

(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2005-269823

(P2005-269823A)

(43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
H02J 7/34	H02J 7/34	5G003
B60L 11/14	B60L 11/14	5G065
B60L 11/18	B60L 11/18	5H115
H01G 9/28	H01M 8/00	
H01M 8/00	H02J 1/00	306C
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-81249 (P2004-81249)  
 (22) 出願日 平成16年3月19日 (2004.3.19)

(71) 出願人 000006781  
 ヤンマー株式会社  
 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号  
 (74) 代理人 100080621  
 弁理士 矢野 寿一郎  
 (72) 発明者 中垣 充弘  
 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤン  
 マー株式会社内  
 Fターム(参考) 5G003 AA05 BA03 CA11 DA04 GC05  
 5G065 BA02 DA01 EA02 GA09 HA17  
 LA01 NA01  
 5H115 PA12 PC06 PG04 PI11 PI18  
 PI21 PI29 P006 PO17 PU08  
 PU25 PV02 PV09 PV24 SE10  
 T013 TR14

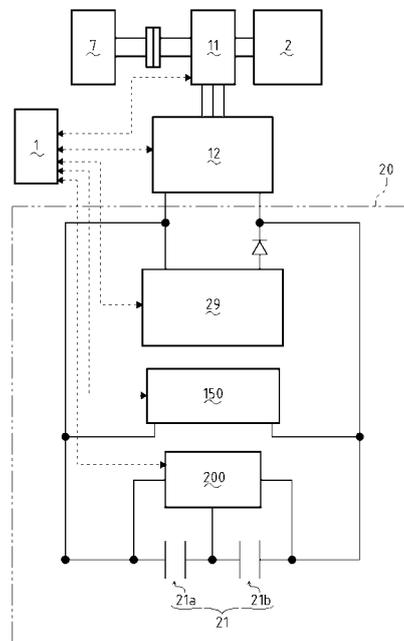
(54) 【発明の名称】 ハイブリッドシステム

(57) 【要約】

【課題】 モータへ電力を供給するための電力源として燃料電池を備えるハイブリッドシステムにおいて、他の電力源として電気二重層キャパシタを用いることにより、燃料電池の有する低い出力応答性を補い、モータへの効率の良い電力供給を可能とするとともに、発電機による電力回生性能を向上させ、電力効率の向上を図ることを目的とする。

【解決手段】 エンジン2と、モータジェネレータ11と、モータジェネレータ11へ電力を供給する電力源としての燃料電池29と、モータとして作動するモータジェネレータ11への電力の供給並びに発電機として作動するモータジェネレータ11及び燃料電池29からの発電電力の蓄電を行う蓄電装置とを有するハイブリッドシステムにおいて、前記蓄電装置として、キャパシタ蓄電装置21を用いた。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エンジンと、該エンジンをアシストするモータと、これらを制御する制御手段と、前記エンジンを駆動源とする発電機と、前記モータへ電力を供給する電力源としての燃料電池と、前記モータへの電力の供給並びに前記発電機及び前記燃料電池からの発電電力の蓄電を行う蓄電装置とを有するハイブリッドシステムにおいて、

前記蓄電装置として、キャパシタ蓄電装置を用いたことを特徴とするハイブリッドシステム。

## 【請求項 2】

前記制御手段は、

前記モータ起動時には、該モータへの電力の供給を前記キャパシタ蓄電装置によって行い、前記燃料電池の燃料電池電圧が、予め設定される規定値を上回った場合に、前記モータへの電力の供給を前記キャパシタ蓄電装置から前記燃料電池へと切り換えることを特徴とする請求項 1 記載のハイブリッドシステム。

## 【請求項 3】

前記制御手段からの充電電流指令に基づき、前記キャパシタ蓄電装置への充電量の制御を行う充電制御回路を備え、

前記制御手段は、

前記キャパシタ蓄電装置のキャパシタ電圧が、前記燃料電池の燃料電池電圧を上回った場合は、前記充電電流指令の指令値を減少して前記キャパシタ蓄電装置への充電量を減少し、またはキャパシタ蓄電装置を放電させ、

前記キャパシタ電圧が、前記燃料電池電圧を下回った場合は、前記充電電流指令を増加して前記キャパシタ蓄電装置への充電量を増加することを特徴とする請求項 1 記載のハイブリッドシステム。

## 【請求項 4】

前記制御手段は、

前記キャパシタ電圧が、予め設定される規定値を上回った場合は、前記充電電流指令の指令値を減少し、

前記キャパシタ電圧が、前記規定値を下回った場合は、前記充電電流指令の指令値を増加することを特徴とする請求項 3 記載のハイブリッドシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、エンジンから少なくとも機械的駆動力と電力を取り出すハイブリッドシステムに関し、特に、エンジンをアシストする電動機（モータ）へ電力を供給するための電力源の一つとして、燃料電池を備えるハイブリッドシステムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、自動車や、建設機械などの作業機などにおいては、エンジンを駆動源とする発電機と、この発電機による発電電力を蓄電する蓄電装置としてのバッテリー（二次電池）と、このバッテリーから供給される電力が用いられて駆動するモータ（電動機）とを備え、発電機によるバッテリーの蓄電と、モータによるエンジンのトルクアシストとを行うことで、省エネルギー化を図りつつ、エンジンを有効に使用することによって効率的な運転を可能とする、いわゆるハイブリッドシステムが採用されており、このような技術が今後の主流となりつつある。

## 【0003】

そして、前述のようなハイブリッドシステムにおいては、モータへ電力を供給するための電力源として、バッテリーの他に燃料電池を備えたものが提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

燃料電池とは、ガスタンク等から直接供給される水素ガスや、一次燃料としてのメタノ

10

20

30

40

50

ールやボタン等を改質器を介して改質することによって生成される水素ガスを燃料として使用し、水素の酸化により発電を行うものである。そのため、排出されるのは主として水蒸気であり、有害ガスを発生しないことから環境性に優れるという特徴を有する。

また、燃料電池はバッテリーと異なり、電力を蓄電することのない不可逆的な電力源であるため、外部から補給される燃料によって発電能力を回復するという特徴を有している。前記特許文献1においては、この不可逆的な性質を有する燃料電池は、蓄電量が増減するバッテリーと比較して、残存容量から電力源としての電力供給余力をより正確に把握できるという点を利用している。つまり、これにより、電力源の電力供給余力不足に起因するモータの出力低下が及ぼす影響を正確に推定することができ、このことからモータの出力低下の影響をより効果的に低減できるようになる旨提案されている。

