

(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2015-114135

(P2015-114135A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G O 1 R 31/36 (2006.01)</b>	G O 1 R 31/36	A 2 G O 1 6
<b>H O 1 M 10/48 (2006.01)</b>	H O 1 M 10/48	P 5 G 5 0 3
<b>H O 2 J 7/00 (2006.01)</b>	H O 2 J 7/00	M 5 H O 3 0

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-254548 (P2013-254548)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成25年12月9日 (2013. 12. 9)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
		(74) 代理人	100121821
			弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(72) 発明者	草野 賢和
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	梅本 久
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

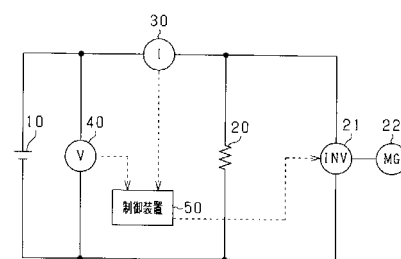
(54) 【発明の名称】 電池制御装置

## (57) 【要約】

【課題】蓄電池において充放電可能な電力を精度よく算出可能な電池制御装置を提供する。

【解決手段】蓄電池 10 に所定期間で電流を流して充電又は放電を行い、その充電又は放電により端子間電圧が変化する場合において、所定期間の経過後において充放電可能となる電力を算出する電池制御装置 50 である。電池制御装置 50 は、蓄電池 10 の充電又は放電を行う場合に、所定期間における端子間電圧の変化量のうち、蓄電池 10 の内部における電荷の蓄積に起因する電圧変化分である特定変化量を算出する。また、所定期間の経過後に端子間電圧を所定電圧まで変化させるのに要する蓄電池 10 に流れる通電電流と、所定期間において所定電流を流した場合に所定期間の経過後における蓄電池 10 の端子間電圧とのいずれかを予測対象値とし、算出した特定変化量を用いて、予測対象値を算出する。また、算出した予測対象値に基づいて、充放電可能となる電力を算出する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

蓄電池（１０）に所定期間で電流を流して充電又は放電を行い、その充電又は放電により前記蓄電池の端子間電圧が変化する場合において、前記所定期間の経過後における充放電可能な電力を算出する電池制御装置（５０）であって、

前記蓄電池の充電又は放電を行う場合に、前記所定期間における前記端子間電圧の変化量のうち、前記蓄電池の内部における電荷の蓄積に起因する電圧変化分である特定変化量を算出する特定変化量算出手段と、

前記所定期間の経過後に前記端子間電圧を所定電圧まで変化させるのに要する前記蓄電池に流れる通電電流と、前記所定期間において所定電流を流した場合に前記所定期間の経過後における前記蓄電池の端子間電圧とのいずれかを予測対象値とし、前記特定変化量算出手段により算出した特定変化量を用いて、前記予測対象値を算出する予測値算出手段と

10

、  
前記予測値算出手段により算出した予測対象値に基づいて、前記充放電可能な電力を算出する電力算出手段と、  
を備えることを特徴とする電池制御装置。

**【請求項 2】**

前記蓄電池の等価回路は容量成分（Ｃ１，Ｃ２）を含み、

前記特定変化量算出手段は、前記等価回路の容量成分の分極状態の変化に基づいて、前記特定変化量を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の電池制御装置。

20

**【請求項 3】**

前記特定変化量算出手段は、前記蓄電池に通電電流が流れることで変化する前記蓄電池の充電率の変化量を算出し、その充電率の変化量に基づいて前記蓄電池の開放電圧の変化を算出し、その開放電圧の変化に基づいて前記特定変化量を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電池制御装置。

**【請求項 4】**

前記蓄電池の端子間電圧を検出する電圧検出手段（４０）及び前記蓄電池に流れる通電電流を検出する電流検出手段（３０）から、検出値をそれぞれ取得する検出値取得手段と

、  
前記所定期間の開始時における前記端子間電圧の検出値と、前記所定期間の経過後の前記端子間電圧の目標値と、の差である変化電圧を算出する変化電圧算出手段と、を備え、

30

前記予測値算出手段は、前記変化電圧に対して前記特定変化量算出手段により算出された特定変化量を減算又は加算して求められた電圧値と、前記蓄電池の内部抵抗値と、前記通電電流の検出値とに基づいて、前記予測対象値としての前記通電電流の予測値を算出する電流予測値算出手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の電池制御装置。

**【請求項 5】**

前記電流予測値算出手段によって算出された前記通電電流の予測値が、予め定めた基準値を超えているか否かを判定する判定手段と、

前記所定期間の開始時における前記通電電流の検出値と、前記通電電流の目標値と、の差である変化電流を算出する変化電流算出手段と、を備え、

40

前記予測値算出手段は、前記通電電流の予測値が前記基準値を超えていると前記判定手段によって判定された場合に、前記変化電流と前記蓄電池の内部抵抗値とを積算することで求められる、前記蓄電池の内部抵抗に流れる通電電流が変化することで生じる電圧変化分と、前記特定変化量算出手段により算出された特定変化量と、前記端子間電圧の検出値とを減算又は加算して、前記予測対象値としての前記端子間電圧の予測値を算出する電圧予測値算出手段を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の電池制御装置。

**【請求項 6】**

前記蓄電池の端子間電圧を検出する電圧検出手段（４０）及び前記蓄電池に流れる通電電流を検出する電流検出手段（３０）から、検出値をそれぞれ取得する検出値取得手段と

50

、  
前記所定期間の開始時における前記通電電流の検出値と、前記所定期間の経過後の前記通電電流の目標値と、の差である変化電流を算出する変化電流算出手段と、を備え、

