

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5024053号
(P5024053)

(45) 発行日 平成24年9月12日(2012.9.12)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl.
H02J 7/02 (2006.01)

F I
H02J 7/02 H

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-330 (P2008-330)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成20年1月7日 (2008.1.7)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2009-165262 (P2009-165262A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成21年7月23日 (2009.7.23)	(74) 代理人	100109667
審査請求日	平成22年12月16日 (2010.12.16)		弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151
			弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156
			弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	垣内 公康
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニックエレクトロニクス株式会社 社内
		審査官	杉田 恵一
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蓄電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直列に接続された複数のキャパシタと、
複数の前記キャパシタのそれぞれに接続されたバランス電圧調整手段と、
前記バランス電圧調整手段に接続された制御回路からなり、
前記制御回路は、前記キャパシタの非充放電時において、互いに測定タイミングが異なる
2点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i} 、 $i = 1 \sim n$ 、 n は前記キャパシタの個数)
を前記バランス電圧調整手段により測定し、
前記2点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) の差の絶対値 (V_i) をそれぞれ求
めるとともに、
前記2点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) のうち、1点目のキャパシタ両端電圧
(V_{1i}) を測定する際の1点目時間 (t_1) と、
2点目のキャパシタ両端電圧 (V_{2i}) を測定する際の2点目時間 (t_2) を測定し、
前記2点目時間 (t_2) から前記1点目時間 (t_1) を差し引くことにより時間差 (t
) を求め、
前記絶対値 (V_i) を前記時間差 (t) で除して既定係数 (A) を乗じることにより
、前記各キャパシタの電圧調整幅 (V_{bi}) を計算し、
初期バランス電圧 (V_{ro}) から前記電圧調整幅 (V_{bi}) を差し引くことで前記バラ
ンス電圧 (V_{ri}) を決定し、
前記バランス電圧調整手段により、キャパシタ両端電圧 (V_i) が前記バランス電圧 (V

ri) になるように制御するようにした蓄電装置。

【請求項 2】

直列に接続された複数のキャパシタと、

複数の前記キャパシタのそれぞれに接続されたバランス電圧調整手段と、

前記バランス電圧調整手段に接続された制御回路からなり、

前記制御回路は、前記キャパシタの非充放電時において、互いに測定タイミングが異なる

2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i} 、 $i = 1 \sim n$ 、 n は前記キャパシタの個数)

を前記バランス電圧調整手段により測定し、

前記 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) の差の絶対値 (V_i) をそれぞれ求め、

前記各絶対値 (V_i) の最小値 (V_{min}) を求め、

前記各絶対値 (V_i) と前記最小値 (V_{min}) の比 (i)、および電圧調整幅 (V_b)

における、あらかじめ求めた相関関係から、前記各キャパシタに対する前記電圧調整幅 (V_{bi}) をそれぞれ求め、

初期バランス電圧 (V_{ro}) から前記電圧調整幅 (V_{bi}) を差し引くことで前記バランス電圧 (V_{ri}) を決定し、

前記バランス電圧調整手段により、キャパシタ両端電圧 (V_i) が前記バランス電圧 (V_{ri}) になるように制御するようにした蓄電装置。

【請求項 3】

前記 1 点目時間 (t_1) は起動時であり、前記 2 点目時間 (t_2) は使用終了時である請求項 1、または 2 に記載の蓄電装置。

【請求項 4】

前記キャパシタに温度センサを配するとともに、前記温度センサの出力が前記制御回路に接続された構成を有し、

前記制御回路は、あらかじめ求めた前記キャパシタ両端電圧 (V_i) の温度依存性により、前記温度センサから得られる温度 (T) に応じて、前記 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) を補正するようにした請求項 1、または 2 に記載の蓄電装置。

【請求項 5】

前記制御回路は、前記バランス電圧 (V_{ri}) が劣化限界値 (V_g) 以下になるか、あるいは前記絶対値 (V_i) が劣化上限値 (V_g) 以上になるか、の少なくともいずれかの場合に、劣化信号を出力するようにした請求項 1、または 2 に記載の蓄電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、キャパシタに電力を蓄え、必要な時に放電する蓄電装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、環境への配慮から駆動の全てあるいは一部をモータで行う、いわゆる電気自動車やハイブリッド自動車が普及しつつある。

【0003】

これらの自動車（以下、車両という）はモータの電力がバッテリーから供給されているが、バッテリーは急速かつ大電流充放電による特性変化や劣化が起こるため、特に急加速時にモータへ供給する電流を制限している。そのため十分な加速が得られない場合があった。

【0004】

そこで、急速充放電が可能なキャパシタをバッテリーと併用した車両が考案されている。これにより、急加速時にバッテリーに加えキャパシタの電力もモータに供給されるため、バッテリーのみの場合より急峻な加速が可能となる。

【0005】

モータを駆動できるだけの電圧をキャパシタで得るには、必要電圧が約 750 V である

10

20

30

40

50

とすると、1個当たりの定格電圧が2.5Vのキャパシタを用いた場合、300個を直列に接続する必要がある。また、必要な容量を得るために並列接続を組み合わせることもある。

【0006】

しかし、キャパシタにはバラツキがあり、キャパシタに印加される電圧がばらつくので、それを考慮せず充電を行うと、キャパシタの劣化が進行し、寿命が短くなる可能性がある。

【0007】

そこで、多数のキャパシタの劣化進行度のバラツキを低減し、長寿命化する蓄電装置が例えば特許文献1に提案されている。このような蓄電装置を図5のブロック回路図に示す。

10

【0008】

直列接続された複数のキャパシタ101のそれぞれの両端には、バランス電圧調整手段103が接続されている。さらに、各キャパシタ101の両端には、キャパシタ101の両端電圧を測定するためのサンプリングコンデンサ105が2個のスイッチ107を介して接続されている。バランス電圧調整手段103とスイッチ107は制御部109に接続されている。なお、直列接続された複数のキャパシタ101は充放電回路を介して車両のモータ、発電機、バッテリー、負荷等に接続されているが、図5ではこれらを省略している。