10

#### 【0004】

また、燃料電池は、一般に要求電力に対する出力応答性が低いという特性も有している。すなわちこれは、前述したように、燃料としての水素ガスを生成する過程で改質反応を介すること等、水素ガスの供給の応答性が低いことに起因している。特にモータの起動時においては、燃料電池の動作温度を発電温度にまで上げる等の所作があるため、出力応答性の低下が問題となる。このような燃料電池の特性は、燃料電池がバッテリーと併用される理由の一つであり、バッテリーを用いることによって燃料電池の起動時などにおける低い出力応答性を補っている。

#### 【0005】

【特許文献1】特開2001-88586号公報

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

ところで、前述したような燃料電池及びバッテリーは、図5に示すような電圧特性を有している。図5は燃料電池とバッテリーの電圧特性を示す図である。

この図からわかるように、燃料電池は、その残存容量（充電状態：以下、「SOC (State of Charge)」とする。）が減少するにしたがって電圧もなだらかに低下していく。つまり、燃料電池の電圧は、SOCの減少にともなって比例的に低下するという特性を有している。これに対しバッテリーは、発電する際に化学反応をともなうため、この化学反応による起電力によって常に安定した電圧挙動を示す。つまり、バッテリーの電圧は、放電した際や充電された際の低下・上昇をともなうものの、その都度定電圧に戻り、常に定電圧を保とうとする。そして、SOCが一定量よりも減少すると、電圧が急激に低下するという特性を有している。

30

#### 【0007】

このような電圧特性の異なる燃料電池及びバッテリーを、前述したようなハイブリッドシステムにおけるモータの電力源として併用した場合、次のような不具合が生じる。すなわち、燃料電池とバッテリーとはSOCの減少にともなう電圧特性が異なるため、それぞれの電圧の間に差（発電ギャップ）が生じる。このような燃料電池とバッテリー間の発電ギャップは、モータへの効率の良い電力の供給を行う上での妨げとなる。つまり、モータの電力源として、燃料電池及びバッテリーそれぞれの電圧に差が生じると、モータに供給されるべき電力が適切に供給されない等の状況が起こり得る。また、こうした燃料電池とバッテリーとの発電ギャップを補うために、別途電圧調整器などを設けて電圧を制御する方法が考えられるが、これは電力損失を招いて電力供給の効率の低下につながり、また、いたずらに構造を複雑化したり設置スペース上の問題を生じさせたりする。

40

#### 【0008】

そこで、本発明においては、モータへ電力を供給するための電力源として燃料電池を備えるハイブリッドシステムにおいて、他の電力源として電気二重層キャパシタを用いることにより、燃料電池の有する低い出力応答性を補い、モータへの効率の良い電力供給を可能とするとともに、発電機による電力回生性能を向上させ、電力効率の向上を図ることを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

## 【0010】

即ち、請求項1においては、エンジンと、該エンジンをアシストするモータと、これらを制御する制御手段と、前記エンジンを駆動源とする発電機と、前記モータへ電力を供給する電力源としての燃料電池と、前記モータへの電力の供給並びに前記発電機及び前記燃料電池からの発電電力の蓄電を行う蓄電装置とを有するハイブリッドシステムにおいて、前記蓄電装置として、キャパシタ蓄電装置を用いたものである。

10

## 【0011】

請求項2においては、前記制御手段は、前記モータ起動時には、該モータへの電力の供給を前記キャパシタ蓄電装置によって行い、前記燃料電池の燃料電池電圧が、予め設定される規定値を上回った場合に、前記モータへの電力の供給を前記キャパシタ蓄電装置から前記燃料電池へと切り換えるものである。

## 【0012】

請求項3においては、前記制御手段からの充電電流指令に基づき、前記キャパシタ蓄電装置への充電量の制御を行う充電制御回路を備え、前記制御手段は、前記キャパシタ蓄電装置のキャパシタ電圧が、前記燃料電池の燃料電池電圧を上回った場合は、前記充電電流指令の指令値を減少して前記キャパシタ蓄電装置への充電量を減少し、またはキャパシタ蓄電装置を放電させ、前記キャパシタ電圧が、前記燃料電池電圧を下回った場合は、前記充電電流指令を増加して前記キャパシタ蓄電装置への充電量を増加するものである。

20

## 【0013】

請求項4においては、前記制御手段は、前記キャパシタ電圧が、予め設定される規定値を上回った場合は、前記充電電流指令の指令値を減少し、前記キャパシタ電圧が、前記規定値を下回った場合は、前記充電電流指令の指令値を増加するものである。

## 【発明の効果】

## 【0014】

本発明の効果として、以下に示すような効果を奏する。

## 【0015】

請求項1においては、従来、蓄電装置としてバッテリーを用いた場合に生じていた、燃料電池と蓄電装置との間の電圧の差（発電ギャップ）を防止することができる。つまり、充放電に化学反応をとまなわないキャパシタ蓄電装置21は、定電圧挙動を示さず、電流値、即ちSOCによってキャパシタ電圧が変動し、また、バッテリーと比較して高い出力密度を有することから高い出力応答性を有するため、キャパシタ蓄電装置のキャパシタ電圧を燃料電池の燃料電池電圧に追従させることができ、燃料電池との間に発電ギャップを生じさせることがなくなる。これにより、発電ギャップを防止するための電圧調整器などを別途設ける必要もなくなり、キャパシタ蓄電装置自体も高い充放電効率を有することから、ハイブリッドシステムにおける電力効率の向上を図ることができる。

30

## 【0016】

請求項2においては、モータの良好な起動性を得ることが可能となる。これにより、本ハイブリッドシステムが採用される作業機などにおいて、エンジンの停止状態からの起動が円滑に行われるため、走行時や作業時の良好な始動性を得ることができる。

40

## 【0017】

請求項3においては、燃料電池電圧に応じて、キャパシタ蓄電装置の充電量を制御することが可能となる。つまり、キャパシタ蓄電装置のキャパシタ電圧を燃料電池の燃料電池電圧に追従させることが可能となり、キャパシタ蓄電装置と燃料電池との間の電圧の差（発電ギャップ）の発生を防止することができる。これにより、発電ギャップを防止するための電圧調整器などを別途設ける必要もなくなり、キャパシタ蓄電装置自体も高い充放電効率を有することから、ハイブリッドシステムにおける電力効率の向上を図ることができ

