(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2017-189062
(P2017-189062A)
(43)公開日　平成29年10月12日(2017.10.12)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B60L 13/00	(2006.01)	B60L	13/00	D	5G503
B60L 11/18	(2006.01)	B60L	11/18	A	5H030
H02J 7/04	(2006.01)	H02J	7/04	L	5H125
H02J 7/00	(2006.01)	H02J	7/04	H	
H01M 10/48	(2006.01)	H02J	7/00	P	

審査請求 未請求　請求項の数 6　OL　（全 15 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-77719(P2016-77719)
(22)出願日　平成28年4月8日(2016.4.8)

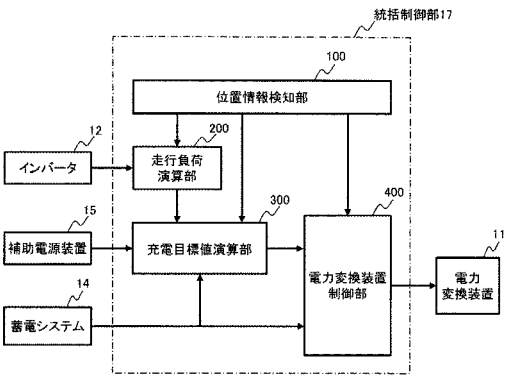
(71)出願人　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100098660
弁理士　戸田　裕二
(72)発明者　今井　伸治
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内
(72)発明者　河野　恭彦
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内
(72)発明者　金子　貴志
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】鉄道車両

(57)【要約】
【課題】蓄電池の劣化を抑制し、長寿命化制御可能な蓄電池搭載鉄道車両を提供する。
【解決手段】
架線電力を変換して鉄道車両に直流電力を供給する電力変換装置と、車両走行用のモータと、直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するインバータと、直流電力を電源として車上電気機器に電力を供給する補助電源装置と、直流電力を充電又はインバータに電力を供給する蓄電システムと、電力変換装置を制御する制御部と、を備え、非電化区間において鉄道車両で使用する電力を蓄電システムから供給する鉄道車両であって、制御部は、鉄道車両が前記非電化区間を走行する際に必要と予想される車両負荷量と、蓄電システムの電池温度の少なくとも何れかの情報に基づいて、非電化区間に進入する時点の蓄電システムの目標充電率を算出し、算出した目標充電率に応じて電力変換装置を制御することを特徴とする。
【選択図】図４

図4



【特許請求の範囲】
【請求項１】
架線電力を変換して鉄道車両に直流電力を供給する電力変換装置と、車両走行用のモータと、前記直流電力を交流電力に変換して前記モータを駆動するインバータと、前記直流電力を電源として車上電気機器に電力を供給する補助電源装置と、前記直流電力を充電又は前記インバータに電力を供給する蓄電システムと、前記電力変換装置を制御する制御部と、を備え、
非電化区間において鉄道車両で使用する電力を前記蓄電システムから供給する鉄道車両であって、
前記制御部は、鉄道車両が前記非電化区間を走行する際に必要と予想される車両負荷量と、前記蓄電システムの電池温度の少なくとも何れかの情報に基づいて、前記非電化区間に進入する時点の前記蓄電システムの目標充電率を算出し、算出した前記目標充電率に応じて前記電力変換装置を制御することを特徴とする鉄道車両。
【請求項２】
前記車両負荷量は、前記インバータの負荷量と、前記補助電源装置の負荷量の少なくとも何れかを含むことを特徴とする請求項１に記載の鉄道車両。
【請求項３】
前記制御部は、前記電池温度が第１の温度のとき、第１の目標充電率を算出し、前記電池温度が前記第１の温度よりも低い第２の温度のときに、前記第１の目標充電率よりも高い第２の目標充電率を算出することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の鉄道車両。
【請求項４】
前記制御部は、鉄道車両が前記非電化区間を走行する際に予想される前記インバータの負荷量と、前記補助電源装置の負荷量と、から算出される総合予想負荷量に基づき前記目標充電率を算出し、前記総合予想負荷量が大きいほど高い値の前記目標充電率を算出することを特徴とする請求項１乃至請求項３の何れか一項に記載の鉄道車両。
【請求項５】
前記制御部は、前記目標充電率と、前記蓄電システムの満充電容量情報とに基づいて、電化区間における前記蓄電システムの充電電流を算出し、前記充電電流と、蓄電池電流とに基づいて前記電力変換装置の直流電圧制御値を制御することを特徴とする請求項１乃至請求項４の何れか一項に記載の鉄道車両。
【請求項６】
前記制御部は、電化区間における前記充電電流よりも前記蓄電池電流の方が大きい場合に、前記直流電圧制御値を低下制御し、前記充電電流よりも前記蓄電池電流の方が小さい場合に、前記直流電圧制御値を上昇制御することを特徴とする請求項５に記載の鉄道車両。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、鉄道車両に関する。
【背景技術】
【０００２】
世界各国で環境規制が強まるなか、昨今のハイブリッド自動車や電気自動車等の普及拡大に伴い、これらの駆動用電源としてリチウムイオン二次電池やニッケル水素電池などの高容量蓄電池の開発が進んでおり、自動車だけでなく鉄道車両など、多くの車両に蓄電池が搭載されている。
【０００３】
特に近年では、架線の無い非電化区間を走行する鉄道車両の環境負荷低減の方策として、ハイブリッド気動車や蓄電池電車に代表される蓄電池を搭載した新型鉄道車両の開発や、実用化に向けた動きが活発化している。

