

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-161240
(P2012-161240A)

(43) 公開日 平成24年8月23日 (2012. 8. 23)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B60L 13/00 (2006.01)	B60L 13/00 D	5G503
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 9/18 A	5H030
B60L 3/00 (2006.01)	B60L 3/00 S	5H125
HO2J 7/00 (2006.01)	HO2J 7/00 P	
HO2J 7/34 (2006.01)	HO2J 7/00 L	

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-49969 (P2012-49969)
 (22) 出願日 平成24年3月7日 (2012. 3. 7)
 (62) 分割の表示 特願2008-119229 (P2008-119229) の分割
 原出願日 平成20年4月30日 (2008. 4. 30)

(71) 出願人 000000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
 (74) 代理人 100104341
 弁理士 関 正治
 (72) 発明者 片岡 幹彦
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内
 (72) 発明者 松尾 和也
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内
 (72) 発明者 古賀 毅
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

最終頁に続く

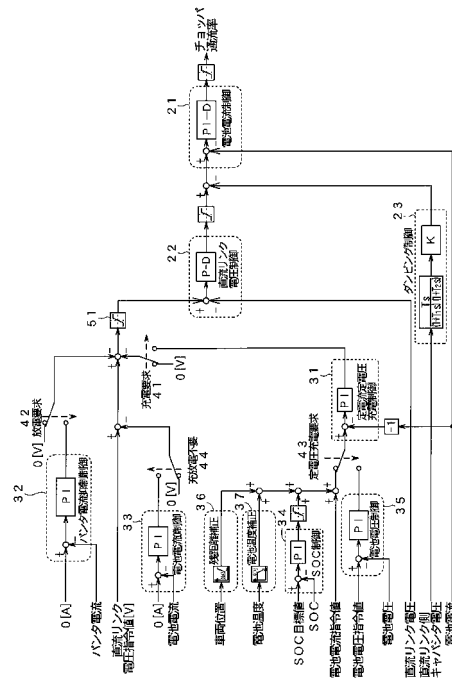
(54) 【発明の名称】 電池駆動車両のパワーフロー制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】 電化区間に引き続いて非電化区間を走行する電車のために、SOCが非電化区間走行に必要な所定値となるように電化区間の充放電制御を行う方法と装置を提供する。

【解決手段】 電化区間と非電化区間に跨って運行する駆動用電池搭載車両における二次電池15の充放電制御系において、充電要求時には定電流定電圧充電制御31を行い、放電請求時にはパンタ電流抑制制御32を行い、充放電不要時には電池電流0制御を行うが、これら制御出力が直流電圧制御22の指令値を修正するようにした。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電化区間と非電化区間に跨って運行する二次電池を搭載した車両における二次電池の充放電制御系において、充電要求時には電池電流が電池電流目標値になるようにフィードバック制御する定電流定電圧充電制御の制御出力が、放電要求時にはパンタ電流が 0 になるようにフィードバック制御するパンタ電流抑制制御の制御出力が、充放電不要時には電池電流を 0 にするようにフィードバック制御する電池電流 0 制御の制御出力が、直流リンク電圧制御の指令値を修正することを特徴とする二次電池搭載車両のパワーフロー制御方法。

【請求項 2】

前記二次電池の SOC が SOC の目標値になるようフィードバック制御する SOC 制御の制御出力が、前記定電流定電圧充電制御における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項 1 記載のパワーフロー制御方法。

【請求項 3】

電池温度に基づいて定められる充電電流補正值が、前記定電流定電圧充電制御における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のパワーフロー制御方法。

【請求項 4】

車両位置から非電化区間までの残り距離を求め、該残り距離に基づいて定められる補正值が、前記定電流定電圧充電制御における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のパワーフロー制御方法。

【請求項 5】

充電要求時であって定電流充電要求時には、電池電圧が電池電圧指令値になるようにフィードバック制御する電池電圧制御の制御出力を、前記定電流定電圧充電制御における目標値とすることを特徴とする請求項 1 記載のパワーフロー制御方法。

【請求項 6】

直流リンク電圧が直流電圧指令値になるようにフィードバック制御する直流リンク電圧制御に、電池電流制御がカスケード接続されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のパワーフロー制御方法。

【請求項 7】

電化区間と非電化区間に跨って運行する二次電池搭載車両の充放電制御装置に付帯するパワーフロー制御装置において、直流リンク電圧指令値を与える回路に並列に、充電要求時に切り替わる第 1 切換回路を介して電池電流が電池電流指令値に近づくようにフィードバック制御する定電流定電圧充電制御器が接続され、放電要求時に切り替わる第 2 切換回路を介してパンタ電流が 0 になるようにフィードバック制御するパンタ電流抑制制御器が接続され、充放電不要時に切り替わる第 3 切換回路を介して電池電流を 0 にするようにフィードバック制御する電池電流 0 制御器が接続されてなることを特徴とするパワーフロー制御装置。

【請求項 8】

前記二次電池の SOC を入力して SOC 目標値に対する偏差について積分要素を含むフィードバック制御演算を行って制御出力を出力する SOC 制御器を備えて、該制御出力が前記定電流定電圧充電制御器における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項 7 記載のパワーフロー制御装置。