50

る。

【0018】

請求項4においては、キャパシタ蓄電装置への充電量の増減を制御してキャパシタ蓄電装置と燃料電池との間の発電ギャップを防止するとともに、キャパシタ蓄電装置の過充電・過放電を防止することができる。そして、内部抵抗が低いキャパシタ蓄電装置21を過電流から保護することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

次に、発明の実施の形態を説明する。

図1は本発明に係るハイブリッドシステムの構成の一例を示す図、図2はモータ起動/停止時の燃料電池及びキャパシタ蓄電装置の電流特性を示す図、図3は均等制御回路の構成を示す図、図4は充電電流指令の制御ブロック図である。

10

【0020】

まず、ハイブリッドシステムの構成について図1を用いて説明する。

なお、本実施例においては、モータ及び発電機の機能を兼ね備えたモータジェネレータ11を有するハイブリッドシステムを用いて説明するが、これに限定されず、モータと発電機とを別々に備えた構成のハイブリッドシステム等においても本発明の効果を得ることができる。つまり、本発明は、エンジンをアシストするモータへ電力を供給する電力源としての燃料電池と、前記モータへの電力の供給及び発電機並びに前記燃料電池からの発電電力の蓄電を行う蓄電装置とを有するハイブリッドシステムにおいて適用可能である。

20

【0021】

本ハイブリッドシステムは、エンジン2の出力軸部の駆動を、エンジン2と、モータ及び発電機として機能するモータジェネレータ11との両方により可能としている。前記出力軸部から取り出された駆動力は、クラッチ部や動力伝達装置などを介して、自動車や作業機などにおける走行部や各種作業部などの負荷7に伝達される。

【0022】

モータジェネレータ11は、エンジン2のクランク軸にその駆動軸が連結された状態で付設されており、インバータコンバータ12を介して蓄電システム部20と電氣的に接続されている。

また、モータジェネレータ11は、モータまたは発電機として機能するものであり、モータとして機能することによって負荷7を駆動するエンジン2のトルクアシストを行い、発電機として機能することによってその発電電力及び負荷7側の慣性力などによる回生発電を蓄電装置へと蓄電する。

30

前記インバータコンバータ12は、インバータまたはコンバータとして機能するものであり、入力される電力を直流または交流に変換するとともに、所定の電圧及び周波数に変換するものである。なお、モータとして作動するモータジェネレータ11の代わりに、直流モータを用いる場合は、インバータコンバータ12を介することなく、前記直流モータと蓄電システム部20が直接接続されることとなる。

以上のエンジン2、インバータコンバータ12、及び蓄電システム部20は、制御手段としてのシステムコントローラ1と通信接続されており、該システムコントローラ1によって本ハイブリッドシステムが制御される構成となっている。

40

【0023】

このような構成のハイブリッドシステムにおいて、前述したようにモータ及び発電機としての機能を有するモータジェネレータ11は、作業状況などに応じて各機能を発揮する。

モータジェネレータ11をモータとして作動させる場合には、後に詳細に説明する蓄電システム部20から電力が供給される。蓄電システム部20から供給される電力は、インバータコンバータ12に入力される。このとき、インバータコンバータ12はインバータとして機能して、入力された電力を所定に変換し、この変換された電力をモータジェネレータ11に供給する。

50

このように、モータジェネレータ 11 がモータとして作動することにより、その駆動力が、エンジン 2 のクランク軸と連結しているモータジェネレータ 11 の駆動軸からエンジン 2 に伝達され、エンジン 2 の起動時のスタータとしての利用や高負荷時のトルクアシストが行われる。

【0024】

一方、モータジェネレータ 11 を発電機として作動させる場合には、エンジン 2 の駆動力によりモータジェネレータ 11 が作動して発電が行われる。モータジェネレータ 11 で発電される電力は、インバータコンバータ 12 に入力される。この際、インバータコンバータ 12 はコンバータとして機能する。そして、インバータコンバータ 12 によって所定の変換が行われた電力は、蓄電システム部 20 の蓄電装置に蓄電される。

10

【0025】

このようなモータジェネレータ 11 によるトルクアシスト及び発電は、システムコントローラ 1 からインバータコンバータ 12 へ送信される速度指令（モータ指令）及びエンジン 2 の燃料噴射量や機関回転数などを基準にして、エンジン 2 にかかる負荷に応じて行われる。つまり、エンジン 2 にかかる負荷が一定値より高くなった場合に、モータジェネレータ 11 をモータとして作動させ、エンジン 2 のトルクアシストを行い、エンジン 2 にかかる負荷が一定値より低くなった場合に、モータジェネレータ 11 を発電機として作動させ、該モータジェネレータ 11 による発電電力を蓄電システム部 20 の蓄電装置へと蓄電するように制御されている。

【0026】

次に、蓄電システム部 20 について説明する。

蓄電システム部 20 は、モータとして作動するモータジェネレータ 11 へ電力を供給する電力源としての燃料電池 29 と、モータとして作動するモータジェネレータ 11 への電力の供給並びに発電機として作動するモータジェネレータ 11 及び燃料電池 29 からの発電電力の蓄電を行う蓄電装置としてのキャパシタ蓄電装置 21 と、このキャパシタ蓄電装置 21 への充電量の制御を行う充電制御部 150 と、均等制御回路 200 とを備えている。また、図示は省略するが、この蓄電システム部 20 は、前記キャパシタ蓄電装置 21 のキャパシタ電圧及び燃料電池 29 の燃料電池電圧を検出するための電圧センサを備えており、この電圧センサによって検出されるキャパシタ電圧及び燃料電池電圧は、システムコントローラ 1 へ入力される。

20

30

【0027】

燃料電池 29 は、後述するように、エンジン 2 の起動後、即ちモータジェネレータ 11 の起動後において、モータとして作動するモータジェネレータ 11 へ電力を供給する主たる電力源である。燃料電池 29 の構造は周知であり、概略構成及びその性質などについては既述のため、ここでの詳細な説明は省略する。

【0028】

キャパシタ蓄電装置 21 は、所定に接続される複数（本実施例では直列接続される 2 個）の電気二重層キャパシタ（以下、「キャパシタモジュール」という。）21a・21b を有している。すなわち、前記均等制御回路 200 は、キャパシタモジュール 21a・21b 毎の電圧を均等化するためのものである。そのため、キャパシタ蓄電装置 21 が複数のキャパシタモジュールを有する場合に用いられるものであり、キャパシタ蓄電装置 21 が単数のキャパシタモジュールによって構成される場合は、蓄電システム部 20 を均等制御回路 200 を用いない構成とすることもできる。

