

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5387597号  
(P5387597)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月18日(2013.10.18)

(51) Int. Cl.

F 1

**B60L 7/24 (2006.01)**  
**B60T 8/17 (2006.01)**  
**B60K 6/445 (2007.10)**  
**B60W 10/18 (2012.01)**  
**B60W 20/00 (2006.01)**

B60L 7/24 D  
 B60T 8/17 C  
 B60K 6/445  
 B60K 6/20 370  
 B60K 6/20 330

請求項の数 4 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-45080 (P2011-45080)  
 (22) 出願日 平成23年3月2日(2011.3.2)  
 (65) 公開番号 特開2012-182934 (P2012-182934A)  
 (43) 公開日 平成24年9月20日(2012.9.20)  
 審査請求日 平成24年2月10日(2012.2.10)

(73) 特許権者 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 110001195  
 特許業務法人深見特許事務所  
 (72) 発明者 南浦 啓一  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 原 賢一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リチウムイオン二次電池からなるバッテリーと、液圧発生回路から供給される液圧に応じた制動力を車輪に作用させるように構成された制動装置と、前記車輪との間で回転力を相互に伝達可能に構成されたモータジェネレータと、前記モータジェネレータの出力トルクを制御するように前記バッテリーと前記モータジェネレータとの間で双方向の電力変換を実行するための電力制御器とを搭載した車両の制御装置であって、

前記バッテリーの充放電履歴に基づいて、前記バッテリーの負極電位がリチウム基準電位まで低下することを防止するように前記バッテリーの充電電力上限値を調整するための充電制御手段と、

調整された前記充電電力上限値の範囲内で前記モータジェネレータが回生制動力を発生するように、ブレーキペダル操作に対応した要求制動力に対する、前記制動装置による液圧制動力と前記回生制動力との分担を決定するための制動制御手段と、

前記液圧発生回路における液圧応答レートの実績値を検出するための検出手段とを備え、

前記充電制御手段は、

前記負極電位の低下を防止するために前記充電電力上限値を制限することによって前記バッテリーの充電電流を制限する際における前記充電電力上限値を低下させる時間変化率を示す制限レートを、前記検出手段によって検出された前記液圧応答レートに応じて、前記液圧応答レートが高くなるほど前記制限レートが高い値となるように可変に設定するため

の設定手段を含む、車両の制御装置。

【請求項 2】

前記充電制御手段は、

前記充放電履歴に基づいて前記バッテリーの負極にリチウム金属が析出しない最大電流として入力許容電流値を逐次設定するとともに、当該入力許容電流値に対してマージンを有するように入力電流制限目標値を決定するための手段と、

前記バッテリーの充電電流が前記入力電流制限目標値を超えたときに、前記充電電力上限値を前記制限レートに従って減少させるための手段とをさらに含む、請求項 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 3】

前記設定手段は、

前記検出手段によって検出された前記液圧応答レートを前記制動装置の制動力の変化レートに換算する手段と、

換算された前記制動力の変化レートと前記モータジェネレータの回転速度との積に基づいて、前記制限レートを設定する、請求項 2 に記載の車両の制御装置。

【請求項 4】

前記入力電流制限目標値は、前記制限レートが高い程前記マージンが小さい値となるように設定される、請求項 2 または 3 記載の車両の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、車両の制御装置に関し、より特定的には、回生制動力および液圧制動力によるブレーキ協調制御に関する。

【背景技術】

【0002】

車両駆動用電動機を搭載したハイブリッド車や電気自動車等の電動車両では、制動時には車両駆動用電動機による回生制動力と、液圧制動装置による制動力（以下、液圧制動力とも称する）とを協調させて、車両全体での要求制動力を確保する制動力制御が実用化されている（たとえば、特許文献 1～3）。以下では、このような制動力制御を「ブレーキ協調制御」とも称する。回生制動による発電電力を車載蓄電装置の充電電力として回収することによって、車両のエネルギー効率すなわち燃費が改善される。

【0003】

特開 2004 - 196064 号公報（特許文献 1）には、回生制動および摩擦制動のブレーキ協調制御において、回生制動から摩擦制動への切替時に、摩擦制動の指令値に対する応答遅れで車両減速度不足が発生するのを防止するための技術が記載される。具体的には、回生制動トルクの分担率を低下させて、その分摩擦制動の分担率を高める分担率変更時に、回生制動トルクの低下割合を摩擦制動トルクの応答遅れに応じて抑制することが記載されている。

【0004】

また、特開 2004 - 155403 号公報（特許文献 2）には、複合ブレーキの協調制御装置として、ホイールシリンダ液圧規範モデルに基づいて液圧制御誤差に起因する制動トルクを算出するとともに、この制御誤差分を考慮して回生制動トルクの指令値を補正することが記載されている。

【0005】

また、特開 2010 - 141997 号公報（特許文献 3）には、電動車両のブレーキ協調制御において、蓄電装置の充電電力上限値の変化速度に対応して、回生制動力を制限する充電電力上限値の基準値を可変に設定することが記載されている。これにより、回生制動および液圧制動の両方を使用する状態から液圧制御のみを使用する状態への移行時に、液圧上昇のために必要となる時間を確保することができる。

【0006】

10

20

30

40

50

一方、車載蓄電装置として、リチウムイオン二次電池の適用が進められている。リチウムイオン二次電池は、エネルギー密度が高く、出力電圧が高いことから、大きな電池容量および高電圧を必要とする車載蓄電装置として好適である。

【0007】

しかしながら、リチウムイオン二次電池は、使用態様によっては、負極表面にリチウム金属が析出することによって、電池の発熱あるいは性能低下を招く虞があることが知られている。そのため、国際公開第2010/005079号(特許文献4)には、リチウムイオン二次電池の負極でのリチウム金属の析出を抑制するために、充放電履歴に基づき、バッテリーへの入力許可電力を調整する制御が記載されている。具体的には、バッテリー電流の履歴に基づいて、リチウム金属が析出しない最大電流値を逐次算出するとともに、バッテリー電流が当該最大電流値を超えないように、バッテリーへの入力許可電力を調整することが記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2004-196064号公報

【特許文献2】特開2004-155403号公報

【特許文献3】特開2010-141997号公報

【特許文献4】国際公開第2010/005079号

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献1~3に記載されるようなブレーキ協調制御を行なう車両では、減速時に回生制動力の比率を高めるほど、燃費を向上できる。したがって、リチウムイオン二次電池を車載蓄電装置とする車両では、リチウム金属析出を抑制した上で、可能な限り回生制動の分担を高めることが好ましい。

【0010】

しかしながら、特許文献4に示されるように、リチウム金属の析出が懸念されるような充電状態となった場合には、バッテリーへの充電電力を制限する必要があるため、回生制動力も制限される。このような充電制限を開始すると、ブレーキ協調制御によって、リチウム金属の析出を抑制するために回生制動力を低下する一方で、その低下分を液圧制動力に置換えることが必要となる。

30

【0011】

この際に、回生制動力を高いレートで変化させると、特許文献1~3にも記載されるように、液圧制動力の応答遅れの問題から、車両制動力に瞬間的な変動が生じる虞がある。このような制動力の変動が生じると、車両の制動性能には影響がなくとも、車両ユーザに違和感を与える可能性がある。したがって、回生電力の確保によるエネルギー効率の向上と、瞬間的な制動力変動の抑制との両立が課題となる。

【0012】

この発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、この発明の目的は、リチウムイオン二次電池を搭載した車両において、リチウム金属の析出を抑制するように充電を制限する制御を実行した上で、回生発電による回収エネルギーを確保しつつ、当該制御の影響による車両制動力の瞬間的な変動によって車両ユーザに違和感を与えることがないように、ブレーキ協調制御を行なうことである。

40

【課題を解決するための手段】

【0013】

この発明のある局面においては、車両の制御装置であって、車両は、リチウムイオン二次電池からなるバッテリーと、液圧発生回路から供給される液圧に応じた制動力を車輪に作用させるように構成された制動装置と、車輪との間で回転力を相互に伝達可能に構成されたモータジェネレータと、モータジェネレータの出力トルクを制御するようにバッテリーと

