

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6183333号
(P6183333)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl.

F 1

B60W 20/00	(2016.01)	B60W	20/00	900
B60W 10/06	(2006.01)	B60W	10/06	900
B60W 10/08	(2006.01)	B60W	10/08	900
B60K 6/52	(2007.10)	B60K	6/52	ZHV
F02D 29/02	(2006.01)	F02D	29/02	311A

請求項の数 6 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2014-227136 (P2014-227136)

(22) 出願日

平成26年11月7日(2014.11.7)

(65) 公開番号

特開2016-88381 (P2016-88381A)

(43) 公開日

平成28年5月23日(2016.5.23)

審査請求日

平成28年3月3日(2016.3.3)

(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 110000017

特許業務法人アイテック国際特許事務所

(72) 発明者 右田 翼

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 佐々木 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ハイブリッド自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンと、

動力を入出力可能な第1モータと、

前記第1モータの回転軸と前記エンジンの出力軸と駆動輪に連結された駆動軸とに、3つの回転要素が、共線図において前記回転軸、前記出力軸、前記駆動軸の順に並ぶように接続されたプラネタリギヤと、

前記駆動軸に動力を入出力可能な第2モータと、

前記第1モータおよび前記第2モータと電力をやりとり可能なバッテリと、

前記バッテリの許容入出力電力の範囲内で走行するように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータとを制御する制御手段と、 10

を備えるハイブリッド自動車であって、

前記制御手段は、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記駆動輪と路面との間の動摩擦力と釣り合う釣合駆動力と、前記駆動輪の目標スリップ速度と現在のスリップ速度との差分であるスリップ差分が打ち消されるようにするための補正駆動力と、の和を上限駆動力に設定し、該上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータとを制御する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【請求項2】

請求項1記載のハイブリッド自動車であって、

前記制御手段は、少なくとも前記許容入出力電力の絶対値が所定値以下のときに、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように制御する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【請求項 3】

請求項1または2記載のハイブリッド自動車であって、

前記駆動輪とは異なる第2駆動輪に連結された第2駆動軸に動力を入出力可能であると共に前記バッテリと電力をやりとり可能な第3モータを更に備え、

前記制御手段は、前記バッテリの最大許容入出力電力の範囲内で走行するように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータと前記第3モータとを制御する手段であり、

更に、前記制御手段は、前記第2駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記第2駆動輪と路面との間の動摩擦力と釣り合う第2釣合駆動力に基づいて第2上限駆動力を設定し、該第2上限駆動力以下の駆動力が前記第2駆動輪に出力されるように前記第3モータを制御する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【請求項 4】

請求項3記載のハイブリッド自動車であって、

前記制御手段は、前記第2駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記第2釣合駆動力と、前記第2駆動輪の目標スリップ速度と現在のスリップ速度との差分である第2スリップ差分が打ち消されるようにするための第2補正駆動力と、の和を前記第2上限駆動力に設定する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【請求項 5】

請求項3または4記載のハイブリッド自動車であって、

前記制御手段は、少なくとも前記許容入出力電力の絶対値が所定値以下のときに、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように制御する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【請求項 6】

請求項3ないし5のいずれか1つの請求項に記載のハイブリッド自動車であって、

前記制御手段は、前記駆動輪と前記第2駆動輪とのいずれか一方または両方に空転によるスリップが生じたときには、前記駆動輪のトルクと前記第2駆動輪のトルクの分配比が許容範囲内となるように制御する手段である、

ことを特徴とするハイブリッド自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハイブリッド自動車に関し、詳しくは、エンジンと、動力を入出力可能な第1モータと、第1モータの回転軸とエンジンの出力軸と駆動輪に連結された駆動軸とに3つの回転要素が共線図において回転軸、出力軸、駆動軸の順に並ぶように接続されたプランタリギヤと、駆動軸に減速ギヤを介して動力を入出力可能な第2モータと、第1モータおよび第2モータと電力をやりとり可能なバッテリと、を備えるハイブリッド自動車に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種のハイブリッド自動車としては、エンジンと、第1モータと、駆動輪に連結された駆動軸とエンジンの出力軸と第1モータの回転軸とにリングギヤとキャリヤとサンギヤとが接続された動力分配統合機構（遊星歯車機構）と、駆動軸に動力を入出力可能な第2モータと、第1モータや第2モータと電力をやりとり可能なバッテリと、を備える

10

20

30

40

50

ものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。このハイブリッド自動車では、トラクションコントロール（TRC）がオフでモータからの動力だけで走行しているときには、スリップ速度から目標スリップ速度を減じた偏差がスリップが生じていない状態からある程度の値を超えると、偏差が大きいほど小さくなる傾向のトルクが第2モータから出力されるように第2モータを制御する。これにより、ある程度のスリップを許容するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-126329号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

こうしたハイブリッド自動車において、エンジンからパワーを出力しているときに駆動輪の空転によるスリップが生じたとき、上述の制御を適用しようとすると、スリップ速度がある程度増加した後に、スリップ速度の増加に伴って走行用のトルク指令値やエンジンのパワー指令値を低下させることになる。このとき、エンジンの応答性が比較的低いために、エンジンのパワー指令値の低下に対して実際のパワーの低下が遅れ、第1モータの発電電力の低下が遅れる。この第1モータの発電電力の低下の遅れと、スリップ速度の増加（第2モータの回転数の増加）とにより、第2モータから出力してもよいトルクの許容下限が大きくなる（絶対値としては小さくなる、即ち、値0に近づく）。これは、バッテリへの入力電力が許容入力電力（入力制限）を超過しないようにするためにある。こうした理由により、第2モータのトルク（パワー）を十分に低下させることができず、スリップ速度が目標スリップ速度に対してオーバーシュートすることがある。このため、スリップ速度が適切に安定しないことがある。