40

【0029】

このように、燃料電池 29 と併用される蓄電装置としてキャパシタ蓄電装置 21 を用いることにより、従来、蓄電装置としてバッテリーを用いた場合に生じていた、燃料電池と蓄電装置との間の発電ギャップを防止することができる。つまり、バッテリーは、化学反応によって電力の充放電を行うため、この化学反応による起電力によって常に安定した電圧挙動を示すことから、SOC の減少にともなって低下する燃料電池の燃料電池電圧にバッテリー電圧を追従させることができなかつたが、充放電に化学反応をとまなわないキャパシタ

50

蓄電装置 21 は、定電圧挙動を示さず、電流値、即ち SOC によってキャパシタ電圧が変動し、また、バッテリーと比較して高い出力密度を有することから高い出力応答性を有するため、キャパシタ蓄電装置 21 のキャパシタ電圧を燃料電池 29 の燃料電池電圧に追従させることができ、燃料電池 29 との間に発電ギャップを生じさせることがなくなる。

これにより、発電ギャップを防止するための電圧調整器などを別途設ける必要もなくなり、キャパシタ蓄電装置 21 自体も高い充放電効率を有することから、ハイブリッドシステムにおける電力効率の向上を図ることができる。

#### 【0030】

次に、均等制御回路 200 について説明する。

均等制御回路は、キャパシタ蓄電装置 21 において直列接続される各キャパシタモジュールの端子間電圧を均等にするための制御回路である。 10

そして、このように、直列接続される各キャパシタモジュールの端子間電圧を均等にする一方で、特定のキャパシタモジュールの端子間電圧を高くし、充電効率を低下させてしまうといった不具合を防ごうとするものである。また、これにより、充放電を繰り返しても、特定のキャパシタモジュールの端子間電圧が耐電圧を超えてしまうといった不具合の発生を防ごうとするものである。

#### 【0031】

図 3 に、均等制御回路 200 の構成について示す。

均等制御回路 200 は、キャパシタ蓄電装置 21 において互いに直列接続されるキャパシタモジュール 21a・21b に対し、それぞれ、分流回路 200a・200b を設けることで構成されるものである。 20

この分流回路 200a・200b は、電流値  $I_t$  の電流をそれぞれ端子 120a・120b において分流することにより、キャパシタモジュール 21a・21b に入力される電流の電流値  $I_{out}$  の大きさを制御しようとするものである。

図 3 に示すごとく、キャパシタモジュール 21a・21b は、キャパシタ蓄電装置 21 として燃料電池 29 に並列接続されるものであり、燃料電池 29 の端子間電圧が充電電圧  $V_{MAX}$  として設定され、各キャパシタモジュール 21a・21b の端子間電圧の合計が、充電電圧  $V_{MAX}$  に相当するものとなっている。

なお、各キャパシタモジュール 21a・21b の端子間電圧が均一になるものが望ましい状態である。 30

#### 【0032】

図 3 において、131a・131b は、抵抗値の等しい抵抗であり、これにより、端子 120a・120b へ向かって、等しい電流値  $I_{in}$  の電流がそれぞれ供給されるようになっている。

端子 120a・120b において分流される電流のうち、電流値  $I_{out}$  の電流がキャパシタモジュール 21a・21b に供給され、電流値  $I_t$  の電流が分流回路 200a・200b に分流されるものとしている。

ここで、132a・132b は、電流制御素子としての MOSFET であり、該 MOSFET 132a・132b により電流値  $I_{out}$  の大きさが決定されるようになっている。この MOSFET 132a・132b は、各キャパシタモジュール 21a・21b に対して並列に接続される。 40

また、MOSFET 132a・132b への制御入力電圧としてのゲートソース電圧  $V_{GS}$  は、電圧比較回路となる誤差増幅器 133a・133b の出力電圧であり、該ゲートソース電圧  $V_{GS}$  は基準電圧  $V_{REF}$  と、検出抵抗 134a・135a・134b・135b の分圧  $V_R$  との比較によって決定される。

また、136a・136b は、定電圧素子としてのツェナダイオードであり、各キャパシタモジュール 21a・21b に対して並列に接続される。このツェナダイオード 136a・136b によって、キャパシタモジュール 21a・21b の自己放電が回避されるとともに、各キャパシタモジュール 21a・21b の過充電（過電圧）が回避されるようになっている。つまり、該ツェナダイオード 136a・136b は、設定電圧よりも高くな 50

ると導通する性質を有するため、自己放電防止と、過電圧防止の機能を果たすこととなっている。

#### 【0033】

以上の構成の分流回路200a・200bは同一の構成とするものである。

このうち、まず、分流回路200aの動作について説明すると、キャパシタモジュール21aの充電が進行し、キャパシタ電圧が増加すると、分圧 $V_R$ が増加することになる。そして、これにより、誤差増幅器133aの出力、即ち、ゲートソース電圧 $V_{GS}$ が大きくなり、MOSFET132aを流れる電流の電流値 $I_t$ が増加する。そして、電流値 $I_t$ が増加すると、端子120aにおいて、キャパシタモジュール21a側に分流される電流の電流値 $I_{out}$ が減少されることになる。

10

このようにキャパシタ電圧によって、電流値 $I_{out}$ の増減が制御されるものであり、キャパシタ電圧が低い場合、つまり、充電量が少ない場合には、電流値 $I_{out}$ が増加されてすばやく充電され、満充電に近づくにつれキャパシタ電圧が高くなると、電流値 $I_{out}$ が減少されて、過充電が行われなくなる。そして、キャパシタモジュール21aが最終的に満充電となった場合には、キャパシタモジュール21aへの電流供給が終了されることになる。このようにして、キャパシタ電圧が常に一定に保持されることとなる。

また、以上は、キャパシタモジュール21bにおける分流回路200bの動作についても同様である。つまり、キャパシタ蓄電装置21が2個以上のキャパシタモジュールを有する場合、各キャパシタモジュールにおいて同様の分流回路が設けられるものである。

20

#### 【0034】

さらに、以上の充電において、特に急速充電がされるような場合には、各キャパシタモジュール21a・21bの電圧に差が生じることになり、例えば、キャパシタモジュール21aが先に満充電の状態となる場合がある。

