

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6160650号
(P6160650)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 O R 16/02 (2006. 01)**H O 1 G 13/00 (2013. 01)****H O 1 G 11/00 (2013. 01)****B 6 O R 16/04 (2006. 01)****H O 2 J 7/00 (2006. 01)**

B 6 O R 16/02 6 5 O J

H O 1 G 13/00 3 6 1 C

H O 1 G 11/00

B 6 O R 16/04 W

H O 2 J 7/00 Y

請求項の数 5 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-86454 (P2015-86454)
 (22) 出願日 平成27年4月21日 (2015. 4. 21)
 (65) 公開番号 特開2016-203761 (P2016-203761A)
 (43) 公開日 平成28年12月8日 (2016. 12. 8)
 審査請求日 平成28年3月23日 (2016. 3. 23)

(73) 特許権者 000003137
 マツダ株式会社
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号
 (74) 代理人 100080768
 弁理士 村田 実
 (72) 発明者 阪井 博行
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
 株式会社内
 (72) 発明者 藤田 弘輝
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
 株式会社内
 (72) 発明者 宇都宮 隆
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気二層式キャパシタの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気二層式とされたキャパシタの最大蓄電容量が低下する劣化度合いを推定するようにした電気二層式キャパシタの制御装置であって、

初期劣化が収束するまでの初期劣化期間としてあらかじめ設定された使用開始初期時点から所定期間が経過するまでの期間において、初期劣化特性を示す第 1 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 1 劣化度合い推定手段と、

前記所定期間経過後において、経年劣化特性を示す第 2 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 2 劣化度合い推定手段と、
 を備えていることを特徴とする電気二層式キャパシタの制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 モデル式および前記第 2 モデル式がそれぞれ、キャパシタの温度と電圧と使用時間とをパラメータとして設定されている、ことを特徴とする電気二層式キャパシタの制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 モデル式と前記第 2 モデル式とが、所定の定数を用いつつ、該所定の定数の値のみが相違する同一式として設定され、

前記第 1 モデル式での前記所定の定数と前記第 2 モデル式での前記所定の定数とが、前

20

記第 1 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値が前記第 2 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値よりも大きくなるように設定されている、
ことを特徴とする電気二層式キャパシタの制御装置。

【請求項 4】

電気二層式とされたキャパシタの最大蓄電容量が低下する劣化度合いを推定するようにした電気二層式キャパシタの制御装置であって、

使用開始初期時点からあらかじめ設定された所定期間経過するまでの期間において、第 1 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 1 劣化度合い推定手段と、

前記所定期間経過後において、第 2 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 2 劣化度合い推定手段と、

を備え、

前記第 1 モデル式および前記第 2 モデル式がそれぞれ、キャパシタの温度と電圧と使用時間とをパラメータとして設定され、

前記第 1 モデル式と前記第 2 モデル式とが、所定の定数を用いつつ、該所定の定数の値のみが相違する同一式として設定され、

前記第 1 モデル式での前記所定の定数と前記第 2 モデル式での前記所定の定数とが、前記第 1 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値が前記第 2 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値よりも大きくなるように設定され、

劣化度合いが $k \times t^{1/2}$ の計算式でもって算出され (k = 劣化係数、 t = キャパシタの使用時間) 、

前記第 1 モデル式では前記劣化係数 k が次式 (2) として設定されており、

【数 2】

$$k = C \cdot \exp(F \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D + E \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (2)}$$

V: 電圧 T: 温度 C, D, E, F: 係数 (定数)

前記第 2 モデル式では前記劣化係数 k が次式 (3) として設定されている、

【数 3】

$$k = C' \cdot \exp(F' \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D' + E' \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (3)}$$

V: 電圧 T: 温度 C', D', E', F': 係数 (定数)

ことを特徴とする電気二層式キャパシタの制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項において、

前記キャパシタが、車両に搭載されて、車両の減速時における回生エネルギーによって充電される、ことを特徴とする電気二層式キャパシタの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気二層式キャパシタの制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

