

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6160601号
(P6160601)

(45) 発行日 平成29年7月12日(2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(51) Int.Cl. F 1
HO2M 3/155 (2006.01)
 HO2M 3/155 C
 HO2M 3/155 H

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-244017 (P2014-244017)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成26年12月2日(2014.12.2)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2016-111730 (P2016-111730A)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(43) 公開日	平成28年6月20日(2016.6.20)	(72) 発明者	田口 悦司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成28年3月15日(2016.3.15)	(72) 発明者	高橋 亮裕 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	佐藤 匡

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両駆動力を発生するための電動機を搭載した電動車両の電源システムであって、
 前記電動機を含む負荷と接続された高圧側の第1の電力線および低圧側の第2の電力線と、

前記電動機への供給電力を蓄積するための蓄電装置と、

前記蓄電装置および前記負荷の間に接続された昇圧コンバータとを備え、

前記昇圧コンバータは、

前記第1の電力線および第1のノードの間に、前記第1のノードから前記第1の電力線へ向かう電流経路を形成するように接続されたダイオードと、

前記第1のノードおよび前記第2の電力線間に接続されたスイッチング素子と、

前記第1のノードおよび前記第2の電力線の間に前記蓄電装置と直列に接続されたリアクトルとを含み、

前記ダイオードおよび前記スイッチング素子を冷却するための冷媒循環機構を有する冷却装置と、

前記昇圧コンバータおよび前記負荷の動作を制御するための制御装置とをさらに備え、

前記制御装置は、

前記第1および第2の電力線間の直流電圧を制御するために前記スイッチング素子をオンオフ制御する電圧制御部と、

前記冷媒循環機構の冷媒温度と前記直流電圧とに基づいて、前記昇圧コンバータの電流

上限値を設定する上限電流設定部と、

前記昇圧コンバータを流れる電流が前記電流上限値を超えないように前記負荷の電力を制限するための電力制限部とを含み、

前記制御装置は、

前記冷媒温度および前記昇圧コンバータの電流に基づいて前記直流電圧の下限電圧を設定するための下限電圧設定部と、

前記下限電圧よりも高い電圧範囲に前記直流電圧の電圧指令値を設定するための電圧指令値設定部とさらに含み、

前記電圧制御部は、前記電圧指令値に従って前記直流電圧を制御するために前記スイッチング素子のオンオフを制御し、

前記下限電圧設定部は、前記冷媒温度が所定温度よりも高い領域では前記下限電圧を設定しない一方で、前記冷媒温度が所定温度よりも低い領域では、前記昇圧コンバータの電流が小さいほど、および、前記冷媒温度が低いほど前記下限電圧を低く設定する、電源システム。

【請求項 2】

車両駆動力を発生するための電動機を搭載した電動車両の電源システムであって、

前記電動機を含む負荷と接続された高圧側の第 1 の電力線および低圧側の第 2 の電力線と、

前記電動機への供給電力を蓄積するための蓄電装置と、

前記蓄電装置および前記負荷の間に接続された昇圧コンバータとを備え、

前記昇圧コンバータは、

前記第 1 の電力線および第 1 のノードの間に、前記第 1 のノードから前記第 1 の電力線へ向かう電流経路を形成するように接続されたダイオードと、

前記第 1 のノードおよび前記第 2 の電力線間に接続されたスイッチング素子と、

前記第 1 のノードおよび前記第 2 の電力線の間に前記蓄電装置と直列に接続されたリアクトルとを含み、

前記ダイオードおよび前記スイッチング素子を冷却するための冷媒循環機構を有する冷却装置と、

前記昇圧コンバータおよび前記負荷の動作を制御するための制御装置とをさらに備え、

前記制御装置は、

前記第 1 および第 2 の電力線間の直流電圧を制御するために前記スイッチング素子をオンオフ制御する電圧制御部と、

前記冷媒循環機構の冷媒温度と前記直流電圧とに基づいて、前記昇圧コンバータの電流上限値を設定する上限電流設定部と、

前記昇圧コンバータを流れる電流が前記電流上限値を超えないように前記負荷の電力を制限するための電力制限部とを含み、

前記電力制限部は、前記蓄電装置の状態に応じて設定されたベース値と、前記昇圧コンバータの電流が前記電流上限値よりも高いときに負値に設定される修正量との和に従って前記蓄電装置からの放電電力上限値を設定し、

前記負荷の動作指令は、前記蓄電装置からの出力電力が前記放電電力上限値を超えない範囲に制限して生成される、電源システム。

【請求項 3】

前記上限電流設定部は、前記冷媒温度が所定の判定温度よりも低い領域では、前記直流電圧に基づいて前記電流上限値の設定を解除する一方で、前記冷媒温度が前記判定温度よりも高い領域では、前記直流電圧および前記冷媒温度に基づいて前記電流上限値を設定する、請求項 1 または 2 に記載の電源システム。

【請求項 4】

前記制御装置は、

前記冷媒温度および前記昇圧コンバータの電流に基づいて前記直流電圧の下限電圧を設定するための下限電圧設定部と、

10

20

30

40

50

前記下限電圧よりも高い電圧範囲に前記直流電圧の電圧指令値を設定するための電圧指令値設定部とさらに含み

前記電圧制御部は、前記電圧指令値に従って前記直流電圧を制御するために前記スイッチング素子のオンオフを制御する、請求項 2 記載の電源システム。

【請求項 5】

前記電力制限部は、前記蓄電装置の状態に応じて設定されたベース値と、前記昇圧コンバータの電流が前記電流上限値よりも高いときに負値に設定される修正量との和に従って前記蓄電装置からの放電電力上限値を設定し、

前記負荷の動作指令は、前記蓄電装置からの出力電力が前記放電電力上限値を超えない範囲に制限して生成される、請求項 1 記載の電源システム。

10

【請求項 6】

前記電力制限部は、前記電流上限値と前記蓄電装置の電圧との積に従った電力上限値の最小値を超えないように、前記ベース値を制限する、請求項 2 または 5 記載の電源システム。

【請求項 7】

前記制御装置は、前記電動車両の動作状態に応じて、前記放電電力上限値を一時的に緩和するように構成され、

前記電力制限部は、

一時的な緩和時における前記放電電力上限値の加算量を、緩和後の前記放電電力上限値が前記電流上限値と前記蓄電装置の電圧との積に従った電力上限値を超えない範囲内で設定する、請求項 2、5 および 6 のいずれか 1 項に記載の電源システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電源システムに関し、より特定的には、車両駆動力を発生するための電動機を搭載した電動車両に適用され、かつ、蓄電装置からの電圧を昇圧するための昇圧コンバータを含んで構成された電源システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車やハイブリッド自動車等の電動車両の電源システムとして、蓄電装置からの電圧を昇圧して負荷へ出力する昇圧コンバータを含む構成が、たとえば、特開 2011-87406 号公報（特許文献 1）に記載されている。

30

【0003】

特許文献 1 には、昇圧コンバータの冷却水温度に応じて、昇圧コンバータを流れる電流の最大値を設定すること、および、当該電流が最大値に制限された状態での走行が継続する時間を学習することが記載されている。特許文献 1 には、さらに、当該学習の結果に応じて、昇圧コンバータを流れる電流の最大値を補正することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011-87406 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の電源システムでは、冷却水温度の上昇時に、昇圧コンバータを流れる電流の最大値を下げることによって、昇圧コンバータの過熱を防止することができる。ただし、昇圧コンバータの電流制限は、車両用駆動力発生用の電動機でのトルク制限につながるため、車両走行性能を低下させてしまう。このため、電流の最大値は、なるべく高く設定することが好ましい。

【0006】

50

一方、昇圧コンバータでの温度上昇量は、昇圧比等の昇圧コンバータの動作状態にも影響を受ける。しかしながら、特許文献1では、昇圧コンバータの動作状態については考慮することなく、結果として生じた冷却水温度の上昇のみに応じて昇圧コンバータの電流上限値を設定する。このため、電流上限値は、昇圧コンバータでの温度上昇量が最大となるような動作状態に対応して設計せざるを得なくなる。言い換えると、特許文献1の電源システムでは、昇圧コンバータの電流上限値を低下させる余地があると言える。

【0007】

この発明はこのような問題点を解決するためになされたものであって、この発明の目的は、蓄電装置からの電圧を昇圧して出力するための昇圧コンバータを含むように構成された電動車両の電源システムにおいて、車両走行性の走行性を過度に低下させることなく、昇圧コンバータを過熱から保護することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明による電源システムは、車両駆動力を発生するための電動機を搭載した電動車両の電源システムであって、第1および第2の電力線と、蓄電装置と、昇圧コンバータと、冷却装置と、制御装置とを備える。第1の電力線は、電動機を含む負荷と接続される高圧側の電力線であり、第2の電力線は、負荷と接続される低圧側の電圧線である。蓄電装置は、電動機への供給電力を蓄積するために設けられる。昇圧コンバータは、蓄電装置および負荷の間に接続される。昇圧コンバータは、ダイオードと、スイッチング素子と、リアクトルとを含む。ダイオードは、第1の電力線および第1のノードの間に、第1のノードから第1の電力線へ向かう電流経路を形成するように接続される。スイッチング素子は、第1のノードおよび第2の電力線間に接続される。リアクトルは、第1のノードおよび第2の電力線の間に蓄電装置と直列に接続される。冷却装置は、ダイオードおよびスイッチング素子を冷却するための冷媒循環機構を有するように構成される。制御装置は、昇圧コンバータおよび負荷の動作を制御するように構成される。制御装置は、電圧制御部と、上限電流設定部と、電力制限部とを含む。電圧制御部は、第1および第2の電力線間の直流電圧を制御するためにスイッチング素子をオンオフ制御するように構成される。上限電流設定部は、冷媒循環機構の冷媒温度と直流電圧とに基づいて、昇圧コンバータの電流上限値を設定するように構成される。電力制限部は、昇圧コンバータを流れる電流が電流上限値を超えないように負荷の電力を制限するように構成される。

