

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6324122号
(P6324122)

(45) 発行日 平成30年5月16日 (2018. 5. 16)

(24) 登録日 平成30年4月20日 (2018. 4. 20)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 0 M 3 / 0 6 (2006. 01)
H 0 2 J 7 / 0 0 (2006. 01)B 6 0 M 3 / 0 6 B
H 0 2 J 7 / 0 0 B

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2014-44527 (P2014-44527)
 (22) 出願日 平成26年3月7日 (2014. 3. 7)
 (65) 公開番号 特開2015-168334 (P2015-168334A)
 (43) 公開日 平成27年9月28日 (2015. 9. 28)
 審査請求日 平成28年8月23日 (2016. 8. 23)

(73) 特許権者 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 伊藤 智道
 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 五十嵐 洋
 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】 電力貯蔵式電圧安定化装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流き電回路に接続し、電力貯蔵要素と、該き電回路と該電力貯蔵要素の間に備えられる電力変換手段と、上記き電回路の接続点におけるき電線電圧に準ずる電圧を検出する電圧検出手段と、該電力貯蔵要素の蓄えるエネルギーを検出するエネルギー検出手段と、該電圧検出手段と該エネルギー検出手段の検出値を元に上記電力貯蔵要素の充放電電力を調整する制御手段を備える電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記制御手段が電圧指令値と上記電圧検出手段の検出値の差を低減するように上記電力変換手段に電力貯蔵要素を充放電させる手段を備え、該電圧指令値が上記電力貯蔵要素の蓄えるエネルギーが20%以上かつ80%以下の範囲において単調増加であることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

10

【請求項 2】

請求項1記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記電力変換手段が双方向チョッパであることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 3】

請求項1もしくは請求項2記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記電力変換手段が直流き電回路との接続点にリアクトルとコンデンサを少なくとも1つつ備えるフィルタ回路を備え、上記き電線電圧に準ずる電圧が該コンデンサの端子電圧であることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 4】

20

請求項 1 乃至請求項 3 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記電力貯蔵要素が蓄電池であることを特徴とする電力貯蔵式き電線安定化装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記エネルギー検出手段は該蓄電池の充電率を該蓄電池の蓄えるエネルギーをとすることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 3 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記電力貯蔵要素が電気二重層キャパシタであることを特徴とする電力貯蔵式き電線安定化装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記エネルギー検出手段は該電気二重層キャパシタの端子電圧から該電気二重層キャパシタの蓄えるエネルギーを検出することを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 3 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記電力貯蔵要素がフライホイールであることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置であって、上記エネルギー検出手段は該フライホイールの回転数から該フライホイールの蓄えるエネルギーを検出することを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置。

【請求項 10】

直流き電回路に接続し、電力貯蔵要素と、該き電回路と該電力貯蔵要素の間に備えられる電力変換手段と、上記き電回路の接続点におけるき電線電圧に準ずる電圧を検出する電圧検出手段と、該電力貯蔵要素の蓄えるエネルギーを検出するエネルギー検出手段と、該電圧検出手段と該エネルギー検出手段の検出値を元に上記電力貯蔵要素の充放電電力を調整する制御手段を備える電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記制御手段が電圧指令値と上記電圧検出手段の検出値の差を低減するよう上記電力変換手段に電力貯蔵要素を充放電させる手段を備え、該電圧指令値が上記電力貯蔵要素の蓄えるエネルギーが 20 % 以上かつ 80 % 以下において単調増加であることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【請求項 11】

請求項 10 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記電力変換手段が双方向チョッパであることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【請求項 12】

請求項 10 もしくは請求項 11 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記電力変換手段が直流き電回路との接続点にリアクトルとコンデンサを少なくとも 1 つずつ備えるフィルタ回路を備え、上記き電線電圧に準ずる電圧が該コンデンサの端子電圧であることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【請求項 13】

請求項 10 乃至請求項 12 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記電力貯蔵要素は蓄電池であり、上記エネルギー検出手段は該蓄電池の充電率を該蓄電池の蓄えるエネルギーとすることを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【請求項 14】