50

モータジェネレータとの間で双方向の電力変換を実行するための電力制御器とを備える。制御装置は、バッテリーの充放電履歴に基づいて、バッテリーの負極電位がリチウム基準電位まで低下することを防止するようにバッテリーの充電電力上限値を調整するための充電制御手段と、調整された充電電力上限値の範囲内でモータジェネレータが回生制動力を発生するように、ブレーキペダル操作に対応した要求制動力に対する、制動装置による液圧制動力と回生制動力との分担を決定するための制動制御手段と、液圧発生回路における液圧応答レートの実績値を検出するための検出手段とを備える。そして、充電制御手段は、負極電位の低下を防止するために充電電力上限値を制限することによってバッテリーの充電電流を制限する際における充電電力上限値の制限度合を、検出手段によって検出された液圧応答レートに応じて可変に設定するための設定手段を含む。

10

## 【0014】

好ましくは、設定手段は、バッテリーの充電電流を制限する際に充電電力上限値を低下させる時間変化率を示す制限レートを、液圧応答レートが高くなるほど高い値に設定する。そして、充電制御手段は、充放電履歴に基づいてバッテリーの負極にリチウム金属が析出しない最大電流として入力許容電流値を逐次設定するとともに、当該入力許容電流値に対して、制限レートが高いほど小さい値に設定されるマージンを有するように入力電流制限目標値を決定するための手段と、バッテリーの充電電流が入力電流制限目標値を超えたときに、充電電力上限値を制限レートに従って減少させるための手段とをさらに含む。

## 【0015】

さらに好ましくは、設定手段は、検出手段によって検出された液圧応答レートを制動装置の制動力の変化レートに換算する手段と、換算された制動力の変化レートとモータジェネレータの回転速度との積に基づいて、制限レートを設定する。

20

## 【0016】

また好ましくは、充電電力上限値の制限を開始する条件は、制限度合が高いほど緩和される。

## 【発明の効果】

## 【0017】

この発明によれば、リチウムイオン二次電池を搭載した車両において、リチウム金属の析出を抑制するように充電を制限する制御を実行した上で、回生発電による回収エネルギーを確保しつつ、当該制御の影響による車両制動力の瞬間的な変動によって車両ユーザに違和感を与えることがないように、ブレーキ協調制御を行なうことができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明の実施の形態による車両の制御装置を搭載した車両の代表例として示されるハイブリッド車の概略構成を説明するブロック図である。

【図2】図1に示したブレーキ液圧回路の具体的な構成例を示すブロック図である。

【図3】回生制動力および液圧制動力によるブレーキ協調制御の例を説明する概念図である。

【図4】図1に示したハイブリッド車5におけるブレーキ協調制御の制御処理手順を示すフローチャートである。

40

【図5】本発明の実施の形態によるハイブリッド車で実行されるLi析出抑制制御を説明する波形図である。

【図6】Li析出抑制制御による回生制限を説明する波形図である。

【図7】ブレーキ液圧回路における液圧制御の応答遅れを説明する概念的な波形図である。

【図8】本発明の実施の形態による車両におけるLi析出抑制制御と組み合わされたブレーキ協調制御を説明する機能ブロック図である。

【図9】本発明の実施の形態による車両におけるLi析出抑制制御によるWinの設定処理を説明するフローチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 1 9 】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則的に繰返さないものとする。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 は、本発明の実施の形態による車両の制御装置を搭載した車両の代表例として示されるハイブリッド車の概略構成を説明するブロック図である。

## 【 0 0 2 1 】

図 1 を参照して、ハイブリッド車 5 は、制動装置 1 0 と、駆動輪 1 2 と、リダクションギヤ 1 4 と、エンジン 2 0 と、発電およびエンジン始動用の第 1 モータジェネレータ（以下、第 1 M G と記載する） 4 0 と、車両駆動用の第 2 モータジェネレータ（以下、第 2 M G と記載する） 6 0 と、ブレーキ液圧回路 8 0 と、動力分割機構 1 0 0 と、変速機 2 0 0 とを含む。

10

## 【 0 0 2 2 】

ハイブリッド車 5 は、電力制御ユニット 1 6 と、リチウムイオン二次電池によって構成されるバッテリー 1 8 と、ブレーキペダル 2 2 と、ブレーキ E C U (Electronic Control Unit) 3 0 0 と、H V - E C U 3 0 2 と、エンジン E C U 3 0 4 と、電源 E C U 3 0 6 とをさらに含む。代表的には、各 E C U は、図示しない、C P U (Central Processing Unit)、メモリ、入出力ポートおよび通信ポートを含むマイクロコンピュータによって構成される。各 E C U の少なくとも一部は、電子回路等のハードウェアにより所定の数値・論理演算処理を実行するように構成されてもよい。

20

## 【 0 0 2 3 】

ブレーキ E C U 3 0 0 と、H V - E C U 3 0 2 と、エンジン E C U 3 0 4 と、電源 E C U 3 0 6 とは、通信バス 3 1 0 を用いて相互に通信可能に接続される。

## 【 0 0 2 4 】

電源 E C U 3 0 6 には、I G スイッチ 3 6 が接続される。電源 E C U 3 0 6 は、運転者が I G スイッチ 3 6 に対してハイブリッド車 5 のシステムを起動する操作をした場合に、ブレーキペダル 2 2 が踏み込まれていることを条件として、図示しない I G リレー（あるいは、I G リレーおよび A C C リレー）をオンする。これに応じて、ハイブリッド車 5 を構成する電気機器群に電源が供給されることによって、ハイブリッド車 5 が走行可能な状態となる。

30

## 【 0 0 2 5 】

なお、本実施の形態においては、ブレーキ E C U 3 0 0 と、H V - E C U 3 0 2 と、エンジン E C U 3 0 4 と、電源 E C U 3 0 6 とは、別個の E C U として説明したが、これら複数の E C U のうちの一部または全部の機能を統合した E C U を設けてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

エンジン 2 0 は、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンなどの燃料を燃焼させて動力を出力する公知の内燃機関であって、スロットル開度（吸気量）や燃料供給量、点火時期などの運転状態を電氣的に制御できるように構成されている。エンジン 2 0 には、エンジン回転数センサ 3 4 が設けられる。エンジン回転数センサ 3 4 は、エンジン 2 0 の回転数を検出して、検出されたエンジン 2 0 の回転数を示す信号をエンジン E C U 3 0 4 に送信する。

40

## 【 0 0 2 7 】

エンジン E C U 3 0 4 は、エンジン回転数センサ 3 4 を始めとする各種センサからの信号に基づいて、エンジン 2 0 が H V - E C U 3 0 2 によって定められた目標回転数および目標トルクで動作するように、エンジン 2 0 の燃料噴射量、点火時期および吸入空気量等を制御する。

## 【 0 0 2 8 】

バッテリー 1 8 は、リチウムイオン二次電池によって構成される。リチウムイオン二次電池は、エネルギー密度が高く、他の二次電池に比べ初期回路電圧および平均動作電圧が高い。このことから、リチウムイオン二次電池は、大きな電池容量、高い電圧を必要とする車

50

両の車載蓄電装置に好適である。また、リチウムイオン二次電池は、クーロン効率が100%に近いことから充放電効率が高く、したがって、他の二次電池に比べエネルギーの有効利用が可能であるという利点も有する。

【0029】

しかしながら、特許文献4にも示されるように、リチウムイオン二次電池は、充電条件によっては、負極表面にリチウム金属が析出する虞がある。このため、本実施の形態では、特許文献4と同様に、リチウムイオン二次電池でのリチウム金属析出を抑制するためにバッテリー18への充電を制限する制御(以下、「Li析出抑制制御」とも称する)を実行するものとする。

【0030】

バッテリー18には、バッテリー18の状態値を検出するためのバッテリーセンサ19が設けられる。たとえば、バッテリーセンサ19は、状態値として、バッテリー電流 $I_b$ 、バッテリー電圧 $V_b$ およびバッテリー温度 $T_b$ を検出するように構成される。バッテリーセンサ19によって検出された状態値は、HV-ECU302へ送信される。

【0031】

以下では、バッテリー電流 $I_b$ について、バッテリー18の放電時には正值( $I_b > 0$ )とする一方で、充電時には負値( $I_b < 0$ )で示すものとする。HV-ECU302は、逐次送信されるバッテリー電流 $I_b$ に基づいて、バッテリー18の充放電履歴を把握することができる。

