

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4252953号  
(P4252953)

(45) 発行日 平成21年4月8日(2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月30日(2009.1.30)

(51) Int.Cl.			F I		
<b>B60M</b>	<b>3/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B60M	3/02	D
<b>B60M</b>	<b>3/06</b>	<b>(2006.01)</b>	B60M	3/06	B
<b>H01M</b>	<b>10/44</b>	<b>(2006.01)</b>	H01M	10/44	P
<b>H02J</b>	<b>7/34</b>	<b>(2006.01)</b>	H02J	7/34	J

請求項の数 20 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-342190 (P2004-342190)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成16年11月26日(2004.11.26)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2006-151093 (P2006-151093A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成18年6月15日(2006.6.15)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成19年1月19日(2007.1.19)		ポレール特許業務法人
		(74) 代理人	100068504
			弁理士 小川 勝男
		(74) 代理人	100086656
			弁理士 田中 恭助
		(74) 代理人	100094352
			弁理士 佐々木 孝
		(72) 発明者	伊藤 智道
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力貯蔵式き電線電圧補償装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

き電線と二次電池との間で双方向に電力の授受を行うように接続された電力変換器と、この電力変換器により、き電線の余剰電力を前記二次電池に充電させ、力行車両によるき電線の電力需要に対して前記二次電池から放電させる制御装置を備えた電力貯蔵式き電線電圧補償装置において、予定の放電開始条件を満足したとき前記二次電池から前記き電線側への放電を開始させる放電開始手段と、前記二次電池の温度を検出する温度検出手段と、この検出温度が所定温度より低くなったことに応動して、前記放電開始条件を拡大する放電条件拡大手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項2】

請求項1において、前記放電開始条件は、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の放電開始電圧まで低下したことであり、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項3】

請求項1において、前記放電開始条件は、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の放電開始電圧まで低下したことであり、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を、き電線に給電する変電所の無負荷時出力電圧以上に上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項4】

10

20

請求項 1 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させる充電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させる放電開始手段とを備え、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を引上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項 5】

請求項 1 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させる充電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させる放電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間にあるとき前記二次電池の充電率を予定充電率に近づけるように充放電制御する充電率制御手段とを備え、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を引上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させる充電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させる放電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間にあるとき前記二次電池の充電率を予定充電率に近づけるように充放電制御する充電率制御手段とを備え、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が第 1 の所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を引上げる手段と、前記二次電池の温度が前記第 1 の所定温度より高い第 2 の所定温度より高くなったとき、前記放電開始電圧を引下げる手段とを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 において、き電線に給電する変電所の無負荷時の出力電圧よりも高い充電開始電圧を設定する充電開始電圧設定手段と、前記変電所の無負荷時の出力電圧よりも低い放電開始電圧を設定する放電開始電圧設定手段と、前記二次電池の温度が所定温度より低くなったとき前記放電開始電圧を前記変電所の無負荷時の出力電圧よりも高く引上げる手段と、前記電力変換器のき電線側電圧を、前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間に収めるように、前記電力変換器を制御する電圧制御系とを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

30

【請求項 8】

請求項 7 において、前記電力変換器のき電線側電圧を検出する電圧検出器と、前記二次電池の端子電圧を検出する電池電圧検出器と、前記二次電池の充電電流を検出する電流検出器と、前記二次電池の温度を検出する温度検出器と、前記二次電池の端子電圧検出値と電流検出値に基き前記二次電池の充電率を算出する充電率算出手段と、前記二次電池に対する充電率の目標値を設定する充電率目標設定手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間にあるとき、前記二次電池の充電率を前記充電率の目標値に近づけるように前記電力変換器を制御する充電率制御系とを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させる充電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させる放電開始手段と、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間にあるとき前記二次電池の充電率を予定の目標値に近づけるように充放電制御する充電率制御手段とを備え、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の温度が所定温度より低くなったとき、前記充電率の目標値を引上げるとともに前記放電開始電圧を引上げる手段を備えたことを特

50

徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項 10】

請求項 1 において、予定の充電開始条件を満足したとき前記き電線側から前記二次電池への充電を開始させる充電開始手段と、前記き電線での運行ダイヤの終電時刻の近傍で前記放電開始条件を拡大する第 2 の放電条件拡大手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項 11】

請求項 10 において、前記充電開始手段は、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させる手段を含み、前記第 2 の放電条件拡大手段は、前記き電線での運行ダイヤの終電時刻の近傍で、前記放電開始電圧を上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

10

【請求項 12】

請求項 1 において、前記二次電池からの放電電流を制限する放電電流制限手段を備え、前記放電条件拡大手段は、前記二次電池の検出温度が所定温度より低くなったとき、前記放電電流制限手段による制限値を上げる手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項 13】

変電所から給電されるき電線に接続された 2 組の電圧補償装置と、これらの電圧補償装置にそれぞれ備えられた二次電池と、前記電圧補償装置のき電線側と前記二次電池との間で双方向に電力の授受を行うように前記各電圧補償装置にそれぞれ備えられた電力変換器と、これらの電力変換器により、き電線の余剰電力を前記二次電池に充電させ、力行車両によるき電線側の電力需要に対して前記二次電池から放電させるそれぞれの制御装置を備えた電力貯蔵式き電線電圧補償装置において、それぞれの電圧補償装置に設けられ、予定の放電開始条件を満足したとき前記二次電池から前記電力変換器のき電線側への放電を開始させる放電開始手段と、それぞれの前記二次電池の温度を検出する温度検出手段と、これらの検出温度の少なくとも一方が所定温度より低くなったことに応動して、一方の電圧補償装置の前記放電開始条件を拡大する放電条件拡大手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

20

【請求項 14】

請求項 13 において、前記放電条件拡大手段は、一方の電圧補償装置の放電開始条件を拡大した状態から、予定の条件を満足したとき、一方の電圧補償装置の放電開始条件を元に戻すとともに、他方の電圧補償装置の放電開始条件を拡大する手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

30

【請求項 15】

請求項 14 において、前記予定の条件を、一方の電圧補償装置内の二次電池の充電率が予定値まで低下したこと又は他方の電圧補償装置内の二次電池の充電率が予定値まで上昇したことに設定する手段を備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償装置。

【請求項 16】

き電線と二次電池との間で双方向に電力の授受を行うように接続された電力変換器により、き電線の余剰電力を前記二次電池に充電させ、力行車両によるき電線の電力需要に対して前記二次電池から放電させる電力貯蔵式き電線電圧補償方法において、予定の放電開始条件を満足したとき前記二次電池から前記き電線側への放電を開始させるステップと、前記二次電池の温度を検出するステップと、この検出温度が所定温度より低くなったことに応動して、前記放電開始条件を拡大するステップを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償方法。

40

【請求項 17】

請求項 16 において、前記放電開始条件は、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の放電開始電圧まで低下したことであり、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を上げるステップを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償方法。

50

## 【請求項 18】

請求項 16 において、前記放電開始条件は、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の放電開始電圧まで低下したことであり、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を、き電線に給電する変電所の無負荷時出力電圧以上に引上げるステップを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償方法。

## 【請求項 19】

請求項 16 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させるステップと、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させるステップと、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を引上げるステップを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償方法。