請求項 10 乃至請求項 12 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記電力貯蔵要素が電気二重層キャパシタであり、上記エネルギー検出手段は該電気二重層キャパシタの端子電圧から該電気二重層キャパシタの蓄えるエネルギーを検出することを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【請求項 15】

請求項 10 乃至請求項 12 記載の電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法であって、上記電力貯蔵要素がフライホイールであり、上記エネルギー検出手段は該フライホイールの回転数から該フライホイールの蓄えるエネルギーを検出することを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧安定化装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電気鉄道の直流き電線に接続する電圧安定化装置に関するものであり、特に上記電圧安定化装置が電力貯蔵手段を備える電圧安定化装置に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

近年、電気鉄道システムでは回生ブレーキを有する電気車、即ち、回生車両が使用されている。回生ブレーキは、減速時に車両の運動エネルギーを車載のインバータにより電気エネルギーに変換する。き電系統は、車両の加速時には変電所からの直流電力を、き電線を介して電気車に供給し、車両の減速時には回生車両からの回生電力を、き電線を介して吸収する。回生電力は、回生車両近くに加速車両がある場合には、その車両の加速エネルギーとして消費され、き電システムの省エネ化が図れる。

しかしながら、回生電力を消費する加速車両が近くにいない場合には、回生車両のフィルタコンデンサが充電され、回生車両のパンタ点電圧が上昇する。この場合、車両を過電圧から保護するために、ブレーキを回生ブレーキから機械ブレーキに変更する。そのため、

20

【0003】

特開平 11 - 91415 号公報には、余剰電力を電力貯蔵要素に貯蔵し、電気車力行時のエネルギーとして放電する電力貯蔵式電圧安定化装置が開示されている。特開 2001 - 260719 号公報には、電力貯蔵要素の電力制御を行う電力変換器の制御方法が記載されている。これらの方法では、き電線電圧が充電制御設定電圧以上であれば充電を行い、放電制御設定電圧以下であれば放電を行う。

【0004】

さらに、特許 4238190 号では、き電線電圧が充電制御設定電圧と放電制御設定電圧の間であれば、き電線への充放電により電力貯蔵手段の充電率を調整する電力変換器の制御手法が記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 11 - 91415 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 260719 号公報

【特許文献 3】特許 4238190 号

【0006】

上記電力貯蔵式電圧安定化装置のような電気鉄道向け設備は、導入者の所有する土地の制約により、高架下もしくは路線脇といった設置面積が限られた変電所に設置される場合が多い。そのため、定格電力の大きい電力貯蔵式電圧安定化装置を複数の電力貯蔵式電圧安定化装置（以降、単機安定化装置と記す）で構築し、該単機安定化装置を同一変電所内に分散配置しなければならない場合がある。

40

【0007】

上記電力変換器は、双方向チョッパと、該回路の電圧・電流を検出するセンサと、波形制御器により構成される。該波形制御器は上記電圧・電流センサの出力信号と、電力貯蔵要素の充電率を検出するバッテリーコントローラの出力信号を入力とし、上記双方向チョッパの駆動信号を出力する。

前述の単機安定化装置を単一の波形制御器で制御する場合、各単機安定化装置の備える電圧・電流センサやバッテリーコントローラと波形制御器をつなぐ複数の信号線を敷設しな

50

ればならず、ノイズ対策や断線対策が必要となり、配線工事の工数増加が発生する。

【 0 0 0 8 】

一方、電圧安定化装置を、各々波形制御器を備える複数の単機安定化装置により構成した場合、単機安定化装置内電力変換器は各々内蔵する電圧センサによりき電線電圧を検出し、該検出値に基づいて電力貯蔵要素への充放電電力を調整する。そのため、該電圧センサの検出誤差により各単機安定化装置の充電開始時刻や放電開始時刻がずれる。その時間差による充放電電荷の差が蓄積することで、単機安定化装置毎の電力貯蔵要素の充電率が乖離する。上記充電率の乖離が大きくなると、各単機安定化装置の利用率低下の原因となり、特に電力貯蔵要素が蓄電池で構成される場合は高い充電率もしくは低い充電率にとどまる時間が長くなることにより蓄電池の劣化が進む原因となる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

