

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5970437号
(P5970437)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月15日(2016.7.15)

(51) Int.Cl.	F 1		
B60L 9/18	(2006.01)	B60L	9/18
B60L 3/00	(2006.01)	B60L	3/00
B60L 11/18	(2006.01)	B60L	11/18
H01M 10/48	(2006.01)	H01M	10/48
H02J 7/00	(2006.01)	H02J	7/00

請求項の数 11 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-189262 (P2013-189262)	(73) 特許権者	509186579
(22) 出願日	平成25年9月12日 (2013.9.12)	日立オートモティブシステムズ株式会社	
(65) 公開番号	特開2015-56971 (P2015-56971A)	茨城県ひたちなか市高場2520番地	
(43) 公開日	平成27年3月23日 (2015.3.23)	(74) 代理人	100084412
審査請求日	平成27年10月21日 (2015.10.21)	弁理士 永井 冬紀	
		(72) 発明者	岡田 隆 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	宮崎 英樹 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	大山 和人 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電動車両の回転電機駆動システム、バッテリシステムおよび回転電機制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の駆動力と制動力を発生させる回転電機と、
複数のセルを有するバッテリと、
前記複数のセルの状態を監視し、少なくとも各セルの開回路電圧および内部抵抗を含む
セル状態情報を出力するバッテリ監視装置と、
前記バッテリと前記回転電機との間の電力授受における電力変換を行うインバータと、
前記回転電機の電流を検出する電流センサと、
前記インバータへの印加電圧を検出する電圧センサと、
前記バッテリ監視装置から出力された前記セル状態情報に基づいて前記回転電機のトル
クを制御する回転電機制御部と、
前記バッテリ監視装置から出力された前記セル状態情報に基づいて前記バッテリの状態
を推定するバッテリ状態推定部と、

前記セル状態情報の異常を検出する異常状態検出部と、を備え、
前記バッテリ監視装置は、前記複数のセルの開回路電圧の平均値に対する前記複数の各
セルの開回路電圧の相関値を出力し、
前記バッテリ状態推定部は、前記異常状態検出部により異常が検出された場合には、前
記異常の検出以前に前記バッテリ監視装置から入力された前記相関値と、前記電流センサ
および前記電圧センサの出力とに基づいて、前記各セルの開回路電圧および内部抵抗を推
定し、

前記回転電機制御部は、前記異常状態検出部により異常が検出された場合には、前記バッテリ状態推定部で推定された前記各セルの開回路電圧および内部抵抗に基づいて前記回転電機のトルクを制御する、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記バッテリ状態推定部は、

前記複数のセルの内で、内部抵抗が最も大きい、または、開回路電圧が最も小さい劣化セルに関する前記相関値を前記バッテリ監視装置から取得し、

前記異常の検出以前に前記バッテリ監視装置から取得した前記劣化セルに関する相関値と、前記電流センサおよび前記電圧センサの出力とに基づいて、前記劣化セルの開回路電圧および内部抵抗を推定し、

前記回転電機制御部は、前記バッテリ状態推定部で推定された前記劣化セルの開回路電圧および内部抵抗に基づいて前記回転電機のトルクを制御する、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記回転電機制御部は、前記バッテリ状態推定部で推定された開回路電圧および内部抵抗に基づいて前記バッテリが許容できる許容充放電電力範囲を算出し、前記バッテリの充放電電力が前記許容充放電電力範囲に収まるように前記回転電機のトルクを制御する、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記相関値は、前記複数のセルの開回路電圧の平均値に対する前記複数の各セルの開回路電圧の偏差である、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記相関値は、前記複数のセルの開回路電圧の平均値に対する前記複数の各セルの開回路電圧の電圧比である、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 6】

請求項 2 に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記異常状態検出部は、前記劣化セルに関する相関値の変化に基づいて前記バッテリ監視装置の異常を検出する、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記異常状態検出部は、前記バッテリ監視装置から前記バッテリ状態推定部への前記セル状態情報の入力が途絶したときに、前記バッテリ監視装置と前記バッテリ状態推定部との間の通信異常を前記異常として検出する、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記バッテリ状態推定部および前記異常状態検出部は前記回転電機制御部内に設けられている、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の電動車両の回転電機駆動システムにおいて、

前記バッテリ状態推定部における前記開回路電圧および内部抵抗の推定の周期は、前記バッテリ監視装置から前記セル状態情報が出力される送信周期よりも短く設定されている、電動車両の回転電機駆動システム。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の電動車両の回転電機駆動システムに用いられるバッテリシステムであつて、

複数のセルを有する前記バッテリと、

10

20

30

40

50

前記複数のセルの状態を監視し、少なくともバッテリ電流と各セルの開回路電圧および内部抵抗と前記相関値とを含むセル状態情報を出力するバッテリ監視装置と、を備えるバッテリシステム。

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載の電動車両の回転電機駆動システムに用いられる回転電機制御装置であつて、

前記バッテリ状態推定部と、前記異常状態検出部とを備える回転電機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

10

本発明は、電気自動車あるいはハイブリッド電気自動車のような電動車両における回転電機駆動システム、バッテリシステムおよび回転電機制御装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電気自動車やハイブリッド電気自動車は、駆動源としてモータを搭載している。このような電動車両においては、モータを駆動するモータ駆動装置として、インバータとモータのトルク等を制御するモータ制御装置を備えている。モータ制御装置は、モータを駆動するための交流電流を生成するために制御信号をインバータへ送信し、インバータを制御する。モータを駆動するインバータは、例えば、二次電池などからなる複数のセルを直列に接続したバッテリシステムを電源装置とし、その電源装置をエネルギー源として駆動される。

20

【0 0 0 3】

このような電動車両においては、バッテリシステムからの電力供給によってモータを駆動させると共に、車両の減速時などにおいては、モータの回生作動によって発生する回生エネルギーをバッテリシステムに蓄電させ、バッテリシステムとモータとの間で電気エネルギーの授受を行うように構成される。ところで、電力供給および電力回生を行う場合には、バッテリシステムを構成するセルの状態に応じて、供給できる電力および回生できる電力に制限がある。例えば、セルの充電率が満充電状態である場合、モータ回生した電力を受け入れることができない。また、セルの充電量が少ない場合、モータへの電力供給はできない。

30

【0 0 0 4】

また、バッテリシステムを構成するセルは、その使い方によって性能の劣化に影響を受ける。例えば、セルの閉回路電圧 (CCV) が、定められた充電・回生禁止電圧以上となる過電圧になったり、定められた電圧以下となることは、セルの性能劣化につながる。

【0 0 0 5】

このことから、バッテリシステムは、セルの閉回路電圧 (CCV) が定められた上限電圧以上および下限電圧以下とならないように、制限をかけて使われる。このような制限をかけるには、電流を流す時点のセルの開回路電圧 (OCV) や、セルの内部抵抗に依存する電圧降下、あるいは電圧上昇を考慮することが必要である。

【0 0 0 6】

40

そのためには、バッテリシステムの状態量を監視するバッテリ監視装置およびセルコントローラによってセルの閉回路電圧 (CCV)、バッテリ総電圧 (バッテリ全体の閉回路電圧 (CCV))、バッテリ電流などの状態を検出し、検出した状態量からセルの内部抵抗や開回路電圧 (OCV)などを推定することが必要である。さらに、バッテリ監視装置やセルコントローラにおける電圧・電流を検出する検出装置が異常である場合は、これを代替するための保護システムが必要となる。

【0 0 0 7】

このような例として、特許文献 1 に記載の発明では、複数のセルが直列に接続されたバッテリシステムに対して、バッテリ全体の閉回路電圧 (CCV) (バッテリ総電圧) を検出する電圧センサが異常の場合は、バッテリ電圧を昇圧するコンバータの電圧を検出する電

50

圧センサを代替として使用し、充放電制御を行うようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2012-106581号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載の発明では、バッテリシステム全体の閉回路電圧 (CCV) (バッテリ総電圧) を検出する電圧センサが異常である場合に、コンバータの電圧を検出する電圧センサを代替として利用し、その検出電圧に基づくセルの平均的な状態量を用いてバッテリの充放電制御を行っている。そのため、バッテリシステムは複数のセルから構成されているが、個々のセルの状態量 (例えば、各セルの閉回路電圧 (CCV) など) の違いは考慮されていない。10

【0010】

しかし、実際のバッテリシステムでは、バッテリシステムを構成する複数のセルの個々の特性は初期状態でも差異が存在する。このセルの初期の差異は、充放電の繰り返し使用によって劣化が進むが、セルの初期特性の差異がセルの劣化進行に影響を与え、バッテリシステムを構成するセルの特性ばらつきが拡大することがある。つまり、セルを直列接続する構成で同じ電流の充放電があった場合、各セルの内部抵抗と開回路電圧 (OCV) の差異によって各々の閉回路電圧 (CCV) の変化が異なり、これによって各セルの劣化が異なる。20

【0011】

従って、バッテリシステム全体の劣化を抑制するためには、構成する個々のセルの閉回路電圧 (CCV) を所定の上下限電圧以内に制限することが必要となる。このためには、バッテリシステム全体の閉回路電圧 (CCV) (バッテリ総電圧) のみでなく、個々のセルの閉回路電圧 (CCV) を検出し、個々のセル状態量に応じた充放電制御が必要となる。なお、一般的には、バッテリシステムを構成するセルの中で一番劣化が進んでいるセルが閉回路電圧 (CCV) の上下限を超える可能性が高く、一番劣化が進んでいるセルは変化する可能性は低い。30

【0012】

このような問題に対して、特許文献1に記載の発明では、バッテリシステム全体の総電圧を検出する電圧センサが異常である場合には対応できるが、個々のセルの電圧を検出する電圧センサに異常が発生した場合には対応することができない。

【課題を解決するための手段】

【0013】

請求項1の発明に係る回転電機駆動システムは、車両の駆動力と制動力を発生させる回転電機と、複数のセルを有するバッテリと、複数のセルの状態を監視し、少なくとも各セルの開回路電圧および内部抵抗とを含むセル状態情報を出力するバッテリ監視装置と、バッテリと回転電機との間の電力授受における電力変換を行うインバータと、回転電機の電流を検出する電流センサと、インバータへの印加電圧を検出する電圧センサと、バッテリ監視装置から出力されたセル状態情報に基づいて回転電機のトルクを制御する回転電機制御部と、バッテリ監視装置から出力されたセル状態情報に基づいてバッテリの状態を推定するバッテリ状態推定部と、セル状態情報の異常を検出する異常状態検出部と、を備え、バッテリ監視装置は、複数のセルの開回路電圧の平均値に対する複数の各セルの開回路電圧の相関値を出力し、バッテリ状態推定部は、異常状態検出部により異常が検出された場合には、前記異常の検出以前に前記バッテリ監視装置から入力された相関値と、電流センサおよび電圧センサの出力とに基づいて、各セルの開回路電圧および内部抵抗を推定し、回転電機制御部は、異常状態検出部により異常が検出された場合には、バッテリ状態推定部で推定された各セルの開回路電圧および内部抵抗に基づいて回転電機のトルクを制御す4050

る。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、バッテリ監視装置からセル状態情報が得られない異常が発生した場合でも、充放電電力の大幅な制限や電力供給の停止などをせずに車両の走行を維持させつつ、全てのセルの閉回路電圧が所定の上下限電圧以内となるように充放電を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本発明に係る回転電機駆動システムを搭載した電動車両70の概略構成を示すブロック図である。

10

【図2】図2は、回転電機駆動システムを説明するためのブロック図である。

【図3】図3は、セル570の開回路電圧平均値と内部抵抗平均値の算出方法を説明する図である。

【図4】図4は、充電率から最悪セルの開回路電圧偏差を求める演算処理を説明する図である。

【図5】図5は、充電率から最悪セルの開回路電圧相対比を求める演算処理を説明する図である。

【図6】図6は、内部抵抗推定値の演算処理の概要を説明する図である。

【図7】図7は、モータ制御装置100に設けられたバッテリ状態推定部800の他の実施例を示したものである。

20

【図8】図8は、モータ制御装置100にて行われるトルク指令演算に関する手順を示すフローチャートである。

【図9】図9は、図8のステップS3の異常判定処理の詳細フローを示す図である。

【図10】図10は、図8のステップS4で行われる相関値演算モデル作成処理の詳細を示すフローチャートである。

【図11】図11は、セル570の開回路電圧の平均値と最悪セルの開回路電圧の時間変化を示す図である。

【図12】図12は、最悪セルの開回路電圧相対比と充電率(SOC)との関係を示したものである。

30

【図13】図13は、図8のステップS5で行われる補正係数演算処理の詳細を示すフローチャートである。

【図14】図14は、図8のステップS8で行われる最悪セル状態推定処理の詳細を示すフローチャートである。

【図15】図15は、図8のステップS9の充放電許容電力演算処理の詳細を示すフローチャートである。

【図16】図16は、充放電許容電力量による電力制限を行った場合における充放電電力値のタイムチャートである。

【図17】図17は、図2に示す車両制御装置400における要求制動・駆動力の演算ブロックの一例を示す図である。

40

【図18】図18は、車両制御装置400にバッテリ状態推定部800を搭載した場合の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。図1は、本発明に係る回転電機駆動システムを搭載した電動車両70の概略構成を示すブロック図である。図1では、上側を電動車両70のフロント側、下側を電動車両70のリア側として示している。電動車両70は、回転電動機であるモータ300、モータ駆動装置であるインバータ200、インバータ200に制御指令を出力するモータ制御装置100、ドライバの要求やバッテリ状態など各種状態に応じたモータ300の制御や車両全体の各種制御指令を

