

(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2017-191676

(P2017-191676A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/42 (2006.01)	HO 1 M 10/42 P	2G216
HO 1 M 10/44 (2006.01)	HO 1 M 10/44 P	5G503
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48 P	5H030
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 1 M 10/48 301	5H125
GO 1 R 31/36 (2006.01)	HO 2 J 7/00 P	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-79573 (P2016-79573)
 (22) 出願日 平成28年4月12日 (2016.4.12)

(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 110001210
 特許業務法人YKI国際特許事務所
 (72) 発明者 小幡 裕之
 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 真野 亮
 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 加藤 春哉
 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

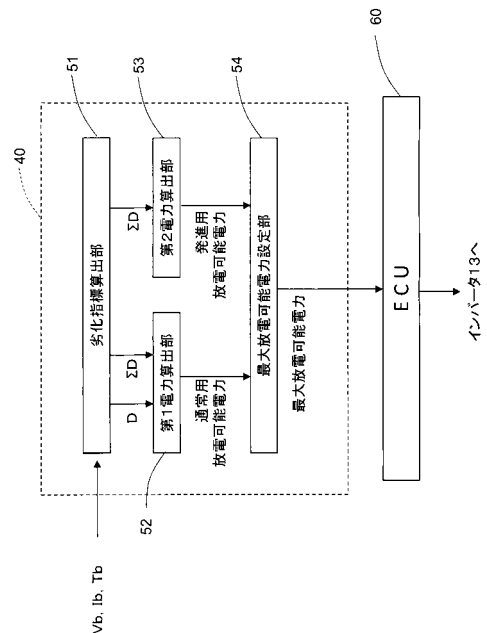
(54) 【発明の名称】 バッテリー放電制御装置

(57) 【要約】

【課題】 バッテリー温度が低い場合の車両発進時の加速性能を向上させる

【解決手段】 バッテリー放電制御装置 40 において、バッテリーの電流値 I_b に基づいてダメージ量 D を算出し、算出したダメージ量 D を積算して劣化進行指標値 ΣD を算出する劣化指標算出部 51 と、ダメージ量 D に基づいてバッテリーの第 1 放電可能電力を算出し、劣化進行指標値 ΣD に基づいてバッテリーの第 2 放電可能電力を算出し、第 1 放電可能電力と第 2 放電可能電力の小さい方を通常用放電可能電力とする第 1 電力算出部 52 と、バッテリーの温度が所定温度以下の場合に、劣化進行指標値 ΣD に基づいて第 2 放電可能電力よりも小さい発進用放電可能電力を算出する第 2 電力算出部 53 と、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合に発進用放電可能電力をバッテリーの最大放電可能電力に設定する最大放電可能電力設定部 54 と、を備える。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

車両駆動用モータに電力を供給するバッテリーの放電を制御するバッテリー放電制御装置であって、

前記バッテリーの電流値に基づいて前記バッテリーの充放電による劣化を推定するダメージ量を算出し、算出した前記ダメージ量を積算して前記バッテリーの劣化の進行を推定する劣化進行指標値を算出する劣化指標算出部と、

前記ダメージ量に基づいて前記バッテリーの第 1 放電可能電力を算出し、前記劣化進行指標値に基づいて前記バッテリーの第 2 放電可能電力を算出し、前記第 1 放電可能電力と前記第 2 放電可能電力の小さい方を通常用放電可能電力とする第 1 電力算出部と、

前記バッテリーの温度が所定温度以下の場合に、前記劣化進行指標値に基づいて前記第 2 放電可能電力よりも小さい発進用放電可能電力を算出する第 2 電力算出部と、

前記発進用放電可能電力が前記通常用放電可能電力を超える場合に前記発進用放電可能電力を前記バッテリーの最大放電可能電力に設定する最大放電可能電力設定部と、を備えること、

を特徴とするバッテリー放電制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のバッテリー放電制御装置であって、

前記最大放電可能電力設定部は、前記発進用放電可能電力を前記バッテリーの前記最大放電可能電力に設定した場合に、該設定から第 1 所定期間が経過した場合または電動車両が発進してから第 2 所定期間が経過した場合には、前記最大放電可能電力への前記設定を解除すること、

を特徴とするバッテリー放電制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、電動車両に搭載されるバッテリー放電制御装置の構造に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、モータを駆動源とする電気自動車やエンジンとモータとを駆動源とするハイブリッド車両等の電動車両が多く用いられている。このような電動車両には、放電によりモータに電力を供給すると共にモータで発生した回生電力を充電する充放電可能なりチウムイオン電池等の二次電池がバッテリーとして搭載されている。

【0003】

このようなバッテリーは、繰り返し充放電を行うことにより劣化し、次第に電池容量が低下したり、内部抵抗が上昇して来たりすることが知られている。特に、大きな充放電電流（ハイレート）での使用が繰り返し行われることにより劣化が進むことが知られており、「ハイレート劣化」と呼ばれることがある。ハイレート劣化は、大きな放電電流或いは大きな充電電流が流れる際に、バッテリー内の電解液中の塩濃度に偏りが発生し、これによって内部抵抗が上昇してくる現象である。

【0004】

そこで、バッテリーに流れる電流等に基づいて、ある時点でのバッテリーの劣化を推定する評価値（ダメージ量 D）を計算し、この評価値（ダメージ量 D）を積算して劣化の進行度合いを推定する積算値（劣化進行指標値 D）を算出し、積算値（劣化進行指標値 D）が閾値を超えた場合にバッテリーの充放電電流を制限する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0005】

また、特許文献 2 には、特許文献 1 と同様の方法で、ある時点でのバッテリーの劣化を推定する評価値（ダメージ量 D）を算出し、算出した評価値（ダメージ量 D）と所定の目標値 E との差に応じてバッテリーからの放電可能電力を制限する方法が提案されている。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第2013/046263号パンフレット

【特許文献2】特開2009-123435号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献1, 2に記載された評価値(ダメージ量 D)は、所定の周期 t 毎に、前回計算した評価値(ダメージ量 D)に、忘却係数に比例する減少項と、限界閾値に反比例する増加項と、を加えたものである(特許文献1の式2~4参照)。なお、特許文献1, 2中で、増加項は電流値に比例し、放電の際の電流値はプラス、充電の際の電流値はマイナスとなるから、バッテリーが放電する場合には増加項はプラス、充電の場合には増加項はマイナスとなる。

10

【0008】

ここで、特許文献1, 2に記載されているように、忘却係数と限界閾値はバッテリー温度が低いほど小さくなる。このことから、低温でバッテリーが放電すると、減少項(マイナス)の絶対値が小さくなると共に、増加項(プラス)の絶対値が大きくなるので、計算する周期 t 毎に D (ダメージ量)が急速に増加する。

20

【0009】

このため、特許文献2に記載されたように、評価値(ダメージ量 D)に応じて放電可能電力を制限する制御の場合、バッテリーの劣化があまり進行しておらず、積算値(劣化進行指標値 D)が閾値を超えていない場合でも、バッテリー温度が低い場合には、評価値(ダメージ量 D)の増加により充放電電流を制限することになり、発進時にモータジェネレータに十分な駆動用電力が供給されず、車両発進時の加速性能が低下してしまう場合がある。

【0010】

そこで、本発明は、バッテリー温度が低い場合の車両発進時の加速性能を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0011】

本発明のバッテリー放電制御装置は、車両駆動用モータに電力を供給するバッテリーの放電を制御するバッテリー放電制御装置であって、前記バッテリーの電流値に基づいて前記バッテリーの充放電による劣化を推定するダメージ量を算出し、算出した前記ダメージ量を積算して前記バッテリーの劣化の進行を推定する劣化進行指標値を算出する劣化指標算出部と、前記ダメージ量に基づいて前記バッテリーの第1放電可能電力を算出し、前記劣化進行指標値に基づいて前記バッテリーの第2放電可能電力を算出し、前記第1放電可能電力と前記第2放電可能電力の小さい方を通常用放電可能電力とする第1電力算出部と、前記バッテリーの温度が所定温度以下の場合に、前記劣化進行指標値に基づいて前記第2放電可能電力よりも小さい発進用放電可能電力を算出する第2電力算出部と、前記発進用放電可能電力が前記通常用放電可能電力を超える場合に前記発進用放電可能電力を前記バッテリーの最大放電可能電力に設定する最大放電可能電力設定部と、を備えることを特徴とする。

40

【0012】

本発明は、バッテリーの温度が所定温度以下で発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合に、バッテリーの最大放電可能電力を通常用放電可能電力よりも大きい発進用放電可能電力まで拡大するので、バッテリーの温度が低い場合でも車両発進時の加速性能の向上を図ることができる。

【0013】

本発明のバッテリー放電制御装置において、前記最大放電可能電力設定部は、前記発進用放電可能電力を前記バッテリーの前記最大放電可能電力に設定した場合、該設定から第1所

50

定期間が経過した場合または電動車両が発進してから第2所定期間が経過した場合には、前記最大放電可能電力への前記設定を解除すること、としても好適である。

【0014】

このように、バッテリーの最大放電可能電力を通常用放電可能電力よりも大きい発進用放電可能電力まで拡大する期間を制限することにより、バッテリーの劣化が進行することを抑制することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明は、バッテリー温度が低い場合の車両発進時の加速性能を向上させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置を搭載した電動車両のシステム構成を示す系統図である。

【図2】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置の機能ブロック図である。

【図3】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置のメモリに格納されたバッテリーの温度 T_b に対する忘却係数とSOCとの関係を示すマップである。