上記事情を鑑みて、本発明は同一変電所内に設置される単機安定化装置の充電率乖離を低減できる電圧安定化装置およびその制御方法を提案する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の電圧安定化装置は、電力貯蔵要素と、き電線と該電力貯蔵要素の間に備えられる電力変換器と、を備え、該電力変換器の波形制御器は充電制御設定電圧と放電制御設定電圧を電力貯蔵要素の充電率に対して単調増加させる整定電圧補正手段を備えることにより上記課題は達成可能である。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

電圧センサの検出誤差により他の単機安定化装置に比べてき電線電圧を高く検出する単機安定化装置は、余剰回生電力によるき電線電圧上昇を他の単機安定化装置に比べて早く充電を開始し、その結果他の単機安定化装置よりも充電率が高くなる。本発明の整定電圧補正手段により、充電率の増加により該単機安定化装置の制御整定電圧が高く補正されるため、き電線電圧上昇時の充電開始時刻を遅らせて、単機安定化装置間の充電率乖離を抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

30

さらに、本発明によれば、各単機安定化装置の状態量を収集する制御器が不要となるため、各単機安定化装置の備える電圧・電流センサやバッテリーコントローラと波形制御器をつなぐ複数の信号線の敷設が不要となり、配線工事を簡略化できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明第一実施例の電力貯蔵式電圧安定化装置の説明図である。

【図 2】本発明第一実施例の単機安定化装置の構成説明図である。

【図 3】本発明第一実施例の単機安定化装置の波形制御器の演算内容を示すブロック図である。

【図 4】本発明第一実施例の単機安定化装置の充電率による充電開始電圧および放電開始電圧の補正信号を算出する演算の説明図である。

40

【図 5】本発明第一実施例の単機安定化装置の充電率に対する充電開始電圧および放電開始電圧の変化例説明図である。

【図 6】本発明第一実施例の電力貯蔵式電圧安定化装置の動作説明図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例 1】

【 0 0 1 4 】

本発明の第一実施例を、図 1 を用いて説明する。

【 0 0 1 5 】

本発明の電力貯蔵式電圧安定化装置 1 は、き電線 6、レール 7 に接続される。き電線 6

50

、レール 7 には、整流器 5 が接続される。整流器 5 は、変圧器 4 を介して電力系統 3 に接続し、図示しない車両に対して車両加速時に直流電力を供給する。

【 0 0 1 6 】

上記車両が減速のため回生運転を実施するとき、該車両のパンタ点電圧が上昇し、それに伴いレール 7 に対するき電線電圧（以降、き電線電圧と記す）が上昇する。電力貯蔵式電圧安定化装置 1 は、き電線電圧 v_{feeder} の上昇を検出して後述の蓄電池に充電することによりき電線電圧の上昇を抑制し、車両加速時に発生するき電線電圧の低下を検出して上記蓄電池を放電することによりき電線電圧の低下を抑制する機能を有する。

【 0 0 1 7 】

電力貯蔵式電圧安定化装置 1 は、遮断器 2 と単機安定化装置 1_a、1_b により構成され、
単機安定化装置 1_a、1_b は遮断器 2 およびレール 7 との接続点において並列接続される。

10

【 0 0 1 8 】

単機安定化装置 1_a、1_b は同一の構成を備え、単機安定化装置内に備える電圧センサによりき電線電圧の上昇および低下を検出して各々備える蓄電池を充放電し、き電線 6 から流れ込む電流 i_{dc_a} 、 i_{dc_b} を変化させる。

