

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6197690号  
(P6197690)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl.

H02P 27/06 (2006.01)

F I

H02P 27/06

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-32290 (P2014-32290)  
 (22) 出願日 平成26年2月21日(2014.2.21)  
 (65) 公開番号 特開2015-159646 (P2015-159646A)  
 (43) 公開日 平成27年9月3日(2015.9.3)  
 審査請求日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(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 110001210  
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所  
 (72) 発明者 大井 将平  
 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 上野 力

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の第1スイッチング素子を所定のキャリア周波数でオン・オフ動作させてバッテリーの電圧を昇圧して昇圧直流電力とする昇圧コンバータと、

複数の第2スイッチング素子を所定のキャリア周波数でオン・オフ動作させて前記昇圧コンバータから出力された昇圧直流電力を交流電力に変換してモータに供給するインバータと、

前記昇圧コンバータの昇圧電圧を調整する制御部と、を備え、

前記制御部は、

要求回転数と要求トルクで前記モータを運転する際の最適昇圧電圧を規定した最適昇圧電圧マップであって、前記モータの回転数がゼロから第1回転数までの間は前記最適昇圧電圧をシステム最大電圧より低い第1電圧とし、前記モータの回転数が第1回転数を超えて第2回転数までの間は前記最適昇圧電圧を前記第1電圧よりも低い第2電圧とし、前記モータの回転数が第2回転数を超えると前記モータの回転数に応じて前記最適昇圧電圧を前記第2電圧から前記システム最大電圧まで上昇させる最適昇圧電圧マップを有し、前記モータの回転数がゼロから第1回転数までの間で、前記インバータのキャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記昇圧コンバータの昇圧電圧を前記最適昇圧電圧マップで規定する前記第1電圧よりも高くするモータ制御システム。

【請求項 2】

請求項1に記載のモータ制御システムであって、

10

20

前記制御部は、

前記モータの回転数がゼロから第1回転数までの間で、前記キャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記昇圧コンバータの昇圧電圧をシステム最大電圧とするモータ制御システム。

【請求項3】

請求項1に記載のモータ制御システムであって、

前記制御部は、

前記モータの回転数がゼロから第1回転数までの間で、前記キャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記モータのトルクが大きいほど前記昇圧コンバータの昇圧電圧の前記第1電圧からの偏差を大きくするモータ制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、昇圧した直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するモータ制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

バッテリー等の直流電源からの直流電力をインバータで交流電力に変換して三相同期電動機等のモータを駆動するモータ制御システムが多く用いられている。インバータは、複数のスイッチング素子を所定のキャリア周波数でオン・オフさせることによって直流電力を三相交流電力に変換するものである。キャリア周波数が高く、オン・オフの頻度が高い場合には出力される三相交流電力の波形は滑らかでモータの制御が安定するがスイッチング素子の発熱が大きくその温度が上昇してしまう。一方、キャリア周波数が低く、オン・オフの頻度が低い場合には出力される三相交流電力の波形は変動成分を含みモータの制御安定性が低下してしまうがスイッチング素子の発熱がさほど小さくなくその温度上昇は小さくなる。このため、モータの回転数が高い場合は高いキャリア周波数を用い、モータの回転数が低い場合には低いキャリア周波数を用いることが多い。また、モータの出力トルクが大きい場合にはスイッチング素子に流れる電流が大きいため発熱が大きくなり、モータの出力トルクが小さい場合にはスイッチング素子に流れる電流が小さいため発熱が小さくなる。このため、モータの回転数が低く、トルクが大きい場合には、スイッチング素子の発熱、温度上昇を抑制するためにキャリア周波数を低くし、回転数が高い場合には制御の安定性を確保するためにキャリア周波数を高くする制御方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-010668号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、モータが低回転、大トルクの場合に低いキャリア周波数でインバータを動作させると、変動成分を含む大きな交流電流によってモータを駆動することになるので、モータのトルク変動が大きくなり、モータからの逆起電力が大きく変動する。この結果、インバータの電圧変動が誘起される場合がある。

【0005】

一方、近年、より広い回転数、トルクの範囲でモータを運転するために、バッテリーの電圧を昇圧コンバータによって昇圧し、昇圧した直流電力をインバータで交流電力に変換してモータの駆動を行う方法が多く用いられている。このような昇圧を行うモータ制御装置において低いキャリア周波数でインバータを動作させ、モータを低回転、大トルクで駆動すると、モータの逆起電力の変動が大きくなり、これにより昇圧電圧が大きく変動し、場