【請求項 9】

電池温度を入力して電池温度に基づいて定められる充電電流補正值を出力する充電電流電池温度補正器を備えて、該充電電流補正值を用いて前記定電流定電圧充電制御器における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項 7 または 8 記載のパワーフロー制御装置。

【請求項 10】

車両位置により非電化区間までの残り距離を求めて該残り距離に基づいて定められる補

10

20

30

40

50

正值を出力する充電電流残距離補正器を備えて、該補正值を用いて前記定電流定電圧充電制御器における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることを特徴とする請求項7から9のいずれか1項に記載のパワーフロー制御装置。

【請求項11】

直流リンク電圧が直流電圧指令値になるようにフィードバック制御する直流リンク電圧制御器に、電池電流制御器がカスケード接続されることを特徴とする請求項7から10のいずれか1項に記載のパワーフロー制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、駆動用電池搭載鉄道車両における電池充放電制御方法と装置に関し、特に電化区間と非電化区間が混在する区間を走行する電車における駆動用電池の充放電制御方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動モータで駆動する電車は、架線または第三軌条からパンタグラフなどの車載集電装置経由で車両駆動系および補機への電力供給を行って電化区間を走行する。電化区間と非電化区間にまたがって走行する鉄道車両では、非電化区間の境界でディーゼルカーに繋ぎ替えたり、ディーゼル機関で発電して電気駆動するディーゼル気動車を使ったりする。

一方、近年、リチウムイオン二次電池やニッケル水素二次電池、あるいは電気二重層キャパシタなど、蓄電装置の性能が向上したため、蓄電装置を搭載して電化区間におけるパワーアシストに利用したり、非電化区間において充電ステーションで適宜充電して車両駆動系に使用したりする電池搭載車両が開発されている。

【0003】

特許文献1には、蓄電装置を搭載して、回生パワーの制限等により架線に変換できない余剰の回生エネルギーを蓄電装置に蓄積し、高速域での力行時に蓄電装置からのパワーアシストを行うことにより、効果的にエネルギーを利用することができる電気車両システムが開示されている。

【0004】

また、特許文献2には、架線から電力の供給を受けずに走行する電気車両を用いた架線レス交通システムが開示されている。開示された架線レス交通システムは、車両にリチウムイオン電池などの高性能二次電池を搭載し、適宜な間隔で設けた充電場所で車載の蓄電装置を充電するときに、次の充電場所までの間で車両本体が使用する消費電力量を予測して充電電力量を設定する。

【0005】

開示された架線レス交通システムによると、蓄電装置のSOC (state of charge) を最適な範囲から外れないように管理することにより、蓄電装置の劣化を抑制し、蓄電装置の寿命を延ばすことができる。ここで、SOCとは電池の充電状態を表す尺度であり、充電している電力量を電池容量に対する百分率で表す。

しかし、開示の架線レス交通システムは、電化区間に設けられる架線を利用する構成を備えず、電化区間と非電化区間を通して運行する電車に適用することは考慮されていない。

【0006】

そこで、電化区間で架線などから集電して充電し非電化区間で車両を電池駆動する駆動用蓄電装置を電車に搭載したシステムを利用すれば、機関車の入替えをしないでも電化区間と非電化区間をまたがって運行する電車が実現できることになる。

駆動用電池を車載することにより非電化区間走行が可能となるが、電化区間を走行している間に次の非電化区間を走りきれるだけの電力量を電池に充電しておかなければならない。また、ラッシュ時間帯においては複数の列車が同時に力行する確率が高くなり架線電圧が下がり気味となる。架線電圧が下がりすぎると所定の加速性能が発揮できずに列車が

10

20

30

40

50

遅延して、列車運行に障害を来す場合がある。

【0007】

さらに、高速充放電特性に優れたニッケル水素二次電池やリチウムイオン二次電池なども、大きな容量を備えると設備費が高騰し、また過剰な電流で充電したり適正容量を超えて充電したりすると電池寿命が急激に短縮して経済性が劣化する。

したがって、電化区間と非電化区間を跨って運行する駆動用蓄電装置を搭載した電車を円滑に運用するためには、システムに適合した電池充放電制御技術が求められる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

10

【特許文献1】特開2002-369308号公報

【特許文献2】特開2006-054958号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、電化区間に引き続いて非電化区間を走行する電車のために、電池残存容量(SOC)が非電化区間走行に必要な所定値となるように電化区間の充放電制御を行う方法と装置を提供することである。また、電化区間走行時に、架線電圧変動が発生した場合に電池アシスト放電による電力供給補完を行う方法と装置を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明の電池駆動車両のパワーフロー制御方法は、二次電池を搭載して電化区間と非電化区間に跨って運行する車両において、非電化区間運行に必要な電力を蓄積する容量を持つ二次電池を備え、電力線から電力を取得するパンタグラフと二次電池の間に可逆チョッパを備えて、電化区間走行中に二次電池のSOCを所定の範囲に保持するように二次電池の充放電を行うことを特徴とする。