【0032】

第1MG40および第2MG60の各々は、たとえば、三相交流回転電機であって、電動機(モータ)としての機能と発電機(ジェネレータ)としての機能とを有する。

【0033】

第1MG40および第2MG60には、図示しないロータの回転位置(角度)を検出するための回転位置センサ41および61が、それぞれ設けられる。

【0034】

第1MG40および第2MG60は、電力制御ユニット(PCU)16を介して、バッテリー18と接続される。PCU16は、図示しない複数の電力用半導体スイッチング素子を含んで構成されたインバータおよび/またはコンバータを有する。PCU16は、HV-ECU302からの制御指示に従って、第1MG40および第2MG60と、バッテリー18との間の双方向の電力変換を実行する。HV-ECU302は、第1MG40の出力トルクおよび第2MG60の出力トルクを、それぞれのトルク指令値に合致させるように、PCU16における電力変換を制御する。

【0035】

動力分割機構100は、エンジン20と第1MG40との間に設けられるプラネタリギヤである。動力分割機構100は、エンジン20から入力された動力を、第1MG40への動力とドライブシャフト164を介在させて駆動輪12に連結されるリダクションギヤ14への動力とに分割する。ドライブシャフト164には、車速センサ165が設けられる。車速センサ165によって検出されたドライブシャフト164の回転数に基づいて、ハイブリッド車5の車速 $V$ が検出される。

【0036】

動力分割機構100は、第1リングギヤ102と、第1ピニオンギヤ104と、第1キャリア106と、第1サンギヤ108とを含む。第1サンギヤ108は、第1MG40の出力軸に連結された外歯歯車である。第1リングギヤ102は、第1サンギヤ108に対して同心円上に配置された内歯歯車である。第1リングギヤ102は、第1リングギヤ102とともに回転するリングギヤ軸102aを介して、リダクションギヤ14に連結される。第1ピニオンギヤ104は、第1リングギヤ102および第1サンギヤ108のそれぞれに噛合う。第1キャリア106は、第1ピニオンギヤ104を自転かつ公転自在に保持し、エンジン20の出力軸に連結される。

【0037】

10

20

30

40

50

すなわち、第1キャリア106が入力要素であって、第1サンギヤ108が反力要素であって、第1リングギヤ102が出力要素である。そして、リングギヤ軸102aに出力された駆動力(トルク)が、リダクションギヤ14およびドライブシャフト164を經由して、駆動輪12へ伝達される。

**【0038】**

エンジン20の作動中においては、第1キャリア106に入力されるエンジン20の出力トルクに対して、第1MG40による反力トルクを第1サンギヤ108に入力すると、これらのトルクを加減算した大きさのトルクが、出力要素である第1リングギヤ102に現れる。その場合、第1MG40のロータがそのトルクによって回転されるので、第1MG40は発電機として機能する。また、第1リングギヤ102の回転数(出力回転数)を一定とした場合、第1MG40の回転数を変化させることにより、エンジン20の回転数を連続的に(無段階に)変化させることができる。すなわち、エンジン回転数をたとえば燃費が最もよい回転数に設定する制御を、第1MG40を制御することによって行なうことができる。その制御は、HV-ECU302によって行われる。

10

**【0039】**

ハイブリッド車5の走行中にエンジン20を停止させている場合には、第2MG60が正回転する一方で第1MG40が逆回転している。その状態から第1MG40を電動機として機能させて正回転方向にトルクを出力させると、第1キャリア106に連結されているエンジン20に正回転方向のトルクを作用させることができる。したがって、第1MG40によってエンジン20を始動(モータリングあるいはクランキング)することができる。その場合、リダクションギヤ14にはその回転を止める方向のトルクが作用する。したがって、車両を走行させるための駆動力は、第2MG60の出力トルクを制御することにより維持できるとともに、同時にエンジン20の始動を円滑に行なうことができる。図1に示されるハイブリッド車5のハイブリッド形式は、機械分配式あるいはスプリットタイプと称されている。

20

**【0040】**

ハイブリッド車5の回生制動時には、リダクションギヤ14および変速機200を經由して、駆動輪12により第2MG60が駆動されるので、第2MG60は発電機として作動する。これにより第2MG60は、制動エネルギーを電力に変換する回生ブレーキとして作用する。第2MG60により発電された電力は、PCU16を經由してバッテリー18に蓄えられる。第2MG60の発電電力は、第2MG60のトルクおよび回転数の積によって決まるので、第2MG60のトルクによって、回生制動による発電電力を調整することができる。

30

**【0041】**

変速機200は、リダクションギヤ14と第2MG60との間に設けられるプラネタリギヤである。変速機200は、第2MG60の回転数を变速してリダクションギヤ14に伝達する。なお、変速機200を省略し、第2MG60の出力軸をリダクションギヤ14に直結する構成としてもよい。

**【0042】**

変速機200は、第2リングギヤ202と、第2ピニオンギヤ204と、第2キャリア206と、第2サンギヤ208とを含む。第2サンギヤ208は、第2MG60の出力軸に連結された外歯歯車である。第2リングギヤ202は、第2サンギヤ208に対して同心円上に配置された内歯歯車である。第2リングギヤ202は、リダクションギヤ14に連結される。第2ピニオンギヤ204は、第2リングギヤ202および第2サンギヤ208のそれぞれに噛合う。第2キャリア206は、第2ピニオンギヤ204を自転かつ公転自在に保持する。第2キャリア206は、回転しないように、図示しないケース等に固定される。

40

**【0043】**

変速機200は、摩擦係合要素を用いてHV-ECU302からの制御信号に基づいてプラネタリギヤの各要素の回転を制限したり、回転を同期させたりすることによって、第

50

2MG60の回転速度を1段階あるいは複数の段階で変速してリダクションギヤ14に伝達するものであってもよい。

【0044】

HV-ECU302は、車両状態に適した走行を行なうための走行制御を実行する。たとえば、車両発進時および低速走行時には、エンジン20を停止した状態で、第2MG60の出力によってハイブリッド車5は走行する。定常走行時には、エンジン20を始動して、エンジン20および第2MG60の出力によってハイブリッド車5は走行する。特に、エンジン20を高効率の動作点で動作させることによって、ハイブリッド車5の燃費が向上する。具体的には、HV-ECU302は、図示しないアクセルペダルの操作量を反映して、車両全体の要求駆動力を設定するとともに、上記走行制御が実現されるように、

10

【0045】

また、HV-ECU302は、バッテリーセンサ19によって検出された状態値(バッテリー電流I<sub>b</sub>, バッテリ電圧V<sub>b</sub>, バッテリ温度T<sub>b</sub>)に基づいて、バッテリー18のSOC(State of Charge)を推定する。SOCは、満充電量に対する現在の充電量を百分率で示した値で示される。SOCの推定手法については、公知の任意の手法を適用できるため、詳細な説明は繰返さない。

【0046】

さらに、HV-ECU302は、少なくともSOCに基づいて、バッテリー18へ充電する電力の制限値を示す入力許可電力値(以下、Winとも称する)、およびバッテリー18から放電する電力の制限値を示す出力許可電力値(以下、Woutとも称する)を設定する。バッテリー18への入出力電力(以下、単にバッテリー電力とも称する)についても、バッテリー18の放電時には正值とする一方で、充電時には負値で示す。このため、Woutは零または正值であり(Wout=0)、Winは零または負値である(Win=0)。HV-ECU302は、バッテリー電力がWin~Woutの電力範囲に収まるように制限して、第1MG40および第2MG60の動作指令値を設定する。

20

【0047】

次に、ハイブリッド車5のブレーキシステムについて説明する。

制動装置10は、ブレーキキャリパ160と、円板形状のブレーキディスク162とを含む。ブレーキディスク162は、ドライブシャフト164に回転軸が一致するように固定される。ブレーキキャリパ160は、ホイールシリンダ(図1には示さず)とブレーキパッドとを含む。ブレーキ液圧回路80からブレーキキャリパ160に液圧が供給されることによって、ホイールシリンダが作動する。作動したホイールシリンダがブレーキパッドをブレーキディスク162に押し付けることによって、ブレーキディスク162の回転が制限される。これにより、制動装置10は、ブレーキ液圧回路80からの供給液圧P<sub>wc</sub>に応じた液圧制動力を発生する。すなわち、制動装置10は「制動装置」に対応する。

30

【0048】

ブレーキ液圧回路80は、ブレーキECU300からの動作指令に応じて制御されて、制動装置10への供給液圧P<sub>wc</sub>を制御する。すなわちブレーキ液圧回路80は、「液圧発生回路」に対応する。