【０００４】
蓄電池を駆動用電源として搭載し、電化区間と非電化区間の両方を走行可能な鉄道車両を提供する手段としては、例えば下記の特許文献１に記載の技術がある。
【０００５】
特許文献１には、列車の力行及び回生制動のためのモータを有するものであって、所定の電圧範囲の直流電圧が印加される母線と、前記母線から前記モータに電力を供給して該モータの回転を制御し、該モータが発生する回生電力を母線に戻す動力装置と、前記母線から電力が供給される補助機器と、前記母線との間で充放電される蓄電池と、前記母線に電力を供給するための電源ユニットと、前記蓄電池の充放電、前記電源ユニットの電力供給、及び前記補助機器への電力供給を制御する制御部とを備え、前記電源ユニットとして、ＤＣ－ＤＣ電源ユニット、ＡＣ－ＤＣ電源ユニット及び発電ユニットの少なくとも１つを有し、前記ＤＣ－ＤＣ電源ユニットは、直流電車線と前記母線との間の電圧変換をするユニットであり、前記ＡＣ－ＤＣ電源ユニットは、交流電車線と前記母線との間の電圧変換及び交直変換をするユニットであり、前記発電ユニットは、エンジン発電機又は燃料電池を有し、発電によって直流電圧を発生するユニットであることを特徴とする鉄道車両の技術が開示されている。
【０００６】
この特許文献１によれば、線路が交流電化区間、直流電化区間にかかわらず母線によって動力装置及び補助機器に用いられる電圧が統一されるので、装置や部品の種類を低減でき、保守が容易になるとしている。さらに、電化区間、非電化区間にかかわらずモータで走行するので、保守が一層容易になるとしている。また、蓄電池の放電によって母線に電力を供給できるので、電化区間と非電化区間とを直通運転することができるとしている。このため、非電化区間を拡大して地上設備のコストを低減することができ、また、電化区間において、蓄電池の充放電を利用することにより、鉄道車両が集電及び回生する電流を抑えることが可能となるので、地上設備のコストを低減することができるとしている。また、制御部によって鉄道車両における電力の流れについて所望の制御を行うことが可能となるので、集電及び回生する電流を抑える等が容易になるとしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【特許文献１】特開２０１４－７５８６４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
しかし特許文献１に記載の技術には、蓄電池の劣化抑制や蓄電池の延命に関わる充電制御、運用方法に関しては言及されていない。
【０００９】
蓄電池は、充放電を繰り返すことにより、充電状態（ＳＯＣ：State of Charge）や劣化状態（ＳＯＨ：State of Health）が変化する。蓄電池の劣化が進行すると、充放電容量の低下や電池の内部抵抗の増加が生じる。そのため、電池の劣化に伴い、電池システムの出力が次第に低下し、使用不可となる。
【００１０】
鉄道車両に使用される蓄電池は、携帯電話、ノートＰＣ、タブレット端末等の小型民生機器に使用される電池と比べて高電圧かつ大容量が要求され、大量の電池が必要であるため、車両システム全体に占める電池コストの割合が高い。そのため、システムコスト、ランニングコストを抑えるためには、搭載する蓄電池の劣化を極力抑えながら運用し、所望の期間電池を交換せずに使用できることが望ましい。
【００１１】
本発明は、以上の点を考慮してなされたもので、鉄道車両向け蓄電池を長寿命化させるシステム構成、及び制御方式を提供する。

【課題を解決するための手段】
【００１２】
かかる課題を解決するために本発明においては、架線電力を変換して鉄道車両に直流電力を供給する電力変換装置と、車両走行用のモータと、直流電力を交流電力に変換してモータを駆動するインバータと、直流電力を電源として車上電気機器に電力を供給する補助電源装置と、直流電力を充電又はインバータに電力を供給する蓄電システムと、電力変換装置を制御する制御部と、を備え、非電化区間において鉄道車両で使用する電力を蓄電システムから供給する鉄道車両であって、制御部は、鉄道車両が前記非電化区間を走行する際に必要と予想される車両負荷量と、蓄電システムの電池温度の少なくとも何れかの情報に基づいて、非電化区間に進入する時点の蓄電システムの目標充電率を算出し、算出した目標充電率に応じて電力変換装置を制御することを特徴とする鉄道車両が提供される。
【発明の効果】
【００１３】
本発明によれば、鉄道車両向け蓄電池の劣化を抑制し、長寿命化することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１４】
【図１】蓄電池電車システムの全体構成図である。
【図２】蓄電池電車の内部構成図である。
【図３】蓄電システムの内部構成図である。
【図４】統括制御部の内部構成図である。
【図５】走行負荷演算部と充電目標値演算部の内部構成図である。
【図６】インバータ負荷積算部が演算する時間帯別の負荷積算値の模式図である。
【図７】走行負荷量予測値記憶部が記憶するデータテーブル例である。
【図８】総合負荷レベル決定部が選定する負荷レベルを示したデータテーブル例である。
【図９】充電目標SOC演算部の充電目標SOC算出の概念を示した模式図である。
【図１０】充電目標SOC演算部の余裕分容量の定め方を示した模式図である。
【図１１】電池に流れる電流と電池電圧の時間変化を示した模式図である。
【図１２】電力変換装置制御部の内部構成図である。
【図１３】直流電圧制御部の処理フローである。
【図１４】リチウムイオン電池の状態と劣化傾向を示した模式図である。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。実施例を説明する前に、リチウムイオン電池の劣化傾向と劣化抑制手段の例について説明する。
【００１６】
図１４は、リチウムイオン電池の状態（温度及びと充電率：ＳＯＣ）とその劣化傾向の大きさを示した模式図である。一般に、リチウムイオン電池は充電率（ＳＯＣ）が高い状態がキープされると劣化しやすい特性がある。またさらに、電池温度が高いほど劣化しやすい特性がある。
【００１７】
したがって、電池の劣化を抑制するには、必要以上に電池の充電率が高い状態を維持させないこと、そして電池温度が上がらないように使用することが望ましい。なお、電池が高温になる一因は、電池が充放電される際の電池の内部抵抗成分による発熱である。すなわち、充放電時の電流値が大きければ大きいほど電池は発熱する。そのため、電池を発熱させないように充放電電流を極力小さく制御することが電池の劣化抑制に効果的である。
【００１８】
以下、本発明の一実施の形態を詳述する。
【００１９】
図１は、本実施の形態における蓄電池電車システム１の全体構成を示す。蓄電池電車システム１は、蓄電池電車１０、架線２０、線路３０を備えて構成される。蓄電池電車１０