【0011】

本発明の電池駆動車両のパワーフロー制御方法により、電化区間を走行/停車中に非電化区間運行に必要な電力を二次電池に充電することができる。本方法によれば、二次電池の容量が過大にならないため、二次電池の価格も低くまた設備費も合理的になる。また、二次電池のSOCを適正な値に保持するように充放電するので、電池寿命を長期化し経済的な設備とすることができる。

30

【0012】

なお、本発明の電池駆動車両のパワーフロー制御方法は、電池電流制御に直流リンク電圧制御をオーバーライドした制御系で形成されチョッパ通流率を調整する充放電制御系において、充電要求時には電池電流が電池電流目標値になるようにフィードバック制御する定電流定電圧充電制御の制御出力が、放電要求時にはパンタ電流が0になるようにフィードバック制御するパンタ電流抑制制御の制御出力が、充放電不要時には電池電流を0にするようにフィードバック制御する電池電流0制御の制御出力が、直流リンク電圧制御の指令値を修正することを特徴とする。

40

【0013】

なお、充電要求時とは、充電要求がされる場合であって、SOCを所定の値に保持するために充電が必要なときで、たとえばパンタグラフが架線に接している、SOCが所定値より低くブレーキが掛かっていない状態から判別することができる。もちろんこれに限られるものではなく、たとえばSOCが運転台の充電スイッチにより充電要求された状態から判断することもできる。ここで、SOCにおける所定の値とは、好ましくは70~78%であり、60~80%であってもよい。

【0014】

また、SOCが高すぎると電池寿命に悪影響が生じる。このため、SOCが一定値以上

50

に上昇すると、これを下げるために放電要求をして、電池が放電するように制御する必要がある。このような状態においては、電池の出力可能な電流値が車両が必要とする電流値よりも大きいときは、パンタグラフを流れる電流値は零となり、電池の出力可能な電流値が車両が必要とする電流値よりも小さいときは、その不足分がパンタグラフを通じてインバータに流れることとなる。電池に与えられた電力を最大限利用する結果、パンタ電流抑制制御がなされることになる。

パンタグラフが上がっていて、SOCが所定値より高いかブレーキが働いている状態を検知したときに、放電要求時と判定して制御を切り替えればよいが、判定論理はこれに限定されないことはいうまでもない。

【0015】

充放電が不要なときは、SOCが適正な範囲にあり充放電を必要としない場合である。すなわち、パンタグラフが上がっていて、しかも充電要求がなく、放電要求もない状態である。充放電不要時には、電池電流0制御がなされる。

なお、列車が回生状態にある場合は、回生失効を防ぎかつ回生電力を有効に蓄えるために電池充電がされることになる。これは、上記のパンタ電流抑制制御が働くからである。

なお、ここで、パンタ電流とは、架線とパンタグラフの間に流れる電流をいう。

【0016】

電池充電時には、搭載の二次電池を損なわず、速やかに充電するために、定電流充電を行う。そして、二次電池が充電して電池電圧が所定値に達したときには、過剰な充電をしないよう定電圧充電に切り替わる。

【0017】

さらに、車両位置により求められる電化区間の残距離に基づいて定められる補正值が、また電池温度に基づいて定められる充電電流補正值が、また二次電池のSOCがSOC目標値になるようにフィードバック制御するSOC制御の制御出力が、定電流定電圧充電制御における電池電流指令値を修正して電池電流目標値とすることが好ましい。

【0018】

これらの機能を備えることにより、電化区間の終点に達するまでに必要電力を確実に充電することができ、また電池に適合した安全な充電電流を維持することができ、さらにSOCの目標値との偏差が残らないように調整することができる。

【0019】

また、電池電流制御に直流リンク電圧制御をカスケード接続した制御系において、直流リンク電圧制御はP-D制御となっていて積分動作を含まない構成とすることが好ましい。ここで、直流リンク電圧とは、可逆チョップのパンタグラフ側の電圧をいい、直流リンク電圧制御は直流リンク電圧の指令値と直流リンク電圧測定値の偏差によるフィードバック制御を行い、後段の電池電流制御に対して電池電流指令値を出力する。電池電流制御は、直流リンク電圧制御からの電池電流指令値と電池電流計測値の偏差によりフィードバック制御を行い、可逆チョップのチョップ通流率を操作する。

【0020】

直流リンク電圧制御においては、架線と電池との負荷分担が問題となる。すなわち、変電所がインバータを有しており、変電所が定電圧制御を行い、電池の充放電制御装置もまた積分ゲインを持った定電圧制御を行うとすると、負荷分担が一定に定まらない。これを回避するために、充放電制御装置の直流リンク電圧制御に積分ゲインを持たせないことにより、変電所がインバータを持つなど定電圧制御能力を有する場合においても、架線と電池の負荷分担が安定して定まることが期待できる。

【0021】

上記課題を解決するため、本発明の電池駆動車両のパワーフロー制御装置は、電化区間と非電化区間に跨って運行する二次電池搭載車両の二次電池充放電制御装置に付帯するパワーフロー制御装置において、二次電池充放電制御装置の設定値入力回路に並列に、充電要求時に切り替わる第1切換回路を介して電池電流が電池電流指令値に近づくようにフィードバック制御する定電流定電圧充電制御装置が接続され、放電要求時に切り替わる第2