10

## 【請求項 20】

請求項 16 において、前記電力変換器のき電線側電圧が予定の充電開始電圧より高いとき前記二次電池に充電させるステップと、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧より低い放電開始電圧より低いとき前記二次電池に放電させるステップと、前記電力変換器のき電線側電圧が前記充電開始電圧と前記放電開始電圧との間にあるとき前記二次電池の電圧を予定の充電電圧に近づけるように充放電制御するステップと、前記二次電池の温度が前記所定温度より低くなったとき、前記放電開始電圧を引上げるステップを備えたことを特徴とする電力貯蔵式き電線電圧補償方法。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電気鉄道のき電線に対し、電力変換器を介して二次電池を接続し、き電線の余剰電力を吸収し、力行車両による電力需要に二次電池から給電する電力貯蔵式き電線電圧補償装置及び方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、変電所からの電力を電気車両に供給するき電システムでは、電気車両は節電などを目的として回生ブレーキを利用している。この回生ブレーキは、電気車両の持つ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し、き電線に回生して電気車両の減速を行うものである。この回生ブレーキにより発生した電気エネルギーは、他の電気車両の力行エネルギーとして消費することで、き電システムの省エネ化が図れる。

30

## 【0003】

しかし、回生車両の近くで必要とされている以上の電気エネルギー、つまり余剰回生電力が発生すると、回生車両の受電点電圧が上昇するので、車両は、過電圧保護のため、ブレーキを回生ブレーキから機械ブレーキに変更せざるを得ない。このため、電気車両の乗り心地を悪化させるばかりでなく、き電システムの省エネ性も悪化する。

## 【0004】

この問題に対し、余剰電力を電力貯蔵装置に貯蔵し、電気車両力行時のエネルギーとして放電する方法が特許文献 1 に開示されている。

40

## 【0005】

また、非特許文献 1 には、電力貯蔵装置と電力変換器を含むき電線電圧補償装置の制御方法が開示されている。ここでは、電力貯蔵装置として電気二重層キャパシタを用い、き電線電圧が上限値を超えると、電力貯蔵装置へ充電し、き電線電圧が下限値を下回ると、電力貯蔵装置から放電させ、き電線電圧の変動を抑制している。さらに、き電線電圧が所定範囲内では、電気二重層キャパシタの電圧が一定となるように、き電線との間で充放電を行っている。これにより、回生電力を有効活用し、電力貯蔵装置の充電率を制御し、機器の安定した動作を確保している。

## 【0006】

【特許文献 1】特開平 11 - 91415 号公報（全体）

50

【非特許文献1】明電時報、通巻287号、2002、No. 6、P. 4 - 7

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、上記非特許文献1の技術において、電力貯蔵装置に二次電池を用いた場合、二次電池は低温時には内部抵抗値が大きくなり、充放電可能な電力が制限され、機器の利用率が低下してしまう問題がある。

【0008】

本発明の目的は、低温状態でも、二次電池にき電線電圧補償装置として要求される充放電可能電力を確保し、装置全体としての利用率を向上できる電力貯蔵式き電線電圧補償装置及び方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明はその一面において、き電線と二次電池との間で双方向に電力の授受を行うように接続された電力変換器により、き電線の余剰電力を二次電池に充電させ、力行車両による電力需要に対して二次電池から給電するき電システムにおいて、き電線側の電圧が低下するような予定の放電開始条件を満足したとき、二次電池からき電線側への放電を開始させるようにするとともに、二次電池の温度が所定温度より低くなったとき、前記の放電開始条件を拡大することを特徴とする。

【0010】

20

本発明の望ましい実施態様においては、二次電池の温度が所定の温度より低いとき、この二次電池から放電を開始させる放電開始電圧を高く切換え、二次電池からの放電を促進する。

【0011】

本発明は他の一面において、変電所から給電されるき電線に2組の電圧補償装置が接続されている場合において、いずれかの二次電池の温度が低下したとき、2組の電圧補償装置相互間で充放電を行うように制御する。

【0012】

本発明の望ましい実施態様においては、二次電池の温度が所定の温度より低いとき、2組の電圧補償装置の放電開始条件を交互に拡大することによって、2組の電圧補償装置相互間で交互に充放電を行うように制御する。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明の望ましい実施態様によれば、低下した二次電池の温度を所定の温度に回復させることにより、二次電池の内部抵抗を低下させ、充放電損失を低下させることができる。

【0014】

本発明の望ましい実施態様によれば、充放電電力を増大でき、電圧補償装置全体としての利用率を向上することができる。

【0015】

本発明によるその他の目的と特徴は、以下に述べる実施例の説明によって明らかにする。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

第1の実施例：

本発明の第1の実施例について、図1～図5を参照して説明する。

【0017】

図1は、本発明の第1の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図である。電力貯蔵式き電線電圧補償装置（以下、単に電圧補償装置）100と、変電所500、電気車両600、き電線700、及びレール701を示す。電圧補償装置100は、き電線700とレール701を介して、変電所500と車両600に並列接続される。電圧

50

補償装置 100 は、主回路部 300 と制御部 200 により構成されており、まず、主回路部 300 について説明する。

#### 【0018】

主回路部 300 において、二次電池 1 は、電力変換器 20 を介して、き電線 700 及びレール 701 に接続される。本実施例では、電力変換器 20 として双方向チョッパすなわち DC / DC コンバータであり、スイッチング部 22 を、2 つのフィルタ部 21 と 23 で挟む形に構成されている。スイッチング部 22 は、IGBT 5 と IGBT 6 の直列体と、それぞれの IGBT に逆並列接続されたフリーホイールダイオード 7、8 を備えている。2 つのフィルタ部 21、23 は、それぞれリアクトル 2 及び 4 と、コンデンサ 3 からなる。良く知られているように、双方向チョッパ 20 は、その PWM 制御により、二次電池 1 の端子電圧を昇圧してき電線 700 に放電させ、また、き電線 700 の電圧を降圧して二次電池 1 に充電する機能を有する。

10

#### 【0019】

次に、制御部 200 について説明する。

#### 【0020】

制御部 200 は、電圧制御系 (AVR) 220、充電率制御系 230、及び電流制御系 (ACR) 240 を備えている。電圧制御系 220 は、電力変換器 20 のき電線側電圧 (コンデンサ電圧)  $V_{dc}$  を電圧検出器 13 により検出し、これを所定範囲内に収めるように、電圧制御器 203 において、二次電池 1 への充放電電流指令値  $I_{ref}$  を算出する。+ は充電電流指令、- は放電電流指令となる。具体的には、電力変換器 20 のき電線側 (コンデンサ 3) 電圧  $V_{dc}$  が、充電開始電圧  $V_{abs}$  以上であれば、 $V_{abs}$  と  $V_{dc}$  の偏差を低減するよう、二次電池 1 の充電電流指令値  $I_{ref}$  を算出する。したがって、充電開始電圧  $V_{abs}$  は、電力変換器 20 のき電線側電圧  $V_{dc}$  の上限値といふことができ、この電圧を超えないように、二次電池 1 への充電により、電力を吸収している。一方、き電線側電圧  $V_{dc}$  が、放電開始電圧算出器 201 の出力値である放電開始電圧  $V_{disc}$  以下であれば、この電圧  $V_{disc}$  とき電線側電圧  $V_{dc}$  の偏差を低減するよう、二次電池 1 の放電 (マイナスの充電) 電流指令値  $I_{ref}$  を算出する。すなわち、放電開始電圧  $V_{disc}$  は、電力変換器 20 のき電線側電圧  $V_{dc}$  の下限値といふことができ、き電線側電圧  $V_{dc}$  がこの電圧  $V_{disc}$  を下回ることがないように、電圧制御器 (AVR) 203 により、二次電池 1 の放電により電力を供給させている。