50

出力する車両制御装置 400、インバータ 200 へ電力を供給するバッテリシステム 500などを備えている。

【0017】

なお、図 1 では、フロント側にモータ 300 を搭載したフロント駆動構成を例に示したが、モータ 300 の配置はリア側のタイヤを駆動する場合でも良いし、フロント側とリア側の両方にモータ 300 を設置して四輪駆動とする場合でも、四輪の全てに個別のモータを配置した構成でも良い。本発明は、これらの構成の相違に關係なく適用することができる。モータ 300 は、減速機 50 を介して車輪 60 に連結されている。車輪 60 には図示していない摩擦ブレーキを作動させるブレーキ作動装置 600 が搭載され、モータ 300 を用いた回生ブレーキとブレーキ作動装置 600 を用いた摩擦ブレーキとを併用して制動を行うことができる。 10

【0018】

モータ制御装置 100、車両全体の制御を行う車両制御装置 400、ブレーキ作動装置 600 の指令を演算するブレーキ制御装置 610、バッテリシステム 500 の状態を監視するバッテリ監視装置 510、バッテリシステム 500 を外部電源で充電する車載充電器 40 は、制御ネットワーク 80 でつながっている。モータ制御装置 100 の指令に基づいて、バッテリシステム 500 からインバータ 200 を介してモータ 300 へ電力が供給されることにより、モータ 300 が駆動される。バッテリシステム 500 は、ジャンクションボックス 10 を介して、車載充電器 40 および DC / DC コンバータ 20 と連結されている。DC / DC コンバータ 20 は、バッテリシステム 500 と低圧バッテリ 30 との間で電力授受を行わせる。また、バッテリシステム 500 は、バッテリ監視装置 510 によって監視されている。 20

【0019】

図 2 は、回転電機駆動システムを説明するためのブロック図である。車両全体の制御を行う車両制御装置 400 は、アクセルペダルセンサ 700、ブレーキペダルセンサ 710、車速センサ 720 などのセンサから各検出信号、あるいは、バッテリシステム 500 からバッテリシステム 500 の状態、モータ制御装置 100 からモータ 300、インバータ 200 の状態を受信する。そして、車両制御装置 400 は、ドライバ操作や車両の状態に基づいてモータ制御装置 100 やブレーキ制御装置 610 の指令を演算し、制御ネットワーク 80 を介して、モータ制御装置 100 やブレーキ制御装置 610 へ制御指令を送信する。 30

【0020】

ブレーキ制御装置 610 は、ドライバの制動動作に応じて、摩擦ブレーキ 620 とモータ 300 の回生ブレーキの配分を決定し、摩擦ブレーキ 620 とモータ 300 の回生ブレーキの協調制御を行う。

【0021】

図 17 は、図 2 に示す車両制御装置 400 における要求制動・駆動力の演算ブロックの一例を示す図である。第一要求制動・駆動力演算部 611 は、アクセルペダルセンサ 700 からのアクセルペダルセンサ信号と車速センサ 720 からの車両速度センサ信号に基づき第一要求制動・駆動力を演算する。この第一要求制動・駆動力は、従来のエンジン搭載車両にて発生する駆動力やエンジンブレーキ制動力に相当する制動・駆動力になる。例えば、アクセルペダルセンサ信号から取得するアクセルペダル開度と車両の速度に対する制動・駆動力をテーブルとして設定する方法などがある。 40

【0022】

また、第二制動・駆動力演算部 612 は、ブレーキペダルセンサ信号に基づいて第二要求制動・駆動力を演算する。これは、ドライバのブレーキ操作に対する制動・駆動力を演算しており、ブレーキペダルセンサ信号としてブレーキ踏力を入力とし、制動・駆動力を演算する方法がある。そして、第一要求制動・駆動力と第二要求制動・駆動力とに基づき、第三要求制動・駆動力演算部 613 にて最終的な要求制動・駆動力を演算する。

【0023】

図17にて演算された要求制動・駆動力は、制御ネットワーク80を介して、ブレーキ制御装置610とモータ制御装置100へ送信される。ブレーキ制御装置610では、要求制動・駆動力が制動指令である場合は、摩擦ブレーキ620で行う制動力とモータ300で行う回生制動力の分担を決定し、回生制動力分担分をモータ制御装置100へ送信する。モータ制御装置100のトルク指令演算部110は、通信部140で受信した車両制御装置400からの駆動力要求値とブレーキ制御装置610からの制動力要求値から、モータ300に要求される回生・駆動トルク指令を演算する。さらに、バッテリ状態推定部800にて演算した充放電許容電力に基づくモータトルク上下限値（詳細は後述する）に基づいて、最終的にモータ300のトルク指令を演算する。トルク指令演算部110にて演算されたトルク指令は、指令部130へ送信され、指令部130は、トルク指令を実現するために、インバータ200の駆動指令を出力する。

【0024】

（バッテリシステム500）

バッテリシステム500は、複数のセル570（以下、セルと呼ぶ）から構成されるバッテリモジュール531, 532、バッテリ監視装置510、セル監視装置521, 522、温度センサ560、第一の電圧センサ540、第一の電流センサ550、温度センサ560、通信部580から構成される。

【0025】

セル監視装置521, 522は、バッテリモジュール531, 532内のセル570の状態である閉回路電圧(CCV)を検出し、セル570やバッテリモジュール531, 532の状態量を検知する。第一の電圧センサ540は、バッテリモジュール531, 532の総電圧を検出する。第一の電流センサ550は、バッテリモジュール531, 532に流れる電流を検出する。温度センサ560は、バッテリシステム500内の各種温度を検出する。バッテリ監視装置510は、セル監視装置521, 522で検出したセル570の閉回路電圧(CCV)などの情報や、温度センサ560、第一の電圧センサ540、第一の電流センサ550の検出結果に基づいてバッテリシステム500全体の状態を検知する。通信部580は、制御ネットワーク80に接続して、車両制御装置400、モータ制御装置100など他の制御装置と信号の授受を行う。

【0026】

バッテリ監視装置510は、第一の電圧センサ540にて検出されるバッテリ総電圧、第一の電流センサ550にて検出されるバッテリ電流、温度センサ560にて検出されるバッテリシステム500の内部温度、セル監視装置521, 522で取得する各セル570の閉回路電圧(CCV)などを用いて、バッテリシステム500の内部状態およびバッテリモジュール531, 532やセル570の内部状態を演算し、バッテリシステム500の状態を監視している。具体的には、バッテリ総電圧とバッテリ電流からバッテリを構成するセル570の開回路電圧(OCV)の平均値と内部抵抗の平均値を演算し、セル570の個々の閉回路電圧とバッテリ電流から、各セル570の開回路電圧(OCV)と各セル570の内部抵抗を演算する。

【0027】

更に、本発明では、各セル570のばらつきを外部へ送信するために、セル570の開回路電圧(OCV)の平均値に対する各セル570の開回路電圧(OCV)との電圧相関値をバッテリ監視装置510にて演算し、それらを、通信部580を介して、制御ネットワーク80に接続される各制御装置へ出力する。ここで、セルの開回路電圧(OCV)の平均値に対する各セルの開回路電圧(OCV)との電圧相関値（以下では、開回路電圧相関値と呼ぶ）としては、セルの開回路電圧(OCV)の平均値に対する各セルの開回路電圧(OCV)の偏差である開回路電圧の電圧偏差（以下では開回路電圧偏差と呼ぶ）や、セル570の開回路電圧(OCV)の平均値に対する各セル570の開回路電圧(OCV)の比率である開回路電圧の電圧相対比（以下では、開回路電圧相対比と呼ぶ）、開回路電圧の電圧比（以下では、開回路電圧比と呼ぶ）などを用いる。

【0028】

10

20

30

40

50

このように本発明では、バッテリ監視装置 510 からは、バッテリシステム 500 の内部状態である各セル 570 の開回路電圧や開回路電圧の平均値に加えて、開回路電圧相關値（開回路電圧偏差や開回路電圧比など）が取得される。このような各セル 570 の平均値からの偏差や相対比を取得することで、後述するようにバッテリシステム 500 を構成するセル 570 のばらつきを利用することができます。

【0029】

通常、セル監視装置 521、522 は、バッテリモジュールの数に応じて複数設けられ、デイジーチェーン接続にてバッテリ監視装置 510 に接続されている。例えば、セル監視装置 521 にて検出した結果は、セル監視装置 522 へ送信され、さらに、セル監視装置 522 から次のセル監視装置へ送信される。このように、セル監視装置を経由して、各セル監視装置 521、522 にて検出されたセル 570 の全ての状態が、バッテリ監視装置 510 へ送信される。このため、バッテリ監視装置 510 へ全てのセル 570 の全ての状態が送信されるには、時間を要する。つまり、各セルの電圧検出値には、時間遅れが存在することになる。

10

【0030】

各セル 570 の開回路電圧 (OCV) や内部抵抗の演算は、これらの検出時間遅れのある各セル 570 の電圧検出値 (CCV) とバッテリ電流値を用いているので、電圧検出値とバッテリ電流値の同期を合わせた処理が必要となる。また、各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の演算に用いるデータは、異なるタイミングで取得された信号であるので、各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の演算結果は、セル 570 毎に異なるタイミングの結果となっている。このようなことから、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値と各セル 570 の開回路電圧 (OCV) との偏差（開回路電圧偏差）や、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値と各セル 570 の開回路電圧 (OCV) との比率（開回路電圧相対比、開回路電圧比）を、バッテリシステム 500 のバッテリ監視装置 510 にて演算することが好適である。

20

【0031】

すなわち、バッテリ監視装置 510 では、各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の結果と同じタイミングで取得されるセル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値（例えば、第一の電圧センサ 540 の検出値から得られる平均値）の組合せを求め、同期したセル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値と各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の偏差（開回路電圧偏差）や、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値と各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の比率（開回路電圧相対比、開回路電圧比）を演算する。このように、演算される電圧値の同期を合わせて電圧相關値を求めるのは、バッテリ監視装置 510 にて実施するのが好適である。

30

【0032】

（モータ制御装置 100 の構成）

モータ制御装置 100 は、トルク指令演算部 110、検出部 120、指令部 130、通信部 140、バッテリ状態推定部 800 を備えている。バッテリ状態推定部 800 は、後述するようにバッテリシステム 500 の状態を推定する。通信部 140 は、車両制御装置 400 から送信される駆動力や制動力などの信号の授受や、バッテリシステム 500 から出力されたデータの受信などを行う。検出部 120 は、モータ 300 に設置されている回転角センサ（図示しない）で検出された回転角信号を取り込むと共に、インバータ 200 に設けられている第二の電流センサ 240 で検出された三相電流信号、第二の電圧センサ 230 で検出された電圧信号をそれぞれ取り込む。

40

【0033】

トルク指令演算部 110 は、通信部 140 を通じて車両制御装置 400 から受信した駆動力要値、車両速度、バッテリ監視装置 510 で演算されるセル 570 あるいはバッテリモジュール 531、532 の状態量を表す信号に基づき、モータ 300 とインバータ 200 が許容可能であり、かつ、バッテリシステム 500 が許容可能なトルク指令を演算する。そのトルク指令は指令部 130 へ出力される。トルク指令の演算では、バッテリシステ

50

△500を構成する全てのセル570が過充放電にならないように演算される。

【0034】

指令部130では、トルク指令演算部110で演算されたトルク指令を実現するため、トルク指令および検出部120にて取り込んだモータ300の検出値に基づいて、インバータ200の駆動指令（パルス幅変調（PWM）に対応した駆動信号）を演算する。インバータ200は、指令部130から駆動指令に基づいて、インバータ200を駆動し、モータ300の駆動および回生動作を制御する。

【0035】

例えば、モータ300の駆動時には、バッテリシステム500から出力される直流電力を三相交流電力に変換して、モータ300へ供給する。モータ300の回生時には、モータ300から出力される三相交流電力を直流電力に変換し、バッテリシステム500を充電する。モータ300は、例えば、界磁として永久磁石を利用する永久磁石式の三相交流同期モータなどが用いられ、インバータ200から供給する三相交流電力によって駆動制御される。車両減速時には、駆動輪からモータ300へ駆動力が伝達される、モータ300は発電機として機能して回生制動力を発生する。それにより、車両の運動エネルギーを電気エネルギーとして回収することが可能である。

10

【0036】

（トルク指令演算部110によるトルク指令の演算）

上述したように、トルク指令演算部110はバッテリシステム500が許容可能な範囲でトルク指令を演算するが、充放電可能な電力は次のようにして求められる。例えば、各セル570の閉回路電圧（CCV）、開回路電圧（OCV）および内部抵抗とバッテリ電流から、各セル570が次式（1）に示す簡易モデルで記述される場合を考える。式（1）において、 V_{cci} は各セル570の閉回路電圧（CCV：Closed Circuit Voltage）、 t は時刻、 V_{oci} は各セル570の開回路電圧（OCV）、 R_{ci} は各セル570の内部抵抗、 I_b はバッテリ電流を表す。なお、添字*i*は*i*番目のセル570に関する量であることを示す。

20

【数1】

【数1】

30

$$V_{cci}[t] = V_{oci}[t] - R_{ci}[t] \times I_b[t] \quad \cdots (1)$$

【0037】

バッテリ電流の放電側を+とし、式（1）で表現された簡易モデルを用いた場合、セル570の閉回路電圧（CCV）の上限許容値を $V_{cclimit1}[V]$ 、下限許容値を $V_{cclimit2}[V]$ とすると、セル570の開回路電圧（OCV）とセル570の内部抵抗から、充電可能な電流値 $I_{blimit1}[A]$ 、放電可能な電流値 $I_{blimit2}[A]$ を次式（2）、（3）のように求めることが可能となる。