10

20

30

40

50

切換回路を介してパンタ電流が0になるようにフィードバック制御するパンタ電流抑制制御装置が接続され、充放電不要時に切り替わる第3切換回路を介して電池電流を0にするようにフィードバック制御する電池電流0制御装置が接続されていて、直流リンク電圧制御器が、第1から第3の切換回路の開閉にしたがって定電流定電圧充電制御装置とパンタ電流抑制制御装置と電池電流0制御装置の出力を修正値として加えた指令値を目標値としてフィードバック制御することを特徴とする。

【0022】

なお、本発明のパワーフロー制御装置は、車両位置により電化区間の残距離を求めて残距離に基づく補正値を出力する充電電流残距離補正器を備え、また電池温度を入力して電池温度に対応する充電電流補正値を出力する充電電流電池温度補正器を備え、さらにSOCの値を入力してSOC目標値に対する偏差について積分要素を含むフィードバック制御演算を行って制御出力を出力するSOC制御装置を備えて、これら出力を用いて定電流定電圧充電制御における定電流充電時の電池電流指令値を修正することが好ましい。

10

【0023】

本発明のパワーフロー制御装置により、電化区間を走行/停車中に非電化区間運行に必要な電力を二次電池に充電することができる。本装置によれば、二次電池の容量が過大にならず、二次電池のSOCを適正な値に保持して充放電するので電池寿命が長期化し、経済的な設備とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の1実施例に係るパワーフロー制御方法を適用する電池駆動車両の充放電制御装置の回路図である。

20

【図2】本実施例に係るパワーフロー制御方法において電化区間と非電化区間における運転状態と二次電池の充電状態にしたがって変化する電力のフローを説明する図面である。

【図3】本実施例に係るパワーフロー制御を実現化する制御器構成を示すパワーフロー制御回路図である。

【図4】本実施例に係る切換スイッチの制御ロジックを説明する論理図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を用いて、本発明の電池駆動車両のパワーフロー制御方法および装置の最良の実施形態を詳細に説明する。

30

図1は本実施例に係るパワーフロー制御を適用する電池駆動車両の充放電制御装置の回路図、図2は本実施例のパワーフロー制御方法において電化区間と非電化区間における運転状態と二次電池の充電状態にしたがって変化する電力のフローを説明する図面、図3は本実施例のパワーフロー制御装置の回路図、図4は本実施例のパワーフロー制御装置において制御モードを切り換えるスイッチを操作するロジックを説明する論理図である。

【0026】

本実施例は、図1に示した駆動回路を備えた電池駆動車両に本発明のパワーフロー制御を適用した例である。

本実施例のパワーフロー制御回路17により制御される四象限チョッパ回路16の一端側にパンタグラフ12の電力取り込み線を接続し、他端側にニッケル水素電池やリチウムイオン電池などの二次電池15を接続する。

40

パンタグラフ12は架線11から直流電力を取り込んで直流リンク線を介してインバータ13に供給する。インバータ13は、入力された直流電力を交流に変換してモータ14に供給し回転駆動する。図外の車両はモータ14の回転により軌道上を走行する。

【0027】

二次電池15は、架線11が存在する電化区間を走行する間、第1象限または第2象限チョッパ回路として動作する可逆チョッパ回路16を介して架線からの直流電力で充電し、架線のない非電化区間で第3象限または第4象限チョッパ回路として動作する可逆チョッパ回路16を介して車両のインバータ13に電力を供給してモータ14の運転を維持す

50

る。

もちろん、電化区間を走行する間に架線 11 の電圧が不足したりした場合にも、二次電池 15 から電力を補充することができる。

【0028】

図 1 の可逆チョッパ回路は、IGBT などの半導体スイッチ素子 S1, S2, S3, S4 のそれぞれにダイオード D1, D2, D3, D4 を逆並列に接続したアームを 2 個直列に接続したレグを入力側と出力側でそれぞれ直流回路と接地回路の間に設けて両レグのアーム接続点の間にリアクトル L0 を接続して形成したパルス幅変調方式の可逆チョッパ回路 16 である。

【0029】

可逆チョッパ回路 16 には、パワーフロー制御回路 17 が附属して、チョッパ回路内の半導体スイッチ素子 S1, S2, S3, S4 のオンオフを制御して、四象限のチョッパ機能を実現させる。半導体スイッチ素子を高速高頻度でオンオフするので、電流の平滑化のためリアクトル L1, L2 とキャパシタ C1, C2 が接続されている。