【0009】

20

バランス電圧調整手段103は次の構成を有する。まず、キャパシタ101の両端にバランススイッチ111とバランス抵抗113の直列回路が接続されている。さらに、キャパシタ101の両端には2個の直列接続された分圧抵抗115も接続されている。2個の分圧抵抗115の接続点はコンパレータ117の一方の入力に接続されている。また、コンパレータ117の他方の入力にはデジタルポテンシオメータ119が接続されている。デジタルポテンシオメータ119は基準電源121と制御部109に接続されているので、制御部109の指示に従って任意の基準電圧を出力することができる。コンパレータ117の出力はバランススイッチ111に接続され、そのオンオフを制御する。

【0010】

次に、このような蓄電装置の動作について説明する。まず、制御部109は各キャパシタ101の劣化進行度を求める。具体的には、各キャパシタ101を定電流充電した時の両端電圧変化の傾き、および充電中断時の両端電圧変化から、容量値Cと内部抵抗値Rをそれぞれ求め、あらかじめ求めたこれらの劣化限界値までの差を劣化進行度として求める。従って、差が小さいほど劣化が進行していることになる。

30

【0011】

次に、制御部109は各キャパシタ101の劣化進行度の平均値を求め、各キャパシタ101の劣化進行度のバラツキ幅が小さくなるようにバランス電圧をそれぞれ求める。すなわち、劣化が進んだキャパシタ101に対しては、劣化を遅らせるために両端電圧を下げるようバランス電圧を決定する。その後、各キャパシタ101の両端電圧がバランス電圧になるようにバランス電圧調整手段を制御する。

40

【0012】

このように制御することにより、各キャパシタ101の劣化進行度のバラツキ幅が小さくなるようにバランス電圧が調整されるので、劣化が進んだキャパシタ101の劣化進行度を遅延させられるとともに、全キャパシタがほぼ同時期に動作限界に達する。その結果、蓄電装置の長寿命化が得られる。

【特許文献1】特開2007-124883号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記の蓄電装置によると、確かに長寿命化が得られるのであるが、そのためには定電流

50

充電中に各キャパシタ 101 の容量値 C や内部抵抗値 R を測定し、それらから劣化進行度を求め、さらにその平均値から各キャパシタ 101 の劣化進行度のバラツキ幅が小さくなるようにバランス電圧をそれぞれ求めるという制御を行わなければならない、動作が複雑化するという課題があった。

【0014】

本発明は、前記従来の課題を解決するもので、簡単な動作でキャパシタの長寿命化を図ることが可能な蓄電装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

前記従来の課題を解決するために、本発明の蓄電装置は、直列に接続された複数のキャパシタと、複数の前記キャパシタのそれぞれに接続されたバランス電圧調整手段と、前記バランス電圧調整手段に接続された制御回路からなり、前記制御回路は、前記キャパシタの非充放電時において、互いに測定タイミングが異なる 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i} 、 $i = 1 \sim n$ 、 n は前記キャパシタの個数) を前記バランス電圧調整手段により測定し、前記 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) の差の絶対値 (V_i) をそれぞれ求めるとともに、前記 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) のうち、1 点目のキャパシタ両端電圧 (V_{1i}) を測定する際の 1 点目時間 (t_1) と、2 点目のキャパシタ両端電圧 (V_{2i}) を測定する際の 2 点目時間 (t_2) を測定し、前記 2 点目時間 (t_2) から前記 1 点目時間 (t_1) を差し引くことにより時間差 (t) を求め、前記絶対値 (V_i) を前記時間差 (t) で除して既定係数 (A) を乗じることにより、前記各キャパシタの電圧調整幅 (V_{bi}) を計算し、初期バランス電圧 (V_{ro}) から前記電圧調整幅 (V_{bi}) を差し引くことで前記バランス電圧 (V_{ri}) を決定し、前記バランス電圧調整手段により、キャパシタ両端電圧 (V_i) が前記バランス電圧 (V_{ri}) になるように制御するようにしたものである。

また、本発明の蓄電装置は、直列に接続された複数のキャパシタと、複数の前記キャパシタのそれぞれに接続されたバランス電圧調整手段と、前記バランス電圧調整手段に接続された制御回路からなり、前記制御回路は、前記キャパシタの非充放電時において、互いに測定タイミングが異なる 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i} 、 $i = 1 \sim n$ 、 n は前記キャパシタの個数) を前記バランス電圧調整手段により測定し、前記 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) の差の絶対値 (V_i) をそれぞれ求め、前記各絶対値 (V_i) の最小値 (V_{min}) を求め、前記各絶対値 (V_i) と前記最小値 (V_{min}) の比 (i)、および電圧調整幅 (V_b) における、あらかじめ求めた相関関係から、前記各キャパシタに対する前記電圧調整幅 (V_{bi}) をそれぞれ求め、初期バランス電圧 (V_{ro}) から前記電圧調整幅 (V_{bi}) を差し引くことで前記バランス電圧 (V_{ri}) を決定し、前記バランス電圧調整手段により、キャパシタ両端電圧 (V_i) が前記バランス電圧 (V_{ri}) になるように制御するようにしたものである。

【発明の効果】

【0016】

本発明の蓄電装置によれば、キャパシタの非充放電時に、互いに測定タイミングが異なる 2 点のキャパシタ両端電圧 (V_{1i} 、 V_{2i}) の差の絶対値 (V_i) を求め、それによりバランス電圧 (V_{ri}) を決定するので、従来のようにキャパシタを定電流充電状態とした上で容量値 C や内部抵抗値 R を測定する必要がなく、さらに劣化進行度を求めて平均値を計算した結果からバランス電圧を決定する制御も不要となる。従って、従来に比べ極めて簡単な動作でキャパシタの長寿命化を図ることができるという効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施の形態では蓄電装置をハイブリッド自動車に適用した場合について述べる。

【0018】

(実施の形態 1)

10

20

30

40

50

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における蓄電装置のブロック回路図である。図 2 は、本発明の実施の形態 1 における蓄電装置の時間 t_1 、 t_2 におけるキャパシタ両端電圧の変化図である。図 3 は、本発明の実施の形態 1 における蓄電装置の各キャパシタのバランス電圧を求めるフローチャートである。なお、図 1 において、太線は電力系配線を、細線は信号系配線をそれぞれ示す。