【数2】

【数2】

$$Ib \lim it1[t] = \frac{Voci[t] - Vcc \lim it1[t]}{Rci[t]} \quad \cdots (2)$$

$$Ib \lim it2[t] = \frac{Voci[t] - Vcc \lim it2[t]}{Rci[t]} \quad \cdots (3)$$

【0038】

ここで、n 個のセル 570 が直列接続されると仮定すると、バッテリの充電許容可能な電力 P_{dmax} 、放電許容可能な電力 P_{cmax} は、それぞれ次式 (4)、(5) のようになる。

【数3】

【数3】

$$P_{dmax} = Ib \lim it1[t] \times n \times Vcc \lim it1[t] = \frac{Vcc \lim it1[t] \times n \times \{Voci[t] - Vcc \lim it1[t]\}}{Rci[t]} \quad \cdots (4)$$

$$P_{cmax} = Ib \lim it2[t] \times n \times Vcc \lim it2[t] = \frac{Vcc \lim it2[t] \times n \times \{Voci[t] - Vcc \lim it2[t]\}}{Rci[t]} \quad \cdots (5)$$

【0039】

このように、バッテリを構成するセル 570 の電圧の上下限許容値 Vcc_{limit1} 、 Vcc_{limit2} を予め設定し、セル 570 の内部抵抗と開回路電圧 (OCV) が分かれば、許容可能な放電電力 P_{dmax} 及び充電電力 P_{cmax} を演算することができる。放電電力 P_{dmax} 及び充電電力 P_{cmax} とモータ回転速度 S_{pdMOT} とに基づいて、式 (6)、(7) に示すように駆動上限トルク T_{rqDmax} 、回生上限トルク T_{rqCmax} を求めることで、セル 570 の閉回路電圧 (CCV) がその上下限電圧を超えないようなトルク指令を求めることができる。なお、式 (6)、(7) において、 η はモータ・インバータ効率であって、n はセル数である。

10

20

30

40

【数4】

【数4】

$$TrqD \max = \frac{\eta \times Pd \ max}{SpdMOT} = \frac{\eta}{SpdMOT} \times \frac{Vcc \ lim \ it1[t] \times n \times \{Voci[t] - Vcc \ lim \ it1[t]\}}{Rci[t]}$$

... (6)

10

$$TrqC \ max = \frac{\eta \times Pc \ max}{SpdMOT} = \frac{\eta}{SpdMOT} \times \frac{Vcc \ lim \ it2[t] \times n \times \{Voci[t] - Vcc \ lim \ it2[t]\}}{Rci[t]}$$

... (7)

【0040】

20

以上のように、バッテリシステム500のセル570の開回路電圧(OCV)と内部抵抗を用いることで、セル570の閉回路電圧(CCV)がその上下限電圧を超えないようなトルク指令を演算できる。

【0041】

30

ところで、式(6)、(7)から分かるように、内部抵抗が大きく、開回路電圧(OCV)が小さいセル570が充放電の制約になる。内部抵抗が大きく、開回路電圧(OCV)が小さいセル570は、一般的に劣化が進んでいる場合が多いが、以下では、内部抵抗が大きく、開回路電圧(OCV)が小さいセル570を最悪セルと呼ぶこととする。そして、最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗を求め、最悪セルの閉回路電圧(CCV)が上下限電圧を超えないようにトルク指令を演算すれば、全てのセル570の閉回路電圧(CCV)が上下限電圧を超えないようなトルク指令とすることができます。

【0042】

30

(バッテリ状態推定部800の説明)

ところで、バッテリシステム500において何らかの異常時が発生して、バッテリシステム500の内部の状態量が取得できない場合には、トルク指令を演算することができない。そこで、本実施の形態では、バッテリシステム500において何らかの異常が発生して、バッテリシステム500の内部の状態量が取得できない場合でも、バッテリシステム500が許容可能な充放電制御が行えるように、バッテリシステム500の状態を推定するためのバッテリ状態推定部800をモータ制御装置100に備えるようにした。バッテリシステム500における何らかの異常とは、バッテリシステム500の状態を監視するバッテリ監視装置510の異常、バッテリの総電圧を検出する第一の電圧センサ540の異常、セル監視装置521, 522の異常、通信部580の異常などが考えられる。

40

【0043】

図2に示すバッテリ状態推定部800は、バッテリシステム500が異常か否かを判定する異常判定部810、セル570の開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値を演算する平均セル状態演算部820、最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗とを演算する最悪セル状態推定部830、最悪セルの開回路電圧相関値と充電率(SOC)との関係を構築する相関値演算部840、記憶部860を備えている。

【0044】

50

バッテリ状態推定部800では、トルク指令演算部110にてトルク指令を演算する際

に必要な、最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗を演算する。すなわち、バッテリシステム500に設けられた第一の電圧センサ540、第一の電流センサ550や、セル監視装置521、522においてセル570の閉回路電圧(CCV)を検出するための電圧センサ(不図示)が異常となった場合や、これらの検出信号をバッテリシステム500から通信できないという異常時においても、全てのセル570の閉回路電圧(CCV)が上下限電圧を超えないようなトルク指令を演算可能とするために、最悪セルの状態量である開回路電圧(OCV)と内部抵抗を演算する。

【0045】

なお、最悪セルを選択する方法としては、例えば、充電時にセル570の閉回路電圧(CCV)を取得した際に閉回路電圧(CCV)が一番大きなセル570、また、放電時にセル570の閉回路電圧(CCV)を取得した際に閉回路電圧(CCV)が一番小さなセル570を最悪セルとする。また、内部抵抗の推定値が一番大きいセル570を最悪セルとしても良い。

【0046】

一度最悪セルと判定されたセル570は他のセル570に比べて劣化が進行しやすいため、そのセル570を最悪セルとして記憶する。その後は、その最悪セルの状態量(開回路電圧(OCV)、閉回路電圧、内部抵抗)のみを検出、あるいは推定する。これによって、推定処理や検出の処理を減らすことができるという効果がある。

【0047】

(異常判定部810)

まず、バッテリ状態推定部800の異常判定部810について説明する。異常判定部810は、上述したようなバッテリシステム500における異常によって、バッテリシステム500の内部の状態が、制御ネットワーク80に接続された他の制御装置にて受信できない状態であるか否かを判定する。具体的な判定方法については、後述する。

【0048】

以下では、バッテリ総電圧、セル570の閉回路電圧(CCV)、バッテリ電流、セル570の開回路電圧(OCV)、セル570の内部抵抗などのバッテリシステム500の内部の状態量が取得できないような異常を、バッテリシステム状態検出異常と呼ぶ。逆に、バッテリシステム500の内部の状態量が取得できる正常状態を、バッテリシステム状態検出正常と呼ぶ。

【0049】

(平均セル状態演算部820)

平均セル状態演算部820は、異常判定部810においてバッテリシステム状態検出異常と判定された場合において、セル570の開回路電圧(OCV)平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値を演算する。

【0050】

異常判定部810においてバッテリシステム状態検出異常と判定された場合には、バッテリシステム500における総電圧を検出する第一の電圧センサ540による検出信号が利用できない。そこで、平均セル状態演算部820は、インバータ200のパワーモジュール210とバッテリモジュール531, 532との間に設けられた第二の電圧センサ230により検出された電圧信号から、バッテリシステム500の総電圧の代替信号を演算する。また、バッテリ電流を検出する第一の電流センサ550による検出信号も利用できないので、その代わりとして、モータ300に設けられた第二の電流センサ240により検出された電流信号から、バッテリ電流の代替信号を演算する。平均セル状態演算部820は、バッテリ総電圧の代替信号とバッテリ電流の代替信号とに基づいて、バッテリシステム500を構成するセル570の開回路電圧(OCV)平均値の代替値、および内部抵抗平均値の代替値を演算する。

【0051】

なお、バッテリ電流の代替値を求める場合、第二の電流センサ240で検出されるモータ電流は三相交流であるため、三相交流電流からバッテリから供給される直流電流へ変

10

20

30

40

50

換する必要がある。この変換に関して、その一例について説明する。

【0052】

モータ制御装置100の指令部130からの駆動指令は、パルス幅変調信号(PWM)信号であり、このPWM信号によってインバータ200のパワーモジュール210のスイッチング素子(図示していない)をオン/オフ状態に切り換える。このとき、パワーモジュール210を構成するスイッチング素子のオン/オフ状態によって、バッテリシステム500から供給される直流電流がモータ300のいずれかの相電流になる。

【0053】

例えば、U相、V相、W相の三相モータである場合、6つのスイッチング状態((1)U相上アーム：オン、V相上アーム：オン、W相上アーム：オフ、(2)U相上アーム：オン、V相上アーム：オフ、W相上アーム：オン、(3)U相上アーム：オフ、V相上アーム：オン、W相上アーム：オン、(4)U相上アーム：オフ、V相上アーム：オフ、W相上アーム：オフ、(5)U相上アーム：オフ、V相上アーム：オン、W相上アーム：オフ、(6)U相上アーム：オン、V相上アーム：オフ、W相上アーム：オフ)によって、三相電流のいずれかの電流がバッテリ直流電流と概略等しくなる。よって、モータ制御装置100の指令部130のPWM信号によって決定するスイッチング状態に応じて、3つの相電流を検出する第二の電流センサ信号を切り換えることで、バッテリ電流の代替値を求めることが可能となる。

【0054】

(開回路電圧(OCV)平均値および内部抵抗平均値の演算方法の一例)

10

ここで、バッテリシステム状態検出異常の場合における、セル570の開回路電圧(OCV)平均値および内部抵抗平均値の演算方法の一例を説明する。まず、バッテリ特性として、充電率(SOC)と開回路電圧(OCV)の関係、充電率(SOC)と内部抵抗の関係等を、予め記憶部860に記憶しておく。

【0055】

バッテリシステム状態検出異常の場合には、バッテリ監視装置510から充電率(SOC)を受信することができない。しかし、上述したバッテリ電流の代替信号から充放電量を求めて充電率(SOC)変化量を演算することができる。そして、算出された充電率(SOC)変化量と、異常が発生する前にバッテリ監視装置510から受信した充電率(SOC)とに基づき、各時刻での充電率(SOC)代替値を演算する。この充電率(SOC)代替値を用いて、予め記憶している充電率(SOC)と開回路電圧(OCV)との関係、および充電率(SOC)と内部抵抗との関係から、開回路電圧(OCV)と内部抵抗を演算することができる。ここで、充電率(SOC)代替値は、全セルの平均的な充電率(SOC)として取り扱うことが望ましい。

30

【0056】

(開回路電圧(OCV)平均値および内部抵抗平均値の演算方法の他の例)

各セル570は、各セル570の閉回路電圧(CCV)、開回路電圧(OCV)、内部抵抗およびバッテリ電流から、前述の式(1)のような簡易モデルで記述される。このとき、全セル570が直列接続された場合、バッテリ全体は、次式(8)のような簡易モデルで記述される。なお、 V_{cb} はバッテリ全体の閉回路電圧(CCV: Closed Circuit Voltage)。すなわち総電圧である。また、 V_{oci} は、各セル570の開回路電圧(OCV)、 R_{ci} は各セル570の内部抵抗、 I_b はバッテリ電流、 t は時刻、 n は直列接続されたセル570の数を表す。なお、添字*i*は*i*番目のセル570を表す。

40

【数5】

【数5】

$$Vcb[t] = \sum_{i=1}^n Voci[t] - \sum_{i=1}^n Rci[t] \times Ib[t] \quad \cdots (8)$$

【0057】

10

式(8)からバッテリ電流とバッテリ総電圧は、線形モデルにて近似することができる
ので、バッテリ電流とバッテリ総電圧の値が分かれれば、全セル570の開回路電圧(OCV)
の総和と内部抵抗の総和とを求めることができる。具体的な手法としては、複数のバッテリ
総電圧の値とバッテリ電流の値の組合せを最小二乗近似することで、その傾きを内部
抵抗の総和、切片を開回路電圧(OCV)の総和として演算することができる。

【0058】

20

得られた内部抵抗の総和と開回路電圧(OCV)の総和とをセル数でそれぞれ除算することで、セル570の開回路電圧平均値と内部抵抗平均値とが算出される。また、最小二乗
近似を逐次計算する手法を用いることで、セル570の開回路電圧平均値や内部抵抗平均
値の変化に対応した演算が可能となる。

【0059】

20

図3は、セル570の開回路電圧平均値と内部抵抗平均値の算出方法を説明する図である。
ここでは、バッテリシステムの全体の閉回路電圧(CCV)とバッテリ電流を、入力とした場合の例を示す。

【0060】

30

バッテリ総電圧とバッテリ電流との組合せを入力とし、図3に示すように、総電圧とバッテリ電流を最小二乗法などで線形近似する。線形近似直線の切片はバッテリシステム全体の開回路電圧(OCV)を示し、その傾きは内部抵抗を示す。従って、現在の時点から所定時間過去のバッテリ総電圧とバッテリ電流との組合せを入力とすることで、バッテリシステム全体の開回路電圧(OCV)と内部抵抗とを演算することが可能となる。そして、バッテリ全体の開回路電圧(OCV)と内部抵抗とをそれぞれセル570の数で除算すると、バッテリシステム500を構成するセル570の開回路電圧平均値および内部抵抗平均値が得られる。

【0061】

ここで、異常判定部810にてバッテリシステム状態検出正常と判定された場合には、
上述したように、制御ネットワーク80を介して、バッテリシステム500からセル570の開回路電圧平均値とセル570の内部抵抗平均値を取得することができる。