【図5】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置のメモリに格納されたバッテリーの温度 T_b に対する限界閾値 c_0 とSOCとの関係を示すマップである。

20

【図6】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置のメモリに格納された劣化進行指標値 D に対する第2放電可能電力と発進用放電可能電力のマップである。

【図7】本発明の実施形態におけるバッテリー放電制御装置によって制御されるバッテリーのバッテリー電力 W_b 、通常用放電可能電力、発進用放電可能電力、最大放電可能電力、ダメージ量 D 、劣化進行指標値 D の時間変化を示すグラフである。

【図8】電動車両の発進加速中における本発明の実施形態のバッテリー放電制御装置のフラグ F の設定動作を示すフローチャートである。

【図9】図8に示すフローチャートの動作と共に実行される電動車両の発進加速中における本発明の実施形態のバッテリー放電制御装置の他の動作を示すフローチャートである。

30

【図10】バッテリーの劣化進行指標値 D が所定値以上の場合のフラグ $AccF_1$ 、 $AccF_2$ の設定動作を示すフローチャートである。

【図11】図10に示すフローチャートの動作と共に実行されるバッテリーの劣化進行指標値 D が所定値以上の場合における本発明の実施形態のバッテリー放電制御装置の他の動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照しながら、電動車両100に搭載された本発明の実施形態のバッテリー放電制御装置40について説明する。電動車両100は、バッテリー10と、正極ライン11と負極ライン12を介してバッテリー10に接続されたインバータ13と、インバータ13によって駆動制御される車両駆動用モータであるモータジェネレータ14と、インバータ13およびモータジェネレータ14の動作を制御するECU60と、バッテリー10の放電を制御するバッテリー放電制御装置40とを含んでいる。

40

【0018】

バッテリー10には、電圧値 V_b を検出する電圧センサ31と、温度 T_b を検出する温度センサ33が取り付けられている。また、正極ライン11には、バッテリー10の電流値 I_b を検出する電流センサ32が取り付けられている。電圧センサ31、電流センサ32、温度センサ33の各検出信号はバッテリー放電制御装置40に入力される。

【0019】

バッテリー10は、リチウムイオン電池等の充放電可能な二次電池である。モータジェネ

50

レータ14は、バッテリー10から出力された電力を受けて電動車両100を駆動し、電動車両100の制動時に発生する運動エネルギーを電力に変換してバッテリー10に充電する。したがって、電動車両100の走行中には、バッテリー10は、充放電を繰り返すことになる。なお、バッテリー10からの電流値 I_b は、放電電流を正(+)、充電電流を負(-)とする。

【0020】

バッテリー放電制御装置40は、内部に情報処理や演算を行うCPU41と、制御プログラム、制御データ等を格納するメモリ42と、電圧センサ31、電流センサ32、温度センサ33が接続されるセンサインターフェース43とを備え、CPU41とメモリ42とセンサインターフェース43の間が相互にデータバス44によって接続されているコンピュータである。また、ECU60も内部に情報処理や演算を行うCPUと制御プログラム、制御データ等を格納するメモリとを含むコンピュータである。ECU60は、バッテリー放電制御装置40の上位の制御装置であり、バッテリー放電制御装置40とはデータバス45で接続されており、相互にデータを交換できるように構成されている。

10

【0021】

メモリ42の中には、後で説明する図4に示す忘却係数 のマップと、図5に示す限界閾値 c_0 のマップ、図6に示す劣化進行指標値 D に対する放電可能電力のマップの他、電流係数 のマップ、減衰係数 、補正係数 、目標値 E 等のデータが格納されている。

【0022】

次に、図2を参照しながら本実施形態のバッテリー放電制御装置40の機能ブロックについて説明する。図2に示すように、本実施形態のバッテリー放電制御装置40は、劣化指標算出部51と、第1電力算出部52と、第2電力算出部53と、最大放電可能電力設定部54とを含んでいる。

20

【0023】

劣化指標算出部51は、電圧センサ31、電流センサ32、温度センサ33によって検出したバッテリー10の電圧値 V_b 、電流値 I_b 、温度 T_b およびメモリ42に格納されたマップおよびデータに基づいてバッテリー10の充放電によるダメージ量 D を算出し、算出したダメージ量 D を積算してバッテリー10の劣化の進行度合いを推定する劣化進行指標値 D を算出する。劣化指標算出部51が算出したダメージ量 D は第1電力算出部52に、劣化進行指標値 D は第1電力算出部52と第2電力算出部53に入力される(図3に示すステップS101からS104)。

30

【0024】

第1電力算出部52は、ダメージ量 D に基づいて過渡的なバッテリー10の放電可能電力である第1放電可能電力を算出し、劣化進行指標値 D とメモリ42に格納したマップおよびデータに基づいて経年的なバッテリー10の放電可能電力である第2放電可能電力を算出する。そして、第1電力算出部52は算出した第1放電可能電力と第2放電可能電力の小さい方を通常用放電可能電力として出力する(図3に示すステップS105からS107)。

【0025】

第2電力算出部53は、劣化指標算出部51が算出した劣化進行指標値 D とメモリ42に格納したマップおよびデータに基づいて、バッテリー10の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 以下のような低温の場合に、電動車両100の発進時に短時間だけ許容しうる発進用放電可能電力を算出し、出力する。また、第2電力算出部53は、バッテリー10の温度 T_b が所定温度 T_{bs} を超える場合には、発進用放電可能電力をゼロとして出力する(図3に示すステップS108からS109, S114)。ここで、所定温度 T_{bs} は、例えば、 -10 程度でもよいし、 -5 あるいは -15 程度であってもよい。

40

【0026】

最大放電可能電力設定部54は、第1電力算出部52が出力した通常用放電可能電力と、第2電力算出部53が出力した発進用放電可能電力とが入力され、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合には、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電

50

可能電力に設定して出力する。また、最大放電可能電力設定部 54 は、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合には、通常用放電可能電力をバッテリー 10 の最大放電可能電力として設定して出力する。最大放電可能電力設定部 54 は、発進用放電可能電力をバッテリー 10 の最大放電可能電力に設定して出力した後、第 1 所定期間が経過したら、発進用放電可能電力のバッテリー 10 の最大放電可能電力への設定を解除する。そして、通常用放電可能電力をバッテリー 10 の最大放電可能電力として再設定して出力する（図 3 に示すステップ S 110 から S 113, S 115）。

【0027】

最大放電可能電力設定部 54 から出力されたバッテリー 10 の最大放電可能電力は、ECU 60 に入力される。ECU 60 は、バッテリー 10 の放電電力が入力された最大放電可能電力を超えないように、インバータ 13、モータジェネレータ 14 を制御して電動車両 100 を駆動する。

10

【0028】

以上説明したような本実施形態のバッテリー放電制御装置 40 の機能ブロックは、バッテリー放電制御装置 40 に含まれる CPU 41 およびメモリ 42 とメモリ 42 から読み出されて CPU 41 で実行されるプログラムとを主体としたソフトウェアで実現される。

【0029】

次に、図 3 を参照しながらバッテリー放電制御装置 40 の動作について説明する。バッテリー放電制御装置 40 は、図 3 に示すステップ S 101 から S 115 を予め決められた周期 t （例えば、0.1 秒）毎に繰り返して実行する。

20

【0030】

図 3 のステップ S 101 に示すように、劣化指標算出部 51 は、電圧センサ 31、電流センサ 32、温度センサ 33 によりバッテリー 10 の電圧値 V_b 、電流値 I_b 、温度 T_b を検出する。次に、劣化指標算出部 51 は、ステップ S 102 に示すように、検出した電圧値 V_b 、電流値 I_b 、温度 T_b に基づいてバッテリー 10 の充電率（以下、SOC という）を算出する。SOC は、ある電流値 I_b 、温度 T_b における SOC に対する電圧値 V_b の変化を示すマップをメモリ 42 に格納しておき、このマップを参照して求めるようにしてもよい。

【0031】

次に、劣化指標算出部 51 は、ステップ S 103 で以下の式（1）を用いてバッテリー 10 の充放電による劣化を推定するダメージ量 D を算出する。

30

$$D(t + t) = D(t) - \alpha \times t \times D(t) + \beta \times I_b \times t / c_0 \quad \text{--- (1)}$$

式（1）において、 t は時間を示し、 $D(t + t)$ は、今回算出されるダメージ量 D であり、右辺第 1 項の $D(t)$ は、前回算出されたダメージ量 D を示す。 α は、忘却係数であり、 β は電流係数であり、 I_b はバッテリー 10 の電流値（放電時は +、充電時は -）、 c_0 は限界閾値である。上記の式（1）に示すように、今回のダメージ量 $D(t + t)$ は、前回のダメージ量 $D(t)$ に基づいて算出される。初期値としてのダメージ量 $D(t)$ は、例えば、0 とすることができる。

40

【0032】

電解液中の塩濃度の偏りは、時間の経過に伴うイオンの拡散に応じて緩和されるため、時間が経過するにつれてダメージ量 D は減少してくる。上記の式（1）の右辺第 2 項は、所定の周期 t の間におけるダメージ量 D の減少を考慮する項である。忘却係数 α は、バッテリー 10 の電解液中におけるイオンの拡散速度に対応する係数であり、拡散速度が高いほど、忘却係数 α が大きくなる。「 $\alpha \times t$ 」の値は、0 から 1 の範囲内で設定される。「 $\alpha \times t$ 」の値が、「1」に近づくほど、右辺第 2 項の絶対値は大きくなる。また、忘却係数 α の値が大きくなるほど、或いは、周期 t が長くなるほど、「 $\alpha \times t$ 」の値が「1」に近づく。