【0019】

図 1 において、キャパシタ 11 は複数個が直列に接続されている。本実施の形態 1 では、キャパシタ 11 として大容量の電気二重層キャパシタを用いた。なお、キャパシタ 11 は必要な電力仕様に応じて直並列接続としてもよい。この場合は、並列接続部分のキャパシタを 1 個のキャパシタ 11 として取り扱うことにより、図 1 と等価回路になる。従って、各キャパシタ 11 は 1 個でもよいし、複数個を並列接続したものでもよいものとして、以下説明する。なお、図 1 に示す蓄電装置における直列接続されたキャパシタ 11 の最両端を、他の蓄電装置の最両端と接続する構成としてもよい。このような直並列接続の場合は、キャパシタ 11 のそれぞれに後述するバランス電圧調整手段 13 が接続される構成となる。

【0020】

各キャパシタ 11 の両端には、それぞれバランス電圧調整手段 13 が接続されている。さらに、バランス電圧調整手段 13 には制御回路 15 が接続されているので、制御回路 15 によりバランス電圧調整手段 13 の動作が制御されている。なお、制御回路 15 は、従来の図 5 に示したデジタルポテンショメータ 119 や基準電源 121 等の機能を有する複数の周辺回路と、それらを制御するマイクロコンピュータから構成されている。また、制御回路 15 は車両用制御回路（図示せず）との間でデータ信号 $data$ によりデータを交信する機能も有している。

【0021】

次に、バランス電圧調整手段 13 の構成について説明する。まず、キャパシタ 11 の両端にはバランススイッチ 17 とバランス抵抗 19 の直列回路が接続されている。バランススイッチ 17 は外部からオンオフ制御ができる構成を有し、例えば FET やトランジスタが適用できる。さらに、キャパシタ 11 の両端には 2 個の分圧抵抗 21 の直列回路も接続されている。2 個の分圧抵抗 21 の接続点は制御回路 15、およびコンパレータ 23 の一方の入力に接続されている。これにより、制御回路 15 はキャパシタ 11 の両端電圧 V_i ($i = 1 \sim n$ 、 n は直列接続されたキャパシタ 11 の個数) を読み込むことができる。また、コンパレータ 23 の他方の入力、制御回路 15 と接続されている。これにより、制御回路 15 から発せられるバランス電圧 V_{ri} がコンパレータ 23 に入力されることになる。また、コンパレータ 23 の出力はバランススイッチ 17 に接続されている。従って、コンパレータ 23 の出力によりバランススイッチ 17 のオンオフが制御される。

【0022】

キャパシタ 11 の近傍には温度センサ 25 が配されている。温度センサ 25 は温度に対する抵抗値変化が大きいサーミスタを用いた。温度センサ 25 の出力は制御回路 15 に接続されている。従って、制御回路 15 は温度センサ 25 が検出した温度 T を読み込むことができる。

【0023】

直列接続されたキャパシタ 11 の最両端である正極端子 27 と負極端子 29 には、充放電回路を介して車両のモータ、発電機、バッテリー、負荷等に接続されているが、図 1 ではこれらを省略している。

【0024】

次に、このような構成を有する蓄電装置の動作について、図 2、図 3 を用いて説明する。なお、図 2 において、横軸は時間 t 、縦軸はキャパシタ両端電圧 V_i をそれぞれ示す。また、ハイブリッド自動車の場合、キャパシタ 11 は前記したように数 100 個程度が直列接続される構成となるが、以下の説明ではわかりやすくするために、キャパシタ 11 が 4 個直列であるとする。従って、キャパシタ 11 の個数 n は 4 になり、添字 i の範囲は 1

10

20

30

40

50

～ 4 となる。

【 0 0 2 5 】

まず、図 2 において、時間 t_1 で車両のイグニションスイッチ（図示せず）がオンになり、車両が起動したとする。制御回路 15 は、イグニションスイッチのオン信号を車両用制御回路からデータ信号 $data$ として受信することにより、車両の起動を認識する。なお、車両の起動は、イグニションスイッチがオンになることで制御回路 15 に駆動電圧が印加されるので、それにより認識するようにしてもよい。

【 0 0 2 6 】

車両の起動を認識すると、制御回路 15 は直ちに現在の各キャパシタ 11 の両端電圧 V_{1i} ($i = 1 \sim 4$) をバランス電圧調整手段 13 より順次読み込み、制御回路 15 に内蔵されたメモリに記憶する。同時に、時間 t_1 も 1 点目時間 t_1 としてメモリに記憶する。これにより、1 点目時間 t_1 が測定されたことになる。なお、キャパシタ両端電圧 $V_{11} \sim V_{14}$ は、前回の車両使用終了時から時間 t_1 に至るまでの間、自己放電により低下した状態である。さらに、各キャパシタ 11 の特性バラツキや劣化進行バラツキにより、キャパシタ両端電圧 $V_{11} \sim V_{14}$ はばらついた状態である。

【 0 0 2 7 】

その後、車両の使用により各キャパシタ 11 は制動時に回生電力を充電し、加速時に充電電力を放電する動作を繰り返す。なお、この経時変化は図 2 には示していない。

【 0 0 2 8 】

次に、時間 t_2 において、車両の使用を終了したとする。この際、通常は車両を制動して停止した後、使用を終了するので、この制動時の回生電力が各キャパシタ 11 に充電された状態となる。従って、図 2 の時間 t_2 においては、各キャパシタ 11 の両端電圧 V_{2i} ($i = 1 \sim 4$) は、時間 t_1 でのキャパシタ両端電圧 V_{1i} よりも大きくなる。制御回路 15 は時間 t_2 におけるキャパシタ両端電圧 $V_{21} \sim V_{24}$ をバランス電圧調整手段 13 より順次読み込み、メモリに記憶するとともに、時間 t_2 も 2 点目時間 t_2 として記憶する。これにより、2 点目時間 t_2 が測定されたことになる。