20

30

【0009】

上記電源システムによれば、上アームのダイオードおよび下アームのスイッチング素子によって昇圧チョッパが構成される昇圧コンバータの熱保護のための電流上限値を、冷媒温度のみではなく、昇圧コンバータの出力電圧に基づいて設定することができる。これにより、負荷への力行電流が流れるために熱保護の主対象となるダイオードでの発熱量が、昇圧コンバータの出力電圧の上昇に応じて低下する特性を考慮して、電流上限値を設定することができる。この結果、蓄電装置から負荷への出力電力の制限が過度にならないように、熱保護のための電流上限値を適切に設定することができるので、電動車両の車両走行性を過度に低下させることなく、昇圧コンバータを過熱から保護することが可能となる。

【0010】

好ましくは、上限電流設定部は、冷媒温度が所定の判定温度よりも低い領域では、直流電圧に基づいて電流上限値の設定を解除する一方で、冷媒温度が判定温度よりも高い領域では、直流電圧および冷媒温度に基づいて電流上限値を設定する。

40

【0011】

このような構成とすることにより、昇圧コンバータの出力電圧および冷媒温度に応じて、昇圧コンバータを過熱から保護するための電流上限値をさらに適切に設定することができる。

【0012】

また好ましくは、制御装置は、下限電圧設定部と、電圧指令値設定部とさらに含む。下限電圧設定部は、冷媒温度および昇圧コンバータの電流に基づいて直流電圧の下限電圧を

50

設定するように構成される。電圧指令値設定部は、下限電圧設定部よりも高い電圧範囲に直流電圧の電圧指令値を設定するように構成される。電圧制御部は、電圧指令値に従って直流電圧を制御するためにスイッチング素子のオンオフを制御する。

【0013】

このような構成とすることにより、冷媒温度および昇圧コンバータの電流によっては、昇圧コンバータの温度上昇を抑制するために、昇圧コンバータの出力電圧を上昇することができる。これにより、たとえば、冷媒温度が所定温度よりも低い領域において、昇圧コンバータの温度上昇抑制を優先して昇圧コンバータの出力電圧を上昇することで、昇圧コンバータでの電流制限の発生を回避することができる。

【0014】

さらに好ましくは、電力制限部は、蓄電装置の状態に応じて設定されたベース値と、昇圧コンバータの電流が電流上限値よりも高いときに負値に設定される修正量との和に従って蓄電装置からの放電電力上限値を設定する。そして、負荷の動作指令は、蓄電装置からの出力電圧が放電電力上限値を超えない範囲に制限して生成される。

【0015】

このような構成とすることにより、電流上限値を超えた電流が昇圧コンバータを流れる場合には、放電電力制限値の減少によって負荷の動作を制限することによって、昇圧コンバータを流れる電流が電流上限値を超えないように確実に制御することができる。

【0016】

また好ましくは、電力制限部は、前記電流上限値と前記蓄電装置の電圧との積に従った電力上限値の最小値を超えないように、前記ベース値を制限する。

【0017】

このような構成とすることにより、設定された電流上限値と蓄電装置の電圧との積に従った電力上限値を超えないように、蓄電装置の放電電力上限値を設定することができる。この結果、昇圧コンバータを流れる電流が電流上限値を超えないように確実に制御することができる。

さらに好ましくは、制御装置は、電動車両の動作状態に応じて、放電電力上限値を一時的に緩和するように構成される。電力制限部は、一時的な緩和時における放電電力上限値の加算量を、緩和後の放電電力上限値が電流上限値と蓄電装置の電圧との積に従った電力上限値を超えない範囲内で設定するように構成される。

【0018】

このような構成とすることにより、昇圧コンバータを流れる電流が電流上限値を超えないように制御することによって昇圧コンバータを過熱から保護するとともに、電動車両の車両状態に応じて放電電力制限値を一時的に緩和することによって走行性能を確保することができる。

【発明の効果】

【0019】

この発明によれば、蓄電装置からの電圧を昇圧するための昇圧コンバータを含んで構成された電動車両の電源システムにおいて、車両走行性を過度に低下させることなく、昇圧コンバータを過熱から保護することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本実施の形態に従う電源システムの構成を説明するブロック図である。

【図2】図1中の負荷の第1の構成例を説明するブロック図である。

【図3】図1中の負荷の第2の構成例を説明するブロック図である。

【図4】昇圧コンバータでのスイッチング動作を説明する動作波形図である。

【図5】昇圧コンバータの冷却機構を説明するブロック図である。

【図6】比較例として示される、昇圧コンバータを流れるバッテリー電流の最大値を設定するためのマップを説明する概念図である。

【図7】昇圧コンバータの上アームに配置されたダイオードの電力損失特性を説明するた

10

20

30

40

50

めのグラフである。

【図 8】本実施の形態に従う電源システムにおける冷却水温度と昇圧コンバータの出力電圧および電流上限値との対応関係を示す概念図である。

【図 9】実施の形態 1 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。

【図 10】実施の形態 2 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。

【図 11】実施の形態 3 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。

【図 12】VH 下限電圧の設定マップを説明するための概念図である。

10

【図 13】実施の形態 4 に従う電源システムが適用される電動車両におけるバッテリーからの放電電力上限値の一時的緩和のための制御処理を説明するフローチャートである。

【図 14】実施の形態 4 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下では、図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則的に繰返さないものとする。また、以下では、複数の実施の形態について説明するが、各実施の形態で説明された構成を適宜組み合わせることは出願当初から予定されている。

20

【0022】

[実施の形態 1]

図 1 は、本実施の形態に従う電源システムの構成を説明するブロック図である。

【0023】

図 1 を参照して、本発明の実施の形態に従う電源システム 100 は、蓄電装置 10 と、システムリレー SR1, SR2 と、平滑コンデンサ C1, C2 と、昇圧コンバータ 20 と、制御装置 30 とを備える。

【0024】

蓄電装置 10 は、再充電可能な直流電源であり、代表的には、リチウムイオン電池やニッケル水素電池などのバッテリーによって構成される。あるいは、電気二重層キャパシタ等によっても、蓄電装置 10 を構成することができる。以下では、蓄電装置 10 をバッテリー 10 とも称することとする。

30

【0025】

バッテリー 10 には、出力電圧 V_b (バッテリー電圧) を検出するための電圧センサ 11 と、バッテリー温度 T_b を検出するための温度センサ 12 と、バッテリー 10 からの出力電流 I_b を検出するための電流センサ 13 とが配置されている。

【0026】

システムリレー SR1 は、バッテリー 10 の正極端子および電力線 6 の間に接続され、システムリレー SR2 は、バッテリー 10 の負極端子および電力線 5 の間に接続される。システムリレー SR1, SR2 は、制御装置 30 からの制御信号 SE によりオンオフされる。平滑コンデンサ C1 は、電力線 6 および電力線 5 の間に接続される。

40

【0027】

昇圧コンバータ 20 は、高電圧側の電力線 7 および低電圧側の電力線 5 を経由して、負荷 40 と接続される。昇圧コンバータ 20 は、電力線 7 および電力線 5 間の直流電圧 VH を、電圧指令値 VH^* に従って制御する。

【0028】

直流電圧 VH は、負荷 40 へ供給される。負荷 40 は、蓄電装置 10 からの電力により、制御装置 30 からの制御指令に応じて動作する(力行動作)。あるいは、負荷 40 は、発電機能を具備するように構成されてもよい。この場合には、負荷 40 は、制御装置 30 からの制御指令に応じて動作することにより、蓄電装置 10 の充電電力を発生する(回生

50

動作)。回生動作時の負荷 40 からの電力は、昇圧コンバータ 20 を経由して蓄電装置 10 を充電する。

【0029】

昇圧コンバータ 20 は、非絶縁型の昇圧チョッパ回路によって構成されるため、電力線 5 は、負荷 40 および蓄電装置 10 と共通に電氣的に接続される。平滑コンデンサ C2 は、電力線 7 および電力線 5 の間に接続される。

【0030】

昇圧コンバータ 20 は、リアクトル L と、電力用半導体スイッチング素子 Q1, Q2 と、ダイオード D1, D2 とを含む。

【0031】

電力用半導体スイッチング素子 Q1 および Q2 は、電力線 7 および電力線 5 の間に直列に接続される。この発明の実施の形態において、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)、電力用 MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタあるいは、電力用バイポーラトランジスタなどを用いることができる。スイッチング素子 Q1, Q2 に対しては、ダイオード D1, D2 が逆並列に接続されている。