50

【 0 0 3 3 】

忘却係数 は、バッテリー 1 0 の S O C や温度 T b に依存するため、S O C や温度 T b に応じて、忘却係数 を設定することができる。具体的には、忘却係数 と S O C および温度 T b との対応関係を実験などによって予め求め、図 4 に示すようなマップとしてメモリ 4 2 に記憶しておき、ステップ S 1 0 2 で算出した S O C とステップ S 1 0 1 で検出したバッテリー 1 0 の温度 T b とメモリ 4 2 に記憶した図 4 に示すマップとに基づいて忘却係数を設定する。図 4 に示すように、忘却係数 は、バッテリー 1 0 の温度 T b が低いほど小さくなるので、式 (1) の右辺第 2 項はバッテリー 1 0 の温度 T b が低いほど絶対値が小さくなる。

【 0 0 3 4 】

電解液中の塩濃度の偏りは、電流値 I b の絶対値が大きい程大きくなる。また、放電中と充電中とでは、塩濃度の偏りの方向が逆になる。このため、電流値 I b が正 (+) となる放電中には、式 (1) の右辺第 3 項は正の値となってダメージ量 D を増加させ、電流値 I b が負 (-) となる充電中には、式 (1) の右辺第 3 項は負の値となって、ダメージ量 D を減少させる。したがって、ハイレートの放電電流が流れるとダメージ量 D は増加し、ハイレートの充電電流が流れるとダメージ量 D は減少する。

【 0 0 3 5 】

式 (1) の右辺第 3 項の電流係数 と限界閾値 c 0 とは、バッテリー 1 0 の S O C や温度 T b に依存する。このため、忘却係数 と同様、S O C および温度 T b との対応関係を実験などによって予め求め、図 5 に示すようなマップとしてメモリ 4 2 に記憶しておき、ステップ S 1 0 2 で算出した S O C とステップ S 1 0 1 で検出したバッテリー 1 0 の温度 T b とメモリ 4 2 に記憶した図 5 に示すマップとに基づいて電流係数 と限界閾値 c 0 を設定するようにしてもよい。図 5 に示すように、限界閾値 c 0 はバッテリー 1 0 の温度 T b が低いほど小さくなるので、式 (1) の右辺第 3 項は、バッテリー 1 0 の温度 T b が低いほど大きくなる。

【 0 0 3 6 】

図 3 のステップ S 1 0 4 に示すように、劣化指標算出部 5 1 は、ステップ S 1 0 3 で算出したダメージ量 D を下記の式 (2) のように積算して劣化進行指標値 D を算出する。式 (2) 中の D (t) は、ステップ S 1 0 3 で上記の式 (1) によって計算したダメージ量 D である。

$$D (t + \Delta t) = \alpha \times D (t) + \beta \times D (t) \quad \text{--- (2)}$$

上記の式 (2) において、 α は減衰係数で 1 よりも小さい値であり、時間経過に伴うイオンの拡散によって塩濃度の偏りが緩和される程度を予測して設定される値であり、メモリ 4 2 の中に格納されている値である。また、 β は補正係数であり、 α と同様、メモリ 4 2 の中に格納されている値である。

【 0 0 3 7 】

先に述べたように、ハイレートの放電電流が流れるとダメージ量 D は増加し、ハイレートの充電電流が流れるとダメージ量 D は減少するので、劣化進行指標値 D も、ハイレートの放電電流が流れると増加し、ハイレートの充電電流が流れると減少する。

【 0 0 3 8 】

次に、第 1 電力算出部 5 2 は、図 3 のステップ S 1 0 5 に示すように、次の式 (3) によって時刻 t における第 1 放電可能電力 (t) を算出する。第 1 放電可能電力は、バッテリー 1 0 が初期状態で劣化進行指標値 D がゼロの場合のバッテリー 1 0 の放電可能電力の最大値である W o u t 1 1 (図 6 参照) から時刻 t のダメージ量 D (t) と目標値 E との差に応じて放電可能電力を減少させたものである。式 (3) 中の D (t) は、ステップ S 1 0 3 で上記の式 (1) によって計算した時刻 t のダメージ量 D (t) である。

$$\text{第 1 放電可能電力 (t)} = W o u t 1 1 \times k \times [D (t) - E] \quad \text{--- (3)}$$

10

20

30

40

50

第1放電可能電力(t)は、最大値である W_{out11} を超えないので、 $D(t) < E$ で、右辺第2項がプラスの場合には、第1放電可能電力(t)は最大値の W_{out11} となる。また、目標値Eは、図7(b)に示すように、バッテリー10が劣化領域に達する限界値 D_{max} より所定の余裕分を引いた値である。

【0039】

次に、第1電力算出部52は、図3のステップS106に示すように、ステップS104で計算した劣化進行指標値 $D(t)$ と、図6に示すマップの実線aに基づいて、次の式(4)によって時刻tにおける第2放電可能電力(t)を算出する。式(4)において、マップ6a[$D(t)$]は、図6の実線aを時刻tの劣化進行指標値 $D(t)$ の関数として表したものである。

10

$$\text{第2放電可能電力}(t) = \text{マップ6a}[D(t)] \quad \text{--- (4)}$$

図6の実線aは、バッテリー10の劣化進行指標値 D が初期値のゼロから増加した場合の劣化進行指標値 D に対するバッテリー10の第2放電可能電力の変化を示すものである。劣化進行指標値 D が初期値のゼロから D_1 までの間は、バッテリー10の第2放電可能電力は、最大値の W_{out11} である。劣化進行指標値 D が D_1 を超えると、バッテリー10のハイレート劣化の進行を抑制するために第2放電可能電力は、最大値の W_{out11} から低減され、劣化進行指標値 D が D_2 において W_{out12} となる。劣化進行指標値 D が D_2 を超えると、バッテリー10のハイレート劣化の進行を更に抑制するために第2放電可能電力は W_{out12} からさらに低減され、劣化進行指標値 D が D_3 において W_{out13} となる。なお、 W_{out11} 、 W_{out12} 、 W_{out13} は、バッテリー10の温度 T_b やSOC等によって変化するので、メモリ42には、温度 T_b やSOCに応じた複数の第2放電可能電力のマップが格納されている。式(4)によって時刻tにおける第2放電可能電力(t)を算出する場合には、図3のステップS101で検出したバッテリー10の温度 T_b 、ステップS102で算出したSOCに応じた第2放電可能電力マップを用いる。

20

【0040】

第1電力算出部52は、式(3)、式(4)によって時刻tの第1放電可能電力(t)と第2放電可能電力(t)とを算出したら、図3のステップS107に進み、下記の式(5)のように、第1放電可能電力(t)と第2放電可能電力(t)の小さい方を時刻tの通常用放電可能電力(t)とする。

30

$$\text{通常用放電可能電力}(t) = \text{Min}[\text{第1放電可能電力}(t), \text{第2放電可能電力}(t)] \quad \text{--- (5)}$$

なお、第1放電可能電力(t)と第2放電可能電力(t)とが等しい場合には、いずれか一方を時刻tの通常用放電可能電力(t)とする。

【0041】

第2電力算出部53は、図3のステップS108に示すように、ステップS101で検出したバッテリー10の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 、例えば-10、以下のような低温となっているかどうか判断する。そして、バッテリー10の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 以下の低温状態で、ステップS108でYESと判断した場合には、ステップS109に進む。

40

【0042】

第2電力算出部53はステップS109において、先にステップS104で計算した劣化進行指標値 D と、図6に示すマップの一点鎖線bに基づいて下記の式(6)によって時刻tにおける発進用放電可能電力(t)を算出する。発進用放電可能電力は、バッテリー10の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 以下の低温状態の際に電動車両100の発進時に短時間だけ許容しうる電力である。式(6)において、マップ6b[$D(t)$]は、図6の一

50

点鎖線 b を時刻 t の劣化進行指標値 $D(t)$ の関数として表したものである。

$$\text{発進用放電可能電力}(t) = \text{マップ } 6b [D(t)] \quad \text{--- (6)}$$

【0043】

図6の一点鎖線 b は、バッテリー10の劣化進行指標値 D が初期値のゼロから増加した場合の劣化進行指標値 D に対するバッテリー10の発進用放電可能電力の変化を示すものである。劣化進行指標値 D が初期値のゼロから $D4$ までの間は、バッテリー10の発進用放電可能電力は、初期値の $Wout21$ である。図6に示すように、初期値の $Wout21$ は、最大値の $Wout11$ よりも小さい値である。また、 $D4$ は、 $D1$ よりも小さい値である。

10

【0044】

劣化進行指標値 D が $D4$ を超えると、低温状態でのバッテリー10の劣化の進行を抑制するために発進用放電可能電力は、初期値の $Wout21$ から低減され、劣化進行指標値 D が $D5$ において $Wout22$ となる。劣化進行指標値 D が $D5$ を超えると、低温状態でのバッテリー10の劣化の進行を更に抑制するために発進用放電可能電力は、 $Wout22$ からさらに低減され、劣化進行指標値 D が $D3$ において $Wout23$ となる。

【0045】

$Wout22$, $Wout23$ は、それぞれ、 $Wout12$, $Wout13$ よりも小さい値である。従って、図6の一点鎖線 b で規定される発進用放電可能電力は、図6の実線 a で規定されるバッテリーの第2放電可能電力よりも常に小さい値となっている。なお、バッテリー10の温度 Tb によって $Wout21$, $Wout22$, $Wout23$ が異なる複数の発進用放電可能電力のマップをメモリ42に格納しておき、図3のステップ $S101$ で検出したバッテリー10の温度 Tb に応じた発進用放電可能電力マップを用いるようにしてもよい。

