

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5941722号
(P5941722)

(45) 発行日 平成28年6月29日(2016.6.29)

(24) 登録日 平成28年5月27日(2016.5.27)

(51) Int.Cl.	F 1
HO2J 1/00 (2006.01)	HO2J 1/00 306K
HO2J 1/12 (2006.01)	HO2J 1/12
HO2M 3/00 (2006.01)	HO2M 3/00 H
GO5F 1/00 (2006.01)	GO5F 1/00 E

請求項の数 10 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-70210 (P2012-70210)
(22) 出願日	平成24年3月26日 (2012.3.26)
(65) 公開番号	特開2012-205501 (P2012-205501A)
(43) 公開日	平成24年10月22日 (2012.10.22)
審査請求日	平成27年3月16日 (2015.3.16)
(31) 優先権主張番号	13/072,769
(32) 優先日	平成23年3月27日 (2011.3.27)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500520743 ザ・ボーイング・カンパニー The Boeing Company アメリカ合衆国、60606-2016 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(74) 代理人	100109726 弁理士 園田 吉隆
(74) 代理人	100101199 弁理士 小林 義教
(72) 発明者	マーティネッリ、ロバート・マシュー アメリカ合衆国 カリフォルニア 925 62, マリエータ, ベアー クリーク ドライブ サウス 22586

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】アナログ充填制御によるシーケンシャルシャントレギュレータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一つの電源からの電流の第1のサブセットを離散量で切り換えて、第1の電流をエレクトリカルバスに提供するように操作可能な少なくとも一つの電源スイッチと、

前記少なくとも1つの電源からの電流の第2のサブセットをアナログ量で供給して、第2の電流を前記エレクトリカルバスに提供するように操作可能な少なくとも一つの電流可変スイッチと、

制御装置であって、

前記少なくとも一つの電源スイッチと前記少なくとも一つの電流可変スイッチとを制御して、前記離散量と前記アナログ量とを制御して、前記エレクトリカルバス上の負荷に前記第1の電流と第2の電流の和をほぼ一致させるように制御し、

前記少なくとも1つの電源スイッチが、前記エレクトリカルバスに電流を提供しているか否かを示すオンまたはオフの信号を有する、前記少なくとも1つの電源スイッチの状態信号を監視し、

アナログ PWM 誤差信号を前記状態信号に基づいて生成し、

前記アナログ量を前記アナログ PWM 誤差信号に基づいて制御する、ように操作可能な制御装置と、

を備えたシーケンシャルシャントレギュレータ。

【請求項 2】

前記電流をアースに分路するように前記少なくとも一つの電源スイッチがさらに操作可

能な、請求項 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

【請求項 3】

前記少なくとも一つの電流可変スイッチが少なくとも一つの可変電圧コンバータを備えた、請求項 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

【請求項 4】

前記少なくとも一つの可変電圧コンバータが少なくとも一つの可変昇圧コンバータを備えた、請求項 3 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

【請求項 5】

前記少なくとも一つの電源及び前記エレクトリカルバスをさらに備えた、請求項 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

10

【請求項 6】

前記少なくとも一つの電源が少なくとも一つの太陽電池パネルを備えた、請求項 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

【請求項 7】

シーケンシャルシャントレギュレーション方法であって、

第 1 の電流を少なくとも一つの電源からエレクトリカルバスに切り替える少なくとも一つの電源スイッチを制御することと、

制御された電流を前記少なくとも一つの電源から前記エレクトリカルバスに供給するよう操作可能な少なくとも一つの電流可変スイッチを制御することと、

前記少なくとも 1 つの電源が、複数の電流源を有し、該少なくとも 1 つの電源から複数の電流を受け取ることと、

前記複数の電流の第 1 のサブセットを離散量で切り換えて第 1 の電流を前記エレクトリカルバスに提供することと、

前記複数電流の第 2 のサブセットをアナログ量で供給して、第 2 の電流を前記エレクトリカルバスに提供することと、

前記離散量と前記アナログ量とを制御して、前記エレクトリカルバス上の負荷に前記第 1 及び第 2 の電流の和をほぼ一致させることと、

前記少なくとも 1 つの電源スイッチが、前記エレクトリカルバスに電流を提供しているか否かを示すオンまたはオフの信号を有する、前記少なくとも 1 つの電源スイッチの状態信号を監視することと、

20

アナログ PWM 誤差信号を前記状態信号に基づいて生成することと、

前記アナログ量を前記アナログ PWM 誤差信号に基づいて制御することと、
を含む方法。

【請求項 8】

前記第 1 の電流をアースに切り替えるように前記少なくとも一つの電源スイッチがさらに操作可能であり、前記少なくとも一つの電流可変スイッチが少なくとも一つの可変電圧コンバータを備えており、前記少なくとも一つの可変電圧コンバータが少なくとも一つの可変昇圧コンバータを備えている、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

アナログ充填制御によるシーケンシャルシャントレギュレータを使用する電気システムの調整方法であって、

複数の電流源から複数の電流を受け取ることと、

第 1 の電流をエレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第 1 のサブセットを離散量で切り替えることと、

第 2 の電流を前記エレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第 2 のサブセットをアナログ量で供給することと、

前記第 1 の電流と前記第 2 の電流の和が前記エレクトリカルバス上の負荷とほぼ一致するように、前記離散量と前記アナログ量を制御することと

少なくとも一つの電源スイッチの状態信号を監視することであって、前記状態信号は、前記少なくとも一つの電源スイッチが前記エレクトリカルバスに電流を提供しているか否

30

40

50

かを示すオンまたはオフの信号を有する、状態信号を監視することと、
アナログ PWM 誤差信号を前記状態信号に基づいて生成することと、
前記アナログ量を前記アナログ PWM 誤差信号に基づいて制御することと、
を含む方法。

【請求項 10】

電流源が少なくとも一つの太陽電池パネルを含み、
前記電流の前記第 2 のサブセットをアナログ量で供給するため、電圧コンバータを制御
するステップをさらに含む、
請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は概して、電気システムに関する。より詳しくは、本開示の実施形態
は安定化電気システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一部の電力システムは、電力を供給するため、組み合わせて作動する複数の電源を備え
ている。例えば、宇宙船及び衛星の用途では、一揃いの太陽電池パネルの電力は負荷に適合
しているか又はアースに分路されなければならない。負荷の変化に応じて、アース
に分路される電力量は変えることができる。