10

20

30

40

50

合によっては昇圧コンバータの制御性を低下させてしまうという問題がある。

【 0 0 0 6 】

本発明は、モータ制御システムにおいて、低いキャリア周波数でインバータを駆動してモータを低回転、大トルクで運転した際の昇圧電圧の変動を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明のモータ制御システムは、複数の第 1 スwitchング素子を所定のキャリア周波数でオン・オフ動作させてバッテリーの電圧を昇圧して昇圧直流電力とする昇圧コンバータと、複数の第 2 スwitchング素子を所定のキャリア周波数でオン・オフ動作させて前記昇圧コンバータから出力された昇圧直流電力を交流電力に変換してモータに供給するインバータと、前記昇圧コンバータの昇圧電圧を調整する制御部と、を備えるモータ制御システムであって、前記制御部は、要求回転数と要求トルクで前記モータを運転する際の最適昇圧電圧を規定した最適昇圧電圧マップと、前記キャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記昇圧コンバータの昇圧電圧を前記最適昇圧電圧マップで規定する前記最適昇圧電圧よりも高い電圧とする昇圧電圧変更手段と、を有すること、を特徴とする。

10

【 0 0 0 8 】

本発明のモータ制御システムにおいて、前記昇圧電圧変更手段は、前記キャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記昇圧コンバータの昇圧電圧をシステム最大電圧とすることとしても好適である。

【 0 0 0 9 】

20

本発明のモータ制御システムにおいて、前記昇圧電圧変更手段は、前記キャリア周波数が所定の閾値以下の場合に、前記モータのトルクが大きいほど前記昇圧コンバータの昇圧電圧を高くすることとしても好適である。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明は、モータ制御システムにおいて、低いキャリア周波数でインバータを駆動してモータを低回転、大トルクで運転した際の昇圧電圧の変動を抑制することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

30

【図 1】本発明の実施形態におけるモータ制御システムの構成を示す系統図である。

【図 2】本発明の実施形態におけるモータ制御システムの制御部に格納されている最適昇圧電圧マップである。

【図 3】本発明の実施形態におけるモータ制御システムのモータトルクに対する昇圧電圧（直流高電圧  $V_H$ ）を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。図 1 に示す様に、本実施形態のモータ制御システムは、充放電可能な二次電池であるバッテリー 10 と、バッテリー 10 に接続される昇圧コンバータ 20 と、昇圧コンバータ 20 に接続されるインバータ 30 と、インバータ 30 に接続される交流モータ 40 と、昇圧コンバータ 20 とインバータ 30 とを制御する制御部 60 と、を備えている。バッテリー 10 にはバッテリー電圧  $V_B$  を検出するバッテリー電圧センサ 51 が取り付けられ、交流モータ 40 には回転数及び回転角度を検出するレゾルバ 41 が取り付けられている。

40

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、昇圧コンバータ 20 は、バッテリー 10 のマイナス側に接続されたマイナス側電路 17 と、バッテリー 10 のプラス側に接続された低圧電路 18 と、昇圧コンバータ 20 のプラス側出力端の高圧電路 19 とを含んでいる。昇圧コンバータ 20 は、低圧電路 18 と高圧電路 19 との間に配置された上アームスウィッチング素子 13（第 1 のスウィッチング素子）と、マイナス側電路 17 と低圧電路 18 との間に配置された下アームス

50

ッチング素子 14 (第 1 のスイッチング素子) と、低圧電路 18 に直列に配置されたリアクトル 12 と、低圧電路 18 とマイナス側電路 17 との間に配置されたフィルタコンデンサ 11 とフィルタコンデンサ 11 の両端の直流低電圧  $V_L$  を検出する低電圧センサ 52 とを含んでいる。また、各スイッチング素子 13, 14 には、それぞれダイオード 15, 16 が逆並列に接続されている。昇圧コンバータ 20 は、所定のキャリア周波数  $F_c$  で下アームスイッチング素子 14 をオン、上アームスイッチング素子 13 をオフとしてリアクトル 12 にバッテリー 10 からの電気エネルギーを蓄積した後、下アームスイッチング素子 14 をオフとし、上アームスイッチング素子 13 をオンとして、リアクトル 12 に蓄積した電気エネルギーによって電圧を上昇させて高圧電路 19 に昇圧した昇圧電圧である直流高電圧  $V_H$  を供給する。上アームスイッチング素子 13 のオン・オフの時間比率及び下アームスイッチング素子 14 のオン・オフの時間比率は、直流低電圧  $V_L$  と直流高電圧  $V_H$  の比率で決定される。

