御方法。

10

【請求項5】

請求項1から4のいずれか1項に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記負荷は、モータであり、

前記モータに対するトルク指令値、及び、前記モータの回転数に基づいて、前記パルスパターンを決定するパルスパターン決定ステップを、さらに備える、電力変換器の制御方法。

20

【請求項6】

請求項5に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記切り替え判断ステップにおいて、前記電力変換器における前記直流電力に対する前記交流電力の変調率、及び、前記回転数に基づいて、パルスパターンを切り替えるか否かを判断する、電力変換器の制御方法。

【請求項7】

請求項5又は6に記載の電力変換器の制御方法は、

前記制御周期ごとの前記回転数の変化に基づいて、前記切り替えタイミングにおける前記回転数を推定する回転数推定ステップを、さらに備え、

前記パルス幅推測ステップにおいて、前記回転数推定ステップにて推定された推定回転数を前記回転数として用いて、パルス幅を推測する、電力変換器の制御方法。

30

【請求項8】

請求項5又は6に記載の電力変換器の制御方法であって、

前記制御周期ごとの前記回転数の変化に基づいて、前記切り替えタイミングにおける前記回転数を推定する回転数推定ステップを、さらに備え、

パルス幅推測ステップにおいて、前記回転数推定ステップで推定された推定回転数、及び、現在の前記回転数とのうちの大きい方を、前記回転数として用いて、パルス幅を推測する、電力変換器の制御方法。

【請求項9】

請求項1から8のいずれか1項に記載の電力変換器の制御方法であって、

閾値は、前記スイッチング素子の温度に応じたサージ電圧の特性により定められる、電力変換器の制御方法。

40

【請求項10】

所定の制御周期で繰り返されるパルスパターンに応じたPWM制御を用いて、スイッチング素子の導通状態を変化させることで、直流電力を交流電力に変換する電力変換器の制御装置であって、

前記制御装置は、

前記電力変換器と接続される負荷に対する制御指令値に応じて、前記パルスパターンを切り替えるか否かを判断し、

前記パルスパターンを切り替えると判断される場合に、切り替えタイミングの直前の第

50

1 パルスパターンにおける導通状態の変化タイミングと、前記切り替えタイミングの直後の第2パルスパターンにおける導通状態の変化タイミングとの間の時間を、前記切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅として推測し、

推測された前記パルス幅が、閾値を上回るか否かを判定し、

前記パルス幅が前記閾値を上回ると判定される場合には、前記切り替えタイミングにおいて、前記パルスパターンの切り替えを行う、電力変換器の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換器の制御方法、及び、電力変換器の制御装置に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

電力変換器は、複数のスイッチング素子を有しており、これらのスイッチング素子が操作されることにより直流電力を交流電力に変換する。スイッチング素子の操作においては、オン又はオフとなる区間のパルス幅が変化される。このようなパルス幅の制御は、一般に、PWM (Pulse Width Modulation) 制御と称される。PWM制御においては、所定の周期でパルスパターンを変化させることにより、電力変換器からの出力が制御される。

【0003】

例えば、特許文献1には、負荷がモータである例が示されており、モータを駆動するためにPWM制御を行う場合において、モータの回転速度に応じて、正弦波制御、過変調制御、及び、矩形波制御との間で制御モードを切り替える技術が開示されている。これらの制御モードのうち、正弦波制御及び過変調制御においては、それぞれ、PWM制御が行われ、モータの運転状態に応じたパルスパターンを用いてスイッチング素子の操作が行われる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2010-213485号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

ここで、電力変換器のスイッチング素子におけるスイッチング間隔が短くなると、サージ電圧が発生し、電力変換器の耐久性が低下するおそれがある。これに対し、特許文献1に開示されている技術では、あらかじめ記憶されたパルスパターンにおいては、パルス幅が極めて短い狭小パルスが含まれないように設計することができる。しかしながら、このようにパルスパターンが設計された場合であっても、パルスパターンの切り替え時には、その切り替え前後においてスイッチング間隔が短くなり、狭小パルスが生じるおそれがある。

【0006】

本発明においては、上記課題を解決するためになされたものであり、パルスパターンが切り替わる場合における狭小パルスの発生を抑制可能な、電力変換器の制御方法、及び、電力変換器の制御装置を提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の電力変換器の制御方法は、所定の制御周期で繰り返されるパルスパターンに応じたPWM制御を用いて、スイッチング素子の導通状態を変化させることで、直流電力を交流電力に変換する電力変換器の制御方法である。電力変換器の制御方法は、電力変換器と接続される負荷に対する制御指令値に応じて、パルスパターンを切り替えるか否かを判断する切り替え判断ステップと、切り替え判断ステップにおいて、パルスパターンを切り替えると判断される場合に、切り替えタイミングの直前の第1パルスパターンにおける導

50

通状態の変化タイミングと、切り替えタイミングの直後の第2パルスパターンにおける導通状態の変化タイミングとの間の時間を、切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅として推測する、パルス幅推測ステップと、パルス幅推測ステップにおいて推測されたパルス幅が、閾値を上回るか否かを判定する、判定ステップと、判定ステップにおいてパルス幅が閾値を上回ると判定される場合には、切り替えタイミングにおいて、パルスパターンの切り替えを行う、切り替えステップと、を有する。

【発明の効果】

【0008】

本発明のモータの制御方法によれば、狭小パルスの発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0009】

【図1】図1は、第1実施形態に係る電力変換器の制御装置を備えるモータシステムの概略構成図である。

【図2】図2は、制御装置の概略構成図である。

【図3】図3は、PWM出力部の概略構成図である。

【図4】図4は、PWMパターン切替出力部の概略構成図である。

【図5】図5は、最終指令パルスパターンの決定制御のフローチャートである。

【図6】図6は、指令パルスパターンの切り替え例を示す図である。

【図7】図7は、他の指令パルスパターンの切り替え例を示す図である。

【図8】図8は、パルス幅とサージ電圧との関係を示すグラフである。

20

【図9】図9は、第2実施形態に係るPWMパターン切替出力部の概略構成図である。

【図10】図10は、最終指令パルスパターンの決定制御のフローチャートである。

【図11】図11は、指令パルスパターンの切り替え例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を用いて、本発明の実施形態に係る電力変換器の制御方法、及び、電力変換器の制御装置について説明する。

【0011】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る電力変換器、及び、その制御装置を備えるモータシステムの概略構成図である。

30

【0012】

電力変換器1は、複数のスイッチング素子により構成されるインバータであり、バッテリー2の正極(P)ラインと負極(N)ラインとの間に接続される。電力変換器1は、バッテリー2から供給される直流電力を交流電力に変換し、モータ3に供給する。

【0013】

電力変換器1においては、制御装置10から出力される指令パルスパターンに応じてスイッチング素子が操作される。そして、スイッチング素子のオン/オフの操作に応じて、バッテリー2から出力される直流電力が交流電力に変換され、変換された交流電力がモータ3に供給される。

40

【0014】

本実施形態においては、モータ3は、3相で駆動しており、電力変換器1は、3相6アームで駆動できるように、6つのスイッチング素子を備える。なお、このような電力変換器1、及び、モータ3の構成は一例であって、本実施形態の例に限定されるものではない。また、電力変換器1と接続される負荷は、モータ3に限らず、オーディオアンプや無線機のような、交流電力で駆動する他の機器であってもよい。