制御回路 17 には、本発明のパワーフロー制御機能が組み込まれている。

【0030】

高電圧の直流リンク電圧 3 から低電圧の二次電池 15 に電流を供給するときは、二次電池側上アームの半導体スイッチ素子 S3 を導通し直流リンク側レグの半導体スイッチ素子 S1, S2 を断続してチョッパ出力電圧を調整し、降圧チョッパの動作をさせる。出力電圧 V_o の平均値は、入力電圧 V_i に実質的には S1 の導通率になる直流リンク側レグの通流率 α_1 を掛けた値になる。すなわち、

$$V_o = \alpha_1 V_i$$

【0031】

一方、低電圧の直流リンク電圧を高電圧の二次電池 15 供給電圧に変換する場合は、直流リンク側上アームの半導体スイッチ素子 S1 を導通し、二次電池側レグの半導体スイッチ素子 S3, S4 を断続して昇圧チョッパとして作動させる。下アームのスイッチ S4 がオンのときにリアクトル L0 にエネルギーを蓄積させ、オフのときに電源からのエネルギーと蓄積エネルギーを出力側に接続された負荷に供給する。

【0032】

リアクトル L0 が十分大きく、流れる電流 I が一定であるとすれば、スイッチ S4 がオンのとき (t_{on}) にリアクトル L0 に蓄えられた電力がスイッチ S4 がオフのとき (t_{off}) に負荷に放出されるので、

$$V_i I t_{on} = (V_o - V_i) I t_{off}$$

ここで、 $T = t_{on} + t_{off}$ 、 $b = t_{off} / T$ 、出口側レグの通流率 $\alpha_2 = t_{on} / T$ とすれば、

$$\alpha_2 + b = 1$$

$$V_o = V_i T / t_{off} = V_i / (1 - \alpha_2)$$

【0033】

このようにして、パワーフロー制御回路 17 の制御出力によって可逆チョッパ回路 16 の昇降圧比 (電圧変換率) $\alpha = V_2 / V_1$ をレグの通流率を使って調整することにより、パンタグラフ 12 から二次電池 15、二次電池 15 から直流リンク線への電力移動を制御することができる。

【0034】

図 2 は電化区間と非電化区間における運転状態と二次電池の充電状態にしたがって変化する電力のフローを説明する図面、図 3 はこれを実現化する制御器構成を示すパワーフロー制御回路図、図 4 はパワーフロー制御回路における切換スイッチの制御ロジックを説明する論理図である。

図 2 は、電化区間を運行する間の運転状態図を (a) ~ (i) の 9 図、非電化区間における運転状態図を (j), (k), (m) の 3 図に示したものである。

【0035】

10

20

30

40

50

電化区間にある場合の図2(a)～(c)は加速時における電力流の状態を示す。

(a)図は二次電池のSOCが高いときの状態で、パンタグラフが架線に接触しているにもかかわらずパンタ電流が0になるようにパンタ電流抑制制御を行い、SOCが適正値に低下するまで二次電池から供給される電力が電動機を起動させる主制御装置と空調機などの補機に供給されるようにする。

(b)図はSOCが適正な範囲にあるときで、二次電池は充放電せず、パンタグラフから取り込んだ電力のみが主制御装置と補機に供給されるようにする。ただし、直流リンク電圧が低下した場合は運転可能な値に保つため二次電池からアシスト放電を行う。

(c)図はSOCが低いときで、パンタグラフから取電した電力の一部を使ってSOCが適正値になるまで二次電池の充電をする。

10

【0036】

図2(d)はアシスト放電のときであって、架線から取得する電力では不足する分を二次電池から補給する。

図2(e)はブレーキを掛けたときで回生電力が補機電力より小さい場合を示し、パンタ電流を0に抑制し直流リンク電圧の変動を抑えることで、電動機からの回生電力では補機動力に不足する分を二次電池から補給する。

図2(f)はブレーキを掛けたときであって、回生電力が補機電力より大きい場合を示す。このような場合には、パンタ電流を0に抑制し直流リンク電圧の変動を抑えることで、補機に使った余りの回生電力を二次電池に補給して蓄積させる。

【0037】

20

図2(g)～(i)は車両が停車している場合に関するもので、(g)図は二次電池のSOCが高いときの状態を表し、主機は停止しているので架線からの電力は消費しないので、二次電池から供給される電力を空調機などの補機に供給してSOCを適正な値に下げようとする。

(h)図はSOCが適正な範囲にあるときで、二次電池は基本的に充放電せず、補機にはパンタグラフから取り込んだ電力のみが供給されるようにする。

(i)図はSOCが低いときで、架線から供給される電力は補機に供給されるほかに、二次電池にも供給される。

【0038】

図2(j)は系統電源に繋がる架線が敷設されていない非電化区間を運行する間で加速する場合を示す。(j)図の状態では、二次電池からの放電電力で直流リンク電圧を一定に制御することで、放電電力が主制御装置を介して電動機に供給されると共に補機にも供給される。

30

図2(k)は非電化区間でブレーキを掛けて電動機で回生電力が発生しているときの状態を表し、二次電池のSOCが所定の高値より低い場合は回生電力が補機に供給される他に二次電池にも供給される。ただし、SOCが所定値より高いときは電池に充電しない。

図2(m)は非電化区間で停車中の状態を示すもので、空調等の補機は停車中でも稼働させる必要があるので、二次電池からの放電電力で直流リンク電圧を一定に制御することで、必要な動力を供給する。