20

【発明の概要】

【0003】

パルス幅変調 (PWM) 制御のシーケンシャルシャントレギュレータのスイッチシステム
及び方法は開示されている。電源スイッチは、第一の電流を電源からエレクトリカルバス
に切り替えるように制御される。さらに、電流可変スイッチは、制御された電流を電源
からエレクトリカルバスに供給する。

【0004】

一つの実施形態では、シーケンシャルシャントレギュレータは、電流を電源からエレクト
リカルバスに切り替えるように操作可能な電源スイッチを備えている。さらに、電流可
変スイッチは、制御された電流を電源からエレクトリカルバスに供給するように操作可能
であり、制御装置は、電源スイッチ及び電流可変スイッチを制御するように操作可能であ
る。

30

【0005】

別の実施形態では、シーケンシャルシャントレギュレーション方法は、電源スイッチを
制御して第一の電流を電源からエレクトリカルバスに切り替える。この方法はさらに、制
御された電流を電源からエレクトリカルバスに供給するように操作可能な電流可変スイ
ッチを制御する。

【0006】

さらに別の実施形態では、アナログ充填制御によるシーケンシャルシャントレギュレー
タを使用して電気システムを調節する方法は、一又は複数の電流源から電流を受け取る。
この方法はさらに、エレクトリカルバスに第一の電流を供給するため、電流の第一サブセ
ットを離散量に切り替え、又エレクトリカルバスに第二の電流を供給するため、電流の第
二サブセットをアナログ量で供給する。この方法はまた、離散量及びアナログ量を制御し
て、第一の電流と第二の電流の合計をエレクトリカルバス上の負荷にほぼ一致させること
ができる。

40

【0007】

この概要は、詳細な説明においてさらに後述する単純化した形式の概念の選択を導入す
るために提供されている。この概要是、請求された要件の重要な特徴または本質的な特徴
を特定することを意図したものではなく、請求された要件の範囲を決定する補助として用
いられることも意図していない。

50

【図面の簡単な説明】

【0008】

本開示の実施形態のより完全な理解は、以下の図面と併せて詳細な説明及び請求の範囲を参照することにより得ることができる。ここで、図面に関して、同様の要素には同様の参照番号を付している。図面は、幅、範囲、縮尺、又は本開示の適用性を制限することなく、本開示の理解を促進するために提供されている。図面は必ずしも縮尺通りには作成されていない。

【0009】

【図1】図1は、本開示の実施形態による電源スイッチバンク及び制御装置を示す、例示的なPWM制御シーケンシャルシャントレギュレータの図解である。

10

【図2】図2は、本開示の実施形態による電源スイッチバンク及び図1の制御装置の動作を示す、例示的なグラフの図解である。

【図3】図3は、本開示の実施形態による図1の制御装置の例示的な機能ブロック図の図解である。

【図4】図4は、本開示の実施形態によるPWM制御シーケンシャルシャントレギュレーションプロセスを示す、例示的なフロー図の図解である。

【図5】図5は、本開示の実施形態によるアナログ充填制御によるPWM制御シーケンシャルシャントレギュレータを使用する電気システム調節プロセスを示す、例示的なフロー図の図解である。

【発明を実施するための形態】

20

【0010】

以下の詳細説明は本来的に典型的であり、本開示又は本開示の実施形態の用途及び使用を制限することを意図していない。具体的な機器、技術、及び用途の説明は、例としてのみ提供されている。本明細書で説明している実施例の修正は当業者に容易に理解されるものであり、本明細書で定義されている一般的な原理は、本開示の精神及び範囲から逸脱することなく、他の実施例及び用途に適用することができる。本開示は、請求の範囲と一致する範囲が与えられるべきであり、本明細書で説明及び提示されている実施例に限定されない。

【0011】

本開示の実施形態は、機能及び/又は論理ブロックコンポーネント及び様々な処理手順の観点から本明細書に記載され得る。このようなブロックコンポーネントは、特定の機能を実施するために構成された任意の数のハードウェア、ソフトウェア、及び/又はファームウェアによって実現され得ることが理解されるものとする。簡潔にするため、電源スイッチ、アナログ及びデジタル回路設計、及びシステム（ならびにシステムの個々の操作コンポーネント）の他の機能面に関連する従来の技術及びコンポーネントは、本明細書では詳細に説明されないことがある。さらに、当業者は、本開示の実施形態が各種のハードウェア及びソフトウェアと併せて実行可能であること、及び本明細書に記載されている実施形態が本開示の実施形態の一例にすぎないことを、理解するものとする。

30

【0012】

本開示の実施形態は、実際の非限定的な用途、すなわち有人及び無人の宇宙船又は衛星のエレクトリカルバスとの関連で本明細書に記載されている。しかしながら、本開示の実施形態はこのような宇宙船又は衛星の用途に限定されておらず、本明細書に記載の技術は他の用途でも利用され得る。例えば、限定するものではないが、実施形態は、有人及び無人の航空機、船舶、自動車、建物、列車、潜水艦、各種の電圧変換の用途及び回路などに、適用可能である。

40

【0013】

この説明を読んだ後では、当業者には自明となるように、以下は本開示の例及び実施形態であり、これらの実施例によって操作が限定されることはない。他の実施形態も利用可能であり、本開示の典型的な実施形態の範囲から逸脱することなく構造的な変更を行うことができる。

50

【0014】

本開示の実施形態は、安定化バスシステム上の負荷によって引き起こされる負荷電流にほぼ一致する電流を供給するため、太陽電池アレイストリング又は他の電源など任意の数の電源を操作する安定化バスシステムに回路を提供する。電源の第一サブセットは、負荷電流の機能として、エレクトリカルバスに順次連結されている（例えば、全電流又は電流なし）。電源の第二サブセットは、アナログ電流を供給するアナログ方式で制御され、順次連結された電源の能力と負荷電流との差を供給する。このようにして、電源によって供給される電流は負荷電流にほぼ一致させることができる。