【0032】

電力用半導体スイッチング素子 Q1 および Q2 のオンオフ（スイッチング動作）は、制御装置 30 からのスイッチング制御信号 S1 および S2 によって制御される。リアクトル L は、スイッチング素子 Q1 および Q2 の接続ノード N1 と電力線 6 との間に、システムリレー SR1, SR2 を経由して、バッテリー 10 と直列に電氣的に接続される。

【0033】

なお、図 1 に例示された昇圧コンバータ 20 において、電力線 7 は「第 1 の電力線」に対応し、電力線 5 は「第 2 の電力線」に対応し、接続ノード N1 は「第 1 のノード」に対応する。さらに、ダイオード D1 は「ダイオード」に対応し、スイッチング素子 Q2 は「スイッチング素子」に対応する。

【0034】

図 2 および図 3 は、負荷 40 の構成例を説明するブロック図である。

図 2 および図 3 に示されるように、図 1 に示した電源システムは、ハイブリッド自動車および電気自動車等の、車両駆動力発生用の電動機を搭載した電動車両に適用されるものである。

【0035】

図 2 を参照して、負荷 40 は、たとえば、電力線 5, 7 に接続されたインバータ 41 と、モータジェネレータ 42 を含む。モータジェネレータ 42 は、代表的には、三相同期電動機によって構成される。インバータ 41 は、昇圧コンバータ 20 からの直流電圧 VH を三相交流電圧に変換して、モータジェネレータ 42 へ供給する。これにより、バッテリー 10 からの電力によってモータジェネレータ 42 が駆動力を発生する、力行動作が実行される。代表的には、インバータ 41 は、三相分のスイッチング素子を含むブリッジ回路によって構成される。

【0036】

一方で、電動車両の減速時には、モータジェネレータ 42 が負トルク出力による発電を行うことによって、減速エネルギーを電気エネルギーに変換する回生制動を行うことができる。回生制動時には、インバータ 41 は、モータジェネレータ 42 が発電した三相交流電力を直流電力に変換して、電力線 5, 7 に直流電圧 VH を出力する。図 1 に例示された昇圧コンバータ 20 は、直流電圧 VH を降圧してバッテリー 10 を充電することができる。これにより、モータジェネレータ 42 の発電電力によってバッテリー 10 が充電される、回生動作が実行される。

【0037】

あるいは、図 3 を参照して、負荷 40 は、電力線 5, 7 に並列に接続されたインバータ 41, 43 と、インバータ 41, 43 とそれぞれ接続されたモータジェネレータ 42, 4

10

20

30

40

50

4 とを含むように構成される。このような構成では、エンジン（図示せず）がさらに配置されて、エンジンの出力によって、一方のモータジェネレータが発電するように構成されてもよい。このような形式では、エンジンの機械的出力を発電および車両駆動力の両方に使用可能な、いわゆるシリーズ・パラレルハイブリッド構成、および、エンジンの出力を発電専用とするシリーズハイブリッド構成のいずれを適用することも可能である。

【0038】

あるいは、図2の構成において、図示しない燃料電池をさらに配置するように負荷40を構成することも可能である。このように、本実施の形態に従う電源システムが適用される電動車両は、これら電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車などを含む概念である。

10

【0039】

再び図1を参照して、制御装置30は、代表的には、電子制御ユニット（ECU）で構成されて、各センサによる検出値に基づいて、電源システム100の動作を制御する。制御装置30は、電源システム100の起動・停止指令に従ってシステムリレーSR1, SR2のオンオフを制御する制御信号SEを生成する。制御信号SEは、電源システム100の起動に応じてシステムリレーSR1, SR2がオンされるように生成され、かつ、電源システム100の停止時にシステムリレーSR1, SR2がオフされるように制御される。

【0040】

制御装置30には、電圧センサ11からのバッテリー電圧Vb、温度センサ12からのバッテリー温度Tb、電流センサ13からのバッテリー電流Ib、電圧センサ14からの入力電圧VLおよび電圧センサ15からの出力電圧VHの検出値が入力される。

20

【0041】

制御装置30は、主にバッテリー電圧Vbおよびバッテリー電流Ibに基づき、バッテリー10の残容量を示すSOC（State Of Charge）を算出する。公知のように、SOCは、満充電状態に対する現在の残容量を百分率で示したものである。

【0042】

さらに、制御装置30は、電源システム100の作動時には、これらの検出値に基づき昇圧コンバータ20で所望の電圧変換が行なわれるように、スイッチング素子Q1, Q2のスイッチング動作（オンオフ動作）を制御するスイッチング制御信号S1, S2を生成する。

30

【0043】

また、制御装置30は、負荷40の動作指令を生成する。負荷40が、図2または図3に例示されるように、電動車両の車両駆動力発生用のモータジェネレータを含む場合には、動作指令は、当該モータジェネレータのトルク指令を含む。

【0044】

次に、電源システム100の動作を説明する。

システムリレーSR1, SR2のオン期間において、バッテリー10からの出力電圧であるバッテリー電圧Vbが、電力線5および電力線6の間に印加される。昇圧コンバータ20へは、電力線5および電力線6に接続された平滑コンデンサC1の電圧VLが入力される。

40

【0045】

昇圧コンバータ20は、バッテリー10から入力された直流電圧VLを、制御装置30からのスイッチング制御信号S1, S2に従ったスイッチング素子Q1, Q2のスイッチング動作によって昇圧して、電力線5および電力線7の間に直流電圧VHを発生することができる。直流電圧VHは平滑コンデンサC2によって平滑されて負荷40へ供給される。

【0046】

また、昇圧コンバータ20は、平滑コンデンサC2を介して負荷40から供給された直流電圧VHを、スイッチング制御信号S1, S2に従ったスイッチング素子Q1, Q2のスイッチング動作によって降圧して、電力線5および電力線6の間に直流電圧VLを発生

50

することができる。直流電圧 V_L は、平滑コンデンサ C_1 によって平滑されて、バッテリー10の充電に用いられる。

【0047】

昇圧コンバータ20は、双方向に電力変換可能なコンバータとして動作可能であるが、本実施の形態では、バッテリー(直流電源)10から供給された直流電圧 V_L を負荷40へ供給される直流電圧 V_H へ変換する電圧変換動作(昇圧動作)を主に説明の対象とする。したがって、以下では、直流電圧 V_L を入力電圧 V_L とも称し、直流電圧 V_H を出力電圧 V_H とも称する。

【0048】

図4は、昇圧コンバータ20でのスイッチング動作を説明する動作波形図である。

10

図4を参照して、スイッチング素子 Q_2 のオン期間およびオフ期間が、設定されたデューティ比 d ($d = T_{on} / T$:オン期間比)に従って交互に設けられる。ここで、 T は、所定のスイッチング周期($T = T_{on} + T_{off}$)である。

【0049】

スイッチング素子 Q_2 のオン期間にはバッテリー10からリアクトル L に電力が蓄積され、オフ期間には、バッテリー10およびリアクトル L から負荷40へ電力が供給される。すなわち、昇圧コンバータ20は、いわゆる昇圧チョッパとして動作する。

【0050】

昇圧動作時における昇圧コンバータ20の定常状態での昇圧比(V_H / V_L)は、デューティ比 d ($d = T_{on} / T$)の関数として下記(1)式で示される。

20

【0051】

$$V_H = 1 / (1 - d) \cdot V_L \quad \dots (1)$$

スイッチング素子 Q_1 は、基本的には、スイッチング素子 Q_2 と相補的にオンオフされる。なお、スイッチング素子 Q_1 については、常にオフ状態としても、昇圧コンバータ20を昇圧チョッパとして動作させることが可能である。ただし、スイッチング素子 Q_1 のオン期間には、電力線7から電力線6へ電流を流すことが可能であるので、同一のスイッチングパターンによって、出力電圧 V_H を制御しながら回生動作および力行動作の両方への対応が可能である。

【0052】

また、昇圧が不要である場合には($V_H = V_L$)、 $d = 0$ としてスイッチング素子 Q_1 をオンに固定する一方で、スイッチング素子 Q_2 をオフすることも可能である。この場合には、スイッチング素子 Q_1 、 Q_2 でのスイッチング損失が発生しないので、昇圧コンバータ20での電力損失を抑制することができる。

30

【0053】

なお、昇圧コンバータ20は、バッテリー10から負荷40への電力供給(すなわち、力行動作)のみを行う場合には、下アームのスイッチング素子 Q_2 および上アームのダイオード D_1 のみでも構成することが可能である。

【0054】

言い換えると、図1の構成例では、昇圧コンバータ20は、上アームにスイッチング素子 Q_1 を配置し、下アームにダイオード D_2 をさらに配置することによって、負荷40からの電力供給によるバッテリー10の充電(すなわち、回生動作)についても実行可能に構成されている。

40

【0055】

図5は、昇圧コンバータ20の冷却機構を説明するブロック図である。

図5を参照して、昇圧コンバータ20は、冷却装置150によって冷却される。冷却装置150は、冷媒循環経路を形成するための、冷却配管151、冷媒ポンプ152、リザーバタンク154、およびラジエータ156を有する。冷却装置150での冷媒は、代表的には、水(以下、冷却水とも称する)が使用される。したがって、以下では、冷媒ポンプ152をウォータポンプ152とも称する。