20

30

#### 【0021】

さて、充電制御において、力行車両 600 で消費しきれない余剰回生電力のみを二次電池 1 へ吸収するように、き電線側電圧  $V_{dc}$  の上限値である充電開始電圧  $V_{abs}$  を、変電所 500 の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より数十 [V] 高い値とする。き電線電圧の定格値が 1500 [V] であるとき、変電所 500 の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  は、例えば、1600 [V] 程度である。

#### 【0022】

また、き電線電圧が低下したときに、電圧補償装置 100 が、二次電池 1 からき電線 700 へ放電させ、この電圧低下を補償するように、放電開始電圧  $V_{disc}$  は、充電開始電圧  $V_{abs}$  や前記無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より低い値とする。

40

#### 【0023】

充電率制御系 230 は、充電率算出器 202 と充電率制御器 204 を備えている。充電率算出器 202 は、電圧検出器 12 及び電流検出器 11 で検出された二次電池端子電圧検出値  $V_{bat}$  と二次電池充電電流検出値  $I_{bat}$  より、二次電池 1 の充電率 SOC を算出する。例えば、充電率 SOC は、図 2 の特性を考慮して、次のようにして算出することができる。

#### 【0024】

図 2 は、二次電池 1 の充電率 SOC 対電池端子電圧  $V_{bat}$  特性の一例グラフである。電池端子電圧  $V_{bat}$  は、電池電圧 OCV と内部抵抗 R による電圧降下  $R I_{bat}$  の和であり、図 2 に示すように、 $V_{bat} = OCV + R I_{bat}$  である。内部抵抗 R は温度によ

50

って大きく変化するので、これを含めた図2の特性を加味し、検出した端子電圧 $V_{bat}$ と電流 $I_{bat}$ から、充電率算出器202は充電率SOCを演算する。ここでは、図2に示したように、充電率の上限を80[%]、下限を20[%]とし、積極的に電圧補償が要求されない状態での目標充電率SOC\_refを30[%]とした場合について説明を進める。充電率制御器204は、この30[%]の固定値である充電率指令値SOC\_refと、充電率算出器202により算出された充電率SOCの偏差を低減するよう、二次電池1の充放電電流指令値I\_refを算出する。

#### 【0025】

電流制御系(ACR)240は、電流指令値を選択する切替えスイッチ205、電流指令値を制限するリミッタ206、207、電流制御器208、duty比算出器209、並びにゲート信号発生器210を備えている。切替えスイッチ205は、その出力値である電流指令値を、電力変換器20のき電線側電圧Vdcがどの範囲にあるかによって切替える。

10

#### 【0026】

まず、き電線側電圧Vdcが、放電開始電圧(下限値)Vdisc以上でかつ充電開始電圧(上限値)Vabs未満であれば、積極的な電圧補償運転は必要ではないので、充電率制御器204の出力値によって、ACR240を動作させる。したがって、前述したように、30[%]の固定値である充電率指令値SOC\_refとなるように、充放電を制御する。

#### 【0027】

一方、き電線側電圧Vdcが、上記以外であれば、積極的な電圧補償動作が必要であり、電圧制御器203の出力値を電流指令値I\_refとしてリミッタ206に出力する。リミッタ206は、切替えスイッチ205の出力値である電流指令値I\_refと、放電開始電圧Vdiscを入力する。そして、放電開始電圧Vdiscが、変電所500の無負荷時出力電圧Vdc0(例えば、1600[V])より小さいとき、電流指令値I\_refの上限つまりき電線から電力を吸収する充電電流は、機器定格で定められた上限値まで許容する。しかし、二次電池1からき電線へ電力を供給する場合には、放電開始電圧Vdiscが低い状況においては、急を要しないので、放電側のマイナスの電流については、定格値未満に制限し、穏やかな放電を行い、二次電池1の放電効率を向上させる。

20

#### 【0028】

次に、放電開始電圧Vdiscが、変電所500の無負荷時出力電圧Vdc0以上に設定されているときは、後述する二次電池1の暖機運転が要求されている状況にあることから、電流指令値I\_refに対する放電側電流リミット値を定格値まで広げる。これにより、機器定格値まで放電電流を流すことができ、二次電池1での内部発熱を大きくすることができる。

30

#### 【0029】

リミッタ207は、二次電池1の過充電・過放電を防ぐ役目を持ち、リミッタ206の出力値と充電率算出器202の出力値SOCを入力する。まず、充電率SOCが、前述した許容変動範囲20~80[%]内であれば、機器定格で決定される値まで電流指令値を許容する。一方、充電率SOCが許容変動範囲80[%]以上であれば、リミッタ207の充電方向のリミット値をゼロに、充電率SOCが許容変動範囲20[%]以下であれば、リミッタ207の放電方向のリミット値をゼロにし、電流制御器208に出力する。これにより、二次電池1の過充電・過放電を防ぐことができる。

40

#### 【0030】

リミッタ206、リミッタ207により制限された電流指令値は、新たな電流指令値I\_ref\_newとなり、電流制御器208に入力される。電流制御器208は、リミッタ207より入力される電流指令値I\_ref\_newと、電流検出器11により検出された二次電池充放電電流Ibatを入力し、両者の偏差が小さくなるように、双方向チョップ20の二次電池側出力電圧指令値を算出する。duty比算出器209は、電流制御器208より入力された電圧指令値から、IGBT5,6のduty比を算出し、ゲート信号

50

発生器 210 に出力する。ゲート信号発生器 210 は、*duty* 比算出器 209 より入力された *duty* 比と、搬送波である三角波を基に、IGBT 5, 6 のゲート信号を発生する。

【0031】

以上により、本実施例の電力貯蔵式き電線電圧補償装置 100 は、電力変換器 20 のき電線側電圧 *V<sub>dc</sub>* が充電開始電圧 (上限値) *V<sub>abs</sub>* を超えれば、き電線 700 より急ぎ電力を吸収して、き電線電圧の上昇を抑制する。また、き電線側電圧 *V<sub>dc</sub>* が放電開始電圧 (下限値) *V<sub>disc</sub>* を下回れば、き電線に向けて電力を緩やかに放出して、き電線電圧の低下を抑制する。さらに、き電線側電圧 *V<sub>dc</sub>* が、*V<sub>disc</sub>* 以上 *V<sub>abs</sub>* 以下で、積極的な電圧補償が不要な状態にあれば、二次電池 1 の充電率 *SOC* を目標値 *SOC<sub>ref</sub>* (30 [%]) に向けて充放電制御を実行する。

10

【0032】

次に、本実施例の要部である放電開始電圧算出器 201 の動作について説明する。

【0033】

放電開始電圧算出器 201 は、二次電池 1 の温度を検出する温度検出器 10 の検出値 *T<sub>batt</sub>* を入力し、放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* を出力する。