は、架線２０のある電化区間では、架線２０から供給される電力を使って線路３０を走行する。一方、地点３１から地点３３のように架線のない非電化区間３２においては、蓄電池電車１０に搭載する蓄電池のエネルギーで走行する。この蓄電池については後述する。

【００２０】

図２は、蓄電池電車１０の内部構成を示す。蓄電池電車１０は、電力変換装置１１、インバータ１２、モータ１３、蓄電システム１４、補助電源装置１５、電装品１６及びこれらの動作を統括的に制御する統括制御部１７を備える。

【００２１】

電力変換装置１１は、電化区間（架線区間）ではパンタグラフ２１を介して架線２０と電気的に接続される。電力変換装置１１は、架線２０から供給される電力を入力し、これを統括制御部１７からの直流電圧指令値に対応した直流電力に変換してインバータ１２及び蓄電システム１４側へと出力する。

【００２２】

インバータ１２は、電力変換装置１１及び蓄電システム１４から出力される直流電力を入力し、これを三相交流電力に変換してモータ１３側へ出力する。またインバータ１２は、モータ１３の出力トルクが統括制御部１７によって指令されるトルクとなるように可変電圧及び可変周波数を制御する。

【００２３】

モータ１３は、例えば誘導電動機で構成され、インバータ１２から出力される三相交流電力を入力し、これを軸トルクに変換し、この軸トルクを車輪の車軸（図示せず）に与えて蓄電池電車１０を走行させる。

【００２４】

蓄電システム１４は、電力変換装置１１とインバータ１２との間の直流部に電気的に接続される。蓄電システム１４は、蓄電池電車１０に必要な電圧を得るために、複数の電池セルを多直列に組み合わせた組電池から構成される。さらに、蓄電池電車１０が非電化区間を走行する際に必要な蓄電容量を得るために、電池セルを多直列に組み合わせた複数の組電池を更に多並列に接続して構成される場合がある。

【００２５】

なお電池セルには、例えばリチウムイオン二次電池が用いられる。１つの電池セルの電圧が約３．６Ｖである場合、２００個の電池セルを直列に接続すると、１つの組電池により約７２０Ｖの直流電圧を得ることができる。この組電池を更に複数並列接続すると、蓄電システム１４全体の電池容量を増加させることができる。蓄電システム１４内部の構成の詳細は後述する。

【００２６】

電装品１６は、蓄電池電車１０の車内の冷暖房装置や照明機器等、車両の走行以外で必要となる電気機器である。

【００２７】

補助電源装置１５は、電力変換装置１１、インバータ１２さらには蓄電システム１４をつなぐ直流部の電力ラインから供給される直流電力を入力とし、三相交流電力又は降圧した直流電力へと変換して電装品１６に対して電力供給する。

【００２８】

統括制御部１７は、車両の運転士から運転台を介して入力される運転指令と、蓄電システム１４から送信される電池状態情報（センサ等により計測される電池電圧、充放電電流、電池の充電状態、劣化状態又は充放電可能電力等）とに基づいて、蓄電システム１４の充放電動作を決定する。統括制御部１７は、蓄電システム１４が所望の充放電をするように、電力変換装置１１やインバータ１２に対してそれぞれ動作指令を出力する。

【００２９】

上記の構成における蓄電池電車システム１の動作を電化区間（架線区間）と非電化区間（非架線区間）とに分けて以下に説明する。

【００３０】

架線が敷設されている電化区間では、蓄電池電車１０の走行用電力は、パンタグラフ２１を介して架線２０から供給される電力が電力変換装置１１により降圧されてインバータ１２に与えられる。蓄電システム１４の蓄電池の充電が必要な場合、架線２０から供給される電力の一部が蓄電システム１４の電池セルを充電するために利用される。

【００３１】

また蓄電池電車１０のブレーキ時にモータ１３で発生する回生電力は、蓄電システム１４の蓄電池を充電するために利用されるが、蓄電池が充電不要の場合には架線２０への回生に利用される。

【００３２】

一方、非電化区間３２では、統括制御部１７は電力変換装置１１の動作を停止させる。このとき蓄電システム１４の直流電力がインバータ１２の走行用電力および補助電源装置１５の動作電源として与えられる。またブレーキ時の回生電力は蓄電システム１４の電池セルを充電するために利用されるが、蓄電システム１４の蓄電池電圧が所定の許容値よりも高い場合には、回生エネルギーは図示しないブレーキ抵抗回路などで消費されて熱として排出される。

【００３３】

図３は蓄電システム１４の内部構成を示す。蓄電システム１４は、その内部に複数の電池セル４１を直列に接続した組電池４２と、各組電池４２にそれぞれ並列に接続された電池制御部５０とにより電池モジュール４３を構成している。また各電池モジュール４３を並列に接続して電池ブロック４５を構成している。

【００３４】

電池ブロック４５の電力ラインは、電力入出力端子４６に接続される。また電池ブロック４５内の各組電池４２には、スイッチ４０および電流検知部４４がそれぞれ直列に接続される。このスイッチ４０を個別にＯＮ／ＯＦＦ制御することにより、各組電池４２を電池ブロック４５から切り離し又は接続することができる。

