

(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2007-12418
(P2007-12418A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 Z H V Z	2 G O 2 8
GO 1 R 27/02 (2006.01)	GO 1 R 27/02 A	5 H O 2 7
HO 1 M 8/00 (2006.01)	HO 1 M 8/00 A	
	HO 1 M 8/00 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2005-191363 (P2005-191363)
(22) 出願日 平成17年6月30日 (2005. 6. 30)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100079108
弁理士 稲葉 良幸
(74) 代理人 100093861
弁理士 大賀 真司
(74) 代理人 100109346
弁理士 大賀 敏史
(72) 発明者 真鍋 晃太
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 繁 雅裕
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

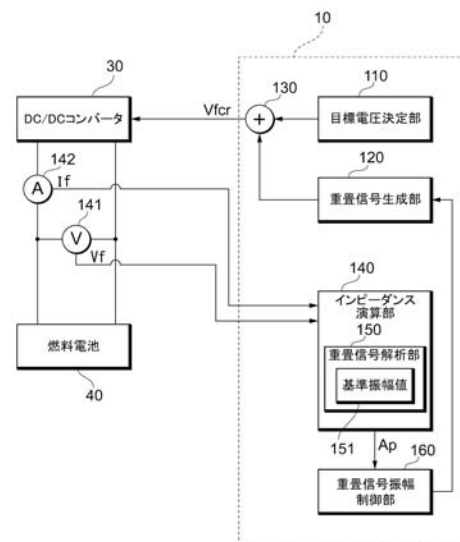
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 電圧変換装置の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 電圧指令信号生成部130は、目標電圧決定部110から供給される出力目標電圧に重畳信号生成部120から供給されるインピーダンス測定用信号を重畳し、電圧指令信号VfcrとしてDC/DCコンバータ30に出力する。重畳信号解析部150は、DC/DCコンバータ30を通過した後のインピーダンス計測用信号を解析することにより、解析結果を重畳信号振幅制御部160に通知する。重畳信号振幅制御部160は、重畳信号解析部150からの通知結果に基づき、重畳信号生成部120において生成されるインピーダンス測定用信号の振幅値を制御する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料電池と、
前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、
前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システムにおいて、

交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、

前記電圧変換装置通過後のインピーダンス測定用信号の振幅を測定する測定手段と、
前記測定手段による測定結果に基づき前記電圧変換装置通過前のインピーダンス測定用信号の振幅を制御する制御手段と

を具備することを特徴とする燃料電池システム。

10

【請求項 2】

前記制御手段は、前記測定手段によって測定された振幅値と、設定された目標振幅値との偏差を求め、求めた偏差に基づき前記電圧変換装置通過前のインピーダンス測定用信号の振幅を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

燃料電池と、
前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、
前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システムにおいて、

交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、

インピーダンス測定時の前記電圧変換装置の応答特性の状態を判断する判断手段と、
前記判断手段によって判断された前記電圧変換装置の応答特性の状態に基づき前記インピーダンス測定用信号の振幅を制御する制御手段と

を具備することを特徴とする燃料電池システム。

20

【請求項 4】

前記電圧変換装置のリアクトル電流を測定する測定手段と、前記電圧変換装置のリアクトル電流から前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあるかを判断するための応答特性マップを記憶する第 1 記憶手段とをさらに備え、

前記判断手段は、前記測定手段の測定結果と前記応答特性マップとを比較して前記応答特性の安定状態を判断し、

前記制御手段は、前記電圧変換装置の応答特性が不安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅が、前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅よりも大きくなるように制御することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 5】

前記応答特性が安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅値と前記応答特性が不安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅値とを記憶した第 2 記憶手段をさらに備え、

前記制御手段は、前記電圧変換装置の状態に応じたインピーダンス測定用信号の振幅値を前記第 2 記憶手段から選択し、選択した振幅値に基づいて前記インピーダンス測定用信号の振幅を制御することを特徴とする請求項 4 に記載の燃料電池システム。

40

【請求項 6】

燃料電池と、
前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、
前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システム

50

ムにおいて、

交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、

前記電圧変換装置の応答特性の状態を判断する判断手段とを備え、

前記出力手段は、前記判断手段によって前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあると判断された場合に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

前記電圧変換装置のリアクトル電流を測定する測定手段と、前記電圧変換装置のリアクトル電流から前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあるか不安定状態にあるかを判断するための応答特性マップを記憶する第 1 記憶手段とをさらに備え、

前記判断手段は、前記測定手段の測定結果と前記応答特性マップとを比較して前記応答特性が安定状態にあるか不安定状態にあるかを判断することを特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記判断手段によって前記応答特性が不安定状態にあると判断された場合、前記燃料電池から前記蓄電器に充電若しくは前記蓄電器から前記燃料電池に放電することにより、前記応答特性を不安定状態から安定状態に変化させる状態制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項 7 に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムに関し、特に交流インピーダンス法を用いて燃料電池のインピーダンス測定を行う燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池の内部抵抗は、燃料電池内部の電解質膜の湿潤度に影響することが知られており、燃料電池の内部水分量が少なく電解質膜が乾燥している場合には、内部抵抗が大きくなり燃料電池の出力電圧が低下する。一方、燃料電池の内部水分量が過剰である場合には、燃料電池の電極が水分で覆われてしまうため、反応物質である酸素、水素の拡散が阻害され、出力電圧が低下する。

【0003】

燃料電池を高効率で運転させるためには、燃料電池の内部水分量の管理を最適に行う必要がある。燃料電池の内部水分量は、燃料電池のインピーダンスと相関関係があり、現在では交流インピーダンス法により燃料電池のインピーダンスを測定し、間接的に燃料電池内部の水分状態を把握することが行われている。

【0004】

例えば、下記特許文献 1 には、燃料電池の出力信号に任意の周波数を有する正弦波信号（インピーダンス測定用信号）を印加（重畳）し、その場合のインピーダンスを測定することで燃料電池の内部水分量をリアルタイムに把握する方法が開示されている。

【特許文献 1】特開 2003 - 86220 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、燃料電池を搭載した移動体（例えば車両）では、システム総合効率を最大化するため、燃料電池と 2 次電池（蓄電装置）が DC / DC コンバータ（電圧変換装置）を介して接続され、車両の要求パワーに応じて 2 次電池側から燃料電池側に電流を供給したり、逆に燃料電池側から 2 次電池側に充電したりする制御が行われる。また、本構成のシステムにおいては、DC / DC コンバータを用いて前述の任意の正弦波信号を重畳するこ

10

20

30

40

50

とにより、インピーダンスの測定をすることが可能となる。

【0006】

しかしながら、DC/DCコンバータの応答特性は常に良いわけではなく、応答特性の悪い領域も存在する(詳細は後述)。かかる条件ではインピーダンス測定用信号を十分に重畳することができないために、インピーダンス測定を十分に行うことができないという問題があった。

【0007】

本発明は以上説明した事情を鑑みてなされたものであり、電圧変換装置の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した問題を解決するため、本発明に係る燃料電池システムは、燃料電池と、前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システムにおいて、交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、前記電圧変換装置通過後のインピーダンス測定用信号の振幅を測定する測定手段と、前記測定手段による測定結果に基づき前記電圧変換装置通過前のインピーダンス測定用信号の振幅を制御する制御手段とを具備することを特徴とする。

20

【0009】

かかる構成によれば、電圧変換装置通過後のインピーダンス測定用信号の振幅値を測定し、該振幅値の測定結果に基づいて電圧変換装置通過前のインピーダンス測定用信号の振幅値を制御するため、電圧変換装置(DC/DCコンバータ)の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能となる。

【0010】

ここで、上記構成にあつては、前記制御手段は、前記測定手段によって測定された振幅値と、設定された目標振幅値との偏差を求め、求めた偏差に基づき前記インピーダンス測定用信号の振幅を制御するようにしても良い。

【0011】

また、本発明に係る燃料電池システムは、燃料電池と、前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システムにおいて、交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、インピーダンス測定時の前記電圧変換装置の応答特性の状態を判断する判断手段と、前記判断手段によって判断された前記電圧変換装置の応答特性の状態に基づき前記インピーダンス測定用信号の振幅を制御する制御手段とを具備することを特徴とする。

30

【0012】

ここで、上記構成にあつては、前記電圧変換装置のリアクトル電流を測定する測定手段と、前記電圧変換装置のリアクトル電流から前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあるかを判断するための応答特性マップを記憶する第1記憶手段とをさらに備え、前記判断手段は、前記測定手段の測定結果と前記応答特性マップとを比較して前記応答特性の安定状態を判断し、前記制御手段は、前記電圧変換装置の応答特性が不安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅が、前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅よりも大きくなるように制御する態様が好ましい。

40

【0013】

また、前記応答特性が安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅値と前記応答特性が不安定状態にある場合のインピーダンス測定用信号の振幅値とを記憶した第2記憶手段をさらに備え、前記制御手段は、前記電圧変換装置の状態に応じたインピーダン