【0015】

キャパシタ4は、正極ラインと負極ラインとの間に設けられており、電力変換器1におけるスイッチング素子の操作に起因するリップルを平滑化する。また、キャパシタ4の両端には電圧センサ5が設けられており、電圧センサ5は、正極ラインと負極ラインとの間の

50

電圧差である直流電圧 V_{dc} を検出すると、直流電圧 V_{dc} を制御装置 10 へ出力する。直流電圧 V_{dc} は、電力変換器 1 への入力電力であり、制御装置 10 による電力変換器 1 の制御に用いられる。

【0016】

また、電力変換器 1 とモータ 3 との間には、電流センサ 6 が設けられている。電流センサ 6 は、モータ 3 に供給される uvw 相の電流測定値 i_u 、 i_v 、 i_w を測定すると、電流測定値 i_u 、 i_v 、 i_w を制御装置 10 へ出力する。

【0017】

モータ 3 には、レゾルバ 7 が設けられており、励磁されたレゾルバ 7 から出力される磁束信号を用いて、制御装置 10 が備えるモータ回転角度検出部が、モータ 3 の回転子位置 e 、及び、回転数 N を算出する。

10

【0018】

制御装置 10 は、電力変換器 1 を含むモータシステム 100 の全体を制御する。制御装置 10 は、中央演算装置 (CPU)、読み出し専用メモリ (ROM)、ランダムアクセスメモリ (RAM) 及び入出力インタフェース (I/Oインタフェース) を備えたマイクロコンピュータによって、所定のプログラムを実行可能に構成される。なお、制御装置 10 は、複数のマイクロコンピュータで構成されてもよい。

【0019】

制御装置 10 は、パルス幅を変化させる PWM 制御を行うために、トルク指令値 T^* やモータ 3 の回転数 N に基づいて所望のパルス幅となるような指令パルスパターンを生成し、生成した指令パルスパターンを電力変換器 1 に出力する。このようにして、電力変換器 1 が備えるスイッチング素子が制御される。

20

【0020】

図 2 は、制御装置 10 の詳細な構成を示すブロック図である。

【0021】

制御装置 10 は、電流指令値演算部 11、電流制御部 12、変調率変換部 13、PWM 出力部 14、及び、3相 / 2相変換部 15 を備える。電流指令値演算部 11 から 3相 / 2相変換部 15 までの構成は、制御装置 10 の内部に論理的に配置されてもよいし、異なるマイクロコンピュータにより構成されてもよい。

【0022】

30

電流指令値演算部 11 は、上位装置からのトルク指令値 T^* 、及び、制御装置 10 のモータ回転角度検出部からのモータ 3 の回転数 N を受け付ける。電流指令値演算部 11 は、これらの入力に基づき、予め記憶しているマップを用いてモータ 3 に対する電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を算出し、電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を電流制御部 12 に出力する。

【0023】

電流制御部 12 は、電流指令値演算部 11 から出力される電流指令値 i_d^* 、 i_q^* 、及び、後述の 3相 / 2相変換部 15 から出力される電流測定値 i_d 、 i_q を受け付ける。電流制御部 12 は、電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と電流測定値 i_d 、 i_q との偏差がゼロとなるように、電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を決定する。決定された電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* は、変調率変換部 13 へと出力される。

40

【0024】

変調率変換部 13 は、電圧センサ 5 から出力される直流電圧 V_{dc} と、モータ回転角度検出部から出力される回転子位置 e 及び回転数 N と、電流制御部 12 から出力される電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* とを入力として受け付ける。変調率変換部 13 は、これらの入力に基づいて、電力変換器 1 から出力される交流電力の変調率 M^* を算出する。

【0025】

PWM 出力部 14 は、モータ回転角度検出部から出力される回転子位置 e 及び回転数 N と、変調率変換部 13 から出力される変調率 M^* とを、入力として受け付ける。PWM 出力部 14 は、これらの入力に基づいて、あらかじめ記憶している PWM 制御に用いられるパルスパターンの中から、適切なパルスパターンを選択して出力する。また、パルスパター

50

ンの選択は、所定の制御周期Tごとに行われる。なお、本実施形態においては、後述の図3に示されるように、PWM出力部14が有するPWMパターン切替出力部142において、パルスパターンの切り替えタイミングが制御される。このように指令パルスパターンが制御されることにより、狭小パルスの発生を抑制することができる。

【0026】

3相/2相変換部15は、モータ回転角度検出部から出力される回転子位置 θ_e を用いて、電流センサ6により取得されたuvw相の電流測定値 i_u 、 i_v 、 i_w に対して、相変換処理を行い、電流測定値 i_d 、 i_q を生成する。そして、3相/2相変換部15は、変換処理により得られた電流測定値 i_d 、 i_q を、電流制御部12へと出力する。

【0027】

図3は、PWM出力部14の詳細な構成のブロック図である。PWM出力部14は、PWM生成部141、及び、PWMパターン切替出力部142を有する。

【0028】

PWM生成部141は、変調率変換部13から出力される変調率 M^* と、モータ回転角度検出部から出力される回転数Nとを受け付けると、予め記憶しているテーブルを参照して、変調率 M^* 、及び、回転数Nに応じた最適な制御モード、及び、その制御モードと対応する指令パルスパターンを決定する。なお、制御モード、及び、指令パルスパターンの決定は、所定の制御周期Tごとに行われ、あるタイミングで決定された指令パルスパターンは、制御周期T後から開始する次の制御周期Tにおいて用いられる。

【0029】

PWM生成部141は、制御モードとして、矩形波制御モード又はPWM制御モードのいずれかを選択する。矩形波制御モードが選択される場合には、PWM生成部141は、ある制御周期Tにおいて、制御周期Tの全期間において1パルスとなる矩形波パルスを、指令パルスパターンとして出力する。PWM制御モードが選択される場合には、PWM生成部141は、変調率 M^* 、及び、回転数Nに応じてPWM制御に用いるパルスパターンを選択して出力する。

【0030】

矩形波制御モードが選択される場合には、PWMパターン切替出力部142は、PWM生成部141から矩形波パルスを受け付けると、次の制御周期Tにおいて、矩形波パルスを最終指令パルスパターンとして出力する。

【0031】

一方、PWM制御モードが選択される場合には、PWMパターン切替出力部142は、PWM生成部141から所定の指令パルスパターンを受け付けると、現在出力中の指令パルスパターンと、PWM生成部141から受け付けた次の制御周期Tにおける指令パルスパターンとが同じであるか否かを判定する。

【0032】

両者の指令パルスパターンが同じである場合には、PWMパターン切替出力部142は、同じ指令パルスパターンの出力を継続する。一方、指令パルスパターンが異なる場合には、後述のように、PWMパターン切替出力部142は、回転数Nと回転子位置 θ_e を用いて、狭小パルスが発生しないように、指令パルスパターンの切り替えタイミングを決定する。そして、PWMパターン切替出力部142は、決定された切り替えタイミングにおいて新しい指令パルスパターンに切り替えられるように、最終指令パルスパターンを出力する。