【0034】

図 3 は、本発明の第 1 の実施例における二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* と放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* の関係図である。二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* が、通常の温度、例えば、第 2 の所定温度 *T<sub>H2</sub>* (例えば、10 [ ]) 以上の場合、放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* を変電所 500 の無負荷時出力電圧 *V<sub>dc0</sub>* より低い第 1 の放電開始電圧 *V<sub>disc1</sub>* にしておく。しかし、二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* が、第 1 の所定温度 *T<sub>H1</sub>* (例えば、0 [ ]) を下回ると、放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* を、変電所 500 の無負荷時出力電圧 *V<sub>dc0</sub>* よりも高く、かつ充電開始電圧 *V<sub>abs</sub>* 未満の第 2 の放電開始電圧 *V<sub>disc2</sub>* に切替える。さらに、再び、二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* が、第 2 の所定温度 *T<sub>H2</sub>* まで上昇すれば、放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* を第 1 の放電開始電圧 *V<sub>disc1</sub>* に戻す。これにより、通常、電圧補償装置 100 は、き電線側電圧 *V<sub>dc</sub>* が十分に低下したときだけ、電圧維持のための放電を行う。放電開始電圧 *V<sub>disc1</sub>* は、無負荷時出力電圧 *V<sub>dc0</sub>* よりも数百 [V] 低く設定することが望ましい。

20

【0035】

一方、二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* が低下した場合については、充放電による電圧制御の干渉を防ぐため、第 2 の放電開始電圧 *V<sub>disc2</sub>* を、無負荷時出力電圧 *V<sub>dc0</sub>* と充電開始電圧 *V<sub>abs</sub>* の間の値とする。

30

【0036】

また、第 1, 第 2 の所定温度 *T<sub>H1</sub>*, *T<sub>H2</sub>* は、機器容量に許容される変動幅により決まる。例えば、機器容量許容変動幅が 20 % である場合、第 1 の所定温度 *T<sub>H1</sub>* は、二次電池 1 の最大充放電電流が 10 [%] 減るときの温度とすればよい。第 2 の所定温度 *T<sub>H2</sub>* は、コンデンサ 3 の電圧がばたつきを起こさないよう、数 [ ] 以上高い温度とする。ここでは、温度 *T<sub>batt</sub>* に対する放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* の関係にヒステリシス特性を持たせることで、コンデンサ 3 の電圧のばたつきを抑制している。

40

【0037】

図 4 は、本発明の第 1 の実施例の変形例における二次電池 1 の温度 *T<sub>batt</sub>* と放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* の関係図である。コンデンサ 3 の電圧のばたつきを抑制するため、図 3 に代えて、図 4 の特性を持たせることもできる。すなわち、電池温度 *T<sub>batt</sub>* が、第 2 の所定温度 *T<sub>H2</sub>* から第 1 の所定温度 *T<sub>H1</sub>* に下がるに伴ない、放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* を連続的に上昇させる。これにより、電池温度 *T<sub>batt</sub>* の低下に応じて、放電の機会を増大して、二次電池の温度を上昇させ、充放電効率を高めるとともに、滑らかな放電開始電圧 *V<sub>disc</sub>* の変化によって、電力変換器のき電線側電圧 *V<sub>dc</sub>* のばたつきを無くすることができる。

【0038】

50



このようにして、二次電池検出温度 $T_{bat}$ が下がると、放電開始電圧 $V_{disc}$ が上昇し、二次電池1から放電して電力変換器のき電線側電圧(コンデンサ3の電圧) $V_{dc}$ が上昇する。この状況で、車両600が加速すると、電圧補償装置100の放電可能電力よりも車両600の力行に要する電力が小さければ、全力行エネルギーを電圧補償装置100から供給できる。また、電圧補償装置100の放電可能電力よりも車両600の力行用電力が大きい場合は、電圧補償装置100と変電所500の両方から車両600への電力供給がなされ、電圧補償装置100は、最大放電電力で放電運転を行う。したがって、いずれの条件においても、放電開始電圧 $V_{disc}$ を高くすることにより、力行車両への電力供給を優先でき、二次電池1の発熱を大きくすることができ、その温度上昇による内部抵抗低下による充放電効率の向上が期待できる。

10

## 【0039】

また、二次電池1の温度検出値 $T_{bat}$ と放電開始電圧 $V_{disc}$ の関係にヒステリシス特性を持たせ、あるいは放電開始電圧 $V_{disc}$ を連続的に変化させることにより、電池温度がふらついても、電力変換器20のき電線側電圧 $V_{dc}$ がばたつくことはない。

## 【0040】

本実施例の動作例を、図3を用いて説明する。

## 【0041】

図5は、本発明の第1の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の動作波形図であり、上から順に、放電開始電圧 $V_{disc}$ とき電線側電圧(コンデンサ電圧) $V_{dc}$ 、充電率SOC、並びに二次電池1の温度 $T_{bat}$ を示す。時刻 $t_1$ において、検出温度 $T_{bat}$ が第1の所定温度 $TH_1$ を下回ったとする。このとき、放電開始電圧 $V_{disc}$ は、変電所の無負荷時出力電圧 $V_{dc0}$ より低い値である第1の放電開始電圧 $V_{disc1}$ から、 $V_{dc0}$ より高い第2の放電開始電圧 $V_{disc2}$ に切替わる。これにより、AVR220内の電圧制御器203の働きにより、電力変換器20が二次電池1の電力をき電線側のコンデンサ3へ放電させ、その電圧 $V_{dc}$ を $V_{disc2}$ まで上昇させる。時刻 $t_2$ において、車両が加速を開始すると、この実施例の電圧補償装置100は放電を開始する。このとき、電力変換器20のき電線側(コンデンサ3の)電圧 $V_{dc}$ は、変電所500の無負荷時出力電圧 $V_{dc0}$ より高いため、力行車両600への電力供給は、電圧補償装置から優先的に供給される。この二次電池1からの放電に伴なう電池の内部発熱により、時刻 $t_3$ において、二次電池1の温度 $T_{bat}$ が第2の所定温度 $TH_2$ を超える。このため、放電開始電圧 $V_{disc}$ は、第2の放電開始電圧 $V_{disc2}$ から第1の放電開始電圧 $V_{disc1}$ に戻る。時刻 $t_3$ の直後は、放電開始電圧 $V_{disc}$ が低下することにより、二次電池1からの電力供給が絶たれ、コンデンサ3に蓄積された電荷は車両に放出されるため、コンデンサ電圧 $V_{dc}$ は低下する。しかし、この電圧 $V_{dc}$ が、放電開始電圧 $V_{disc}$ 以下となるため、再び二次電池1から放電される。時刻 $t_4$ において、車両の力行が終了したとする。このため、コンデンサ3は、変電所500の出力電力により充電される。またこのとき、コンデンサ電圧 $V_{dc}$ は、放電開始電圧 $V_{disc}$ 以上で充電開始電圧 $V_{abs}$ 未満となり、本実施例の電圧補償装置100の電流指令値 $I_{ref}$ は、充電率制御器204からの電流指令値が選択される。したがって、二次電池1の充電率SOCが、充電率指令値、例えば30[%]に追従するよう、充放電がなされる。