【0015】

図1は、本開示の実施形態による電源スイッチバンク及び制御装置を示す、例示的なP
WMシーケンシャルシャントレギュレータ（システム100）の図解である。システム1
00は、制御装置102、エレクトリカルバス104、複数の電源スイッチ（PWRスイ
ッチ1～8）などの電源スイッチバンク、電源スイッチ（PWRスイッチ1～8）を複数
の電源108に連結する複数の連結ライン（SA1～SA8）、複数のPWM制御スイ
ッチ1～3、PWM制御スイッチ1～3を複数の電源108に連結する複数の連結ライン（
SA9～SA11）、及び負荷122を備えている。図1に示した実施形態では8個のP
WRスイッチ、3個のPWM制御スイッチ、及び11個の連結ラインが使用されているが
、システム100の操作に適した任意の数のスイッチ及び連結ラインを使用することもで
きる。本明細書では、電源と電流源はどちらでも使用することができる。

【0016】

制御装置102は、バス電圧信号106、PWRスイッチ（SW）ステータス信号11
2（電源スイッチのステータス信号）、及び電源テレメトリ（SA TM）信号116を
受信する。バス電圧信号106はバス基準電圧信号110と比較され、バス電圧信号10
6とバス基準電圧信号110からなる電圧誤差信号202（図2）などの電圧誤差信号が
算出される。バス基準電圧信号110は、エレクトリカルバス104の所望の電圧を提示
するもので、例えば、限定するものではないが、較正済み電圧源、制御装置102によ
って設定された制御済み電圧源などによって生成され得る。

【0017】

電圧誤差信号202は、誤差増幅器（図示せず）の出力電圧となることがあり、エレクト
リカルバス104に供給されるバス電流 I_{BUS} に比例することがある。バス電圧信号
106がバス基準電圧信号110を下回る場合、電圧誤差信号202は増加する。電圧誤
差信号202の増加に反応して、制御装置102は、電流が負荷電流以上になったとき
に、負荷122に供給されるバス電流 I_{BUS} を発生させる。バス電圧信号106がバス基
準電圧信号110を上回る場合、電圧誤差信号202は減少する。電圧誤差信号202の
減少に反応して、制御装置102は、電流が負荷電流以下になったときに、エレクトリカ
ルバス104に供給されるバス電流 I_{BUS} を発生させる。このようにして、バス電流 $I_{
BUS}$ は負荷電流にほぼ一致し、バス電圧信号106はバス基準電圧信号110にほぼ一
致する。

【0018】

制御装置102はさらに、電圧誤差信号202を一連の電圧閾値と比較し、エレクトリ
カルバス104に供給されるバス電流 I_{BUS} が負荷電流にほぼ一致するまで、PWRス
イッチ制御モジュール310（図3）を有効なPWRスイッチ1～8に順次割り当てる。
電圧誤差信号202が定常状態に達した場合、電圧誤差信号202は電流が負荷電流に
ほぼ一致したときにバス電流 I_{BUS} を発生させる電圧にほぼ等しくなることがある。制御
装置102は、PWR SWドライブ114を介して、PWRスイッチ1～8を制御及び
駆動する。

【0019】

制御装置102は、PWRスイッチ1～8のPWR SWステータス信号112を監視
し、電源108からエレクトリカルバス104まで供給される電流に比例するアナログP
WM誤差信号118を発生させる。このようにして、電圧誤差信号202からPWR S
50

Wステータス信号112が減算されて、アナログPWM誤差信号118が生成される。アナログPWM誤差信号118は、PWM制御スイッチ1～3によって電源108から供給される電流量を制御し、エレクトリカルバス104上の負荷122にほぼ一致するよう、電源108の少なくとも一つから4Aを供給する。

【0020】

PWRスイッチ制御モジュール310によって、電源108の一つがエレクトリカルバス104に連結、又はエレクトリカルバス104から分離され、アース120に分路されるたびに、PWM制御スイッチ1～3に送られるアナログPWM誤差信号118を再度一箇所に集めることが必要になることがある。アナログPWM誤差信号118は、PWM制御スイッチ1～3を制御するために再度一箇所に集められ、エレクトリカルバス104上の負荷122にほぼ一致するように必要な電流を供給する。10

【0021】

エレクトリカルバス104は、例えば、限定するものではないが、宇宙船用電力バス、衛星用電力バス、船舶用電力バス、自動車用電力バス、電力グリッドエレクトリカルバス、バッテリーバス、有人及び無人宇宙船用バス、有人及び無人航空機用バス、建物用バス、列車用バス、潜水艦用バス、各種電圧変換用途及び回路などを備えることができる。

【0022】

PWM制御スイッチ1～3は、第一PWMスイッチ(PWMスイッチ1)、第二PWMスイッチ(PWMスイッチ2)、及び第三PWMスイッチ(PWMスイッチ3)を備えた電流可変スイッチである。PWM制御スイッチ1～3の各々は、以下でより詳しく説明するように制御された電流及び/又は制御された電圧で、電源108からエレクトリカルバス104まで電力を供給するように操作可能である。PWM制御スイッチ1～3は、例えば、限定するものではないが、可変電圧コンバータ、可変昇圧コンバータ、可変降圧コンバータ、少なくとも一つの可変昇圧コンバータを有する少なくとも一つの可変電圧コンバータなどを備えることができる。20

【0023】

電源スイッチ(PWRスイッチ1～8)は、連結ライン(SA1～SA8)を介して電源108をエレクトリカルバス104に連結するように操作可能である。エレクトリカルバス104のバス電流 $I_{B_{U_S}}$ にほぼ比例する離散レベルで、制御装置102の電圧閾値モジュール308(図3)などのコンパレータは状態を変更して、連結ラインSA1～SA8を介してエレクトリカルバス104へ連結されている任意の数の電源108を増減する。このように、PWR SWステータス信号112は、エレクトリカルバス104に連結されている任意の数の電源108を示すように変化する。30

【0024】

電源108は、例えば、限定するものではないが、太陽電池パネル、太陽電池アレイストリーリング、燃料電池、バッテリー、発電機、衛星用電源、宇宙船用電源、航空機用電源、船舶用発電機、列車用電源、太陽電池及びエンジン駆動式で長期間飛行可能な航空機ならびに宇宙船(有人及び無人)用電源、反応炉用超高温熱電対などを備えることができる。

【0025】

負荷122は、例えば、限定するものではないが、電子デバイス、モーター、ヒーター、出力分配システム、電気器具、付加的なエレクトリカルバスなどを備えることができる。負荷122は、エレクトリカルバス104を介して電源108に連結され得る。40

【0026】

図2は、本開示の実施形態による図1の電源スイッチ(PWRスイッチ1～8)及び制御装置102の動作を示す、例示的なグラフ(グラフ200)の図解である。グラフ200は第一プロット226、第二プロット228、及び第三プロット230を示す。