【0033】

図4は、PWMパターン切替出力部142の詳細な構成のブロック図である。PWMパターン切替出力部142は、角度推定部1421、及び、最終指令出力部1422を有する。

【0034】

ここで、PWM制御が行われる場合のパルス幅(パルス幅)が、パルス閾値 T_{th} を下回るような狭小パルスである場合には、狭小パルスの開始タイミングと終了タイミングにお

10

20

30

40

50

いてなされるスイッチング操作の間隔が短くなり、サージ電圧が発生してしまう。予め準備されたパルスパターンにおいては、パルス幅はパルス閾値 T_{th} を上回るように設定されている。

【 0 0 3 5 】

しかしながら、切り替えタイミングの前後においては、パルス幅はパルス閾値 T_{th} よりも短くなるおそれがある。すなわち、切り替えタイミングの前のパルスパターンの最後の導通状態の変化タイミングから開始され、切り替えタイミングの後のパルスパターンの最初の導通状態の変化タイミングにおいて終了するパルスは、パルス幅がパルス閾値 T_{th} よりも長くなることが補償されていない。そこで、以下の制御を行うことで、切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅をパルス閾値 T_{th} よりも長くすることができるので、狭小パルスの発生を抑制することができる。

10

【 0 0 3 6 】

また、本実施形態においてモータ 3 の制御に用いられる PWM 制御は、角度同期 PWM 制御と称されるものである。角度同期 PWM 制御における指令パルスパターンにおいては、回転子位置 θ_e と、導通状態（オン/オフ）とが対応付けられている。そのため、指令パルスパターンの切り替えタイミングが変更される場合であっても、最終指令出力部 1 4 2 2 からは、回転子位置 θ_e に応じて指令パルスパターンに示された導通状態を示すレベルが出力される。

【 0 0 3 7 】

まず、角度推定部 1 4 2 1 は、モータ 3 の回転子位置 θ_e 、及び、回転数 N の入力を受け付けると、これらの入力と、あらかじめ記憶している指令パルスパターンと対応する制御周期 T 、及び、モータ 3 の極対数 P とを用いて、次式により、推定電気角 θ_{est} を算出する。

20

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$\theta_{est} = \theta_e + T \times \frac{N}{60} \times P \times 360 \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

30

【 0 0 3 9 】

推定電気角 θ_{est} は、現在の指令パルスパターン n から次の指令パルスパターン $n + 1$ への切り替えタイミングを、モータ 3 の電気角により示したものである。角度推定部 1 4 2 1 は、所定の周期で推定電気角 θ_{est} の算出を行っており、ある切り替えタイミングにおいて、次の切り替えタイミングを示す推定電気角 θ_{est} を算出する。

【 0 0 4 0 】

そこで、(1) 式に示されるように、現在の回転子位置 θ_e に、制御周期 T と対応する電気角を加算することにより、次の切り替えタイミングとなる推定電気角 θ_{est} が算出される。なお、(1) 式においては、制御周期 T に対して時間から電気角への単位系の変換を行うために、「 $(N / 6 0) \cdot P \cdot 3 6 0$ 」が乗ぜられている。

40

【 0 0 4 1 】

そして、最終指令出力部 1 4 2 2 は、次式に従い、角度推定部 1 4 2 1 から出力される推定電気角 θ_{est} を用いて、現在出力中の指令パルスパターン n から、PWM 生成部 1 4 1 から出力される指令パルスパターン $n + 1$ へと切り替えられる場合において、その切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅 T_{pwm} を算出する。

【 0 0 4 2 】

【 数 2 】

50

$$T_{pwm} = \{(\theta_{est} - \theta_1) + (\theta_2 - \theta_{est})\} / \frac{N}{60} \times P \times 360 \dots (2)$$

【0043】

ただし、(2)式におけるパラメータは以下のとおりである。

1：指令パルスパターンnにおいて、最後に導通状態が変化する電気角

2：指令パルスパターンn+1において、最初に導通状態が変化する電気角

10

【0044】

電気角₁は、切り替えタイミングである推定電気角_{est}以前において、指令パルスパターンnでの最終のスイッチング素子の導通状態が変化するタイミングを示す電気角である。電気角₂は、推定電気角_{est}以降において、指令パルスパターンn+1での最初のスイッチング素子の導通状態が変化するタイミングを示す電気角である。

【0045】

すなわち、(θ_{est} - θ₁)は、推定電気角_{est}以前のパルス幅を電気角で示したものであり、(θ₂ - θ_{est})は、推定電気角_{est}以降のパルス幅を電気角で示したものである。そのため、両者の和である「(θ_{est} - θ₁) + (θ₂ - θ_{est})」に対して、電気角から時間への単位系の変換を行うために、「360・(N/60)・P」を除することで、(2)式に示されるように、切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅T_{pwm}を求めることができる。

20

【0046】

この例においては、推定電気角_{est}において、指令パルスパターンnと指令パルスパターンn+1の導通状態は同じであるものとする。そのため、導通状態は、電気角₁でオンに切り替わり、電気角₂でオフに切り替わり、その結果、推定電気角_{est}の前後における電気角₁と電気角₂との間が、切り替えタイミングをまたぎオン区間となるパルスとなる。なお、推定電気角_{est}において、指令パルスパターンnと指令パルスパターンn+1とが異なる例については、第2実施形態において説明する。

【0047】

30

そして、最終指令出力部1422は、パルス幅T_{pwm}がパルス閾値T_{th}以上である場合には、その推定電気角_{est}において、指令パルスパターンnの切り替えを行う。一方、角度推定部1421は、パルス幅T_{pwm}がパルス閾値T_{th}よりも短い場合には、狭小パルスの発生を抑制するために、パルス幅T_{pwm}がパルス閾値T_{th}よりも短くならないように、切り替えタイミングの再設定を行う。この、切り替えタイミングの再設定、及び、最終的な指令パルスパターンnの出力制御について、図5を用いて説明する。

【0048】

図5は、最終指令パルスパターンnの決定制御のフローチャートである。制御装置10においては、この決定制御が所定のタイミングで繰り返し行われる。なお、以下においては、説明の明確化のために、図2～図4に示された制御装置10において所定の機能を実現するブロックが、それぞれの処理を行うものとして説明する。なお、制御装置10が所定の処理を行うことで、所定の機能が実現されてもよい。

40

【0049】

まず、ステップS101において、PWM生成部141は、PWM制御を行っているか否かを判定する。PWM生成部141は、PWM制御を行っている場合には(S101: Yes)、次に、ステップS103の処理を行う。PWM生成部141は、矩形波制御を行っており、PWM制御を行っていない場合には(S101: No)、次に、ステップS102の処理を行う。

【0050】

ステップS102において、PWM生成部141は、選択されている制御モードである

50

矩形波制御におけるパルスパターンを、最終指令パルスパターンとして出力する。なお、矩形波制御が行われる場合には、制御周期 T の全体にわたって 1 パルスとなるように、PWM 生成部 141 からはオンまたはオフの導通状態が出力される。