【００３５】

なお図３では、各組電池４２は電池セル４１を６直列構成で図示しているが、電池セルの直列数は必ずしもこれに限らず、システムに必要な電圧に応じて直列数を変えてもよい。また図３では、組電池４２を３並列接続した電池ブロック４５を図示しているが、必要とされる蓄電容量に応じて並列数を増減させてもよい。

【００３６】

電池ブロック４５としては、充放電可能な二次電池である単電池（電池セル４１）を複数直列及び並列に接続したものが利用できる。二次電池としては、リチウムイオン電池やニッケル水素電池等が好適に利用できる。

【００３７】

各電池モジュール４３の電池制御部５０は、その内部に検出部５１、電池状態検知演算部５２、通信部５３を備える。検出部５１は、組電池４２の総電圧、各電池セル電圧、電池温度、電流検知部４４により検出される充放電電流等の電池情報を取得する機能を有す。

【００３８】

電池状態検知演算部５２は、検出部５１より得られる電池セルの各情報（電流、電圧、温度）に基づいて電池セルまたは組電池４２の充電状態（SOC：State Of Charge）、劣化状態（ＳＯＨ：State Of Health）等の電池状態情報を算出する。この劣化状態には、電池の満充電容量（Q_{max}）や電池の内部抵抗等の情報が含まれる。

【００３９】

通信部５３は、検出部５１から送信される組電池の電圧、温度、電流、そして電池状態検知演算部５２により算出される電池の充電状態（SOC）、劣化状態（満充電容量Q_{max}等）等の情報を統括制御部１７に送信する。

【００４０】

図４は、本発明を適用した統括制御部１７の内部構成を示す。統括制御部１７は、その

内部に位置情報検知部１００、走行負荷演算部２００、充電目標値演算部３００及び電力変換装置演算部４００を備える。

【００４１】

位置情報検知部１００は、蓄電池電車１０の走行路線区間における位置を検知し、後述する他の処理部へと車両の位置情報を送信する。位置情報検知部１００は、例えば速度発電機（図示せず）により車輪の回転に基づいて走行距離を積算し、走行路線区間での自列車の位置を検知する。鉄道車両は、走行する路線や運行パターンが予め決まっているため、この走行位置情報により他の処理部は、例えば蓄電池電車１０が電化区間を走行中、次の非電化区間に入るまでの距離や時間を把握することができる。

【００４２】

走行負荷演算部２００は、インバータ１２の負荷情報と位置情報検知部１００からの列車の位置情報を基に、特定の非電化区間３２を走行する際の電力負荷量を算出する。さらに、走行負荷演算部２００は、特定の非電化区間３２を走行する際の予想走行負荷レベルを曜日や時間帯別に算出し、この情報を充電目標値演算部３００へ送信する機能を有す。走行負荷演算部２００の詳細な機能については後述する。

【００４３】

充電目標値演算部３００は、蓄電池電車１０が電化区間を走行中に、車両に搭載する蓄電池を充電する充電目標値を演算し、電力変換装置演算部４００へ送信する。この充電目標値演算部３００の詳細については後述する。

【００４４】

電力変換装置演算部４００は、統括制御部１７の他の処理部や蓄電システム１４から受信した各情報に基づいて、電力変換装置１１の直流電圧制御値を決定し、この情報を電力変換装置１１へ送信する。

【００４５】

図５は、図４にて概要を説明した走行負荷演算部２００及び、充電目標値演算部３００の内部構成を示す。走行負荷演算部２００は、インバータ負荷積算部２１０と走行負荷予測レベル記憶部２２０から構成される。

【００４６】

インバータ負荷積算部２１０は、位置情報検知部１００からの車両の位置情報およびインバータ１２からのインバータ負荷情報に基づき、特定の非電化区間（電化区間の終端から次の電化区間の開始位置まで）を走行する間にインバータ１２により消費されるエネルギー負荷を積算し、この情報を走行負荷予測レベル記憶部２２０へ送信する。

【００４７】

図６は、インバータ負荷積算部２１０が算出するインバータ負荷積算値を３時間毎に区切った時間帯毎に比較した模式図である。図６横軸の数字は時間帯であり、例えば「６」は６時から９時の３時間を表している。同図の縦軸は特定の非電化区間を走行する際のインバータ負荷積算値の大きさを相対的に示している。本図の例では３時間毎に区切っているが、時間帯の区切り方はこれに限定されず、適宜変更しても良い。

【００４８】

図６に示したように、同一車両が同一の非電化区間を走行したとしても、インバータ負荷の積算値は時間帯により異なることが予想される。例えば朝の通勤通学時間帯（６時から９時）は乗車率が一日の中で相対的に高くなる傾向があるため、走行にかかるインバータ負荷が大きくなる。

【００４９】

走行負荷予測レベル記憶部２２０は、前述のインバータ負荷積算部２１０から送信されるインバータ負荷積算値を、例えば曜日毎、時間帯毎に統計処理することにより走行負荷予測レベルを選定して記憶する。

【００５０】

図７は、走行負荷予測レベル記憶部２２０に記録される走行負荷予測レベルを時間帯及び曜日別に表示したテーブルの例である。図７の例ではレベルR1、R2、R3の順に走行負荷

レベルが大きくなるものとする。図７の例では走行負荷レベルを３段階に分けているが、他に２段階や５段階など分割数を適宜変更しても良い。

【００５１】

また、テーブルデータは固定値ではなく、随時最新の運行状況に応じて走行負荷レベルを更新しても良い。このように、特定の非電化区間を走行する際の走行負荷レベルのデータを記憶しておくことで、曜日や時間帯により走行負荷レベルが予測できるようになる。そして、走行負荷予測レベル記憶部２２０は、この情報を充電目標値演算部３００へ送信する。