【0027】

第一プロット226は、電圧誤差信号202によって提示される誤差電圧とPWM誤差電圧信号204(図1のアナログPWM誤差信号118)と関係を、負荷電流比例電圧 $V_{1_{c_p}}$ の関数として示している。負荷電流比例電圧 $V_{1_{c_p}}$ は、例えば、負荷122の負50

荷電流に比例する電圧であってもよい。バス電流 $I_{B_{US}}$ は、PWRスイッチ1～8及びPWM制御スイッチ1～3からエレクトリカルバス104に供給される全電流を有する。負荷電流比例電圧 $V_{1_{cp}}$ は、例えば、限定するものではないが、バス電流 $I_{B_{US}}$ の0.1倍の信号であってもよい。電圧誤差信号202はバス電流 $I_{B_{US}}$ に比例している。したがって、図2に示したように、例えば、電圧誤差信号202が0Vから11Vまで増加する際に、バス電流 $I_{B_{US}}$ は0Aから110Aまで増加する。

【0028】

PWM誤差電圧信号204は、PWM制御スイッチ1～3によってエレクトリカルバス104に供給される複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ に比例している。例えば、図2に示したように、PWM誤差電圧信号204が12Vから0Vまで減少し、複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ が0Aから30Aまで増加するように、PWM誤差電圧信号204は12Vから2Vまでの範囲で有効となる。

【0029】

第二プロット228は、PWRスイッチ1～8の各々のPWR SWドライブ114の各駆動ラインによって生成される駆動電圧210～224を、負荷電流比例電圧 $V_{1_{cp}}$ の関数として示している。

【0030】

第三のプロット230は、複合PWR電流 $I_{P_{WR}}$ 、複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ とバス電流 $I_{B_{US}}$ との関係を、負荷電流比例電圧 $V_{1_{cp}}$ の関数として示している。複合PWR電流 $I_{P_{WR}}$ はPWRスイッチ1～8によって電源108から供給され、複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ はPWMスイッチ1～3によって電源108から供給され、又バス電流 $I_{B_{US}}$ は複合PWR電流 $I_{P_{WR}}$ と複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ の和になっている。

【0031】

第二プロット228は、第一プロット226及び第三プロット230と共に、電圧誤差信号202、PWM誤差電圧信号204と、PWR SW駆動ライン114の各駆動ラインによって生成されるPWRスイッチ1～8の各駆動電圧210～224との関係を、負荷電流比例電圧 $V_{1_{cp}}$ の関数として示している。例えば、バス電流 $I_{B_{US}}$ (図1)が20Aに達すると、第一のPWRスイッチ1の駆動電圧210が0Vに変化することで示されているように、第一のPWRスイッチ1はオフになり、第一のPWRスイッチ1はエレクトリックバス104に10Aを供給する。第一のPWRスイッチ1の駆動電圧210が0Vに変化すると、PWM誤差電圧信号204はほぼ瞬間に4Vだけ(例えば、4Vから8Vに)増加し、PWM制御スイッチ1～3によって供給される複合PWM電流 $I_{P_{WM}}$ での10Aの補正に対応する。

【0032】

この例では、バス電流 $I_{B_{US}}$ が20Aから90Aまで増加する際に、第二プロット228のプロセスは8回反復される。90Aでは、PWRスイッチ1～8すべてが、エレクトリカルバス104に複合PWR電流 $I_{P_{WR}}$ を供給する。90A～110Aの間の負荷電流に関しては、電源108(例えば、太陽電池アレイストリング)に連結されている連結ラインSA1～SA8のすべてがエレクトリカルバス104に全電流を供給するまで、PWM制御スイッチ1～3はエレクトリカルバス104への電流の追加供給を継続する。このようにして、電源108は、エレクトリカルバス104上の負荷122にほぼ一致させるのに必要となるバス電流 $I_{B_{US}}$ を供給する。PWM制御スイッチ1～3の各々は、既に述べた制御された電流及び/又は制御された電圧で、電源108からエレクトリカルバス104に電力を供給する。

【0033】

図3は、本開示の実施形態による図1の制御装置102の例示的な機能ブロック図(システム300)の図解である。システム300は一般に、プロセッサモジュール302、メモリモジュール304、テレメトリモジュール306、電圧閾値モジュール308、PWRスイッチ制御モジュール310、及びPWMスイッチ制御モジュール312を備えている。これらのモジュールは、ネットワークバス314を介して相互に連結され、通信を

10

20

30

40

50

行うことができる。

【0034】

プロセッサモジュール302は、機能、技術を実行するように構成されている処理ロジック、及びシステム300の操作に関連する処理タスクを含む。特に、処理ロジックは本明細書に記載されているシステム300を支援するように構成されている。例えば、プロセッサモジュール302は、バス電圧信号106、PWR SWステータス信号112、及びシステム100の電源テレメトリ(SA TM)信号116などの信号を受信し、これらの信号をテレメトリモジュール306などに送信することができる。

【0035】

別の例では、プロセッサモジュール302は、電流サブセットの離散量だけでなく、電源108の別の電流サブセットのアナログ量を制御し、以下で図5の検討に関連してより詳細に説明するように、これらの電流サブセットの合計がエレクトリカルバス104上の負荷122ほぼ一致するように制御することができる。さらに、プロセッサモジュール302は、バス基準電圧信号110、電圧閾値などにアクセスするようにメモリモジュール304にアクセスする。

【0036】

プロセッサモジュール302は、汎用プロセッサ、連想メモリ、デジタル信号プロセッサ、特定用途向け集積回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ、任意の好適なプログラマブル論理素子、離散ゲート又はトランジスタ論理、離散ハードウェアコンポーネント、又はこれらの任意の組み合わせ、と共に実施、又は実現することができる。本明細書に記載されている機能を実行するように設計されている。

【0037】

このように、プロセッサは、マイクロプロセッサ、制御装置、マイクロコントローラ、ステートマシンとして実現することができる。プロセッサはまた、計算装置の組み合わせとして、例えば、デジタル信号プロセッサとマイクロプロセッサとの組み合わせ、デジタル信号プロセッサコアと連動する一又は複数のマイクロプロセッサ、又は他の類似の構成として実施することもできる。