【0062】

40

一方、バッテリシステム状態検出異常と判定された場合には、平均セル状態演算部820は、第二の電圧センサ230の検出値に基づいて演算された総電圧の代替信号と、第二の電流センサ240の検出値に基づいて演算されたバッテリ電流の代替信号とを用いて、
上述した図3に示す処理を行うことにより、セル570の開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値を演算する。

【0063】

(相関値演算部840)

相関値演算部840は、バッテリシステム状態検出正常時に取得されるデータに基づいて、充電率(SOC)と、最悪セルの開回路電圧(OCV)の電圧相関値(電圧偏差あるいは電圧相対比)との関係を構築する。

【0064】

異常判定部810によりバッテリシステム状態検出正常と判定された場合、相関値演算

50

部 840 は、バッテリ監視装置 510 から取得したセル 570 の開回路電圧相関値と、その時点の充電率との組合せデータを記憶部 860 に記憶し、充電率 (SOC) と開回路電圧相関値との関係を逐次更新する。上述したように、開回路電圧相関値とは、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値に対する各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の偏差 (以下では、開回路電圧偏差と呼ぶ) や、セル 570 の開回路電圧 (OCV) とセル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値との比 (以下では、開回路電圧相対比と呼ぶ) などである。

【 0065 】

なお、バッテリシステム状態検出異常と判定された場合には、バッテリシステム 500 から上述の情報を取得できないため、開回路電圧相関値と充電率 (SOC) との組合せデータの格納および、充電率 (SOC) と開回路電圧相関値の関係の更新は行われない。

10

【 0066 】

上述したように、バッテリシステム 500 の充放電の制約となるのは、電池容量が最も低下し、内部抵抗も最も大きくなっている最悪セルである。そのため、各セル 570 の開回路電圧相関値と充電率 (SOC) との組合せデータを記憶するようにしても良いが、セル 570 の中で最悪のセルを特定し、最悪セルの開回路電圧相関値と充電率 (SOC) との組合せデータのみを記憶部 860 に記憶するようにしても良い。この場合、記憶するデータを削減することができ、記憶部 860 の記憶容量を減らすことができるという効果がある。

【 0067 】

図 4 (A) は、最悪セルの開回路電圧偏差と充電率 (SOC) との関係を示す図である。この関係は、バッテリシステム状態検出正常時に相関値演算部 840 によって構築され、記憶部 860 に記憶される。バッテリシステム状態検出正常の場合には、バッテリ監視装置 510 から、充電率 (SOC) および最悪セルの開回路電圧偏差を取得することができる。相関値演算部 840 は、充電率 (SOC) と最悪セルの開回路電圧偏差との組合せデータを記憶し、それらに基づいて充電率 (SOC) から最悪セルの開回路電圧偏差を推定する関係式 (9)、あるいは関係テーブルを構築する。式 (9) において、VSOC は充電率 (SOC) 、VOCV は最悪セルの開回路電圧偏差である。

20

$$V_{OCV} = F(VSOC) \quad \dots \quad (9)$$

【 0068 】

ここで、セル 570 の開回路電圧平均値に対する最悪セルの開回路電圧偏差は、最悪セルの状態に応じて異なる。例えば、劣化によって開回路電圧偏差が生じる場合、劣化が変化するにつれて、充電率 (SOC) に対する開回路電圧偏差が変化する。従って、充電率 (SOC) と最悪セルの開回路電圧偏差との組合せは、なるべく直近に取得した最新のデータの組合せ群を用いるのが好ましい。

30

【 0069 】

図 4 (B) は、バッテリシステム状態検出異常の場合の、相関値演算部 840 の動作を説明する図である。この場合、バッテリ監視装置 510 から充電率および最悪セルの開回路電圧偏差を取得することができない。そこで、相関値演算部 840 は、以下のように充電率 (SOC) 代替値を演算し、バッテリシステム状態検出正常時に構築した充電率 (SOC) と開回路電圧偏差との関係式 (9) に充電率 (SOC) 代替値を入力して、最悪セルの開回路電圧偏差を算出する。

40

【 0070 】

充電率 (SOC) 代替値の求め方について説明する。ここでは、第二の電流センサ 240 によって検出された電流信号からバッテリ電流の代替信号を演算し、そのバッテリ電流の代替信号から充放電量を求めて充電率 (SOC) 变化量を演算する。そして、その充電率 (SOC) 变化量と、バッテリシステム状態検出異常が発生する前にバッテリ監視装置 510 から受信した充電率 (SOC) とに基づいて、各時刻での充電率 (SOC) 代替値を演算する。あるいは、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値から、バッテリシステム 500 全体の充電率を推定することも可能である。

【 0071 】

50

以上は、最悪セルの開回路電圧偏差を用いる場合であるが、開回路電圧相対比を用いる場合の一例を図5に示す。図5(A)は、バッテリシステム状態検出正常時に相関値演算部840によって構築される、充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧相対比との関係を示したものである。この場合、バッテリ監視装置510から取得される充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧相対比との組合せデータを記憶し、充電率(SOC)から最悪セルの開回路電圧相対比を推定する関係式、あるいは関係テーブルを構築する。

【0072】

ここで、充電率(SOC)をVSOCとし、最悪セルの開回路電圧相対比をRateVOCVとする。相関値演算部840は、バッテリ監視装置510から取得した充電率(SOC)のデータと最悪セルの開回路電圧(OCV)の電圧相対比とのデータの組合せから下記のような関係式(10)を構築する。

$$\text{RateVOCV} = F(\text{VSOC}) \quad \dots (10)$$

【0073】

なお、最悪セルの開回路電圧相対比は、最悪セルの状態に応じて異なる。例えば、劣化によって開回路電圧の電圧相対比が生じる場合、劣化が変化するにつれて、充電率(SOC)に対する開回路電圧の電圧相対比が変化する。従って、充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧相対比との組合せは、なるべく直近に取得した最新のデータの組合せ群を用いるのが好ましい。

【0074】

図5(B)は、バッテリシステム状態検出異常の場合の、相関値演算部840の動作を説明する図である。この場合には、図5(A)にて構築した充電率(SOC)から最悪セルの開回路電圧相対比を推定する関係式(10)に、上述の充電率(SOC)代替値を入力することにより、最悪セルの開回路電圧(OCV)の電圧相対比を演算する。

【0075】

(最悪セル状態演算部830)

最悪セル状態演算部830は、バッテリシステム状態検出異常の場合において、最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗とを演算する。

【0076】

バッテリシステム状態検出正常の場合には、バッテリ監視装置510にて演算された各セル570の開回路電圧(OCV)および内部抵抗を、制御ネットワーク80にて取得することができる。この場合、全セル570の開回路電圧(OCV)および内部抵抗を取得しても良いが、バッテリシステム500の充放電制約になるのは最悪セルであるため、最悪セルの開回路電圧(OCV)および内部抵抗のみを取得するようにしても良い。これによって、制御ネットワーク80の通信情報量を減らすことができるという効果がある。

【0077】

一方、バッテリシステム状態検出異常と判定されている場合には、制御ネットワーク80を介してセル570の開回路電圧(OCV)および内部抵抗を取得することができない。この場合には、既に述べたように、平均セル状態演算部820は、第二の電圧センサ230によって検出された電圧信号からバッテリシステム500の総電圧の代替信号を演算し、かつ、第二の電流センサ240によって検出された電流信号からバッテリ電流の代替信号を演算する。さらに、平均セル状態演算部820は、バッテリ総電圧の代替信号とバッテリ電流代替信号に基づいて、バッテリシステム500を構成するセル570の開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値を演算する。

【0078】

最悪セル状態演算部830は、前述した充電率(SOC)代替値(相関値演算部840の説明を参照)と、平均セル状態演算部820で算出した開回路電圧平均値の代替値と、相関値演算部840で構築した充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧相関値(開回路電圧偏差、開回路電圧相対比)との関係式から、最悪セルの開回路電圧(OCV)を推定する。

【0079】

まず、充電率(SOC)代替値と図4(A)に示す相関関係から、最悪セルの開回路電圧

10

20

30

40

50

偏差 (V_{OCV}) が得られる。そして、この開回路電圧偏差 (V_{OCV}) と上述の開回路電圧平均値の代替値 (V_{OCVave} とする) とから、式 (11) により最悪セルの開回路電圧推定値 V_{OCVw} が算出される。

$$V_{OCVw} = V_{OCVave} + V_{OCV} \quad \dots (11)$$

【 0 0 8 0 】

一方、図 5 (A) の相関関係を用いる場合には、充電率 (SOC) 代替値と相関関係とから最悪セルの開回路電圧相対比 (RateVOCV) が得られる。そして、この開回路電圧相対比 (RateVOCV) と上述の開回路電圧平均値の代替値 (V_{OCVave} とする) とから、式 (12) により最悪セルの開回路電圧 (OCV) 推定値 V_{OCVw} が算出される。

$$V_{OCVw} = V_{OCVave} \times RateVOCV \quad \dots (12)$$

10

【 0 0 8 1 】

以上のように、充電率 (SOC) と開回路電圧の電圧相関値 (電圧偏差あるいは電圧相対比) との関係を用いて、現在の充電率 (SOC) から、セル 570 の開回路電圧平均値に対する最悪セルの開回路電圧 (OCV) の電圧偏差あるいは電圧相対比を求めることが可能となる。その結果、セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値と、求めた開回路電圧の電圧偏差あるいは電圧相対比とから、最悪セルの開回路電圧 (OCV) を推定することができる。

【 0 0 8 2 】

そして、最悪セルの内部抵抗は、記憶部 860 に記憶されているセル 570 の開回路電圧 (OCV) と内部抵抗とのマップデータを用いて、最悪セルの開回路電圧 (OCV) の推定値から内部抵抗を演算する。図 6 は、内部抵抗演算の概要を示す図である。

20

【 0 0 8 3 】

図 6 (A) は、最悪セルの開回路電圧 (OCV) から最悪セルの内部抵抗を推定する関係式、あるいはテーブルの構築を説明する図である。最悪セルの開回路電圧 (OCV) と最悪セルの内部抵抗とが取得できる場合 (すなわち、正常時) に、取得した最悪セルの開回路電圧 (OCV) と最悪セルの内部抵抗の組合せを保存し、内部抵抗と開回路電圧の関係を記憶する。そして、記憶したデータに基づいて、最悪セルの開回路電圧 (OCV) から最悪セルの内部抵抗を推定する関係式、あるいはテーブルを構築する。

【 0 0 8 4 】

そして、最悪セルの内部抵抗が取得できない場合 (すなわち、異常時) には、図 6 (B) に示すように、最悪セルの開回路電圧 (OCV) の推定値と、図 6 (A) で構築した内部抵抗と開回路電圧 (OCV) の関係式 F 、あるいは関係テーブルとを用いて、最悪セルの内部抵抗を推定する。

30

【 0 0 8 5 】

図 7 は、モータ制御装置 100 に設けられたバッテリ状態推定部 800 の他の実施例を示したものである。図 2 に示した構成とは、電圧・電流補正部 850 を備える点が異なっており、その他の構成は同様である。以下では、電圧・電流補正部 850 について説明する。

【 0 0 8 6 】

電圧・電流補正部 850 は、バッテリシステム 500 に設けられた第一の電圧センサ 540 にて検出されるバッテリ総電圧に対する第二の電圧センサ 230 で検出した電圧から演算したバッテリ総電圧の代替値の誤差、および、バッテリシステム 500 に設けられた第一の電流センサ 550 にて検出されるバッテリ電流に対する第二の電流センサ 240 で検出した電流から演算したバッテリ電流の代替値の誤差を補正する。

40

【 0 0 8 7 】

具体的な処理は後述するが、バッテリシステム状態検出正常と判定された場合には、第一の電圧センサ 540 で検出されるバッテリ総電圧と第二の電圧センサ 230 の検出電圧から演算したバッテリ総電圧の代替値との間の誤差から、電圧補正係数を演算する。同様に、第一の電流センサ 550 にて検出されるバッテリ電流と第二の電流センサ 240 の検出電流から演算したバッテリ電流の代替値との間の誤差から、電流補正係数を演算する。

50

算出された電圧補正係数および電流補正係数は記憶部 860 に格納される。

【0088】

一方、バッテリシステム状態検出異常と判定された場合には、正常時に記憶部 860 に格納された電圧補正係数を用いて、第二の電圧センサ 230 の検出電圧から演算されたバッテリ総電圧の代替値を補正する。同様に、記憶部 860 に格納されている電流補正係数を用いて、第二の電流センサ 240 の検出電流から演算したバッテリ電流の代替値を補正する。これによって、バッテリ総電圧の代替値およびバッテリ電流の代替値の誤差を低減する効果がある。

【0089】

図 8 は、バッテリシステム状態検出異常あるいはバッテリシステム状態検出正常に対応して、モータ制御装置 100 にて行われるトルク指令演算に関する手順を示すフローチャートである。図 8 に示す一連の処理は繰り返し実行される。なお、図 8 に示すフローチャートは、図 7 に示す電圧・電流補正部 850 を備えるモータ制御装置 100 の場合の処理を示したものである。図 2 に示すモータ制御装置 100 の場合には、ステップ S5 の処理は省略される。また、ステップ S6 の処理は図 2 に示すモータ制御装置 100 の場合と図 7 に示すモータ制御装置 100 の場合とでは異なる。

10

【0090】

ステップ S1 では、モータ制御装置 100 は、バッテリ監視装置 510 にて演算されたバッテリシステム 500 内部の状態量に関するデータを、制御ネットワーク 80 を介してバッテリシステム 500 から取得する。さらに、モータ制御装置 100 は、検出部 120 により、インバータ 200 に設けられた第二の電圧センサ 230 からインバータ印加電圧のデータを取得するとともに、モータ 300 あるいはインバータ 200 に設けられた第二の電流センサ 240 からモータ電流のデータを取得する。