車両の中には、減速時の回生エネルギーを、電気二層式のキャパシタに充電することによって回収するようにしたものがある。そして、キャパシタに蓄電された電力は、例えば車両停止時における電気負荷への給電用として適宜利用される。

【 0 0 0 3 】

上記キャパシタは、経年変化（経年劣化）によって、その最大蓄電量が低下する。また、キャパシタは、その最大蓄電量を超えるような充電を行うと、急激に劣化が進むことになる。このため、キャパシタの充電に際しては、経年変化による最大蓄電量の低下を加味して、現時点での最大蓄電量を超えないように行う必要がある。特許文献 1 には、キャパシタの経年変化による劣化度合いに応じて、充電の際の目標電圧を変更することが開示されている。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 4 - 4 6 7 3 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

前述した、経年変化によるキャパシタの劣化度合いは、比較的小さいものである。この一方、キャパシタの劣化として、初期劣化というものがある。すなわち、キャパシタの使用開始の初期時から、初期劣化が収束するタイミングとなる所定期間が経過するまでの間は、同じような使用状態であっても、通常知られている経年変化による劣化よりもかなり劣化度合いが大きいものとなる。

20

【 0 0 0 6 】

キャパシタの初期劣化は、個体差があって、最大蓄電量を 1 0 0 % として示したときに、あるキャパシタでは例えば 3 % の初期劣化を生じ、別のキャパシタでは例えば 7 % の初期劣化を生じる等の相違を生じるものとなる。このため、従来は、個体差のうちもっとも大きい初期劣化後の最大蓄電量を初期値として（例えば 7 % 劣化した後の最大蓄電量を初期値として）、その後の経年劣化を検出（推定）するようにしていた。このため、キャパシタによっては、実際の最大蓄電量を十分に活かした充電（蓄電）を行っていない、というのが実情である。

30

【 0 0 0 7 】

なお、上記初期劣化は、キャパシタの電解液中の水分が影響しているものと考えられる。すなわち、電解液中の有機物に加えて水分を原因とする反応物が電極表面に堆積して、その分最大蓄電量が低下するものと考えられる。そして、水分を原因とする反応が終了する所定期間経過後は、電解液中の有機物を原因とする反応物が電極表面に堆積して、従来知られている経年劣化を生じさせるものと考えられる。

【 0 0 0 8 】

本発明は以上のような事情を勘案してなされたもので、その目的は、キャパシタの劣化度合いを、初期劣化を含めて精度よく推定できるようにした、電気二層式キャパシタの制御装置を提供することにある。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

前記目的を達成するため、本発明にあっては次のような解決手法を採択してある。すなわち、請求項 1 に記載のように、

電気二層式とされたキャパシタの最大蓄電容量が低下する劣化度合いを推定するようにした電気二層式キャパシタの制御装置であって、

初期劣化が収束するまでの初期劣化期間としてあらかじめ設定された使用開始初期時点から所定期間が経過するまでの期間において、初期劣化特性を示す第 1 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 1 劣化度合い推定手段と、

前記所定期間経過後において、経年劣化特性を示す第 2 モデル式に基づいてキャパシタ

50

の劣化度合いを推定する第 2 劣化度合い推定手段と、
を備えているようにしてある。

【 0 0 1 0 】

上記解決手法によれば、初期劣化およびその後の経年変化による劣化を、それぞれモデル式によって精度よく推定することができる。この結果、現時点での最大蓄電量が精度よく推定されて、キャパシタに対して最大蓄電量を超えない範囲で十分に充電を行う等の上で好ましいものとなる。

【 0 0 1 1 】

前記第 1 モデル式および前記第 2 モデル式がそれぞれ、キャパシタの温度と電圧と使用時間とをパラメータとして設定されている、ようにしてある（請求項 2 対応）。この場合、モデル式で用いるパラメータとして具体的なものが提供され、特に用いるパラメータとして簡単かつ従来からもセンサ等で検出していた入手容易なものとする事ができる。なお、劣化度合いをキャパシタの仕事量でもって推定することも考えられるが、この場合は、測定した電流を積算することから、積算誤差が大きくなってしまい、劣化度合いを精度よく推定するという点では劣るものである。