20

【0046】

また、第2電力算出部53は、バッテリー10の温度 Tb が所定温度 Tbs を超える場合には、図3のステップ $S108$ で NO と判断して図3のステップ $S114$ に進み、発進用放電可能電力をゼロとする。

30

【0047】

最大放電可能電力設定部54は、図3のステップ $S110$ に示すように、第1電力算出部52がステップ $S107$ で算出した時刻 t の通常用放電可能電力 (t) と、第2電力算出部53がステップ $S109$ で算出した時刻 t の発進用放電可能電力 (t) とを比較し、発進用放電可能電力 (t) が通常用放電可能電力 (t) を超える場合には、図3のステップ $S111$ に進んで、発進用放電可能電力 (t) をバッテリー10の時刻 t における最大放電可能電力 (t) に設定する。一方、発進用放電可能電力 (t) が通常用放電可能電力 (t) 以下の場合には、図3のステップ $S115$ に進んで通常用放電可能電力 (t) をバッテリー10の時刻 t における最大放電可能電力 (t) に設定する。

40

【0048】

最大放電可能電力設定部54は、図3のステップ $S111$ で発進用放電可能電力 (t) をバッテリー10の時刻 t における最大放電可能電力 (t) に設定した場合、図3のステップ $S112$ で第1所定期間が経過するまで待機した後、ステップ $S113$ に進み、ステップ $S111$ で行った発進用放電可能電力 (t) のバッテリー10の時刻 t における最大放電可能電力 (t) への設定を解除する。そして、通常用放電可能電力 (t) をバッテリー10の時刻 t における最大放電可能電力 (t) に再設定する。

【0049】

また、バッテリー10の温度 Tb が所定温度 Tbs を超える場合には、第2電力算出部53は、図3のステップ $S108$ で NO と判断してステップ $S114$ で発進用放電可能電力をゼロとしているので、発進用放電可能電力 (t) は通常用放電可能電力 (t) 以下とな

50

る。従って、この場合、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 3 のステップ S 1 1 0 で N O と判断してステップ S 1 1 5 に進み、通常用放電可能電力 (t) をバッテリー 1 0 の時刻 t における最大放電可能電力 (t) に設定する。

【 0 0 5 0 】

次に、図 7 (a) ~ 図 7 (c) を参照しながら、先に説明したバッテリー放電制御装置 4 0 を搭載した電動車両 1 0 0 が停止から発進する際のバッテリー 1 0 のバッテリー電力 W_b (図 7 (a) の実線 q)、通常用放電可能電力 (図 7 (a) の一点鎖線 p 1)、発進用放電可能電力 (図 7 (a) の二点鎖線 p 2)、最大放電可能電力 (図 7 (a) の破線 p 3)、ダメージ量 D (図 7 (b) の実線 r)、劣化進行指標値 D (図 7 (c) の実線 s) の時間変化について説明する。なお、バッテリー電力 W_b は、バッテリー 1 0 からの放電を正 (+)、バッテリー 1 0 への充電を負 (-) とし、放電の際のバッテリー 1 0 の電流値 I_b を正 (+)、充電の際のバッテリー 1 0 の電流値 I_b を負 (-) として説明する。

10

【 0 0 5 1 】

図 7 (a) ~ 図 7 (c) の時刻ゼロ ~ 時刻 t_0 の間は、電動車両 1 0 0 は停止しているので、図 7 (a) に示すように、この間のバッテリー電力 W_b はゼロであり、図 7 (b) に示すように、ダメージ量 D は初期値のゼロとなっており、図 7 (c) に示す劣化進行指標値 D は、時刻ゼロ以前の走行によって積算された S_0 となっている。バッテリー 1 0 は、初期状態に近いので、 S_0 は、図 6 に実線 a で示す第 2 放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値 D_1 、図 6 に一点鎖線 b で示す発進用放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値 D_4 よりも小さい値である。また、時刻 t_0 のバッテリー 1 0 の温度 T_b は、所定温度 T_{bs} 以下の、例えば、 $-15 \sim -25$ 程度の低温となっている。

20

【 0 0 5 2 】

時刻 t_0 に運転者がアクセルを踏み込んで、電動車両 1 0 0 が発進すると、図 7 (a) の実線 q に示すように、バッテリー 1 0 はモータジェネレータ 1 4 の要求電力に応じて放電を開始する。これにより、バッテリー電力 W_b は、時刻 t_0 以降運転者のアクセルの踏みこみ量に応じて次第に増加していく。

【 0 0 5 3 】

バッテリー放電制御装置 4 0 の劣化指標算出部 5 1 は、図 3 のステップ S 1 0 1 でバッテリー 1 0 の電圧値 V_b 、電流値 I_b 、温度 T_b を検出し、ステップ S 1 0 2 でバッテリー 1 0 の SOC を算出し、図 3 のステップ S 1 0 3、S 1 0 4 で、式 (1)、式 (2) によって時刻 t_0 のダメージ量 $D(t_0)$ と、劣化進行指標値 $D(t_0)$ を計算する。

30

【 0 0 5 4 】

第 1 電力算出部 5 2 は、図 3 のステップ S 1 0 5、S 1 0 6 で、式 (3)、式 (4) によって時刻 t_0 の第 1 放電可能電力 (t_0)、第 2 放電可能電力 (t_0) を算出する。時刻 t_0 のダメージ量 $D(t_0)$ は初期値のゼロであり、目標値 E よりも小さいので、第 1 放電可能電力は、図 6 に示す最大値の W_{out11} となる。また、時刻 t_0 では、バッテリー 1 0 の劣化進行指標値 $D(t_0)$ は、図 6 に示す D_1 よりも小さいので、第 2 放電可能電力 (t_0) は、図 6 の実線 a に示すように W_{out11} となっている。従って、時刻 t_0 では、第 1 放電可能電力 (t_0) と第 2 放電可能電力 (t_0) とは等しいので、図 3 のステップ S 1 0 7 で、第 1 電力算出部 5 2 は、第 2 放電可能電力 (t_0) の W_{out11} を時刻 t_0 の通常用放電可能電力 (t_0) とする。

40

【 0 0 5 5 】

時刻 t_0 のバッテリー 1 0 の温度 T_b は所定温度 T_{bs} 以下なので、第 2 電力算出部 5 3 は、図 3 のステップ S 1 0 8 で Y E S と判断してステップ S 1 0 9 に進み、式 (6) によって時刻 t_0 の発進用放電可能電力 (t_0) を算出する。時刻 t_0 では、劣化進行指標値 $D(t_0)$ は発進用放電可能電力の低減が開始される D_4 よりも小さいので、図 6 の一点鎖線 b に示すように、発進用放電可能電力 (t_0) は W_{out21} となる。

【 0 0 5 6 】

第 1 電力算出部 5 2、第 2 電力算出部 5 3 で通常用放電可能電力 (t_0)、発進用放電可能電力 (t_0) の算出が終わったら、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 3 のステップ

50

S 1 1 0 で、通常用放電可能電力 (t 0) と発進用放電可能電力 (t 0) とを比較する。時刻 t 0 では、通常用放電可能電力 (t 0) は W o u t 1 1 で発進用放電可能電力 (t 0) の W o u t よりも大きいので、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 3 のステップ S 1 1 0 で N O と判断し、図 3 のステップ S 1 1 5 に進み、通常用放電可能電力 (t 0) の W o u t 1 1 を時刻 t 0 のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力 (t 0) に設定し、E C U 6 0 に出力する。

【 0 0 5 7 】

時刻 t 0 以降、バッテリー放電制御装置 4 0 の劣化指標算出部 5 1、第 1 電力算出部 5 2、第 2 電力算出部 5 3、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 3 に示すステップ S 1 0 1 から S 1 1 5 を所定の周期 t で繰り返して実行し、バッテリー 1 0 の最大放電可能電力 (t) を設定し、E C U 6 0 に出力する。

10

【 0 0 5 8 】

時刻 t 0 に電動車両 1 0 0 が発進すると、図 7 (a) の実線 q に示すように、バッテリー 1 0 はモータジェネレータ 1 4 の要求電力に応じて放電するので、時刻 t 0 以降、バッテリー電力 W b は運転者のアクセルの踏みこみ量または、電動車両 1 0 0 の加速度に応じて次第に増加していく。また、バッテリー 1 0 の電流値 I b も増加していく。なお、バッテリー 1 0 は放電状態なので、バッテリー 1 0 の電流値 I b は正 (+) である。

【 0 0 5 9 】

バッテリー 1 0 は低温なので、図 4 に示すように忘却係数 は小さく、式 (1) の右辺第 2 項 (減少項) の絶対値は小さく、図 5 に示すように限界閾値 c 0 が小さいので式 (1) の右辺第 3 項 (増加項) は大きくなる。このため、図 7 (b) の実線 r に示すように、時刻 t 0 以降、ダメージ量 D (t) は時間と共に急速に増大し、図 7 (b) に示す時刻 t 1 に目標値 E に達する。ダメージ量 D (t) が目標値 E に達するまでの時刻 t 0 から時刻 t 1 の間は、D (t) < E であり、第 1 放電可能電力 (t) は W o u t 1 1 である。