50

ス測定用信号の振幅値を前記第2記憶手段から選択し、選択した振幅値に基づいて前記インピーダンス測定用信号の振幅を制御する態様がより好ましい。

【0014】

また、本発明に係る燃料電池システムは、燃料電池と、前記燃料電池の放電経路に介挿され、前記燃料電池と並列接続された蓄電器と、前記蓄電器と前記燃料電池との間に接続された電圧変換装置とを備えた燃料電池システムにおいて、交流インピーダンス法を用いて前記燃料電池のインピーダンスを測定する際に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力する出力手段と、前記電圧変換装置の応答特性の状態を判断する判断手段とを備え、前記出力手段は、前記判断手段によって前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあると判断された場合に、前記電圧変換装置の出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、該電圧変換装置に出力することを特徴とする。

10

【0015】

ここで、上記構成にあつては、前記電圧変換装置のリアクトル電流を測定する測定手段と、前記電圧変換装置のリアクトル電流から前記電圧変換装置の応答特性が安定状態にあるか不安定状態にあるかを判断するための応答特性マップを記憶する第1記憶手段とをさらに備え、前記判断手段は、前記測定手段の測定結果と前記応答特性マップとを比較して前記応答特性が安定状態にあるか不安定状態にあるかを判断する態様が好ましい。

【0016】

また、前記判断手段によって前記応答特性が不安定状態にあると判断された場合、前記燃料電池から前記蓄電器に充電若しくは前記蓄電器から前記燃料電池に放電することにより、前記応答特性を不安定状態から安定状態に変化させる状態制御手段をさらに備える態様がより好ましい。

20

【0017】

以上の構成において、「安定状態」とは、例えば電圧変換装置(DC/DCコンバータ等)の電圧制御応答性が、スイッチング素子のデッドタイムによる影響を受けず、良好な状態をいう。また、「不安定状態」とは、例えば電圧変換装置(DC/DCコンバータ等)の電圧制御応答性が、スイッチング素子のデッドタイムによる影響を受け、悪化する状態をいう。

【発明の効果】

30

【0018】

以上説明したように、本発明によれば、電圧変換装置の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しながら説明する。

A. 第1実施形態

図1は第1実施形態に係わる燃料電池システム100を搭載した車両の概略構成である。なお、以下の説明では、車両の一例として燃料電池自動車(FCHV; Fuel Cell Hybrid Vehicle)を想定するが、電気自動車やハイブリッド自動車にも適用可能である。また、車両のみならず各種移動体(例えば、船舶や飛行機など)にも適用可能である。

40

【0020】

この車両は、車輪63L、63Rに連結された同期モータ61を駆動力源として走行する。同期モータ61の電源は、電源システム1である。電源システム1から出力される直流は、インバータ60で三相交流に変換され、同期モータ61に供給される。同期モータ61は制動時に発電機としても機能することができる。

【0021】

電源システム1は、燃料電池40、バッテリー20、DC/DCコンバータ30などから構成される。燃料電池40は供給される燃料ガス及び酸化ガスから電力を発生する手段であり、MEAなどを備えた複数の単セルを直列に積層したスタック構造を有している。具

50

体的には、固体高分子型、燐酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。

【0022】

バッテリー（蓄電器）20は、充放電可能な二次電池であり、例えばニッケル水素バッテリーなどにより構成されている。その他、種々のタイプの二次電池を適用することができる。また、バッテリー20に代えて、二次電池以外の充放電可能な蓄電器、例えばキャパシタを用いても良い。このバッテリー20は、燃料電池40の放電経路に介挿され、燃料電池40と並列接続されている。

【0023】

燃料電池40とバッテリー20とはインバータ60に並列接続されており、燃料電池40からインバータ60への回路には、バッテリー20からの電流または同期モータ61において発電された電流が逆流するのを防ぐためのダイオード42が設けられている。

【0024】

このように、並列接続された燃料電池40及びバッテリー20の両電源の適切な出力分配を実現するためには両電源の相対的な電圧差を制御する必要がある。本実施形態では、かかる電圧差を制御するためにバッテリー20とインバータ60との間にDC/DCコンバータ（電圧変換装置）30を設けている。DC/DCコンバータ30は、直流の電圧変換器であり、バッテリー20から入力されたDC電圧を調整して燃料電池40側に出力する機能、燃料電池40またはモータ61から入力されたDC電圧を調整してバッテリー20側に出力する機能を備えている。このDC/DCコンバータ30の機能により、バッテリー20の充放電が実現される。

【0025】

バッテリー20とDC/DCコンバータ30の間には、車両補機50およびFC補機51が接続され、バッテリー20はこれら補機の電源となる。車両補機50とは、車両の運転時などに使用される種々の電力機器をいい、照明機器、空調機器、油圧ポンプなどが含まれる。また、FC補機51とは、燃料電池40の運転に使用される種々の電力機器をいい、燃料ガスや改質原料を供給するためのポンプ、改質器の温度を調整するヒータなどが含まれる。

【0026】

上述した各要素の運転は、制御ユニット10によって制御される。制御ユニット10は、内部にCPU、RAM、ROMを備えたマイクロコンピュータとして構成されている。制御ユニット10は、インバータ60のスイッチングを制御して、要求動力に応じた三相交流を同期モータ61に出力する。また、制御ユニット10は、要求動力に応じた電力が供給されるよう、燃料電池40及びDC/DCコンバータ30の運転を制御する。この制御ユニット10には、種々のセンサ信号が入力される。例えば、アクセルペダルセンサ11、バッテリー20の充電状態SOC（State Of Charge）を検出するSOCセンサ21、燃料電池40のガス流量を検出する流量センサ41、車速を検出する車速センサ62などから、種々のセンサ信号が制御ユニット10に入力される。

【0027】

図2は、燃料電池40の等価回路を示す図である。

【0028】

図2に示すように、燃料電池40は、セパレータ抵抗R1、MEA抵抗R2、及び電極容量Cによってあらわされる。これら抵抗R1、R2および容量Cは燃料電池40の内部インピーダンスを形成しており、以下の如くインピーダンス測定を行うことで、燃料電池の内部特性を把握する。

【0029】

図3は、交流インピーダンス法によるインピーダンス測定を説明するための図である。

【0030】

図3に示すように、制御ユニット10は、目標電圧決定部110、重畳信号生成部120、電圧指令信号生成部130、インピーダンス演算部140、重畳信号解析部150、

10

20

30

40

50

重畳信号振幅制御部 160 を備えている。

【0031】

目標電圧決定部 110 は、アクセルペダルセンサ 11 や SOC センサ 21 などから入力される各センサ信号に基づいて出力目標電圧（例えば 300 V など）を決定し、これを電圧指令信号生成部 130 に出力する。

【0032】

重畳信号生成部 120 は、出力目標電圧に重畳すべきインピーダンス測定用信号（例えば振幅値 2 V の特定周波数のサイン波など）を生成し、これを電圧指令信号生成部 130 に出力する。このインピーダンス測定用信号の振幅値は、重畳信号振幅制御部 160 によって適宜変更（例えば振幅値 2 V → 4 V など）される。なお、出力目標電圧やインピーダンス測定用信号の各パラメータ（波形の種類、周波数、振幅値）は、システム設計などに応じて適宜設定すれば良い。

10

【0033】

電圧指令信号生成部（出力手段）130 は、出力目標電圧にインピーダンス測定用信号を重畳し、電圧指令信号 V_{fcr} として DC / DC コンバータ 30 に出力する。DC / DC コンバータ 30 は、与えられる電圧指令信号 V_{fcr} に基づき燃料電池 30 等の電圧制御を行う。

【0034】

インピーダンス演算部 140 は、電圧センサ 141 によって検出される燃料電池 40 の電圧（FC 電圧） V_f 及び電流センサ 142 によって検出される燃料電池 40 の電流（FC 電流） I_f を所定のサンプリングレートでサンプリングし、フーリエ変換処理（FFT 演算処理や DFT 演算処理）などを施す。インピーダンス演算部 140 は、フーリエ変換処理後の FC 電圧信号をフーリエ変換処理後の FC 電流信号で除するなどして燃料電池 40 のインピーダンスを求める。

20

【0035】

重畳信号解析部（測定手段）150 は、FC 電圧若しくは FC 電流に重畳されているインピーダンス測定用信号（すなわち、DC / DC コンバータ通過後のインピーダンス測定用信号）を解析し、特定周波数のパワースペクトル（振幅値）とメモリ 151 に格納されている基準スペクトル（例えば 2 V など；基準振幅値）とを比較することで、DC / DC コンバータ 30 の応答特性を把握する。