前記予測値算出手段は、前記変化電流と前記蓄電池の内部抵抗値とを積算することで求められる、前記蓄電池の内部抵抗に流れる通電電流が変化することで生じる電圧変化分と、前記特定変化量算出手段により算出された特定変化量と、前記端子間電圧の検出値とを減算又は加算して、前記予測対象値としての前記端子間電圧の予測値を算出する電圧予測値算出手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の電池制御装置。

【請求項 7】

前記所定期間において前記端子間電圧又は前記通電電流の変化に伴って変化する前記蓄電池の内部抵抗値を、前記蓄電池の等価回路を構成する回路定数 ( $R_s$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ) と経過時間とに基づいて算出する内部抵抗値算出手段を備え、

前記予測値算出手段は、前記内部抵抗値算出手段によって算出された前記所定期間の経過後の前記蓄電池の内部抵抗値を用いて、前記予測対象値を算出することを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の電池制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電池において充放電可能な電力を推定する電池制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、蓄電池が車載用蓄電池として用いられる場合に、回生発電で発電された電力を蓄電池に対して充電するときには、蓄電池に充電可能な電力の推定が行われる。また、蓄電池から車両の主機としてのモータに電力を供給する際、蓄電池からモータに放電可能な電力の推定が行われる。

【0003】

蓄電池に対して充放電可能な電力を推定する充放電可能電力推定装置が知られている（例えば、特許文献 1）。特許文献 1 に記載の技術では、蓄電池の端子間電圧の変化と、電流の増減変化によって生じる電圧変化と、を等しいとみなして、蓄電池の充放電可能電力及び放電可能電力を推定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 203935 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、蓄電池において行われる充電及び放電は、所定の期間において行われ、その充放電が行われる期間において、蓄電池の内部に対して電荷が蓄積される。つまり、蓄電池の通電時において、出力端子に電荷が流入する場合、その一部が蓄電池内部に蓄積される。この電荷の蓄積が生じる場合、蓄電池の端子間電圧の変化分には、内部抵抗値  $\times$  通電電流として求められる電圧変化分と、蓄電池内部の電荷の蓄積により生じる電圧変化分とが含まれることになる。この場合、蓄電池の端子間電圧の変化と、電流の増減変化によって生じる電圧変化とを等しいとみなす上記技術では、電荷の蓄積又は放出によって生じる電圧変化分が考慮されておらず、端子間電圧の予測値の精度が悪化する。その結果、充放電可能な電力を精度よく算出することができないと考えられる。

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、蓄電池において充放電可能な電力を精度よく算出可能な電池制御装置を提供することを主たる目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明は、蓄電池（10）に所定期間で電流を流して充電又は放電を行い、その充電又は放電により前記蓄電池の端子間電圧（ $V$ ）が変化する場合において、前記所定期間の経過後における充放電可能な電力（ $W$ ）を算出する電池制御装置（50）であって、前記蓄電池の充電又は放電を行う場合に、前記所定期間における前記端子間電圧の変化量（ $V$ ）のうち、前記蓄電池の内部における電荷の蓄積に起因する電圧変化分である特定変化量（ $V_c$ 、 $OCV$ ）を算出する特定変化量算出手段と、前記所定期間の経過後に前記端子間電圧を所定電圧まで変化させるのに要する前記蓄電池に流れる通電電流（ $I^*(Ta)$ ）と、前記所定期間において所定電流を流した場合に前記所定期間の経過後における前記蓄電池の端子間電圧（ $V^*(Ta)$ ）とのいずれかを予測対象値とし、前記特定変化量算出手段により算出した特定変化量を用いて、前記予測対象値を算出する予測値算出手段と、前記予測値算出手段により算出した予測対象値に基づいて、前記充放電可能な電力を算出する電力算出手段と、を備えることを特徴とする。

10

## 【0008】

電池制御装置は、蓄電池の端子から入出力される通電電流又は蓄電池の端子間電圧を調整することで充放電時の電力を制御する。蓄電池においては電流が流れることで充電又は放電が行われ、それに伴い蓄電池の端子間電圧が変化する。所定期間において蓄電池の端子間電圧が変化して  $V$  分の電圧変化が生じたとしても、その電圧変化量  $V$  の全てが蓄電池の通電電流（出力端子から入出力される電流）に相関がある訳でなく、電圧変化量  $V$  には、電池内部の状態変化に伴い生じた電圧変化分も含まれる。この電圧変化分は、蓄電池における電荷の蓄積に起因する電圧変化分（電荷の蓄積及び蓄積電荷の放出による電圧変化分）に相当する。ここで、電圧変化量  $V$  のうち、蓄電池における電荷の蓄積に起因する電圧変化分を考慮せずに電流値や電圧値の予測を行い、その予測結果に基づいて電力制御を行う構成では、高精度な電力制御を実施できないものとなる。

20

## 【0009】

この点、上記構成では、蓄電池の充電又は放電を行う場合に、所定期間における端子間電圧の変化量のうち、蓄電池における電荷の蓄積又は放出に伴う電圧変化分である特定変化量を算出し、その特定変化量を用いて、予測対象値としての通電電流（電流予測値）又は端子間電圧（電圧予測値）を算出するようにした。また、その予測対象値に基づいて充放電可能な電力を算出するようにした。この場合、蓄電池における電荷の蓄積又は放出に伴う電圧変化分である特定変化量を考慮して電流予測又は電圧予測を行い、その予測結果に基づいて電力制御を実施できる。その結果、充放電可能な電力を精度良く算出することができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】蓄電池及び電池制御装置を備える回路図。