【0056】

50

冷却配管 151 は、冷却対象となる機器（昇圧コンバータ 20）を含む冷媒循環経路に冷却水を循環通流させるように構成される。冷媒循環経路は、冷却対象となる機器（昇圧コンバータ 20）を冷却水が通過すると、発熱した素子と冷却水との熱交換によって、当該機器を冷却するように構成される。冷媒循環経路には、冷却水温度 T_{cw} を測定するための温度センサ 155 が設けられる。温度センサ 155 によって測定された冷却水温度 T_{cw} は、制御装置 30 へ送出される。

【0057】

なお、本実施の形態では、冷却水温度 T_{cw} によって昇圧コンバータ 20 の温度状態を推定するので、温度センサ 155 は、冷媒循環経路中の昇圧コンバータ 20 の下流側近傍に配置されることが好ましい。冷却水温度 T_{cw} は、「冷媒温度」に対応する。

10

【0058】

ウォーターポンプ 152 は、冷媒（冷却水）に対して、冷却配管 151 を循環するための加速力を付与する。ウォーターポンプ 152 の動作は、制御装置 30 によって制御される。たとえば、ウォーターポンプ 152 の回転数が、冷却水温度 T_{cw} に応じて制御される。

【0059】

ラジエータ 156 は、熱交換によって高温になった冷却水を、空冷による放熱等によって冷却するように構成される。昇圧コンバータ 20 以外の冷却対象機器 45 が、さらに冷却配管 151 と接続されて、昇圧コンバータ 20 と共通の冷媒循環経路によって冷却されてもよい。たとえば、冷却対象機器 45 は、図 2, 3 に示された、インバータ 41, 43 および/またはモータジェネレータ 42, 44 を含むことができる。

20

【0060】

リザーバタンク 154 は、冷却水の予備タンクとして機能するものであって、冷却配管 151 内の冷却水の温度や冷却水が循環されることによる冷却配管 151 の容積の変化に対応するために設けられる。たとえば、リザーバタンク 154 の配置によって、冷却配管 151 の容積に対する冷却水の容量不足によって生じる、冷却配管 151 内またはウォーターポンプ 152 でのエアの発生を防止することができる。

【0061】

再び図 1 を参照して、電流センサ 13 によって測定されるバッテリー電流 I_b は、昇圧コンバータ 20 においてリアクトル L を通過する電流である。すなわち、バッテリー電流 I_b は、昇圧コンバータ 20 の通過電流に相当する。したがって、バッテリー電流 I_b が増加すると、昇圧コンバータ 20 の温度が上昇する。

30

【0062】

図 6 は、比較例として示される、昇圧コンバータ 20 を流れるバッテリー電流 I_b の最大値を設定するためのマップである。図 5 には、昇圧コンバータ 20 の過熱から保護するための熱保護の面からの、バッテリー電流の上限値 I_{bmax} （以下、電流上限値 I_{bmax} ）が示される。電流上限値 I_{bmax} は、昇圧コンバータ 20 を流れる電流についての電流上限値に相当する。

【0063】

図 6 を参照して、温度センサ 155 によって検出される冷却水温度 T_{cw} に応じて、電流上限値 I_{bmax} が設定される。冷却水温度が所定の判定値 T_{th} を超えるまでは、電流上限値 I_{bmax} はデフォルト値 I_0 に設定される。このデフォルト値 I_0 は、たとえば、バッテリー 10 や各構成部品の電流定格等から決まる定格値と同等に設定される。すなわち、 $I_{bmax} = I_0$ の状態は、熱保護のために昇圧コンバータ 20 の電流上限値が設定されていない状態と等価である。

40

【0064】

これに対して、冷却水温度 T_{cw} が判定値 T_{th} を超えると、電流上限値 I_{bmax} はデフォルト値 I_0 よりも低下される。これにより、最終的な電流上限値 I_{bmax} についても、昇圧コンバータ 20 の熱保護の面から制限されるようになる。

【0065】

なお、バッテリー 10 の電流上限値 I_{bmax} およびバッテリー電圧 V_b の積によって、バ

50

ッテリ10からの出力電力が制限される。したがって、電流上限値 I_{bmax} の制限は、バッテリー10からの放電電力上限値 W_{out} の制限と等価であることが理解される。

【0066】

通常、バッテリー10に対しては、放電電力上限値 W_{out} および充電電力上限値 W_{in} が、バッテリー10の状態（代表的には、SOCおよびバッテリー温度 T_b ）に従って設定される。たとえば、低SOC時には W_{out} が制限され、高SOC時には W_{in} が制限される。また、バッテリー10の低温時または高温時には、 W_{in} 、 W_{out} が制限される。

【0067】

そして、制御装置30は、負荷40の動作指令を、バッテリー10の入出力電力が $W_{in} \sim W_{out}$ の範囲内となるように制限して生成する。たとえば、図2および/または図3に示されたモータジェネレータ42, 44のトルク指令値は、モータジェネレータ42, 44のそれぞれでの電力（回転速度×トルク指令値）の和が、 $W_{in} \sim W_{out}$ の範囲内となるように制限して生成される。

10

【0068】

図6の制御によれば、冷却水温度 T_{cw} によって検知された昇圧コンバータ20の温度上昇時には、バッテリー10の電流上限値 I_{bmax} の制限、および、これに派生するバッテリー10の放電電力の制限により、昇圧コンバータ20を過熱から保護することが可能となる。この結果、過熱によって昇圧コンバータ20の構成素子が故障することを防止できる。

【0069】

20

しかしながら、電流上限値 I_{bmax} または放電電力上限値 W_{out} の制限（以下、包括的に「出力制限」とも称する）は、負荷40で使用できる電力を制限することにつながるため、図2および図3に例示したような電動車両に適用された電源システムでは、モータジェネレータ42, 44のトルク制限によって、加速性能が低下する等の走行性の低下が懸念される。すなわち、昇圧コンバータ20の熱保護のための出力制限は、過熱による素子故障を回避できる範囲内において、最小化することが好ましい。

【0070】

この観点から、昇圧コンバータ20の動作特性についてさらに考察する。再び図1を参照して、昇圧コンバータ20では、負荷40への電力供給時（力行動作時）には、上アームのダイオードD1に電流が流れるので、ダイオードD1が最も温度上昇が大きい素子となる傾向にある。したがって、実際には、昇圧コンバータ20における過熱保護は、ダイオードD1の過熱保護と等価である。次に、ダイオードD1での温度上昇の特性について、図7を用いて説明する。

30

【0071】

図7は、昇圧コンバータ20の上アームのダイオードD1における電力損失特性を説明するためのグラフである。

【0072】

図7の横軸には、昇圧コンバータ20の出力電圧 V_H が示され、縦軸には、ダイオードD1での電力損失が示される。ダイオードD1における発熱量は、電力損失に比例する。

【0073】

40

図7を参照して、ダイオードD1でのトータル電力損失は特性線110で示される。トータル電力損失は、特性線111に示される導通損失 P_d と、特性線112に示されるオンオフ損失 P_l とを含む。図7では、バッテリー10の出力電圧 V_b ($V_L = V_b$) が一定である下で、昇圧コンバータ20の制御によって、出力電圧 V_H を V_L ($V_L = V_b$) から制御上限電圧 V_{Hmax} まで変化させたときの損失特性が示されている。制御上限電圧 V_{Hmax} は、電源システムの構成部品の耐圧定格等から定まる、出力電圧 V_H の上限電圧に相当する。

【0074】

図1から理解されるように、昇圧コンバータ20の力行動作時には、下アームのスイッチング素子Q2がオンされてリアクトルLにエネルギーが蓄積される期間（図4の T_{on} ）

50

と、スイッチング素子Q2のオフにより上アームのダイオードD1を經由して負荷40へ電流が供給される期間(図4のToff)とが交互に発生する。そして、式(1)に示されるように、昇圧比(VH/VL)が上昇する程、スイッチング素子Q2のデューティ比dが上昇する。この結果、出力電圧VHが高くなる程、ダイオードD1を電流が流れる期間が減少することが理解される。

【0075】

したがって、ダイオードD1の導通損失Pdは、下記の式(2)によって示される。

$$P_d = (V_L / V_H) \cdot I_b \cdot V_f \dots \quad (2)$$

式(2)中のVfは、ダイオードD1の順方向電圧である。順方向電圧Vfは、ダイオード素子の性能に依存した固有値である。式(2)から、導通損失Pdは、昇圧コンバータ20の通過電流に相当するバッテリー電流Ibに比例する一方で、昇圧比(VH/VL)に反比例することが理解される。

10

【0076】

これに対して、ダイオードD1でのオンオフ損失Plは、下記の式(3)によって示される。

【0077】

$$P_l = k \cdot V_H \cdot I_b \dots \quad (3)$$

式(3)中のkは比例係数であり、式(3)は、オンオフ損失が、出力電圧VHおよび、オンオフされる電流Ibの積に比例することを示している。

【0078】

このように、ダイオードD1では、出力電圧VHが上昇すると導通損失Pdが低下する。この効果により、特性線110に示されるように、出力電圧VHの上昇に応じて、トータル電力損失も低下する。

20

【0079】

図7中には、ダイオードD1での発熱量と、冷却機構(図2)による冷却能力との関係から定められる、ダイオードD1での温度上昇を回避するための電力損失のしきい値Ptが示される。