30

【0036】

前述したように、DC / DC コンバータ 30 には応答特性の良い領域と悪い領域が存在し、応答性の良い領域では特定周波数の振幅値が基準振幅値以上となる一方、応答性の悪い領域では特定周波数の振幅値が基準振幅値を下回る。

【0037】

重畳信号解析部 150 は、重畳信号の特定周波数の振幅値が基準振幅値以上であれば、重畳信号振幅制御部 160 に何も通知しない。一方、重畳信号解析部 150 は、特定周波数の振幅値が基準振幅値を下回ると、特定周波数の振幅値と基準振幅値との偏差（差分） A_p を求め、求めた偏差 A_p を重畳信号振幅制御部 160 に通知する。

【0038】

重畳信号振幅制御部（制御手段）160 は、重畳信号解析部 150 から通知される偏差 A_p に基づき、重畳信号生成部 120 において生成されるインピーダンス測定用信号（すなわち、DC / DC コンバータ通過前のインピーダンス測定用信号）の振幅値を制御する。例えば、インピーダンス測定用信号の振幅値が 2 V に設定された状態において、重畳信号解析部 150 から 2 V の偏差 A_p が通知されると、重畳信号振幅制御部 160 は、特定周波数の振幅が基準振幅値を上回るように交流インピーダンス測定用の振幅値を 2 V から 4 V に変更する制御を行う。

40

【0039】

このように、重畳信号解析部 150 による解析結果に基づいてインピーダンス測定用信号の振幅値を変更することで、DC / DC コンバータ 30 の応答特性によらず、常に精度

50

の高いインピーダンス測定が可能となる。

【0040】

B. 第2実施形態

上述した第1実施形態では、インピーダンスの特定周波数の振幅値をモニタし、該振幅値と基準振幅値との偏差 A_p に基づいてインピーダンス測定用信号の振幅を制御したが、DC/DCコンバータ30のリアクトル電流(後述)と応答特性とを対応づけたマップ(以下、応答特性マップ)を作成・保持し、該応答特性マップを利用してインピーダンス測定用信号の振幅を制御しても良い。

【0041】

図4は、第2実施形態に係る制御ユニット10'の機能構成を示す図である。なお、図4に示す制御ユニット10'のうち、図3に対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明を割愛する。

10

【0042】

状態検出部(判断手段)170は、DC/DCコンバータ30のリアクトル電流 I_L とメモリ(第1記憶手段)171に格納されている応答特性マップとを比較することで、DC/DCコンバータ30の応答特性の状態(安定状態にあるか不安定状態にあるか)を把握し、把握結果を重畳信号制御部160に通知する(詳細は後述)。

【0043】

重畳信号制御部(制御手段)160は、状態検出部170から安定状態にある旨の通知を受けた場合には第1メモリ(第2記憶手段)161に格納されている第1振幅値 f_{r1} を選択し、インピーダンス測定用信号の振幅値が第1振幅値 f_{r1} となるように制御する。

20

【0044】

一方、重畳信号制御部160は、状態検出部170から不安定状態にある旨の通知を受けた場合には第2メモリ(第2記憶手段)162に格納されている第1振幅値よりも大きな第2振幅値 f_{r2} ($> f_{r1}$) を選択し、インピーダンス測定用信号の振幅値が第2振幅値 f_{r2} となるように制御する。

【0045】

このように、リアクトル電流 I_L と応答特性マップからDC/DCコンバータ30の応答特性の状態を把握し、かかる状態に基づいてインピーダンス測定用信号の振幅値を変更することで、DC/DCコンバータ30の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能となる。

30

【0046】

以下、DC/DCコンバータ30の応答特性の各状態について詳細に説明する。

【0047】

図5は、DC/DCコンバータ30の詳細な構成を示す回路図である。

【0048】

DC/DCコンバータ30は、バッテリー20の端子間に接続される第1のアームと、燃料電池40の端子間に接続される第2のアームと、第1、第2のアーム間に接続されるリアクトル L とを含むフルブリッジ・コンバータである。

40

【0049】

第1のアームは、バッテリー20の正極と負極との間に直列接続されるIGBT素子 T_{R1} 、 T_{R2} と、各IGBT素子 T_{R1} 、 T_{R2} と並列に接続される各ダイオード D_1 、 D_2 とを含む。

【0050】

IGBT素子 T_{R1} のコレクタは、バッテリー20の正極に接続され、エミッタはノード N_1 に接続される。ダイオード D_1 は、ノード N_1 からバッテリー20の正極に向かう向きを順方向として接続される。

【0051】

IGBT素子 T_{R2} のコレクタは、ノード N_1 に接続され、エミッタはバッテリー20の

50

負極に接続される。ダイオード D 2 は、バッテリー 2 0 の負極からノード N 1 に向かう向きを順方向として接続される。

【 0 0 5 2 】

第 2 のアームは、燃料電池 4 0 の正負電源端子間に直列接続される I G B T 素子 T R 3 、 T R 4 と、 I G B T 素子 T R 3 と並列に接続されるダイオード D 3 と、 I G B T 素子 T R 4 と並列に接続されるダイオード D 4 とを含む。

【 0 0 5 3 】

I G B T 素子 T R 3 のコレクタは、燃料電池 4 0 の正電源端子に接続され、エミッタはノード N 2 に接続される。ダイオード D 3 は、ノード N 2 から燃料電池 4 0 の正電源端子に向かう向きを順方向として接続される。

10

【 0 0 5 4 】

I G B T 素子 T R 4 のコレクタは、ノード N 2 に接続され、エミッタは燃料電池 4 0 の負電源端子に接続される。ダイオード D 4 は、燃料電池 4 0 の負電源端子からノード N 2 に向かう向きを順方向として接続される。リアクトル L は、ノード N 1 とノード N 2 との間に接続される。

【 0 0 5 5 】

かかる構成により、バッテリー 2 0 側から燃料電池 4 0 側に昇圧および降圧が可能となり、かつ燃料電池 4 0 側からバッテリー 2 0 側に昇圧および降圧が可能となる。

【 0 0 5 6 】

さらに、 D C / D C コンバータ 3 0 は、 D C - C P U 3 1 と、デッドタイム生成部 3 3 と、リアクトル L の電流 (リアクトル電流) I L を検出する電流センサ (測定手段) S E とを含む。

20

【 0 0 5 7 】

D C - C P U 3 1 は、電圧指令値 (電圧指令信号) V f c r および電流値 I L に応じてコンバータのスイッチングデューティ比の基準となる信号 G A T E B A を出力する。信号 G A T E B A は、 D C - C P U 3 1 からデッドタイム生成部 3 3 に伝達される。

【 0 0 5 8 】

デッドタイム生成部 3 3 は、入力信号の立ち上がり又は立ち下がり遅延させて相補な 2 つの出力信号の活性期間の間に 2 つの出力信号が双方とも不活性となるデッドタイムを設ける。ここで、同一のアームに属する 2 つの I G B T 素子が同時にオン状態になると入力電源が短絡され、大きな貫通電流が流れてしまう。このような短絡を防止するために設ける同一アームに属する 2 つの I G B T 素子がいずれもオフとなる期間をデッドタイムと呼ぶ。なお、 D C - C P U 3 1 には、デッドタイムを補正するデッドタイム補正部 3 4 が設けられている (詳細は後述) 。

30

【 0 0 5 9 】

図 6 は、リアクトル電流 I L と D C / D C コンバータ 3 0 の状態との関係を説明するための図である。なお、以下の説明では、バッテリー 2 0 側から燃料電池 4 0 側へ流れるリアクトル電流 I L の向きを正とする (図 5 に示す矢印参照) 。

【 0 0 6 0 】

状態 A は、スイッチングの 1 サイクルにおいてリアクトル電流 I L の最大値 I m a x が下記式 (1) を満たす状態である。つまり、状態 A は、燃料電池 4 0 からバッテリー 2 0 に充電が行われる状態である (バッテリ充電状態) 。

40

【 0 0 6 1 】

$$I_{max} < I_{a1} \quad \dots (1)$$

I a 1 ; 充電閾値 (< 0)

状態 B は、スイッチングの 1 サイクルにおいてリアクトル電流 I L の最大値 I m a x 、最小値 I m i n がそれぞれ下記式 (2) 、 (3) を満たす状態である。つまり、状態 B は、バッテリー 2 0 に充電される電流とバッテリー 2 0 から放電される電流とがほぼ拮抗している状態である (バッテリ出力均衡状態) 。

【 0 0 6 2 】

50

$$I_{b1} < I_{min} < I_{b2} \quad \dots (2)$$

$$I_{b3} < I_{max} < I_{b4} \quad \dots (3)$$

I_{b1} ; 第1均衡閾値 (< 0)

I_{b2} ; 第2均衡閾値 (< 0)

I_{b3} ; 第3均衡閾値 (> 0)

I_{b4} ; 第4均衡閾値 (> 0)