【0038】

メモリモジュール304は、システム300の操作を支援するようにメモリがフォーマット化されたデータ記憶領域であってもよい。メモリモジュール304は、以下に述べる方法でシステム300の機能性を支援するために必要となるデータを保存、保持、及び供給するように構成されている。前記データは、例えば、限定するものではないが、電圧誤差信号202、バス基準電圧信号110、電圧閾値などを含むことができる。実用的な実施形態では、メモリモジュール304は、例えば、限定するものではないが、不揮発性記憶装置(不揮発性半導体メモリ、ハードディスク装置、光ディスク装置など)、ランダムアクセス記憶装置(例えば、SRAM、DRAM)、又は公知となっている他の任意の形態の記憶媒体を含むことができる。

【0039】

メモリモジュール304は、プロセッサモジュール302に連結され、例えば、限定するものではないが、データベースなどを保存するように構成することができる。さらに、メモリモジュール304は、データベースを更新するためのテーブルを含むデータベースの動的更新を行うことができる。メモリモジュール304はまた、プロセッサモジュール302、オペレーティングシステム、アプリケーションプログラム、プログラムの実行時に使用される一時的なデータなどによって実行されるコンピュータプログラムを保存することもできる。

【0040】

メモリモジュール304は、プロセッサモジュール302がメモリモジュール304との間で情報の読み書きを行えるように、プロセッサモジュール302に連結することができる。例えば、プロセッサモジュール302及びメモリモジュール304は、各特定用途向け集積回路(ASSIC)内に常駐することができる。メモリモジュール304はまた、

10

20

30

40

50

プロセッサモジュール 302 に統合することもできる。一実施形態において、メモリモジュール 304 は、プロセッサモジュール 302 によって実行される命令の実行中に、一時的な変数又はその他の中間的な情報を保存するためのキャッシュメモリを含むことができる。

【0041】

テレメトリモジュール 306 は、バス電圧信号 106、PWR スイッチステータス信号 112、及び電源テレメトリ (SA TM) 信号 116 を受信する。バス電圧信号 106 はバス基準電圧信号 110 と比較され、バス電圧信号 106 とバス基準電圧信号 110 との差分からなる電圧誤差信号 202 が算出される。

【0042】

電圧閾値モジュール 308 は電圧誤差信号 202 を一連の電圧閾値と比較し、電圧誤差信号 202 によってエレクトリカルバス 104 に供給される電流が負荷電流に等しくなるまで、PWR スイッチ制御モジュール 310 に指令を出して PWR スイッチ 1~8 を有効にする。前記一連の電圧閾値は、例えば、限定するものではないが、2V、3V、4V、5V、6V、7V、8V、9Vなどを含んでいてもよい。

【0043】

PWR スイッチ制御モジュール 310 は、PWR SW ドライブ 114 (図 1) を介して PWR スイッチ 1~8 を制御及び駆動する。

【0044】

PWM スイッチ制御モジュール 312 は PWR スイッチ 1~8 の PWR SW ステータス信号 112 を監視し、PWM 制御スイッチ 1~3 によってエレクトリカルバス 104 に供給される電流に比例するアナログ PWM 誤差信号 118 を生成する。電圧誤差信号 202 から PWR SW ステータス信号 112 が減算されて、PWM 制御スイッチ 1~3 によって供給される電流量を制御する PWM 誤差信号 118 が生成される。上述のように、太陽電池アレイストリングなどの電源 108 の一つがエレクトリカルバス 104 に連結、又はエレクトリカルバス 104 から分離され、PWM スイッチ制御モジュールによってアース 120 に分路されるたびに、PWM 制御スイッチ 1~3 に連結されたアナログ PWM 誤差信号 118 を再度一箇所に集めることが必要になることがある。PWM 制御スイッチ 1~3 を制御するため、アナログ PWM 誤差信号 118 は再度一箇所に集められ、エレクトリカルバス 104 上の負荷 122 (図 1) への対応に必要な電流を追加供給する。

【0045】

図 4 は、本開示の実施形態によるシーケンシャルシャントレギュレーションプロセス 400 を示す、例示的なフロー図の図解である。プロセス 400 に関連して実行される各種のタスクは、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって、機械的に実行され得る。プロセス 400 が、任意の数の付加的又は代替的タスク、必ずしも図解した順に実行する必要のない図 4 に示したタスクを含み得ること、及びプロセス 400 が、本明細書には詳細に記述されていない付加的な機能性を有するより包括的な手続き又はプロセスに組み込まれ得ることを理解されたい。

【0046】

例示を目的として、プロセス 400 の以下の説明は図 1 及び 3 に関連して上述の要素を参照することができる。実用的な実施形態では、プロセス 400 の一部は、制御装置 102、エレクトリカルバス 104、PWM 制御スイッチ 1~3、電源スイッチ (PWR スイッチ 1~8)、連結ライン (SA 1~SA 11) など、システム 100 及び 300 の異なる要素によって実行され得る。プロセス 400 は、図 1 及び 3 に示した実施形態と同様の機能、材料、及び構造を有していてもよい。そのため、共通の特徴、機能、及び要素は、本明細書に重複して記述しないこともある。

【0047】

プロセス 400 は、少なくとも一つの電源 108 からエレクトリカルバス 104 に第一の電流を切り替える少なくとも一つの PWR スイッチ 1~8 など、少なくとも一つの電源スイッチの制御によって開始することができる (タスク 402)。

10

20

30

40

50

【0048】

プロセス400は、少なくとも一つの電源108からエレクトリカルバス104に制御された電流を供給するように操作可能なPWM制御スイッチ1～3など、少なくとも一つの電流可変スイッチの制御によって継続することができる(タスク404)。

【0049】

図5は、本開示の実施形態によるアナログ充填制御によるシーケンシャルシャントレギュレータを使用する電気システム調節プロセス500を示す、例示的なフロー図の図解である。プロセス500に関連して実行される各種のタスクは、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、又はこれらの任意の組み合わせによって機械的に実行することができる。プロセス500が、任意の数の付加的又は代替的タスク、必ずしも図解した順に実行する必要のない図5に示したタスクを含み得ること、及びプロセス500が、本明細書には詳細に記述されていない付加的な機能性を有するより包括的な手続き又はプロセスに組み込まれ得ることを理解されたい。

10

【0050】

例示を目的として、プロセス500の以下の説明は図1及び3に関連して上述の要素を参考することができる。実用的な実施形態では、プロセス500の一部は、制御装置102、エレクトリカルバス104、PWM制御スイッチ1～3、複数の電源スイッチ(PWRスイッチ1～8)、複数の連結ライン(SA1～SA11)など、システム100及び300の異なる要素によって実行され得る。プロセス500は、図1及び3に示した実施形態と同様の機能、材料、及び構造を有していてもよい。そのため、共通の特徴、機能、及び要素は、本明細書に重複して記述しないこともある。