【 0 0 1 9 】

単機安定化装置 1_a を、図 2 を用いて説明する。

【 0 0 2 0 】

単機安定化装置 1_a は、大きく双方向チョッパ 80_a、蓄電池 30_a、バッテリーコントローラ 40_a、そして波形制御器 100_a により構成される。波形制御器 100_a が双方向チョッパ 80_a の電圧・電流センサ検出値およびバッテリーコントローラ 40_a で検出する蓄電池 30_a の充電率を元に、双方向チョッパ 80_a 内 IGBT アセンブリの駆動信号であるゲート信号 $GateP_a$ 、 $GateN_a$ を算出し、双方向チョッパ 80_a に出力することで蓄電池 30_a の充放電を実現する。蓄電池 30_a の充放電する電力は、双方向チョッパ 80_a 内の損失を無視するとき電線 6 から授受する電力に等しく、蓄電池 30_a の適切な充放電によりき電線電圧を安定化することができる。

20

【 0 0 2 1 】

双方向チョッパ 80_a は昇圧リアクトル 30L_a、IGBT アセンブリ 10_a、そして該 IGBT アセンブリのスイッチングにより発生するリップル成分のき電線 6 への流出を防ぐフィルタリアクトル 20L_a、フィルタコンデンサ 20C_a により構成される。IGBT アセンブリ 10_a は、IGBT とダイオードが逆並列接続される IGBT モジュール 10m_a、10n_a の直列回路により構成される。

30

【 0 0 2 2 】

単機安定化装置 1_a は、フィルタコンデンサ 20C_a の電圧を検出する電圧センサ 50PT_a、昇圧リアクトル 30L_a の電流を検出する電流センサ 51CT_a、蓄電池 30_a の端子電圧を検出する電圧センサ 52PT_a を備え、上記センサの出力信号は波形制御器 100_a に入力される。電流センサ 51CT_a および電圧センサ 52PT_a の出力信号は、バッテリーコントローラ 40_a にも入力され、バッテリーコントローラ 40_a は該センサの出力信号に基づき蓄電池 30_a の充電率 SOC_a を算出し、その値を波形制御器 100_a に出力する。

【 0 0 2 3 】

本実施例では、蓄電池 30_a の充電率 SOC_a をバッテリーコントローラ 40_a で算出しているが、波形制御器 100_a 内部で充電率を算出しても良い。また、本実施例では、バッテリーコントローラ 40_a が昇圧リアクトルを流れる電流を検出する電流センサ 51CT_a および蓄電池端子電圧を検出する電圧センサ 52PT_a の出力信号を用いて充電率 SOC_a を算出しているが、バッテリーコントローラ 40_a のみが用いる電圧センサおよび電流センサを備えても同様の効果を奏す。

40

【 0 0 2 4 】

波形制御器 100_a の実施する演算を、図 3 を用いて説明する。

【 0 0 2 5 】

波形制御器 100_a の演算は、大きく単機安定化装置 1_a の充電運転時の電圧制御指令値 V_a

50

bs2および放電運転時の電圧制御指令値Vdisc2を算出する電圧制御指令値算出部1500a、双方向チョッパの充電運転、放電運転、そしてIGBTモジュールのスイッチングを停止して電圧安定化装置1の動作すべきタイミングまで双方向チョッパ80_aのスイッチングを停止させて待機するサプレス待機、のうちのどの運転を実施するかを判断するシステム制御演算器1004a、蓄電池30_aへの充電電流指令値を算出する電流指令値演算部1100a、該電流指令値に応じてIGBTアセンブリ10_aが蓄電池30_a側へ出力すべき電圧指令値vrefを算出する電流制御部1200a、そして該電圧指令値vrefを元にIGBTモジュール10m_a、10n_aの駆動信号であるゲート信号GateP_a、GateN_aを生成するゲート信号生成部により構成される。

【0026】

システム制御演算器1004aは、電圧制御指令値算出部1500aの出力Vabs2、Vdisc2およびフィルタコンデンサ電圧vline_aを入力とし、後述の充電時電圧制御器1007a演算実施フラグABS_ENABLE、放電時電圧制御器1008a演算実施フラグDISC_ENABLE、そしてIGBTアセンブリのゲートデブロックフラグGateENABLEを算出し、電流指令値演算部1100a、電流制御部1200a、そしてゲート信号生成部1300aに出力する。