この場合では、分流回路200aの制御によって、キャパシタモジュール21aへの電流供給が行われないため、キャパシタモジュール21aにて過充電がされることがない。

他方、この分流回路200aによる制御の間、キャパシタモジュール21bへの充電が行われることになり、キャパシタモジュール21bが満充電の状態に到達されることになる。

30

尚、図3に示すように、ダイオード220を設けることにより、キャパシタモジュール21bが先に満充電となった場合において、該キャパシタモジュール21b側に流れる電流を、キャパシタモジュール21aに供給させる構成してもよい。

#### 【0035】

以上のように、キャパシタ蓄電装置21内で互いに直列接続されるキャパシタモジュール21a・21bに対し、充電電流を均等に分流して供給する構成とするとともに、前記各キャパシタモジュール21a・21bに対し、前記均等に分流された電流の一部を分流させる分流回路200a・200bが設けられ、前記各分流回路200a・200bは、キャパシタモジュール21a・21bに並列接続される電流制御素子(MOSFET132a・132b)と、キャパシタモジュール21a・21bの電圧(分圧 $V_R$ )と、基準電圧 $V_{REF}$ とを比較する電圧比較回路(誤差増幅器133a・133b)と、キャパシタモジュール21a・21bに並列接続される定電圧素子(ツェナダイオード136a・136b)と、を具備し、電圧比較回路(誤差増幅器133a・133b)の出力を前記MOSFET132a・132bの制御入力電圧(ゲートソース電圧 $V_{GS}$ )として印加する構成とし、これにより、充電経路120A・120Bの電流(電流値 $I_t$ )を放電経路120Cに分流させることで、各キャパシタモジュール21a・21bのキャパシタ電圧を一定に保ちつつ、過充電を防止することとするものである。

40

そして、過充電が防止される、つまりは、キャパシタ電圧が、耐電圧よりも低く維持されることにより、キャパシタモジュール21a・21bの加熱・破損・故障を防止することができるようになる(過充電保護)。

50

また、最終的には、両キャパシタモジュール 2 1 a・2 1 b が均等に満充電されるので、充放電を繰り返した場合においても、キャパシタ蓄電装置 2 1 全体として高い出力密度（規定の出力密度）を維持することができ、即応性が高いといったキャパシタ特有のメリットを十分に生かすことができる。

**【 0 0 3 6 】**

以上のように構成される蓄電システム部 2 0 においては、エンジン 2 の起動時、即ちスタータとして利用されるモータジェネレータ 1 1 の起動時には、燃料電池 2 9 の燃料電池電圧が安定するまでは、キャパシタ蓄電装置 2 1 からの電力によってモータとしてのモータジェネレータ 1 1 の回転数を上げ、燃料電池 2 9 の燃料電池電圧がモータとしてのモータジェネレータ 1 1 を駆動させるに十分な電圧に達した時に、モータジェネレータ 1 1 への電力の供給をキャパシタ蓄電装置 2 1 から燃料電池 2 9 へと切り換えるようにしている。

10

**【 0 0 3 7 】**

つまり、本ハイブリッドシステムにおいては、モータとしてのモータジェネレータ 1 1 の起動時には、モータジェネレータ 1 1 への電力の供給をキャパシタ蓄電装置 2 1 によって行い、燃料電池 2 9 の燃料電池電圧が、予め設定される規定値（以下、「起動時規定電圧」という。）を上回った場合に、モータジェネレータ 1 1 への電力の供給をキャパシタ蓄電装置 2 1 から燃料電池 2 9 へと切り換えることを特徴としている。

**【 0 0 3 8 】**

こうすることにより、キャパシタ蓄電装置 2 1 及び燃料電池 2 9 は、図 2 に示すような電流特性を有しているため、モータジェネレータ 1 1 の良好な起動性を得ることができる。図 2 は、モータとして作動するモータジェネレータ 1 1 の起動時から停止時までの回転数の変化と、キャパシタ蓄電装置 2 1、燃料電池 2 9、及びモータジェネレータ 1 1 に流れる電流の変化を示したものである。

20

この図に示されているように、キャパシタ蓄電装置 2 1 は高い出力応答性を有しているため、モータとしてのモータジェネレータ 1 1 起動時の回転数上昇にともない、モータジェネレータ 1 1 へ十分に電力を供給することができる。しかし、キャパシタ蓄電装置 2 1 はエネルギー密度が低いため持続性に乏しい。これに対し、燃料電池 2 9 は出力応答性が低いため、モータジェネレータ 1 1 の起動時から、燃料電池 2 9 がモータジェネレータ 1 1 へ十分な電力を供給できる状態になるまで一定以上の時間を要するが、キャパシタ蓄電装置 2 1 と比較してエネルギー密度が高いために持続性に優れている。

30

**【 0 0 3 9 】**

こうしたキャパシタ蓄電装置 2 1 及び燃料電池 2 9 それぞれの特性を利用するため、モータジェネレータ 1 1 起動時の電力供給にはキャパシタ蓄電装置 2 1 を用い、燃料電池 2 9 の燃料電池電圧が前記起動時規定電圧に達すると、モータとしてのモータジェネレータ 1 1 への電力の供給を行う電力源をキャパシタ蓄電装置 2 1 から燃料電池 2 9 へと切り換える。つまり、燃料電池 2 9 の燃料電池電圧が、モータジェネレータ 1 1 への十分な電力の供給を行えるまでに上昇する間、キャパシタ蓄電装置 2 1 からの電力によってモータジェネレータ 1 1 を起動して回転数を上昇させる。

**【 0 0 4 0 】**

具体的には、エンジン 2 の起動時、オペレータによる始動キーの操作により図示せぬリレーがオンされ、システムコントローラ 1 にエンジン始動の指令が入力される。これによりシステムコントローラ 1 は、インバータコンバータ 1 2、キャパシタ蓄電装置 2 1、燃料電池 2 9 を電力供給可能とさせる。そして、キャパシタ蓄電装置 2 1 からモータジェネレータ 1 1 へ電力が供給される。この電力によってモータジェネレータ 1 1 はモータとして起動する。このモータジェネレータ 1 1 の駆動軸は、前述したようにエンジン 2 のクランク軸と連結されており常時同期回転するため、モータジェネレータ 1 1 をセルモータとして駆動することにより、停止状態のエンジン 2 を起動させる。