40

【0049】

図2は、図1に示したブレーキ液圧回路80の具体的な構成例を示すブロック図である。

【0050】

図2を参照して、ブレーキ液圧回路80は、液圧ブースタ81と、ポンプモータ82と、アキュムレータ83と、リザーバ84と、ブレーキアクチュエータ85と、ストロークシミュレータ89とを含む。

【0051】

ブレーキアクチュエータ85は、切換レノイドバルブSSC, SMC, SRC, SCC

50

と、通常ブレーキ時のホイールシリンダ油圧を制御するためのリニアソレノイドバルブ S L A , S L R と、制御ソレノイドバルブ F L H , F L R , F R H , F R R , R L H , R L R , R R H , R R R と、液圧センサ 8 6 ~ 8 8 とを含む。各ソレノイドバルブの動作は、ブレーキ E C U 3 0 0 からの制御信号 S v 1 に応答して制御される。

【 0 0 5 2 】

液圧ブースタ 8 1 は、ブレーキペダル 2 2 の踏力を増幅するように、当該踏力に応じた液圧（レギュレータ圧 P r g ）を発生するように構成される。液圧ブースタ 8 1 からのレギュレータ圧 P r g は、液圧センサ 8 7 によって検出することができる。液圧センサ 8 7 による検出値は、ブレーキ E C U 3 0 0 へ送出される。

【 0 0 5 3 】

ブレーキ E C U 3 0 0 は、検出されたレギュレータ圧 P r g に基づいて、ブレーキペダル 2 2 の操作量（踏力）を検知することが可能である。あるいは、ブレーキペダル 2 2 の操作量を直接検出するストロークセンサを設けることによって、ブレーキペダル 2 2 の操作量（踏力）を検知することも可能である。

【 0 0 5 4 】

ストロークシミュレータ 8 9 は、ドライバに最適なブレーキフィーリングを与えるように、ブレーキペダル 2 2 の操作に応じた反力をブレーキペダル 2 2 に作用させるように構成される。

【 0 0 5 5 】

ポンプモータ 8 2 は、リザーバ 8 4 に蓄積された作動流体を増圧する。ポンプモータ 8 2 から出力された作動流体は、アキュムレータ 8 3 を経由して、ブレーキアクチュエータ 8 5 へ供給される。この供給液圧（アキュムレータ圧 P a c ）は、液圧センサ 8 8 によって検出することができる。液圧センサ 8 8 によるアキュムレータ圧 P a c の検出値は、ブレーキ E C U 3 0 0 へ送出される。ブレーキ E C U は、アキュムレータ圧が指令値と一致するように、ポンプモータ 8 2 を制御する。

【 0 0 5 6 】

切換ソレノイドバルブ S S C は、ストロークシミュレータ 8 9 へ通じる経路を開閉する。切換ソレノイドバルブ S C C は、後輪側の流体路 9 0 および前輪側の流体路 9 1 の間の経路を開閉する。切換ソレノイドバルブ S M C は、液圧ブースタ 8 1 から流体路 9 0 への経路を開閉する。切換ソレノイドバルブ S R C は、液圧ブースタ 8 1 から流体路 9 1 への経路を開閉する。切換ソレノイドバルブ S M C , S R C は通常閉じられており、切換ソレノイドバルブ S R C は、通常開かれている。

【 0 0 5 7 】

リニアソレノイドバルブ S L A , S L R は、液圧センサ 8 6 によって検出される、流体路 9 0 , 9 1 の液圧（ホイールシリンダ圧 P w c ）を制御する。液圧センサ 8 6 によるホイールシリンダ圧 P w c の検出値は、ブレーキ E C U 3 0 0 へ送出される。

【 0 0 5 8 】

ブレーキ E C U 3 0 0 は、ホイールシリンダ圧 P w c が目標液圧に一致するように、リニアソレノイドバルブ S L A , S L R の開度を制御する。ホイールシリンダ圧を増圧するときには、リニアソレノイドバルブ S L A の開度 > 0 とされる一方でリニアソレノイドバルブ S L R は閉状態（開度 = 0 ）とされる。これに対して、ホイールシリンダ圧を減圧するときには、リニアソレノイドバルブ S L R の開度 > 0 とされる一方でリニアソレノイドバルブ S L A は閉（開度 = 0 ）される。

【 0 0 5 9 】

制御ソレノイドバルブ F L H , F L R , F R H , F R R , R L H , R L R , R R H , R R R は、A B S （Anti-lock Brake System）やトラクションコントロールシステム等の作動時に、各車輪のホイールシリンダ 1 6 1 への供給液圧を独立に制御するために設けられる。制御ソレノイドバルブは、対応のホイールシリンダ 1 6 1 への供給液圧を保持するための保持バルブ F L H , F R H , R L H , R R H と、対応のホイールシリンダ 1 6 1 への供給液圧を低下するための減圧バルブ F L R , F R R , R L R , R R R とを含む。A B

10

20

30

40

50

S等の非作動時には、各制御ソレノイドバルブは閉に維持される。

【0060】

通常ブレーキ時には、リニアソレノイドバルブSLA, SLRによって制御されたホイールシリンダ圧Pwcが、各ホイールシリンダ161へ共通に供給される。すなわち、液圧センサ86によって検出されるホイールシリンダ圧Pwcは、図1に示された、制動装置10への供給液圧Pwcに対応する。

【0061】

なお、ブレーキアクチュエータ85の異常時には、切換ソレノイドバルブSMC, SRCが開状態とされることにより、液圧ブースタ81からのブレーキ踏力に応じた液圧(レギュレータ圧)が、各ホイールシリンダ161へ供給される。また、異常個所に応じて切

10

【0062】

再び図1を参照して、ハイブリッド車5では、ドライバによるブレーキペダル22の操作に対応した車両全体での要求制動力(トータル制動力)を、第2MG60による回生制動力と、制動装置10による液圧制動力とで分担して出力するブレーキ協調制御が実行される。図3には、液圧制動および回生制動によるブレーキ協調制御の一例が示される。

【0063】

図3を参照して、W10はドライバのブレーキペダル操作に基づくトータル制動力を示している。一方で、W20は第2MG60によって発生される回生制動力を示している。回生制動力および液圧制動力の和によって、トータル制動力が確保されることが理解される。なお、図示しないが、エンジンを搭載するハイブリッド車においては、上記の液圧制動力と回生制動力に加えて、いわゆるエンジンブレーキによる機関制動力も発生される。したがって、厳密には、必要に応じて機関制動力も考慮に入れた上で、回生制動力および液圧制動力が決められる。ただし、以下では、記載を簡単にするために、機関制動力=0として説明を進める。

20

【0064】

ここで、回生制動力すなわち、第2MG60が出力する制動トルクは、バッテリー18への入力電力がWinを超えない範囲内(すなわち、 $P_b > W_{in}$ となる範囲内)に制限される。したがって、Winが制限されると、図3に示される本来の回生制動力が確保でき

30

【0065】

この際には、回生制動力の減少分に対応させて、液圧制動力を増加させる必要がある。しかしながら、特許文献1等にも記載されるように、回生制動力が急激に減少してしまうような場合には、液圧制動力の増加(液圧の上昇)が追従できず、目標とするトータル制動力が瞬間的に確保できなくなってしまう可能性がある。そうすると、車両の制動性能には影響がなくとも、車両ユーザに違和感を与える可能性がある。

【0066】

したがって、本実施の形態による車両では、Li析出抑制制御の適用を考慮したブレーキ協調制御における回生電力の制限を、以下のように設定する。

40

【0067】

図4は、図1に示したハイブリッド車5におけるブレーキ協調制御の制御処理手順を示すフローチャートである。

【0068】

図4に示すフローチャートによる制御処理は、一定の制御周期毎にHV-ECU302によって実行される。また、図4に示した各ステップは、HV-ECU302によるソフトウェア処理および/またはハードウェア処理によって実現されるものとする。

【0069】

50

図4を参照して、HV-ECU302は、ステップS100により、ハイブリッド車5の車両状態を入力する。車両状態には、ブレーキペダル22の操作量であるブレーキペダル操作量BPと、車速Vと、第1MG40の回転数Nm1と、第2MG60の回転数Nm2とが含まれる。

【0070】

ブレーキペダル操作量BPは、たとえば、図2の液圧センサ87によって検出されたレギュレータ圧Pr gに基づいて検知される。車速Vは、車速センサ165の出力に基づいて検知される。回転数Nm1, Nm2は、第1MG40および第2MG60に取付けられた回転位置センサ41, 61の出力に基づいて演算できる。