10

#### 【0014】

インバータ 30 は、昇圧コンバータ 20 の高圧電路 19 に接続される共通の高圧電路 22 と、昇圧コンバータ 20 のマイナス側電路 17 に接続される共通のマイナス側電路 21 とを含んでいる。高圧電路 22 とマイナス側電路 21 との間には、昇圧コンバータ 20 から供給された直流電流を平滑にする平滑コンデンサ 23 が接続されている。インバータ 30 に供給される昇圧電圧である直流高電圧  $V_H$  は、平滑コンデンサ 23 の両端の電圧を検出する高電圧センサ 53 によって検出される。従って、高電圧センサ 53 によって検出される直流高電圧  $V_H$  は実際の昇圧電圧 (実昇圧電圧  $V_{Hr}$ ) である。インバータ 30 は、

20

#### 【0015】

インバータ 30 は、内部に U, V, W の各相についてそれぞれ第 2 のスイッチング素子である上アームスイッチング素子 31、下アームスイッチング素子 32 の合計 6 個のスイッチング素子を含んでいる。各スイッチング素子 31, 32 にはそれぞれダイオード 33, 34 が逆並列に接続されている (図 1 では、1 つの相の上、下の各スイッチング素子 31, 32 と各ダイオード 33, 34 のみを図示し、他の相のスイッチング素子、ダイオードの図示は省略する)。インバータ 30 の U, V, W の各相の上アームのスイッチング素子と下アームのスイッチング素子との間には、それぞれ U, V, W の各相の電流を出力する出力線 35, 36, 37 が取り付けられており、各出力線 35, 36, 37 が交流モータ 40 の U, V, W の各相の入力端子に接続されている。また、本実施形態では、V 相と W 相の各出力線 36, 37 には、それぞれの電流を検出する電流センサ 42, 43 が取り付けられている。なお、U 相の出力線 35 には電流センサは取り付けられていないが、三相交流では、U, V, W の各相の電流の合計はゼロとなることから、U 相の電流値は V 相, W 相の電流値から計算によって求めることができる。

30

#### 【0016】

図 1 に示すように、制御部 60 は、演算処理を行う CPU 61 と、記憶部 62 と、機器・センサインターフェース 63 とを含み、演算処理を行う CPU 61 と、記憶部 62 と、機器・センサインターフェース 63 とはデータバス 64 で接続されているコンピュータである。記憶部 62 の内部には、交流モータの制御プログラム 65、制御データ 66、及び、後で説明する最適昇圧電圧マップ 67 と、昇圧電圧変更プログラム 68 が格納されている。また、先に説明した、昇圧コンバータ 20 のスイッチング素子 13, 14、インバータ 30 の各スイッチング素子 31, 32 は機器・センサインターフェース 63 を通して制御部 60 に接続され、制御部 60 の指令によって動作するよう構成されている。また、バッテリー電圧センサ 51, 低電圧センサ 52, 高電圧センサ 53、レゾルバ 41 の各センサの出力は機器・センサインターフェース 63 を通して制御部 60 に入力されるよう構成されている。

40

#### 【0017】

次に、図 2 (a) を参照しながら記憶部 62 に格納された最適昇圧電圧マップ 67 につ

50

いて説明する。図2(a)に示す最適昇圧電圧マップ67は、交流モータ40を要求回転数と要求トルクで運転する際に、昇圧コンバータ20がインバータ30に供給する直流高電圧 $V_H$ の最適値(最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ )をマップにしたものである。図2(a)の実線aは交流モータ40のトルク $T$ が大きい( $T = T_1$ )場合の最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ を示すラインであり、一点鎖線bは交流モータ40のトルク $T$ が中程度( $T = T_2 < T_1$ )の場合の最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ を示すラインであり、破線cは交流モータ40のトルク $T$ が小さい( $T = T_3 < T_2 < T_1$ )の場合の最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ を示すラインである。

#### 【0018】

図2(a)の実線aに示すように、交流モータ40のトルク $T$ が $T_1$ の場合(トルク $T$ が大きい場合)、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、交流モータ40の回転数 $R$ が0から $N_1$ までの間は、交流モータ40、昇圧コンバータ20、インバータ30の各機器に連続して通電できる最大電圧であるシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ の75%程度の $V_{Hs1}$ となっている。交流モータ40の回転数 $R$ が $N_1$ を超えると、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、 $V_{Hs1}$ から交流モータ40、昇圧コンバータ20、インバータ30の各機器に連続して通電できる最小電圧であるシステム最低電圧 $V_{Hs0}$ (例えば、バッテリー電圧 $V_B$ )よりも少し高い電圧まで低下する。そして、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_2$ を超えて高くなっていくと、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は回転数 $R$ の上昇に応じて高くなり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_6$ でシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_6$ 以上ではシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ に保たれる。