20

【0051】

プロセス500は、電源108などの複数の電流源から複数の電流を受け取ることによって開始することができる(タスク502)。

【0052】

プロセス500は、電流の第一サブセットを離散量に切り替えることによって、エレクトリカルバス104への第一の電流(例えば、複合PWR電流 I_{PWR})の供給を継続することができる(タスク504)。電流の第一サブセットは、例えば、限定するものではないが、各連結ラインSA1～SA8によってエレクトリカルバス104へ順次連結されている電源108(例えば、太陽電池パネル又は太陽電池アレイストリング)の第一の部分によって、負荷122の負荷電流の関数として供給される電流を含んでいてもよい。例えば、限定するものではないが、第一サブセットは、それぞれ10Aの電流を有し、SA1及びSA2の連結ラインを介してエレクトリカルバス104に連結されている第一及び第二の太陽電池アレイストリングからの電流を含んでいてもよい。

30

【0053】

この例では、PWR SWステータス信号112がビット表記00111111に対応している場合、第一の電流に対応する離散量は $2 \times 10A = 20A$ となる。このビット表記では、0はエレクトリカルバス104に電流を供給するスイッチを示し、1はエレクトリカルバス104に電流を供給しないスイッチを示す。したがって、00111111はPWRスイッチ1～2がエレクトリカルバス104に電流を供給し、PWRスイッチ3～8がエレクトリカルバス104に電流を供給していないことを示す。

40

【0054】

プロセス500は、電流の第二サブセットをアナログ量で供給することによって、エレクトリカルバス104への第二の電流(例えば、複合PWM電流 I_{PWM})の供給を継続することができる(タスク506)。第二サブセットは、例えば、限定するものではないが、各連結ラインSA9～SA11を介してエレクトリカルバス104へ同時に連結されている電源108の第二の部分によって、電流負荷の関数として供給される電流を含んでいてもよい。例えば、限定するものではないが、第二サブセットは、それぞれ10Aの電流を有し、SA9、SA10、及びSA11の連結ラインを介してエレクトリカルバス104に連結されている第一、第二、及び第三の太陽電池アレイストリングからの電流を含

50

んでいてもよい。

【0055】

PWMスイッチを約50%で操作することにより、エレクトリカルバス104に流れる及びエレクトリカルバス104で受け取る第二の電流のアナログ量は $3 * 5 A = 15 A$ となり得る。この例では、電源108の第一の部分に連結しているPWRスイッチ1～2は、エレクトリカルバス104への20Aからなる第一の電流を離散量で供給する。またこの例では、電源108の第二の部分に連結しているPWM制御スイッチ1～3、エレクトリカルバス104への15Aを有するアナログ量での第二の電流を供給する。したがってこの例では、エレクトリカルバス104へ供給されるバス電流 $I_{B U S}$ などの合計電流は35Aになる。

10

【0056】

エレクトリカルバス104上の負荷122の負荷電流が39Aまで増加した場合、第二の電流を19Aに増やすため、制御装置102はPWM制御スイッチ1～3のデューティサイクルを増加させることになる。同様に、負荷電流が41Aまで増加した場合、制御装置102は第一の電流を30Aまで増やすため、電源108の追加電源を開放するようにPWRスイッチ1～8の追加電源スイッチに指令を出すことがあり、又制御装置102は第二の電流を11Aまで減らすため、PWM制御スイッチ1～3のデューティサイクルを減少させることになる。

【0057】

プロセス500は、制御装置102が離散量及びアナログ量を制御することによって、第一の電流と第二の電流の合計をエレクトリカルバス104上の負荷122にほぼ一致するように継続することができる(タスク508)。例えば、既に述べたように、負荷122の負荷電流が35Aから39Aに増加した場合、エレクトリカルバス104にアナログ量で19Aを供給するため、制御装置102はPWM制御スイッチ1～3を制御してそのデューティサイクルを増加させる。このようにして、バス電流 $I_{B U S}$ は、アナログ量の19Aに加えて、2個の電源から供給される離散量の20A($2 * 10 A = 20 A$)を含んでおり、39Aの負荷電流にほぼ一致する。

20

【0058】

上述の例から、負荷電流が35Aから41Aに増加した場合、制御装置102はPWRスイッチ1～8を制御して電源108から追加電流を開放し、各連結ラインSA1～SA8を介して3個の電源の離散量30Aからなる第一の電流をエレクトリカルバス104に供給する。したがって上述の例では、PWM制御スイッチ1～3によって連結ラインSA9～SA11から供給される第二の電流はその結果アナログ量で11Aまで減少する。このようにこの実施例では、バス電流 $I_{B U S}$ は、3個の電源から供給される30Aの離散量からなる第一の電流と、11Aのアナログ量からなる第二の電流を含み、41Aの負荷電流にほぼ一致する。

30

【0059】

プロセス500は、PWM制御スイッチ1～3の一つなどの可変電圧コンバータを制御する制御装置102によって、アナログ量による電流の第二サブセットの供給を継続することができる(タスク510)。電圧コンバータは、例えば、限定するものではないが、可変電圧コンバータ、可変昇圧コンバータ、可変降圧コンバータ、少なくとも一つの昇圧コンバータを有する少なくとも一つの可変電圧コンバータなどを、備えることができる。

40

【0060】

プロセス500は、電源スイッチ(PWRスイッチ1～8)のステータス信号112(PWR SWステータス信号112)を監視する制御装置102によって継続することができる(タスク512)。

【0061】

プロセス500は、ステータス信号112(PWR SWステータス信号112)に基づいてアナログPWM誤差信号118を生成する制御装置102によって継続することができる(タスク514)。

50

【0062】

プロセス500は、アナログPWM誤差信号118に基づいてアナログ量を制御する制御装置102によって継続することができる（タスク516）。アナログPWM誤差信号118は、電源108（電流源）からエレクトリカルバス104に供給される電流に比例することがある。既に説明したように、電圧誤差信号202からPWR_SWステータス信号112が減算されて、アナログPWM誤差信号118が生成される。

【0063】

プロセス500は、少なくとも一つの電源スイッチ（PWRスイッチ1～8）によって、少なくとも一つの電流をアース120に分路する制御装置102によって継続される（タスク518）。