【0027】

具体的には、vline_aがVabs2以上の場合は、ABS_ENABLEを1に設定し、vline_aがVabs2より小さい場合はABS_ENABLEを0とする。また、vline_aがVdisc2以下の場合は、DISC_ENABLEを1に設定し、vline_aがVdisc2より大きい場合はDISC_ENABLEを0に設定する。

【0028】

GateENABLEは、上記ABS_ENABLEとDISC_ENABLEの両方もしくはいずれか1つが1の場合は1、ABS_ENABLEとDISC_ENABLEが共に0である場合は0に設定する。

【0029】

電流指令値演算部1100aは、電圧制御指令値算出部1500aの出力Vabs2、Vdisc2、フィルタコンデンサ電圧検出値vline_a、そしてシステム制御演算器1004aの出力ABS_ENABLE、DISC_ENABLEを入力とし、蓄電池30_aの充電電流指令値を算出する。

【0030】

減算器1005aは充電時電圧指令値Vabs2とコンデンサ電圧検出値vline_aの差を算出し、充電時電圧制御演算器1007aに該差を出力する。また、減算器1006aは放電時電圧指令値Vdisc2とコンデンサ電圧検出値vline_aの差を算出し、放電時電圧制御演算器1008aに該差を出力する。

【0031】

充電時電圧制御演算器1007aは、比例・積分器であり、演算実施フラグABS_ENABLEが1の場合は減算器1005aの出力に対して比例・積分演算を実施し、ABS_ENABLEが0の場合は零を出力する。

【0032】

放電時電圧制御演算器1008aも比例・積分器であり、演算実施フラグDISC_ENABLEが1の場合は減算器1006aの出力に対して比例・積分演算を実施し、DISC_ENABLEが0の場合は零を出力する。

【0033】

充電時電圧制御演算器1007aと放電時電圧制御演算器1008aの出力は加算器1011aにより加算され、蓄電池30_aの充電電流指令値として電流制御部1200aに出力される。

【0034】

電流制御部1200aでは、減算器1012aにより上記充電電流指令値と昇圧リアクトル電流検出値ibat_aとの差を算出し、該差が電流制御演算器1013aに出力される。

【0035】

電流制御器1013aは上記差とシステム制御演算器1004aより出力されたフラグGateENABLEを入力とする。電流制御器1013aは比例・積分器であり、GateENABLEが1であれば減算器1012aの出力に対して比例・積分演算を実施し、その出力を加算器1015aに出力する。GateENABLEが0の場合は、加算器1015aに零を出力する。

【0036】

10

20

30

40

50

蓄電池30_aの端子電圧検出値vbat_aはローパスフィルタ1014aに入力される。ローパスフィルタ1014aはスイッチング起因のリプル成分を除去し、その出力を加算器1015aに出力する。

【0037】

加算器1015aは電流制御器1013aの出力とローパスフィルタ1014aの出力の和を算出し、該和をIGBTアセンブリ10_aの出力電圧指令値vrefとしてゲート信号生成部1300aに出力する。

【0038】

ゲート信号生成部1300aは、三角波である搬送波triを生成する搬送波生成器1016aと、コンパレータ1017aを備える。コンパレータ1017aは電圧指令値vrefとtriおよびシステム制御演算器1004aの出力するフラグGateENABLEを入力とする。

10

【0039】

フラグGateENABLEが1の場合は、電圧指令値vrefと搬送波triを大小比較してゲート信号を生成し、IGBTアセンブリ10_aに出力する。GateENABLEが0の場合は、IGBTモジュール10m_a、10n_aを共にOFFするゲート信号をIGBTアセンブリ10_aに出力する。

【0040】

以上の演算により、単機安定化装置1_aはフィルタコンデンサ電圧検出値vline_aが充電時電圧指令値Vabs2より大きくなった場合は、vline_aがVabs2に一致するよう蓄電池30_aの充電電流を制御でき、vline_aが放電時電圧指令値Vdisc2より小さくなった場合は、vline_aがVdisc2に一致するよう蓄電池30_aの放電電流を制御でき、vline_aがVabs2とVdisc2の間であればIGBTアセンブリ10_aのスイッチングを停止して待機することができる。