【0051】

ステップ S103 において、変調率変換部 13 は、直流電圧 V_{dc} と、モータ回転角度検出部から出力される回転子位置 θ_e 及び回転数 N と、電流制御部 12 から出力される電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* との受け付け、これらの入力に基づいて、変調率 M^* を算出する。なお、回転数 N は、変調率変換部 13 が回転子位置 θ_e を時間微分することにより算出してよい。そして、次に、ステップ S104 の処理が行われる。

【0052】

ステップ S104 において、PWM 生成部 141 は、ステップ S102 において生成された変調率 M^* 、及び、回転数 N に基づいて、指令パルスパターンを決定する。そして、最終指令出力部 1422 は、出力中の現在の指令パルスパターンと、決定された次の指令パルスパターンとが同じか否かを判定する。そして、両者が同じであり、変更が不要な場合には (S104: No)、次に、ステップ S105 の処理が行われる。両者が異なり、出力される指令パルスパターンの変更が必要な場合には (S104: Yes)、次に、ステップ S106 の処理が行われる。

【0053】

ステップ S105 において、最終指令出力部 1422 は、次の制御周期 T において、指令パルスパターンを変更せずに、現在出力中の指令パルスパターンと同じ指令パルスを出力する。このようにして、最終指令パルスパターンが決定される。

【0054】

ステップ S106 においては、角度推定部 1421 は、回転子位置 θ_e 、及び、回転数 N の入力を受け付けると、これらの入力値と、あらかじめ記憶しているパルスパターンと対応する制御周期 T 、及び、モータ 3 の極対数 P とを用いて、(1) 式により、パルスパターンの切り替えタイミングを電気角により示した推定電気角 θ_{est} として算出する。この推定電気角 θ_{est} は、所定の制御周期 T ごとに切り替えられる場合のタイミングを示す。推定電気角 θ_{est} が算出されると、次に、ステップ S107 の処理が行われる。

【0055】

ステップ S107 において、角度推定部 1421 は、推定電気角 θ_{est} 以前の指令パルスパターン n において導通状態が切り替わる電気角 θ_1 と、推定電気角 θ_{est} 以降の指令パルスパターン $n+1$ において導通状態が切り替わる電気角 θ_2 と、モータ 3 の回転数 N 及び極対数 P とを用いて、推定電気角 θ_{est} で指令パルスパターンの切り替えが行われる場合におけるパルス幅 T_{pwm} を算出する。パルス幅 T_{pwm} が算出されると、次に、ステップ S108 の処理が行われる。

【0056】

ステップ S108 において、最終指令出力部 1422 は、ステップ S106 において算出されたパルス幅 T_{pwm} が、所定のパルス閾値 T_{th} 以上であるか否かを判定する。パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上である場合には (S108: Yes)、最終指令出力部 1422 は、パルス幅 T_{pwm} が十分に長く、狭小パルスが発生しないと判断し、次に、ステップ S109 の処理を実行する。パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上でなく短い場合には (S108: No)、最終指令出力部 1422 は、狭小パルスが発生する可能性があるとして判断し、次に、ステップ S110 の処理を実行する。

【0057】

ステップ S109 において、最終指令出力部 1422 は、推定電気角 θ_{est} を指令パルスパターンの切り替えタイミングと定め、推定電気角 θ_{est} 以前においては指令パルスパターン n を出力し、推定電気角 θ_{est} よりも後においては指令パルスパターン $n+1$ を出力する。このように推定電気角 θ_{est} においてパルスパターンが切り替わるように、最終指令パルスパターンが定められる。

【0058】

10

20

30

40

50

ステップ S 1 1 0 において、角度推定部 1 4 2 1 は、推定電気角 θ_{est} 以降であって、次に、指令パルスパターン n における導通状態と、指令パルスパターン n + 1 における導通状態とが同じになる電気角を、指令パルスパターンの切り替えタイミングである推定電気角 θ_{est} として再設定する。指令パルスパターン n と指令パルスパターン n + 1 との導通状態とが一致するタイミングにおいては、指令パルスパターンの切り替えを行うことができるため、そのタイミングを推定電気角 θ_{est} として再設定する。なお、本再設定処理は、第 2 実施形態における再設定処理と区別するために、第 1 再設定処理と称されてもよい。

【 0 0 5 9 】

そして、ステップ S 1 1 0 において再設定された推定電気角 θ_{est} を用いて、再び、ステップ S 1 0 7 の処理を実行する。このような推定電気角 θ_{est} の再設定は、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上となる (S 1 0 8 : Y e s) まで、繰り返される。

10

【 0 0 6 0 】

次に、図 6、及び、図 7 を用いて、本実施形態における指令パルスパターンの出力制御について説明する。これらの図には、それぞれ上から順に、現在出力中の指令パルスパターン n、PWM 生成部 1 4 1 により生成される次の制御周期 T における指令パルスパターン n + 1、及び、最終指令出力部 1 4 2 2 から出力される最終指令パルスパターンが示されている。なお、現在の指令パルスパターン n は、切り替えタイミング前が実線で示され、切り替えタイミング後が点線で示されている。また、次の指令パルスパターン n + 1 は、切り替えタイミング前が点線で示され、切り替えタイミング後が実線で示されている。

【 0 0 6 1 】

20

図 6 においては、ステップ S 1 0 6 において算出される推定電気角 θ_{est} が指令パルスパターンの切り替えタイミングとなり、図 7 においては、ステップ S 1 1 0 において再設定される推定電気角 θ_{est} が指令パルスパターンの切り替えタイミングとなるものとする。

【 0 0 6 2 】

まず、図 6 の例について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 6 においては、ステップ S 1 0 6 において算出される推定電気角 θ_{est} が示されている。そして、上段において、推定電気角 θ_{est} より前における指令パルスパターン n での最後の導通状態が切り替わる電気角 θ_1 が示され、中段において、推定電気角 θ_{est} より後における指令パルスパターン n + 1 での最初の導通状態が切り替わる電気角 θ_2 が示されている。

30

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 0 7 の処理によって、これらの電気角 θ_1 、 θ_2 に応じたパルス幅 T_{pwm} が算出される。ここで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上であるため (S 1 0 8 : Y e s)、図下段に示されるように、推定電気角 θ_{est} において指令パルスパターンの変更が行われる。

【 0 0 6 5 】

次に、図 7 の例について説明する。

【 0 0 6 6 】

図 7 においては、上段に、ステップ S 1 0 6 において算出される推定電気角 θ_{est} 、及び、ステップ S 1 1 0 において再設定される推定電気角 θ_{est} が示されている。

40

【 0 0 6 7 】

上段においては、推定電気角 θ_{est} より前における指令パルスパターン n で最後に導通状態が切り替わる電気角 θ_1 が示される。中段においては、最初に算出される推定電気角 θ_{est} より後における指令パルスパターン n + 1 での最初の導通状態が切り替わる電気角 θ_2 と、再設定される推定電気角 θ_{est} より後における指令パルスパターン n + 1 で最初に導通状態が切り替わる電気角 θ_2 とが示されている。そして、下段には、最終的に出力される最終指令パルスパターンが示されている。