【0080】

図7において、トータル電力損失がしきい値Ptよりも高い領域121では、ダイオードD1でのトータル電力損失による発熱量が、冷却機構の冷却能力を超えている。式(2)および(3)から、バッテリー電流Ibを減少することにより、導通損失Pdおよびオンオフ損失Plの両方が低減できることが理解される。したがって、領域121では、ダイオードD1の温度上昇を防止するためには、バッテリー電流Ibの制限が必要となる。

30

【0081】

これに対して、トータル電力損失がしきい値Ptよりも低い領域121では、冷却機構の冷却能力によって、ダイオードD1でのトータル電力損失による温度上昇を防止することができる。

【0082】

このように、同一のバッテリー電流Ibに対しても、出力電圧VHに依存して、ダイオードD1での電力損失(すなわち、発熱量)が変化する。特に、出力電圧VHの高低によって、昇圧コンバータ20の熱保護のための出力制限が必要な領域(図7中の121)と、不要な領域(図7中の122)とが存在することが理解される。むしろ、領域122では、バッテリー電流Ib(昇圧コンバータ20を流れる電流)を上昇させる余地がある。

40

【0083】

なお、昇圧コンバータ20全体での電力損失は、昇圧比が1.0となる、VH=VLの状態でも最小となる。スイッチング素子Q1がオンに固定され、スイッチング素子Q2がオフにされるため、スイッチング素子のオンオフ損失が発生しないからである。一方で、ダイオードD1での電力損失は、VH=VLのとき最大値となる(動作点125)。すなわち、昇圧コンバータ20の電力損失を低下するように出力電圧VHを設定すると、その一方で、ダイオードD1の発熱量となることにより、冷却水温度Tcwの上昇によって出力

50

制限が必要となる可能性がある。

【 0 0 8 4 】

図 5 に示された比較例では、昇圧コンバータ 2 0 の温度上昇の結果として上昇した冷却水温度 $T_{c w}$ のみに基づいて電流上限値 $I_{b m a x}$ が設定される。したがって、電流上限値 $I_{b m a x}$ は、ダイオード D 1 の発熱量が最大となる、図 7 中の動作点 1 2 5 ($V_H = V_L$) でのダイオード D 1 の発熱量に対応させて、少なくともトータル電力損失が P_t よりも低くなるように設定することが必要となる。

【 0 0 8 5 】

これに対して、昇圧コンバータ 2 0 での過熱保護の対象となるダイオード D 1 での発熱量を規定するトータル電力損失は、出力電圧 V_H の上昇に応じて低下する。したがって、図 5 の比較例のように、冷却水温度 $T_{c w}$ のみに応じて電流上限値 $I_{b m a x}$ を設定した場合には、出力電圧 V_H に対して電流上限値 $I_{b m a x}$ が過度に低く設定されることによって、バッテリー 1 0 からの出力制限が過度になることが懸念される。これにより、電源システムが適用された電動車両では、負荷 4 0 を構成するモータジェネレータ 4 2 , 4 4 (図 3 , 4) のトルクが過度に制限されることによって、車両走行性が低下することが懸念される。

【 0 0 8 6 】

特に、電動車両では、モータジェネレータ 4 2 , 4 4 の高回転数時には、誘起電圧が高くなるため、出力電圧 V_H もこれに応じて高く設定される。このような、モータジェネレータが高出力を要求される場面で、昇圧コンバータ 2 0 の熱保護のために電流上限値 $I_{b m a x}$ が過度に制限されると、車両走行性がさらに低下することが懸念される。

【 0 0 8 7 】

したがって、本実施の形態に従う電源システムでは、昇圧コンバータ 2 0 の過熱保護のための出力制限用の電流上限値 $I_{b m a x}$ ついて、実質的な過熱保護の対象となるダイオード D 1 での損失特性に着目して、以下のように設定する。

【 0 0 8 8 】

図 8 は、本実施の形態に従う電源システムにおける冷却水温度 $T_{c w}$ と出力電圧 V_H および熱保護のための電流上限値 $I_{b m a x D}$ との対応関係を示す概念図である。

【 0 0 8 9 】

図 8 の横軸には、冷却水温度 $T_{c w}$ が示され、縦軸には、昇圧コンバータ 2 0 の出力電圧 V_H およびバッテリー電流 I_b が示される。上述のように、バッテリー電流 I_b は、昇圧コンバータ 2 0 の通過電流と等価である。

【 0 0 9 0 】

図 8 では、ダイオード D 1 の熱保護のために定められる電流上限値 $I_{b m a x D}$ が点線で示される。一方で、ダイオード D 1 の熱保護の観点から定められる出力電圧 V_H の下限値 $V_{H D}$ (以下、 V_H 下限電圧 $V_{H D}$ と称する) が実線で示される。

【 0 0 9 1 】

図 8 を参照して、 $T_{c w} < T_1$ の領域では、 $V_H = V_{H D}$ に設定することにより、バッテリー電流 $I_b = I_0$ (図 6) として、熱保護の面からの電流上限値を設定しなくても、ダイオード D 1 が過高温とならない、すなわち、熱保護のために昇圧コンバータ 2 0 の電流上限値の設定を解除することができる。なお、冷却水温 $T_{c w}$ が低い領域では、温度上昇を許容する余地が相対的に大きくなる。昇圧比 (V_H / V_L) を高めると昇圧コンバータ 2 0 全体での電力損失は増加するので、 V_H 下限電圧 $V_{H D}$ は、冷却水温 $T_{c w}$ が低い領域では、低電圧に抑えられている。

【 0 0 9 2 】

一方で、 $T_{c w} > T_1$ の領域では、 $V_H = V_{H m a x}$ としても、ダイオード D 1 を過熱から保護することが困難となるので、 $I_{b m a x D} < I_0$ に設定することが必要となる。これにより、バッテリー 1 0 の電流上限値 $I_{b m a x}$ は、昇圧コンバータ 2 0 の熱保護のために制限されるようになる。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

このように、昇圧チョッパで構成された昇圧コンバータ20では、冷却水温度 T_{cw} のみでなく、出力電圧 V_H に応じてダイオードD1での発熱量が変化する特性を考慮して、昇圧コンバータ20の電流上限値を設定することが好ましい。たとえば、図7および図8に示された特性に従って、冷却水温度 T_{cw} および出力電圧 V_H に対して、昇圧コンバータ20（ダイオードD1）の熱保護の観点からの電流上限値 I_{bmaxD} を設定するためのマップ（電流上限値マップ）を予め規定することができる。

【0094】

たとえば、電流上限値マップは、図8での $T_{cw} < T_1$ の領域では、冷却水温度 T_{cw} に応じて予め決定される V_H 下限電圧 V_{HD} に従って、 $V_H > V_{HD}$ の領域では $I_{bmaxD} = I_0$ とするように、予め作成することができる。

10

【0095】

$T_{cw} < T_1$ の領域であっても、 $V_H < V_{HD}$ のときには、昇圧コンバータ20の熱保護のために、電流上限値 $I_{bmaxD} < I_{b0}$ に設定することができる。この際にも、直流電圧 V_H に対して電流上限値 I_{bmaxD} を設定することにより、電流制限（すなわち、バッテリー10からの出力制限）を最小化することができる。定性的には、出力電圧 V_H が低くなるほど I_{bmax} は低く設定される。

【0096】

このように、 $T_{cw} < T_1$ の領域であっても直流電圧 V_H に応じた適度な電流制限を行うことによって、冷却装置150（図5）による冷却能力が同等である下では、図5の比較例における判定温度 T_{ht} よりも高温側に、所定温度 T_1 を設定することができる。

20

【0097】

一方で、電流上限値マップは、図8での $T_{cw} > T_1$ の領域では、出力電圧 V_H および冷却水温度 T_{cw} を変数として I_{bmaxD} が設定されるように、予め作成することができる。特に、 $V_H = V_{Hmax}$ のときには、図8中の点線に従って I_{bmaxD} が設定される。一方で、 $V_H < V_{Hmax}$ のときには、図8に示された点線よりも低電流側の領域内に I_{bmaxD} が設定される。このとき、出力電圧 V_H が低くなるほど I_{bmaxD} も低くなるように設定される。

【0098】

図9は、実施の形態1に従う昇圧コンバータ20の熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。なお、図9を始めとする各ブロック図中の各機能ブロックは、制御装置30による所定プログラム実行によるソフトウェア処理、あるいは、専用の電子回路によるハードウェア処理によって実現されるものとする。

30

【0099】

図9を参照して、 V_H 制御部300は、出力電圧 V_H が電圧指令値 V_H^* と一致するような、昇圧コンバータ20でのデューティ比制御が行なわれるように、スイッチング制御信号 S_1 、 S_2 を生成する。たとえば、昇圧コンバータ20のデューティ比 d は、電圧指令値 V_H^* および出力電圧 V_H の電圧偏差（ $V_H^* - V_H$ ）に基づくフィードバック制御と、電圧指令値 V_H^* および入力電圧 V_L の電圧比に従ったフィードフォワード制御との組み合わせによって算出することができる。 V_H 制御部300は、算出されたデューティ比 d に従って、図4に示したようにスイッチング制御信号 S_1 、 S_2 を生成する。

40

【0100】

電流上限設定部200は、出力電圧 V_H および冷却水温度 T_{cw} に基づいて、昇圧コンバータ20（ダイオードD1）の熱保護の観点からの電流上限値 I_{bmaxD} を設定する。電流上限設定部200は、電圧センサ15による出力電圧 V_H の検出値および温度センサ155による冷却水温度 T_{cw} の検出値を変数として、上述の電流上限値マップを参照することによって、電流上限値 I_{bmaxD} を設定することができる。