#### 【0019】

また、図2(a)の一点鎖線bに示すように、交流モータ40のトルク $T$ が $T_2$ の場合(トルク $T$ が中程度の場合)にはトルク $T$ が大きい場合と同様、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、交流モータ40の回転数 $R$ が0から $N_1$ までの間は $V_{Hs1}$ で、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_1$ を超えると $V_{Hs1}$ からシステム最低電圧 $V_{Hs0}$ よりも少し高い電圧まで低下し、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_2$ を超えて高くなると回転数 $R$ の上昇に応じて高くなり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_6$ よりも高い $N_7$ でシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_7$ 以上では、システム最大電圧 $V_{Hmax}$ に保たれる。

#### 【0020】

また、図2(a)の破線cに示すように、交流モータ40のトルク $T$ が $T_1$ の場合(トルク $T$ が小さい場合)、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、交流モータ40の回転数 $R$ が0から $N_1$ までの間は、システム最大電圧 $V_{Hmax}$ の30%程度の $V_{Hs3}$ となっている( $V_{Hs3} < V_{Hs1}$ )。交流モータ40の回転数 $R$ が $N_1$ を超えると最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、 $V_{Hs3}$ からシステム最低電圧 $V_{Hs0}$ よりも少し高い電圧まで低下し、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_2$ を超えて高くなると回転数 $R$ の上昇に応じて高くなり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_6$ 、 $N_7$ よりも高い $N_8$ でシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となり、交流モータ40の回転数 $R$ が $N_8$ 以上では、システム最大電圧 $V_{Hmax}$ に保たれる。

#### 【0021】

以上説明したように、最適昇圧電圧 $V_{Hs}$ は、交流モータ40の回転数が $N_1$ よりも低い場合には交流モータ40のトルク $T$ が大きいあるいは中程度の場合には、システム最大電圧 $V_{Hmax}$ の75%程度の $V_{Hs1}$ に、交流モータ40のトルク $T$ が小さい場合にはシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ の30%程度の $V_{Hs3}$ になり、交流モータ40の回転数が $N_1$ と $N_2$ との間では、システム最低電圧 $V_{Hs0}$ よりも少し高い電圧になる。そして、交流モータ40の回転数が $N_2$ を超えると、トルク $T$ の大きさに応じた増加比率で回転数 $R$ が高くなるに従って高くなる。そして、交流モータ40のトルク $T$ が大きい場合には回転数 $R$ が $N_6$ 以上で、トルク $T$ が中程度の場合は回転数 $R$ が $N_6$ よりも高い $N_7$ 以上で、トルク $T$ が小さい場合は回転数 $R$ が $N_6$ 、 $N_7$ よりも高い $N_8$ 以上でそれぞれシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となる。

#### 【0022】

また、制御部60は、記憶部62の制御データ66の中に、図2(b)に示すような交流モータ40の回転数 $R$ に対してキャリア周波数 $F_c$ を規定するキャリア周波数マップを

10

20

30

40

50

格納している。図 2 ( b ) に示すように、キャリア周波数  $F_c$  は、交流モータ 40 の回転数  $R$  が 0 から  $N_1$  までの間は一番低い  $F_{c1}$ 、回転数  $R$  が  $N_1$  から  $N_3$  までの間は少し高い  $F_{c2}$ 、回転数  $R$  が  $N_3$  から  $N_4$  までの間はもう少し高い  $F_{c3}$ 、回転数  $R$  が  $N_4$  以上では最も高い  $F_{c4}$ 、のように回転数  $R$  が高くなるにつれて 4 段階に高くなっていくように規定されている。

#### 【 0 0 2 3 】

したがって、図 2 ( a ) に示すように、交流モータ 40 の回転数  $R$  が 0 から  $N_1$  までの間の  $N_{11}$ 、 $N_{12}$  では、交流モータ 40 のトルク  $T$  が中程度以上の場合には、昇圧コンバータ 20 はキャリア周波数  $F_c$  が一番低い  $F_{c1}$  で、昇圧電圧 ( 直流高電圧  $V_H$  ) が  $V_{Hs1}$  となる動作点  $P_{11}$ 、 $P_{12}$ 、 $P_{21}$ 、 $P_{22}$  で動作し、交流モータ 40 のトルク  $T$  が小さい場合には、キャリア周波数  $F_c$  が一番低い  $F_{c1}$  で、昇圧電圧 ( 直流高電圧  $V_H$  ) がシステム最大電圧  $V_{Hmax}$  の 30 % 程度の  $V_{Hs3}$  となる動作点  $P_{13}$ 、 $P_{23}$  で動作する。