【 0 0 1 2 】

前記第 1 モデル式と前記第 2 モデル式とが、所定の定数を用いつつ、該所定の定数の値のみが相違する同一式として設定され、

前記第 1 モデル式での前記所定の定数と前記第 2 モデル式での前記所定の定数とが、前記第 1 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値が前記第 2 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値よりも大きくなるように設定されている、ようにしてある（請求項 3 対応）。この場合、2 つのモデル式を、その定数のみが相違する以外は同一のものとして、推定のための演算の簡単化等の上で好ましいものとなる。

【 0 0 1 3 】

また、前記目的を達成するため、本発明にあっては次のような解決手法を採択してある。すなわち、請求項 4 に記載のように、

電気二層式とされたキャパシタの最大蓄電容量が低下する劣化度合いを推定するようにした電気二層式キャパシタの制御装置であって、

使用開始初期時点からあらかじめ設定された所定期間経過するまでの期間において、第 1 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 1 劣化度合い推定手段と、

前記所定期間経過後において、第 2 モデル式に基づいてキャパシタの劣化度合いを推定する第 2 劣化度合い推定手段と、

を備え、

前記第 1 モデル式および前記第 2 モデル式がそれぞれ、キャパシタの温度と電圧と使用時間とをパラメータとして設定され、

前記第 1 モデル式と前記第 2 モデル式とが、所定の定数を用いつつ、該所定の定数の値のみが相違する同一式として設定され、

前記第 1 モデル式での前記所定の定数と前記第 2 モデル式での前記所定の定数とが、前記第 1 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値が前記第 2 モデル式を用いた場合の劣化度合いの推定値よりも大きくなるように設定され、

劣化度合いが $k \times t^{1/2}$ の計算式でもって算出され（ k = 劣化係数、 t = キャパシタの使用時間）、

前記第 1 モデル式では前記劣化係数 k が次式（2）として設定されており、

【 0 0 1 4 】

10

20

30

40

【数 2】

$$k = C \cdot \exp(F \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D + E \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (2)}$$

V: 電圧 T: 温度 C, D, E, F: 係数(定数)

【0015】

10

前記第2モデル式では前記劣化係数kが次式(3)として設定されている、

【0016】

【数 3】

$$k = C' \cdot \exp(F' \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D' + E' \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (3)}$$

V: 電圧 T: 温度 C', D', E', F': 係数(定数)

20

【0017】

ようにしてある。これにより、各モデル式の具体的なものが提供される。

【0018】

前記キャパシタが、車両に搭載されて、車両の減速時における回生エネルギーによって充電される、ようにしてある(請求項5対応)。この場合、回生エネルギーをより十分にキャパシタへの蓄電として回収する上で好ましいものとなる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、キャパシタの劣化度合いを、初期劣化を含めて精度よく推定できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0020】

【図1】キャパシタを、自動車の減速時における回生エネルギーの回収用として利用する場合の回路例を示す図。

【図2】初期劣化とその後の経年劣化との様子を示す特性図。

【図3】本発明の制御例を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0021】

図1は、キャパシタを利用した減速回生システム1を示すものである。減速回生システム1は、車両の減速時に行う減速回生発電とエンジン(図示しない)に駆動されて行う通常発電とが可能な回生オルタネータ10、バッテリー20、回生オルタネータ10で発電された電力を蓄電するキャパシタ30、車両に搭載される種々の電気デバイス60への給電を制御するDC/DCコンバータ40、減速回生システム1を制御する制御ユニット50(以下、「ECU50」という)、DC/DCコンバータ40をバイパスするバイパス回路部75にバイパスリレー70を有している。

40

【0022】

回生オルタネータ10とDC/DCコンバータ40は、第1回路部15によって結ばれており、この第1回路部15にはキャパシタ30が接続されている。また、DC/DCコンバータ40と電気デバイス60は、第2回路部65によって結ばれており、この第2回路部65にはバッテリー20が接続されている。