【0101】

最小値抽出部210は、種々の要件から設定されたバッテリー電流 I_b の上限値のうちの最小値を抽出して、バッテリー10の電流上限値 I_{bmax} に設定する。たとえば、他の素子について熱保護等の保護上の要件から定められる上限値についても、最小値抽出部21

50

0へ入力される。

【0102】

電流上限設定部200によって設定された電流上限値 I_{bmaxD} は、これらのバッテリー電流 I_b の上限値のうちの一つとして、最小値抽出部210へ入力される。したがって、電流上限設定部200によって、 I_{bmaxD} がデフォルト値 I_0 よりも下げられると、少なくとも $I_{bmax} = I_{bmaxD}$ となるように、バッテリー10の電流上限値 I_{bmax} が設定される。昇圧コンバータ20の熱保護を含め、素子保護上の要件からの上限値が設定されない場合には、定格値に従って $I_{bmax} = I_0$ に設定される。

【0103】

放電制限部250は、バッテリー10の状態に基づいて、バッテリー10から負荷40へ出力可能な電力の上限値である、放電電力上限値のベース値 W_{outB} を設定する。たとえば、SOCおよびバッテリー温度 T_b に基づいてベース値 W_{outB} を設定するためのマップを、予め規定することができる。たとえば、ベース値 W_{outB} は、SOCが低下すると引き下げられ、バッテリー10の低温領域および高温領域でも引き下げられる。

10

【0104】

電流フィードバック部230は、最小値抽出部210によって設定されたバッテリー10の電流上限値 I_{bmax} と、電流センサ13によって検出されたバッテリー電流 I_b とを比較する。電流フィードバック部230は、 $I_b > I_{bmax}$ のときには、放電電力上限値 W_{out} を低下するための修正量 W_{out} を、偏差 $(I_{bmax} - I_b)$ に従って負値に設定する。一方で、 $I_b < I_{bmax}$ のときには、 $W_{out} = 0$ に設定される。

20

【0105】

W_{out} 設定部260は、放電制限部250からのベース値 W_{outB} と、電流フィードバック部230からの修正量 W_{out} とに従って、バッテリー10の最終的な放電電力上限値 W_{out} を設定する。具体的には、 $W_{out} = W_{outB} + W_{out}$ に設定される。

【0106】

これにより、 $I_b > I_{bmax}$ のときには $(W_{out} = 0)$ 、バッテリー10の状態に従って放電電力上限値 W_{out} が設定される $(W_{out} = W_{outB})$ 。一方で、 $I_b > I_{bmax}$ のときには、放電電力上限値 W_{out} が低下されることにより、 $I_b < I_{bmax}$ となるまでバッテリー10からの出力が制限される。上述のように、負荷40の動作指令を制限することによって、バッテリー10の出力電力が W_{out} を超えないように制御することができる。

30

【0107】

この結果、昇圧コンバータ20の熱保護のために I_{bmaxD} が低下されると、バッテリー10の電流上限値 I_{bmax} にこれが反映されることにより、バッテリー電流 I_b (昇圧コンバータ20の通過電流)が I_{bmax} を超えないように制御することができる。

【0108】

実施の形態1に従う電源システムによれば、昇圧コンバータ20の熱保護のための制御において、電流上限値 I_{bmaxD} を、冷却水温度 T_{cw} および出力電圧 V_H に基づいて設定する。これにより、図8に示したように、出力電圧 V_H の上昇に応じて、昇圧コンバータ20での過熱保護の主対象であるダイオードD1での発熱量が減少する特性を反映させて、特に図8での領域122において、電流上限値 I_{bmaxD} を適切に設定することができる。

40

【0109】

この結果、バッテリー10からの出力制限による負荷40での電力制限を過度にすることなく、昇圧コンバータ20の熱保護を図ることができる。したがって、電動車両に適用された電源システムにおいて、車両走行性を過度に低下させることなく、昇圧コンバータを過熱から保護することができる。

【0110】

[実施の形態2]

50

実施の形態 2 では、バッテリー電流 I_b , すなわち、昇圧コンバータ 20 の通過電流をさらに確実に制限するための制御について説明する。

【0111】

図 10 は、実施の形態 2 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明するブロック図である。

【0112】

図 10 を図 9 と比較して、実施の形態 2 に従う制御では、 W_{out} 制限部 270 と、上限ガード部 280 とがさらに設けられる。

【0113】

W_{out} 制限部 270 は、電流上限設定部 200 によって設定された電流上限値 $I_{bmax} D$ と、電圧センサ 11 によって検出されたバッテリー電圧 V_b とに従って、昇圧コンバータ 20 の熱保護のための放電電力上限値 W_{outD} を設定する。具体的には、 $W_{outD} = I_{bmax} D \cdot V_b$ に設定される。

10

【0114】

上限ガード部 280 は、放電制限部 250 によって設定されたベース値 W_{outB} が、図 9 の W_{out} 制限部 270 によって設定された W_{outD} を超えないようにガードする。すなわち、上限ガード部 280 は、 $W_{outB} < W_{outD}$ のときは、 W_{outB} を維持する一方で、 $W_{outB} > W_{outD}$ のときには、 $W_{outB} = W_{outD}$ に制限する。

【0115】

20

W_{out} 設定部 260 は、上限ガード部 280 からの W_{outB} と、電流フィードバック部 230 からの修正量 W_{out} とに従って、バッテリー 10 の最終的な放電電力上限値 W_{out} を設定する。具体的には、 $W_{out} = W_{outB} + W_{out}$ に設定される。図 10 のその他の機能ブロックは、図 9 と同様に機能するので詳細な説明は繰り返さない。

【0116】

このようにすると、電流上限設定部 200 によって電流上限値 $I_{bmax} D$ が引き下げられたときに、電流フィードバック部 230 によって $W_{out} < 0$ に設定されることを待つことなく、即座に、放電電力上限値 W_{out} を電流上限値 $I_{bmax} D$ に対応する値まで低下させることができる。

【0117】

30

したがって、実施の形態 2 に従う制御では、実施の形態 1 に従う制御と比較して、昇圧コンバータ 20 の過熱からの保護をさらに確実にすることが可能となる。

【0118】

[実施の形態 3]

実施の形態 3 では、昇圧コンバータ 20 (ダイオード D1) の熱保護のために出力電圧 V_H を積極的に上昇させるための制御について説明する。

【0119】

図 11 は、実施の形態 3 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。

【0120】

40

図 11 を参照して、実施の形態 3 に従う構成では、下限電圧設定部 305 と、電圧指令値設定部 310 とがさらに設けられる。

【0121】

下限電圧設定部 305 は、温度センサ 155 によって検出される冷却水温度 T_{cw} および電流センサ 13 によって検出されるバッテリー電流 I_b に応じて、昇圧コンバータ 20 の熱保護の観点からの V_H 下限電圧 V_{HD} を設定する。

【0122】

V_H 下限電圧 V_{HD} は、たとえば、図 8 に示した特性に従って設定される。具体的には、 $T_c < T_{cw}$ の領域では、冷却水温度 T_{cw} に応じて V_{HD} は上昇する。好ましくは、 $T_{cw} > T_1$ の領域では、 $V_{HD} = V_{Hmax}$ に設定される。

50

【 0 1 2 3 】

図 8 では、一定のバッテリー電流 I_b に対する V_{HD} の特性が示されている。したがって、バッテリー電流 I_b の変化に応じて、昇圧コンバータ 20 の熱保護のための電流制限を不要とするための下限電圧 V_{HD} も変化することが理解される。

【 0 1 2 4 】

したがって、実機試験やシミュレーションの結果に従って、冷却水温度 T_{cw} およびバッテリー電流 I_b を変数として V_{HD} 下限電圧 V_{HD} を定めるためのマップ (V_{HD} マップ) を予め設定することができる。

【 0 1 2 5 】

図 12 を参照して、たとえば、 V_{HD} 下限電圧 V_{HD} は、 $T_{cw} < T_1$ の領域では、冷却水温度 T_{cw} が上昇するにつれて上昇し、バッテリー電流 I_b が減少するにつれて低下するように設定することができる。一方で、 $T_{cw} > T_1$ の領域では、基本的には、 $V_{HD} = V_{Hmax}$ に設定される。あるいは、バッテリー電流 I_b が小さい領域では、 $V_{HD} < V_{Hmax}$ に設定してもよい。

10

【 0 1 2 6 】

再び図 11 を参照して、電圧指令値設定部 310 には、昇圧コンバータ 20 の熱保護の観点からの下限電圧 V_{HD} の他、制御上限電圧 V_{Hmax} や負荷 40 の動作状態に応じた要求下限電圧 V_{Hrq} が入力される。

【 0 1 2 7 】

たとえば、図 2, 3 に示されるように、負荷 40 がモータジェネレータ 42, 44 を含んで構成される場合には、インバータ 41, 43 へ供給される直流電圧、すなわち、昇圧コンバータ 20 の出力電圧 V_H を、モータジェネレータ 42, 44 での誘起電圧の振幅よりも高電圧に制御することが必要となる。この場合には、要求下限電圧 V_{Hrq} は、主に、モータジェネレータ 42, 44 の回転数に応じて設定される。