#### 【 0 0 2 4 】

本実施形態のモータ制御システム 100 の昇圧電圧変更プログラム 68 ( 昇圧電圧変更手段 ) は、キャリア周波数  $F_c$  が所定の閾値以下の場合に、昇圧コンバータ 20 の昇圧電圧 ( 直流高電圧  $V_H$  ) を最適昇圧電圧マップ 67 で規定する最適昇圧電圧  $V_{Hs}$  よりも高い電圧とするものである。

#### 【 0 0 2 5 】

昇圧電圧変更プログラム 68 を実行すると、制御部 60 は、図 2 ( b ) に示すように交流モータ 40 の回転数  $R$  が  $N_{11}$  で、キャリア周波数  $F_c$  が所定の閾値  $F_{c0}$  よりも低い  $F_{c1}$  の場合、昇圧コンバータ 20 の昇圧電圧 ( 直流高電圧  $V_H$  ) を各最適昇圧電圧  $V_{Hs}$  よりも大きいシステム最大電圧  $V_{Hmax}$  に設定する。これにより、図 2 ( a ) に示すように、昇圧コンバータ 20 の動作点は昇圧電圧変更プログラム 68 を実行する前の動作点  $P_{11}$ 、 $P_{12}$ 、 $P_{13}$  から  $P_{10}$  に移動し、昇圧コンバータ 20 は、システム最大電圧  $V_{Hmax}$  の昇圧電圧をインバータ 30 に供給する。

#### 【 0 0 2 6 】

両端に直流高電圧  $V_H$  ( 昇圧電圧 ) が印加されている平滑コンデンサ 23 に蓄えられる電気エネルギー  $P_c$  は、平滑コンデンサ 23 の静電容量を  $C$  として以下の ( 式 1 ) のように表される。

$$P_c = ( 1 / 2 ) \times C \times V_H^2 \quad \text{--- ( 式 1 )}$$

ここで、直流高電圧  $V_H$  が  $V_{Hs1}$  の場合に直流高電圧  $V_H$  が  $V_H$  だけ変動するのに必要なエネルギー  $P_{c1}$  と、直流高電圧  $V_H$  が  $V_{Hmax}$  の場合に直流高電圧  $V_H$  が  $V_H$  だけ変動するのに必要なエネルギー  $P_{cmax}$  とは下記の ( 式 2 )、( 式 3 ) で表される。

$$\begin{aligned} P_{c1} &= ( 1 / 2 ) \times C \times [ ( V_{Hs1} + V_H )^2 - V_{Hs1}^2 ] \\ &= ( 1 / 2 ) \times C \times [ V_H^2 + ( 2 \times V_{Hs1} \times V_H ) ] \quad \text{--- ( 式 2 )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cmax} &= ( 1 / 2 ) \times C \times [ ( V_{Hmax} + V_H )^2 - V_{Hmax}^2 ] \\ &= ( 1 / 2 ) \times C \times [ V_H^2 + ( 2 \times V_{Hmax} \times V_H ) ] \quad \text{--- ( 式 3 )} \end{aligned}$$

$P_{cmax}$  と  $P_{c1}$  との差は、

$$\begin{aligned} P_{cmax} - P_{c1} &= ( 1 / 2 ) \times C \times 2 \times V_H \times ( V_{Hmax} - V_{Hs1} ) \\ &= C \times V_H \times ( V_{Hmax} - V_{Hs1} ) \quad \text{--- ( 式 4 )} \end{aligned}$$

先に述べたように、 $V_{Hs1}$  は  $V_{Hmax}$  の 75 % 程度であり、 $V_{Hmax}$  は  $V_{Hs1}$  よりも大きいから (  $V_{Hmax} > V_{Hs1}$  )、( 式 4 ) 中の (  $P_{cmax} - P_{c1}$  ) は正となり、 $P_{cmax}$  は  $P_{c1}$  よりも大きくなる。したがって、直流高電圧  $V_H$  の高い場合の方が直流高電圧  $V_H$  の低い場合よりも直流高電圧  $V_H$  を電圧  $V_H$  だけ変動させるのに必要なエネルギーが大きくなる。換言すると、直流高電圧  $V_H$  の高い場合には直流高電圧  $V_H$  の低い場合よりも大きなエネルギーが入力されないと電圧が  $V_H$  だけ変動せず、同様のエネルギーが入力された場合には、直流高電圧  $V_H$  の高い場合には直流高電圧  $V_H$  の低