【0023】

50

さらにまた、DC/DCコンバータ40をバイパスするように、第1回路部15と第2回路部65とを短絡または開放するバイパスリレー70が接続されている。

【0024】

回生オルタネータ10は、エンジンによりベルト駆動されて、減速時等の運動エネルギーを効率的に電力回生する可変電圧式のオルタネータであり、効率よく送電と蓄電を行うために最大25Vまで高電圧化が可能である。バッテリー20は、一般的な鉛バッテリーである。

【0025】

キャパシタ30は、回生した大量の電気エネルギーを瞬時に蓄え、効率的に取り出して使用できる、大容量の低抵抗電気二重層キャパシタ(EDLC)であり、最大25Vの電圧を発生できる。なお、このキャパシタ30は、電気自動車などに使われるリチウムイオン電池や一般的な鉛電池と比べた時、急速蓄電(50~60km/h走行時に数秒)が可能であり、放電深度が無制限であり、半永久的な寿命を持つ等の優位性を備えるものである。

10

【0026】

DC/DCコンバータ40は、最大DC25VをDC14Vまで降圧して出力するコンバータであり、所定の容量(例えば、許容出力電流値(許容限界値)が50A)まで流すことが可能である。DC/DCコンバータは一般に、容量が大きくなるとサイズが大きくなり、より高価になる。

【0027】

ECU50は、減速回生システム1全体の動作を管理制御している。

20

【0028】

電気デバイス60には、例えば、ランプ、デフロスタ、ブロワ、シートヒータ、ファン、イグニッション、エンジンコントロールユニット、DSC(ダイナミックスタビリティコントロール)、EPAS(電動パワーステアリング)、パワーウィンドウ等がある。

【0029】

該減速回生システム1によれば、アイドリングストップやアクセルONの時でも、バッテリー20やキャパシタ30に十分な電気が残っている間は回生オルタネータ10による発電を行わずに、これらに蓄電された電気を使用することで、燃料を使ったエンジンによる発電を抑制するので燃費が向上する。

30

【0030】

なお、市街走行時には頻繁に加減速が行われるためキャパシタ30に蓄えた電力が完全に枯渇する前に再び減速により蓄電され、走行中の車両に必要な電力はほぼ減速回生エネルギーで充当される。

【0031】

次に、キャパシタ30の劣化度合いについて説明する。この劣化度合いの検出(推定)のために、ECU50には、キャパシタ30の温度を検出する温度センサS1と、キャパシタ30の電圧を検出する電圧センサS2とからの信号が入力される。なお、劣化度合いの検出のために、キャパシタ30の使用時間が用いられるが、これは、エンジン駆動時間(イグニッションスイッチがオンとされている時間)としてECU50でもって常時把握(監視)されているものである。

40

【0032】

図2は、キャパシタ30の劣化によって最大蓄電量が変化する様子を示すものである。なお、劣化度合いは、キャパシタ30の出荷時における最大蓄電量を100%として示したときに、蓄電量が減少される度合い(%)で示される。

【0033】

キャパシタ30の劣化は、特性線 $\alpha 1 \sim \alpha 3$ で示すように、初期劣化が収束する所定期間(所定期間で、例えば300時間)経過するまでは、劣化度合いが大きい初期劣化とされる。この初期劣化後は、劣化度合いが小さい経年劣化とされる。特性線 $\alpha 1$ は、例えば市街地走行が多用されるような場合での劣化特性である。特性線 $\alpha 2$ は、渋滞走行が多い

50

ときの劣化特性である。特性線 $\alpha 3$ は、酷暑地域で使用された場合の劣化特性である。このように、同じキャパシタであっても、その使用状況に応じて、劣化特性が変化されるものである。

【 0 0 3 4 】

ここで、キャパシタ 30 は、個体差によって、同じ使用状況でもあるにもかかわらず、特性線 $\alpha 1$ のような劣化特性となったり、特性線 $\alpha 3$ のような劣化特性となる。従来、初期劣化の特性というものは考慮されておらず、このため、個体差のうち、もっとも大きい劣化度合いを示す場合を想定して、その後の経年劣化を検出（推定）するようにしていた。すなわち、例えば特性線 $\alpha 3$ の初期劣化後の最大蓄電量 $C B$ を初期値として、その後の経年劣化を推定していた。