【図2】充電時における端子間電圧の変化予測を示す図。

【図3】蓄電池の等価回路を示す図。

【図4】充放電可能電力算出処理を示すフローチャート。

40

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

本実施形態における蓄電池10及び電池制御装置としての制御装置50を備える電気回路図を図1に示す。

## 【0012】

蓄電池10及び制御装置50は、車両に搭載されている。蓄電池10は、交流-直流変換を行うインバータ21を介してモータジェネレータ22に接続されている。モータジェネレータ22に対して運動エネルギーが供給され、モータジェネレータ22が発電機として機能する場合、蓄電池10はモータジェネレータ22から供給される電力によって充電される。また、モータジェネレータ22が動力源としてのモータとして機能する場合、蓄電

50

池 10 はモータジェネレータ 22 に対して電力供給を行う。また、蓄電池 10 は、電気負荷 20 に接続され、電気負荷 20 に対し電力を供給する。なお、蓄電池 10 は、リチウムイオン蓄電池である。

【0013】

蓄電池 10 と電気負荷 20 及びインバータ 21 とを接続する経路上には蓄電池 10 に流れる通電電流  $I$  を検出するための電流センサ 30 が設けられており、蓄電池 10 の両端子には、その両端子間の電圧  $V$  を検出するための電圧センサ 40 が設けられている。これら電流センサ 30 及び電圧センサ 40 はそれぞれ通電電流  $I$  及び端子間電圧  $V$  に応じた検出信号を出力し、その検出信号は制御装置 50 に入力される。検出値取得手段としての制御装置 50 は、入力される信号に基づいて電流センサ 30 及び電圧センサ 40 による検出値

10

【0014】

制御装置 50 は、蓄電池 10 において充放電を開始する際、電流センサ 30 及び電圧センサ 40 から取得した検出値に基づいて、蓄電池 10 に対して充放電可能な電力の最大値である充放電可能電力を算出する。ここで充放電可能電力とは、蓄電池 10 に印加される端子間電圧を所定の目標電圧  $V_m$  となるように調整した場合に蓄電池 10 において充放電される電力、及び、蓄電池 10 に流れる通電電流を所定の目標電流  $I_m$  となるように調整した場合に蓄電池 10 において充放電される電力のことを言う。目標電圧  $V_m$ 、及び、目標電流  $I_m$  は、例えば、蓄電池 10 が過充電及び過放電とならないような値に設定されている。そして、制御装置 50 は、充放電可能電力に基づいて、インバータ 21 の制御を行い、蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  及び蓄電池 10 に流れる通電電流  $I$  を調整する。

20

【0015】

蓄電池 10 の端子間電圧を充放電の開始時点 ( $t = 0$ ) における電圧値  $V(0)$  から目標電圧  $V_m$  に変化させる場合に、充放電の開始時点から  $T_a$  秒後 (時刻  $T_a$ ) における充放電可能電力を算出する方法を以下に示す。

【0016】

図 2 に示すように、端子間電圧  $V$  を  $V(0)$  から  $V_m$  へと変化させる場合の電圧変化量  $V$  は、通電電流の変化に伴う電圧変化量  $V_r$ 、蓄電池 10 内部の容量成分の分極電圧の変化量  $V_c$ 、開放電圧の変化量  $OCV$  の和として表される。

$$V = V_r + V_c + OCV \dots (1)$$

30

以下、 $V_r$ 、 $V_c$ 、 $OCV$  のそれぞれについて説明する。

【0017】

蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  を変化させると、蓄電池 10 に流れる通電電流  $I$  が変化する。この通電電流  $I$  の変化によって、蓄電池 10 の内部抵抗における電圧降下が変化し、通電電流の変化に伴う電圧変化量  $V_r$  が生じる。その通電電流の変化に伴う電圧変化量  $V_r$  に応じて蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  が変化する。

【0018】

また、蓄電池 10 に電流が流れることで、蓄電池 10 の内部抵抗を構成する容量成分の分極状態が変化し、蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  が変化する。具体的には、蓄電池 10 の内部抵抗を構成する容量成分に対して電荷が蓄積又は放出されることで蓄電池 10 の内部の分極電圧  $V_c$  が変化し、その分極電圧の変化量  $V_c$  に応じて蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  が変化する。

40

【0019】

また、充放電の開始時点から時刻  $T_a$  までの間、蓄電池 10 に電流  $I$  が流れ、蓄電池 10 が充放電されることで、蓄電池 10 の SOC (State of Charge) が変化し、その SOC の変化に応じて蓄電池 10 の開放電圧が変化する。そして、その開放電圧の変化量  $OCV$  に応じて蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  が変化する。

【0020】

つまり、所定期間において蓄電池 10 の端子間電圧  $V$  が変化して  $V$  分の電圧変化が生じたとしても、その電圧変化量  $V$  の全てが蓄電池 10 の通電電流 (出力端子から入出力

50

される電流)に相関がある訳でなく、電圧変化量  $V$  には、電池内部の状態変化に伴い生じた電圧変化分も含まれる。この電圧変化分は、蓄電池 10 における電荷の蓄積に伴う電圧変化分 ( $V_c$ ,  $OCV$ ) に相当する。ここで、電圧変化量  $V$  のうち、蓄電池 10 における電荷の蓄積に伴う電圧変化分を考慮せずに電流値や電圧値の予測を行い、その予測結果に基づいて電力制御を行う構成では、高精度な電力制御を実施できないものとなる。