40

**【 0 0 4 1 】**

モータジェネレータ 1 1 は、起動後、キャパシタ蓄電装置 2 1 から供給される電力によ

50

って回転数を上昇させるが、この間、システムコントローラ 1 において燃料電池 29 の燃料電池電圧と前記起動時規定電圧とが比較される。そして、燃料電池 29 の燃料電池電圧が上昇し、燃料電池電圧が起動時規定電圧に達すると、システムコントローラ 1 は、モータジェネレータ 11 への電力の供給をキャパシタ蓄電装置 21 から燃料電池 29 へと切り換える。

#### 【0042】

このように、モータジェネレータ 11 起動時における電力の供給を、出力密度の高いキャパシタ蓄電装置 21 から行うことにより、モータとしてのモータジェネレータ 11 の良好な起動性を得ることが可能となる。これにより、本ハイブリッドシステムが採用される作業機などにおいて、エンジン 2 の停止状態からの起動が円滑に行われるため、走行する時や作業する時の良好な始動性を得ることができる。

10

#### 【0043】

また、エンジン 2 の起動後、即ち定常時においては、モータとして作動するモータジェネレータ 11 への電力の供給は行わないが、負荷が大きくなるとキャパシタ蓄電装置 21 及び燃料電池 29 の両方によって電力供給を行うことを可能としている。そして、定常時において発電機として作動するモータジェネレータ 11 によって発電される電力及び燃料電池 29 からの発電電力は、キャパシタ蓄電装置 21 に蓄電される。

このキャパシタ蓄電装置 21 に蓄電される電力は、蓄電システム部 20 に備えられる前記充電制御部 150 によって制御される。つまり、この充電制御部 150 によってキャパシタ蓄電装置 21 への充電電流が制御されており、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量が

20

#### 【0044】

充電制御部 150 は、システムコントローラ 1 において生成される充電電流指令に基づいて、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を制御している。すなわち、システムコントローラ 1 からの充電電流指令の指令値が減少すると、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を減少させ、逆に、充電電流指令の指令値が増加すると、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を増加させる。

このシステムコントローラ 1 から充電制御部 150 に送られる充電電流指令は、キャパシタ蓄電装置 21 のキャパシタ電圧及び燃料電池 29 の燃料電池電圧に基づいて増減される。つまり、キャパシタ電圧と燃料電池電圧とを比較し、この結果に基づいてキャパシタ蓄電装置 21 への充電量を制御することにより、充放電効率の良いキャパシタ蓄電装置 21 は、そのキャパシタ電圧を燃料電池 29 の燃料電池電圧に追従させることができるのである。

30

#### 【0045】

以下、システムコントローラ 1 において行われるキャパシタ蓄電装置 21 及び燃料電池 29 の直流電圧に基づいた前記充電電流指令の制御（以下、「直流電圧制御」という。）について説明する。

前記直流電圧制御では、制御を行う際の基準としてキャパシタ蓄電装置 21 のキャパシタ電圧（電圧値  $V_C$ 、以下、単に「キャパシタ電圧  $V_C$ 」とする。）及び燃料電池 29 の燃料電池電圧（電圧値  $V_F$ 、以下、単に「燃料電池電圧  $V_F$ 」とする。）を用い、これら

40

キャパシタ電圧  $V_C$  と燃料電池電圧  $V_F$  とを比較することによって行われる。つまり、この直流電圧制御は、キャパシタ蓄電装置 21 のキャパシタ電圧  $V_C$  が、燃料電池 29 の燃料電池電圧  $V_F$  を上回った場合は、前記充電電流指令の指令値を減少してキャパシタ蓄電装置 21 への充電量を減少し、またはキャパシタ蓄電装置 21 を放電させ、キャパシタ電圧  $V_C$  が、燃料電池電圧  $V_F$  を下回った場合は、前記充電電流指令の指令値を増加してキャパシタ蓄電装置 21 への充電量を増加するように充電電流指令を制御している。

言い換えると、この直流電圧制御では、キャパシタ電圧  $V_C >$  燃料電池電圧  $V_F$  のときは、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を減少させ、キャパシタ電圧  $V_C <$  燃料電池電圧  $V_F$  のときは、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を増加させるように制御する。

50

## 【0046】

具体的には、図4に示す制御ブロック図に従って行われる。

直流電圧制御においては、まず、キャパシタ電圧 $V_C$ と燃料電池電圧 $V_F$ とが演算部51にて比較され、比較結果として偏差 $V_C - V_F$ が求められる。この比較の前段階において、キャパシタ電圧 $V_C$ と燃料電池電圧 $V_F$ との均衡を図るため、キャパシタ電圧 $V_C$ 及び燃料電池電圧 $V_F$ は、各乗算部50及び52において、予め設定された定数 $C_1$ 及び $C_2$ がそれぞれ乗算される。

## 【0047】

そして、前記偏差 $V_C - V_F$ がPI制御部53に入力される。PI制御部53は、偏差 $V_C - V_F$ に基づいて、PI(比例積分)制御演算を行うPI制御器53aと、このPI制御器53aからの出力信号を一定範囲内に制限するリミッタ53bとを備えている。このPI制御部53により、演算部51にて求められた偏差 $V_C - V_F$ が、PI制御器53aによって演算されて出力され、この出力がリミッタ53bを通り上下限値を制限されて、PI制御値 $Y_{pi}$ (以下、充電電流指令値 $Y_{pi}$ )として生成される。この充電電流指令値 $Y_{pi}$ は、キャパシタ蓄電装置21の充電時においては、燃料電池電圧 $V_F$ がキャパシタ電圧 $V_C$ よりも高くなるため、負(-)の値となる。

10

## 【0048】

このようにして出力された充電電流指令値 $Y_{pi}$ は、演算部54にて、後述する補正值が加えられ、充電電流リミッタ55によって入力される値が予め設定された充電電流値の範囲内に属するか否かが判定され、属する場合にはその入力値が採用され、属しない場合には入力値に代えて上限値(上回る場合)、または下限値(下回る場合)が採用される。そして、正負が反転されて、出力値 $Y_s$ として出力される。この出力値 $Y_s$ が充電電流指令の指令値となり、出力値 $Y_s$ が正(+)の値であるときは、燃料電池電圧 $V_F$ がキャパシタ電圧 $V_C$ よりも高いということで、システムコントローラ1は充電電流指令の指令値を増加してキャパシタ蓄電装置21の充電量を増加し、負(-)の値であるときは、燃料電池電圧 $V_F$ がキャパシタ電圧 $V_C$ よりも低いということで、システムコントローラ1は充電電流指令の指令値を減少してキャパシタ蓄電装置21への充電量を減少(放電)するように制御する。