【0071】

HV-ECU302は、ステップS110により、ハイブリッド車5の車両状態に基づいて、車両全体での要求制動トルクTr \*を設定する。要求制動トルクTr \*は、図3に示したトータル制動力に対応する。

【0072】

代表的には、要求制動トルクTr \*は、ステップS100で入力されたブレーキペダル操作量BPおよび車速Vに基づいて、リングギヤ軸102aに出力すべき制動トルクとして算出される。たとえば、ブレーキペダル操作量BPおよび車速Vと要求制動トルクTr \*との関係を予め定めたマップを予め作成して、HV-ECU302内の図示しないメモリに記憶しておくことができる。そして、ステップS110では、ステップS100で入力されたブレーキペダル操作量BPおよび車速Vに基づいて当該マップを参照することによって、要求制動トルクTr \*を設定することができる。

【0073】

続いて、HV-ECU302は、ステップS120により、バッテリー18のWinを讀込む。Winを設定するための制御処理については、後ほど詳細に説明する。|Win| (Win 0)は、現在(当該制御周期)における、バッテリー18の充電電力の大きさの最大値、すなわち「充電電力上限値」を示す。また、充電時(Ib < 0)におけるバッテリー電流Ibの大きさ(|Ib|)について、以下では「充電電流」とも表記する。

【0074】

HV-ECU302は、ステップS130では、図3に示したブレーキ協調制御に従って、要求制動トルクTr \*のうちの回生制動トルクの分担量を決定する。この分担量に基づいて、回生制動力を発生する第2MG60のトルク指令値(第2MGトルクTm2 \*)が設定される。

【0075】

回生制動の際に、第2MG60は、トルクおよび回転数の積に従った電力を発電する。したがって、バッテリー電力(Pb = Vb · Ib)が、ステップS120で讀込まれたWinを超えないようにする必要がある。すなわち、|Pb| < |Win|とする必要がある。したがって、ステップS130では、|Pb| < |Win|となる範囲内に限定した上で、ブレーキ協調制御のための第2MGトルクTm2 \*が設定される。

【0076】

さらに、HV-ECU302は、ステップS140では、下記(1)式に従って液圧ブレーキトルクTbk \*を設定する。なお、(1)式中のGrは、変速機200の減速比である。

【0077】

$$Tbk * = Tr * - Tm2 * \cdot Gr \quad \dots (1)$$

このようにして、要求制動トルクTr \*を、回生制動トルク(Tm2 \*)および液圧ブレーキトルク(Tbk \*)によって分担するブレーキ協調制御が実現される。すなわち、ステップS100 ~ S140の処理によって、「制動制御手段」の機能が実現される。

【0078】

さらに、HV-ECU302は、ステップS150により、ステップS140で設定された液圧ブレーキトルクTbk \*をブレーキECU300(図1)に出力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

ブレーキ E C U 3 0 0 は、液圧ブレーキトルク T b k \* に基づいて、制動装置 1 0 に供給する目標液圧を算出する。そして、液圧センサ 8 6 によって検出されたホイールシリンダ圧 ( P w c ) がこの目標液圧に一致するように、図 2 に示したブレーキアクチュエータ 8 5 を制御する。

## 【 0 0 8 0 】

次に、リチウムイオン二次電池によって構成されるバッテリー 1 8 に対する L i 析出抑制制御について説明する。

## 【 0 0 8 1 】

図 5 および図 6 は、本発明の実施の形態によるハイブリッド車 5 で実行される L i 析出抑制制御を説明する波形図である。

10

## 【 0 0 8 2 】

図 5 を参照して、時刻 t 0 からバッテリー電流 I b が負方向に変化して、バッテリー 1 8 の充電が開始される。

## 【 0 0 8 3 】

バッテリー 1 8 の充放電履歴に応じて、バッテリー 1 8 の許容入力電流値 I l i m が設定される。特許文献 4 に記載されるように、許容入力電流値 I l i m は、単位時間内に、バッテリー負極電位がリチウム基準電位まで低下することによってリチウム金属が析出しない最大電流値として求められる。許容入力電流値 I l i m は、特許文献 4 と同様に設定することができる。すなわち、充放電履歴がない状態における許容入力電流値の初期値 I l i m [ 0 ] から、充電継続による減少量、放電継続による回復量、または放置による回復量を制御周期毎に加減算することによって、時刻 t における I l i m [ t ] が逐次求められる。

20

## 【 0 0 8 4 】

さらに、許容入力電流値 I l i m に対するマージン電流 I m r を設定して、リチウム金属の析出を防止するための入力電流制限目標値 I t a g が設定される。特許文献 4 に記載されるように、許容入力電流値 I l i m を正方向にオフセットさせることによって、入力電流制限目標値 I t a g を設定することができる。この場合には、オフセットさせた電流値が、マージン電流 I m r となる。

## 【 0 0 8 5 】

図 5 に示されるように、継続的な充電によって、許容入力電流値 I l i m および入力電流制限目標値 I t a g は、正方向に徐々に変化する。これによって、許容される充電電流 ( | I b | ) は減少することが理解される。そして、時刻 t 1 において、I b が I t a g よりも低くなると ( I b < I t a g ) と、リチウム金属の析出を抑制するために充電電流を制限することが必要となる。

30

## 【 0 0 8 6 】

このため、図 6 に示されるように、時刻 t 1 からバッテリー 1 8 の W i n を正方向に変化させることによって、充電電力 ( すなわち、回生電力 ) が制限される。たとえば、W i n は、一定レート ( 時間変化率 ) によって正方向に変化される。これにより、| W i n |、すなわち、「充電電力上限値」は減少する。この際の W i n の変化レートを、以下では「回生制限レート」とも称する。回生制限レートは、L i 析出抑制制御による充電電力制限 ( 以下、「回生制限」とも称する ) における制限度合の一例に相当する。

40

## 【 0 0 8 7 】

再び図 5 を参照して、時刻 t 1 からの W i n の制限によって充電電流が減少して ( すなわち、I b が正方向に変化 )、時刻 t 2 では、再び、I b > I t a g となる。これにより、図 6 に示されるように、時刻 t 2 からは、回生制限が解除される。これにより、バッテリー 1 8 の W i n は、通常値まで徐々に復帰することになる。

## 【 0 0 8 8 】

このように、大きな充電電流が発生する回生制動時においては、リチウム金属の析出抑制のために、充電電流が入力電流制限目標値 I t a g に達すると、W i n を一定の回生制

50

限レートで変化させる回生制限が開始される。図5および図6から理解されるように、マージン電流  $I_{mr}$  が大きくなるほど、回生制限の開始条件が厳しくなる。一方で、マージン電流  $I_{mr}$  を小さくすると、回生制限の開始条件を緩和することによって、回生発電によって回収されるエネルギーを増やすことができる。

【0089】

回生制動中に、回生制限によって  $W_{in}$  が変化すると、図4のステップ  $S_{120}$ 、 $S_{130}$  の処理によって、回生制動トルクの分担 ( $MG_2$  トルクの絶対値) が減少するとともに、その減少分に対応して、液圧ブレーキトルク  $T_{bk}$  の分担が増加する。これに応じて、ブレーキ  $ECU_{300}$  は、制動装置  $10$  への供給液圧  $P_{wc}$  を上昇させるように、ブレーキ液圧回路  $80$  を制御する。上述のように、この際には、指令値の上昇に対する供給液圧  $P_{wc}$  の上昇に一定の遅れが発生する。これにより、液圧ブレーキトルクが瞬間的に不足するため、瞬間的な車両制動力の変動が生じて、ユーザに違和感を与える虞がある。

【0090】

このような違和感を完全に抑制するために、液圧の制御応答性に対して十分に余裕を有するように、回生制限レートを一律に低く設定する対応が考えられる。しかしながら、回生制限レートを低くしたときには、 $I_b < I_{tag}$  から開始される充電電流の制限も緩やかなものとなる。このため、リチウム金属の析出を防ぐために、 $I_b$  が  $I_{lim}$  に達することを確実に回避する観点から、図5に示したマージン電流  $I_{mr}$  を大きくする必要が生じる。すなわち、回生制限のための充電電力の制限度を低くすると、回生制限を開始する条件を厳しくする必要があり、この結果、 $W_{in}$  が過度に制限されることによって、回生発電による回収エネルギーが減少する。