#### 【0021】

ここで、通電電流  $I$  の変化量の予測値を  $I^{\wedge}$ 、 $T_a$  秒後の蓄電池 10 の内部抵抗の値を  $R_t(T_a)$  とする。この場合、下記式 (2) のように、通電電流の変化に伴う電圧変化量  $V_r$  は、電流の変化量の予測値  $I^{\wedge}$  と  $T_a$  秒後の蓄電池 10 の内部抵抗の値  $R_t(T_a)$  の積として表すことができる。なお、ハット記号 ( $\wedge$ ) は、対象の予測値を表すものとして用いている。

$$V_r = I^{\wedge} \cdot R_t(T_a) \dots (2)$$

充放電の開始時点において蓄電池 10 に流れる通電電流の検出値を  $I(0)$  とすると、時刻  $T_a$  における蓄電池 10 に流れる電流の予測値  $I^{\wedge}(T_a)$  は、式 (1) 及び (2) を用いて、

$$\begin{aligned} I^{\wedge}(T_a) &= I(0) + I^{\wedge} \\ &= I(0) + V_r / R_t(T_a) \\ &= I(0) + (V - V_c - OCV) / R_t(T_a) \dots (3) \end{aligned}$$

として表すことができる。つまり、通電電流の予測値  $I^{\wedge}(T_a)$  は、充放電の開始時点における電流の検出値  $I(0)$  及び電圧の検出値  $V(0)$ 、開放電圧の変化量  $OCV$ 、分極電圧の変化量  $V_c$ 、及び、時刻  $T_a$  における蓄電池 10 の内部抵抗の値  $R_t(T_a)$  に基づいて算出できる。

#### 【0022】

また、分極電圧  $V_c$  は、微少時間  $t$  秒前の分極電圧  $V_{ca}$  及び蓄電池 10 に流れる通電電流  $I$  に基づいて逐次的に算出することができる。以下、その方法を説明する。分極電圧  $V_c$  を算出するために用いる等価回路モデルを図 3 に示す。蓄電池 10 の等価回路は、容量成分を含む内部抵抗 11 と、内部抵抗 11 を除く電圧源 12 とから構成される。電圧源 12 の出力電圧は、定常状態において蓄電池 10 に電流が流れていない場合の蓄電池 10 の端子間電圧、即ち、開放電圧と等しい。

#### 【0023】

ここでは、内部抵抗 11 について、電流・電圧が変化した場合でも抵抗値が変化しない直流抵抗と、電流・電圧が変化した場合に抵抗値が変化する反応抵抗とから構成されることに着目し、モデル化を行っている。更に、蓄電池中での異なる反応に対応するべく、それぞれ時定数の異なる第 1 反応抵抗と第 2 反応抵抗とを用いて反応抵抗をモデル化している。具体的には、内部抵抗 11 は、直流抵抗を表す  $R_s$ 、第 1 反応抵抗を表す  $R_1$  及び  $C_1$ 、第 2 反応抵抗を表す  $R_2$  及び  $C_2$  という 3 組の回路定数を備え、直流抵抗と、第 1 反応抵抗及び第 2 反応抵抗との直列接続体として構成されるようにモデル化している。

#### 【0024】

また、通電電流  $I$  及び端子間電圧  $V$  が変化するとき、容量成分  $C_1$ ,  $C_2$  は、擬似的な抵抗として働くとともに、電流変化を打ち消す方向に電流を流す。そこで、容量成分  $C_1$ ,  $C_2$  を、電流源  $I_1$ ,  $I_2$  及び容量性リアクタンス成分  $G_{eq1}$ ,  $G_{eq2}$  の並列回路としてモデル化している。蓄電池 10 に電流  $I$  が流れている場合に、容量成分  $C_1$ ,  $C_2$  が備える電流源  $I_1$ ,  $I_2$  はそれぞれ、通電電流  $I$  と逆方向に電流  $I_{eq1}$ ,  $I_{eq2}$  を出力する。

#### 【0025】

また、直流抵抗  $R_s$  と第 1 反応抵抗  $R_1$ ,  $C_1$  との接続点をノード  $N_1$  とし、第 1 反応抵抗  $R_1$ ,  $C_1$  と、第 2 反応抵抗  $R_2$ ,  $C_2$  との接続点をノード  $N_2$  とし、第 2 反応抵抗  $R_2$ ,  $C_2$  と電圧源 12 との接続点をノード  $N_3$  とする。ここで、ノード  $N_1$  とノード  $N_3$  との間の電圧 ( $C_1$  の分極電圧と  $C_2$  の分極電圧の和) が分極電圧  $V_c$  である。また、

10

20

30

40

50

ノードN2とノードN3との間の電圧（C2の分極電圧）を $V_{c2}$ とする。

【0026】

リアクタンス成分 $G_{eq1}$ 及び $G_{eq2}$ は、微少時間 $t$ 及び容量成分 $C1$ 、 $C2$ の容量を用いて、

$$G_{eq1} = C1 / t, G_{eq2} = C2 / t$$

と表すことができる。

【0027】

また、電流源 $I1$ から流れる電流 $I_{eq1}$ 及び電流源 $I2$ から流れる電流 $I_{eq2}$ は、微少時間 $t$ 秒前の電圧 $V_{ca}$ 、 $V_{c2a}$ 及び容量性リアクタンス成分 $G_{eq1}$ 、 $G_{eq2}$ を用いて、