20

【0091】

バッテリシステム 500 から取得するデータとしては、(D1) バッテリ総電圧、(D2) 各セル 570 の閉回路電圧 (CCV)、(D3) 充電率 (SOC)、(D4) セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値、(D5) 各セル 570 の開回路電圧 (OCV)、(D6) セル 570 の内部抵抗の平均値、(D7) 各セル 570 の内部抵抗、(D8) バッテリ電流、(D9) セル 570 の開回路電圧 (OCV) の平均値に対する各セル 570 の開回路電圧 (OCV) の電圧相関値、がある。なお、開回路電圧相関値は、前述した開回路電圧偏差、あるいは開回路電圧相対比である。

30

【0092】

なお、バッテリシステム 500 内では各種診断を実施しており、これらの診断結果からバッテリシステム 500 が異常であるか正常であるかなどの診断結果を受信することもできる。

【0093】

ステップ S2 では、第二の電圧センサ 230 から取得したインバータ印加電圧をバッテリ総電圧の代替値とともに、第二の電流センサ 240 から取得したモータ電流からバッテリ電流の代替値を求める。そして、これらの代替値を用いて、セル 570 の開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値を推定する。この推定は、上述したように平均セル状態演算部 820 で行われる。

40

【0094】

ステップ S3 では、ステップ S1 で取得したデータおよびステップ S2 で求めたバッテリ総電圧の代替値、バッテリ電流の代替値などに基づいて、バッテリシステム 500 の内部の状態量が取得できないバッテリシステム状態検出異常であるか、前記状態量が取得できるバッテリシステム状態検出正常であるかを判定する。この判定は、上述した異常判定部 810 で行われる。ステップ 3 の詳細処理については後述する(図 9)。ステップ S3 においてバッテリシステム状態検出正常と判定されるとステップ S4 へ進み、バッテリシステム状態検出異常と判定されると、ステップ S6 へ進む。

【0095】

50

(バッテリシステム状態検出正常の場合)

まず、バッテリシステム状態検出正常と判定されてステップS4に進んだ場合について説明する。ステップS4では、バッテリ監視装置510から取得した開回路電圧平均値に対する最悪セルの開回路電圧(OCV)の開回路電圧相関値(開回路電圧偏差あるいは開回路電圧相対比)と充電率(SOC)との組合せデータを、記憶部860に記憶する。そして、記憶したデータに基づいて、上述した充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧(OCV)の開回路電圧相関値との関係式(演算モデル)を構築する。この関係式の構築は、相関値演算部840にて行われる。なお、ステップ4の詳細処理については後述する(図10)。

【0096】

ステップS5では、電圧・電流補正部850で用いられる補正係数を演算する。詳細処理は後述するが、バッテリシステム500に設けられた第一の電圧センサ540にて検出されるバッテリ総電圧と、第二の電圧センサ230の検出電圧から演算したバッテリ総電圧の代替値との誤差から、電圧補正係数を演算する。また、バッテリシステム500に設けられた第一の電流センサ550にて検出されるバッテリ電流と、第二の電流センサ240の検出電流から演算したバッテリ電流の代替値との誤差から、電流補正係数を演算する。

【0097】

(バッテリシステム状態検出異常の場合)

次に、ステップS3においてバッテリシステム状態検出異常と判定され、ステップS6に進んだ場合について説明する。前述したように、ステップS6の処理は、図2に示す構成と図7に示す構成とでは異なる。図7に示す構成の場合には、バッテリシステム状態検出正常時にステップS5で算出された電圧補正係数と電流補正係数を記憶部860から読み出す。そして、第二の電圧センサ230の検出値と読み出した電圧補正係数とからバッテリ総電圧推定値を演算する。また、第二の電流センサ240の検出値から推定したバッテリ電流の代替値と、読み出した電流補正係数とからバッテリ電流推定値を演算する。一方、図2に示す構成の場合には、第二の電圧センサ230の検出値をバッテリ総電圧推定値とし、第二の電流センサ240の検出値をバッテリ電流推定値とする。

【0098】

ステップS7では、ステップS6で得られたバッテリ総電圧推定値およびバッテリ電流推定値をそれぞれバッテリ総電圧およびバッテリ電流の代替値として用いる。そして、それぞれの代替値を用いて開回路電圧平均値の推定を行う。さらに、セル570の内部抵抗の平均値を求める。開回路電圧平均値および内部抵抗平均値の推定(代替値の演算)は、上述したように平均セル状態演算部820にて行われる。

【0099】

ステップS8では、ステップS7で推定したセル570の閉回路電圧平均値と、バッテリシステム状態検出正常時にステップS4で構築された充電率(SOC)と最悪セルの開回路電圧(OCV)の開回路電圧相関値との関係式(演算モデル)を用いて、最悪セルの開回路電圧(OCV)の推定値および内部抵抗の推定値を演算する。なお、これらの推定値の演算は上述した最悪セル状態演算部830にて行われる。その詳細な処理は後述する(図14)。

【0100】

ステップS8の処理が終了すると、ステップS9へ進む。上述のようにステップS3でバッテリシステム状態検出異常と判定され、ステップS6～ステップS8の処理を実行した後にステップS9に進んだ場合には、ステップS8で算出された最悪セルの開回路電圧(OCV)の推定値および内部抵抗の推定値を用いて、バッテリシステム500が許容可能な充放電許容電力を演算する。一方、ステップS3でバッテリシステム状態検出正常と判定され、ステップS4～ステップS5の処理を実行した後にステップS9に進んだ場合には、ステップS1で取得した最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗を用いて、充放電許容電力を演算する。充放電許容電力の演算は上述したトルク指令演算部110にて行われる。その詳細な処理は後述する(図15)。

10

20

30

40

50

【0101】

ステップS10では、トルク指令演算部110は、ステップS9で求めた許容可能な充放電許容電力、モータ・インバータの効率、モータ300の現在の回転数から、前述した式(6)、(7)のように許容可能なモータトルクの上下限(駆動上限トルクおよび回生上限トルク)を算出する。

【0102】

ステップS11では、トルク指令演算部110は、ステップS10で求めた許容可能なトルク上下限値と車両制御装置400から要求される要求駆動力とから、最終的なトルク指令を演算する。演算されたトルク指令はモータ制御装置100の指令部130へ出力され、指令部130は、検出部120から取得したモータ回転数、トルク、電流、電圧をトルク指令値に基づいて、インバータ200への駆動指令を演算し、駆動指令をインバータ200へ出力する。

10

【0103】

(ステップS3の詳細説明)

図9は、図8のステップS3の異常判定処理の詳細フローを示す図である。ステップS300では、ステップS2で推定したセル570の開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値が急変したか否かを判定する。

【0104】

なお、一回のサンプリングで取得した値のみでは、誤差やノイズが含まれている場合があるため、過去の複数回のサンプリングで取得した値の平均値を用いて急変を判定するのが好ましい。一般的には、セル570の開回路電圧平均値と内部抵抗平均値は時間とともに変化するが、急激に変化をすることはない。そのため、セル570の開回路電圧(OCV)の平均値と内部抵抗の平均値の推定結果が急変することは、第二の電圧センサ230と第二の電流センサ240が異常となっている可能性がある。なお、第二の電圧センサ230と第二の電流センサ240の異常判断は上記の手法に限らず、モータ制御装置100にて異なる手法にて判定することも可能である。開回路電圧平均値の代替値および内部抵抗平均値の代替値が急変か否かを判定する目安としては、例えば、変化量が20%程度を超えたら急変と判定する。

20

【0105】

ステップS300において急変があると判定されると、ステップS314へ進む。この場合、第二の電圧センサ230と第二の電流センサ240が異常である可能性があり、モータ制御を的確に行うことができないので、異常判定2のフラグを設定する。この場合にはモータ制御ができないので、モータ駆動不可の情報を上位の車両制御装置400へ送信して、モータ300の制御を禁止する等の処理が行われる。

30

【0106】

一方、ステップS300において急変していないと判定されると、第二の電圧センサ230および第二の電流センサ240は正常であると判断され、次のステップS302へ進む。

【0107】

ステップS302では、バッテリシステム500の異常判定、すなわち、上述したバッテリシステム状態検出異常(バッテリシステム500の内部の状態量が取得できない異常)か否かを行う。この異常判定は、バッテリシステム500のバッテリ監視装置510にて判定した異常判断信号を取得して、その異常判断信号により判定すると共にバッテリシステム500との通信異常により判定する。

40

【0108】

上述したように、バッテリ監視装置510では、第一の電圧センサ540で検出したバッテリシステム500の総電圧、第一の電流センサ550で検出したバッテリ電流、セル監視装置521、522で検出したセル570の閉回路電圧(CCV)、温度センサ560で検出したセル570やバッテリシステム500の温度等を用いて、バッテリシステム500の異常を診断している。モータ制御装置100は、その異常診断結果である異常判断

50

信号を、制御ネットワーク 80 を介して取得する。

【0109】

ステップ S302においてバッテリシステム状態検出異常と判定されると、ステップ S312へ進んで異常判定1のフラグを設定する。一方、ステップ S302において異常でない、すなわち上述したバッテリシステム状態検出正常と判定されると、ステップ S304へ進む。

【0110】

ステップ S304では、ステップ S1で取得した最悪セルの開回路電圧相関値（開回路電圧偏差あるいは開回路電圧相対比）の値が急変したか否かを判定する。但し、一回のサンプリングで取得した開回路電圧相関値のみでは、誤差やノイズが含まれている場合があるため、過去の複数回のサンプリングで取得した値の平均値を用いて急変を判定するのが好ましい。例えば、急変判定の目安としては、変化量が 20%程度を超えたら急変と判定する。

【0111】

一般的には、セル 570 の特性は急激に変化することはないので、最悪セルの開回路電圧相関値が急激に変化するということは、これらの演算に用いたセンサ検出値が異常であることになる。このように、開回路電圧相関値が急変した場合は、何らかのセンサ検出値が異常であると判定できる。

【0112】

ステップ S304においてバッテリシステム状態検出異常と判定されると、ステップ S312 へ進んで異常判定1のフラグを設定する。一方、バッテリシステム状態検出異常でないと判定すると、ステップ S306 に進む。

【0113】

ステップ S306では、バッテリシステム 500 の第一の電圧センサ 540 によって検出した総電圧信号に対する、インバータ 200 の第二の電圧センサ 230 で検出した総電圧の代替値の電圧偏差、あるいは、電圧相対比を求める。そして、電圧相関（前記電圧偏差あるいは電圧相対比）が急変したか否かを判定する。この場合も、誤差やノイズを考慮して、前回の演算サンプリング時に取得した値のみではなく、過去の複数回に取得した値の平均値を用いて判定するのが好ましい。

【0114】

ここで、第一の電圧センサ 540 と第二の電圧センサ 230 にて検出される電圧は、概ね同じ電圧を検出しているため、この電圧偏差あるいは電圧相対比が急激に変化するということは、いずれかのセンサに異常がある可能性を示している。ただし、ステップ S302において、既に第二の電圧センサ 230 は正常であると判定されているので、ここでは第一の電圧センサ 540 が異常であると判定される。

【0115】

ステップ S306で電圧相関が急変したと判定されると、ステップ S312 へ進んで異常判定1のフラグを設定する。一方、ステップ S306 で電圧相関が急変していないと判定されると、ステップ S308 に進む。

【0116】

ステップ S308では、バッテリシステム 500 の第一の電流センサ 550 で検出したバッテリ電流値に対する、第二の電流センサ 240 で検出した電流から推定したバッテリ電流の代替値の電流相関（電流偏差、あるいは、電流相対比）を求める。そして、電流相関が急変したか否かを判定する。この場合も、誤差やノイズを考慮して、前回の演算サンプリング時に取得した値のみではなく、過去の複数回に取得した値の平均値を用いて判定するのが好ましい。

【0117】

ここで、第一の電流センサ 550 で検出した電流値と第二の電流センサ 240 から推定したバッテリ電流代替値は、概ね同じ電流を検出しているため、上記電流相関値が急激に変化するということは、センサ 550, 240 に異常がある可能性を示している。ステッ

10

20

30

40

50

ステップ S 3 0 8 で電流相關値が急変したと判定されると、ステップ S 3 1 2 に進んで異常判定 1 のフラグを設定する。一方、ステップ S 3 0 8 で電流相關値が急変していないと判定されると、ステップ S 3 1 0 に進んで正常判定のフラグを設定する。

【 0 1 1 8 】

なお、異常判定部 8 1 0 は、バッテリ監視装置 5 1 0 からバッテリ状態判定部 8 0 0 へのデータ入力が途絶したときに、バッテリ監視装置 5 1 0 とバッテリ状態判定部 8 0 0 との間の通信異常をバッテリシステム状態検出異常として検出するようにしても良い。

【 0 1 1 9 】

(ステップ S 4 の詳細説明)

図 1 0 は、図 8 のステップ S 4 で行われる相關値演算モデル作成処理の詳細を示すフローチャートである。ステップ S 4 0 0 では、バッテリ監視装置 5 1 0 から取得した、セル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) 平均値に対する各セル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) の開回路電圧相關値と、その際の充電率 (SOC) との組合せデータを、記憶部 8 6 0 に格納する。

【 0 1 2 0 】

ステップ S 4 0 2 では、記憶部 8 6 0 に記憶された前記組合せデータの数が所定値以上得られたか否かを判定する。ステップ S 4 0 2 において組み合わせデータの数が所定値以上得られたと判定されると、ステップ S 4 0 4 へ進む。一方、ステップ S 4 0 2 において、組み合わせデータの数が所定値に満たないと判定されると、ステップ S 4 0 4 をスキップして図 8 に示すステップ S 4 の処理を終了する。