【0091】

図7には、ブレーキ液圧回路における液圧制御の応答遅れを説明する概念的な波形図が示される。

【0092】

図7を参照して、制動装置  $10$  への供給液圧を上昇する際には、ホイールシリンダ圧の指令値が上昇される。そして、ブレーキ  $ECU_{300}$  は、上昇された指令値にホイールシリンダ圧  $P_{wc}$  が一致するように、図2に示したリニアソレノイドバルブ  $SLA$  を制御する。これにより、ホイールシリンダ圧  $P_{wc}$  (すなわち、制動装置  $10$  への供給油圧) の実績値が、指令値に追従して上昇する。

【0093】

この際にホイールシリンダ圧  $P_{wc}$  が指令値まで上昇するには、一定の所要時間 (遅れ時間)  $T$  が存在する。液圧変化量  $P$  を遅れ時間  $T$  で除算することによって、液圧応答レートの実績値が得られる。

【0094】

遅れ時間  $T$  は、ブレーキアクチュエータ  $85$  の回路状態、あるいは作動流体の状態に応じて変化する。一般的に、低温時には遅れ時間  $T$  が大きくなる傾向にあるが、温度以外の他の要素によっても遅れ時間  $T$  は変化し得る。したがって、温度等の間接的な条件に基づいて、液圧上昇の指令時における液圧応答レートを正確に推定することは困難である。

【0095】

一方、ブレーキ  $ECU_{300}$  は、ホイールシリンダ圧  $P_{wc}$  の指令値の変化に対応してブレーキアクチュエータ  $85$  (リニアソレノイドバルブ  $SLA$ 、 $SLR$ ) に制御指令を出力する際に、指令値と液圧センサ  $86$  の検出値とに基づいて、液圧応答レート ( $P/T$ ) の実績値を逐次求めることが可能である。

【0096】

したがって、本発明の実施の形態では、以下に説明するように、ブレーキ液圧回路  $80$  における液圧応答レートの実績値に基づいて、 $Li$  析出抑制制御の回生制限レートを可変に設定する。

【0097】

10

20

30

40

50

図8は、本発明の実施の形態による車両における、Li析出抑制制御と組み合わせられたブレーキ協調制御を説明する機能ブロック図である。図8に示した各機能ブロックは、ブレーキECU300またはHV-ECU302による、ソフトウェア処理および/またはハードウェア処理により実現することができる。

【0098】

図8を参照して、ブレーキECU300は、液圧制御部315と、応答レート検出部320とを含む。HV-ECU302は、回生制限レート設定部330と、SOC算出部340と、電流判定部350と、Win設定部360とを有する。図8には、HV-ECU302による機能のうちの、Li析出抑制制御に係る「充電制御手段」に関連する部分の機能ブロックが示される。

10

【0099】

液圧制御部315は、HV-ECU302により図4のフローチャートに従って設定された液圧ブレーキトルクTbk\*に基づいて、ホイールシリンダ圧の指令値Pwc\*を発生する。さらに、液圧制御部315は、指令値Pwc\*と、液圧センサ86によって検出されたホイールシリンダ圧Pwcの実績値とに基づいて、図2に示したブレーキアクチュエータ85(特に、リニアソレノイドバルブSLA, SLR)を制御するための制御信号Sv1を発生する。制御信号Sv1は、ブレーキ液圧回路80に送出される。

【0100】

応答レート検出部320は、ブレーキ液圧回路80でのホイールシリンダ圧について、液圧制御部315によって設定された指令値Pwc\*と、液圧センサ86によって検出された実績値(Pwc)とに基づいて、図7で説明した液圧応答レートPrtを算出する。

20

【0101】

たとえば、応答レート検出部320は、指令値Pwc\*が一定量を超えて変化される毎に、液圧応答レートPrtを検出する。そして、検出された液圧応答レートPrtは、逐次HV-ECU302へ送出される。この結果、ブレーキ液圧回路80の現在の状態に基づく最新の液圧応答レートPrtが常に把握できる。少なくとも、ドライバによるブレーキ操作毎に、図3に示したブレーキ協調制御に従って液圧制動力が発生される初回タイミングにおいて、液圧応答レートPrtが最新値に更新される。

【0102】

SOC算出部340は、バッテリーセンサ19によって検出された状態値(バッテリー電流Ib, バッテリ電圧Vb, バッテリ温度Tb)に基づいて、バッテリー18のSOCの推定値を算出する。以下では、SOC推定値についても、単に「SOC」と表記する。

30

【0103】

電流判定部350は、バッテリー18の状態値およびSOCに基づいて、Li析出抑制制御による回生制限が必要な状態であるかどうかを判定する。後ほど詳細に説明するように、この判定には、バッテリー電流Ibの履歴が反映される。電流判定部350は、Li析出抑制制御による回生制限が必要なときにはフラグFLGをオンし、そうでないときにはフラグFLGをオフする。フラグFLGは、Win設定部360へ送出される。

【0104】

回生制限レート設定部330は、応答レート検出部320によって算出された液圧応答レートPrt(Pa/sec)と、第2MG60の回転数Nm2に基づいて、回生制限レートPrを設定する。回生制限レート設定部330は、「設定手段」に対応する。回生制限レートPrは、回転数Nm2および液圧制動力変化レートTbrtに基づいて、下記(2)式に従って算出される。

40

【0105】

Pr(W/sec) = 2 x Nm2(rpm) x Tbrt(N·m/sec) ... (2)

(2)式中の第2MG60の回転数Nm2(rpm)は、車速センサ165によって検出された車速V(km/h)に基づいて、下記(3)式に従って算出することができる。あるいは、第2MG60の回転位置センサ61の出力に基づいて、回転数Nm2を算出す

50

ることも可能である。

【0106】

$$V(\text{km/h}) = 2 \times Nm2(\text{rpm}) \times r(\text{m}) \times 60 / Gm / 1000$$

... (3)

(3)式において、Gmは、リングギヤ軸102aおよびドライブシャフト164の間の減速比と、変速機200による減速比との積で示される全体減速比である。rはタイヤ径である。

【0107】

(2)式中の液圧制動力変化レートTbrt(N・m/sec)は、検出された液圧応答レートPr t(Pa/sec)に基づいて、下記(4)式に従って算出できる。

【0108】

$$Tbrt(\text{N} \cdot \text{m} / \text{sec}) = Prt(\text{Pa} / \text{sec}) \times C1 \times C2 \quad \dots (4)$$

(4)式中において、換算係数C1(N・m/Pa)は、ホイールシリンダ圧を液圧ブレーキトルクに換算するための換算係数である。換算係数C1は、ホイールシリンダ161におけるシリンダ面積、ブレーキディスク162における制動作用点の径、および摩擦係数等によって決まる定数である。換算係数C2は、式(3)での全体減速比Gmの逆数に相当する。

【0109】

(4)式によって、検出された液圧応答レートPr tに従ってホイールシリンダ圧が変化したときにおける、液圧ブレーキトルクの変化レートを算出することができる。したがって、(2)式により算出された回生制限レートPrに従って、回生制動力を低下させるとともに液圧制動力を増加させても、液圧制動力の遅れは発生しないことが理解される。なお、ブレーキECU300側(応答レート検出部320)で、(4)式に基づく液圧制動力変化レートTbrt(N・m/sec)の算出までを実行するとともに、液圧制動力変化レートTbrtをブレーキECU300からHV-ECU302へ送出してもよい。

【0110】

Win設定部360は、現在のバッテリー状態(SOC, 状態値)と、電流判定部350からのフラグFLGと、回生制限レート設定部330によって設定された回生制限レートPrに基づいて、バッテリー18のWinを設定する。

【0111】

図9には、図8に示したLi析出抑制制御を実現するための制御処理を示すフローチャートが示される。図9に示すフローチャートによる制御処理は、一定の制御周期毎にHV-ECU302によって実行される。また、図9に示した各ステップは、HV-ECU302によるソフトウェア処理および/またはハードウェア処理によって実現することができる。

【0112】

図9を参照して、HV-ECU302は、ステップS200により、ブレーキECU300(応答レート検出部320)によって検出された液圧応答レートの実績値Pr tを入力する。上述のように、ブレーキECU300側(応答レート検出部320)で液圧制動力変化レートTbrt(N・m/sec)の算出までを実行するときには、ステップS200により、液圧制動力変化レートTbrtが入力される。