【 0 0 6 8 】

まず、ステップ S 1 0 7 の処理によって、最初に算出される推定電気角 θ_{est} と対応する

50

電気角 θ_1 、 θ_2 とを用いてパルス幅 T_{pwm} が算出され、このパルス幅 T_{pwm} はパルス閾値 T_{th} より短い (S 1 0 8 : N o)。そのため、狭小パルスが発生するおそれがあると判断され、次に、ステップ S 1 1 0 の処理が実行される。ステップ S 1 1 0 においては、角度推定部 1 4 2 1 は、最初に算出される推定電気角 θ_{est} 以降であって、次に、出力中の指令パルスパターン n における導通状態 (この図においては、オン状態) と、指令パルスパターン $n + 1$ において導通状態 (オン状態) とが同じになる電気角を、推定電気角 θ_{est} として再設定する。

【 0 0 6 9 】

そして、再び、ステップ S 1 0 7 の処理によって、再設定される推定電気角 θ_{est} と対応する電気角 θ_1 、 θ_2 に応じたパルス幅 T_{pwm} が算出される。ここで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上であるため (S 1 0 8 : Y e s)、図下段に示されるように、再算出された推定電気角 θ_{est} において指令パルスパターンの切り替えが行われる。そのため、指令パルスパターンの切り替えタイミングをまたぐパルスのパルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上となるので、狭小パルスの発生を抑制できる。

【 0 0 7 0 】

なお、図 8 には、パルス幅 T_{pwm} と、発生するサージ電圧との関係を示すグラフである。このグラフにおいては、パルス幅 T_{pwm} が x 軸方向に示されており、発生するサージ電圧が y 軸方向に示されている。また、この図によれば、電力変換器 1 の温度に応じて特性は変化し、電力変換器 1 が 4 0、2 0、0、及び、- 4 0 の場合のそれぞれの特性が、実線、一点鎖線、二点鎖線、及び、破線で示されている。

【 0 0 7 1 】

例えば、パルス閾値 T_{th} として $1.65 \mu s$ を設定することにより、パルス幅 T_{pwm} が $1.65 \mu s$ 以上となり、その結果、これらのいずれの温度の場合においてもサージ電圧が発生しないようにできる。このようにして、電力変換器 1 の温度に応じたサージ電圧の特性を用いて、予め、ステップ S 1 0 8 における判定基準を設定することができる。

【 0 0 7 2 】

第 1 実施形態によれば、以下の効果を得ることができる。

【 0 0 7 3 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、電力変換器 1 と接続される負荷であるモータ 3 に対するトルク指令値 T^* に応じて、指令パルスパターンを切り替えるか否かを判断する切り替え判断ステップ (S 1 0 4) と、切り替え判断ステップにおいて指令パルスパターンを切り替えると判断される場合に、切り替えタイミングである推定電気角 θ_{est} をまたぐパルス幅 T_{pwm} を推測するパルス幅推測ステップ (S 1 0 7) と、パルス幅推測ステップにおいて推測されたパルス幅 T_{pwm} が、パルス閾値 T_{th} を上回るか否かを判定する、判定ステップ (S 1 0 8) と、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回ると判定される場合には (S 1 0 8 : Y e s)、当該推定電気角 θ_{est} において指令パルスパターンを切り替える切り替えステップ (S 1 0 9) と、を有する。

【 0 0 7 4 】

このような構成となることで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} よりも長い場合にのみ、指令パルスパターンの切り替えが行われることになるため、指令パルスパターンの切り替えが行われる過渡条件においても、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【 0 0 7 5 】

さらに、パルス幅推測ステップ (S 1 0 7) において、切り替えタイミングである推定電気角 θ_{est} の直前における指令パルスパターン n の操作タイミング (θ_1) と、推定電気角 θ_{est} の直後における指令パルスパターン $n + 1$ の操作タイミング (θ_2) との間に相当する時間を、パルス幅 T_{pwm} として推測する。これにより、推定電気角 θ_{est} と、指令パルスパターン n 、及び、指令パルスパターン $n + 1$ とを用いて、パルス幅 T_{pwm} が推測される。このように、切り替えタイミングとなる推定電気角 θ_{est} の再設定のために新たなセンサを追加する必要がないため、処理負荷が大きくなることなく、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回るように、切り替えタイミングである推定電気角 θ_{est} を再設定する第 1 再設定ステップ (S 1 1 0) を有する。

【 0 0 7 7 】

このような構成となることで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} よりも短い場合には、切り替えタイミングである推定電気角 θ_{est} の再設定が行われ、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回る。そのため、指令パルスパターンの切り替えが行われる過渡条件においても、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【 0 0 7 8 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、再設定ステップ (S 1 1 0) において、ステップ S 1 0 6 において算出された推定電気角 θ_{est} の後であって、次に、第 1 パルスパターンと、第 2 パルスパターンとにおいて導通状態が同じとなるタイミングを、推定電気角 θ_{est} として再設定する。

【 0 0 7 9 】

切り替えタイミングとなる推定電気角 θ_{est} の後において、指令パルスパターンにおける導通状態が異なるタイミングを推定電気角 θ_{est} としてしまうと、推定電気角 θ_{est} において導通状態の変化が生じてしまい、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を下回ってしまうことがある。しかしながら、導通状態が同じとなるタイミングを推定電気角 θ_{est} として再設定することで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回るようにできるため、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【 0 0 8 0 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、電力変換器 1 と接続される負荷はモータ 3 であり、PWM 生成部 1 4 1 は、モータ 3 に対するトルク指令値 T^* 、及び、モータ 3 の回転数 N に基づいて、パルスパターンを生成する。このような構成となることで、負荷がモータ 3 である場合においても、狭小パルスの発生を抑制することができる。

【 0 0 8 1 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、電力変換器 1 は、モータ 3 へと交流電力を出力する。そして、図 3 に示されるように、PWM 生成部 1 4 1 によって行われる判断ステップ (S 1 0 4) において、直流電力に対する交流電力の変調率 M^* 、及び、モータ 3 の回転数 N に基づいて、指令パルスパターンを切り替えるか否かが判断される。

【 0 0 8 2 】

さらに、パルス幅推測ステップ (S 1 0 6) においては、推定電気角 θ_{est} の直前における第 1 パルスパターンの導通状態が切り替わるタイミングを示すモータ 3 の電気角 θ_1 、推定電気角 θ_{est} の直後における第 2 パルスパターンの最初に導通状態が切り替わるタイミングを示すモータ 3 の電気角 θ_2 、及び、モータ 3 の回転数 N に応じて、パルス幅 T_{pwm} を推測する。

【 0 0 8 3 】

このように制御されることにより、電力変換器 1 は、交流電力の出力先であるモータ 3 に関するパラメータに基づいて、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回るように制御することにより、設計精度を高めながら、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【 0 0 8 4 】

第 1 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、パルス閾値 T_{th} は、電力変換器 1 が有するスイッチング素子の温度に応じたサージ電圧特性により定められる。これにより、パルス閾値 T_{th} を事前に求めることができるため、動作環境に応じて、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【 0 0 8 5 】

(第 2 実施形態)

第 1 実施形態においては、推定電気角 θ_{est} を算出する際に、モータ回転角度検出部において算出される回転数 N を用いる例について説明した。第 2 実施形態においては、モータ