$$I_{eq1} = G_{eq1} (V_{ca} - V_{c2a}), I_{eq2} = G_{eq2} \cdot V_{c2a}$$

と表すことができる。

【0028】

分極電圧 $V_c$ を求めるために、図3のノードN1においてキルヒホッフの電流法則を適用すると、

$$I = -I_{eq1} + G_{eq1} (V_c - V_{c2}) + (V_c - V_{c2}) / R1$$

という式が得られ、この式を変形することで、

$$V_c (1 / R1 + G_{eq1}) + V_{c2} (-1 / R2 - G_{eq1}) = I + I_{eq1} \dots (4)$$

という式(4)が得られる。

【0029】

ここで、

$$a_{11} = 1 / R1 + G_{eq1}, a_{12} = -1 / R2 - G_{eq1}, I_1 = I_s + I_{eq1}$$

と表すと、式(4)は、

$$V_c \cdot a_{11} + V_{c2} \cdot a_{12} = I_1$$

と表すことができる。この式を変形することで、

$$V_c = (I_1 - V_{c2} \cdot a_{12}) / a_{11} \dots (5)$$

式(5)が得られる。

【0030】

次に、式(5)における $V_{c2}$ を求めるために、図3のノードN2においてキルヒホッフの電流法則を適用すると、

$$I_{eq1} - G_{eq1} (V_c - V_{c2}) - 1 / R1 (V_c - V_{c2}) = I_{eq2} - G_{eq2} (V_{c2}) - V_{c2} / R2$$

という式が得られる。この式を変形することで、

$$V_c (-1 / R1 - G_{eq1}) + V_{c2} (1 / R1 + 1 / R2 + G_{eq1} + G_{eq2}) = -I_{eq1} + I_{eq2} \dots (6)$$

という式(6)が得られる。

【0031】

ここで、

$$a_{21} = a_{12} = -1 / R1 - G_{eq1}, a_{22} = 1 / R1 + 1 / R2 + G_{eq1} + G_{eq2}, I_2 = -I_{eq1} + I_{eq2}$$

と表すと、式(6)は、

$$V_c \cdot a_{21} + V_{c2} \cdot a_{22} = I_2$$

と表すことができる。この式と、式(5)とを用いると、

$$V_{c2} = (I_2 - I_1 \cdot a_{21} / a_{11}) / (a_{22} - a_{12} \cdot a_{21} / a_{11}) \dots (7)$$

という式(7)が得られ、この式(7)によって得られる電圧 $V_{c2}$ を式(5)に代入することで、分極電圧 $V_c$ を求めることができる。

【0032】

つまり、等価回路の回路定数 $R1$ 、 $C1$ 、 $R2$ 、 $C2$ と、微少時間 $t$ 秒前の分極電圧 $V_{ca}$ 及び電圧 $V_{c2a}$ と、蓄電池10に流れる通電電流の検出値 $I$ とに基づいて、分極

10

20

30

40

50

電圧  $V_c$  の充放電開始時における値及び将来の予測値を逐次的に算出することができる。このように算出した分極電圧  $V_c$  の充放電開始時における値と時刻  $T_a$  における分極電圧  $V_c$  の予測値との差から分極電圧の変化量  $V_c$  を算出することができる。

#### 【0033】

また、開放電圧の変化量  $OCV$  は、以下の方法によって算出できる。充放電が開始されてから  $T_a$  秒経過するまでの間、蓄電池 10 に一定電流が流れると仮定して、蓄電池 10 に蓄積される電荷量を算出する。具体的には、蓄電池 10 に目標電流  $I_m$  が流れるとして、蓄電池 10 に蓄積される電荷量  $A_f = I_m \cdot T_a$  を算出する。その電荷量  $A_f$  に基づいて、蓄電池 10 の SOC の変化を算出する。そして、その算出された SOC の変化、及び、SOC と開放電圧との関係を示すマップに基づいて開放電圧の変化量  $OCV$  を算出する。

10

#### 【0034】

また、時刻  $T_a$  における蓄電池 10 の内部抵抗の値  $R_t(T_a)$  は、上記の回路定数  $R_s, R_1, R_2, C_1, C_2$  を用いて算出できる。具体的には、蓄電池 10 に流れる電流  $I$  に増減変化が生じる場合、その電流変化の開始時点から時間  $T_a$  が経過した時の内部抵抗値  $R_t(T_a)$  は、

$$R_t(T_a) = R_s + R_1(1 - \exp(-T_a/\tau_1)) + R_2(1 - \exp(-T_a/\tau_2)) \dots (8)$$

として算出することができる。ここで、時定数  $\tau_1$  及び  $\tau_2$  は、 $\tau_1 = R_1 \cdot C_1$ 、 $\tau_2 = R_2 \cdot C_2$  であり、その値は、例えば、 $\tau_1$  は約 0.01 sec、 $\tau_2$  は約 10 sec である。なお、直流抵抗は容量成分を持たないため、直流抵抗の時定数  $\tau_s$  は 0 sec である。

20

#### 【0035】

これら、分極電圧の変化量  $V_c$ 、開放電圧の変化量  $OCV$ 、及び、時刻  $T_a$  における蓄電池 10 の内部抵抗の値  $R_t(T_a)$  に基づいて、時刻  $T_a$  において蓄電池 10 に流れる通電電流の予測値  $I^*(T_a)$  を算出することができる。通電電流の予測値  $I^*(T_a)$  を算出すれば、時刻  $T_a$  における充放電可能電力  $W(T_a)$  を目標電圧  $V_m$  と通電電流の予測値  $I^*(T_a)$  の積として算出することができる ( $W(T_a) = V_m \cdot I^*(T_a)$ )。