10

【 0 0 3 5 】

しかしながら、例えば、特性線 $\alpha 3$ よりも初期劣化の小さい特性線 $\alpha 2$ のような劣化とされたキャパシタにあっては、初期劣化後の最大蓄電量は、上記 $C B$ よりも大きく、その偏差分だけさらに蓄電可能な余裕代となる。同様に、特性線 $\alpha 1$ のような劣化とされたキャパシタにあっては、初期劣化後の最大蓄電量は、上記 $C B$ よりもさらに十分に大きく、その偏差分だけさらに蓄電可能な余裕代となる。

【 0 0 3 6 】

本発明では、初期劣化およびその後の経年劣化をより精度よく推定するようにしてある。これにより、キャパシタ 30 の現時点での最大蓄電量を十分に活かすことができる（図 2 で示す余裕代分を使い切れるようにすることを可能にする）。

20

【 0 0 3 7 】

次に、初期劣化および経年劣化を推定するためのモデル式について説明する。まず、キャパシタ 30 の最大蓄電量は、出荷時を 100% として示したときに、次式（1）で示され、このうち $k \times t^{1/2}$ が、劣化度合いを示すものとなる。

【 0 0 3 8 】

【数 1】

$$\text{最大蓄電容量 (\%)} = 100 - k\sqrt{t} \quad \text{—— (1)}$$

30

k : 劣化係数

t : 使用時間

【 0 0 3 9 】

上記（1）式中における劣化係数 k は、初期劣化については次式（2）で示され、経年劣化については次式（3）で示される。

【 0 0 4 0 】

【数 2】

$$k = C \cdot \exp(F \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D + E \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (2)}$$

40

V : 電圧 T : 温度 C, D, E, F : 係数（定数）

【 0 0 4 1 】

【数 3】

$$k = C' \cdot \exp(F' \cdot V) \cdot \exp\left(\frac{D' + E' \cdot V}{T}\right) \quad \text{—— (3)}$$

V: 電圧 T: 温度 C', D', E', F': 係数(定数)

【0042】

式(2)および式(3)は、バトラーボルマー則(電圧依存)とアレニウス則(温度依存)の積で表されたものとなっている。式(2)および式(3)は、定数であるC、D、E、FとC'、D'、E'、F'とが相違するのみで、それ以外は同一式となっている。勿論、定数であるC、D、E、FとC'、D'、E'、F'との関係は、同じ使用条件であれば、式(2)での算出値の方が、式(3)での算出値よりも大きくなるように設定されている。

10

【0043】

このように、初期劣化をモデル式である式(2)でもって算出することにより、図2の所定時間経過したt1時点でのキャパシタ30の最大蓄電量が精度よく算出されることになる。そして、その後の経年劣化については、モデル式となる式(3)に基づいて精度よく算出されることになる。これにより、現時点で推定される最大蓄電量をより精度のよいものとすることができる。すなわち、現時点で推定される最大蓄電量を、図2に示す余裕代分が加算されたものとして得ることが可能となる。これにより、キャパシタの最大蓄電量を十分に活かした回生エネルギーの回収を行うことが可能になる。

20

【0044】

次に、図3を参照しつつ、ECU50によるキャパシタ30の劣化度合いを推定するための制御例について説明する。なお、以下の説明でQはステップを示す。

【0045】

まず、Q1において、キャパシタの温度Tと、電圧Vと、それまでの使用時間(積算値)tとが読み込まれる。この後Q2において、読み込まれた使用時間tが、初期劣化の終了時点となる所定時間t1以上であるか否かが判別される。

30

【0046】

上記Q2の判別でNOのときは、初期劣化が行われている過程である。このときは、Q3において、式(2)に基づいて、劣化係数kが算出される。この後、Q4において、Q3で算出された劣化係数kと、Q1で読み込まれた使用時間tを、式(1)にあてはめて、現時点での最大蓄電量が算出される。