20

【0041】

次に、本発明の新規な点である電圧制御指令値算出部1500aについて説明する。

【0042】

本実施例の電圧制御指令値算出部1500aは、蓄電池30_aの充電率SOC_aを入力とし、該充電率の通常運転範囲において充電時電圧指令値Vabs2と放電時電圧指令値Vdisc2が上記充電率に対して単調増加となるように電圧指令値を補正する演算手段を備える。本演算により、制御器が独立である単機安定化装置1_a、1_bの蓄電池充電率の乖離を抑制することができ、蓄電池の利用効率向上や寿命短縮の回避が期待できる。

【0043】

30

電圧制御指令値算出部1500aの具体的な演算について、説明する。

【0044】

電圧制御指令値算出部1500aは、電圧指令値補正演算器1001a、加算器1002a、1003aを備える。電圧指令値補正演算器1001aより算出された補正項vref_hosを所定の値であるVabs、Vdiscにそれぞれ加算することにより、新たな充電時電圧指令値Vabs2、放電時電圧指令値Vdisc2を算出し、該電圧指令値を電流指令値演算部1100aおよびシステム制御演算器1004aに出力する。

【0045】

電圧指令値補正演算器1001aの内部演算を、図4を用いて説明する。

【0046】

40

蓄電池30_aの充電率SOC_aは減算器10011aに出力され、SOC1が減算され、該差が上下限リミッタ10012aに出力される。

【0047】

上下限リミッタ10012aは減算器10011aの出力を入力とし、零以上SOC以下に制限し、該制限された値を乗算器10013aに出力する。乗算器10013aは上下限リミッタ10012aの出力に正の値を持つ所定の値Kを乗算して電圧指令値補正項vref_hosを算出する。

【0048】

ここで、SOC1とSOCは所定の値であり、SOC1は通常運用範囲の下限值以下に設定する。蓄電池としてリチウムイオン電池を想定した場合、蓄電池の寿命を考慮して充電率の運用範囲は下限を20%以上、上限を80%以下とすることが好ましく、この場合SOC1は20%以

50

下、SOC1と SOCの和は80%以上とする。

【0049】

本補正演算により、充電率SOC_aと充電時電圧指令値V_{abs2}、放電時電圧指令値V_{disc2}は図5に示すような比例特性となる。本特性は、単機安定化装置1_aと1_bのコンデンサ電圧を検出する電圧センサの検出誤差に起因する各単機安定化装置の蓄電池充電率の乖離を防ぐことが目的である。充電率に対する電圧指令値の補正量が過大となると、き電線電圧の安定化範囲が蓄電池充電率により大きく変わり、電圧安定化装置の本来の機能を損なうおそれがある。そのため、電圧指令値補正項v_{ref_hos}は電圧センサの想定検出誤差の2～3倍とすることが望ましく、具体的には定格き電線電圧の10%以下に設定されるよう所定の定数Kを選定すべきである。

10

【0050】

本発明の電力貯蔵式電圧安定化装置1の動作を、図6を用いて説明する。

【0051】

図6に示すグラフは、上から順に電圧安定化装置1直近のき電線電圧v_{feeder}、き電線6から単機安定化装置1_aに流入する電流i_{dc_a}、単機安定化装置1_aの蓄電池30_a充電率SOC_a、き電線6から単機安定化装置1_bに流入する電流i_{dc_b}、単機安定化装置1_bの蓄電池充電率SOC_bを示す。初期条件としてSOC_a、SOC_bを50%と等しい値とした。また、グラフ中の実線は本実施例による動作波形であり、破線で示す波形は充電率による電圧指令値補正演算を実施しない場合の波形である。

20

【0052】

さらに、図6では、単機安定化装置1_aのコンデンサ電圧検出用電圧センサが、単機安定化装置1_bのコンデンサ電圧検出用電圧センサの検出する値に比べて電圧を高く検出する場合の動作波形を示す。