20

30

40

## 【0042】

時刻 $t_5$ において、車両600が回生運転を開始し、余剰回生電力が発生したとする。余剰回生電力の発生に伴ない、コンデンサ3はこの回生電力により充電される。そして、その電圧 $V_{dc}$ が充電開始電圧 $V_{abs}$ を超えた時点で、本実施例の電圧補償装置100の電流指令値 $I_{ref}$ は電圧制御器203からの指令に切替わり、二次電池1への充電がなされ、き電線700から回生電力を吸収する。

## 【0043】

この実施例によれば、低温時に、二次電池での発熱を大きくして二次電池の温度を高め、その内部抵抗低下により充放電効率を向上でき、電圧補償装置の利用率を向上できる。

## 【0044】

50

また、二次電池の温度と電圧補償装置の放電開始電圧の関係にヒステリシス特性を持たせ、あるいは放電開始電圧を連続的に変化させることにより、コンデンサ電圧のばたつきを抑制できる。

【0045】

第2の実施例：

本発明の第2の実施例を、図6及び図7を参照して説明する。

【0046】

図6は、本発明の第2の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図である。本実施例と第1の実施例との差は、二次電池の温度が低くなったとき、予め、その充電率を高める制御を行うことである。充電率が高くなった後に、第1の実施例と同じく、放電開始電圧  $V_{disc}$  を、変電所の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より高い第2の放電開始電圧  $V_{disc2}$  に変更する。これにより、放電運転前に、放電できる電力量を増やしておくことができるため、より大きい放電運転時の温度上昇が見込まれる。

10

【0047】

以下、図1と同一機能部には同一符号をつけ、重複説明を防ぎ、先の実施例と異なる点のみ説明する。

【0048】

充電率指令値算出器250は、二次電池1の温度を検出する温度検出器10で検出された温度検出値  $T_{bat}$  が、第1の所定温度  $TH1$  以下であれば、充電率指令値  $SOC\_ref$  を通常の指令値  $SOC\_ref1$  より高い値  $SOC\_ref2$  に切替える。したがって、その出力値  $SOC\_ref$  が、充電率制御器204の充電率指令となり、充電率を制御する。放電開始電圧算出器260は、充電率  $SOC$  と充電率指令値  $SOC\_ref$  と、二次電池温度検出値  $T_{bat}$  を入力する。そして、次の条件を満たすとき、放電開始電圧  $V_{disc}$  を変電所500の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より高い第2の放電開始電圧  $V_{disc2}$  に切替える。すなわち、充電率指令値が  $SOC\_ref2$  で、かつ充電率  $SOC$  が指令値と一致し、なおかつ温度検出値  $T_{bat}$  が第2の所定温度  $TH2$  以下の条件である。また、二次電池温度検出値  $T_{bat}$  が、第2の所定温度  $TH2$  以上となれば、放電開始電圧  $V_{disc}$  を無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より低い第1の放電開始電圧  $V_{disc1}$  に戻す。電流制御系240は、第1の実施例と同一の動作をする。

20

【0049】

図7を用いて本実施例の電圧補償装置の動作を説明する。

30

【0050】

図7は、本発明の第2の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の動作波形図であり、上段に、放電開始電圧  $V_{disc}$  と、き電線側電圧（コンデンサ電圧）  $V_{dc}$ 、中段には充電率  $SOC$ 、下段には二次電池1の温度  $T_{bat}$  を示す。

【0051】

時刻  $t_0$  において、二次電池1の温度検出値  $T_{bat}$  が第1の所定温度  $TH1$  を下回ったとする。これにより、充電率指令値算出器250は、充電率指令値  $SOC\_ref$  を  $SOC\_ref1$  から  $SOC\_ref2$  に切替える。充電率指令値  $SOC\_ref$  が高くなると、電圧補償装置100は充電率制御器204によって充電運転を開始する。この充電運転により、二次電池1の温度は若干上昇する。時刻  $t_1$  において、充電率  $SOC$  が充電率指令値  $SOC\_ref$  と一致すると、放電開始電圧算出器260は、電池温度  $T_{bat}$  が第2の所定温度  $TH2$  以下であるため、放電開始電圧  $V_{disc}$  を第2の放電開始電圧  $V_{disc2}$  に切替える。時刻  $t_2$  において、車両が力行を開始すると、第1の実施例と同じく、電圧補償装置100から優先的に電力が供給される。以下は、第1の実施例と全く同じである。

40

【0052】

このように、予め、二次電池1の充電率  $SOC$  を高くするため、第1の実施例に比べて力行車両へ供給できる電力量が多くなり、二次電池1の温度上昇を増すことができ、二次電池の充放電効率を向上でき、電圧補償装置の利用率を向上できる。

50

## 【 0 0 5 3 】

第 3 の実施例：

本発明の第 3 の実施例を、図 8 を用いて説明する。

## 【 0 0 5 4 】

図 8 は、本発明の第 3 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図である。本実施例と第 1 の実施例との差は、二次電池と電力変換器を有する電力貯蔵式き電線電圧補償装置が複数台存在し、それらを統括制御する電圧管理者がある点と、充電開始電圧と放電開始電圧をこの電圧管理者から出力するようにしたことである。これにより、き電線に変電所と車両が接続されていなくても二次電池の充放電が可能となる。

## 【 0 0 5 5 】

以下、先の実施例と異なる点のみ説明する。また、図 8 において、図 1 と同一機能部は同一符号をつけ、重複説明を防ぐ。

## 【 0 0 5 6 】

図 8 において、第 1、第 2 の電圧補償装置 1 0 0、1 1 0 を備え、両者は、隣接していても、遠方でも良いが、同一の構成を有する。電圧管理者 1 0 0 0 は、電圧補償装置 1 0 0 と 1 1 0 のそれぞれの二次電池の検出温度  $T_{bat1}$ 、 $T_{bat2}$ 、二次電池の充電率  $SO C 1$ 、 $SO C 2$  を入力し、それぞれの電圧補償装置に放電開始電圧と充電開始電圧を出力する。電圧補償装置 1 0 0 と 1 1 0 の放電開始電圧と充電開始電圧を区別するため、電圧補償装置 1 0 0 の放電開始電圧を  $V_{disc1}$ 、充電開始電圧を  $V_{abs1}$ 、電圧補償装置 1 1 0 への放電開始電圧を  $V_{disc2}$ 、充電開始電圧を  $V_{abs2}$  と記す。

## 【 0 0 5 7 】

二次電池の検出温度  $T_{bat1}$  と  $T_{bat2}$  の少なくとも一方が第 1 の所定温度  $TH1$  以下になると、電圧管理者 1 0 0 0 は、放電開始電圧、充電開始電圧を ( 1 ) 式のように設定する。

## 【 0 0 5 8 】

$$V_{abs1} > V_{disc1} > V_{abs2} > V_{dc0} > V_{disc2} \dots \dots \dots ( 1 )$$