【００５２】

図５において、充電目標値演算部３００は総合負荷レベル決定部３１０及び、充電目標SOC演算部３２０から構成される。総合負荷レベル決定部３１０は、前述の走行負荷予測レベル記憶部２２０から送信される曜日や時間帯に応じた走行負荷予測レベルの情報と、補助電源装置１５の電装品負荷量情報とから、車両が次の非電化区間を走行する際の総合的な負荷レベルを決定する。

【００５３】

図８は、総合負荷レベル決定部３１０が選定する負荷レベルを示したデータテーブル例である。総合負荷レベル決定部３１０は、走行負荷予測レベル記憶部２２０から送信される予測負荷レベル情報（R1、R2、またはR3）と、補助電源装置１５の負荷レベル（Low、Middle、及びHigh）の組合せから、図８のように総合負荷レベルをL1～L5の５段階の中から決定し、充電目標SOC演算部３２０へ送信する。図８の例では総合負荷レベルL1が最も負荷が小さく、L2、L3、L4、L5の順に負荷が大きくなるものとしている。

【００５４】

車両の電装品に電力供給する補助電源の負荷レベルは、主として運行当日の冷暖房装置の負荷の大きさに依存する。この冷暖房装置の負荷は、季節や車両の運行時間帯によって変動することが想定される。総合負荷レベル決定部３１０では、電化区間走行中の補助電源装置１５の負荷レベルを基に、次の非電化区間走行中の同負荷レベルを推定する。

【００５５】

図８に示した例では総合負荷レベルを５段階に分割したが、この分割の仕方は５段階に限定されず、補助電源装置の負荷レベルをより細かく設定した場合等はそれに応じて総合負荷レベルを例えば６段階以上に分割しても良い。

【００５６】

充電目標SOC演算部３２０は、前述した位置情報検知部１００からの車両の位置情報と、総合負荷レベル決定部３１０より送信される総合負荷レベル情報と、蓄電システム１４から送信される蓄電システムの各種状態情報に基づいて、蓄電システム１４の充電目標SOCを演算し、電力変換装置制御部４００へ送信する。この充電目標SOCとは、蓄電池電車が電化区間にいる間に、非電化区間に入る前に充電しておくべき蓄電システムの充電率（SOC）のことである。

【００５７】

図９は、充電目標SOC演算部３２０が充電目標SOCを算出する際の概念を示した模式図である。充電目標SOC演算部３２０は、蓄電システム１４より満充電容量３２１（Q_{max}）を受信する。そして、位置情報検知部１００より受信した車両の位置情報に基づいて最小限容量３２２（Q_0）を算出する。この最小限容量３２２（Q_0）は、車両が特定の非電化区間に入ってから次の電化区間に入るまでの間に車両の運行に必要な最低限確保すべき電池容量である。

【００５８】

鉄道車両は、走行区間、走行距離、運行ダイヤ等が予め決まっているため、最小限容量３２２（Q_0）は非電化区間毎に予め定めておくことができる。例えば、次回走る非電化区間の距離が長かったり、坂道が多かったりする場合、最小限容量３２２（Q_0）は大きくなる。反対に、非電化区間の距離が短かったり、下り道が多く、力行に必要なエネルギーが少ないと見込まれたりする場合は、最小限容量３２２（Q_0）は小さく設定される。

【００５９】
図９において、余裕分容量３２３（Q_m）は、最小限容量３２２（Q_0）に加えて蓄電池に充電させる分の容量である。余裕分容量３２３（Q_m）は、運行ダイヤ遅延や、何らかのトラブルにより非電化区間内で列車がしばらく立ち往生した場合であっても、非電化区間を抜けて次の電化区間まで走行できるように設けられる余裕分の容量である。
【００６０】
充電目標SOC演算部３２０は、上記の満充電容量Q_{max}、最小限容量Q_0、余裕分容量Q_m、を基に充電目標SOC（SOC_t）を算出する。このときの計算式を下記式（１）に示す。
【００６１】
（数１）