【 0 1 2 1 】

ステップ S 4 0 4 では、記憶部 8 6 0 に記憶したセル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) 平均値に対する最悪セルの開回路電圧 (OCV) の開回路電圧相關値と、充電率 (SOC) との組合せデータに基づいて、充電率 (SOC) からセル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) 平均値に対する最悪セルの開回路電圧 (OCV) の開回路電圧相關値を算出するための近似式 (演算モデル) を求める。

【 0 1 2 2 】

なお、ステップ S 4 0 4 における近似式 (演算モデル) を求める処理では、例えば、上述したような最小二乗法が用いられる。そのため、近似式が得られる程度にデータ数が必要であるため、ステップ S 4 0 2 の処理を設けて、データ数が所定値となった場合にステップ S 4 0 4 の処理が行われるようにした。データ数は、図 8 に示す処理が繰り返されるたびに増加する。ステップ S 4 0 4 の処理が終了すると、ステップ S 4 に関する一連の処理は終了し、次のステップ S 5 に進む。

【 0 1 2 3 】

図 1 1 は、セル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) の平均値と最悪セルの開回路電圧 (OCV) の時間変化を示す図である。図 1 1 (A) は、セル 5 7 0 の温度が 2 5 であって、初期の充電率 (SOC) の平均値が 8 0 % の状態から充放電を行った場合の、セル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) の平均値と最悪セルの開回路電圧 (OCV) の時間変化を示している。なお、初期状態では、全てのセル 5 7 0 の充電率は同じとしている。

【 0 1 2 4 】

図 1 1 (B) は、セル 5 7 0 の温度が 0 であって、初期の充電率 (SOC) の平均値が 8 0 % の状態から充放電を行った場合の、セル 5 7 0 の開回路電圧 (OCV) の平均値と最悪セルの開回路電圧 (OCV) の時間変化を示している。この場合も、初期状態では、全てのセル 5 7 0 の充電率は同じとしている。

【 0 1 2 5 】

図 1 2 は、最悪セルの開回路電圧相対比と充電率 (SOC) との関係を示したものであり、セル温度が 2 5 の場合 (L 1) とセル温度が 0 (L 2) の場合とを示す。図 1 2 から分かるように、最悪セルの開回路電圧相対比と充電率 (SOC) との関係は、異なる温度条件において取得したものであってもほぼ同じような関係を示しており、温度依存がほとんど無いことが分かる。このことから、最悪セルの開回路電圧相対比と充電率 (SOC) との関係を最小二乗近似方法にて折れ線近似、線形近似することが可能であることが分かる

10

20

30

40

50

。

【0126】

なお、セル570の特性は、長時間使用すると劣化によって変化する。そこで、充電率(SOC)から最悪セルの開回路電圧相対比を求める関係式(演算モデル)の構築に用いる最悪セルの開回路電圧相対比と充電率(SOC)とのデータ組合せは、可能な限り直近のデータを用いるのが好ましい。そこで、時間経過とともに過去のデータを削除し、最新の取得データを追加することで、最悪セルの開回路電圧相対比と充電率(SOC)との組合せデータを更新する。このように組合せデータを更新することで、現在のバッテリシステムの状態に対応した近似式(演算モデル)に更新することが可能となる。

【0127】

10

(ステップS5の詳細説明)

図13は、図8のステップS5で行われる補正係数演算処理の詳細を示すフローチャートである。ステップS500では、バッテリシステム500から取得したバッテリ総電圧(第一の電圧センサ540で検出した電圧値)を用いて、ノイズの影響などを除去するための処理を施し、時間平均総電圧値を演算する。ステップS502では、第二の電圧センサ230で検出した電圧値を用いてノイズの影響などを除去するためにフィルタ処理し、時間平均バッテリ総電圧の代替値を演算する。ステップS504では、ステップS500で演算した時間平均バッテリ総電圧値に対する、ステップS502で演算した代替値の電圧偏差あるいは電圧相対比を演算する。ステップS506では、ステップS504で演算した電圧偏差あるいは電圧相対比を、電圧補正係数として記憶部860に格納する。

20

【0128】

ステップS508では、バッテリシステム500から取得したバッテリ電流値(第一の電流センサ550で検出した電流値)を用いて、ノイズの影響などを除去するためにフィルタ処理し、時間平均バッテリ電流値を演算する。ステップS510では、第二の電流センサ240で検出した電流値とPWM信号に基づいたインバータのスイッチング状態とを用いて推定したバッテリ電流代替値を用いて、ノイズの影響などを除去するためにフィルタ処理し、時間平均バッテリ電流の代替値を演算する。ステップS512では、ステップS508で演算した時間平均バッテリ電流値に対する、ステップS510で演算した時間平均バッテリ電流の代替値の電流偏差あるいは電流相対比を演算する。ステップS514では、ステップS512で演算した電流偏差あるいは電圧相対比を、電流補正係数として記憶部860に格納する。

30

【0129】

(ステップS8の詳細説明)

図14は、図8のステップS8で行われる最悪セル状態推定処理の詳細を示すフローチャートである。ステップS800では、最悪セルの開回路電圧相関値と充電率(SOC)との関係式(演算モデル)を記憶部860から読み出す。この関係式は、正常時にステップS4にて算出され、記憶部860に記憶される。

【0130】

ステップS802では、セル570の充電率(SOC)を推定する。充電率(SOC)の推定方法としては、既に述べたように、予め記憶してあるセル570の特性を示した充電率(SOC)と開回路電圧(OCV)マップを用いて、セル570の開回路電圧(OCV)の平均値の推定値に対応するセル570の充電率(SOC)を求める方法や、異常発生の直前のセル570の充電率(SOC)をもとに、バッテリ電流推定値を積算した結果から充電率(SOC)を推定する方法などがある。

40

【0131】

ステップS804では、ステップS802にて推定したセル570の充電率(SOC)と、最悪セルの開回路電圧相関値を求める関係式(演算モデル)とを用いて、最悪セルの開回路電圧(OCV)を推定する。

【0132】

ステップS806では、最悪セルの内部抵抗を求める。内部抵抗を求める方法としては

50

、前述したように、予め記憶してあるセル 570 の特性を示すセル 570 の開回路電圧 (OCV) と充電率 (SOC) との特性マップを用いて、最悪セルの開回路電圧 (OCV) から充電率 (SOC) を求め、セル 570 の特性を示すセル 570 の内部抵抗とセル 570 の充電率 (SOC) との特性マップを用いて、求めた充電率 (SOC) から最悪セルの内部抵抗を求める。

【 0133 】

ここでは、2段階で最悪セルの内部抵抗を求める方法を記載したが、セル 570 の内部抵抗と開回路電圧 (OCV) との特性マップを設定し、その特性マップと最悪セルの開回路電圧 (OCV) とから最悪セルの内部抵抗を求めても良い。

【 0134 】

また、最悪セルの内部抵抗は、図 6 に概要を示したように、最悪セルの開回路電圧 (OCV) と最悪セルの内部抵抗とが取得可能な時に、最悪セルの開回路電圧 (OCV) と最悪セルの内部抵抗を取得して、それらのデータの組み合わせを保存し、内部抵抗と開回路電圧の関係を記憶しておく。そして、最悪セルの内部抵抗をバッテリ監視装置 510 から取得できない場合には、最悪セルの開回路電圧 (OCV) の推定値と、記憶した内部抵抗と開回路電圧 (OCV) との関係から、最悪セルの内部抵抗を推定することが可能となる。つまり、正常時に、バッテリシステム 500 から取得した最悪セルの開回路電圧 (OCV) と最悪セルの内部抵抗との組合せデータを用いて、開回路電圧から内部抵抗を求める関係式を逐次作成・記憶しておき、その関係式と最悪セルの開回路電圧 (OCV) とを用いて最悪セルの内部抵抗を推定する。

【 0135 】

図 15 は、図 8 のステップ S9 の充放電許容電力演算処理の詳細を示すフローチャートである。充放電許容電力演算については、上述した式 (4) および (5) により説明したように、バッテリシステム 500 を構成するセル 570 の閉回路電圧 (CCV) の上下限許容値を予め設定し、セル 570 の内部抵抗と開回路電圧 (OCV) とが分かれれば、許容可能な放電電力及び充電電力を演算することができる。

【 0136 】

ステップ S900 では、セル 570 の許容可能な上下限電圧を設定する。次に、ステップ S902 では、バッテリシステム 500 のセル 570 の中で最悪のセルの開回路電圧 (OCV) と内部抵抗とを取得する。なお、バッテリシステム 500 のセル 570 の中で最悪セルの開回路電圧 (OCV) および内部抵抗は、正常時の場合は、ステップ S1 で取得した各セル 570 の開回路電圧 (OCV) および内部抵抗から最悪セルの開回路電圧 (OCV) および内部抵抗を選んで、その値を用いる。一方、異常時の場合には、ステップ S8 で算出した最悪セルの開回路電圧 (OCV) 推定値と内部抵抗の推定値とを用いる。

【 0137 】

ステップ S904 では、ステップ S900 で設定したセル 570 の許容可能な上下限電圧値と、ステップ S902 で取得した最悪セルの開回路電圧 (OCV) 推定値および内部抵抗推定値から、許容可能な充放電電力を演算する。許容可能な充放電電力量は、上述した式 (4) および (5) により表される。

【 0138 】

図 16 は、充放電許容電力量による電力制限を行った場合における充放電電力値のタイムチャートである。図 16 (A) は、バッテリシステム状態検出正常時における、すなわち、バッテリシステム 500 におけるセンサが正常であって、制御ネットワーク 80 を介したバッテリシステム 500 から各種制御装置への通信処理が正常である場合の、バッテリシステム 500 の充放電許容電力の時間変化を示した図である。図 16 (B) および図 16 (C) は、バッテリシステム状態検出異常時におけるバッテリシステム 500 の充放電許容電力の時間変化を示す図であり、図 16 (B) は従来の場合、図 16 (C) は、本発明の場合を示す。いずれの図においても、縦軸は充放電電力、横軸は時間を表しており、一点鎖線 L11 バッテリ放電時の許容電力を示し、破線 L12 はバッテリ放電時の許容電力を示し、実線 L10 は実際のバッテリ充放電電力を示している。

10

20

30

40

50

【0139】

バッテリシステム状態検出正常な場合(図16(A))、バッテリシステム500のセル570の状態量である開回路電圧(OCV)、内部抵抗および充電率(SOC)などは検出・演算可能である。そのため、セル570の中で充放電電力制限の制約となるセル570の開回路電圧(OCV)や内部抵抗に基づき、充放電可能な電力を演算することができる。その結果、図16(A)に示すよう、一点鎖線L11で示したバッテリ放電時許容電力よりも小さくなるように放電電力の制限が行われると共に、破線L12で示したバッテリ充電時許容電力を下回らないように充電電力の制限が行われ、実線L10で示す実際のバッテリ充放電電力は、充放電許容電力内で推移している。

【0140】

10

ここで、時間経過とともに充放電許容電力が変化するのは、時間経過とともにバッテリシステム500の電力が使われてセル570の充電率(SOC)が低下し、充電率(SOC)の低下とともに充放電可能な電力が変化するからである。

【0141】

図16(B)は、セル570の閉回路電圧(CCV)を検出する電圧センサに異常が発生した場合を示しており、時刻t0において異常が発生している。異常発生時には、セル570の開回路電圧(OCV)、内部抵抗および充電率(SOC)などの平均値は演算することは可能であるが、バッテリシステム500の充放電の制約となる最悪セルの開回路電圧(OCV)、内部抵抗および充電率(SOC)を演算することはできない。

【0142】

20

図16(B)では、時刻t0以前の正常時においては充放電許容電力が演算可能であるため、バッテリ充放電電力は、充放電許容電力量内で推移している。しかし、時刻t0にバッテリシステム状態検出異常が発生すると、すなわち時刻t0以降は、最悪セルの状態量(開回路電圧、内部抵抗および充電率)が検出できないため、最悪セルに応じた充放電許容電力を求めることができない。その結果、充放電制限の制御を的確に行うことができない。図16(B)に示す例では、バッテリシステム500の保護を最優先とし、充放電を停止するようにしている。そのため、時刻t0以降は、充放電電力が零になっている。

【0143】

一方、図16(C)に示す本発明の場合には、セル570の閉回路電圧(CCV)が検出できない状態であっても、上述したように、最悪セルの開回路電圧(OCV)の開回路電圧相関値とセル570の開回路電圧(OCV)平均値とから、最悪セルの開回路電圧(OCV)を演算することができる。そのため、異常発生後(時刻t0以後)も充放電許容電力の制限を継続することができる。

30

【0144】

図16(C)は、セル570の閉回路電圧(CCV)を検出する電圧センサが異常の場合であるが、セル570の状態量である開回路電圧(OCV)、内部抵抗および充電率(SOC)などの平均値を演算することは可能である。更に、正常時に、最悪セルの状態量である開回路電圧(OCV)に関する電圧相関値を計算し、その結果は記憶部860に格納される。そして、この開回路電圧の電圧相関値を取り出し、セル570の開回路電圧(OCV)の平均値から最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗を推定することができる。

40

【0145】

その結果、時刻t0以降も、最悪セルの開回路電圧(OCV)と内部抵抗の推定値とから最悪セルの状態に応じた充放電許容電力を継続して演算することができ、図16(C)に示すようにバッテリ放電時許容電力とバッテリ充電時許容電力を設定し、その許容範囲内で充放電電力を制御することが可能となる。すなわち、時刻t0以降においても、バッテリシステム500の保護と、走行維持の両立を図ることが可能となる。