この関係を満たすとき、第 1 の電圧補償装置 1 0 0 の電力変換器 2 0 のき電線側 ( コンデンサ 3 ) の電圧  $V_{dc1}$  は、 $V_{disc1}$  を目指して制御されており、第 2 の電圧補償装置 1 1 0 の充電開始電圧  $V_{abs2}$  より高くなる。このため、第 2 の電圧補償装置 1 1 0 のき電線側 ( コンデンサ 3 ) の電圧  $V_{dc2}$  もこれに応じて高い電圧 (  $V_{dc1}$   $V_{dc2}$  ) となり、第 1 の電圧補償装置 1 0 0 が放電し、第 2 の電圧補償装置 1 1 0 が充電を開始する。電圧補償装置 1 0 0 の二次電池の充電率  $SO C 1$  が許容最低値 ( 例えば 2 0 [ % ] ) 以下となるか、電圧補償装置 1 1 0 の二次電池の充電率  $SO C 2$  が許容最大値 ( 例えば 8 0 [ % ] ) 以上となったとき、電圧管理者 1 0 0 0 は、電圧補償装置 1 0 0 と 1 1 0 の放電開始電圧、充電開始電圧を ( 2 ) 式のように切替える。

## 【 0 0 5 9 】

$$V_{abs2} > V_{disc2} > V_{abs1} > V_{dc0} > V_{disc1} \dots \dots \dots ( 2 )$$

このとき、電圧補償装置 1 1 0 のき電線側電圧  $V_{dc2}$  は、電圧補償装置 1 0 0 の充電開始電圧  $V_{abs1}$  より高くなるため、電圧補償装置 1 1 0 が放電し、電圧補償装置 1 0 0 が充電を開始する。

## 【 0 0 6 0 】

次に、2 つの二次電池の検出温度  $T_{bat1}$  と  $T_{bat2}$  が共に第 2 の所定温度  $TH2$  を超えると、電圧管理者 1 0 0 0 は、充電開始電圧と放電開始電圧を ( 3 ) 式のように切替え、通常の状態に戻る。

## 【 0 0 6 1 】

$$V_{abs1} = V_{abs2} > V_{dc0} > V_{disc1} = V_{disc2} \dots \dots \dots ( 3 )$$

これにより、電圧補償装置 1 0 0、1 1 0 は、相互間で充放電を繰り返すことによって、力行車両が近くに無い場合でも、二次電池温度を上げることができる。また、力行車両が近くにいる場合も、放電開始電圧を高くした方の電圧補償装置からき電線 7 0 0 に向けて優先的に放電されるため、二次電池の温度上昇が可能である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 2 】

本実施例によれば、複数の電圧補償装置間での充放電が可能のため、力行車両がない場合でも、低温時に二次電池の温度を高く維持し、その充放電効率を向上でき、電圧補償装置の利用率を向上できる。

## 【 0 0 6 3 】

第 4 の実施例：

本発明の第 4 の実施例を、図 9 を用いて説明する。

## 【 0 0 6 4 】

図 9 は、本発明の第 4 の実施例による電力貯蔵式電線電圧補償装置の全体構成図である。本実施例のねらいは、電圧補償装置の運転開始時に、充電運転をさせ、二次電池の温度を上昇させることである。本実施例が第 2 の実施例と異なる点は、一日の運転終了時に二次電池の充電率を下げておくための充電率調整系 270 を有することのみである。

## 【 0 0 6 5 】

充電率調整系 270 は、列車運行ダイヤを記憶するメモリ 271 と、現在の時刻を出力するタイマ 272、並びに放電開始電圧切替器 273 により構成される。この放電開始電圧切替器 273 は、接続される路線の最終営業車両が終点の駅に到着する時刻から機器停止までの間、放電開始電圧  $V_{disc}$  を、変電所 500 の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より高い値  $V_{disc2}$  に切替える。これにより、営業運転終了後は、車両が車両基地 800 まで移動する力行電力及び補機消費電力を、電圧補償装置 100 より優先的に供給する。したがって、電圧補償装置 100 が一日の運転を終え、停止されるときには、二次電池 1 の充電率が低くなっており、翌日の運転開始時、充電率 SOC は、充電率指令値  $SOC_{ref}$  より低いいため、充電運転から開始され、二次電池 1 の温度上昇が見込まれる。したがって、第 2 の実施例よりも、さらなる二次電池 1 の温度上昇が期待される。

## 【 0 0 6 6 】

以下、第 2 の実施例と異なる点のみ説明する。また、図 9 において、図 6 と同一機能部は同一符号をつけ、重複説明を防ぐ。

## 【 0 0 6 7 】

列車運行ダイヤを記憶するメモリ 271 と、現在の時刻を出力するタイマ 272 と、放電開始電圧算出器 260 の出力値は、放電開始電圧切替器 273 に入力される。放電開始電圧切替器 273 は、メモリ 271 の出力値と、タイマ 272 の出力値より、電圧補償装置 100 が設置される路線の最終営業運転車両が終点の駅に到着した時刻  $t_{last}$  を認識する。放電開始電圧切替器 273 は、時刻  $t_{last}$  前までは放電開始電圧算出器 260 の出力値  $V_{disc}$  をそのまま電圧制御器 203 に出力する。時刻  $t_{last}$  から電圧補償装置 100 が運転停止されるまでは、放電開始電圧算出器 260 の出力値  $V_{disc}$  を、変電所 500 の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より高い値  $V_{disc2}$  に切替え、電圧制御器 203 に出力する。これにより、時刻  $t_{last}$  以降、電圧補償装置 100 は、車両 600 が車両基地 800 に移動するまでの力行電力及び車両内補機の消費電力を供給し、二次電池 1 の充電率を充電率指令値  $SOC_{ref}$  より低い値まで下げることができる。

## 【 0 0 6 8 】

翌朝の運転開始時、二次電池 1 の充電率 SOC は、充電率指令値  $SOC_{ref}$  より低いいため、充電運転がなされ、その際に二次電池 1 の温度上昇が見込まれる。特に、翌朝の運転開始時に二次電池 1 の温度が第 1 の所定値  $TH1$  より低い場合、運転開始時の二次電池 1 の充電率指令値は大きな  $SOC_{ref2}$  となり、より大きな二次電池 1 の温度上昇が見込まれる。

## 【 0 0 6 9 】

図 10 を用いて本実施例の電圧補償装置の動作を説明する。

## 【 0 0 7 0 】

図 10 は、本発明の第 4 の実施例による電力貯蔵式電線電圧補償装置の動作波形図であり、上段に、電力変換器 20 の電線側電圧（コンデンサ電圧） $V_{dc}$  と放電開始電圧  $V_{disc}$ 、中段には充電率 SOC と充電率指令値  $SOC_{ref}$ 、下段には二次電池 1