20

【 0 1 2 8 】

さらに、昇圧コンバータ 20 以外の素子保護のために、出力電圧 V_H を抑制するための上限電圧についても、電圧指令値設定部 310 の入力に含むことができる。さらに、制御上限電圧 V_{Hmax} も電圧指令値設定部 310 の入力に含まれる。

【 0 1 2 9 】

電圧指令値設定部 310 は、これらの入力値を用いた上下限ガードによって、昇圧コンバータ 20 への電圧指令値 V_H^* を設定する。具体的には、電圧指令値 V_H^* は、上限電圧のうち最小値を超えないように設定される。すなわち、電圧指令値 V_H^* は、制御上限電圧 V_{Hmax} 以下の範囲内、あるいは、さらに素子保護上の上限電圧が設定された場合には、当該上限電圧以下の範囲内に設定される。

30

【 0 1 3 0 】

電圧指令値 V_H^* は、さらに、上記の上限電圧以下の範囲内で、下限電圧のうち最大値に従って設定される。たとえば、 $V_{HD} < V_{Hrq}$ のときは $V_H^* = V_{Hrq}$ に設定する一方で、 $V_{HD} \geq V_{Hrq}$ のときは $V_H^* = V_{HD}$ に設定することができる。

【 0 1 3 1 】

この結果、他要件との関連から支障がある場合を除いて、昇圧コンバータ 20 での熱保護のための電流制限を回避するための下限電圧 V_{HD} に対して、電圧指令値 V_H^* を V_{HD} 以上に設定することが可能となる。

40

【 0 1 3 2 】

したがって、実施の形態 3 による昇圧コンバータの熱保護のための制御では、昇圧コンバータ 20 の出力電圧 V_H を積極的に上昇させることにより、昇圧コンバータ 20 (ダイオード D1) の発熱量を抑制することができる。この結果、たとえば、図 8 での $T_{cw} < T_1$ の領域において、昇圧コンバータ 20 の温度上昇抑制を優先して出力電圧 V_H を上昇することで、バッテリー 10 からの出力制限を生じられる昇圧コンバータ 20 での電流制限の発生を回避することができる。

【 0 1 3 3 】

50

[実施の形態 4]

電動車両では、車両状態に応じて、バッテリー 10 からの出力を短期間高めることが好ましい状況が生じる。たとえば、ドライバによってアクセルペダルが踏み込まれた場合には、十分な車両加速力を得るために、モータジェネレータの出力トルクを高めることが必要である。この際には、バッテリー 10 からの出力電力を一時的に高めることが好ましい。あるいは、ハイブリッド車両において自動的に間欠運転されるエンジンを停止状態から始動する際にも、十分なクランキングトルクを確保するために、バッテリー 10 からの出力電力を一時的に高めることが好ましい。

【 0 1 3 4 】

一方で、短時間（たとえば、数秒程度）であれば、SOC およびバッテリー温度 T_b 等のバッテリー状態から決められる放電電力上限値のベース値から少し放電電力を高めても、バッテリー 10 の劣化等に影響が生じなる可能性は低い。

【 0 1 3 5 】

実施の形態 4 では、このような放電電力上限値を一時的に緩和する制御に対して、昇圧コンバータ 20 の熱保護のための電流上限値 I_{bmax} を反映する制御について説明する。

【 0 1 3 6 】

図 13 は、実施の形態 4 に従う電源システムが適用される電動車両におけるバッテリー 10 からの放電電力上限値の一時的な緩和のための制御処理を説明するフローチャートである。図 13 に示したフローチャートは、車両走行中に制御装置 30 によって繰返し実行される。

【 0 1 3 7 】

図 13 を参照して、制御装置 30 は、ステップ S 100 により、放電電力上限値 W_{out} の一時的緩和が必要な車両状態であることを示す所定条件が成立しているかどうかを判定する。たとえば、ステップ S 100 は、停止状態のエンジンを始動する場合における区間クランキングトルクの出力期間、あるいはドライバによるアクセル操作凌駕が所定量を超えている期間において、YES 判定とされる。

【 0 1 3 8 】

制御装置 30 は、所定条件の非成立時（S 100 の NO 判定時）には、ステップ S 110 に処理を進めて、放電電力上限値 W_{out} の加算量 $W_{oup} = 0$ に設定する。

【 0 1 3 9 】

一方で、制御装置 30 は、所定条件の成立時（S 100 の YES 判定時）には、ステップ S 120 に処理を進めて、放電電力上限値 W_{out} の加算量を設定する（ $W_{oup} > 0$ ）。

【 0 1 4 0 】

さらに、制御装置 30 は、ステップ S 130 により、図 9 または図 10 の W_{out} 設定部によって設定された放電電力上限値 W_{out} に、一時的緩和のための加算量 W_{oup} を加えることにより、最終的な放電電力上限値 W_{out} を設定する。

【 0 1 4 1 】

図 14 は、実施の形態 4 に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を説明する機能ブロック図である。図 14 には、昇圧コンバータの熱保護を考慮して一時的緩和のための加算量 W_{oup} を設定するための制御が示される。

【 0 1 4 2 】

図 14 を参照して、ベース値設定部 400 は、バッテリー 10 の状態（代表的には、SOC および T_b ）に従って、一時的緩和量のベース値 W_{oupB} を設定する。たとえば、ベース値 W_{oupB} は、高 SOC 時には、低 SOC 時よりも高く設定できる。また、バッテリー 10 の低温時または高温時には、常温時と比較してベース値 W_{oupB} も抑制される。

【 0 1 4 3 】

減算部 410 は、昇圧コンバータ 20 の熱保護のための電流上限値 I_{bmaxD} に従う放電電力上限値 W_{outD} から、放電制限部 250（図 9）によって設定された放電電力

10

20

30

40

50

上限値のベース値 $W_{out B}$ を減算する。なお、放電電力上限値 $W_{out D}$ は、図 10 の W_{out} 制限部 270 での演算と同様に、 $W_{out D} = I_{bmax D} \cdot V_b$ の演算によって求めることができる。

【0144】

減算部 410 は、減算によって求められた $W_{oup D}$ を出力する。すなわち、 $W_{oup D} = W_{out D} - W_{out B}$ である。減算部 410 によって得られた $W_{oup D}$ は、昇圧コンバータ 20 の熱保護のための電流上限値 $I_{bmax D}$ に従う放電電力制限値 $W_{out D}$ を超えないための、放電電力制限値のベース値 $W_{out B}$ からの上昇量の上限値を示している。

【0145】

最小値抽出部 420 は、減算部 410 によって設定された上限値 $W_{oup D}$ と、ベース値設定部 400 によって設定された一時的緩和量のベース値 $W_{oup B}$ のうちの最小値を抽出して、放電電力上限値を一時的に緩和するための加算量 W_{oup} (図 13 のステップ S120) を設定する。これにより、一時的に緩和された放電電力制限値 W_{out} (図 13 のステップ S130) が、電流上限値 $I_{bmax D}$ に従う放電電力上限値 $W_{out D}$ を超えないように、加算量 W_{oup} を設定することができる。

【0146】

したがって、実施の形態 4 に従う電源システムによれば、昇圧コンバータ 20 の電流が電流上限値 I_{bmax} を超えないように制御することによって昇圧コンバータ 20 を過熱から保護した上で、車両状態に応じて放電電力制限値 W_{out} を一時的に緩和することによって走行性能を確保することが可能である。

【0147】

なお、本実施の形態では、電源システムが搭載される電動車両の電気系の負荷構成として図 2 および図 3 を例示したが、電動車両における負荷 40 (図 1) の構成は上記に限定されるものではない点について確認的に記載する。

【0148】

また、本実施の形態における昇圧コンバータの熱保護のための制御は、力行電流が流れるダイオードの発熱量の特性に着目したものであるから、このようなダイオードを含んで構成されたコンバータを含む電源システムに対して共通に適用することが可能である。代表的には、力行動作専用に構成された昇圧コンバータ、具体的には、図 1 の昇圧コンバータ 20 からスイッチング素子 Q1 およびダイオード D2 の配置が省略された場合にも、本実施の形態に従う昇圧コンバータの熱保護のための制御を適用することが可能である。

【0149】

本実施の形態において、VH 制御部 (図 9 等) は「電圧制御部」に対応し、 W_{out} 設定部 260 (図 9 等) は「電力制限部」に対応する。

【0150】

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。

【符号の説明】

【0151】

5, 6, 7 電力線、10 蓄電装置、10 バッテリ、11 電圧センサ (バッテリ)、12 温度センサ (バッテリ)、13 電流センサ (バッテリ)、14 電圧センサ (VL)、15 電圧センサ (VH)、20 昇圧コンバータ、30 制御装置、40 負荷、41, 43 インバータ、42, 44 モータジェネレータ、45 冷却対象機器、100 電源システム、110 ~ 112 特性線 (電力損失)、121, 122 領域、125 動作点、150 冷却装置、151 冷却配管、152 冷媒ポンプ (ウォータポンプ)、154 リザーバタンク、155 温度センサ (冷却水温度)、156 ラジエータ、200 電流上限設定部、210, 280, 420 最小値抽出部、230