10

【0064】

このようにして、本開示の実施形態は、エレクトリカルバス104上の負荷122などの負荷に切り替えられた電源108などの電源システムに対して、電圧調節を行う。

【0065】

上記の説明は、「結合された」または「連結された」要素又はノード又は機構を意味する。本明細書で使用しているように、明示的に別段の定めがない限り、「結合された」は一つの要素／ノード／機構が他の要素／ノード／機構に直接結び付けられていること（あるいは直接通信を行うこと）を意味し、必ずしも機械的に結び付けられている必要はない。同様にして、明示的に別段の定めがない限り、「連結された」は一つの要素／ノード／機構が他の要素／ノード／機構に直接又は間接的に結び付けられていること（あるいは直接的又は間接的に通信を行うこと）を意味し、必ずしも機械的に結び付けられている必要はない。したがって、図1及び3は要素、付加的な介入要素、装置、機構又はコンポーネントを本開示の実施形態に提示することができる。

20

【0066】

本明細書で使用されている用語及び表現、ならびにこれらの変化形は、明示的に別段の定めがない限り、限定的なものではなく変更可能であると解釈すべきものとする。前述の例として、「含む」という語は「含み、限定するものではなく」などの意味であるとして読み解しなければならない。「例」という語は検討の中で項目の実施例を提供する際に使用されるもので、それらを網羅する又は限定するリストではない。また、「従来の」、「伝統的な」、「通常の」、「標準の」、及び同様の意味を有する語は、前述の項目を所定の期間に限定している又は一定の時点において利用可能な項目に限定していると解釈すべきではなく、現在又は将来のある時点において利用可能又は既知となる従来の、伝統的な、通常の、又は標準的な技術を網羅すると読み解すべきである。

30

【0067】

同様に、接続詞「及び」で結び付けられているグループ内の項目は、各項目及び全項目がグループ内にあることを要求していると読み解すべきではなく、明示的に別段の定めがない限り「及び／又は」として読み解すべきである。同様に、接続詞「又は」で結び付けられているグループ内の項目は、グループ間の相互排他性を要求していると読み解すべきではなく、明示的に別段の定めがない限り「及び／又は」として読み解すべきである。さらに、本開示の項目、要素又はコンポーネントは単数形で説明または特許請求されることがあるが、単数形への限定が明示的に定められていない限り、複数形はその範囲内にあると意図される。「一又は複数の」、「少なくとも」、「限定しないが」などの範囲を拡張する語及び語句を読み解する際には、このような範囲拡張の表現がないと範囲を狭めることが意図されている又は要求されていることを意味すると解釈すべきではない。

40

【0068】

他の実施形態、たとえば、電圧コンバータが可変昇圧コンバータを含む実施形態も可能である。

複数の電源スイッチのステータス信号を監視するステップと、

ステータス信号に基づいてPWM誤差信号を生成するステップと、

アナログPWM誤差信号に基づいてアナログ量を制御するステップと

50

をさらに含む実施形態。

【0069】

アナログ PWM 誤差信号が電流源からエレクトリカルバスに供給される電流に比例している実施形態。

【0070】

電圧誤差信号からステータス信号が減算され、アナログ PWM 誤差信号を生成する実施形態。

【0071】

少なくとも一つのスイッチを使用して少なくとも一つの電流をアースに分路することをさらに含む実施形態。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

(態様 1)

電流を少なくとも一つの電源からエレクトリカルバスに切り替えるように操作可能な少なくとも一つの電源スイッチと、

制御された電流を前記少なくとも一つの電源から前記エレクトリカルバスに供給するように操作可能な少なくとも一つの電流可変スイッチと、

前記少なくとも一つの電源スイッチと前記少なくとも一つの電流可変スイッチとを制御するように操作可能な制御装置と

を備えたシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 2)

前記電流をアースに分路するように前記少なくとも一つの電源スイッチがさらに操作可能な、態様 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 3)

前記少なくとも一つの電流可変スイッチが少なくとも一つの可変電圧コンバータを備えた、態様 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 4)

前記少なくとも一つの可変電圧コンバータが少なくとも一つの可変昇圧コンバータを備えた、態様 3 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 5)

前記少なくとも一つの電源及び前記エレクトリカルバスをさらに備えた、態様 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 6)

前記少なくとも一つの電源が少なくとも一つの太陽電池パネルを備えた、態様 1 に記載のシーケンシャルシャントレギュレータ。

(態様 7)

シーケンシャルシャントレギュレーション方法であって、

第一の電流を少なくとも一つの電源からエレクトリカルバスに切り替える少なくとも一つの電源スイッチを制御するステップと、

制御された電流を前記少なくとも一つの電源から前記エレクトリカルバスに供給するように操作可能な少なくとも一つの電流可変スイッチを制御するステップとを含む方法。

(態様 8)

複数の電流源から複数の電流を受け取るステップと、

前記第一の電流を前記エレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第一サブセットを離散量で切り替えるステップと、

第二の電流を前記エレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第二サブセットをアナログ量で供給するステップと、

前記第一の電流と前記第二の電流の合計が前記エレクトリカルバス上の負荷とほぼ一致するように、前記離散量と前記アナログ量を制御するステップと

をさらに含む、態様 7 に記載の方法。

10

20

30

40

50

(態様 9)

前記第一の電流をアースに切り替えるように前記少なくとも一つの電源スイッチがさらに操作可能であり、前記少なくとも一つの電流可変スイッチが少なくとも一つの可変電圧コンバータを備えており、前記少なくとも一つの可変電圧コンバータが少なくとも一つの可変昇圧コンバータを備えている、態様 7 に記載の方法。

(態様 10)

アナログ充填制御によるシーケンシャルシャントレギュレータを使用する電気システムの調整方法であって、

複数の電流源から複数の電流を受け取るステップと、

第一の電流をエレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第一サブセットを離散量で切り替えるステップと、 10

第二の電流を前記エレクトリカルバスに供給するため、前記電流の第二サブセットをアナログ量で供給するステップと、

前記第一の電流と前記第二の電流の合計が前記エレクトリカルバス上の負荷とほぼ一致するように、前記離散量と前記アナログ量を制御するステップとを含む方法。

(態様 11)