10

20

30

40

50

の温度  $T_{bat}$  を示す。時刻  $t_{last}$  において、充電率調整系 270 は放電開始電圧  $V_{disc}$  を  $V_{disc2}$  に変更する。これにより、車両 600 が車両基地 800 まで移動する力行電力及び車両の補機消費電力は、電圧補償装置 100 より優先的に供給され、二次電池 1 の充電率は低下する。放電開始電圧  $V_{disc2}$  が変電所 500 の無負荷時出力電圧  $V_{dc0}$  より高い値であるため、二次電池 1 の充電率が低下しても、電流指令値は電圧制御系より出力される電流指令値に基づき決定され、充電率制御は行われない。時刻  $t_{stop}$  において、電圧補償装置 100 の一日の運転が終了する。翌日の運転開始時刻  $t_{start}$  において、電圧補償装置 100 が起動されるとき、放電開始電圧  $V_{disc}$  は  $V_{dc0}$  より低い値であるため、充電率制御が開始され、充電率 SOC を充電率指令値  $SOC_{ref}$  に追従するように二次電池 1 を充電する。充電運転中に、二次電池 1 では、内部抵抗によるジュール熱が発生するため、二次電池 1 の温度が上昇する。また、運転開始時において、二次電池 1 の温度が第 1 の所定温度  $T_{H1}$  より低い場合には、充電率指令値  $SOC_{ref}$  は通常より高い値  $SOC_{ref2}$  であり、充電運転時間が長くなり、より大きい二次電池 1 の温度上昇が得られる。時刻  $t_1$  において、充電率が充電率指令値に一致するため、放電開始電圧算出器 260 は放電開始電圧  $V_{disc}$  をより高い  $V_{disc2}$  に変更する。時刻  $t_2$  において、車両 600 が力行を開始すると、この力行に必要な電力は、電圧補償装置 100 から優先的に供給される。

#### 【0071】

本実施例によれば、低温時には二次電池での発熱を大きくすることにより二次電池の温度を高く維持し、二次電池の充放電効率を向上でき、電圧補償装置の利用率を向上できる。

#### 【0072】

また、電圧補償装置は二次電池の充電率を下げた状態で一日の運転を終了するため、翌日の運転開始時に充電運転から開始される。このため、車両への放電運転開始前にも、充電運転による二次電池の温度上昇が得られ、さらなる二次電池の温度上昇が期待できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0073】

【図 1】本発明の第 1 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図。

【図 2】二次電池の充電率対端子電圧特性の一例グラフ。

【図 3】本発明の第 1 の実施例における二次電池の温度と放電開始電圧の関係図。

【図 4】第 1 の実施例の変形例における二次電池の温度と放電開始電圧の関係図。

【図 5】本発明の第 1 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の動作波形図。

【図 6】本発明の第 2 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図。

【図 7】本発明の第 2 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の動作波形図。

【図 8】本発明の第 3 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図。

【図 9】本発明の第 4 の実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の全体構成図。

【図 10】本発明の第 4 実施例による電力貯蔵式き電線電圧補償装置の動作波形図。

#### 【符号の説明】

#### 【0074】

1 ... 二次電池、2, 4 ... リアクトル、3 ... コンデンサ、5, 6 ... IGBT、7, 8 ... ダイオード、10 ... 温度検出器、11 ... 電流検出器、12, 13 ... 電圧検出器、20 ... 電力変換器 (DC/DC コンバータ, 双方向チョッパ)、21, 23 ... フィルタ部、22 ... スイッチング部、100, 110 ... 電力貯蔵式き電線電圧補償装置 (電圧補償装置)、200 ... 制御部、201, 260 ... 放電開始電圧算出器、202 ... 充電率算出器、203 ... 電圧制御器、204 ... 充電率制御器、205 ... 切替えスイッチ、206, 207 ... リミッタ、208 ... 電流制御器、209 ... duty 比算出器、210 ... ゲート信号発生器、220 ... 電圧制御系 (AVR)、230 ... 充電率制御系、240 ... 電流制御系 (ACR)、250 ... 充電率指令値算出器、260 ... 放電開始電圧算出器、270 ... 充電率調整系、271 ... メモリ、272 ... タイマ、273 ... 放電開始電圧切替器、300 ... 主回路部、500 ... 変電所、600 ... 電気車両、700 ... き電線、701 ... レール、1000 ... 電圧管理者。