20

【 0 0 6 0 】

時刻 t 0 から時刻 t 1 までの間、ダメージ量 D (t) が増加して来ると、ダメージ量 D (t) の積算値である劣化進行指標値 D (t) も次第に増加してくる。しかし、図 7 (c) に示すように、時刻 t 0 から時刻 t 1 までの間、劣化進行指標値 D (t) は第 2 放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値 D 1 に達しないので、時刻 t 0 から時刻 t 1 までの間は、第 2 放電可能電力 (t) は W o u t 1 1 に保たれる。従って、時刻 t 0 から時刻 t 1 までの間は、第 1 放電可能電力 (t) と第 2 放電可能電力 (t) とは W o u t 1 1 で等しく、図 7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力 (t) は W o u t 1 1 一定となる。また、図 7 (c) の実線 s に示すように、時刻 t 0 から時刻 t 1 の間、劣化進行指標値 D (t) は、発進用放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値 D 4 に達しないので、図 7 (a) の二点鎖線 p 2 で示すように、発進用放電可能電力 (t) は W o u t 2 1 に保たれる。

30

【 0 0 6 1 】

このように時刻 t 0 から時刻 t 1 の間は、図 7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力 (t) は、図 7 (a) に二点鎖線 p 2 で示す発進用放電可能電力 (t) 以上なので、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 3 のステップ S 1 1 0 で N O と判断し、ステップ S 1 1 5 に進み、時刻 t の通常用放電可能電力 (t) を時刻 t のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力 (t) に設定し、E C U 6 0 に出力する。

40

【 0 0 6 2 】

時刻 t 1 を過ぎると、図 7 (b) に示すように、ダメージ量 D (t) が目標値 E よりも大きくなるので、第 1 放電可能電力 (t) は、最大値の W o u t 1 1 から低減され始める。ダメージ量 D (t) は式 (3) により目標値 E を超える程大きく低減されるので、時刻 t 1 を過ぎると第 1 放電可能電力 (t) は、急速に低下し、時刻 t 2 には、W o u t 2 1 まで低下する。

【 0 0 6 3 】

このため、第 1 電力算出部 5 2 は、時刻 t 1 を過ぎると、図 3 のステップ S 1 0 7 で、

50

第1放電可能電力 (t) と第2放電可能電力 (t) の小さい方の第1放電可能電力 (t) を時刻 t の通常用放電可能電力 (t) とする。従って、時刻 t_1 を過ぎると、図7(a)の一点鎖線 p_1 は、通常用放電可能電力 (t) と第1放電可能電力 (t) とを示すものとなる。そして、図7(a)の一点鎖線 p_1 に示すように、第1放電可能電力 (t) が時刻 t_2 に W_{out21} まで低下すると通常用放電可能電力 (t) も時刻 t_2 に W_{out21} まで低下する。

【0064】

一方、図7(c)の実線 s に示すように時刻 t_1 と時刻 t_2 の間も劣化進行指標値 $D(t)$ は、 D_1 、 D_4 に達しないので、この間、第2放電可能電力 (t) は W_{out11} に保たれ、発進用放電可能電力 (t) は W_{out21} に保たれる。このため、時刻 t_1 と時刻 t_2 との間、図7(a)の一点鎖線 p_1 に示す通常用放電可能電力 (t) は、図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) 以上なので、最大放電可能電力設定部54は、図3のステップ S_{110} で NO と判断してステップ S_{115} に進み、図7(a)の破線 p_3 に示すように、時刻 t の通常用放電可能電力 (t) をバッテリー10の最大放電可能電力 (t) に設定し、 $ECU60$ に出力する。

10

【0065】

時刻 t_2 を過ぎると、第1放電可能電力 (t) は、 W_{out21} よりも更に低下するので、第1電力算出部52は、時刻 t_2 を過ぎても第1放電可能電力 (t) を時刻 t の通常用放電可能電力 (t) とする。このため、時刻 t_2 を過ぎても、図7(a)の一点鎖線 p_1 は、通常用放電可能電力 (t) と第1放電可能電力 (t) を示す。そして、図7(a)の一点鎖線 p_1 に示すように、時刻 t_2 を過ぎて、第1放電可能電力 (t) が W_{out21} よりも更に低下すると通常用放電可能電力 (t) も W_{out21} よりも更に低下する。

20

【0066】

一方、図7(c)の実線 s に示すように、劣化進行指標値 $D(t)$ は、時刻 t_2 を過ぎても D_4 に達しないので、図7(a)に二点鎖線 p_2 で示すように、発進用放電可能電力 (t) は W_{out21} に保たれる。このため、時刻 t_2 を過ぎると、図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) は、図7(a)に一点鎖線 p_1 で示す通常用放電可能電力 (t) を超える。最大放電可能電力設定部54は、時刻 t_2 を過ぎたら図3のステップ S_{110} で YES と判断してステップ S_{111} に進み、発進用放電可能電力 (t) をバッテリー10の最大放電可能電力 (t) に設定し、 $ECU60$ に出力する。 $ECU60$ は、時刻 t_2 を過ぎたらバッテリー10の放電電力が図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) を超えないようにインバータ13、モータジェネレータ14を制御する。

30

【0067】

これにより、 $ECU60$ は、時刻 t_2 から t_3 の間、図7(a)に実線 q で示すバッテリー電力 W_b が図7(a)に一点鎖線 p_1 で示す通常用放電可能電力 (t) を超えていても、図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) を超えていなければ、バッテリー電力 W_b を制限しないので、電動車両100の発進時にモータジェネレータ14に十分な駆動用電力が供給され、発進時の加速性能が低下してしまうことが無くなる。

【0068】

時刻 t_3 に、図7(a)に実線 q で示すバッテリー電力 W_b が図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) に達すると、 $ECU60$ は、バッテリー10の最大放電可能電力 (t) を図7(a)に二点鎖線 p_2 で示す発進用放電可能電力 (t) に制限し、図7(b)に示すようにダメージ量 $D(t)$ が限界値 D_{max} を超えて劣化領域に入ることを抑制する。

40

【0069】

発進用放電可能電力 (t) をバッテリー10の最大放電可能電力 (t) に設定した時刻 t_2 から第1所定期間が経過した時刻 t_4 になると、最大放電可能電力設定部54は、図3のステップ S_{112} で YES と判断し、図3のステップ S_{113} に進んで、発進用放電可能電力 (t) のバッテリー10の最大放電可能電力 (t) への設定を解除する。そして、図

50

7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力 (t) を最大放電可能電力 (t) に再設定し、 E C U 6 0 に出力する。

【 0 0 7 0 】

これにより、 E C U 6 0 は、時刻 t 4 を過ぎるとバッテリー 1 0 の放電電力が図 7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力 (t) を超えないようにインバータ 1 3、モータジェネレータ 1 4 を制御する。図 7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力 (t) は、図 7 (a) に二点鎖線 p 2 で示す発進用放電可能電力 (t) よりも小さいので、時刻 t 4 を過ぎると発進時の加速性能が低下する。しかし、時刻 t 4 は、ほとんど発進時の加速が終了する時期となるので、運転者がドライバビリティの低下を感じることはほとんどない。一方、時刻 t 4 を過ぎるとバッテリー 1 0 の放電電力がより制限されるので、ハイレート劣化が進むことを効果的に抑制することができる。

10

【 0 0 7 1 】

時刻 t 5 になると、運転者がアクセルの踏みこみを緩めるので、バッテリー電力 W_b は低下していく。これにしたがって、バッテリー 1 0 の電流値 I_b も低下するので、ダメージ量 $D(t)$ も低下する。そして、バッテリー電力 W_b が負 (-) になってバッテリー 1 0 が充電されると、ダメージ量 D は負 (-) となり、劣化進行指標値 D は少しずつ低下する。

【 0 0 7 2 】

本実施形態のバッテリー放電制御装置 4 0 は、図 7 (a) の時刻 t 2 から時刻 t 4 の間のように、バッテリー 1 0 の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 以下の低温の場合で、図 7 (a) に二点鎖線 p 2 で示す発進用放電可能電力が図 7 (a) に一点鎖線 p 1 で示す通常用放電可能電力を超える場合に、図 7 (a) のハッチング領域 A のように、バッテリー 1 0 の最大放電可能電力を通常用放電可能電力よりも大きい発進用放電可能電力まで拡大するので、バッテリー 1 0 の温度 T_b が所定温度 T_{bs} 以下の低温の場合でも車両発進時の加速性能を向上させることができる。

20

【 0 0 7 3 】

また、図 7 (a) の時刻 t 4 を過ぎた際に、発進用放電可能電力のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力への設定を解除し、バッテリー 1 0 の最大放電可能電力を通常用放電可能電力よりも大きい発進用放電可能電力まで拡大する期間を制限するので、バッテリー 1 0 のハイレート劣化が進行することを抑制することができる。

【 0 0 7 4 】

以上説明した実施形態では、最大放電可能電力設定部 5 4 は、発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定した後、第 1 所定期間経過後に発進用放電可能電力のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力への設定を解除することとして説明したが、 C P U 4 1 に図 8 のフローチャートに示す動作と図 9 のフローチャートの動作を平行して実行させて、電動車両 1 0 0 が発進してから第 2 所定期間経過後に発進用放電可能電力のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力への設定を解除するようにしてもよい。

30

【 0 0 7 5 】

図 8 のフローチャートに示す動作は、発進加速中にカウンタ N を周期 t 毎にインクリメントし、カウンタ N が所定の数値に到達するまでフラグ F をオンとし、カウンタ N が所定の閾値を超えたら、フラグ F をオフとするものである。