【0146】

なお、図16(C)に示した異常発生時刻の時刻t0前後では、バッテリの充電許容電力および放電許容電力をそれぞれほぼ同じとすることが可能ましいが、代替センサの誤差や推定誤差を考慮して、充放電許容電力を時刻t0前後にて変化させてもかまわない。

50

【0147】

なお、図2に示す例では、バッテリ状態推定部800をモータ制御装置100に設けたが、図18に示すように、車両制御装置400にバッテリ状態推定部800を搭載するようにも良い。ただし、図18のバッテリ状態推定部800は、車両制御装置400に搭載されているため、代替センサである第二の電圧センサ230と第二の電流センサ240の検出信号を直接取得するのではなく、モータ制御装置100にて取得した信号を制御ネットワーク80を介して取得することになる。バッテリ状態推定部800に設けられた各部の機能は、図2におけるバッテリ状態推定部800と同様であり、説明は省略する。

【0148】

以上説明したように、本実施の形態の回転電機駆動システムでは、バッテリ監視装置510は、複数のセル570の開回路電圧の平均値に対する複数の各セルの開回路電圧の相関値を出力する。バッテリ状態推定部800は、異常判定部810により異常が検出された場合には、異常状態の検出以前にバッテリ監視装置510から入力された前記相関値と、電流センサ240および電圧センサ230の出力とに基づいて、各セル570の開回路電圧および内部抵抗を推定する。そして、回転電機制御部であるモータ制御装置100は、異常判定部810により異常が検出された場合には、バッテリ状態推定部800で推定された各セル570の開回路電圧および内部抵抗に基づいてモータ300のトルクを制御する。

【0149】

このように、各セル570の開回路電圧および内部抵抗の推定値に基づいてモータ300のトルクを制御しているので、電圧センサ230および電流センサ240に基づく平均的な開回路電圧および内部抵抗を用いた場合に比べて、各セル570の状況に応じたより適切な許容充放電電力が算出される。その結果、充放電によって各セル570の閉回路電圧(CCV)が上下限電圧を超えてしまうのを防止しつつ、図16(C)に示すように異常発生後もモータ運転を継続することが可能となる。

【0150】

さらに、複数のセル570の内で、内部抵抗が最も大きい、または、開回路電圧が最も小さい劣化セルに関する前記相関値をバッテリ監視装置510から取得し、劣化セルの開回路電圧および内部抵抗を推定して、それらと電流センサ240の出力とに基づいてモータ300のトルクを制御することにより、推定演算時の処理量を低減することができる。劣化セルとしては、充放電時における閉回路電圧の変動が最も大きいセルや、充電容量が最も小さくなっているセルなどが選択される。

【0151】

また、モータ制御装置100は、バッテリ状態推定部800で推定された前記開回路電圧および内部抵抗に基づいてバッテリが許容できる許容充放電電力範囲を算出し、バッテリの充放電電力が許容充放電電力範囲に収まるようにモータ300のトルクを制御する。その結果、異常発生後もモータ300の運転継続が可能となる。さらに、バッテリ状態推定部800で推定された前記開回路電圧および内部抵抗に基づいてバッテリが許容できる許容充放電電力範囲を算出しているので、図16(C)に示すように、異常発生の前後で許容充放電電力を概略同じとなるようにすることができる。その結果、異常発生前後でモータ300の駆動状態が急変するのを防止できる。

【0152】

また、異常判定部810は、バッテリ監視装置510からバッテリ状態判定部800へのデータ入力が途絶したときに、バッテリ監視装置510とバッテリ状態判定部800との間の通信異常をバッテリシステム状態検出異常として検出するようにも良い。そのため、バッテリ監視装置510とバッテリ状態判定部800との間のネットワークに異常が発生した場合にも、対処することができる。

【0153】

また、図2に示すように、モータ制御装置100に前記バッテリ状態推定部800を備えることにより、制御ネットワーク80に通信異常が生じても、モータ制御装置100と

10

20

30

40

50

バッテリ状態推定部 800 との間のデータ授受を行うことができるので、バッテリ状態推定部 800 で推定された劣化セルの開回路電圧および内部抵抗に基づくモータ 300 のトルク制御に影響を及ぼさない。

【0154】

バッテリ状態推定部 800 における開回路電圧および内部抵抗の推定の周期は、バッテリ監視装置 510 からセル状態情報が出力される送信周期よりも短く設定するのが好ましい。電圧センサ 230 および電流センサ 240 の検出は前記送信周期に關係なく行えるので、推定の周期を短くすることで許容充放電電力範囲をより正確に算出することが可能となる。

【0155】

このように、本実施の形態では、バッテリシステム 500 の総電圧、セル 570 の開回路電圧 (CCV) を検出する電圧センサが異常である場合、バッテリシステムの電流を検出する電流センサが異常である場合、更に、バッテリ監視装置 510 の通信に異常がある場合でも、バッテリシステム 500 の充放電電力の大幅な制限や、電力供給の停止などをせずに、車両の走行を維持させ、バッテリを構成するセル 570 の劣化を抑制するために、充放電時において全てのセル 570 の開回路電圧 (CCV) を所定の上下限電圧以内にするように充放電制御を行うことができる。

【0156】

なお、以上の説明はあくまでも一例であり、本発明の特徴を損なわない限り、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではない。

【符号の説明】

【0157】

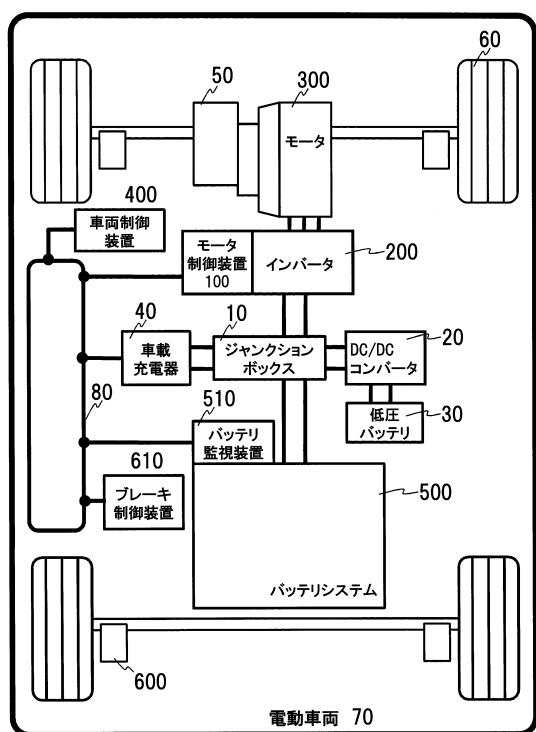
70：電動車両、80：制御ネットワーク、100：モータ制御装置、110：トルク指令演算部、120：検出部、130：指令部、200：インバータ、230：第二の電圧センサ、240：第二の電流センサ、300：モータ、400：車両制御装置、500：バッテリシステム、510：バッテリ監視装置、540：第一の電圧センサ、550：第一の電流センサ、570：セル、800：バッテリ状態推定部

10

20

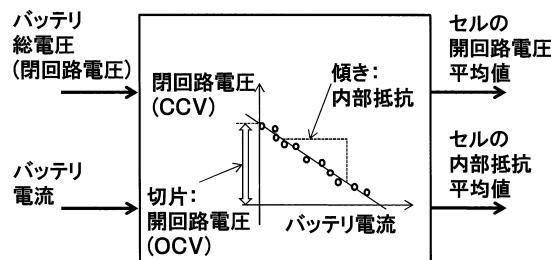
【図1】

【図1】



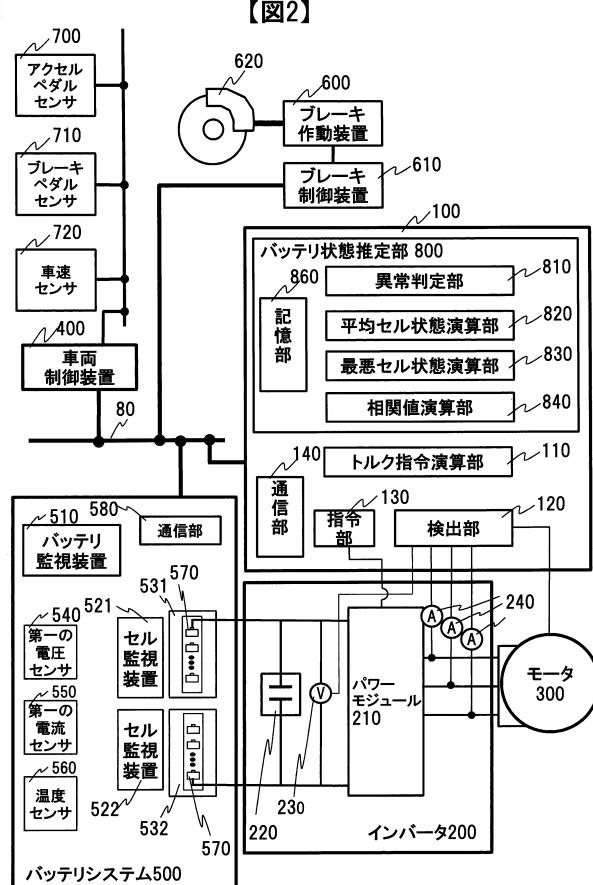
【図3】

【図3】



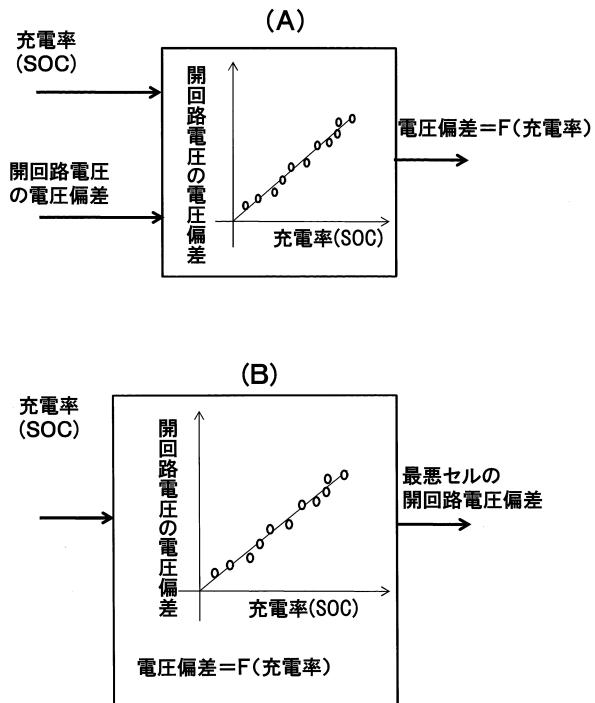
【図2】

【図2】



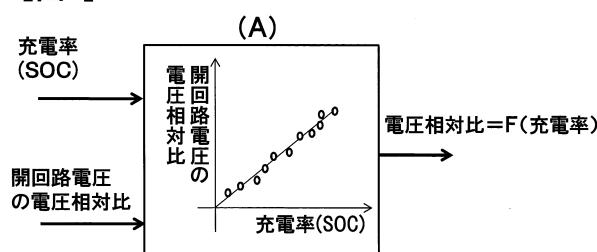
【図4】

【図4】



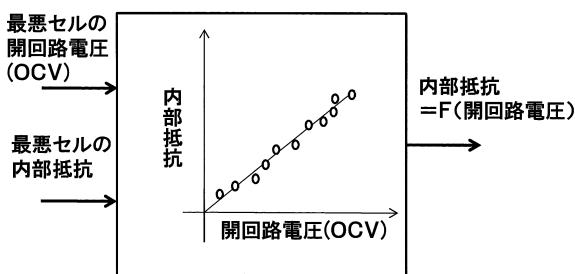
【図5】

【図5】

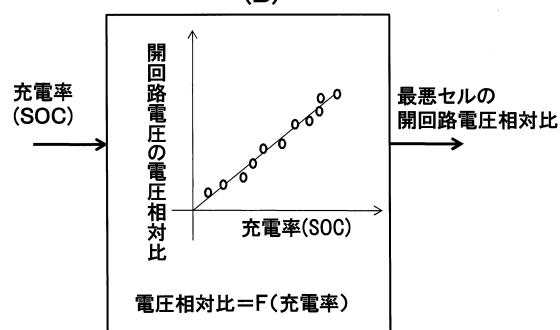


【図6】

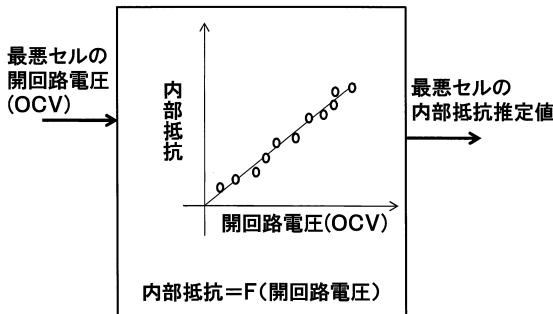
【図6】



(B)