10

20

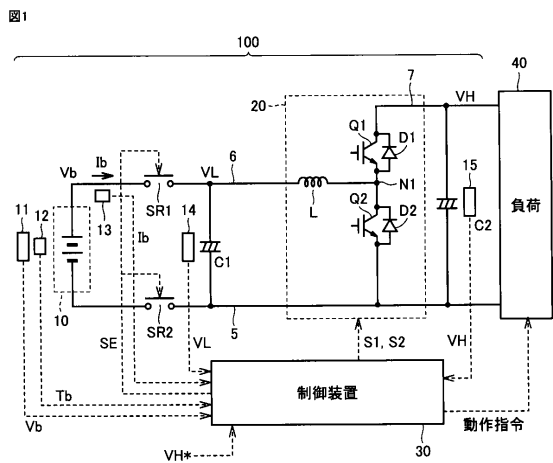
30

40

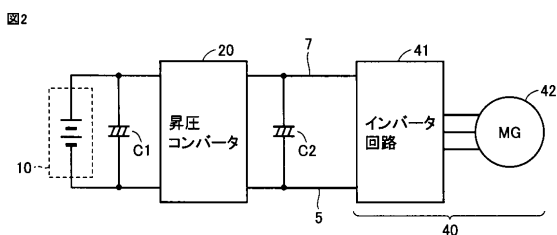
50

電流フィードバック部、250 放電制限部、260 Wout設定部、270 Wout制限部、300 VH制御部、305 下限電圧設定部、310 電圧指令値設定部、400 ベース値設定部、410 減算部、C1, C2 平滑コンデンサ、D1, D2 ダイオード、I0 デフォルト値、Ib バッテリ電流(昇圧コンバータ電流)、Ibmax, IbmaxD 電流上限値、Lリアクトル、N1 接続ノード、Q1, Q2 電力用半導体スイッチング素子、S1, S2 スwitching制御信号、SE 制御信号(システムリレー)、SR1, SR2 システムリレー、T1 所定温度、Tb バッテリ温度、Tcw 冷却水温度、Th t 判定温度、VH 直流電圧(昇圧コンバータ出力電圧)、VH* 電圧指令値、VHD 下限電圧(VH)、VHmax 制御上限電圧、VHrq 要求下限電圧、VL 直流電圧(昇圧コンバータ入力電圧)、Vb バッテリ電圧、Woup 加算量、WoupB ベース値(放電電力制限値)、Wout 放電電力制限値(最終)、WoutD 放電電力制限値(昇圧コンバータ熱保護)。

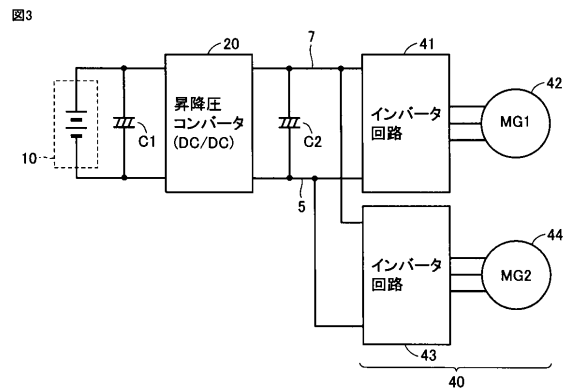
【図1】



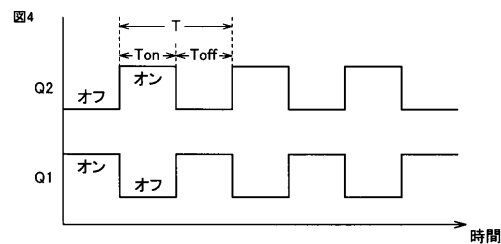
【図2】



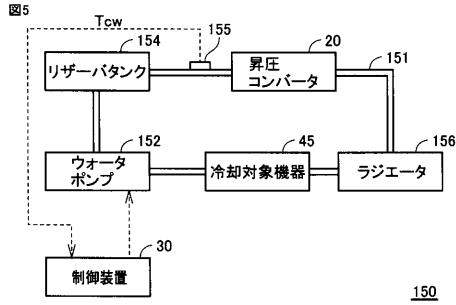
【図3】



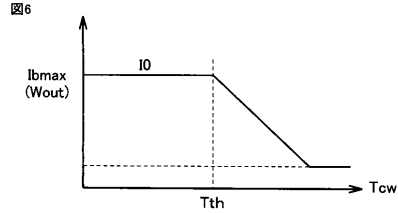
【図4】



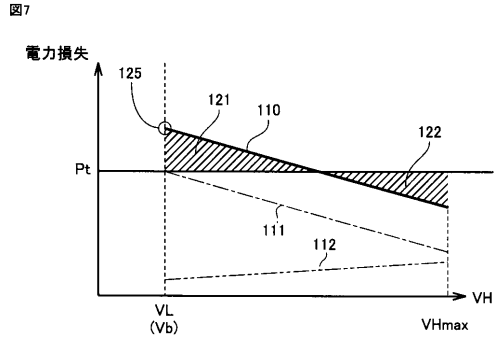
【図5】



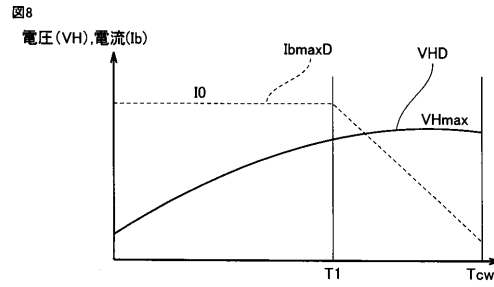
【図6】



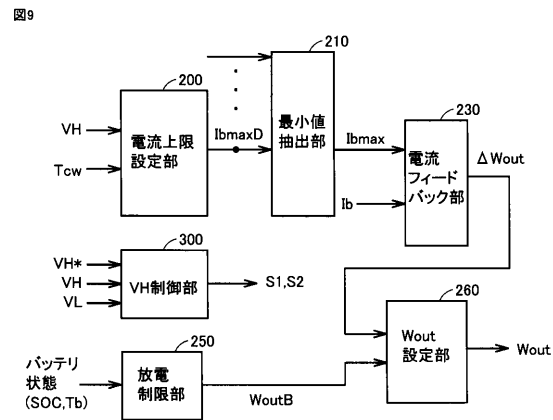
【図7】



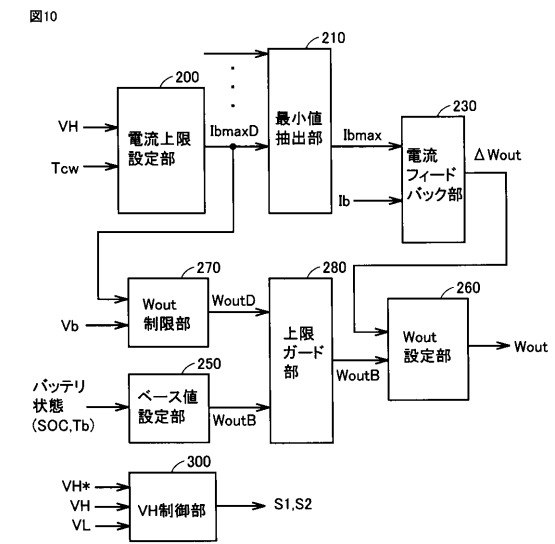
【図8】



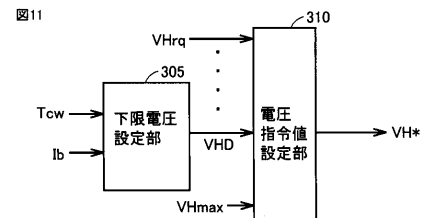
【図9】



【図10】

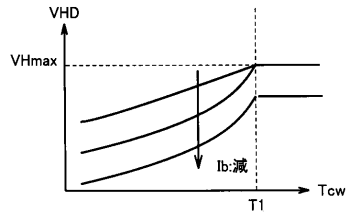


【図11】



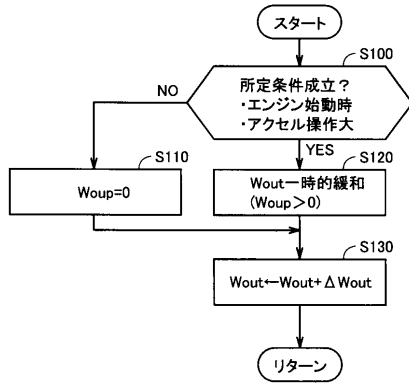
【図12】

図12



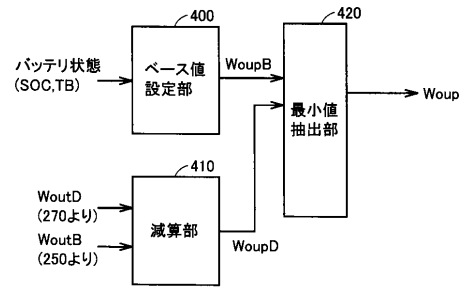
【図13】

図13



【図14】

図14



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-023263(JP,A)
特開2011-087406(JP,A)
特開2007-008191(JP,A)
特開2014-212670(JP,A)
国際公開第2011/145184(WO,A1)
特開2011-057024(JP,A)
特開2009-194997(JP,A)
特開2011-097693(JP,A)
国際公開第2011/007695(WO,A1)
国際公開第2013/046314(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/155,
B60L 11/18