状態Cは、スイッチングの1サイクルにおいてリアクトル電流 I_L の最小値 I_{min} が下記式(4)を満たす状態である。つまり、状態Cは、バッテリー20から燃料電池40に放電が行われる状態である(バッテリー放電状態)。

【0063】

$$I_{c1} < I_{min} \quad \dots (4)$$

I_{c1} ; 放電閾値 (> 0)

DC/DCコンバータ30の応答特性は、状態A、状態B、状態Cのいずれかの状態であれば良い状態を保つが、各状態を遷移している間(すなわち、リアクトル電流 I_L の最大値 I_{max} 、最小値 I_{min} が上記式(1)~(4)のいずれの関係も満たさない場合は悪化してしまう。

【0064】

そこで、本実施形態では、予め実験などによりリアクトル電流 I_L と各状態との関係を求め、かかる対応関係を示す応答特性マップを作成し、メモリ171に格納しておく。状態検出部170は、電流センサSEによって検出されるリアクトル電流 I_L と応答特性マップを比較することで、当該時点におけるDC/DCコンバータ30の状態を把握し、重畳信号制御部160に通知する。なお、以下の説明では、状態A、状態B、状態Cを「安定状態」と呼び、各安定状態を遷移している状態を「不安定状態」と呼ぶ。

【0065】

< 状態A ; バッテリ充電状態 >

図7は、図6の状態Aにおける基準信号GATEBAとリアクトル電流 I_L の変化との関係を示した動作波形図である。

【0066】

図7に示すように、時刻 t_1 に基準信号GATEBAが立ち下がると、時刻 t_2 にIGBT素子TR1、TR4がオン状態からオフ状態に非活性化され、デッドタイム T_{bt1} が経過した後の時刻 t_3 においてIGBT素子TR2、TR3がオフ状態からオン状態に活性化される。

【0067】

続いて、時刻 t_4 の基準信号GATEBAの立ち上がりに応じて時刻 t_5 においてIGBT素子TR2、TR3がオン状態からオフ状態に非活性化され、デッドタイム T_{bt2} が経過した後の時刻 t_6 においてIGBT素子TR1、TR4がオフ状態からオン状態に活性化される。

【0068】

ここで、IGBT素子TR1~TR4には、それぞれダイオードD1~D4が並列接続されている。従って、デッドタイムにおいてもダイオードの順方向には電流が流れうる。

【0069】

状態Aにおいては、リアクトル電流 I_L が負すなわち図5のノードN2からノードN1に向けて流れている。従って、IGBT素子TR1~TR4がすべてオフ状態であるデッドタイム時には、ダイオードD1、D4が導通し、時刻 t_5 ~ t_9 の間は1サイクルにおいてリアクトル電流 I_L が増加し、1サイクル中リアクトル電流が減少する時間は時刻 t_3 ~ t_5 のIGBT素子TR2、TR3が導通している時間のみとなる。従って、かりに基準信号GATEBAのデューティ比が50%であるとすると、状態Aでは次第にリアクトル電流 I_L が増加していく傾向となる。

【0070】

< 状態B ; バッテリ出力均衡状態 >

10

20

30

40

50

図 8 は、図 6 の状態 B における基準信号 G A T E B A とリアクトル電流の変化との関係を示した動作波形図である。

【 0 0 7 1 】

図 8 の基準信号 G A T A B A と I G B T 素子 T R 1 ~ T R 4 のオン/オフ状態については、図 7 の場合と同様であるので説明は割愛する。

【 0 0 7 2 】

状態 B においては、リアクトル電流 I_L が正、すなわち図 5 のノード N 1 からノード N 2 に向けて流れている期間と、リアクトル電流 I_L が負、すなわち図 5 のノード N 1 からノード N 2 に向けて流れている期間とが繰り返される。

【 0 0 7 3 】

この場合は、時刻 $t_3 \sim t_4$ の I G B T 素子 T R 2、T R 3 が導通している時間にデッドタイム $T_{b t 1}$ を加えた時間、つまり時刻 $t_2 \sim t_5$ の間は 1 サイクルにおいてリアクトル電流 I_L が減少し、時刻 $t_6 \sim t_8$ の I G B T 素子 T R 1、T R 4 が導通している時間にデッドタイム $T_{b t 2}$ を加えた時間、つまり時刻 $t_5 \sim t_8$ の間は 1 サイクルにおいてリアクトル電流 I_L が増加する。従って、かりに基準信号 G A T E B A のデューティ比が 50 % であるとする、状態 B ではリアクトル電流 I_L を現状維持する傾向となる。

【 0 0 7 4 】

< 状態 C ; バッテリ放電状態 >

図 9 は、図 6 の状態 C における基準信号 G A T E B A とリアクトル電流の変化との関係を示した動作波形図である。

【 0 0 7 5 】

図 9 の基準信号 G A T A B A と I G B T 素子 T R 1 ~ T R 4 のオン/オフ状態については、図 7 の場合と同様であるので説明は割愛する。

【 0 0 7 6 】

状態 C においては、リアクトル電流 I_L が正、すなわち図 5 のノード N 1 からノード N 2 に向けて流れる。従って、I G B T 素子 T R 1 ~ T R 4 がすべてオフ状態であるデッドタイム時には、ダイオード D 2、D 3 が導通する。

【 0 0 7 7 】

つまり時刻 $t_3 \sim t_4$ の I G B T 素子 T R 2、T R 3 が導通している時間にデッドタイム $T_{b t 1}$ 、 $T_{b t 2}$ を加えた時間、つまり時刻 $t_2 \sim t_8$ の間は 1 サイクルにおいてリアクトル電流 I_L が減少し、1 サイクル中リアクトル電流が増加する時間は時刻 $t_6 \sim t_8$ の I G B T 素子 T R 1、T R 4 が導通している時間のみとなる。

【 0 0 7 8 】

従って、かりに基準信号 G A T E B A のデューティ比が 50 % であるとする、状態 C では次第にリアクトル電流 I_L が減少していく傾向となる。

【 0 0 7 9 】

以上図 7 ~ 図 10 を参照して説明したように、基準信号 G A T E B A のデューティ比と実際にリアクトル電流の増加減少が行われるデューティとはリアクトルの電流状態で異なるため、精度良く制御を行うためには、リアクトルの電流状態に応じて基準信号 G A T E B A のデューティ比を補正する必要がある。

【 0 0 8 0 】

そこで、本実施形態では、D C - C P U 3 1 のデッドタイム補正部 3 4 (図 5 参照) にてデッドタイムの補正を行う。デッドタイム補正部 3 4 は、電流センサ S E からリアクトル電流 I_L の検出結果を受けると、D C / D C コンバータ 3 0 が状態 A、B、C (安定状態) にあるか、あるいは各安定状態を遷移している状態 (不安定状態) にあるかを判断する。デッドタイム補正部 3 4 は、判断した状態に対応するデッドタイム分のデューティ比の補正值を選択する。具体的には、例えば状態 A では - 3 6 V、状態 B では 5 . 4 V、状態 C では 4 2 . 8 V という電圧値を補正值として選択する一方、状態 A から状態 B へ遷移する場合や状態 B から状態 C へ遷移する場合には補正值を徐々に切り換える制御を行う。このように選択された補正值は基準信号 G A T E B A に反映され、該補正值が反映さ

10

20

30

40

50

れた基準信号 G A T E B A が D C - C P U 3 1 からデッドタイム生成部 3 3 へ出力される。

【 0 0 8 1 】

このように、リアクトル電流 I L と応答特性マップから D C / D C コンバータ 3 0 の応答特性の状態を把握し、かかる状態に基づいて交流インピーダンス測定用信号の振幅を制御することで D C / D C コンバータ 3 0 の応答特性によらず、常に精度の高いインピーダンス測定が可能となる。

【 0 0 8 2 】

C . 第 3 実施形態

上述した第 2 実施形態では、交流インピーダンス測定用信号の振幅を制御することでインピーダンス測定を行ったが、該振幅を制御する代わりにシステムの運転ポイントを変更し、変更した運転ポイントでインピーダンス測定を行っても良い。 10

【 0 0 8 3 】

図 1 0 は、第 3 実施形態に係る制御ユニット 1 0 ' ' の機能構成を示す図である。なお、図 4 に示す制御ユニット 1 0 ' と対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明を割愛する。

【 0 0 8 4 】

目標電圧制御部（状態制御手段）1 8 0 は、状態検出部 1 7 0 から通知される D C / D C コンバータ 3 0 の状態に基づいて、目標電圧決定部 1 1 0 において決定される出力目標電圧を制御する。詳述すると、目標電圧制御部 1 8 0 は、状態検出部 1 7 0 から安定状態 20 にある旨の通知を受けた場合には何もしない。一方、目標電圧制御部 1 8 0 は、状態検出部 1 7 0 から不安定状態にある旨の通知を受けた場合には、D C / D C コンバータ 3 0 の応答特性が不安定状態から安定状態に移行するように、出力目標電圧を増加（若しくは減少）する制御を行う。かかる制御が行われることで、システムの運転ポイントは変更され、D C / D C コンバータ 3 0 の応答特性は不安定状態から安定状態に移行する。