20

## 【0049】

このような直流電圧制御は、充放電効率が高く即時充電が可能なキャパシタ蓄電装置21の特性を利用して行われるものであり、キャパシタ電圧 $V_C$ と燃料電池電圧 $V_F$ とを比較することにより、キャパシタ蓄電装置21への充電量を増加させるか減少させるかを制御するので、燃料電池電圧 $V_F$ に応じて、キャパシタ蓄電装置21の充電量を制御することが可能となる。つまり、キャパシタ蓄電装置21のキャパシタ電圧 $V_C$ を燃料電池29の燃料電池電圧 $V_F$ に追従させることが可能となり、前述したようなキャパシタ蓄電装置21と燃料電池29との間の発電ギャップの発生を防止することができる。

30

## 【0050】

以上の直流電圧制御において、キャパシタ蓄電装置21への充電量を一定範囲内にし、キャパシタ蓄電装置21の過充電・過放電を防止するため、前述の直流電圧制御によって出力される充電電流指令の指令値の自動補正が行われる。すなわち、直流電圧制御においては、キャパシタ蓄電装置21のキャパシタ電圧 $V_C$ を用いてキャパシタ蓄電装置21への充電量の制御(以下、「充電電流制御」という。)を行い、充電電流指令の補正が行われている。

40

つまり、この充電電流制御は、キャパシタ電圧 $V_C$ が、予め設定される規定値を上回った場合は、充電電流指令の指令値を減少し、キャパシタ電圧 $V_C$ が、前記規定値を下回った場合は、充電電流指令の指令値を増加するように制御する。

## 【0051】

具体的には、同じく図4に示す制御ブロック図に従って行われる。

充電電流制御においては、まず、キャパシタ蓄電装置21のキャパシタ電圧 $V_C$ と、キャパシタ蓄電装置21の容量などを考慮して予め設定される規定値(設定値 $V_N$ 、以下、

50

単に「キャパシタ設定電圧  $V_N$  」とする。)とが、演算部 57 にて比較され、比較結果として偏差  $V_C - V_N$  が求められる。この比較の前段階において、キャパシタ電圧  $V_C$  とキャパシタ設定電圧  $V_N$  との均衡を図るため、キャパシタ電圧  $V_C$  は、乗算部 56 において、予め設定された定数  $C_3$  が乗算される。

【0052】

そして、前記偏差  $V_C - V_N$  が P 制御部 58 に入力される。P 制御部 58 は、偏差  $V_C - V_N$  に基づいて、P (比例) 制御演算を行う P 制御器 58a と、この P 制御器 58a からの出力信号を一定範囲内に制限するリミッタ 58b とを備えている。この P 制御部 58 により、演算部 57 にて求められた偏差  $V_C - V_N$  が、P 制御器 58a によって演算され出力され、この出力がリミッタ 58b を通り上下限値を制限されて、P 制御値  $Y_p$  として生成される。この P 制御値  $Y_p$  (以下、補正值  $Y_p$ ) が、前述の充電電流指令値  $Y_{pi}$  に対する補正值となる。

10

【0053】

直流電圧制御により出力される充電電流指令の補正を行うこの充電電流制御では、キャパシタ電圧  $V_C$  がキャパシタ設定電圧  $V_N$  より低ければ、キャパシタ蓄電装置 21 充電方向の電流を増加させ、給電電流を抑制して過放電を防止する。また、キャパシタ電圧  $V_C -$  キャパシタ設定電圧  $V_N$  より高ければ、キャパシタ蓄電装置 21 の放電方向の電流を増加させ、充電電流を抑制して過充電を防止する。

【0054】

このようにして出力される補正值  $Y_p$  は、演算部 54 にて直流電圧制御による出力である充電電流指令値  $Y_{pi}$  に加算され、この演算結果としての加算値  $Y_{pi} + Y_p$  が、充電電流リミッタ 55 を通り上下限値を制限されて、正負が反転され、この値が最終的なシステムコントローラ 1 による充電電流指令の出力となる。

20

【0055】

このような充電電流制御による充電電流指令の補正の態様を、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量を減少させている場合と増加している場合それぞれについて、図 4 の制御ブロック図に対応させて説明する。

まず、キャパシタ蓄電装置 21 の充電量を減少させている場合について説明する。

この場合、キャパシタ電圧  $V_C >$  燃料電池電圧  $V_F$  となり、直流電圧制御による出力である充電電流指令値  $Y_{pi}$  は正 (+) の値となる。この場合において、キャパシタ電圧  $V_C$  がキャパシタ設定電圧  $V_N$  よりも低くなると、充電電流制御から出力される補正值  $Y_p$  は、負 (-) の値となる。この負 (-) の値である補正值  $Y_p$  が、正 (+) の値である充電電流指令値  $Y_{pi}$  に演算部 54 にて加算されるので、最終的な出力値  $Y_s$  は大きくなり、充電電流指令値は増加し、給電電流が抑制されてキャパシタ蓄電装置 21 の過放電が防止される。

30

【0056】

次に、キャパシタ蓄電装置 21 の充電量を増加させている場合について説明する。

この場合、キャパシタ電圧  $V_C <$  燃料電池電圧  $V_F$  となり、直流電圧制御による出力である充電電流指令値  $Y_{pi}$  は負 (-) の値となる。この場合において、キャパシタ電圧  $V_C$  がキャパシタ設定電圧  $V_N$  よりも高くなると、充電電流制御から出力される補正值  $Y_p$  は、正 (+) の値となる。この正 (+) の値である補正值  $Y_p$  が、負 (-) の値である充電電流指令値  $Y_{pi}$  に演算部 54 にて加算されるので、最終的な出力値  $Y_s$  は小さくなり、充電電流指令値は減少し、充電電流が抑制されてキャパシタ蓄電装置 21 の過充電が防止される。

40

【0057】

このように、キャパシタ電圧  $V_C$  を用いて充電電流制御を行い、直流電圧制御により出力される充電電流指令の自動補正を行うことによって、キャパシタ蓄電装置 21 への充電量の増減を制御してキャパシタ蓄電装置 21 と燃料電池 29 との間の発電ギャップを防止するとともに、キャパシタ蓄電装置 21 の過充電・過放電を防止することができる。そして、内部抵抗が低いキャパシタ蓄電装置 21 を過電流から保護することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】本発明に係るハイブリッドシステムの構成の一例を示す図。