【0039】

40

こうした要求に従うように可逆チョッパ回路の通流率 I_1 , I_2 を調整する半導体スイッチ素子のオンオフ操作信号を出力するパワーフロー制御回路17の回路例が図3に示されている。

図3のパワーフロー制御回路17は、チョッパ通流率を調整するための半導体スイッチオンオフ操作信号を生成する第2制御系と、第2制御系の設定値信号となる直流リンク電圧指令値に必要な変成を加えるための第1制御系とから構成される。

【0040】

第2制御系は、電池電流をフィードバック制御して半導体スイッチオンオフ操作信号を生成して通流率を調整する電池電流制御器21と、これに直列に接続され直流リンク電圧をフィードバックして操作信号を電池電流制御器21の設定値信号として供給する直流リ

50

ンク電圧制御器 2 2 と、電池電流制御器 2 1 の設定値信号に修正を加えるダンピング制御器 2 3 とから構成される。

【 0 0 4 1 】

また、第 1 制御系は、第 2 制御系における直流リンク電圧指令値の入力回路に並列に、充電要求スイッチ 4 1 を介して接続される二次電池の定電流定電圧充電制御器 3 1 と、放電要求スイッチ 4 2 を介して接続されるパンタ電流抑制制御器 3 2 と、充放電不要スイッチ 4 4 を介して接続される電池電流 0 制御器 3 3 から構成される。

【 0 0 4 2 】

なお、定電流定電圧充電制御器 3 1 の設定値入力には、定電圧充電スイッチ 4 3 により選択される電池電流指令値の入力回路と電池電圧制御器 3 5 が接続されている。さらに、電池電流指令値入力回路には SOC 制御器 3 4 と残距離補正器 3 6 と電池温度補正器 3 7 が接続されていて、それぞれの出力信号が電池電流指令値に加算されるようになっている。

10

【 0 0 4 3 】

充電要求スイッチ 4 1 は、SOC を所定の値に保持するために充電が必要なときに、二次電池が充電要求状態であることを検出して回路切替えするスイッチである。

図 4 に例示したように、パンタグラフ 1 2 が上がって架線に接触していること、二次電池の SOC が低いこと、また SOC が高くないこと、ブレーキが働いていないこと、あるいは運転台における充電指令スイッチがオンであることなどの条件が満たされるときスイッチがオンして定電流定電圧充電制御器 3 1 が接続される。

20

【 0 0 4 4 】

なお、パンタグラフには位置検出スイッチが設けられていて、この位置検出スイッチの作動によりパンタグラフが上がっていて架線と接触していることを知ることができる。さらに、ブレーキが掛かっているか否かは、運転手がブレーキを操作したときにオンとなるブレーキ検出スイッチにより知ることができる。

また、二次電池には SOC 検出手段が設けられていて、その出力から SOC を知ることができる。

本実施例においては、SOC の保持されるべき範囲は 60 ~ 80 % であり、好ましくは 70 ~ 78 % である。したがって、二次電池の SOC が低いとは、SOC が下限値の 60 % あるいは 70 % より低いことをいい、SOC が高くないとは上限値の 80 % あるいは 78 % より低いことをいう。

30

【 0 0 4 5 】

放電要求スイッチ 4 2 は、SOC が高くなりすぎると電池寿命に悪影響が生じるため、SOC を下げるように電池に放電させるもので、パンタ電流が抑制状態であることを検出して回路切換を行うスイッチである。図 4 に例示するように、パンタグラフが架線に接触し、ブレーキが掛かっているか二次電池の SOC がたとえば 78 % あるいは 80 % などの所定値より高いときに、パンタ電流抑制制御器 3 3 を接続する。放電要求状態においては、電池から放電される電流のほぼ全てはインバータ等の駆動系に供給される結果、パンタグラフには電流は流れないことになる。

【 0 0 4 6 】

充放電不要スイッチ 4 4 は、SOC が適正な範囲にあり充放電を必要としない場合に、電池電流を 0 に制御するべき状態であることを検出して回路切換をするスイッチである。図 4 に例示するように、パンタグラフが架線に接触していて、回生中でも充電中でもなく、パンタ電流抑制中でもないときにオンとなって、電池電流 0 制御器 3 3 を接続する。

40

ただし、回生時には、充放電不要スイッチ 4 4 が作動しても、別途、パンタ電流抑制制御が働いて電池が充電される。回生電力が吸収あるいは消費されないと回生失効が起こり、車両の運行状態悪影響が出ると共に省エネに反することになるので、余剰の回生電力を電池に蓄えている。

【 0 0 4 7 】

定電圧充電スイッチ 4 3 は、充電が進み電池電圧が高くなったときに電流値一定で充電

50

するのを止めて一定電圧で充電するようにするもので、電池充電が最終段階になったことを検出して定電流定電圧充電制御器 3 1 の設定値を電流指令値から電池電圧指令値に切り替えるスイッチである。図 4 に例示するように、充電状態において SOC が所定値より高く電池電圧が所定値より高いときにオンとなって、定電流定電圧充電制御器 3 1 の設定値入力を電池電圧制御器 3 5 の出力に切り替える。