【0047】

一方、Q2の判別でYESのときは、経年劣化による劣化度合いを算出すべく、Q5において、定数C、D、E、Fが経年劣化用の定数C'、D'、E'、F'に置換される。この後、Q3に移行されるが、Q3での式(2)での算出は、経年劣化用の定数C'、D'、E'、F'を用いた算出となる。なお、経年劣化による劣化度合いを算出する際の初期値(となる最大蓄電量)は、初期劣化についての最終算出値(t1時点での最大蓄電量)とされる。

40

【0048】

以上実施形態について説明したが、本発明は、実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載された範囲において適宜の変更が可能である。また、本発明は、方法発明(劣化度合いを推定する発明)として表現することもできる。勿論、本発明の目的は、明記されたものに限らず、実質的に好ましいあるいは利点として表現されたものを提供することをも暗黙的に含むものである。

【産業上の利用可能性】

【0049】

50

本発明は、キャパシタを回生エネルギーの回収用として利用する場合に好適である。

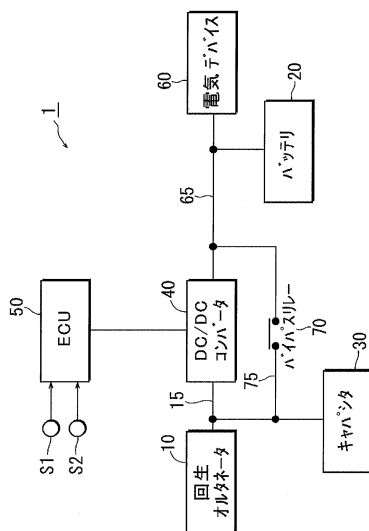
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

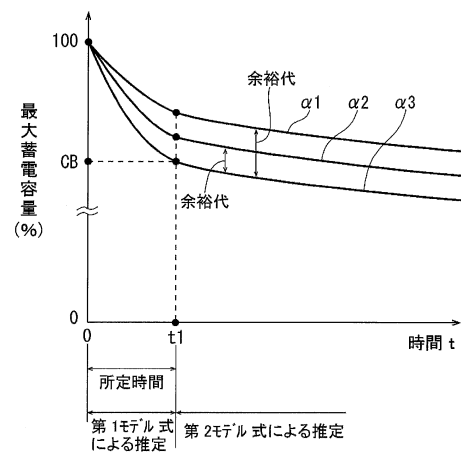
- 1 : 減速回生システム
- 10 : オルタネータ
- 30 : キャパシタ
- 50 : ECU
- 60 : 電気デバイス (電気負荷)
- S1 : 温度センサ
- S2 : 電圧センサ

10

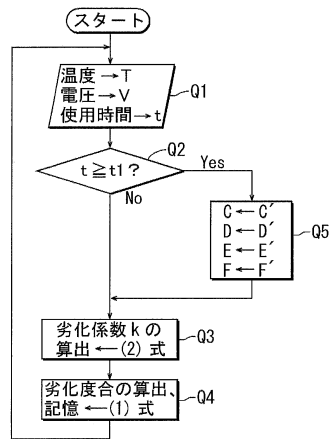
【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 J 7/14 (2006.01) H 0 2 J 7/14 V

審査官 飯島 尚郎

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 0 4 6 7 3 7 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 5 7 4 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 0 6 7 5 6 (J P , A)
藤田弘輝、庄司明、松井恒平、宇都宮隆、楊殿宇、大路潔、ビルディングブロックを支えるバッ
テリモデルベース開発、マツダ技報、日本、マツダ株式会社、2 0 1 5 年 5 月、第 3 2 号、1
8 5 頁 - 1 9 0 頁、U R L , <http://www.mazda.com/ja/innovation/technology/gihou/2015/>

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 6 0 R 1 6 / 0 2
B 6 0 R 1 6 / 0 4
H 0 1 G 1 1 / 0 0
H 0 1 G 1 3 / 0 0
H 0 2 J 7 / 0 0
H 0 2 J 7 / 1 4