10

20

30

40

50

い場合よりも電圧の変動幅が小さくなる。

【 0 0 2 7 】

したがって、図 2 ( a ) に示すように、昇圧コンバータ 2 0 の動作点が昇圧電圧変更プログラム 6 8 を実行する前の動作点  $P_{11}$  ,  $P_{12}$  ,  $P_{13}$  から昇圧電圧変更プログラム 6 8 を実行した際の動作点  $P_{10}$  に移動し、直流高電圧が  $V_{Hs_1}$  あるいは  $V_{Hs_3}$  から  $V_{Hmax}$  に上昇すると、直流高電圧  $V_H$  の電圧変動が小さくなる。

【 0 0 2 8 】

このように、昇圧電圧変更プログラム 6 8 によって昇圧電圧をシステム最大電圧  $V_{Hmax}$  まで上昇させると、キャリア周波数  $F_c$  が所定の閾値  $F_{c0}$  よりも低い周波数で、インバータ 3 0 を駆動し、これにより大きな変動成分を含む交流電流によって交流モータ 4 0 が駆動され、交流モータ 4 0 のトルク変動、交流モータ 4 0 の逆起電力の変動が大きい場合でも、昇圧コンバータ 2 0 からインバータ 3 0 に供給される直流高電圧  $V_H$  の電圧変動を抑制でき、昇圧コンバータ 2 0 の制御性が低下することを抑制することができる。また、 $V_H$  の変動が抑制されることにより交流モータ 4 0 の制御応答性の低下を抑制することができる。

【 0 0 2 9 】

上記の実施形態では、最適昇圧電圧マップは、図 2 ( a ) に示すように、交流モータ 4 0 を要求回転数と要求トルクで運転する際に、昇圧コンバータ 2 0 がインバータ 3 0 に供給する直流高電圧  $V_H$  の最適値 (最適昇圧電圧  $V_{Hs}$ ) をマップにしたものとして説明したが、最適昇圧電圧マップはこれに限定されず様々な形式のマップでもよい。例えば、交流モータ 4 0 を要求回転数と要求トルクで運転するために必要な下限電圧を規定した要求下限電圧マップは、昇圧コンバータ 2 0 の昇圧損失をできるだけ小さく (最適化) しつつ交流モータ 4 0 を要求回転数と要求トルクで運転可能な電圧をマップとしたものであり、最適昇圧電圧マップの一例である。この場合、昇圧電圧変更プログラム 6 8 によってキャリア周波数  $F_c$  が所定の閾値  $F_{c0}$  よりも低い場合に、昇圧電圧を要求下限電圧マップに規定されている下限電圧以上、例えば、システム最大電圧  $V_{Hmax}$  まで上昇させるようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

次に、本実施形態のモータ制御システム 1 0 0 の他の動作について説明する。先に図 2 ( a ) を参照して説明した動作では、交流モータ 4 0 のトルクが  $T_2$  から  $T_1$  の間で交流モータ 4 0 の回転数  $R$  が 0 と  $N_1$  との間では最適昇圧電圧  $V_{Hs}$  は最適昇圧電圧マップ 6 7 によって同一の  $V_{Hs_1}$  に設定され、キャリア周波数  $F_c$  が所定の閾値  $F_{c0}$  よりも低い場合に昇圧電圧変更プログラム 6 8 によって昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) をシステム最大電圧  $V_{Hmax}$  まで上昇させることとして説明したが、直流高電圧  $V_H$  の電圧変動を抑制することができれば、昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) をシステム最大電圧  $V_{Hmax}$  よりも低い電圧まで上昇させることとしてもよい。

【 0 0 3 1 】

例えば、交流モータ 4 0 のトルク  $T$  が大きいほど交流モータ 4 0 に流れる電流は大きく、交流モータ 4 0 がトルク変動を起こした場合にはより大きな変動の逆起電力が発生し、大きな変動エネルギーが平滑コンデンサ 2 3 に入力される。一方、トルク  $T$  が小さい場合には、交流モータ 4 0 に流れる電流が小さいので、トルク変動の際に発生する逆起電力はあまり大きくならない。したがって、交流モータ 4 0 のトルク  $T$  が小さい場合には、昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) を  $V_{Hmax}$  よりも低い電圧としても昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) の電圧変動を抑制することができる。

【 0 0 3 2 】

昇圧電圧変更プログラム 6 8 は、その中に図 3 に示すような交流モータ 4 0 のトルク  $T$  に対する昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) のマップを有している。図 3 の実線 d に示すように、交流モータ 4 0 のトルク  $T$  が中程度の  $T_2$  では、昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) は図 2 ( a ) に示す最適昇圧電圧マップと同様の  $V_{Hs_1}$  で、トルク  $T$  が  $T_2$  から  $T_1$  (  $T_2 < T_1$  ) の間では昇圧電圧 (直流高電圧  $V_H$ ) はトルク  $T$  が大きくなるほど高くなり、トルク  $T$  が