30

#### 【0036】

また、上述の方法によって算出された通電電流の予測値  $I^*(T_a)$  が蓄電池 10 に流れる通電電流  $I$  の目標電流  $I_m$  より大きい場合、制御装置 50 は、蓄電池 10 に流れる電流  $I$  を目標電流  $I_m$  で制限する。この場合、制御装置 50 は、 $I(T_a) = I_m$  で制限された場合の蓄電池 10 の端子間電圧の予測値  $V^*(T_a)$  を算出する。

#### 【0037】

端子間電圧の予測値  $V^*(T_a)$  は、充放電の開始時点の端子間電圧の検出値  $V(0)$  と電圧変化量の予測値  $V^*$  との和として算出できる ( $V^*(T_a) = V(0) + V^*$ )。電圧変化量の予測値  $V^*$  は、通電電流の変化に伴う電圧変化の予測値  $V_r^*$ 、開放電圧の変化量  $OCV$ 、及び、分極電圧の変化量  $V_c$  の和として算出できる ( $V^* = V_r^* + OCV + V_c$ )。

40

#### 【0038】

ここで、 $V_r^*$  は、  
 $V_r^* = R_t(T_a) \cdot I = R_t(T_a) \cdot (I_m - I(0))$   
 として算出することができる。つまり、電圧の予測値  $V^*(T_a)$  は、  
 $V^*(T_a) = V(0) + R_t(T_a) \cdot (I_m - I(0)) + OCV + V_c$   
 として算出できる。そして、充放電可能電力  $W(T_a)$  を、目標電流  $I_m$  と電圧の予測値  $V^*(T_a)$  との積として算出する ( $W(T_a) = I_m \cdot V^*(T_a)$ )。

#### 【0039】

図 4 に本実施形態における充放電可能電力算出処理をフローチャートとして示す。この充放電可能電力算出処理は、制御装置 50 によって周期的に実施される。

50



## 【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 1 において、蓄電池 1 0 に対する充電・放電のいずれか一方が開始されるタイミングであるか否かを判定する。

## 【 0 0 4 1 】

充放電の開始タイミングでないと判定された場合 ( S 1 1 : N O )、処理を終了する。充放電の開始タイミングであると判定された場合 ( S 1 1 : Y E S )、ステップ S 1 2 において、内部抵抗値算出手段としての制御装置 5 0 は、式 ( 8 ) を用いて T a 秒後における抵抗の予測値  $R_t(Ta)$  を算出する。

## 【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 1 3 において、充放電の開始時における蓄電池 1 0 の電圧の検出値  $V(0)$  と、蓄電池 1 0 の目標電圧  $V_m$  との差  $V$  を算出する。次に、特定変化量算出手段としての制御装置 5 0 は、ステップ S 1 4 及び S 1 5 において、特定変化量としての分極電圧の変化量  $V_c$  及び開放電圧の変化量  $OCV$  を算出する。ステップ S 1 4 において、式 ( 5 ) 及び ( 7 ) を用いて分極電圧の変化量  $V_c$  を算出する。次に、ステップ S 1 5 において、充放電開始時から T a 秒後までに充電に伴って増加する開放電圧の変化量  $OCV$  を算出する。次に、ステップ S 1 6 において、予測値算出手段としての制御装置 5 0 は、式 ( 1 ) を用いて端子間電圧を目標電圧  $V_m$  まで変化させた場合に T a 秒後に流れる通電電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  を算出する。

## 【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 1 7 において、T a 秒後に流れる通電電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  が蓄電池 1 0 の目標電流  $I_m$  以下か否かの判定を行う。端子間電圧  $V$  を目標電圧  $V_m$  まで変化させた場合に T a 秒後に流れる電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  が、目標電流  $I_m$  以下の場合 ( S 1 7 : Y E S )、ステップ S 1 8 において、電力算出手段としての制御装置 5 0 は、目標電圧  $V_m$  と電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  との積を充放電可能電力  $W(Ta)$  として処理を終了する (  $W(Ta) = V_m \cdot I^{\wedge}(Ta)$  )。

## 【 0 0 4 4 】

端子間電圧を目標電圧  $V_m$  まで変化させた場合に T a 秒後に流れる電流の予測値  $I(Ta)$  が、目標電流  $I_m$  を超える場合 ( S 1 7 : N O )、予測値算出手段としての制御装置 5 0 は、ステップ S 1 9 ~ S 2 1 の処理において、蓄電池 1 0 に目標電流  $I_m$  を流した場合の蓄電池 1 0 の端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  を算出する。

## 【 0 0 4 5 】

ステップ S 1 9 において、充放電開始時における電流の検出値  $I(0)$  と目標電流  $I_m$  の差  $I$  を算出する (  $I = I_m - I(0)$  )。ステップ S 2 0 において、蓄電池 1 0 に流れる電流が  $I$  変化することに伴う電圧変化の予測値  $V_r^{\wedge}$  を、 $I$  と T a 秒後の内部抵抗値  $R(Ta)$  との積として算出する (  $V_r^{\wedge} = I \cdot R(Ta)$  )。

## 【 0 0 4 6 】

ステップ S 2 1 において、充放電の開始時点における蓄電池の端子間電圧の検出値  $V(0)$  に、 $V_r^{\wedge}$ 、 $V_c$  及び  $OCV$  を加算することで、蓄電池 1 0 に目標電流  $I_m$  を流した場合の蓄電池 1 0 の端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  を算出する (  $V^{\wedge}(Ta) = V(0) + V_r^{\wedge} + V_c + OCV$  )。そして、ステップ S 2 2 において、電力算出手段としての制御装置 5 0 は、充放電可能電力  $W(Ta)$  を目標電流  $I_m$  と端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  との積として算出し、処理を終了する (  $W(Ta) = I_m \cdot V^{\wedge}(Ta)$  )。