【0113】

HV-ECU302は、ステップS210により、バッテリーセンサ19の出力に基づいて、バッテリー18の状態値を入力する。上述のように、ステップS210で入力される状態値は、たとえば、バッテリー18の電圧Vb、電流Ibおよび温度Tbを含む。HV-ECU302は、ステップS220では、バッテリー18のSOCを算出する。すなわち、S210の処理は、図8のSOC算出部340の機能に対応する。

【0114】

さらに、HV-ECU302は、ステップS230により、バッテリー18のWin0を設定する。Win0は、回生制限レート処理を実行する前のWinであり、Li析出抑制

10

20

30

40

50

制御を考慮することなく、現在のバッテリー状態（SOC、状態値等）に基づいて設定される。すなわち、このWin0が、公知の手法に基づいて通常設定されるバッテリー18のWinに相当する。たとえば、Win0は、SOCおよびバッテリー温度Tbに基づいて設定される。

【0115】

HV-ECU302は、ステップS240により、液圧応答レートPr t（実績値）に基づいて、Li析出抑制制御による回生制限レートを設定する。回生制限レートは、図5に示された、Winの正方向への変化レート（時間変化率）に相当する。

【0116】

ステップS240による処理は、図8の回生制限レート設定部330の機能に対応する。したがって、ステップS240では、上記式（2）～（4）に従って、液圧応答レートPr t（実績値）によって応答可能な回生制限レートPrが算出される。なお、ステップS200において液圧制動力変化レートTbr tが入力される場合には、ステップS240の処理は、ブレーキECU300側で実行される。

【0117】

HV-ECU302は、ステップS245により、回生制限レートPrに応じて、マージン電流Imrを設定する。

【0118】

上述のように、充電電力の制限度合を高めるために回生制限レートを高くすると、 $I_b < I_{tag}$ となったときに、充電電流を速やかに減少させることができる。このため、回生制限を開始する条件を緩和できるので、マージン電流Imrを小さくすることができる。この結果、回生制動によって回収されるエネルギー量を増加することができる。

【0119】

このように、Li析出抑制制御におけるマージン電流Imrは、回生制限レートと反対の特性で変化させる必要がある。すなわち、回生制限時における回生制限レートPrが高くなるほどマージン電流Imrを小さく設定する。反対に、回生制限時における回生制限レートPrが低くなるほどマージン電流Imrを大きく設定する。これにより、リチウム金属の析出抑制と、回生制動による回収エネルギー量の確保とを両立することができる。

【0120】

このような観点から、回生制限レートPrとマージン電流Imrとの間の関係を予め定めたマップを予め作成することができる。このマップは、HV-ECU302内の図示しないメモリに予め記憶される。そして、ステップS245では、ステップS240で設定された回生制限レートPrに基づいて当該マップを参照することによって、マージン電流Imrを設定することができる。

【0121】

さらに、HV-ECU302は、ステップS250では、Li析出抑制制御のための電流制御演算を実行する。すなわち、図5に説明したように、特許文献4に示す手法に基づいて、バッテリー18の充放電履歴に基づいて、今回の制御周期における許容入力電流値 $I_{lim}[t]$ が演算される。そして、許容入力電流値 $I_{lim}$ に対して、ステップS245により設定されたマージン電流Imrを設けることによって、入力電流制限目標値 $I_{tag}$ が算出される。

【0122】

さらに、HV-ECU302は、ステップS260により、ステップS210に入力されたバッテリー電流 $I_b$ と、ステップS250で算出された入力電流制限目標値 $I_{tag}$ とを比較する。ステップS245～S260の処理は、図8の電流判定部350の機能に対応する。

【0123】

HV-ECU302は、 $I_b > I_{tag}$ のとき（S260のNO判定時）には、充電電流が $I_{tag}$ に達していないため、図8に示したフラグFLGをオフする。このとき、H

10

20

30

40

50

V - ECU302は、ステップS270によって、回生制限をオフする。この場合には、ステップS275により、ステップS230で設定されたWin0が、そのままバッテリー18のWinとなる(Win = Win0)。

【0124】

一方で、HV - ECU302は、 $I_b < I_{tag}$ のとき(S260のYES判定時)には、充電電流が $I_{tag}$ に達しているため、図8に示したフラグFLGをオンする。このとき、HV - ECU302は、ステップS280により、回生制限をオンする。充電電流を現状よりも減少させなければ、 $I_b$ が許容入力電流値 $I_{lim}$ に達する虞があるからである。

【0125】

回生制限がオンされると、HV - ECU302は、ステップS285により、ステップS240で設定された回生制限レートに従ってWinを設定する。具体的には、前回の制御周期におけるWinから、当該回生制限レートに従って正方向に変化させるように、Winが設定される。回生制限レートに従ってバッテリー18の充電電力上限値(|Win|)が減少することによって、バッテリー18の充電電流が減少する。この結果、負極電位の低下が抑制されて、リチウム金属の析出が防止される。ステップS230, S270 ~ S285の処理は、図8のWin設定部360の機能に対応する。

【0126】

このように本実施の形態によれば、リチウムイオン二次電池を搭載した車両において、回生発電中にLi析出抑制制御のために充電電流を制限する際に、ブレーキ液圧回路80における液圧応答レートの実績値に基づいて、Li析出抑制制御による充電電力制限(回生制限)を実行する。

【0127】

したがって、液圧制動力の遅れが発生しないレートに従って、Li析出抑制制御による充電電力制限(回生制限)を速やかに制限できる。この結果、Li析出抑制制御による充電電力制限(回生制限)により、制動力の瞬間的な変動による違和感をユーザに与えることを防止できる。また、速やかに回生制動力を減少できる状態では、充電電力制限を開始する条件を緩和(すなわち、マージン電流 $I_{mr}$ を減少)することができる。これにより、回生エネルギーを最大限確保することによって、車両のエネルギー効率(すなわち、燃費)を向上することができる。

【0128】

なお、本発明の実施の形態によるブレーキ協調制御が適用される車両は、図1に例示したハイブリッド車5に限定されるものではない。本発明は、電動機による回生制動力と、液圧の供給に応じた液圧制動力との組合せによって制動力を確保する構成を有するものであれば、搭載される電動機(モータジェネレータ)の個数や駆動系の構成に関らず、ハイブリッド車の他に、エンジンを搭載しない電気自動車および燃料電池自動車等を含む電動車両全般に共通に適用できる。特に、ハイブリッド車の構成についても、図1の例示に限定されることはなく、パラレル式のハイブリッド車を始めとして、任意の構成のものに、本願発明を適用可能である点について、確認的に記載する。また、走行用電動機を搭載していない車両であっても、回生制動力を発生する電動機を搭載していれば、本願発明を適用可能である。