10

20

30

40

50

3の回転数Nが変化する場合において、指令パルスパターンが切り替わるタイミングにおけるモータ3の回転数Nを推定する例について説明する。

【0086】

図9は、第2実施形態のPWMパターン切替出力部142の概略構成図である。図3に示される第1実施形態のPWMパターン切替出力部142と比較すると、角度推定部1421の前段に回転数推定部901が設けられている。

【0087】

回転数推定部901は、切り替えタイミングとなる制御周期T毎に回転数Nを記憶する。なお、以下においては、回転数 N_n は、n回目の制御周期Tにおけるモータ3の回転数を示すものとする。

【0088】

回転数推定部901は、次式を用いて、次の切り替えタイミングにおける回転数 N_{n+1} の推定値である推定回転数 N_{est} を推定する。

【0089】

【数3】

$$N_{est} = (N_n - N_{n-1}) + N_n \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

【0090】

ただし、式(3)におけるパラメータは以下のとおりである。

N_{n-1} ：前回(n-1回目)の切り替えタイミングにおける回転数N

N_n ：今回(n回目)の切り替えタイミングにおける回転数N

N_{est} ：次回(n+1回目)の切り替えタイミングにおける回転数Nの推定値

【0091】

式(3)によれば、前回の切り替えタイミングから今回の切り替えタイミングまでにおける回転数Nの変化量が、今回の切り替えタイミングから次回の切り替えタイミングまでにおける回転数Nの変化量と等しいものと仮定して、次回の切り替えタイミングにおける回転数Nの推定値 N_{n+1} が推定される。

【0092】

図10は、最終指令パルスパターンの決定制御のフローチャートである。図5に示される第1実施形態のフローチャートと比較すると、ステップS106の処理が、ステップS202に変更されるとともに、ステップS201、S203、及び、S204の処理が追加されている。

【0093】

ステップS201は、出力される指令パルスパターンの変更が必要な場合(S104: Yes)に行われる処理である。この処理においては、回転数推定部901は、(3)式に基づいて、次の変更タイミングにおける推定回転数 N_{est} を算出する。そして、次に、ステップS202の処理が行われる。

【0094】

ステップS202は、角度推定部1421は、現在の回転数Nと、推定回転数 N_{est} とを比較し、大きい方の回転数を用いて、(1)式により推定電気角 θ_{est} を算出する。この制御により、回転数Nが急減状態から定常状態に大きく変化した場合においても、より大きな回転数Nが使用されることになるので、パルス幅 T_{pwm} はより短くなる。そのため、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上と判断されにくくなるので、パルス幅 T_{pwm} が狭小パルスとなるおそれを低減することが抑制できる。

【0095】

なお、ステップS202において、角度推定部1421は、推定回転数 N_{est} を用いて、(1)式により推定電気角 θ_{est} を算出してもよい。このようにすることで、処理負荷を軽減できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

ステップ S 2 0 3 においては、角度推定部 1 4 2 1 は、推定電気角 θ_{est} において、前の指令パルスパターンでの導通状態と、次の指令パルスパターンでの導通状態とが同じであるか否かを判定する。両者が同じである場合には (S 2 0 3 : Y e s)、次に、ステップ S 1 0 7 が行われる。一方、両者が異なる場合には (S 2 0 3 : N o)、次に、ステップ S 2 0 4 が行われる。

【 0 0 9 7 】

ステップ S 2 0 4 において、角度推定部 1 4 2 1 は、推定電気角 θ_{est} 以降において、現在の指令パルスパターン n の導通状態と、次の指令パルスパターン n + 1 の導通状態とが一致する電気角を、新たに、推定電気角 θ_{est} として再設定する。なお、本再設定処理は、

10

【 0 0 9 8 】

ステップ S 2 0 4 に相当する処理を、第 1 実施形態のように回転数 N の推定処理を含まない制御に含めてもよい。このようにすることで、推定電気角 θ_{est} において、現在の指令パルスパターン n と、次の指令パルスパターン n との導通状態は同じにすることができるので、狭小パルスの発生を抑制できる。

【 0 0 9 9 】

次に、図 1 1 を用いて、本実施形態における指令パルスパターンの出力制御について説明する。これらの図には、それぞれ上から順に、現在出力中の指令パルスパターン n、P

20

【 0 1 0 0 】

WM生成部 1 4 1 において生成される次の制御周期 T における指令パルスパターン n + 1、及び、最終指令出力部 1 4 2 2 から出力される最終指令パルスパターンが示されている。

【 0 1 0 1 】

この図に示されるように、最初にステップ S 1 0 6 において算出される推定電気角 θ_{est} においては、指令パルスパターン n の導通状態と、指令パルスパターン n + 1 の導通状態とは異なる (S 2 0 3 : N o)、そのため、推定電気角 θ_{est} の後であって、指令パルスパターン n の導通状態と、指令パルスパターン n + 1 の導通状態とが同じとなるタイミング

30

【 0 1 0 2 】

この場合において、上段に示されるように、再設定後の推定電気角 θ_{est} の直前で指令パルスパターン n の導通状態が切り替わるとされる電気角 θ_1 は、再設定後の推定電気角 θ_{est} と一致する。また、中段において、再設定後の推定電気角 θ_{est} の直後で指令パルスパターン n + 1 の導通状態が切り替わる電気角 θ_2 が示されている。

【 0 1 0 3 】

ステップ S 1 0 7 の処理によって、これらの電気角 θ_1 、 θ_2 に応じたパルス幅 T_{pwm} が算出される。ここで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上であるため (S 1 0 8 : Y e s)、図下段に示されるように、推定電気角 θ_{est} において指令パルスパターンの変更が行われる。そのため、指令パルスパターンの切り替えタイミングを跨ぐパルス幅 T_{pwm} が狭小パルスとなることを抑制できる。

40

【 0 1 0 4 】

第 2 実施形態によれば、以下の効果を得ることができる。

【 0 1 0 5 】

第 2 実施形態の電力変換器 1 の制御方法によれば、制御周期 T ごとの回転数 N の変化に基づいて、切り替えタイミングにおける回転数 N を推定する回転数推定ステップ (S 2 0 1) を、さらに備える。パルス幅推測ステップ (S 1 0 6) においては、回転数推定ステップにて推定された推定回転数 N_{est} を用いて、パルス幅 T_{pwm} を推定する。このような構成となることで、モータ 3 の回転数 N が急激に増加している場合においても、狭小パルス

50

の発生を防ぐことができる。

【0106】

第2実施形態の電力変換器1の制御方法によれば、パルス幅推測ステップ(S202)において、回転数推定ステップ(S201)で推定された推定回転数 N_{est} 、及び、現在の回転数 N とのうちの大きい方を用いて、パルス幅 T_{pwm} を推測する。このような構成となることで、パルス幅 T_{pwm} がより短く算出されるので、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} 以上と判断されにくくなり、パルス幅 T_{pwm} が狭小パルスとなるおそれを低減することが抑制できる。