$$SOC_t = (Q_0 + Q_m) / Q_{max} \quad \cdots (1)$$

本実施の形態においては、この余裕分容量（Q_m）を路線毎に固定値とするのではなく、同一非電化区間であっても列車の運行状況に応じてその都度増減させる。これにより、必要以上に蓄電池を充電する必要がなくなる。
【００６２】
図１０は、充電目標SOC演算部３２０が式（１）に基づいて充電目標SOC（SOC_t）を算出する際に用いる余裕分容量Q_mの決め方の例を示す模式図である。同図グラフ横軸は、前述の総合負荷レベル決定部３１０により推定された特定の非電化区間を走行する際の総合負荷レベル（L1～L5）であり、同グラフ縦軸は余裕分容量Q_mである。非電化区間走行時の総合負荷が大きいと予測される場合は電池の充電量に余裕を持たせるのが妥当であるため、総合負荷レベルが高いほど余裕分容量Q_mを大きく設定する。
【００６３】
また、図１０に示すように、蓄電システム１４から送信される電池温度情報に応じて余裕分容量Q_mを増減させる。具体的には、電池温度が高いときは余裕分容量Q_mを低めに、電池温度が低いときは余裕分容量Q_mを高めに設定する。この理由を以下に説明する。
【００６４】
図１１は電池に流れる電流と電池電圧の時間変化を示した模式図である。電池には内部抵抗成分が内在するため、電池に電流が流れると、内在する内部抵抗と電流値に応じた電圧が変化する。電池の内部抵抗には温度依存性があり、電池温度が高いほど内部抵抗は低く、反対に電池温度が低いほど内部抵抗が高くなることが一般に知られている。したがって、例えば電池温度Aと電池温度BとでA>Bの関係にあるとき、電池を所定期間放電した場合の電圧応答は図１１下方のグラフのように、温度Aよりも温度Bのときの方が電圧の降下が大きくなる。
【００６５】
それゆえ、蓄電池電車に用いる蓄電池においても、電池のSOCが同じであっても電池温度が低い方が力行時（インバータ負荷による放電時）の電圧低下が大きくなり、走行に必要なインバータ入力電圧が確保できなくなる可能性が大きくなる。このため、電池温度が低い時は余裕分容量Q_mを多めに設定し、非電化区間走行前にSOCを高くしておく必要がある。これが図１０にて説明した電池温度に応じて余裕分容量Q_mを増減させる理由である。
【００６６】
図１２は、電力変換装置制御部４００の内部構成を示す。電力変換装置制御部４００は、充電可能時間演算部４１０、充電必要量演算部４２０、充電電流算出部４３０および直流電圧制御部４４０から構成される。
【００６７】
充電可能時間演算部４１０は、位置情報検知部１００から送信される自列車の位置情報を基に、電化区間の終端まで（次の非電化区間に入るまで）に蓄電システム１４に充電可能な時間（t_c）を算出して充電電流算出部４３０へ送信する。この充電可能な時間は、当該列車が次の非電化区間に入るまでに電化区間にいる時間から、力行等でインバータ負荷が大きくなり架線電力を蓄電池に充電できない時間を差し引いて算出する。鉄道車両は力行運転、惰行運転など、予め運行パターンが決まっているため、蓄電池電車が電化区間に

いる間で蓄電池に充電できない時間は予測することができる。

【００６８】

充電必要量演算部４２０は、蓄電システム１４から送信される蓄電池の充電率（SOC_b）と満充電容量Q_{max}と、充電目標値演算部３００から送信される充電目標SOC（SOC_t）を基に、当該列車が次の非電化区間に入る前に充電すべき残りの充電容量Q_cを算出し、充電電流算出部４３０へ送信する。このときの計算式を下記式（２）に示す。

【００６９】

（数２）

$$Q_c = (SOC_t - SOC_b) \times Q_{max} \quad \cdots (2)$$

充電電流算出部４３０は、充電可能時間演算部４１０から送信された充電可能時間t_cと、充電必要量演算部４２０から送信された充電容量Q_cを基に、列車が電化区間にいる間に蓄電システムを充電する際の充電電流（I_c）を算出し、直流電圧制御部４４０へ送信する。このときの計算式を下記式（３）に示す。

【００７０】

（数３）

$$I_c = Q_c / t_c \quad \cdots (3)$$

上記式（３）において、充電電流I_cの単位は[A]、充電容量Q_cの単位は[Ah]、充電可能時間t_cの単位は[時間]であるが、充電可能時間t_cの単位を[秒]で得た場合には、下記式（４）で充電電流I_cを計算する。

【００７１】

（数４）

$$I_c = Q_c / (t_c / 3600) \cdots (4)$$

直流電圧制御部４４０は、蓄電システム１４から送信される蓄電システムの各種状態情報、充電目標値演算部３００から送信される充電目標SOC_t、充電電流算出部から送信される充電電流I_cに基づいて、電力変換装置１１の直流電圧制御値（V_c）を決定してこの値を電力変換装置１１へと送信する。ここで蓄電システム１４からの各種状態情報には、少なくとも蓄電池のその時点のSOC（SOC_b）、蓄電システムの総電圧（V_b）、蓄電システムに流れる電流（I_b）が含まれるものとする。

【００７２】

図１３は直流電圧制御部４４０の処理を示すフローチャートである。直流電圧制御部４４０は、まず初めに蓄電池に流れている電流I_bと、充電電流算出部４３０が算出した充電電流I_cとを比較する（S441）。ここでI_bがI_cよりも大きい場合、直流電圧制御値V_cを低下させる（S442）。V_cが低下することで蓄電池電圧V_bと電力変換装置の直流電圧との電位差が小さくなり、結果として蓄電池の充電電流Ibが小さくなる。

【００７３】

ステップS441において、I_bがI_cよりも小さい場合は、直流電圧制御値V_cを上昇させる（S443）。これにより、蓄電池への充電電流I_bが増加してI_cに近づく。

【００７４】

次に直流電圧制御部４４０は、蓄電システム１４から送信される蓄電池の充電率（SOC_b）と、充電目標値演算部３００から送信される充電目標SOC_tの大小関係を比較する（S444）。SOC_bがSOC_t未満の場合、充電が完了していないためステップS441に戻る。SOC_bがSOC_t以上となったときは、蓄電池のSOCが充電目標値に達したため、これ以上蓄電池を充電する必要はなく、直流電圧制御値V_cを蓄電池の総電圧V_bと等しく設定する（S445）。これにより、電力変換装置の直流電圧と蓄電池電圧の電位差がなくなるため蓄電池への電流の流入が止まり充電終了となる。

【００７５】

以上のように本実施の形態における蓄電システム１４及び統括制御部１７を備えた蓄電池電車１０によれば、非電化区間に進入する前の蓄電池の充電率が必要以上に高くならないよう運用するため、充電目標値を毎回固定する場合と比べて充電後の充電率が平均的に低下し、蓄電池の劣化が抑制できる。特に電池が高温時は、充電率が高いと劣化が促進さ

れるが、本実施の形態の統括制御部１７の充電制御によれば電池温度に応じて蓄電池の劣化を抑制しつつ非電化区間を走行する際の必要電力を確保するように充電率を調整するため、電池の劣化抑制と長寿命化に効果的である。