【 0 0 8 5 】

このように、出力目標電圧を制御することでシステムの運転ポイントを変更し、D C / D C コンバータ 3 0 の応答特性が安定状態にある場合にインピーダンス測定を行うようにしても良い。

【 0 0 8 6 】

なお、本発明の燃料電池システムは、図 1 に示すような、燃料電池 4 0 の出力端に D C / D C コンバータ 3 0 とインバータ 6 0 とが接続され、D C / D C コンバータ 3 0 の出力端にバッテリー 2 0 が接続された構成に限定されるものではない。例えば、燃料電池 4 0 の出力端に D C / D C コンバータ 3 0 が接続され、D C / D C コンバータ 3 0 の出力端にインバータ 6 0 とバッテリー 2 0 とが接続された構成でもよい。 30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 7 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る燃料電池システムの構成を示す図である。

【 図 2 】 同実施形態に係る燃料電池の等価回路図である。

【 図 3 】 同実施形態に係るインピーダンス測定を説明するための図である。 40

【 図 4 】 第 2 実施形態に係るインピーダンス測定を説明するための図である。

【 図 5 】 同実施形態に係る D C / D C コンバータの構成を示す回路図である。

【 図 6 】 同実施形態に係るリアクトル電流と D C / D C コンバータの関係を示す図である。

。

【 図 7 】 同実施形態に係る状態 A における基準信号とリアクトル電流の関係を示す図である。

【 図 8 】 同実施形態に係る状態 B における基準信号とリアクトル電流の関係を示す図である。

【 図 9 】 同実施形態に係る状態 C における基準信号とリアクトル電流の関係を示す図である。 50

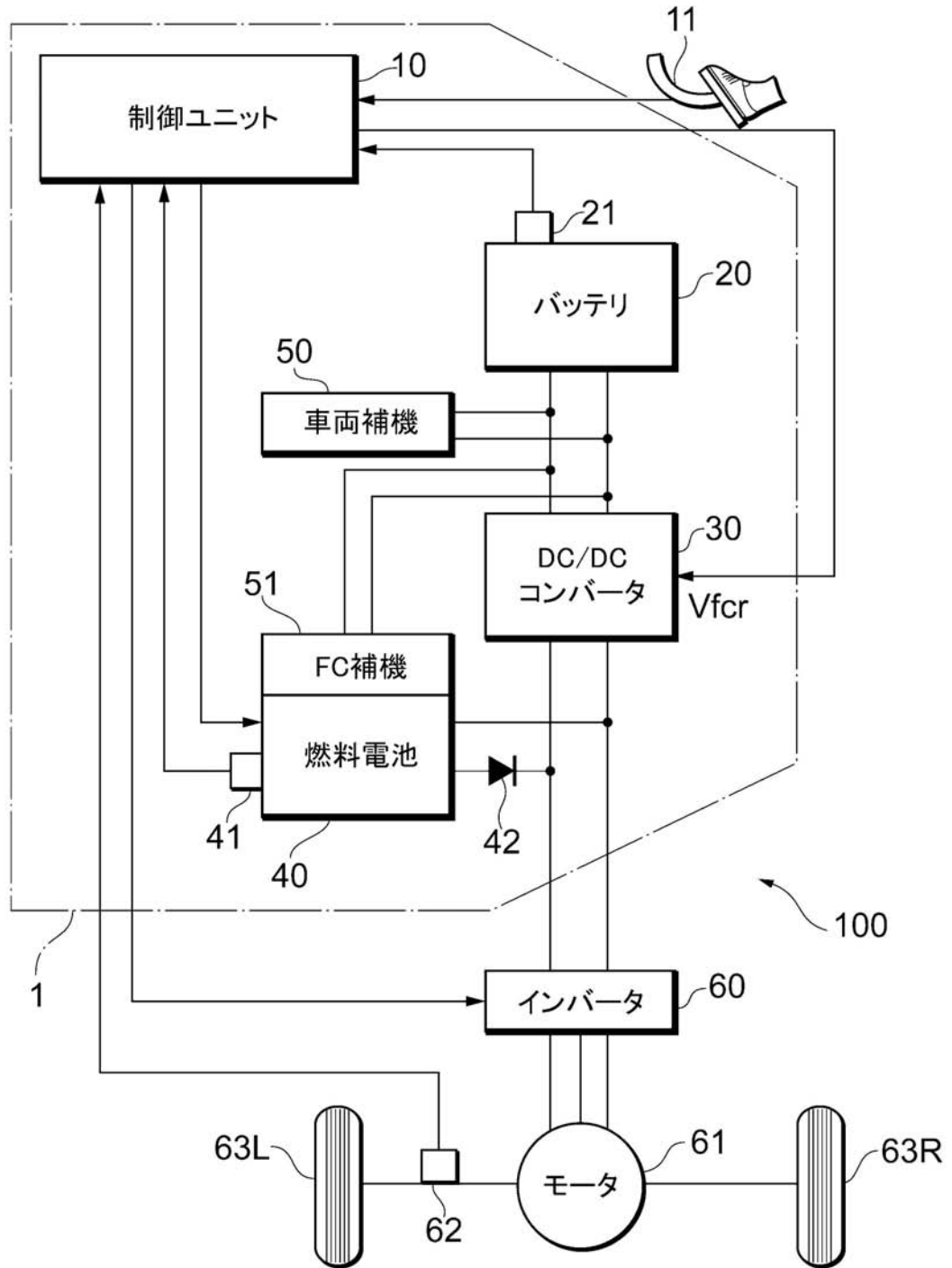
【図10】第3実施形態に係るインピーダンス測定を説明するための図である。

【符号の説明】

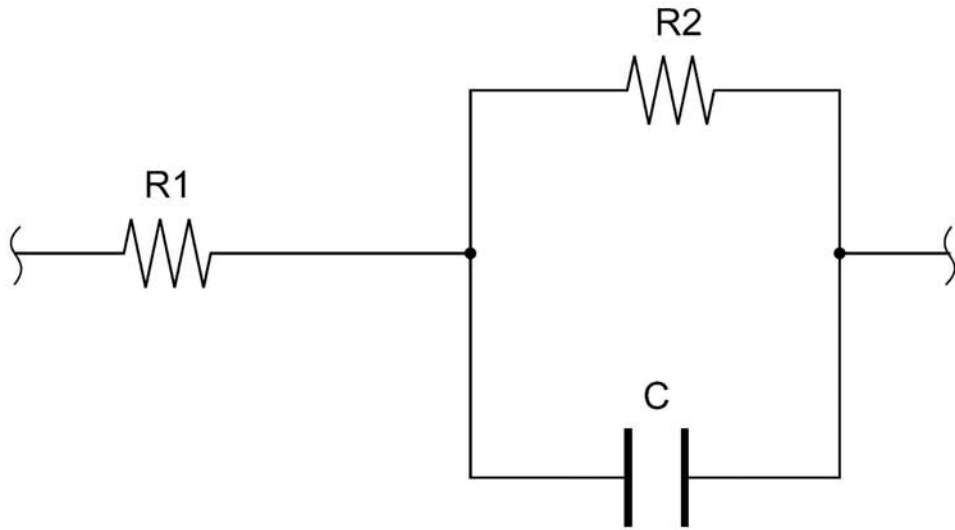
【0088】

10、10'、10''・・・制御ユニット、20・・・バッテリー、30・・・DC/D
Cコンバータ、31・・・DC-CPU、33・・・デッドタイム生成部、34・・・デ
ッドタイム補正部、40・・・燃料電池、50・・・車両補機、60・・・インバータ、
61・・・モータ、110・・・目標電圧決定部、120・・・重畳信号生成部、130
・・・電圧指令信号生成部、140・・・インピーダンス演算部、141・・・電圧セン
サ、142・・・電流センサ、150・・・重畳信号解析部、151・・・基準振幅値、
160・・・重畳信号振幅制御部、161、162、171・・・メモリ、170・・・
状態検出部、180・・・目標電圧制御部。