## 【 0 0 4 7 】

以下、本実施形態の奏する効果を述べる。

## 【 0 0 4 8 】

上記構成では、蓄電池 1 0 の充電又は放電を行う場合に、所定期間における端子間電圧  $V$  の変化量  $V$  のうち、蓄電池 1 0 における電荷の蓄積又は放出に伴う電圧変化分である特定変化量  $V_c$  及び  $OCV$  を算出し、その特定変化量  $V_c$  及び  $OCV$  を用いて、予測対象値としての通電電流 ( 電流予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  ) 又は電圧変化量 ( 電圧予測値  $V$  )

10

20

30

40

50

$\hat{I}(Ta)$ を算出するようにした。また、その予測対象値 $\hat{I}(Ta)$ 及び $\hat{V}(Ta)$ に基づいて充放電可能な電力を算出するようにした。この場合、蓄電池10における電荷の蓄積又は放出に伴う電圧変化分である特定変化量 $V_c$ 及び $OCV$ を考慮して電流予測又は電圧予測を行い、その予測結果に基づいて電力制御を実施できる。その結果、充放電可能な電力を精度良く算出することができる。

#### 【0049】

具体的には、蓄電池10の端子間電圧の検出値 $V(0)$ と蓄電池10の端子間電圧の目標電圧 $V_m$ との差から、特定変化量を減算することで、蓄電池10の端子間電圧が目標電圧 $V_m$ に変化した場合における通電電流の変化に伴う電圧変化量 $V_r$ を算出する。そして、算出された通電電流の変化に伴う電圧変化量 $V_r$ を蓄電池10の内部抵抗値 $R_t(Ta)$ で除算した値を通電電流の検出値 $I(0)$ に加算することで、蓄電池10の端子間電圧 $V$ が目標電圧 $V_m$ に変化する場合は通電電流の予測値 $\hat{I}(Ta)$ を精度よく算出することができる。そして、この通電電流の予測値 $\hat{I}(Ta)$ を用いることで、充放電電力を精度よく算出することができる。

10

#### 【0050】

また、端子間電圧の予測値 $\hat{V}(Ta)$ を算出する場合、蓄電池10に流れる電流の検出値と、目標電流 $I_m$ との差を算出し、その差分だけ電流が変化した場合にその変化に伴って変化する電圧変化の予測値 $\hat{V}_r$ を算出する。そして、その算出された通電電流の変化に伴う電圧変化の予測値 $\hat{V}_r$ 、特定変化量 $V_c$ 、 $OCV$ に基づいて、端子間電圧の予測値 $\hat{V}(Ta)$ を算出することで、精度よく端子間電圧の予測値を算出することができ、ひいては、充放電可能電力を精度よく算出することが可能となる。

20

#### 【0051】

蓄電池10の等価回路は容量成分を含み、この容量成分においては電荷の蓄積が生じる。そして、蓄電池10に対して電流が流れると、容量成分に蓄積される電荷の量が変化することで、容量成分の分極状態は変化する。この分極状態の変化を考慮して特定変化量としての分極電圧の変化量 $V_c$ を算出し、その分極電圧の変化量 $V_c$ を用いて、電圧予測又は電流予測を行う構成とした。これにより、蓄電池10に対して充放電可能な電力を精度よく算出することが可能となる。

#### 【0052】

蓄電池10に対して充放電を行うと、蓄電池10の内部に正電荷又は負電荷が蓄積する。この電荷の蓄積によって、電圧源としての蓄電池10の開放電圧が増加又は減少する。そこで、特定変化量としての開放電圧の変化量 $OCV$ を算出し、その開放電圧の変化量 $OCV$ を用いて、電圧予測又は電流予測を行う構成とすることで、蓄電池10に対して充放電可能な電力を精度よく算出することが可能となる。

30

#### 【0053】

端子間電圧又は通電電流が変化すると、その変化に伴って蓄電池10の内部抵抗 $R_t(t)$ が変化する。そこで、蓄電池10の等価回路を構成する回路定数に基づいて、所定時間経過後における蓄電池の内部抵抗を算出する。そして、その算出値 $R_t(Ta)$ を用いて、電流予測及び電圧予測を行うことで、精度よく充放電可能電力を算出することが可能となる。

40

#### 【0054】

蓄電池10の端子間電圧 $V$ が目標電圧 $V_m$ に変化する場合は通電電流の予測値 $\hat{I}(Ta)$ が、蓄電池10に流れる通電電流の目標電流 $I_m$ を超えるか否かを判定する。通電電流の予測値 $\hat{I}(Ta)$ が通電電流の目標電流 $I_m$ を超える場合、つまり、通電電流が目標電流 $I_m$ によって制限される場合に、蓄電池10に目標電流 $I_m$ が流れる場合の蓄電池10の端子間電圧の予測値 $\hat{V}(Ta)$ を算出する構成とした。このような構成にすることで、蓄電池10の通電電流を目標電流 $I_m$ に制限しつつ、充放電電力の算出を行うことが可能になる。

#### 【0055】

(他の実施形態)

50

・上記実施形態では、制御装置 50 が充放電可能電力及び放電可能電力の双方を算出する構成としたが、これに代えて、充放電可能電力及び放電可能電力のいずれか一方を算出する構成としてもよい。