【００７６】

また、電化区間においては充電可能時間と充電必要量を加味した充電電流制御を行うため、蓄電池への充電電流値を極力低くすることができ、電池発熱の低減と、電池の高温起因の劣化抑制が可能となる。

【００７７】

なお本発明における蓄電システムは、リチウムイオン二次電池に限らず、ニッケル水素電池、鉛蓄電池、電気二重層キャパシタ、リチウムイオンキャパシタ等の充放電可能な蓄電素子で構成される蓄電システムのすべてに適用可能である。

【００７８】

本発明を適用することにより、電池を制御するシステム及び方法において電池セルの劣化抑制及び長寿命化を実現して、電池制御システムの製造、販売、メンテナンスに寄与し、蓄電システムの信頼性を向上させることが可能となる。

【符号の説明】

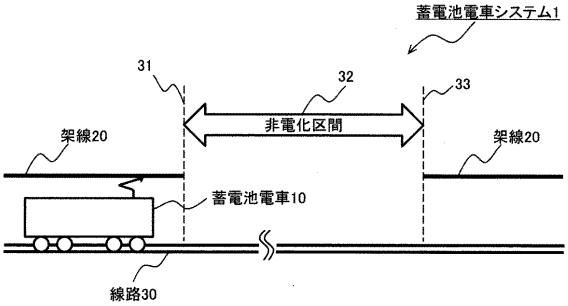
【００７９】

１０　蓄電池電車
１１　電力変換装置
１２　インバータ
１３　モータ
１４　蓄電システム
１５　補助電源装置
１６　電装品
１７　統括制御部
２０　架線
２１　パンタグラフ
３０　線路
４０　リレー
４１　電池セル
４２　組電池
４３　電池モジュール
４４　電流検知部
４５　電池ブロック
４６　電力端子入出力端子
５０　電池制御部
５１　検出部
５２　電池状態検知演算部
５３　通信部
１００　位置情報検知部
２００　走行負荷演算部
２１０　インバータ負荷積算部
２２０　走行負荷予測レベル記憶部
３００　充電目標値演算部
３１０　総合負荷レベル決定部
３２０　充電目標SOC演算部
４００　電力変換装置制御部
４１０　充電可能時間演算部
４２０　充電必要量演算部
４３０　充電電流算出部