【0107】

第2実施形態の電力変換器1の制御方法によれば、回転数推定ステップ(S201)に 10
て推定された推定回転数 N_{est} を用いて算出される推定電気角 θ_{est} において、現在の指令パルスパターンと、次の指令パルスパターンが異なる場合には(S203:No)、現在の指令パルスパターンと、次の指令パルスパターンとにおいて導通状態が一致する電気角を、推定電気角 θ_{est} とする第2再設定ステップ(S204)を有する。このように構成されることで、導通状態が同じとなるタイミングを推定電気角 θ_{est} として再設定することで、パルス幅 T_{pwm} がパルス閾値 T_{th} を上回るようになり、狭小パルスの発生を防ぐことができる。

【0108】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。 20
また、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

【符号の説明】

【0109】

- 1 電力変換器
- 3 モータ
- 6 電流センサ
- 10 制御装置
- 11 電流指令値演算部
- 12 電流制御部
- 13 変調率変換部
- 14 PWM出力部
- 141 PWM生成部
- 142 PWMパターン切替出力部
- 1421 角度推定部
- 1422 最終指令出力部
- 100 モータシステム
- 901 回転数推定部

10

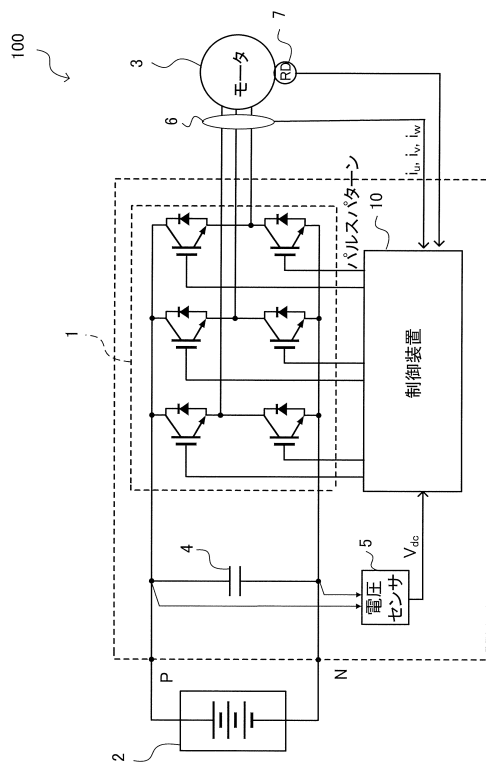
20

30

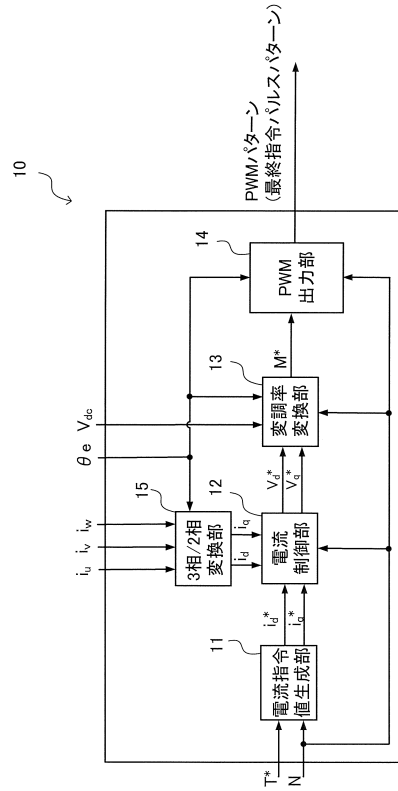
40

50

【図面】
【図 1】