【 0 0 2 9 】

以上の説明より、時間 t_1 、および時間 t_2 はいずれもキャパシタ 11 への充放電を行っていない非充放電時であるので、安定したキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} を測定することができる。ここで、非充放電時とは、充放電回路（図示せず）によるキャパシタ 11 への充放電を積極的に行っていない状態として定義する。従って、完全にキャパシタ 11 に電流が流れていない場合だけでなく、充放電回路を動作させていなくてもキャパシタ 11 に僅かな漏れ電流が流れる等の場合は非充放電時に含む。

【 0 0 3 0 】

なお、キャパシタ両端電圧 V_i は温度により変化する特性を有する。そこで、制御回路 15 は、あらかじめ求めたキャパシタ両端電圧 V_i の温度依存性を記憶しておき、それにより温度センサ 25 から得られる温度 T に応じて、2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} を補正している。

【 0 0 3 1 】

具体的には、基準温度 T_0 （例えば 25 ）において、キャパシタ 11 を既知電圧まで充電した状態で温度 T を変えた時のキャパシタ両端電圧 V_i の温度依存特性を求める。これを、既知電圧がキャパシタ 11 の定格電圧（例えば 2.5 V）まで既定の電圧幅（例えば 0.1 V）毎に求める。すなわち、基準温度 T_0 （25 ）でキャパシタ 11 を 0.1 V まで充電した状態で温度 T を変えた時のキャパシタ両端電圧 V_i の温度依存特性を求め、次に 25 で 0.2 V まで充電して温度依存特性を求め、次に 25 で 0.3 V まで充電して温度依存特性を求め、というようにして、定格電圧（2.5 V）まで繰り返し温度依存特性を求める。こうして得られた複数の温度依存特性を制御回路 15 のメモリにあらかじめ記憶しておく。

【 0 0 3 2 】

次に、温度 T と任意のキャパシタ両端電圧 V_i が得られれば、複数の温度依存特性の中

10

20

30

40

50

から、温度 T におけるキャパシタ両端電圧 V_i を有する温度依存特性を選択する。次に、基準温度 T_0 におけるキャパシタ両端電圧 V_i を、選択した温度依存特性から求める。こうして求めたキャパシタ両端電圧 V_i が温度補正後の値となる。

【0033】

これにより、図2の時間 t_1 と t_2 で互いに温度が異なっても、基準温度 T_0 におけるキャパシタ両端電圧 V_i に補正されるので、以下に述べるバランス電圧 V_{ri} の計算精度を向上することができる。ゆえに、各キャパシタ11の劣化進行の低減（詳細は後述）を高精度に行えるので、温度補正を行うことでキャパシタ11の長寿命化に寄与できる。

【0034】

ここで、キャパシタ両端電圧 $V_{21} \sim V_{24}$ の大小関係は、キャパシタ両端電圧 $V_{11} \sim V_{14}$ の大小関係と同じであるとは限らない。すなわち、各キャパシタ11の特性や劣化進行におけるバラツキに応じて大小関係が逆転する場合がある。具体的には、図2において、時間 t_1 で最大の両端電圧 V_{11} を有するキャパシタ11は、時間 t_2 では最小の両端電圧 V_{21} となり、時間 t_1 で最小の両端電圧 V_{14} を有するキャパシタ11は、時間 t_2 では最大の両端電圧 V_{24} となっている。従って、本実施の形態1では、互いに測定タイミングが異なる時間 t_1 と時間 t_2 における2点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} から得られる図2の太矢印の傾きを基に、各キャパシタ11のバランス電圧 V_{ri} を決定するようにしている。

【0035】

次に、具体的なバランス電圧 V_{ri} の決定方法を図3のフローチャートに従って説明する。なお、制御回路15はメインルーチンから各種サブルーチンを実行することにより蓄電装置全体の動作を制御しているので、図3のフローチャートはサブルーチンの形態で示した。

【0036】

上記した1点目時間 t_1 、2点目時間 t_2 の値、および2点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の値が揃った時間 t_2 の時点で、制御回路15は図3のサブルーチンを実行する。これにより、まず制御回路15に内蔵した変数メモリ i に1を代入する（ステップ番号 S_{11} ）。ここで、変数メモリ i は添字 i と同等の意味を有すると定義し、以下、添字 i と呼ぶ。また、 S_{11} において、 $i = 1$ と記載しているが、これは右辺の値を左辺の変数に代入するという意味であると以下定義する。従って、 S_{11} では右辺の値である数値の1を、左辺の変数である添字 i に代入することになる。

【0037】

次に、制御回路15は2点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の差の絶対値 V_i を、 $V_i = |V_{2i} - V_{1i}|$ より求める（ S_{13} ）。次に、2点目時間 t_2 から1点目時間 t_1 を差し引くことにより時間差 t を求める（ S_{14} ）。すなわち、 $t = t_2 - t_1$ により時間差 t を求めている。次に、各キャパシタ11の電圧調整幅 V_{bi} を、絶対値 V_i 、時間差 t 、および既定係数 A から、 $V_{bi} = A \times V_i / t$ により求める（ S_{15} ）。ここで、 V_i / t は図2の太矢印の傾きである。この傾きは各キャパシタ11の容量値 C の逆数に相当する。すなわち、キャパシタ11は全て直列接続されているので、いずれにも同じ電流値 I で充電される。この時のキャパシタ11に蓄えられる電荷量 Q は $Q = C \cdot V_i = I \cdot t$ となる。これを変形すると、 $C = I \cdot t / V_i$ となる。ここで、電流値 I は各キャパシタ11に対して等しいので、図2の傾き V_i / t の逆数が各キャパシタ11の容量値 C と比例することがわかる。

【0038】

ここで、キャパシタ11は劣化が進行すると容量値 C が低下するので、劣化が進行したキャパシタ11ほど傾き V_i / t が大きくなることになる。従って、図2において、添字 $i = 4$ のキャパシタ11は傾きが最も大きいので劣化が一番進行していることがわかる。これにより、傾きの大小に応じてバランス電圧 V_{ri} を調整することになる。