このスイッチにより、充電初期においては電流制御して充電に必要な時間の短縮を図り、充電末期においては一定電圧で充電することにより過電圧を防止して電池を保護する。

【 0 0 4 8 】

本実施例の電池駆動車両パワーフロー制御系は、架線 1 1 からの給電を受けた電化区間における架線走行と、二次電池 1 5 のみを電源とする非電化区間における電池走行を、パンタグラフ 1 2 の上げ下げにより即座に切り替える車両システムにおいて動作する。

10

【 0 0 4 9 】

電化区間における架線走行では、走行中と停車中のいずれにおいても、電池の SOC が設定値近傍に留まるよう二次電池の充電放電を行う。SOC の測定値もしくは算定値は外部装置から提供される。SOC が SOC 設定値近傍に留まるよう SOC 制御器 3 4 で算定した調整値を使って電池電流指令値を調整し、調整後の指令値を設定値とした定電流定電圧充電制御器 3 1 により電池の充電放電を行う。架線走行はパンタグラフが上がっていることを検知して判定することができる。

【 0 0 5 0 】

電池の充電レートは、さらに、電池温度が上昇すると充電電流が制約されることから、電池温度に基づいて電池電流指令値の補正をする制約電流を算定する電池温度補正器 3 7 の出力を用いて補正することが好ましい。また、電化区間走行距離が残り少なくなると十分な充電を行うことが困難になることから、残距離補正器 3 6 により、車両の現在位置を測定して残りの距離を算出し、残り距離が短くなると充電レートを増大する補正を行うことが好ましい。

20

【 0 0 5 1 】

電池走行と架線走行とに関わらず、回生電力は補機等の車内負荷に使用するものは除いて、二次電池 1 5 に充電することが好ましい。

そこで、電池走行では直流リンク電圧制御器 2 2 により、たとえば設定値 6 0 0 V とし直流リンク電圧制御を行って、直流リンク電圧の変動を抑えることにより、回生電力による電力増加分を二次電池 1 5 に充電する。

30

【 0 0 5 2 】

また、架線走行では、パンタ電流抑制制御器 3 2 を使ってパンタ電流を 0 付近に抑制することにより、回生電力のみを充電する。なお、このときあえて 0 ではなく少量の電流が流れるようにすると、直流リンク電圧が架線電圧と同程度からやや低い電圧となって架線電圧に対して高止まりすることを防ぐことができる。

【 0 0 5 3 】

なお、直流リンク電圧制御器 2 2 の設定端子に上下限リミッタ 5 1 を設置し、架線電圧が下がりすぎたときには、下限リミッタの作用により充電を止めて放電するようにすることができる。

40

上下限リミッタ 5 1 の上限値は、スイッチング素子の耐圧により決まる。本実施例では、公称電圧 6 0 0 V の時に使用する素子に対して、7 5 0 V に設定したが、7 0 0 V や 8 0 0 V としてもよい。また、公称電圧が変われば上限値も変化する。

また、上限値としては、インバータを含めたモータからなる駆動系の動作可能な下限電圧を設定する。本実施例では公称電圧 6 0 0 V に対して 5 0 0 V としたが、4 5 0 V あるいは 5 5 0 V であってもよい。また、公称電圧が変われば下限値も変化する。

【 0 0 5 4 】

また、SOC がたとえば 7 5 % など所定の設定値に達したら、充電要求スイッチ 4 1 が働いて定電流定電圧充電制御器 3 1 を切り離し、回生充電以外の充放電をしない動作に移行する。SOC を過剰に上昇させないことにより電池の寿命を確保することができる。

50

【 0 0 5 5 】

さらに、SOCがたとえば80%など所定の上限値に達したら、パンタ電流抑制制御器32により架線電圧が0近傍になるように制御することにより大きな負荷に電池電流を流して、SOCを設定値まで低下させる。パンタ電流抑制制御は、SOCが高く電池を放電する必要がある場合に実施すると、パンタグラフを経て流れ込む電流を0A付近に押さえ込み車内の負荷を全て二次電池15に負担させてSOCを素早く減少させる効果がある。

【 0 0 5 6 】

なお、二次電池のSOCは、電池の寿命や容量に大きな影響を与えるので、設定値や上限値などは重要な要素になる。設定値を80%とするときは、寿命が短縮するおそれがあるが、電池容量はより小さくて済み、装置コストが低減する。また、設定値を70%とすれば、電池容量が大きくなりコストは上昇するが、寿命は長期化し、運行時における容量余裕が大きくなる。

なお、二次電池としては、アルカリイオン電池やニッケル水素電池など特に充放電特性に優れたものを使用することが好ましいが、鉛蓄電池なども利用できることはいうまでもない。

【 0 0 5 7 】

また、パンタグラフを下げた電池走行では、充電要求スイッチ41、放電要求スイッチ42、充放電不要スイッチ44、定電圧充電スイッチ43がオフになって、直流リンク電圧制御器22の目標値が一定になり直流リンク電圧の変動を抑えるように二次電池の充放電制御をする。