【図1】

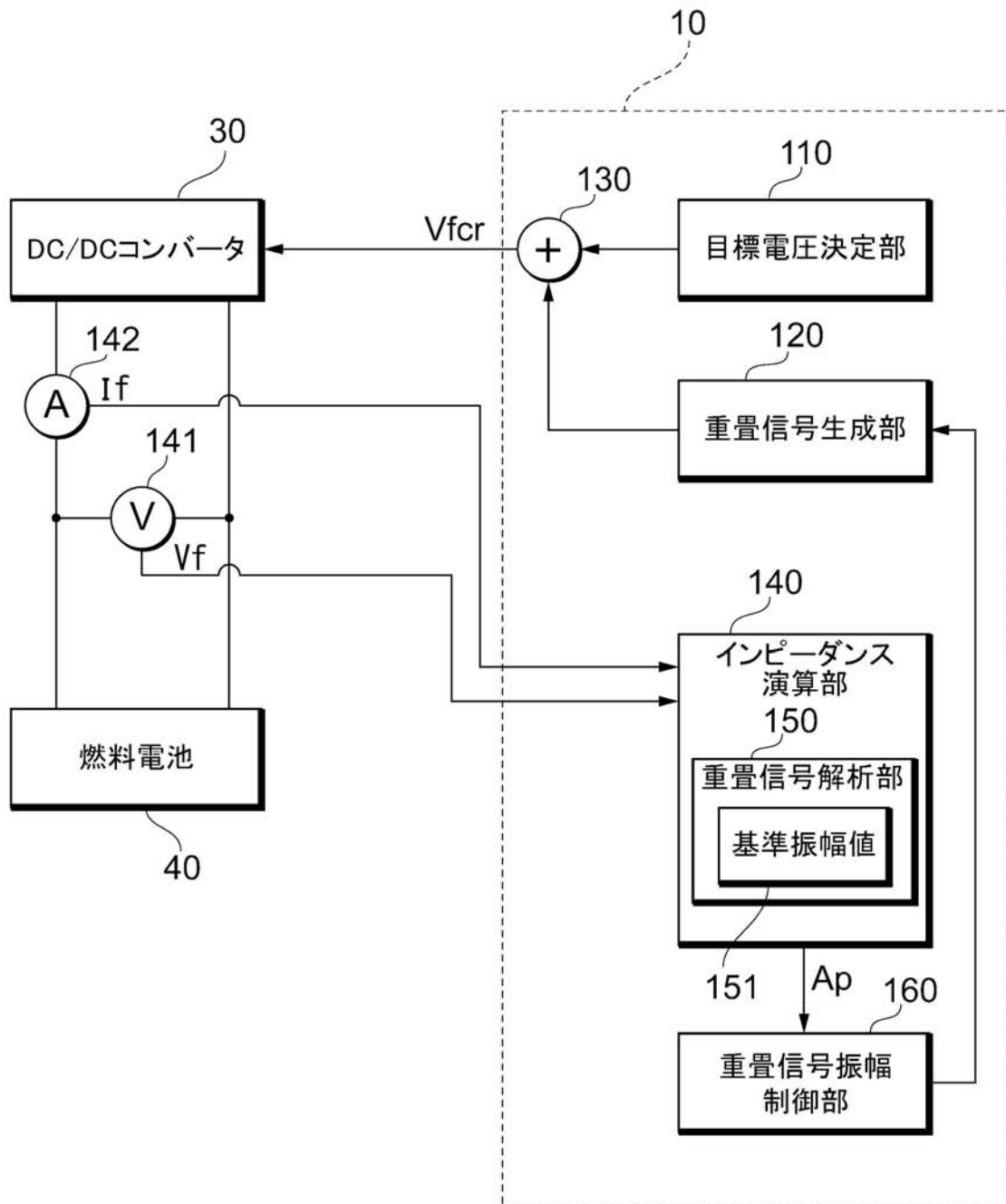


【 図 2 】

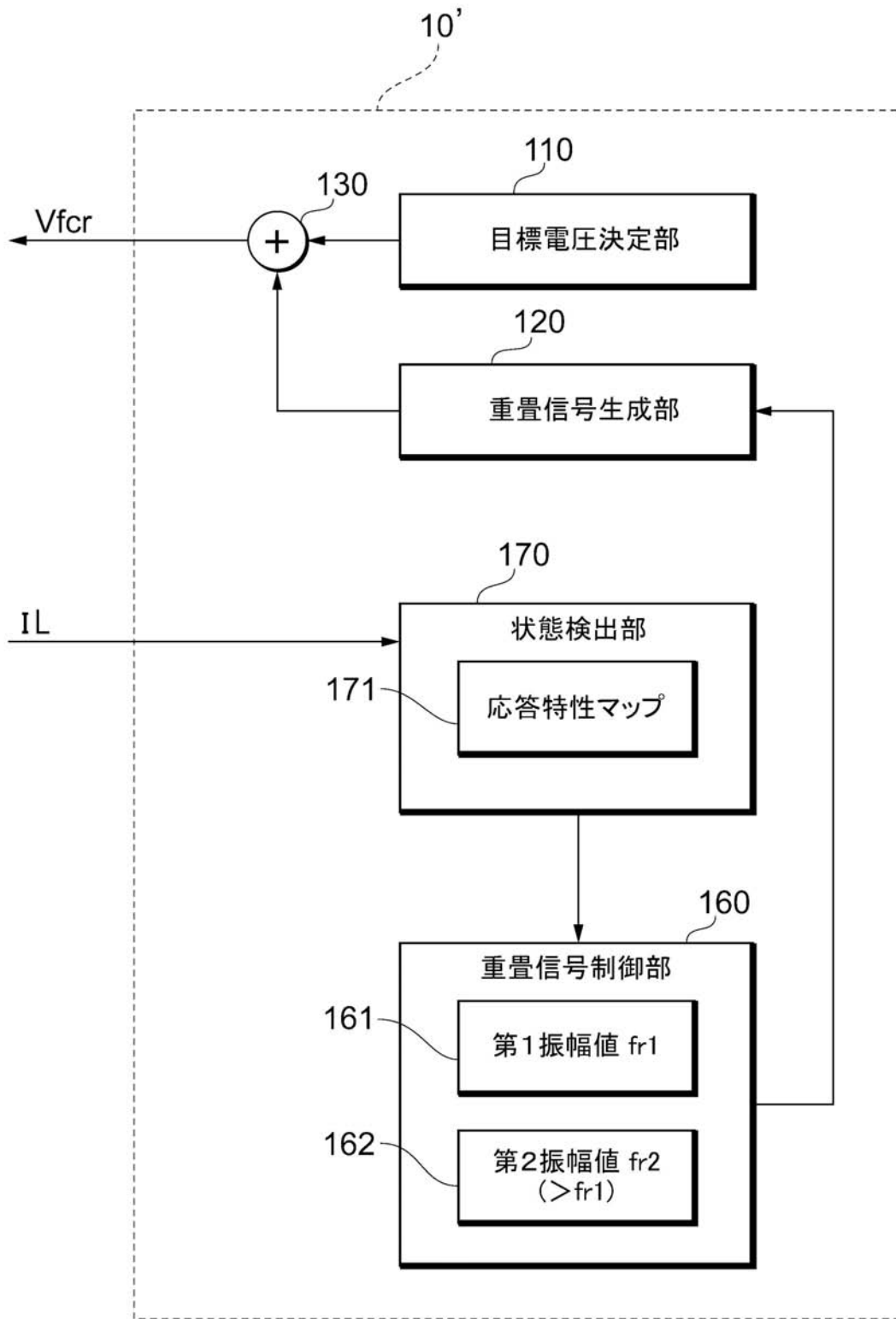


40

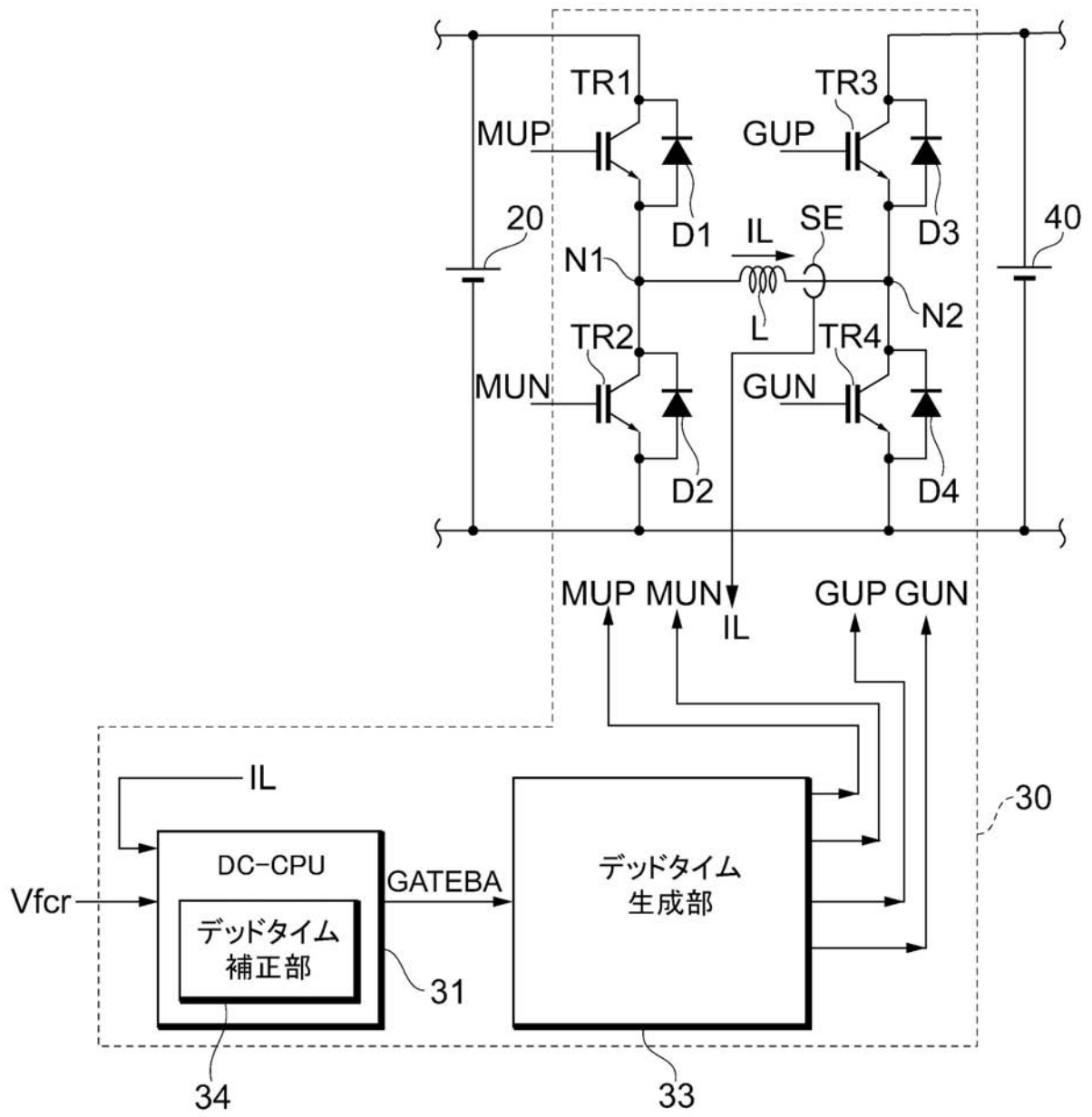
【 図 3 】