40

【 0 0 7 6 】

図 9 のフローチャートに示す動作は、図 8 のフローチャートに示す動作でフラグ F がオンの場合で、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合に発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定し、フラグ F がオンで発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合およびフラグ F がオフの場合に、発進用放電可能電力のバッテリー 1 0 の最大放電可能電力への設定を禁止し、通常用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定するものである。 C P U 4 1 は、図 8、図 9 のフローチャートに示す動作を予め決められた周期 t (例えば、 0 . 1 秒) 毎に繰り返して実行する。

【 0 0 7 7 】

なお、図 8 に示すフローチャートの動作および、図 9 のステップ S 4 0 1、 S 1 1 0、

50

S 1 1 1 , S 1 1 5 は図 2 に示す最大放電可能電力設定部 5 4 が実行し、図 9 のステップ S 1 0 1 から S 1 0 4 は劣化指標算出部 5 1 が実行し、図 9 の S 1 0 5 から S 1 0 7 は第 1 電力算出部 5 2 が実行し、図 9 のステップ S 1 0 8 、 S 1 0 9 、 S 1 1 4 は第 2 電力算出部 5 3 が実行する。

【 0 0 7 8 】

以下、図 8、図 9 のフローチャートに示す動作について説明する。図 9 のフローチャートに示す動作の内、図 3 のフローチャートに示す動作と同様の動作には同様のステップ符号を付して説明は省略する。

【 0 0 7 9 】

図 8 のステップ S 2 0 1、ステップ S 2 0 2 に示すように、最大放電可能電力設定部 5 4 は、電動車両 1 0 0 が発進したら、カウンタ N を初期値の 0 に設定し、フラグ F を初期値のオフに設定する。

10

【 0 0 8 0 】

図 8 のステップ S 2 0 3 に示すように、最大放電可能電力設定部 5 4 は、電動車両 1 0 0 が発進加速中であるかどうかを判断する。この判断は、例えば、アクセル踏み込み量の変化に基づいて判断しても良いし、電動車両 1 0 0 の速度と加速度の変化によって判断してもよい。図 8 のステップ S 2 0 3 で Y E S と判断したら、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 8 のステップ S 2 0 4 に進み、カウンタ N が第 1 閾値 t_{cs} 以上かどうか判断する。ここで、第 1 閾値 t_{cs} は、ステップ S 2 0 3 からステップ S 2 0 8 の繰り返し回数の上限を規定する閾値である。

20

【 0 0 8 1 】

カウンタ N の初期値は 0 であるから、最初の計算サイクルでは、最大放電可能電力設定部 5 4 は、ステップ S 2 0 4 で N O と判断して図 8 のステップ S 2 0 5 に進み、カウンタ N をインCREMENTし、図 8 のステップ S 2 0 6 に進み、カウンタ N が第 2 閾値 t_{offs} 以下かどうかを判断する。ここで、第 2 閾値 t_{offs} は、電動車両 1 0 0 が発進後、発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定できる第 2 所定期間を規定する閾値であり、第 2 閾値 $t_{offs} \times t$ が発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定できる第 2 所定期間となる。第 2 閾値 t_{offs} は、第 1 閾値 t_{cs} よりも小さい値である。

【 0 0 8 2 】

30

最初の計算サイクルでは、カウンタ N の初期値は 0 で、ステップ S 2 0 5 で 1 だけインCREMENTされているので、カウンタ N は 1 となっている。このため、最大放電可能電力設定部 5 4 は、ステップ S 2 0 6 で Y E S と判断して図 8 のステップ S 2 0 7 に進み、フラグ F をオンとしてステップ S 2 0 3 に戻る。

【 0 0 8 3 】

フラグ F がオンとなると、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 9 のステップ S 4 0 1 で Y E S と判断して図 9 のステップ S 1 1 0 に進む。そして、ステップ S 1 1 0 で発進用放電可能電力と通常用放電可能電力とを比較し、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合には、図 9 のステップ S 1 1 1 に進んで発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定する。また、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合には、図 9 のステップ S 1 1 5 に進んで通常用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定する。

40

【 0 0 8 4 】

以後、最大放電可能電力設定部 5 4 は、電動車両 1 0 0 が発進加速中は、ステップ S 2 0 3 で Y E S と判断した周期 t 毎にカウンタ N をインCREMENTしていく。そして、カウンタ N が第 2 閾値 t_{offs} となったら、発進用放電可能電力をバッテリー 1 0 の最大放電可能電力に設定できる第 2 所定期間が終了したと判断して、図 8 のステップ S 2 0 6 で N O と判断してフラグ F をオフとしてステップ S 2 0 3 に戻る。

【 0 0 8 5 】

フラグ F がオフとなると、最大放電可能電力設定部 5 4 は、図 9 のステップ S 4 0 1 で

50

NOと判断して図9のステップS115に進んで通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定する。それ以前は、発進用放電可能電力がバッテリー10の最大放電可能電力に設定されていたので、最大放電可能電力設定部54は、上記動作により、発進用放電可能電力のバッテリー10の最大放電可能電力への設定を解除して、通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に再設定する。これ以後、フラグFはオフのままとなるので、最大放電可能電力設定部54は、通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定したままとなる。

【0086】

そして、カウンタNが第1閾値 t_{cs} に到達したら、図8のステップS204でYESと判断して図8のステップS210でカウンタNを0に戻して動作を終了する。

10

【0087】

また、カウンタNが第2閾値 t_{offs} に到達する前に、電動車両100の発進加速が終了した場合には、最大放電可能電力設定部54は、図8のステップS203でNOと判断して図8のステップS209に進み、フラグFをオフとし、図8のステップS210でカウンタNを0に戻して動作を終了する。

【0088】

以上説明した実施形態は、電動車両100が発進した後、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合に発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定し、発進してから第2所定期間、すなわち、カウンタNが第2閾値 t_{offs} となる、 $t_{offs} \times t$ 、だけの期間が経過したら、フラグFをオフとして、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力への設定を解除して、通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に再設定するものである。

20

【0089】

本実施形態は、先に説明した実施形態と同様、バッテリー10の最大放電可能電力を通常用放電可能電力よりも大きい発進用放電可能電力まで拡大する期間を制限するので、バッテリー10のハイレート劣化が進行することを抑制することができる。

【0090】

以上説明した各実施形態は、バッテリー10がほとんど劣化しておらず、バッテリー10の劣化進行指標値Dが図6に実線aで示す第2放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値D1、図6に一点鎖線bで示す発進用放電可能電力の制限が開始される劣化進行指標値D4よりも小さい値であり、第2放電可能電力、発進用放電可能電力がいずれも一定である場合の動作について説明したが、劣化進行指標値Dが例えば、D1あるいは、D4等の所定値を超えた場合には、以下に説明するように、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定することを禁止する期間を設けて、継続的に発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定することを制限するようにしてもよい。以下、図10、11を参照しながら説明する。

30

【0091】

本動作は、先に図8、図9を参照して説明した動作と同様、CPU41に図10のフローチャートに示す動作と図11のフローチャートの動作を平行して実行させるものである。

40

【0092】

図10のフローチャートに示す動作は、劣化進行指標値Dが所定値を超えている場合で、ダメージ量Dが小さく発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合にフラグAccF1をオフとし、AccF1がオフの場合にカウンタMを周期t毎にインCREMENTし、カウンタMが所定の数値に到達するまでフラグAccF2をオフとし、カウンタMが第3閾値AccSを超えたら、フラグAccF2をオンとするものである。ここで、フラグAccF1は、ダメージ量Dが増加して発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超えた場合にオンとなり、ダメージ量Dが小さく発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合にオフとなるフラグである。また、フラグAccF2は、フラグAccF1がオンの場合に発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定すること

50

を許可するフラグである。

【0093】

図11のフローチャートに示す動作は、図10のフローチャートに示す動作でフラグAccF2がオンの場合に発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定可能とし、フラグAccF2がオフの場合には発進用放電可能電力のバッテリー10の最大放電可能電力への設定を禁止し、通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定するものである。CPU41は、図10、図11のフローチャートに示す動作を予め決められた周期 t (例えば、0.1秒) 毎に繰り返して実行する。

【0094】

なお、図10に示すフローチャートの動作および、図11のステップS501、S110、S111、S115は図2に示す最大放電可能電力設定部54が実行し、図11のステップS101からS104は劣化指標算出部51が実行し、図11のS105からS107は第1電力算出部52が実行し、図11のステップS108、S109、S114は第2電力算出部53が実行する。

【0095】

以下、図10、図11のフローチャートに示す動作について説明する。図11のフローチャートに示す動作の内、図3のフローチャートに示す動作と同様の動作には同様のステップ符号を付して説明は省略する。

【0096】

図10のステップS301、ステップS302に示すように、最大放電可能電力設定部54は、カウンタMを0に初期設定し、フラグAccF1、フラグAccF2を初期値のオフに設定する。

【0097】

最大放電可能電力設定部54は、図10のステップS303に示すように、劣化進行指標値Dが所定値を超えているかどうか判断する。劣化進行指標値Dが所定値を超えていない場合には、最大放電可能電力設定部54は、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定することを禁止する期間を設ける必要が無いと判断し、図10のステップS308に進み、カウンタMをゼロにリセットし、ステップS309でフラグAccF2をオンとして動作を終了する。

【0098】

フラグAccF2がオンとなると、最大放電可能電力設定部54は、図11のステップS501でYESと判断して図11のステップS110に進む。そして、ステップS110で発進用放電可能電力と通常用放電可能電力とを比較し、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合には、図11のステップS111に進んで発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定する。また、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合には、図11のステップS115に進んで通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定する。