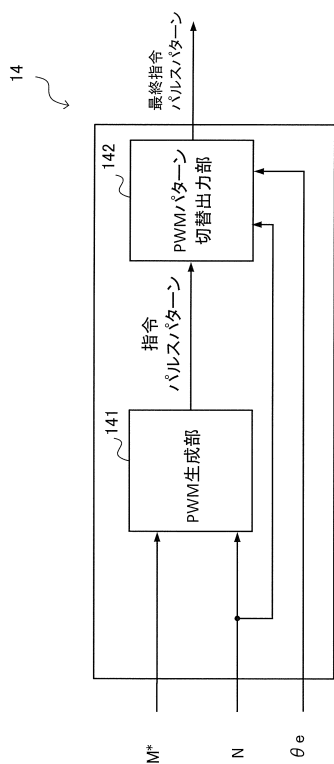
【図 2】



10

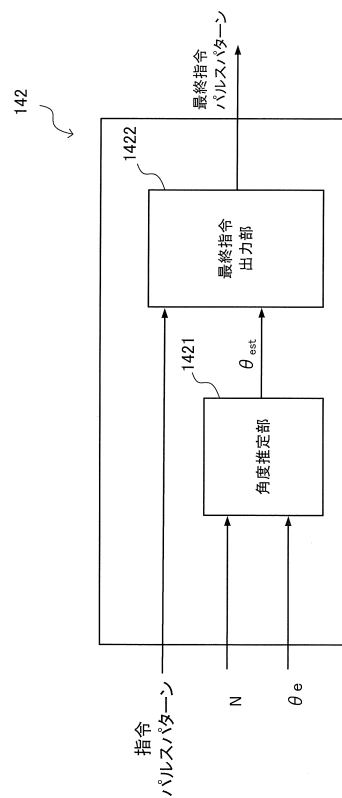
20

【図 3】



30

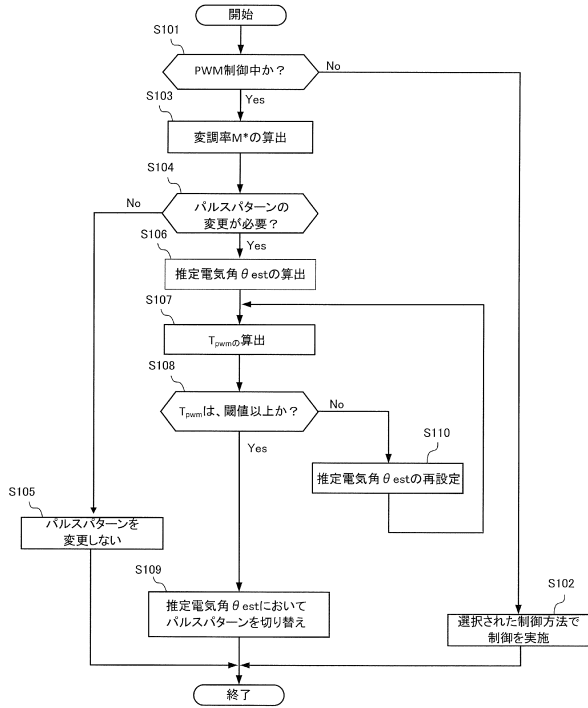
【図 4】



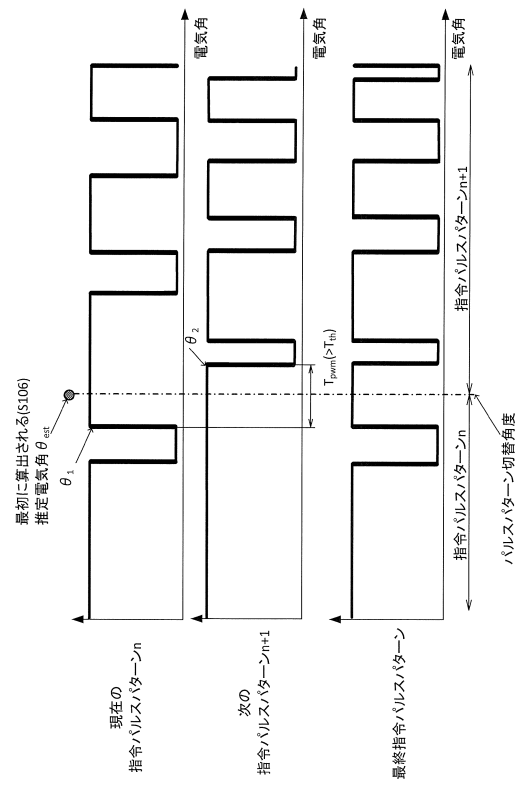
40

50

【図5】



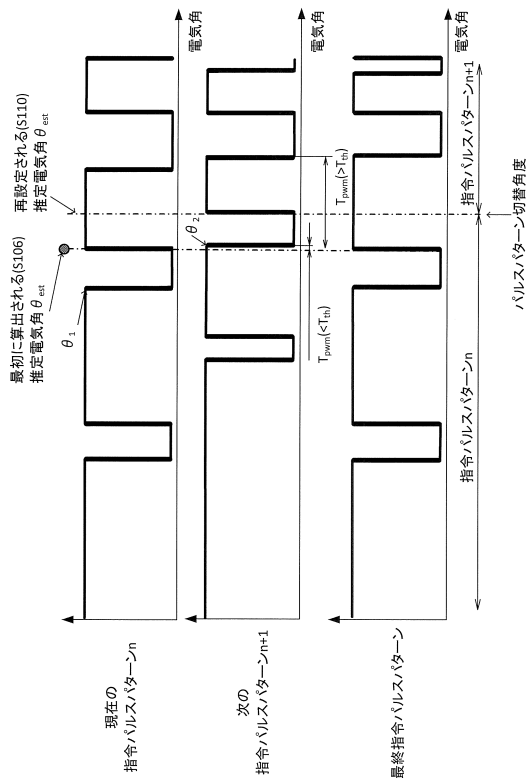
【図6】



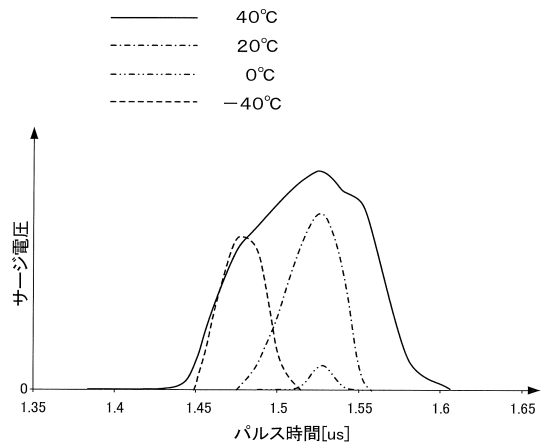
10

20

【図7】



【図8】

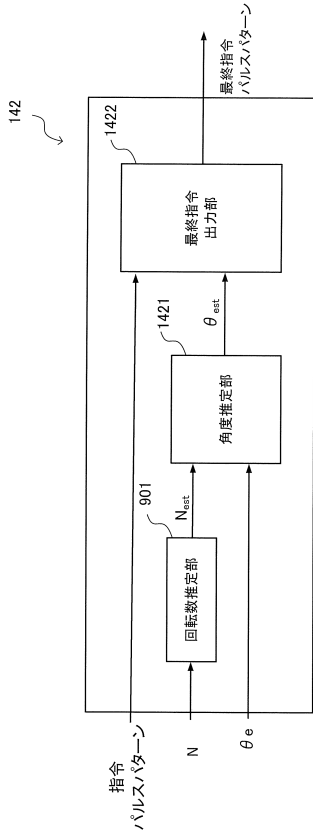


30

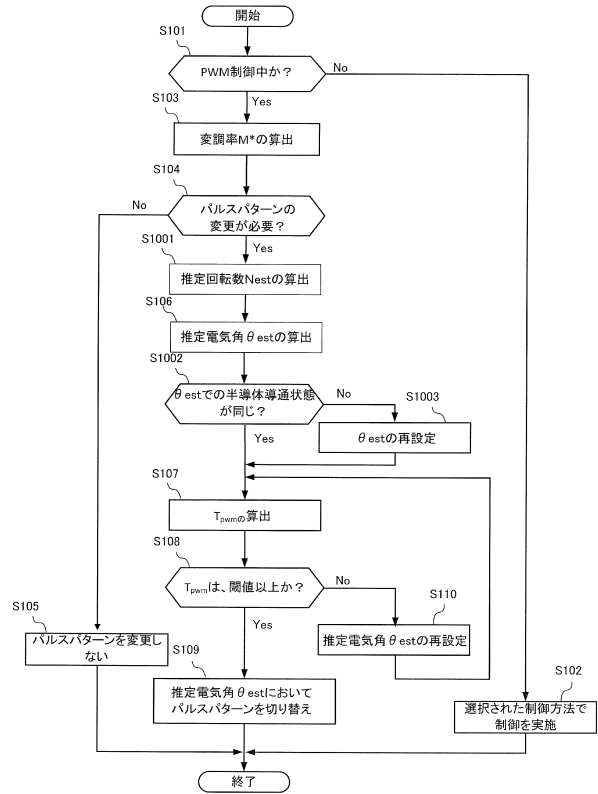
40

50

【図9】



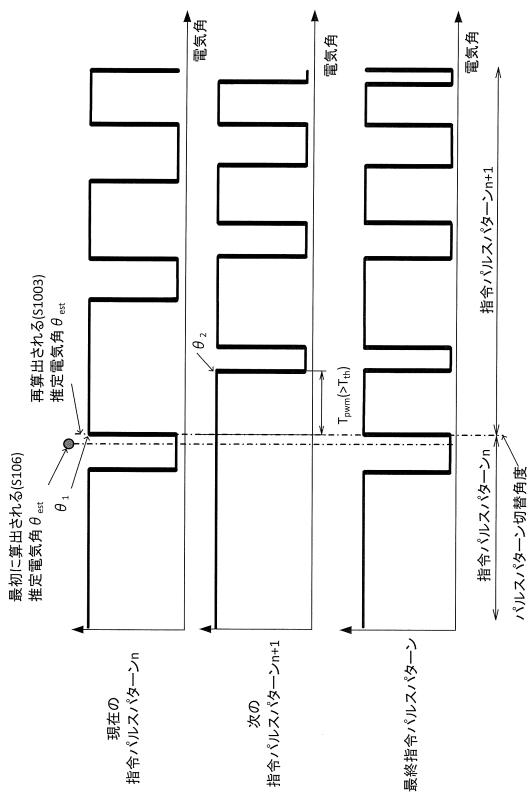
【図10】



10

20

【図11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 4 3 8 3 1 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 4 7 8 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 2 0 8 2 0 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 M 7 / 4 8
H 0 2 P 2 7 / 0 8