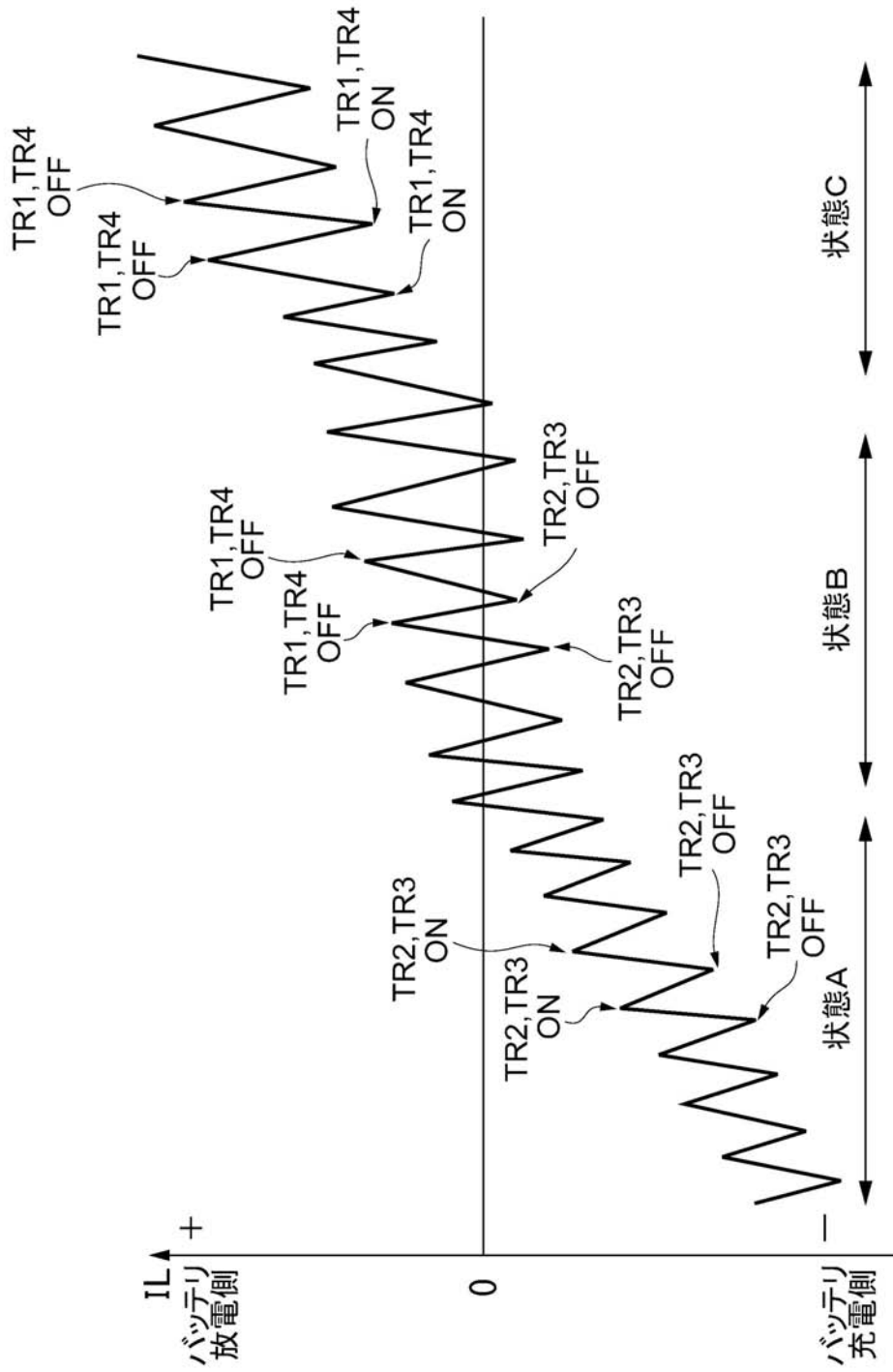
【 図 4 】



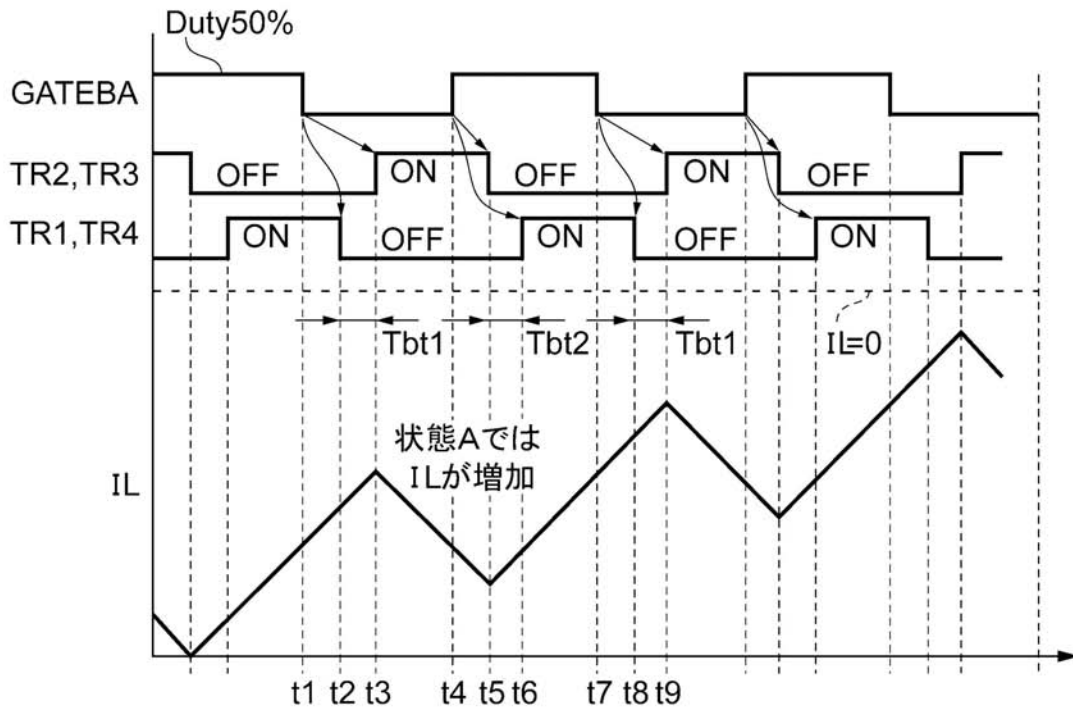
【図5】



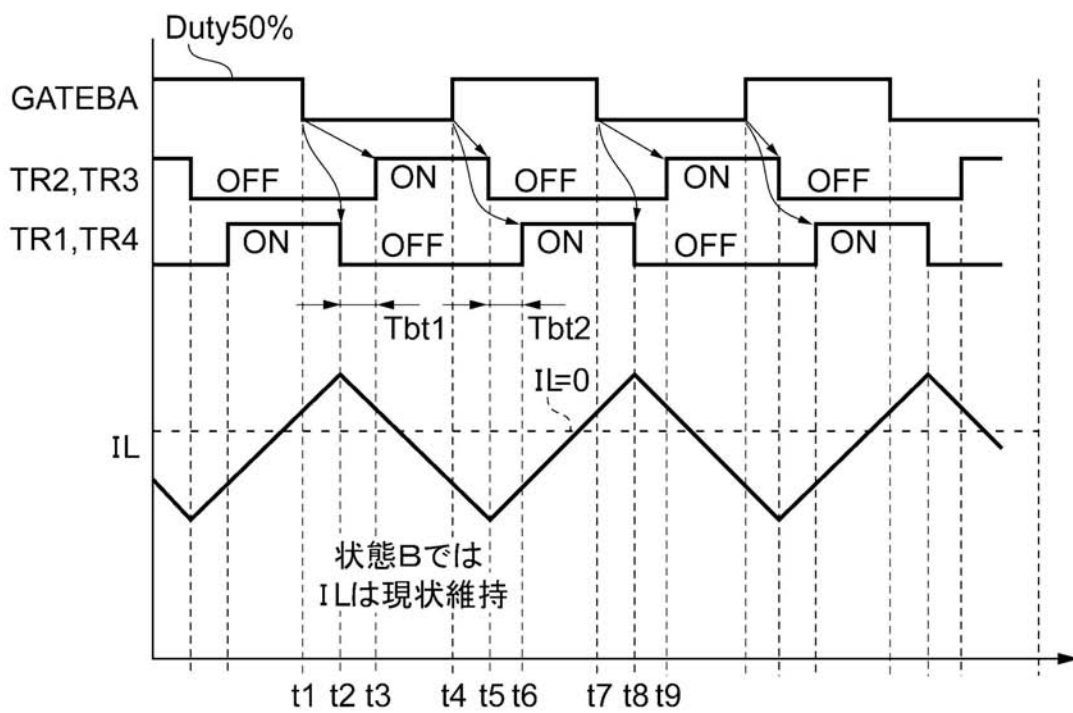
【 図 6 】



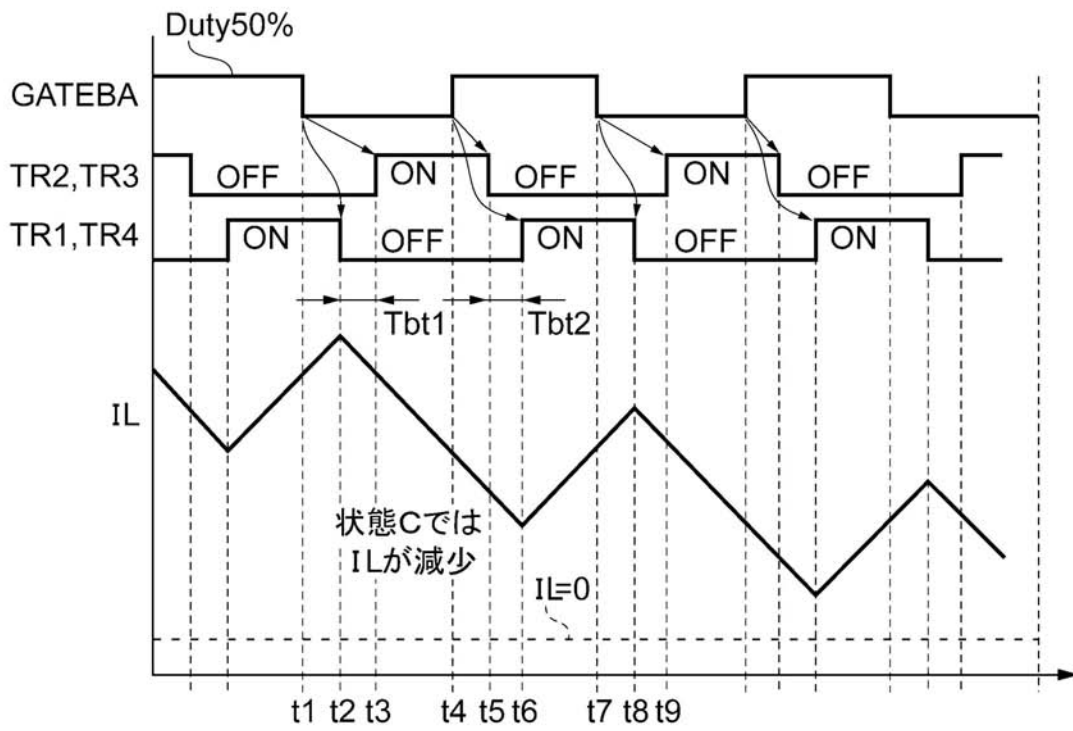