10

20

30

40

50

【図1】

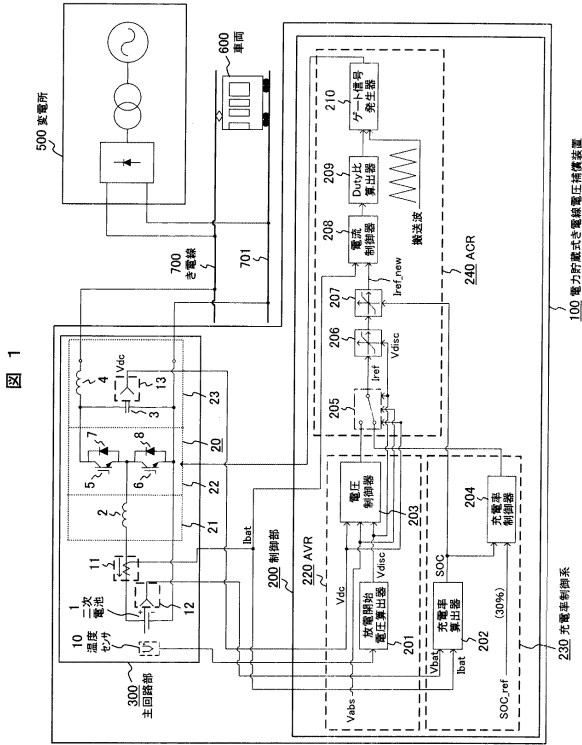


図 1

【図2】

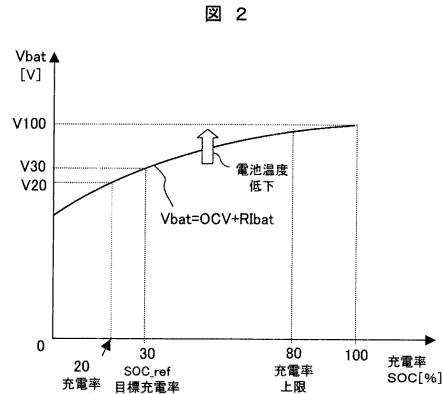


図 2

【図3】

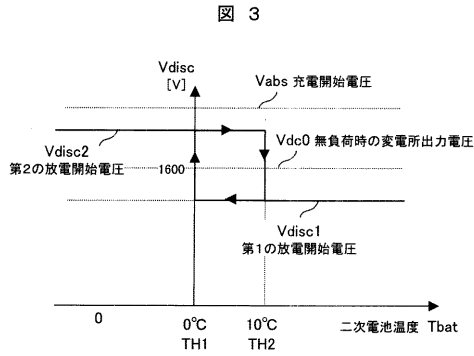


図 3

【図4】

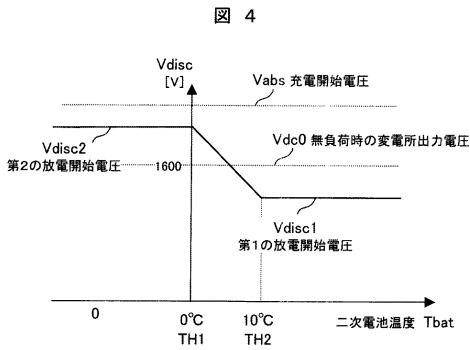


図 4

【図5】

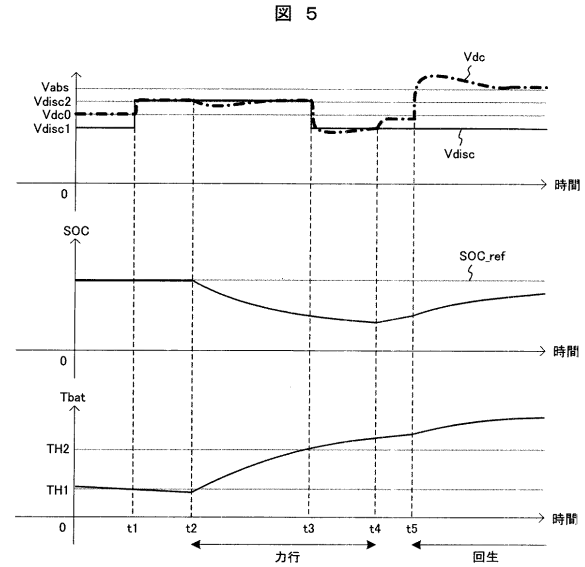
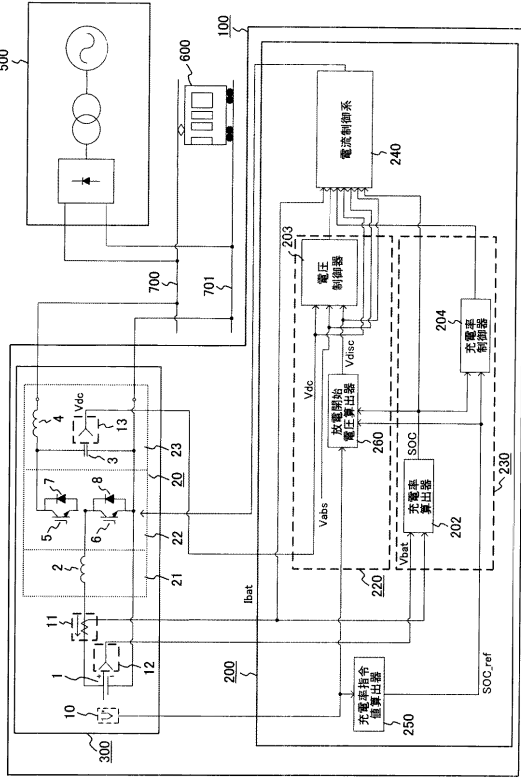


図 5

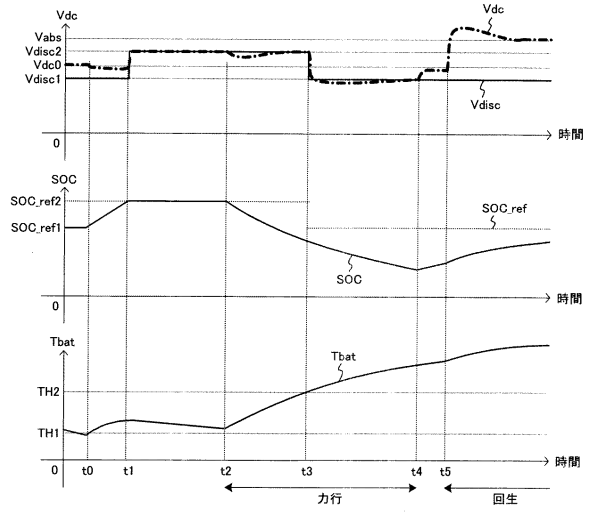
【 図 6 】

図 6



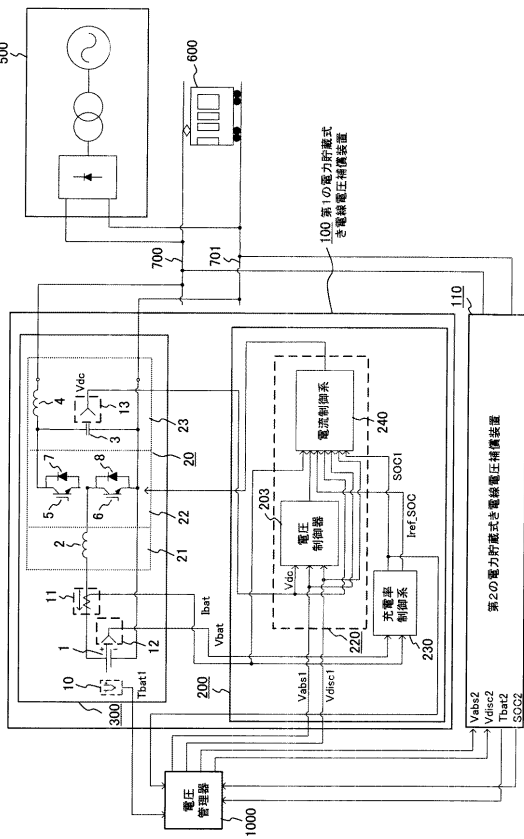
【 図 7 】

図 7



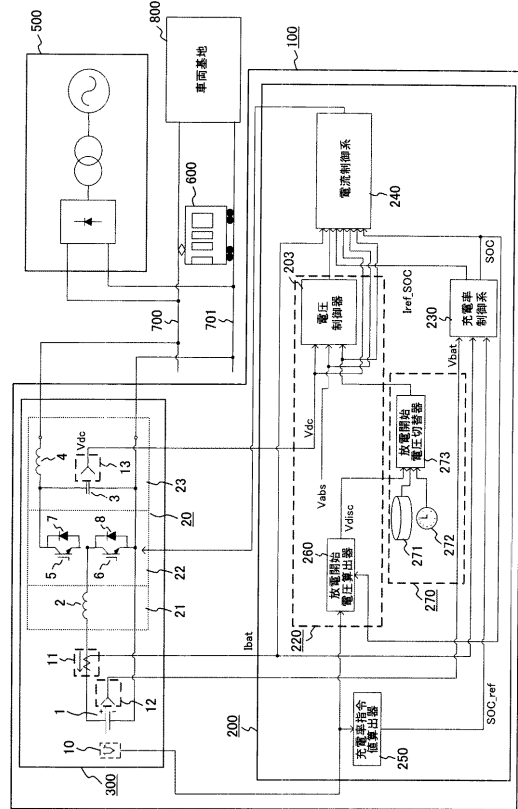
【 図 8 】

図 8



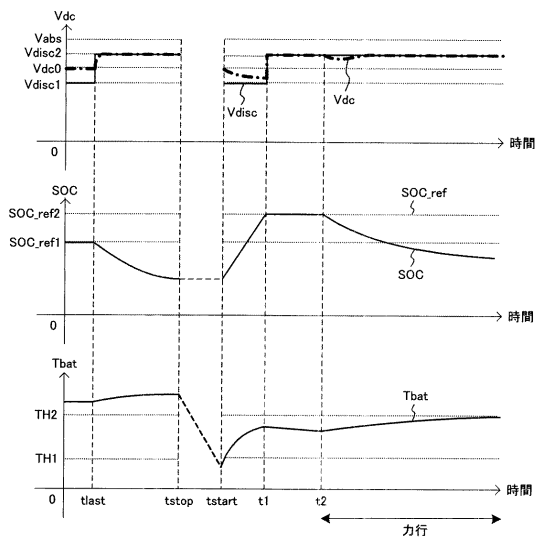
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10





---

フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 哲也  
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所 情報制御システム事業部内
- (72)発明者 伊君 高志  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

審査官 東 勝之

- (56)参考文献 特開2001-260719(JP,A)  
特開2003-220859(JP,A)  
特開2001-240325(JP,A)  
特開2001-292533(JP,A)  
特開平11-091415(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| B60M | 3/02  |
| B60M | 3/06  |
| H01M | 10/44 |
| H02J | 7/34  |