【0039】

そのために、まず S_{15} で電圧調整幅 V_{bi} を求めている。すなわち、電圧調整幅

10

20

30

40

50

V_{bi} は、キャパシタ 11 が劣化未進行の初期状態の場合に設定される初期バランス電圧 V_{ro} (例えば定格電圧が 2.5 V のキャパシタ 11 であれば、初期バランス電圧 $V_{ro} = 2.5$ V となる) からどれだけ電圧を下げるかを表すものである。これは、上記傾きに既定係数 A を乗じることにより求めている。従って、劣化が進行し、傾きが大きいキャパシタ 11 ほど、電圧調整幅 V_{bi} が大きくなることになる。なお、既定係数 A は次のステップ (S17) でバランス電圧 V_{ri} が正規の範囲に入るように調整するための係数で、あらかじめ実験的に求めてメモリに記憶しておく。

【0040】

次に、制御回路 15 はバランス電圧 V_{ri} を、 $V_{ri} = V_{ro} - V_{bi}$ より求める (S17)。ここで、前記したように電圧調整幅 V_{bi} はキャパシタ 11 の劣化が進行するほど大きくなり、一方で初期バランス電圧 V_{ro} が定数であるので、バランス電圧 V_{ri} は小さくなる。これにより、バランス電圧調整手段 13 でキャパシタ両端電圧 V_i がバランス電圧 V_{ri} になるように調整されるので、劣化が進行したキャパシタ 11 ほどキャパシタ両端電圧 V_i が小さくなる。これにより、そのキャパシタ 11 の劣化進行は他のキャパシタ 11 より抑制される。なお、S17 の式でバランス電圧 V_{ri} が極端に小さくなったり負になったりしないように、あらかじめ既定係数 A を求めて、S15 で傾きに既定係数 A を乗じるようにしている。

【0041】

次に、制御回路 15 はバランス電圧 V_{ri} と劣化限界値 V_g を比較する (S19)。ここで、劣化限界値 V_g とは、キャパシタ 11 がこれ以上使用できない限界状態まで劣化した時のバランス電圧 V_{ri} の値であり、これもあらかじめ実験的に求めてある。従って、もしバランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g 以下になれば (S19 の Yes)、これ以上蓄電装置を使用できないので、制御回路 15 は蓄電装置の劣化信号を data 信号として車両用制御回路に送信する (S21)。これを受け、車両用制御回路は運転者に蓄電装置の劣化を警告し、修理を促すと同時に、蓄電装置の充電を中止する。これにより、劣化した蓄電装置を使い続けることがなくなるので、高信頼性が得られる。その後、制御回路 15 は図 3 のサブルーチンを終了してメインルーチンに戻る。

【0042】

一方、バランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g より大きければ (S19 の No)、蓄電装置を継続して使用できるので、次に制御回路 15 は添字 i に 1 を加え、添字 i の内容を更新する (S23)。その後、更新した添字 i がキャパシタ 11 の個数 n (ここでは $n = 4$) に 1 を加えた値と等しいか否かを判断する (S25)。もし、添字 i が $n + 1$ でなければ (S25 の No)、まだ全てのキャパシタ 11 のバランス電圧 V_{ri} が決まっていないので、S13 に戻り、それ以降の動作を繰り返す。

【0043】

一方、添字 i が $n + 1$ と等しければ (S25 の Yes)、全てのキャパシタ 11 に対するバランス電圧 V_{ri} を決定できたので、図 3 のサブルーチンを終了してメインルーチンに戻る。

【0044】

以上に説明した図 3 のフローチャートによるサブルーチンの動作をまとめると、次のようになる。

【0045】

制御回路 15 は、2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} のうち、1 点目のキャパシタ両端電圧 V_{1i} を測定する際の 1 点目時間 t_1 と、2 点目のキャパシタ両端電圧 V_{2i} を測定する際の 2 点目時間 t_2 を測定し、2 点目時間 t_2 から 1 点目時間 t_1 を差し引くことにより時間差 t を求め、絶対値 V_i を時間差 t で除して既定係数 A を乗じることにより、各キャパシタ 11 の電圧調整幅 V_{bi} を計算し、初期バランス電圧 V_{ro} から電圧調整幅 V_{bi} を差し引くことでバランス電圧 V_{ri} を決定している。このようにして、絶対値 V_i に応じた各キャパシタ 11 のバランス電圧 V_{ri} を得ている。

【0046】

10

20

30

40

50

その後は、制御回路 15 から各バランス電圧調整手段 13 に対して、それぞれ決定したバランス電圧 V_{ri} を出力するので、各バランス電圧調整手段 13 は、接続されたキャパシタ 11 の両端電圧 V_i がバランス電圧 V_{ri} になるようにバランススイッチ 17 を制御する。すなわち、キャパシタ両端電圧 V_i がバランス電圧 V_{ri} より大きければ、コンパレータ 23 はバランススイッチ 17 をオンにする。これにより、キャパシタ 11 がバランス抵抗 19 により放電され、キャパシタ両端電圧 V_i は低下する。その後、キャパシタ両端電圧 V_i がバランス電圧 V_{ri} とほぼ等しくなれば、コンパレータ 23 はバランススイッチ 17 をオフにする。これにより、キャパシタ 11 の放電が停止し、そのキャパシタ両端電圧 V_i は目標であるバランス電圧 V_{ri} となる。その結果、キャパシタ 11 の印加電圧が下がるので、その劣化進行を低減することができる。なお、その後は車両非使用時に渡ってキャパシタ両端電圧 V_i が自己放電により徐々に低下していく。

10

【0047】

また、このように動作することで、車両使用終了時において劣化が進行したキャパシタ 11 のキャパシタ両端電圧 V_i (図 2 では V_{24}) を下げ、比較的劣化が進行していないキャパシタ 11 のキャパシタ両端電圧 V_i (図 2 では V_{21}) は高い状態のままとすることにより、前者の劣化進行を低減するとともに後者の劣化を相対的に進ませることになるので、各キャパシタ 11 の劣化進行を揃えることが可能となる。その結果、任意の 1 個のキャパシタ 11 のみが劣化限界に達して蓄電装置全体が使えなくなる可能性を低減でき、蓄電装置の長寿命化も図れる。