【 図 7 】



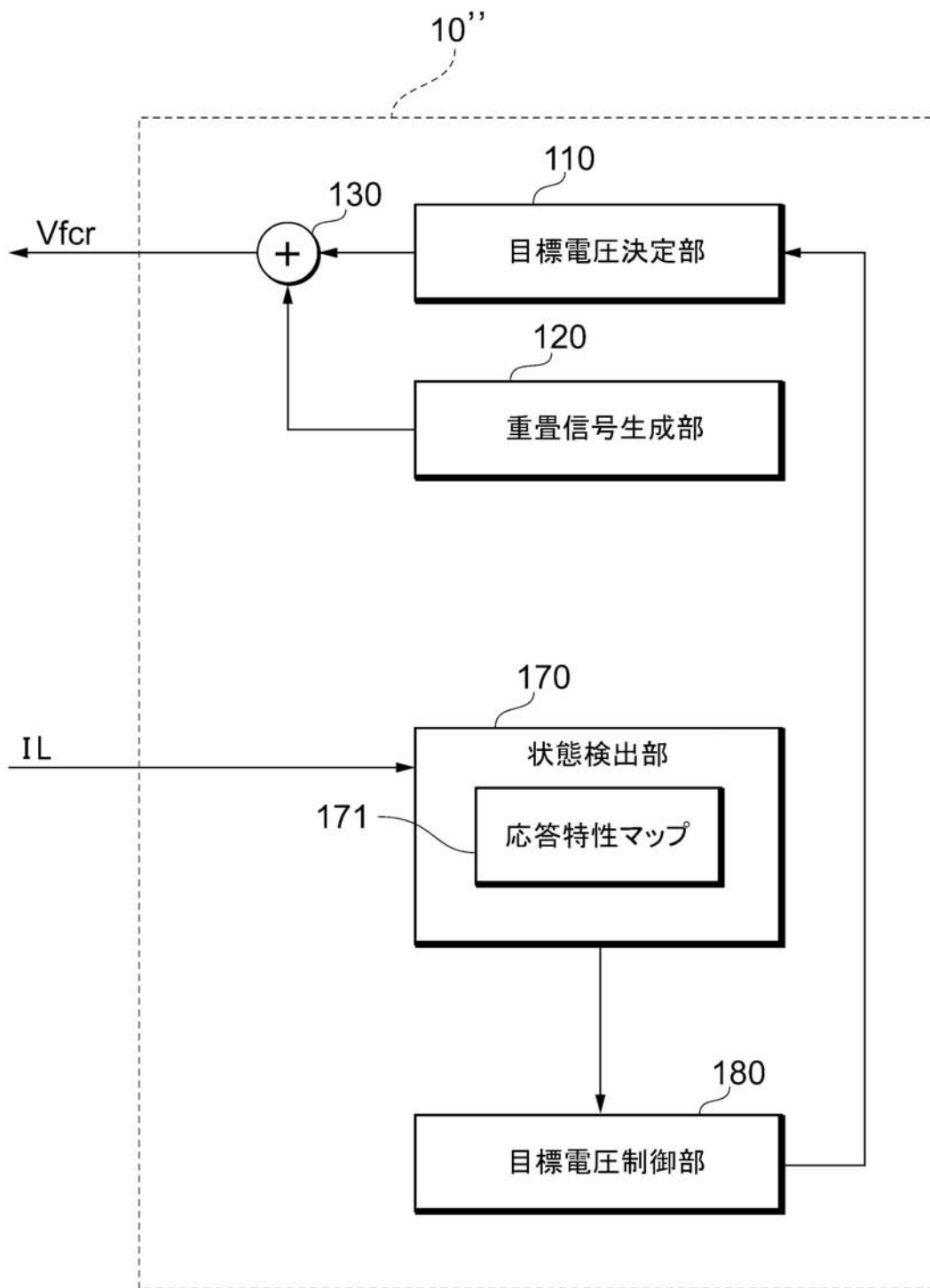
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G028 AA01 BE04 CG08 DH04
5H027 AA06 DD03 KK51