電流源が少なくとも一つの太陽電池パネルを含み、

前記電流の前記第二サブセットをアナログ量で供給するため、電圧コンバータを制御するステップをさらに含む、 20

態様 10 に記載の方法。

【符号の説明】

【0072】

100、300 システム

102 制御装置

104 エレクトリカルバス

106 バス電圧信号

108 電源

110 バス基準電圧信号

112 PWR SWステータス信号

30

114 PWR SWドライブ

116 電源テレメトリ信号

118 アナログ PWM誤差信号

120 アース

122 負荷

200 グラフ

202 電圧誤差信号

204 PWM誤差電圧信号

210、212、214、216、218、220、222、224 駆動電圧

226 第一プロット

40

228 第二プロット

230 第三プロット

302 プロセッサモジュール

304 メモリモジュール

306 テレメトリモジュール

308 電圧閾値モジュール

310 PWRスイッチ制御モジュール

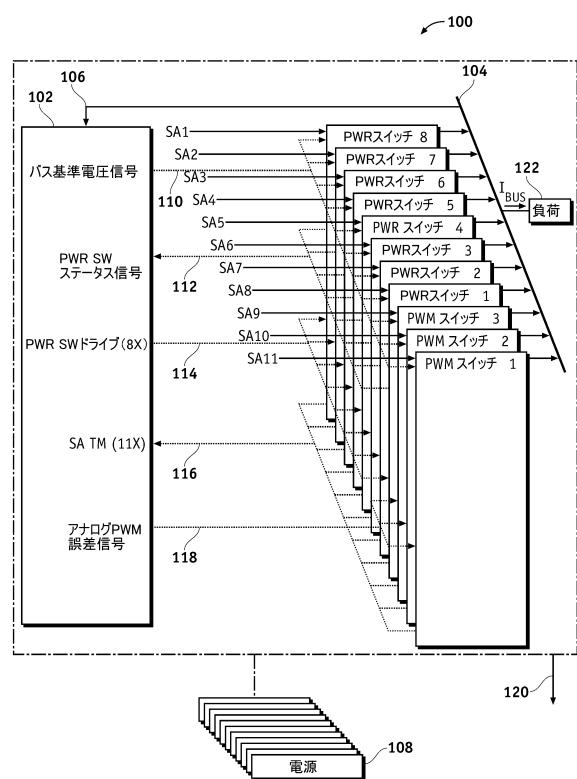
312 PWMスイッチ制御モジュール

314 ネットワークバス

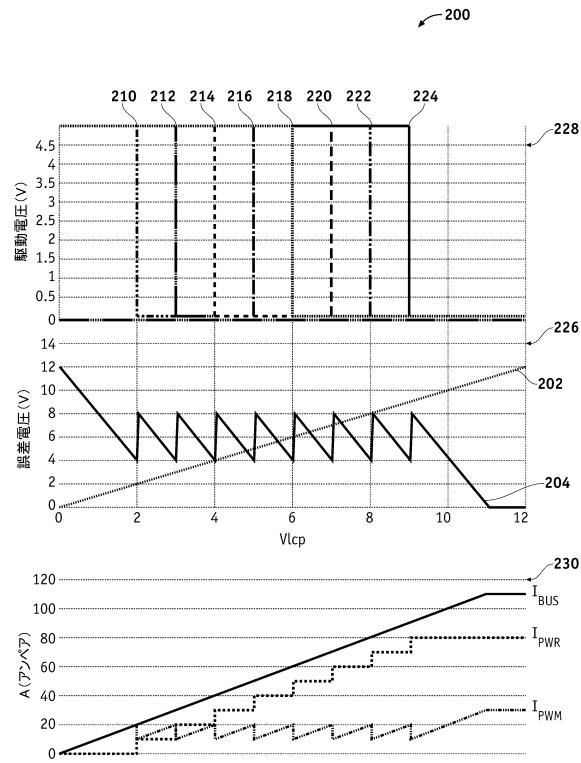
400、500 プロセス

50

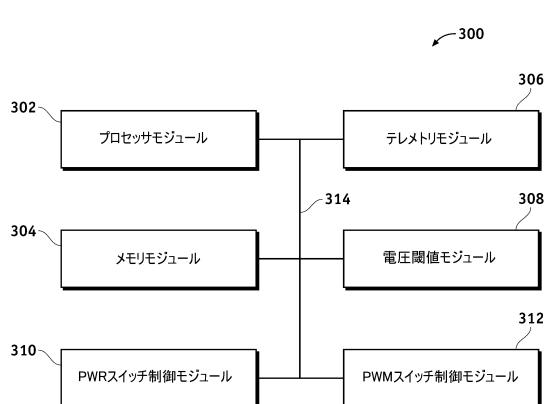
【図1】



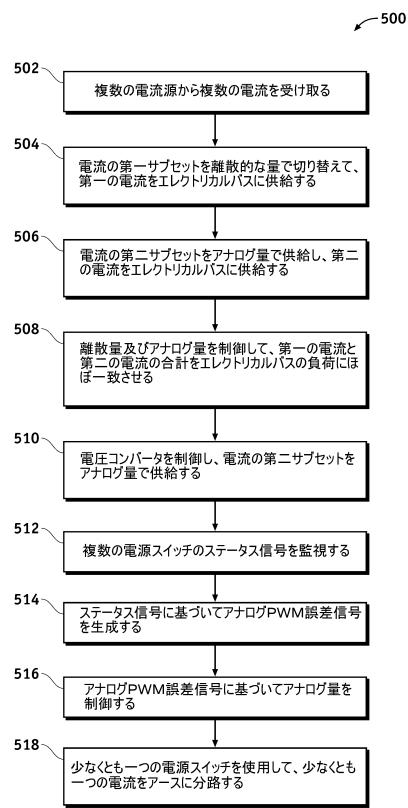
【図2】



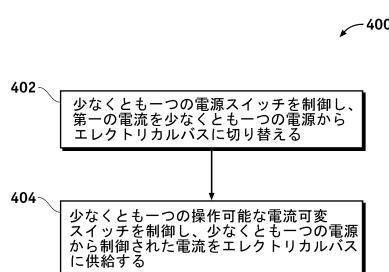
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

審査官 宮本 秀一

(56)参考文献 米国特許第07777367(US, B2)

特表2004-511868(JP, A)

米国特許出願公開第2004/0251885(US, A1)

特表2002-530036(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05F1/00-1/10、

1/445、

1/56、

1/613、

1/618

H02J1/00-1/16、

13/00

H02M3/00-3/44