10

20

30

40

50

$T_1$ を超えると昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）はシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となる。

【0033】

図3に示すマップを用いた場合、制御部60は、図2(b)に示すように、交流モータ40の回転数が $N_{12}$ 、キャリア周波数 $F_c$ が所定の閾値 $F_{c0}$ よりも低い $F_{c1}$ で、交流モータ40のトルクが $T_2$ と $T_1$ との中間の $T_3$ の場合には、昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）を $V_{Hs1}$ より高く $V_{Hmax}$ より低い $V_{Hs5}$ とする。これにより、昇圧コンバータ20の動作点は、昇圧電圧変更プログラム68を実行する前の動作点 $P_{21}$ から昇圧電圧変更プログラム68を実行した際の動作点 $P_{25}$ に移動し、昇圧コンバータ20は、 $V_{Hs5}$ の昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をインバータ30に供給する。また、交流モータ40のトルクが $T_2$ と $T_1$ との間で $T_3$ より大きい $T_4$ の場合には、昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）を $V_{Hs1}$ 、 $V_{Hs5}$ より高く $V_{Hmax}$ より低い $V_{Hs4}$ とする。これにより、昇圧コンバータ20の動作点は、昇圧電圧変更プログラム68を実行する前の動作点 $P_{22}$ から昇圧電圧変更プログラム68を実行した際の動作点 $P_{24}$ に移動し、昇圧コンバータ20は、 $V_{Hs4}$ の昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をインバータ30に供給する。同様に、昇圧コンバータ20は、交流モータ40のトルク $T$ が中程度の $T_2$ の場合には $V_{Hs1}$ の昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をインバータ30に供給し、交流モータ40のトルク $T$ が $T_1$ を超える場合には $V_{Hmax}$ の昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をインバータ30に供給する。

【0034】

本動作は、先に説明した実施形態の動作と同様、低いキャリア周波数 $F_c$ でインバータ30を駆動して交流モータ40を低回転、大トルクで運転した際の昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）の変動を抑制することができるほか、昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）を $V_{Hmax}$ まで上昇させず、交流モータ40のトルク $T$ に応じて $V_{Hmax}$ より低い電圧までしか上昇させないので、昇圧コンバータ20の損失増加を抑制しつつ、昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）の変動を抑制することができる。

【0035】

また、図3に示すマップは複数のラインを含みうる。例えば、平滑コンデンサ23の容量が大きい場合には昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）の変動が小さくなるので、図3の破線eに示すように、交流モータ40のトルク $T$ が $T_2$ よりも大きな $T_2'$ まで昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）を $V_{Hs1}$ に保ち、トルク $T$ が $T_2'$ から $T_1$ より大きい $T_1'$ の間では昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をトルク $T$ が大きくなるに従って高くし、トルク $T$ が $T_1$ より大きい $T_1'$ を超えると昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）をシステム最大電圧 $V_{Hmax}$ となるようなラインとして、同じトルク $T$ において実線dの場合よりも低い昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）に昇圧するようにしてもよい。

【0036】

図3の破線eのラインを用いて昇圧電圧変更プログラム68を実行した場合には、図3の実線dのラインを用いて昇圧電圧変更プログラム68を実行した場合よりも同じトルク $T$ において低い昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）となるので、実線dを用いた場合よりも昇圧コンバータ20の損失増加を抑制しつつ、昇圧電圧（直流高電圧 $V_H$ ）の変動を抑制することができる。

【0037】

本発明は以上説明した各実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲により規定されている本発明の技術的範囲ないし本質から逸脱することない全ての変更及び修正を包含するものである。