【0056】

・上記実施形態では、通電電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  が目標電流  $I_m$  を超える場合に、通電電流  $I$  が目標電流  $I_m$  に変化した場合の端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  を算出する構成としたが、これを省略してもよい。また、通電電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  が目標電流  $I_m$  と異なる所定の基準電流を超える場合に、通電電流  $I$  が目標電流  $I_m$  に変化した場合の端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  を算出する構成としてもよい。また、通電電流  $I$  が目標電流  $I_m$  に変化した場合の端子間電圧の予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  を算出し、その予測値  $V^{\wedge}(Ta)$  が目標電圧  $V_m$  を超える場合に、端子間電圧  $V$  が目標電圧に変化した場合の通電電流の予測値  $I^{\wedge}(Ta)$  を算出する構成としてもよい。

10

【0057】

・特定変化量として、分極電圧の変化量  $V_c$  及び開放電圧の変化量  $OCV$  の和を用いる構成としたが、これに代えて、特定変化量として、分極電圧の変化量  $V_c$  及び開放電圧の変化量  $OCV$  のいずれか一方を用いる構成としてもよい。

【0058】

・蓄電池 10 の内部抵抗 11 の値を時間変化するものとして扱ったが、これに代えて、蓄電池 10 の内部抵抗 11 の値を時間変化しない一定値としてもよい。

【0059】

20

・上記実施形態では、充放電の開始時に充放電可能電力を算出する構成としたが、これを変更してもよい。例えば、充放電の実施時において、所定期間毎に充放電可能電力を算出する構成としてもよい。

【0060】

・蓄電池 10 の内部抵抗 11 を直流抵抗と 2 つの反応抵抗の直列接続体とするモデルを用いて表したが、これを代えてもよい。例えば、1 の直流抵抗と 1 つの反応抵抗の直列接続体としてもよいし、直列抵抗を含まない反応抵抗の直列接続体としてもよい。

【0061】

・目標電圧  $V_m$ 、及び、目標電流  $I_m$  を蓄電池 10 が過充電及び過放電とならないような値に設定したが、これを変更してもよい。例えば、電気負荷 20 の駆動電圧や、インバータ 21 の直流交流変換性能などに基づいて設定してもよい。

30

【0062】

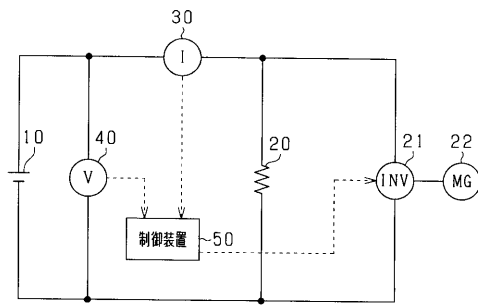
・蓄電池 10 をリチウムイオン蓄電池としたが、これに代えて、鉛蓄電池やニッケル水素蓄電池を用いてもよい。

【符号の説明】

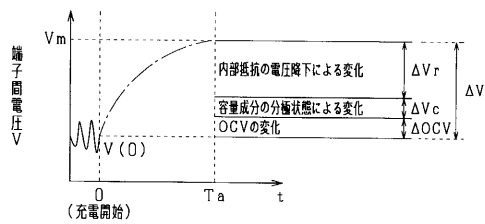
【0063】

10 ... 蓄電池、50 ... 制御装置。

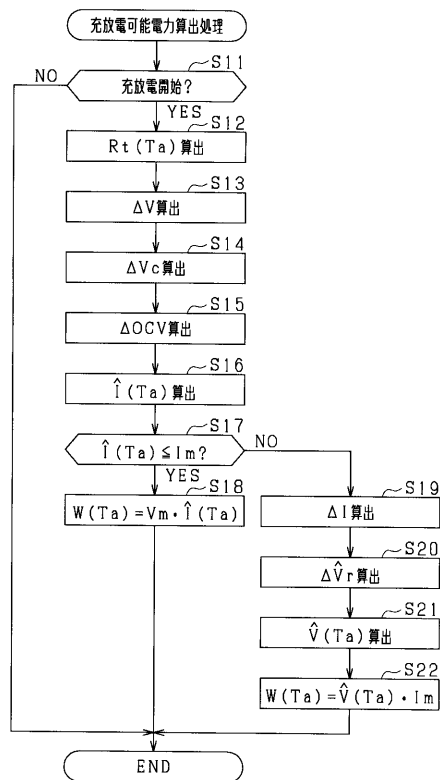
【図 1】



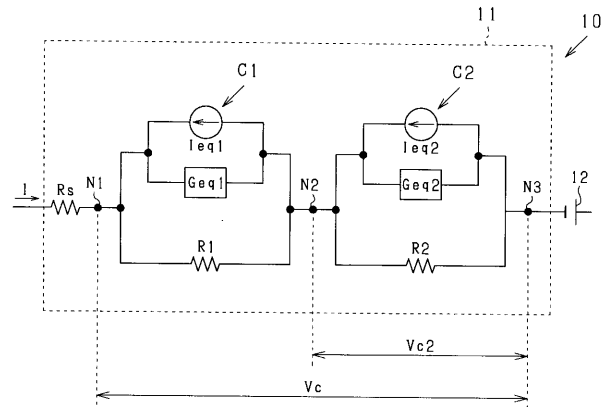
【図 2】



【図 4】



【図 3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 栗野 直実

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 山田 学

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

F ターム(参考) 2G016 CB00 CB06 CB11 CC01 CC03 CC04 CC10 CC20

5G503 AA01 BA01 BB01 EA05

5H030 AS08 FF41 FF42 FF43 FF44