【0099】

一方、ステップS303で劣化進行指標値Dが所定値を超えている場合には、最大放電可能電力設定部54は、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定しない期間を設ける必要が有ると判断し、図10のステップS304に示すように、フラグAccF1のオン/オフの判断をおこなう。最大放電可能電力設定部54は、フラグAccF1がオフの場合、ダメージ量Dが小さく発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下で、バッテリー10の劣化の進行が抑制されている状態に有ると判断してカウンタMを1だけインクリメントする。そして、図10のステップS306に進み、カウンタMが第3閾値AccS未満の場合、図10のステップS307に進んで、フラグAccF2をオフとし、発進用放電可能電力のバッテリー10の最大放電可能電力への設定を禁止する。

【0100】

また、フラグAccF1がオフの場合、ダメージ量Dが大きく発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超えており、バッテリー10の劣化が進行する可能性が有ると判断して

10

20

30

40

50

カウンタMをインCREMENTせずに図10のステップS307に進んで、フラグAccF2をオフとし、発進用放電可能電力のバッテリー10の最大放電可能電力への設定を禁止する。

【0101】

フラグAccF2がオフとなると、最大放電可能電力設定部54は、図11のステップS501でNOと判断して図11のステップS115に進んで通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定する。

【0102】

最大放電可能電力設定部54は、図10のステップS304からS307をカウンタMが第3閾値AccSとなるまで周期tで繰り返し、カウンタMが第3閾値AccSとなった場合、バッテリー10の劣化の進行が抑制されている期間が十分な期間に達し、これ以上発進用放電可能電力のバッテリー10の最大放電可能電力への設定を禁止する必要が無いと判断する。そして、最大放電可能電力設定部54は、図10のステップS306でNOと判断し、図10のステップS308に進んでカウンタMをゼロにリセットし、ステップS309でフラグAccF2をオンとして動作を終了する。

10

【0103】

フラグAccF2がオンとなると、先に説明したと同様、最大放電可能電力設定部54は、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力を超える場合には、発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定し、発進用放電可能電力が通常用放電可能電力以下の場合には、通常用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定する。

20

【0104】

以上説明した実施形態では、劣化進行指標値Dが所定値を超えている場合に、継続的に発進用放電可能電力をバッテリー10の最大放電可能電力に設定することを禁止する期間を設けるので、車両発進時の加速性能を向上させるとともに、バッテリー10の劣化の進行を抑制することができる。

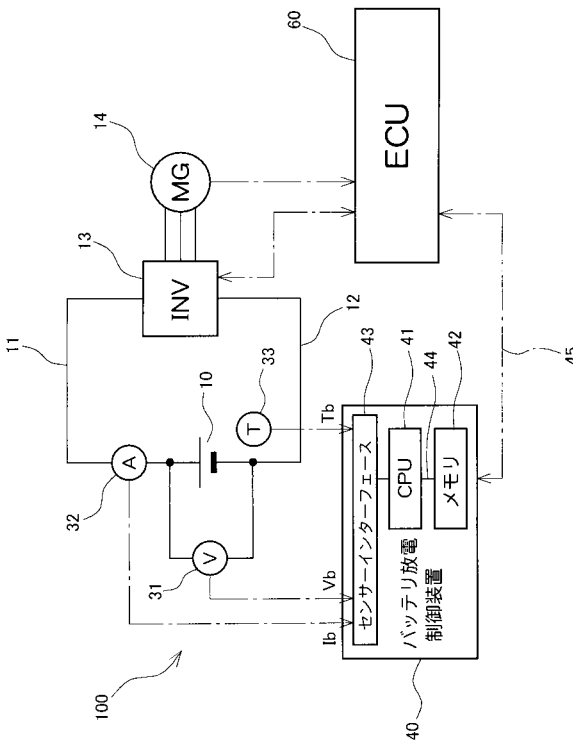
【符号の説明】

【0105】

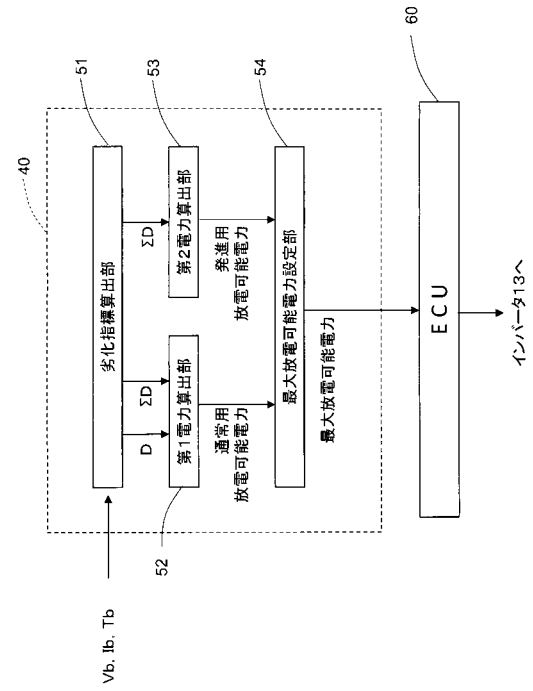
10 バッテリ、11 正極ライン、12 負極ライン、13 インバータ、14 モータジェネレータ、31 電圧センサ、32 電流センサ、33 温度センサ、40 バッテリ放電制御装置、41 CPU、42 メモリ、43 センサインターフェース、44, 45 データバス、51 劣化指標算出部、52 第1電力算出部、53 第2電力算出部、54 最大放電可能電力設定部、60 ECU、100 電動車両、F, AccF1, AccF2 フラグ、tcs, toffs, AccS 閾値、c0 限界閾値、D ダメージ量、E 目標値、N, M カウンタ、忘却係数、電流係数、減衰係数、t 周期、補正係数、D 劣化進行指標値。