20

【0048】

なお、2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} をキャパシタ 11 への非充放電時に求めているので、2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} は、図 2 の太矢印の傾きの逆数として示される各キャパシタ 11 の容量値 C の影響のみを反映しており、内部抵抗値 R の影響は含まれない。これは、キャパシタ 11 を充放電した直後、または充放電終了時にのみ、キャパシタ両端電圧 V_i が内部抵抗値 R の大きさを反映するためである。従って、本実施の形態 1 では内部抵抗値 R を求めずに各キャパシタ 11 の劣化進行を揃えることができるので、簡単な動作でキャパシタの長寿命化が図れる。

【0049】

以上の構成、動作により、キャパシタ 11 の非充放電時に、互いに測定タイミングが異なる 2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の差の絶対値 V_i を求め、それによりバランス電圧 V_{ri} を決定するので、極めて簡単な動作でキャパシタ 11 の長寿命化を図ることが可能な蓄電装置を実現できる。

30

【0050】

なお、本実施の形態 1 では、1 点目時間 t_1 が起動時であり、2 点目時間 t_2 が使用終了時であるようにしたので、確実にキャパシタ 11 への充放電が行われていない状態で 2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} をそれぞれ求められるのであるが、1 点目時間 t_1 と 2 点目時間 t_2 は、それぞれ起動時と使用終了時に限定されるものではなく、キャパシタ 11 が非充放電時であれば車両の使用中でも構わない。但し、この場合はキャパシタ 11 の充放電回路が動作していないことを示す信号を車両用制御回路から受信するようにしておくか、あるいは複数のキャパシタ 11 の直列回路に対し電流検出回路を直列に接続する必要がある。

40

【0051】

(実施の形態 2)

図 4 は、本発明の実施の形態 2 における蓄電装置の各キャパシタのバランス電圧を求めるフローチャートである。なお、本実施の形態 2 における蓄電装置の構成は図 1 と同じであるので、構成の説明を省略する。すなわち、本実施の形態 2 の特徴は動作部分であるので、動作について以下に詳細を説明する。

【0052】

まず、制御回路 15 は車両の起動時や車両使用中において、キャパシタ 11 の非充放電時の任意の時間 t_1 で現在の各キャパシタ 11 の両端電圧 V_{1i} を読み込み、制御回路 1

50

5 に内蔵されたメモリに記憶する。なお、この時に実施の形態 1 と同様にキャパシタ両端電圧 V_{1i} の温度補正を行っておく。また、この時の時間 t_1 は実施の形態 1 と異なり、メモリに記憶する動作は行わない。

【0053】

次に、制御回路 15 は時間 t_1 より後の車両使用中や車両使用終了時において、キャパシタ 11 の非充放電時の任意の時間 t_2 で現在の各キャパシタ 11 の両端電圧 V_{2i} を読み込み、制御回路 15 に内蔵されたメモリに記憶する。なお、この時に実施の形態 1 と同様にキャパシタ両端電圧 V_{2i} の温度補正を行っておく。また、この時の時間 t_2 は実施の形態 1 と異なり、メモリに記憶する動作は行わない。

【0054】

以上の動作で 2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の値が揃ったので、制御回路 15 は図 4 のサブルーチンを実行する。これにより、まず添字 i に 1 を代入する (S51)。次に、制御回路 15 は 2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の差の絶対値 V_i を、 $V_i = |V_{2i} - V_{1i}|$ より求める (S53)。次に添字 i に 1 を加えて更新し (S55)、添字 i がキャパシタ 11 の個数 n に 1 を加えた値に至ったか否かを判断する (S57)。もし、添字 i が $n+1$ と等しくなければ (S57 の No)、S53 に戻り、次のキャパシタ 11 の絶対値 V_i を求める動作を繰り返す。

【0055】

添字 i が $n+1$ と等しくなれば (S57 の Yes)、制御回路 15 は得られた複数の絶対値 V_i の中から最小値 V_{min} を求める (S59)。これは、図 2 の場合であれば V_1 が最小値 V_{min} となる。次に、制御回路 15 は再び添字 i に 1 を代入し (S61)、各絶対値 V_i と最小値 V_{min} の比 i を、 $i = V_i / V_{min}$ より求める (S63)。こうして求めた比 i は絶対値 V_i が最小値 V_{min} に対してどれだけ大きいかを示す値であるので、比 i は 1 以上の数値となる。なお、最小値 V_{min} に相当するキャパシタ 11 に対しては、キャパシタ両端電圧 V_i (図 2 では V_1) が最小値 V_{min} と等しいので、 $i = 1$ となる。

【0056】

従って、比 i が 1 のものは図 2 よりも明らかなように傾きが最小のものに相当するので、劣化進行が最も遅いことになる。その他のキャパシタ 11 については比 i が大きいほど劣化が進行していることになり、図 2 においては、添字 $i = 4$ のキャパシタ 11 が最も劣化進行していることがわかる。ゆえに、比 i が各キャパシタ 11 の劣化進行の指標となる。そこで、次に比 i と電圧調整幅 V_b の相関関係から添字 i のキャパシタ 11 の電圧調整幅 V_{bi} を求める (S65)。ここで、実施の形態 1 で説明したように、電圧調整幅 V_{bi} は劣化が進行しているものほど大きい値になるようにしているので、制御回路 15 はあらかじめ実験的に求めた比 i と電圧調整幅 V_b の相関関係をメモリに記憶しておき、S63 で求めた比 i に応じた電圧調整幅 V_{bi} を求めるようにしている。なお、比 i と電圧調整幅 V_b の相関関係は正の相関関数となるので、これを最小二乗法で式として求めておき、比 i を前記式に代入することで、各キャパシタ 11 に対する電圧調整幅 V_{bi} を計算している。これにより、相関関係をデータ表としてメモリに記憶する場合に比べ、メモリの節約ができる。