【0129】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0130】

この発明は、リチウムイオン二次電池を搭載した車両における、回生制動力と液圧制動力とを協調させた電子制御式ブレーキシステムに適用することができる。

10

20

30

40

50

## 【符号の説明】

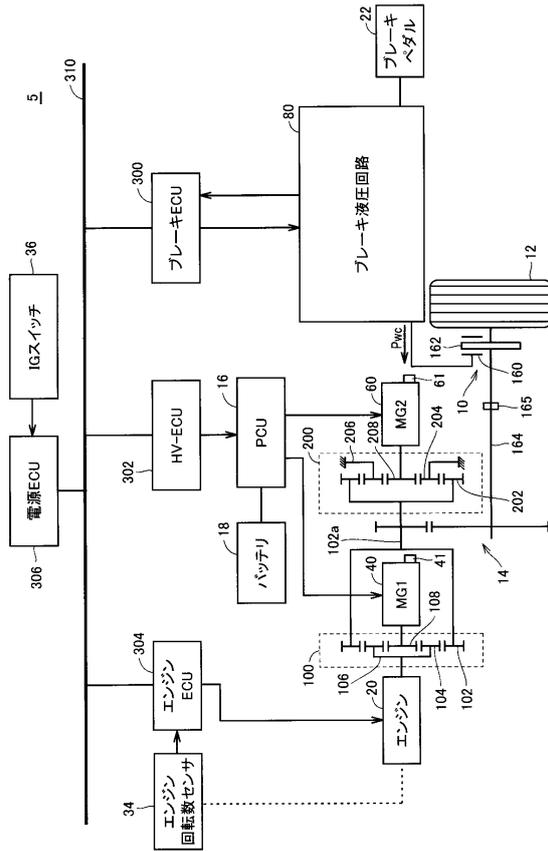
## 【0131】

5 ハイブリッド車、10 制動装置、12 駆動輪、14 リダクションギヤ、16 電力制御ユニット、18 バッテリ、19 バッテリセンサ、20 エンジン、22 ブレーキペダル、34 エンジン回転数センサ、36 I Gスイッチ、40 第1MG、41, 61 回転位置センサ、60 第2MG、80 ブレーキ液圧回路、81 液圧ブースタ、82 ポンプモータ、83 アクкумуляータ、84 リザーバ、85 ブレーキアクチュエータ、86~88 液圧センサ、89 ストロークシミュレータ、90, 91 流体路、100 動力分割機構、102 第1リングギヤ、102a リングギヤ軸、104 第1ピニオンギヤ、106 第1キャリア、108 第1サンギヤ、160 ブレーキキャリア、161 ホイールシリンダ、162 ブレーキディスク、164 ドライブシャフト、165 車速センサ、200 変速機、202 第2リングギヤ、204 第2ピニオンギヤ、206 第2キャリア、208 第2サンギヤ、300 ブレーキECU、302 HV-ECU、304 エンジンECU、306 電源ECU、310 通信バス、315 液圧制御部、320 応答レート検出部、330 回生制限レート設定部、340 SOC算出部、350 電流判定部、360 Win設定部、FLG フラグ(回生制限)、FLH, FRH, RLH, RRH 制御ソレノイドバルブ(保持バルブ)、FLR, FRR, RLR, RRR 制御ソレノイドバルブ(減圧バルブ)、Ib バッテリ電流、Imr マージン電流、Ilim 許容入力電流値、Ilim[0] 初期値(許容入力電流値)、Itag 入力電流制限目標値、Nm1, Nm2 回転数(MG)、Pac アクкумуляータ圧、Pr 回生制限レート、Prg レギュレータ圧、Prt 液圧応答レート、Pwc\* 指令値(ホイールシリンダ圧)、Pwc 検出値(ホイールシリンダ圧)、SCC, SMC, SRC, SSC 切換ソレノイドバルブ、SLA, SLR リニアソレノイドバルブ、Svl 制御信号(ブレーキ液圧回路)、Tb バッテリ温度、Tbk\* 液圧ブレーキトルク、Tbrt 液圧制動力変化レート、Tr\* 要求制動トルク、V 車速、Vb バッテリ電圧。

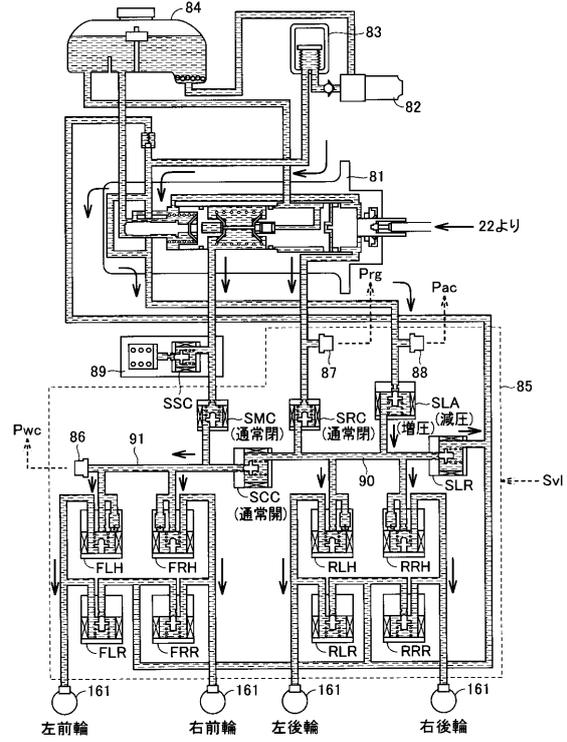
10

20

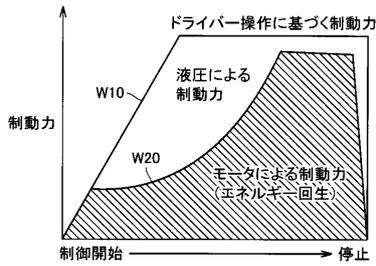
【図1】



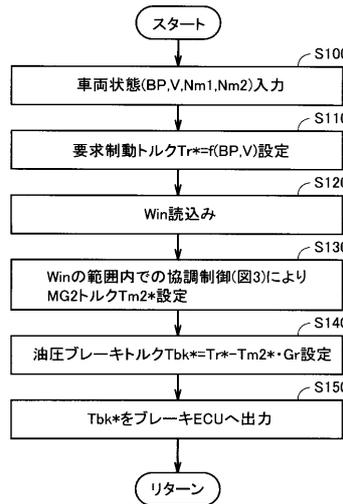
【図2】



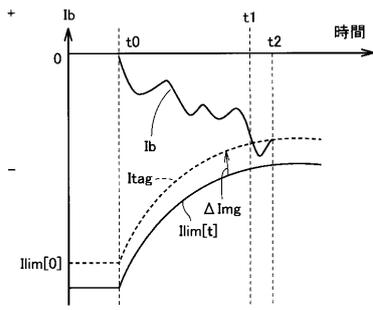
【図3】



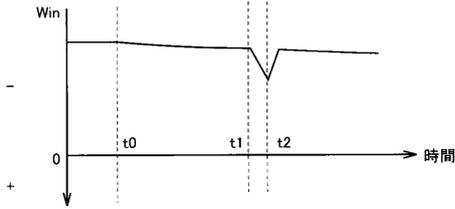
【図4】



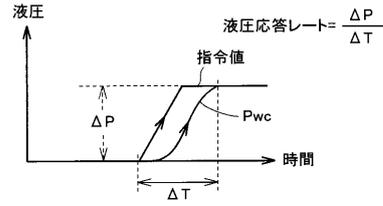
【図5】



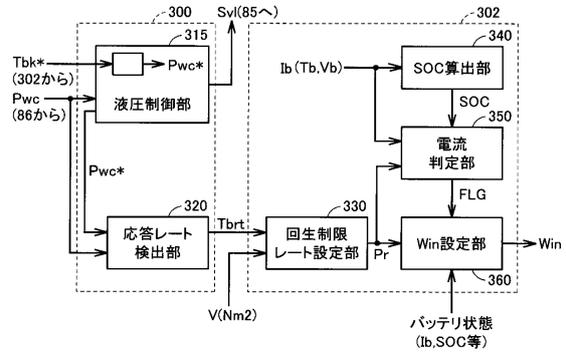
【図6】



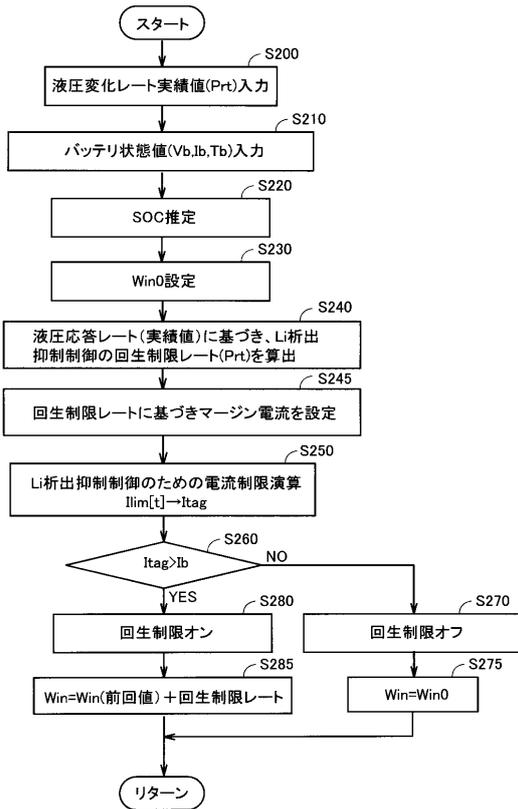
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

**B 6 0 W 10/26 (2006.01)**

(56)参考文献 特開2008-104306(JP,A)  
特開2005-269876(JP,A)  
国際公開第2010/005079(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 0 L 7 / 0 0 - 1 1 / 1 8

B 6 0 K 6 / 2 0 - 6 / 5 4 7

B 6 0 T 8 / 1 7

B 6 0 W 1 0 / 1 8 - 1 0 / 2 6 , 2 0 / 0 0