30

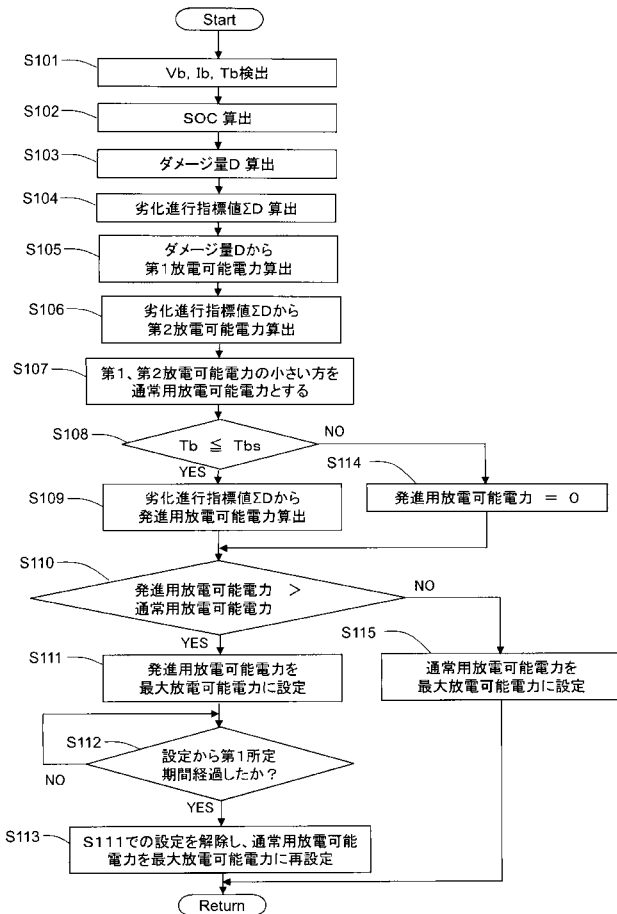
【図1】



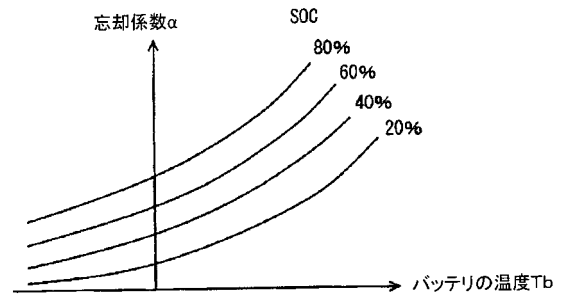
【図2】



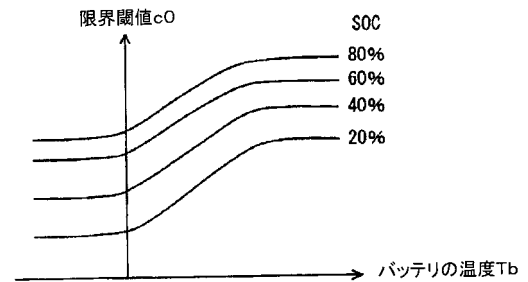
【図3】



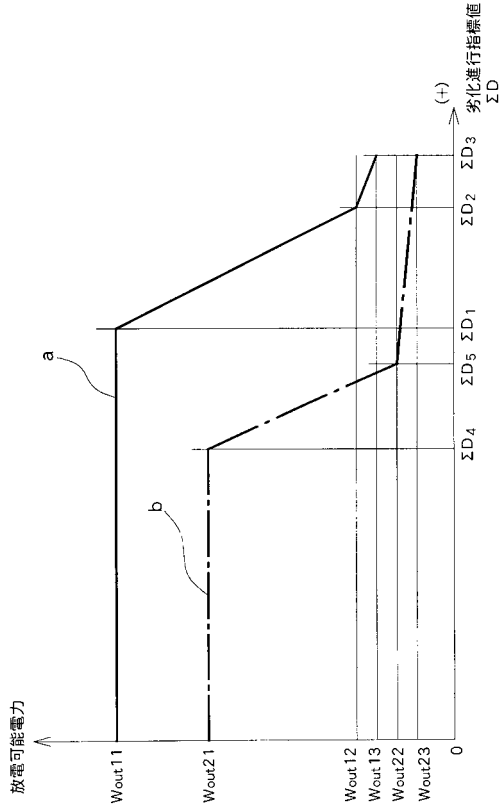
【図4】



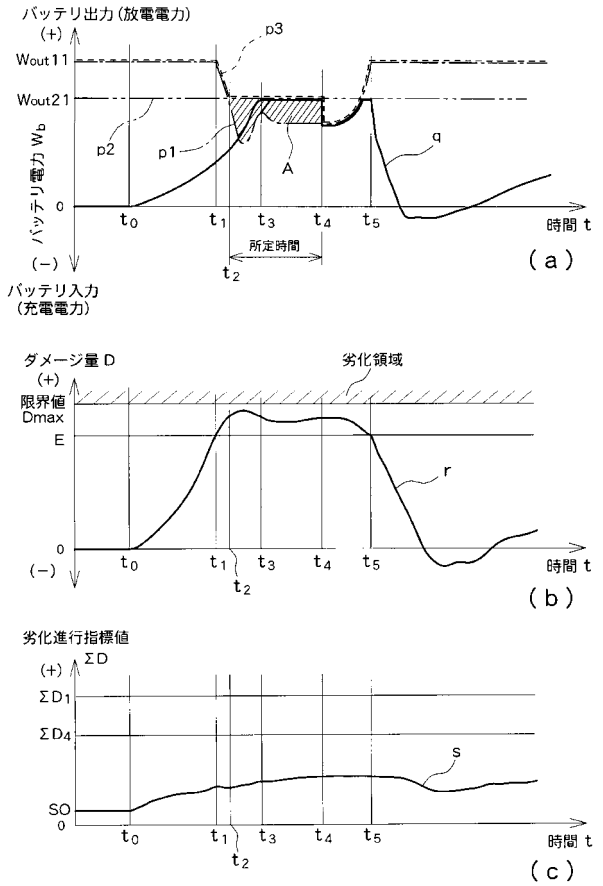
【図5】



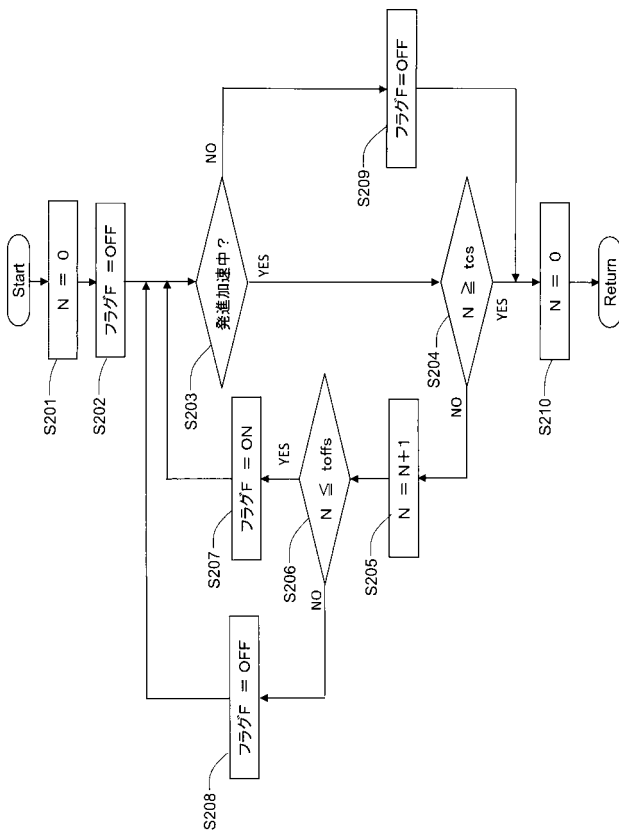
【図6】



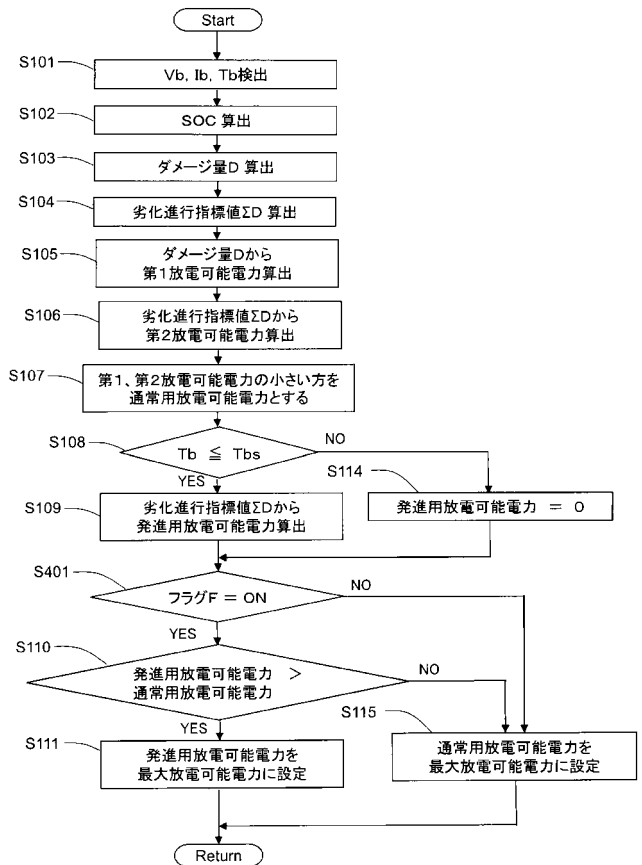
【図7】



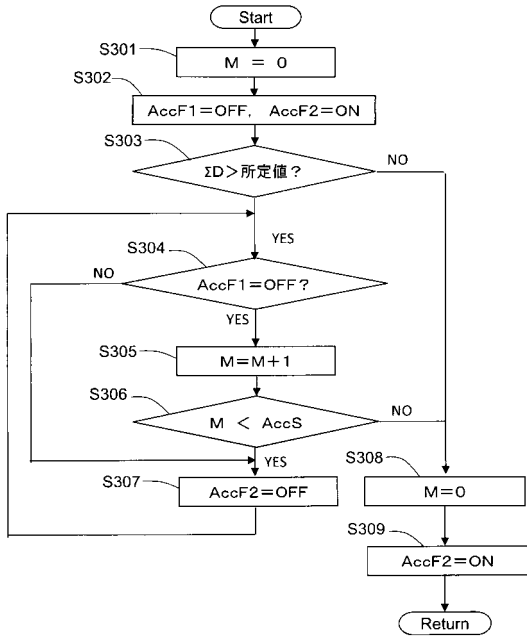
【図8】



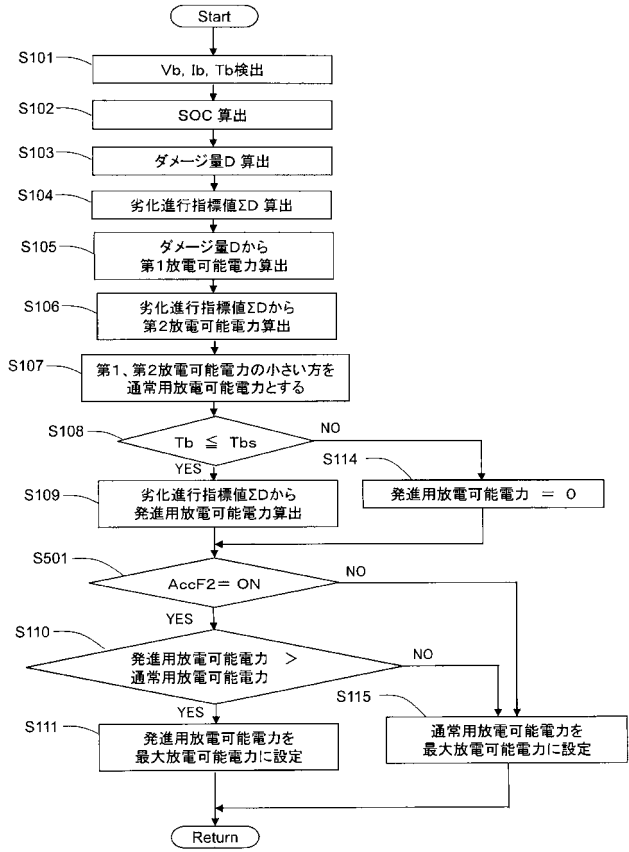
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
B 6 0 L	11/18	(2006.01)	G 0 1 R	31/36		A
B 6 0 L	3/00	(2006.01)	B 6 0 L	11/18		A
			B 6 0 L	3/00		S
			H 0 2 J	7/00		Y

(72)発明者 中村 卓磨
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 田川 洋輔
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 吉田 寛史
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 2G216 AA02 AB01 BA21 BA72 CA04
5G503 AA01 BA01 BB02 CA01 CA11 CB11 DA08 EA08 FA06 GD02
GD03 GD04 GD06
5H030 AA01 AA10 AS06 AS08 BB21 FF22 FF42 FF43 FF44
5H125 AA01 AC12 BC06 BC09 DD06 EE22 EE25 EE29