【0057】

次に、制御回路 15 はバランス電圧 V_{ri} を、 $V_{ri} = V_{ro} - V_{bi}$ より求める (S67)。なお、初期バランス電圧 V_{ro} は実施の形態 1 と同様にキャパシタ 11 の定格電圧 (2.5V) としている。これにより、劣化が進行したキャパシタ 11 ほど、そのバランス電圧 V_{ri} は小さくなる。従って、そのキャパシタ 11 の劣化進行は他のキャパシタ 11 より抑制されるので、その分、キャパシタ 11 の寿命を延ばすことができる。

【0058】

次に、制御回路 15 はバランス電圧 V_{ri} と劣化限界値 V_g を比較する (S69)。ここで、劣化限界値 V_g の意味は実施の形態 1 と同じである。もしバランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g 以下になれば (S69 の Yes)、これ以上蓄電装置を使用できないので、

10

20

30

40

50

制御回路 15 は蓄電装置の劣化信号を data 信号として車両用制御回路に送信し (S 7 1)、図 3 のサブルーチンを終了してメインルーチンに戻る。

【0059】

一方、バランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g より大きければ (S 6 9 の No)、蓄電装置を継続して使用できるので、次に制御回路 15 は添字 i に 1 を加え、添字 i の内容を更新する (S 7 3)。その後、更新した添字 i がキャパシタ 11 の個数 n に 1 を加えた値と等しいか否かを判断する (S 7 5)。もし、添字 i が $n + 1$ でなければ (S 7 5 の No)、まだ全てのキャパシタ 11 のバランス電圧 V_{ri} が決まっていないので、S 6 3 に戻り、それ以降の動作を繰り返す。

【0060】

一方、添字 i が $n + 1$ と等しければ (S 7 5 の Yes)、全てのキャパシタ 11 に対するバランス電圧 V_{ri} を決定できたので、図 4 のサブルーチンを終了してメインルーチンに戻る。

【0061】

以上に説明した図 4 のフローチャートによるサブルーチンの動作をまとめると、次のようになる。

【0062】

制御回路 15 は、各絶対値 V_i の最小値 V_{min} を求め、各絶対値 V_i と最小値 V_{min} の比 i 、および電圧調整幅 V_b における、あらかじめ求めた相関関係から、各キャパシタ 11 に対する電圧調整幅 V_{bi} をそれぞれ求め、初期バランス電圧 V_{ro} から電圧調整幅 V_{bi} を差し引くことでバランス電圧 V_{ri} を決定している。このようにして、絶対値 V_i に応じた各キャパシタ 11 のバランス電圧 V_{ri} を得ている。

【0063】

その後の動作は、実施の形態 1 と同様に、各キャパシタ 11 の両端電圧 V_i が決定されたバランス電圧 V_{ri} になるようにバランス電圧調整手段 13 により調整される。その結果、劣化が進行したキャパシタ 11 の印加電圧が下がるので、さらなる劣化進行を低減することができるとともに、各キャパシタ 11 の劣化進行を揃えることが可能となる。従って、蓄電装置の長寿命化も図れる。

【0064】

以上の構成、動作により、キャパシタ 11 の非充放電時に、互いに測定タイミングが異なる 2 点のキャパシタ両端電圧 V_{1i} 、 V_{2i} の差の絶対値 V_i を求め、その最小値 V_{min} との比 i によりバランス電圧 V_{ri} を決定するので、実施の形態 1 に比べ 1 点目時間 t_1 と 2 点目時間 t_2 の測定が不要となり、さらに簡単な動作でキャパシタ 11 の長寿命化を図ることが可能な蓄電装置を実現できる。

【0065】

なお、実施の形態 1、2 ではキャパシタ 11 の近傍に温度センサ 25 を配する構成としたが、これは、例えば蓄電装置を非常用補助電源に用いる場合のように、温度 T があまり変化しない時には、キャパシタ両端電圧 V_i の温度 T に対する補正をしなくてもよいことになる。従って、この場合は温度センサ 25 を用いなくてもよい。

【0066】

また、実施の形態 1、2 において、制御回路 15 は劣化信号をバランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g 以下になれば出力するようにしているが、これは絶対値 V_i が劣化上限値 V_g 以上になれば出力するようにしてもよい。ここで、劣化上限値 V_g は、これ以上蓄電装置を使用できない限界時の絶対値 V_i のことであり、あらかじめ求めて制御回路 15 のメモリに記憶しておけばよい。なお、絶対値 V_i は前記したようにキャパシタ 11 が劣化するに従って大きくなるので、バランス電圧 V_{ri} が劣化限界値 V_g 以下になれば劣化と判断するのとは逆に、絶対値 V_i が劣化上限値 V_g 以上になれば劣化と判断することになる。これにより、特に実施の形態 2 において、蓄電装置の劣化を少しでも早い段階で判断することができる。また、これら 2 つの判断を両方行い、少なくともいずれかの条件が成立すれば劣化信号を出力するようにしてもよい。これにより、二重に劣化判

10

20

30

40

50

断を行うので、劣化判断精度が向上する。

【 0 0 6 7 】

また、実施の形態 1、2 において、劣化限界値 V_g や劣化上限値 V_g を 2 段階に設定してもよい。この場合、例えば 1 段階目では車両用制御回路が運転者に警告を発するとともに、充電電流を制限する制御を行う。2 段階目に至ると、警告とともに蓄電装置への充電を中止するように制御する。これにより、劣化した蓄電装置を使い続ける可能性を大きく低減することが可能となる。

【 0 0 6 8 】

また、実施の形態 1、2 においてキャパシタ 11 には電気二重層キャパシタを用いたが、これは電気化学キャパシタ等の他のキャパシタでもよい。

10

【 0 0 6 9 】

また、実施の形態 1、2 において蓄電装置をハイブリッド自動車に適用した場合について述べたが、それらに限らず、車両の回生システムや、アイドリングストップ、電動パワーステアリング、車両制動システム、電動過給器等の各システムにおける車両用補助電源等にも適用可能である。さらに、車両用以外の非常用補助電源等の、キャパシタを複数直列に接続し充放電を行うものであれば適用できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 0 】