【0053】

車両の回生運転によりき電線電圧が上昇し、時刻t₁においてき電線電圧v_{feeder}が単機安定化装置1_aの充電時電圧制御指令値v_{f2}に到達する。単機安定化装置1_aは蓄電池30_aへ充電をすることにより、き電線6から電力を受け取り、電圧を安定化させる。き電線6から電力を受け取るため、電流i_{dc_a}は正の値となる。

【0054】

き電線電圧が上記充電時電圧制御指令値より低い値に下がる時刻t₂まで単機安定化装置1_aは充電を続け、その間蓄電池の充電率SOC_aは上昇する。

30

【0055】

車両の加速によりき電線電圧v_{feeder}が低下し、時刻t₃において単機安定化装置1_bの放電時電圧制御指令値v_{f3}より低くなる。単機安定化装置1_bはコンデンサ電圧の低下を検出して蓄電池を放電することでき電線6へ電力を供給し、電圧を安定化させる。き電線6へ電力を供給するため、電流i_{dc_b}は負の値となる。

【0056】

き電線電圧が上記放電時電圧制御指令値より高い値に上がる時刻t₄まで単機安定化装置1_bは放電を続け、その間蓄電池の充電率SOC_bは低下する。

40

【0057】

上記の充電率の変化により、単機安定化装置1_aの充電時電圧制御指令値V_{abs2}と放電時電圧制御指令値V_{disc2}は高く補正され、単機安定化装置1_bの充電時電圧制御指令値と放電時電圧制御指令値は低く補正される。その結果、単機安定化装置1_aと1_bの充電時電圧制御指令値と放電時電圧制御指令値の差が小さくなり、時刻t₅以降のき電線電圧安定化のための充放電は単機安定化装置1_a、1_bで電力分担されるようになる。

【0058】

充電時電圧制御指令値と放電時電圧制御指令値の充電率による補正を実施しない場合、時刻t₅からt₆において再度単機安定化装置1_aによる充電が実施され、時刻t₇からt₈において単機安定化装置1_bによる放電が実施され、結果として単機安定化装置1_aと1_bの蓄電池充電率の乖離が拡大し続ける。

50

【 0 0 5 9 】

一方、本実施例の電力貯蔵式電圧安定化装置 1 では充電率による電圧制御指令値補正の実施により単機安定化装置間の充電率乖離を抑制することができる。

【 0 0 6 0 】

本実施例では、充電率に対する充電時電圧制御指令値および放電時電圧制御指令値の補正項を充電率に比例する値としたが、テーブル参照した値や補正項が充電率のべき乗値など、単調増加であれば本発明と同様の効果が期待できる。

【 0 0 6 1 】

また、本実施例では電圧安定化装置は電力貯蔵要素として蓄電池を備えるが、蓄電池の代わりに電気二重層キャパシタやフライホイールを用いても良い。

10

【 0 0 6 2 】

電気二重層キャパシタを電力貯蔵要素として用いる場合は、キャパシタが定格電圧のときに蓄えるエネルギーでキャパシタの蓄えるエネルギーを規格化した値を充電率として扱うことにより本発明と同様の効果を得る。キャパシタの蓄えるエネルギーはキャパシタの端子電圧の二乗に比例するため、キャパシタの蓄えるエネルギーはキャパシタ電圧を検出する電圧センサを備え、該センサ出力からエネルギーを算出すればよい。

【 0 0 6 3 】

フライホイールを電力貯蔵要素として用いる場合は、フライホイールが定格回転数のときに蓄える運動エネルギーでフライホイールの蓄えるエネルギーを規格化した値を充電率として扱うことにより本発明と同様の効果を得る。フライホイールの蓄える運動エネルギーは回転数の二乗に比例するため、フライホイールの蓄えるエネルギーはフライホイールの回転数もしくは回転位相角を検出するセンサを備え、該センサからエネルギーを算出すれば良い。