【図2】モータ起動/停止時の燃料電池及びキャパシタ蓄電装置の電流特性を示す図。

【図3】均等制御回路の構成を示す図。

【図4】充電電流指令の制御ブロック図。

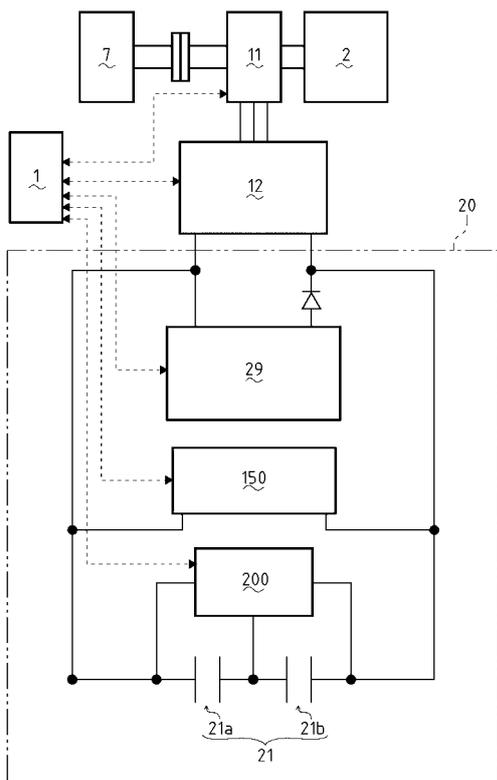
【図5】燃料電池とバッテリーの電圧特性を示す図。

【符号の説明】

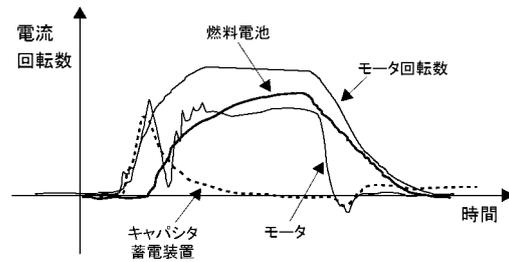
【0059】

- 1 システムコントローラ
- 2 エンジン
- 11 モータジェネレータ
- 21 キャパシタ蓄電装置
- 29 燃料電池
- 150 充電制御部

【図1】

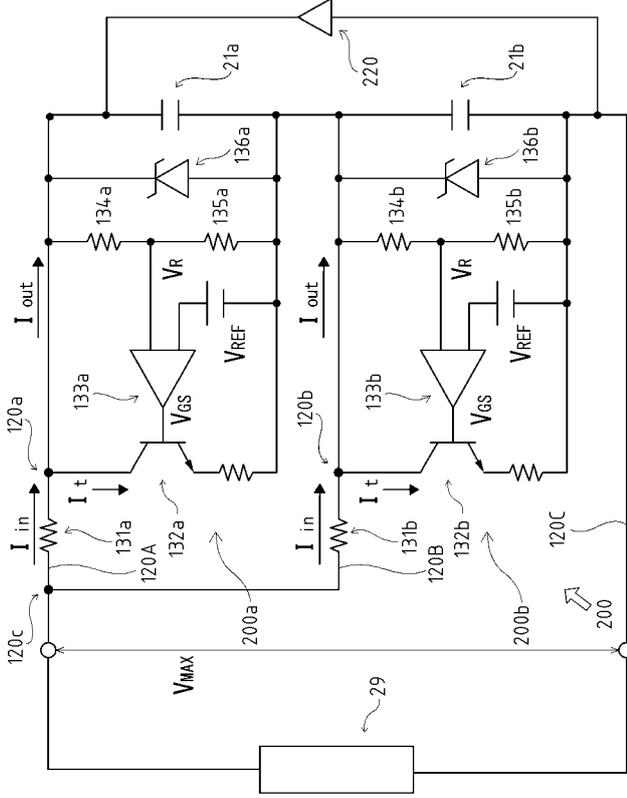


【図2】

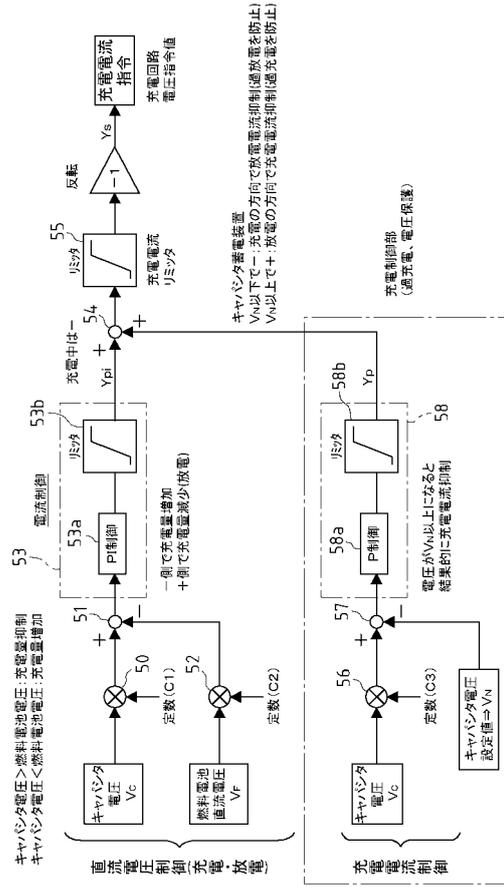


起動/停止時の燃料電池とキャパシタ蓄電装置の電流特性

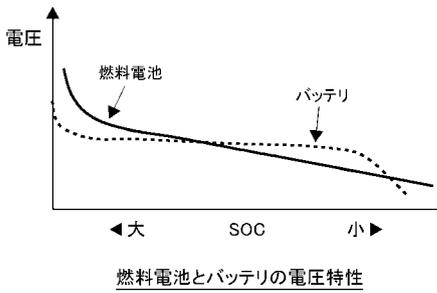
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H 0 2 J 1/00  
H 0 2 J 7/00  
H 0 2 J 7/10

F I

H 0 2 J 7/00 3 0 3 E  
H 0 2 J 7/10 Z H V B  
H 0 1 G 9/00 5 3 1

テーマコード(参考)