【 0 0 5 8 】

なお、直流リンク電圧制御器22の制御特性はP-D制御とし、積分動作を含まない構成となっている。直流リンク電圧の制御においては、架線電源と電池との負荷分担が問題となる。インバータを有する変電所が定電圧制御を行い、電池の充放電制御装置もまた積分ゲインを持った定電圧制御を行うとすると、負荷分担が一定に定まらない。これを回避するために、充放電制御装置の直流リンク電圧制御に積分ゲインを持たせないことにより、変電所が定電圧制御能力を有する場合においても、架線と電池の負荷分担が安定して定まるようになる。

【 0 0 5 9 】

また、直流リンク電圧制御器22とカスケード接続した電池電流制御器21の制御特性は微分先行型のいわゆるPI-D制御となっている。

電池の電流制御は、電池の状態や環境条件によって電池特性が変化するため、電流振動が発生するなど制御性が悪化する場合がある。PI-D制御を適用することで、指令値変化による外乱を与えることなく、微分補償をかけ、電池の内部抵抗低下などの特性変動による振動発生を抑える効果が得られる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

- 1 1 架線
- 1 2 パンタグラフ
- 1 3 インバータ
- 1 4 モータ
- 1 5 二次電池
- 1 6 パルス幅変調方式可逆チョッパ回路
- 1 7 制御回路
- 2 1 電池電流制御器
- 2 2 直流リンク電圧制御器
- 2 3 ダンピング制御器
- 3 1 定電流定電圧充電制御器
- 3 2 パンタ電流抑制制御器
- 3 3 電池電流0制御器

10

20

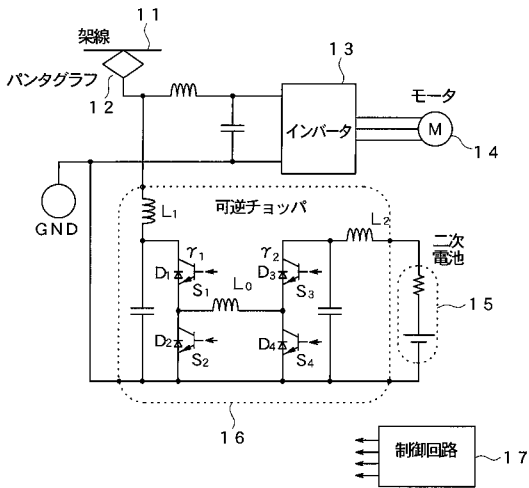
30

40

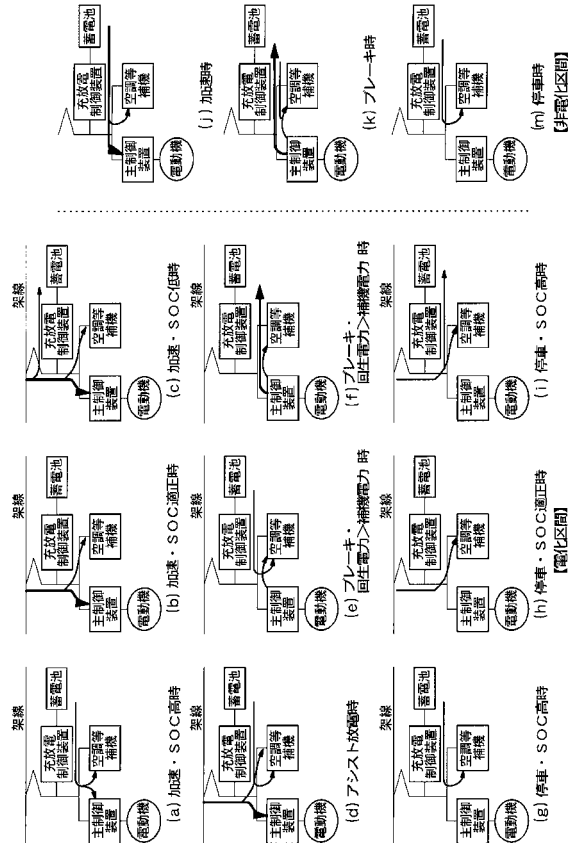
50

- 3 4 S O C 制御器
- 3 5 電池電圧制御器
- 3 6 残距離補正器
- 3 7 電池温度補正器
- 4 1 充電要求スイッチ
- 4 2 放電要求スイッチ
- 4 3 定電圧充電スイッチ
- 4 4 充放電不要スイッチ
- 5 1 上下限リミッタ

【 図 1 】



【 図 2 】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
<i>H 0 2 J 7/10 (2006.01)</i>	H 0 2 J	7/34		D
<i>H 0 1 M 10/44 (2006.01)</i>	H 0 2 J	7/10		B
<i>H 0 1 M 10/48 (2006.01)</i>	H 0 2 J	7/10		H
	H 0 1 M	10/44		P
	H 0 1 M	10/48		P
	H 0 1 M	10/48	3 0 1	

Fターム(参考) 5G503 AA01 BA01 BB01 CA03 CA08 CA20 DA04 DA08 DA17 DA18
 5H030 AS08 BB01 BB04 BB21 FF22 FF41 FF42 FF43 FF44
 5H125 AA06 AC02 AC12 BB00 BC02 BC04 BC11 EE22 EE23 EE27
 EE55