４４０　直流電圧制御部

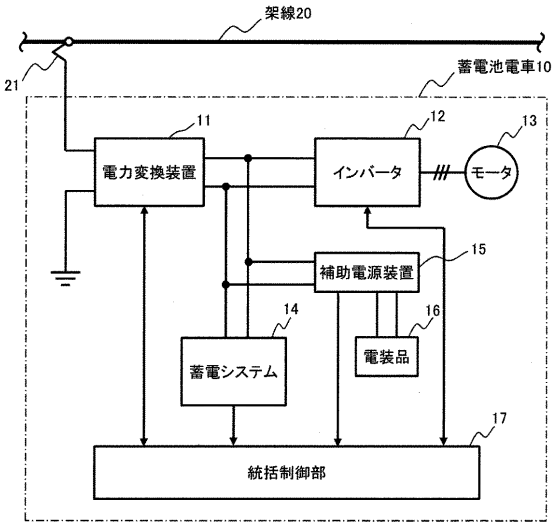
【図１】

図1



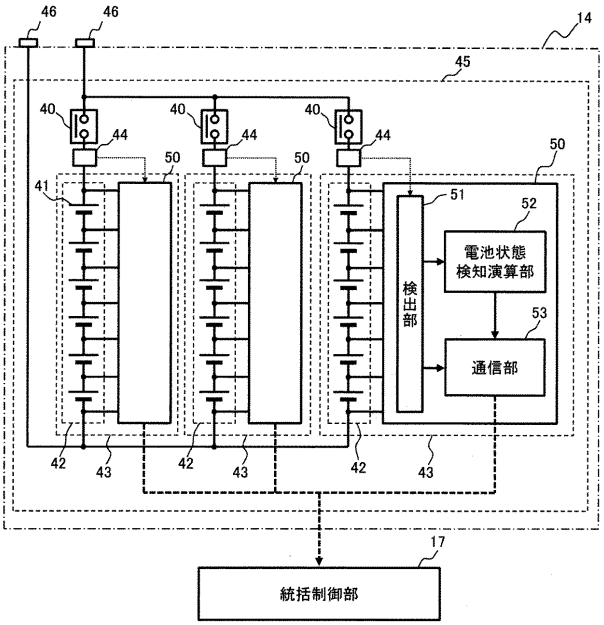
【図２】

図2



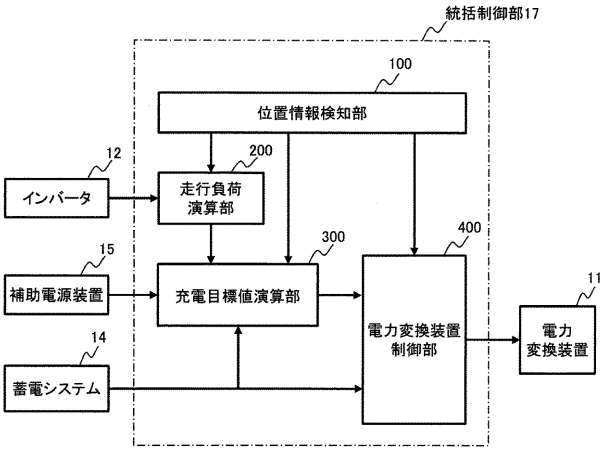
【図３】

図3



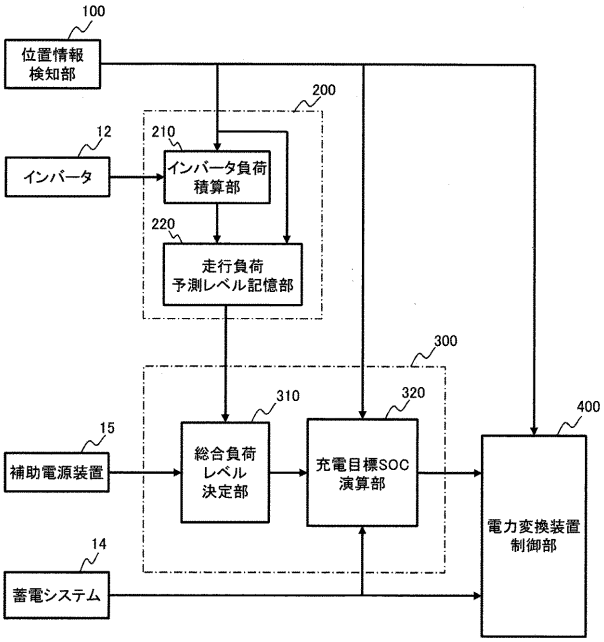
【図４】

図4



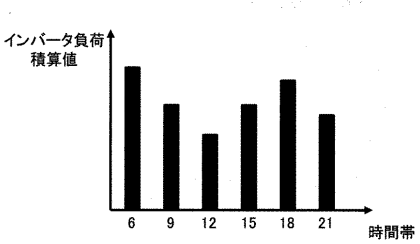
【図５】

図5



【図６】

図6



【図７】

図7

曜日	時間帯					
	6～9	9～12	12～15	15～18	18～21	21～24
月	R3	R2	R1	R2	R3	R2
火	R3	R2	R1	R2	R3	R2
水	R3	R2	R1	R2	R3	R2
木	R3	R2	R1	R2	R3	R2
金	R3	R2	R1	R2	R2	R3
土	R1	R2	R2	R3	R2	R1
日	R1	R2	R2	R2	R3	R2

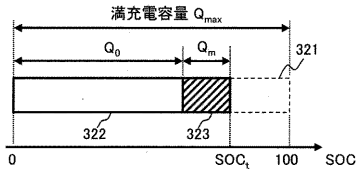
【図８】

図8

		走行負荷予測レベル		
		R1	R2	R3
補助電源負荷	Low	L1	L2	L3
	Middle	L2	L3	L4
	High	L3	L4	L5

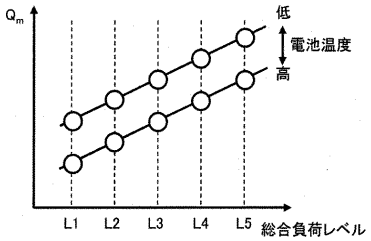
【図９】

図9



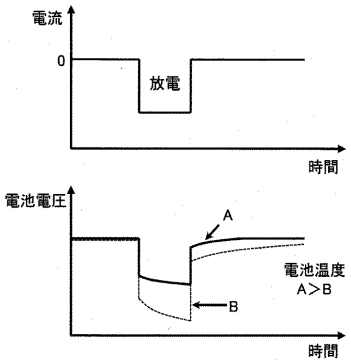
【図１０】

図10



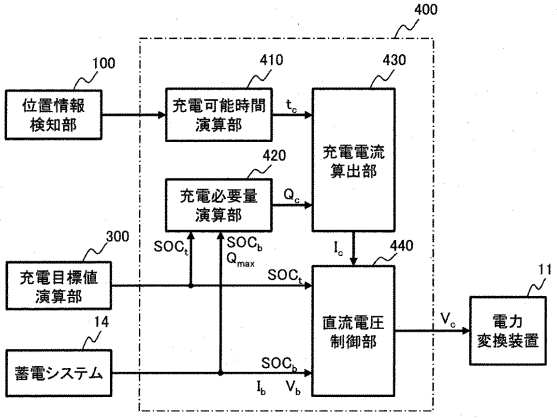
【図１１】

図11



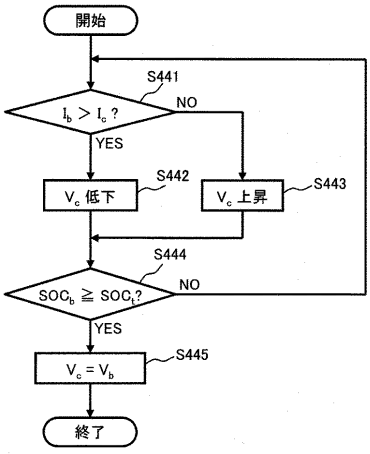
【図１２】

図12



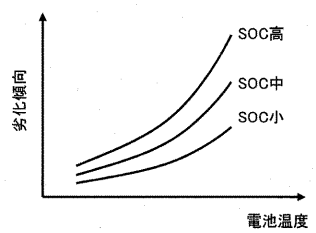
【図１３】

図13



【図１４】

図14



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H01M	*10/44*	*(2006.01)*	H01M	10/48	301	
H01M	*10/42*	*(2006.01)*	H01M	10/44	P	
B61C	*3/02*	*(2006.01)*	H01M	10/48	P	
B60L	*9/24*	*(2006.01)*	H01M	10/42	P	
B60L	*3/00*	*(2006.01)*	B61C	3/02		
			B60L	9/24	A	
			B60L	3/00	S	

(72)発明者　嶋田　基巳
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内
(72)発明者　永浦　康弘
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内
(72)発明者　高橋　宏文
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社　日立製作所内

Ｆターム(参考)　5G503 AA01 BA01 BB02 CB11 CB16 FA06
5H030 AA10 AS06 AS08 BB09 BB21 FF22 FF42 FF43 FF44
5H125 AA06 AC02 AC12 BA00 BB00 BB05 BB09 BC12 EE11 EE22
EE25 EE27 EE70