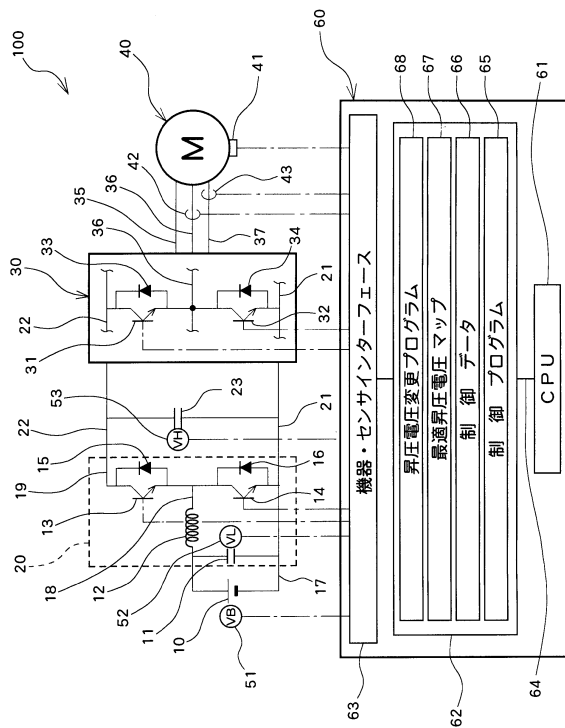
【符号の説明】

【0038】

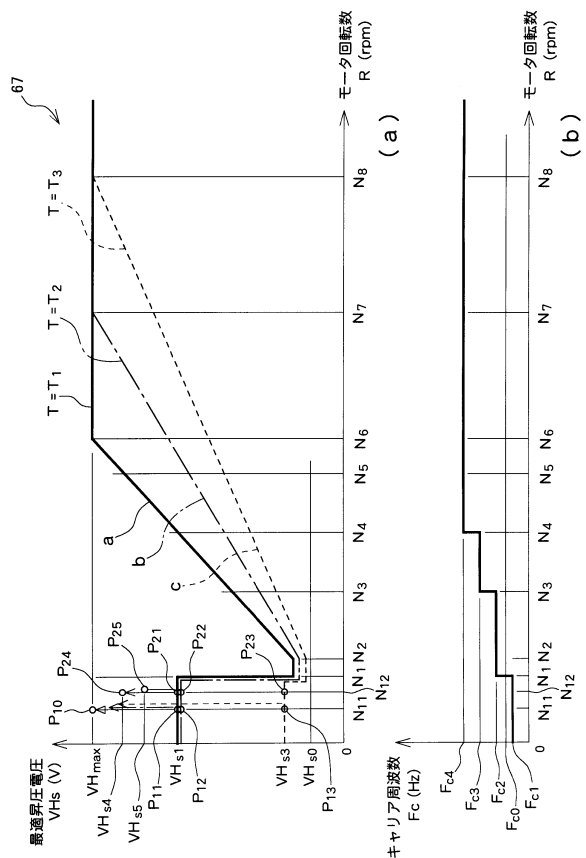
10 バッテリ、11 フィルタコンデンサ、12 リアクトル、13, 31 上アームスイッチング素子、14, 32 下アームスイッチング素子、15, 16, 33, 34 ダイオード、17, 21 マイナス側電路、18 低圧電路、19, 22 高圧電路、20 昇圧コンバータ、23 平滑コンデンサ、30 インバータ、35, 36, 37 出力線、40 交流モータ、41 レゾルバ、42, 43 電流センサ、51 バッテリ

電圧センサ、52 低電圧センサ、53 高電圧センサ、60 制御部、61 CPU、62 記憶部、63 機器・センサインターフェース、64 データバス、65 制御プログラム、66 制御データ、67 最適昇圧電圧マップ、68 昇圧電圧変更プログラム、100 モータ制御システム。

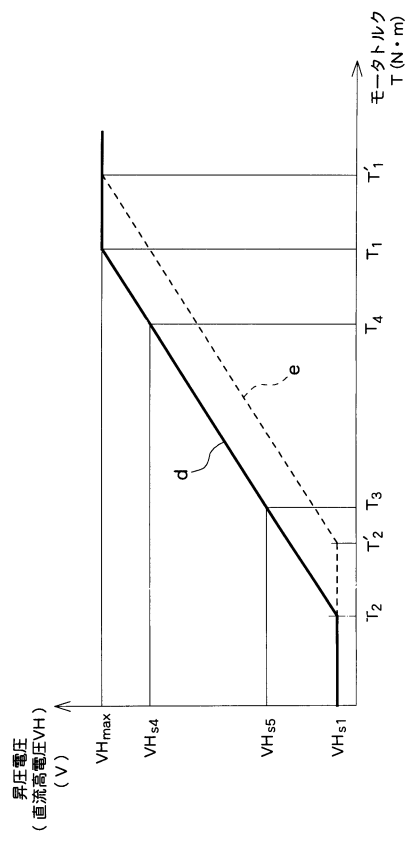
【図1】



【図2】



【図 3】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-178905(JP,A)  
特開2000-146392(JP,A)  
国際公開第2011/70609(WO,A1)  
国際公開第2012/77203(WO,A1)  
特開2007-202311(JP,A)  
特開2010-41751(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 27/06