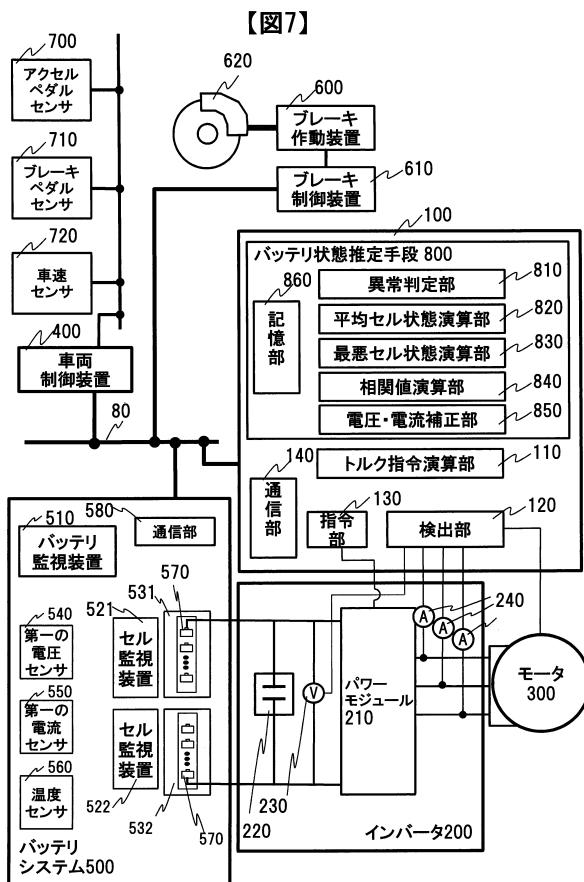


(A)

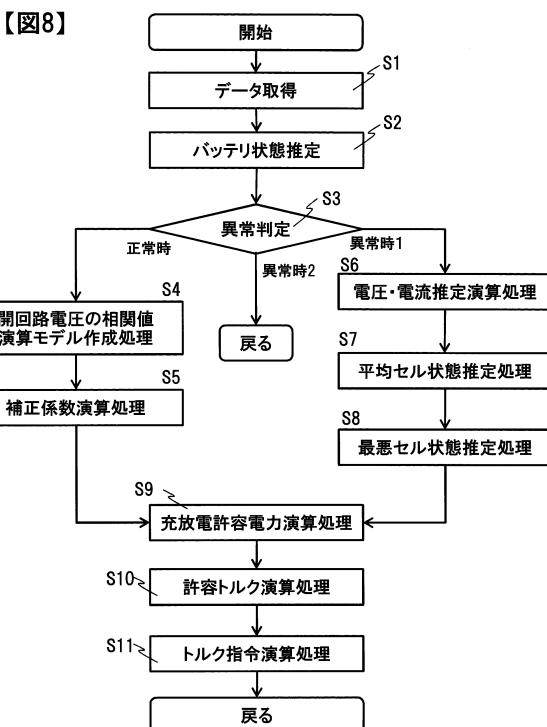


(B)

【図7】

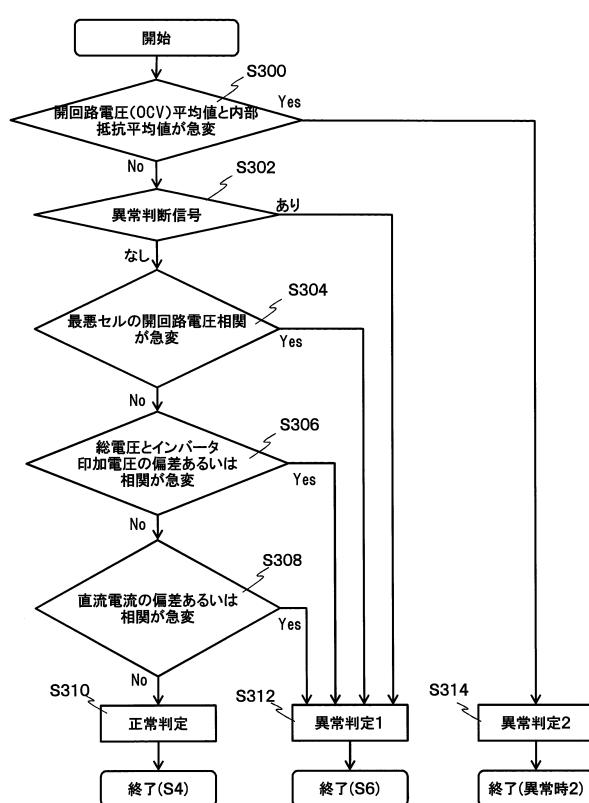


【図8】



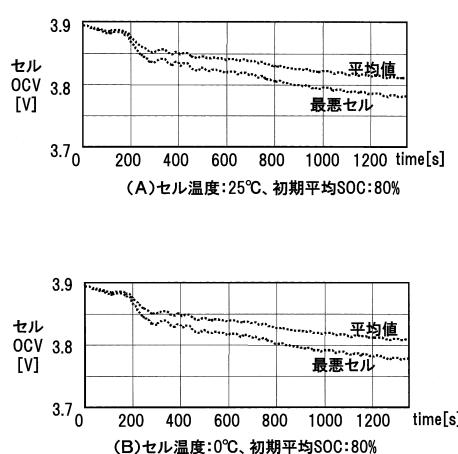
【図9】

【図9】



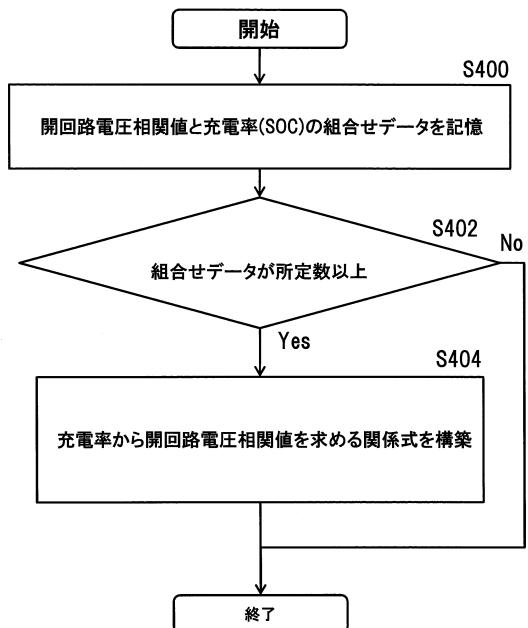
【図11】

【図11】



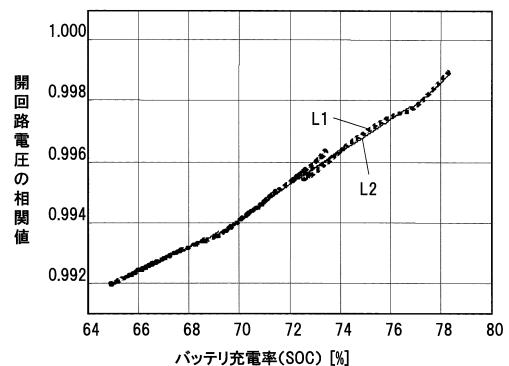
【図10】

【図10】



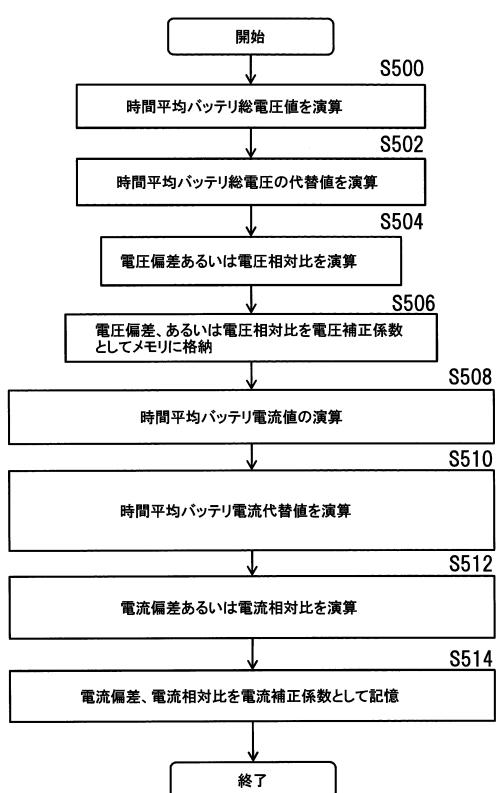
【図12】

図12



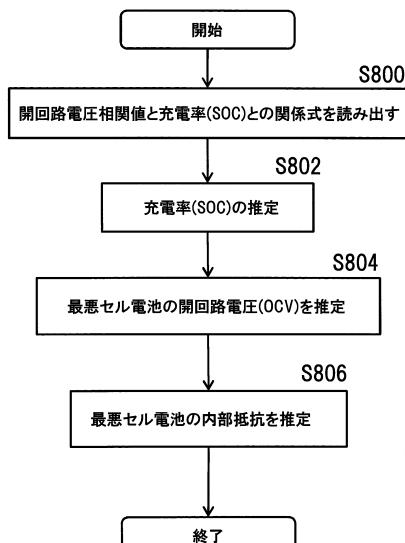
【図13】

図13



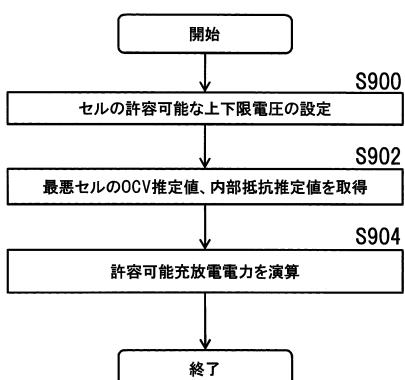
【図14】

図14



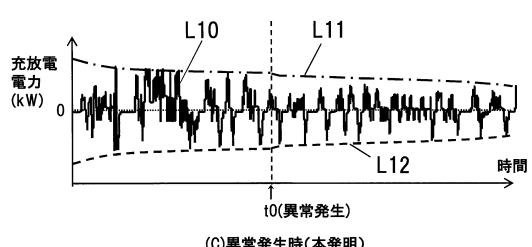
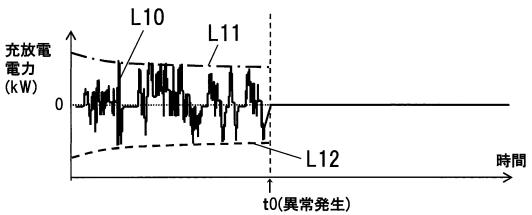
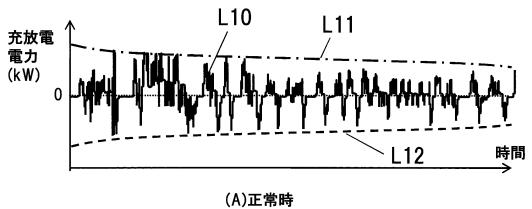
【図15】

図15

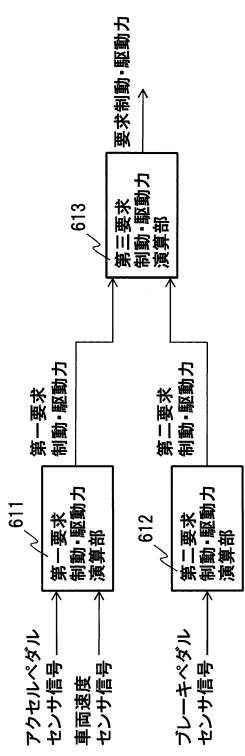


【図16】

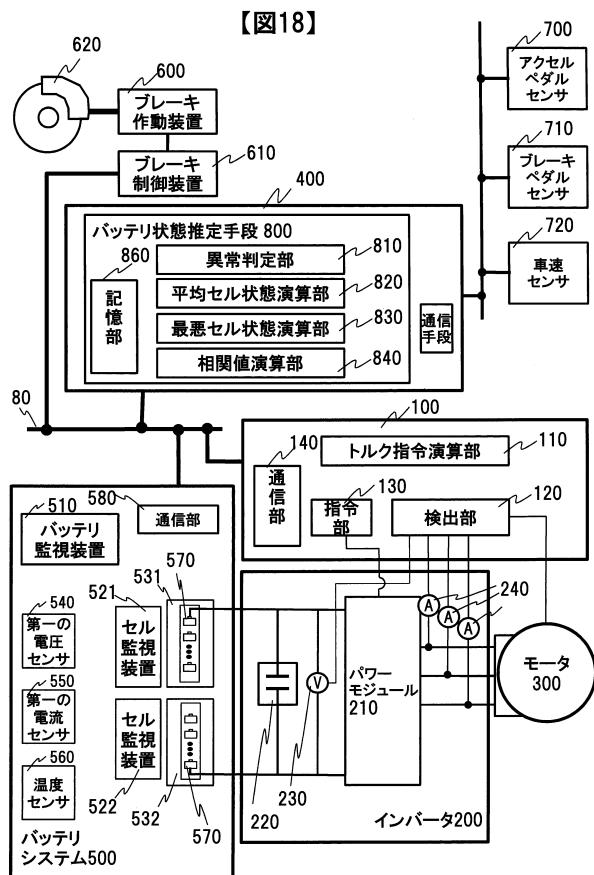
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.CI.		F I		
H 0 2 J	7/14	(2006.01)	H 0 2 J	7/14
B 6 0 W	10/08	(2006.01)	B 6 0 K	6/20
B 6 0 W	20/00	(2016.01)	B 6 0 K	6/20
B 6 0 W	10/26	(2006.01)		3 3 0

審査官 久保田 創

(56)参考文献 特開2012-237665 (JP, A)
特開2012-109069 (JP, A)
特開2009-37962 (JP, A)
特開2004-93551 (JP, A)
特開2003-134683 (JP, A)
国際公開第2011/111350 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

B 6 0 L	1 / 0 0 - 3 / 1 2
	7 / 0 0 - 1 3 / 0 0
	1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2
H 0 1 M	1 0 / 4 8
H 0 2 J	7 / 0 0
H 0 2 J	7 / 1 4
B 6 0 W	1 0 / 0 8
B 6 0 W	1 0 / 2 6
B 6 0 W	2 0 / 0 0