20

【 0 0 6 4 】

また、本実施例ではフィルタコンデンサの端子電圧を電圧制御対象としていたが、単機安定化装置のP、N端子間電圧を電圧制御対象としても良い。

【 0 0 6 5 】

本発明によれば、電力貯蔵式電圧安定化装置を複数台隣接させた場合でも、各安定化装置の充電率の乖離を防ぐことができるため、蓄電池の利用効率向上や寿命劣化の回避が可能となる。

30

【 0 0 6 6 】

さらに、波形制御器間の通信が不要であるため、配線工事の工数増加を回避することが可能である。

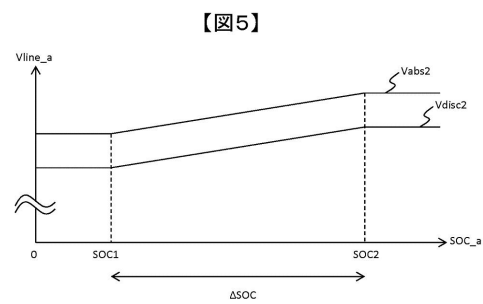
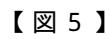
【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

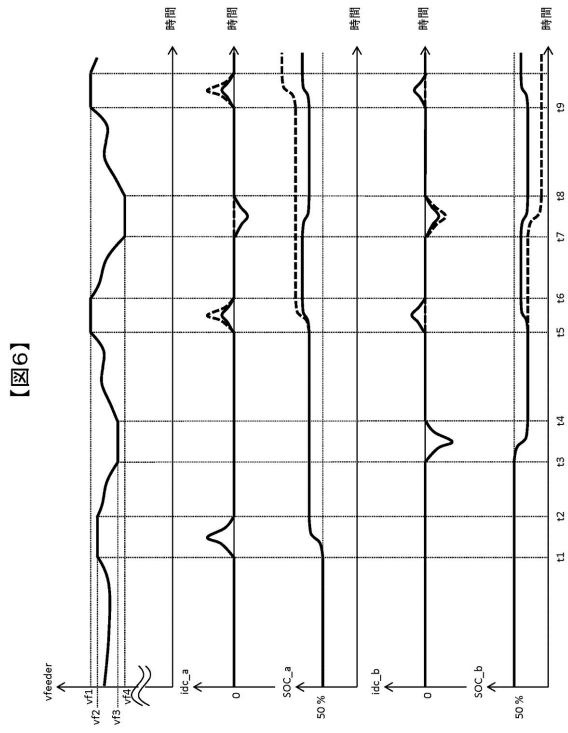
1・・・電圧安定化装置、2・・・遮断器、3・・・電力系統、4・・・変圧器、5・・・整流器、6・・・送電線、7・・・レール、1_a、1_b・・・単機安定化装置、80_a・・・双方向チョッパ、30_a・・・蓄電池、40_a・・・バッテリーコントローラ、100_a・・・波形制御器、20L_a・・・フィルタリアクトル、20C_a・・・フィルタコンデンサ、10_a・・・IGBTアセンブリ、10m_a、10n_a・・・IGBTモジュール、30L_a・・・昇圧リアクトル、50PT_a、52PT_a・・・電圧センサ、51CT_a・・・電流センサ、1100a・・・電流指令値演算部、1200a・・・電流制御部、1300a・・・ゲート信号生成部、1004a・・・システム制御演算器、1500a・・・電圧制御指令値算出部、1001a・・・電圧指令値補正演算器、1007a、1008a・・・電圧制御演算器、1013a・・・電流制御演算器、1016a・・・搬送波生成器、1017a・・・ゲート信号算出器、10012a・・・上下限リミッタ、10013a・・・乗算器

40

【図1】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 岡松 茂俊

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 手島 正人

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

審査官 久保田 創

(56)参考文献 特開2013-244799(JP,A)

特開2001-260719(JP,A)

特開2010-058565(JP,A)

特開2013-248930(JP,A)

特開2012-166646(JP,A)

国際公開第2009/107715(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B60M 1/00-7/00

H02J 7/00