本発明にかかる蓄電装置は極めて簡単な動作でキャパシタの長寿命化を図ることができるため、特にキャパシタに電力を蓄え、必要な時に放電する車両用の蓄電装置等として有用である。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 1 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 における蓄電装置のブロック回路図

【図 2】本発明の実施の形態 1 における蓄電装置の時間 t_1 、 t_2 におけるキャパシタ両端電圧の変化図

【図 3】本発明の実施の形態 1 における蓄電装置の各キャパシタのバランス電圧を求めるフローチャート

【図 4】本発明の実施の形態 2 における蓄電装置の各キャパシタのバランス電圧を求めるフローチャート

30

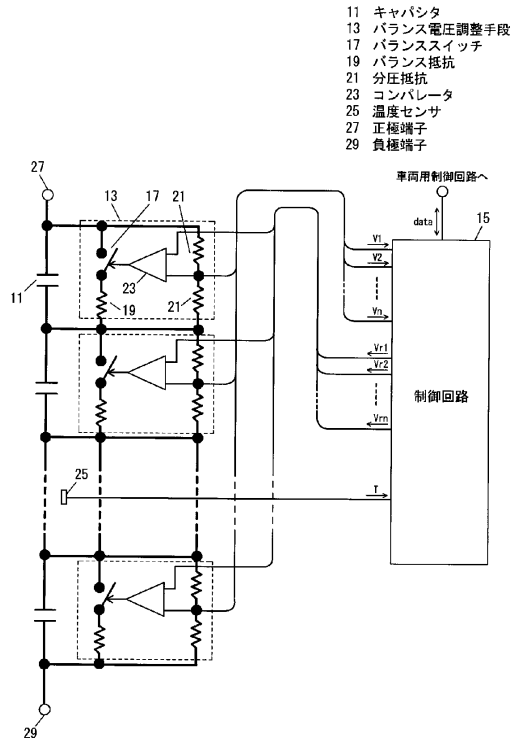
【図 5】従来の蓄電装置のブロック回路図

【符号の説明】

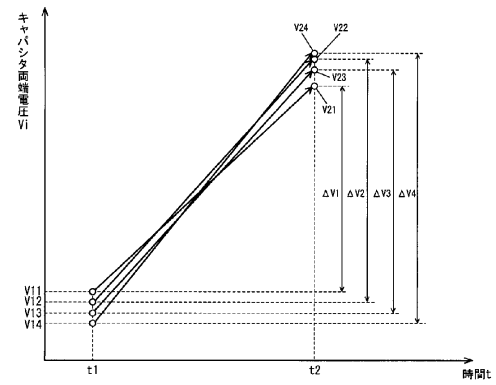
【 0 0 7 2 】

- 11 キャパシタ
- 13 バランス電圧調整手段
- 15 制御回路
- 25 温度センサ

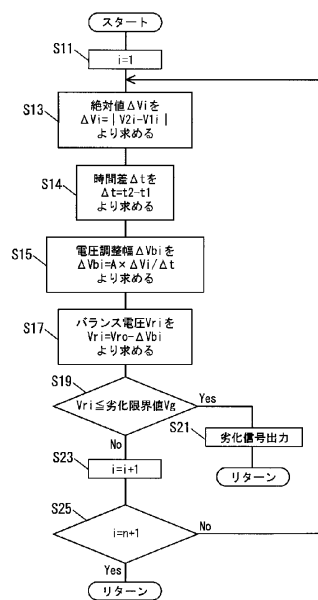
【図 1】



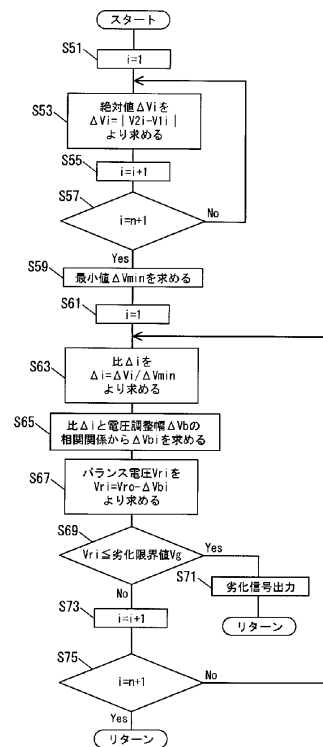
【図 2】



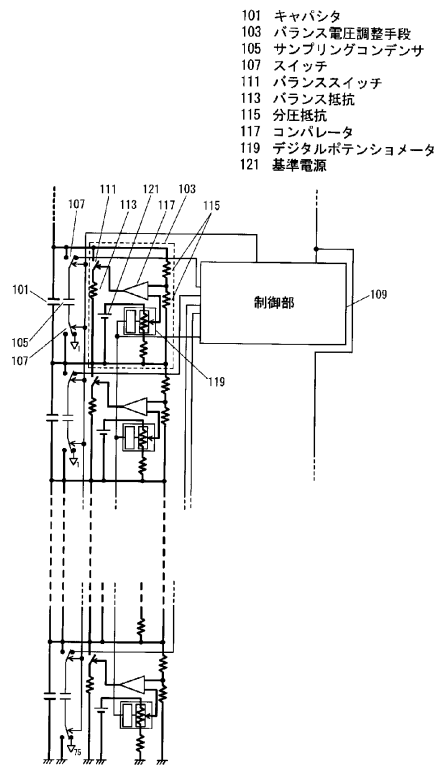
【図 3】



【図 4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 3 0 4 1 1 2 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 2 4 8 8 3 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 3 4 0 6 0 (J P , A)
特表 2 0 0 7 - 5 1 3 5 9 4 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 2 9 6 7 3 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 0 9 / 0 7 8 1 3 6 (W O , A 1)
Dirk Linzen, Stephan Buller, Eckhard Karden, Rik W. De Doncker , Analysis and Evaluation of Charge-Balancing Circuits on Performance, Reliability, and Lifetime of Supercapacitor Systems , IEEE Transactions on Industry Applications , 米国 , IEEE , 2 0 0 5 年 9 月 , Vol.41 No.5 , p.1135-1141

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 J 7 / 0 2