20

【0005】

本発明のハイブリッド自動車は、スリップ速度をより適切に安定させることを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

本発明のハイブリッド自動車は、上述の主目的を達成するために以下の手段を採った。

【0007】

本発明のハイブリッド自動車は、

エンジンと、動力を入出力可能な第1モータと、前記第1モータの回転軸と前記エンジンの出力軸と駆動輪に連結された駆動軸とに3つの回転要素が共線図において前記回転軸、前記出力軸、前記駆動軸の順に並ぶように接続されたプラネタリギヤと、前記駆動軸に動力を入出力可能な第2モータと、前記第1モータおよび前記第2モータと電力をやりとり可能なバッテリと、前記バッテリの許容入出力電力の範囲内で走行するように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータとを制御する制御手段と、を備えるハイブリッド自動車であって、

40

前記制御手段は、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記駆動輪と路面との間の動摩擦力と釣り合う釣合駆動力に基づいて上限駆動力を設定し、該上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータとを制御する手段である、

ことを特徴とする。

【0008】

この本発明のハイブリッド自動車では、駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、駆動輪と路面との間の動摩擦力と釣り合う釣合駆動力に基づいて上限駆動力を設定し、上限駆動力以下の駆動力が駆動輪に出力されるようにエンジンと第1モータと第2モータとを制御する。このように、駆動輪の空転によるスリップが生じたときに、駆動輪に出力

50

する駆動力をこの上限駆動力に迅速に（スリップ速度がある程度増加する前に）制限することにより、第2モータのトルクを十分に小さくすることができる。そして、釣合駆動力に基づく上限駆動力を用いることにより、駆動輪のスリップ速度をより適切に安定させることができる。

【0009】

こうした本発明のハイブリッド自動車において、前記制御手段は、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記釣合駆動力と、前記駆動輪の目標スリップ速度と現在のスリップ速度との差分であるスリップ差分が打ち消されるようにするための補正駆動力と、の和を前記上限駆動力に設定する手段である、ものとすることもできる。こうすれば、駆動輪のスリップ速度を目標スリップ速度に近づけて安定させることができる。 10

【0010】

また、本発明のハイブリッド自動車において、前記制御手段は、少なくとも前記許容入出力電力の絶対値が所定値以下のときに、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように制御する手段である、ものとすることもできる。

【0011】

さらに、本発明のハイブリッド自動車において、前記駆動輪とは異なる第2駆動輪に連結された第2駆動軸に動力を入出力可能であると共に前記バッテリと電力をやりとり可能な第3モータを更に備え、前記制御手段は、前記バッテリの最大許容入出力電力の範囲内で走行するように前記エンジンと前記第1モータと前記第2モータと前記第3モータとを制御する手段であり、更に、前記制御手段は、前記第2駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記第2駆動輪と路面との間の動摩擦力と釣り合う第2釣合駆動力に基づいて第2上限駆動力を設定し、該第2上限駆動力以下の駆動力が前記第2駆動輪に出力されるように前記第3モータを制御する手段である、ものとすることもできる。このように、第2釣合駆動力に基づく第2上限駆動力を用いて第3モータを制御することにより、第2駆動輪のスリップ速度をより適切に安定させることができる。 20

【0012】

第3モータを備える態様の本発明のハイブリッド自動車において、前記制御手段は、前記第2駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記第2釣合駆動力と、前記第2駆動輪の目標スリップ速度と現在のスリップ速度との差分である第2スリップ差分が打ち消されるようにするための第2補正駆動力と、の和を前記第2上限駆動力に設定する手段である、ものとすることもできる。こうすれば、第2駆動輪のスリップ速度を目標スリップ速度に近づけて安定させることができる。 30

【0013】

第3モータを備える態様の本発明のハイブリッド自動車において、前記制御手段は、少なくとも前記許容入出力電力の絶対値が所定値以下のときに、前記駆動輪の空転によるスリップが生じたときには、前記上限駆動力以下の駆動力が前記駆動輪に出力されるように制御する手段である、ものとすることもできる。

【0014】

第3モータを備える態様の本発明のハイブリッド自動車において、前記制御手段は、前記駆動輪と前記第2駆動輪とのいずれか一方または両方に空転によるスリップが生じたときには、前記駆動輪のトルクと前記第2駆動輪のトルクの分配比が許容範囲内となるように制御する手段である、ものとすることもできる。こうすれば、駆動輪のトルクと第2駆動輪のトルクとの分配比が許容範囲から外れるのを抑制することができる。ここで、「許容分配比範囲」は、走行性能を十分に確保可能な分配比の範囲である、ものとすることもできる。 40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施例としてのハイブリッド自動車20の構成の概略を示す構成図である。 50

【図2】バッテリ50の電池温度 T_b と基本入出力制限 $W_{in\ t\ m\ p}$, $W_{out\ t\ m\ p}$ との関係の一例を示す説明図である。

【図3】バッテリ50の蓄電割合SOCと入出力制限用補正係数 k_{in} , k_{out} との関係の一例を示す説明図である。

【図4】実施例のHVEC70により実行されるVSCオフ時駆動制御ルーチンの一例を示すフローチャートの前半部分である。

【図5】実施例のHVEC70により実行されるVSCオフ時駆動制御ルーチンの一例を示すフローチャートの後半部分である。

【図6】要求トルク設定用マップの一例を示す説明図である。

【図7】エンジン22の動作ラインの一例と目標回転数 N_e^* および目標トルク T_e^* を設定する様子とを示す説明図である。 10

【図8】HVE走行モードで走行する際のプラネタリギヤ30の回転要素における回転数とトルクとの力学的な関係を示す共線図の一例を示す説明図である。

【図9】バッテリ50の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} 以下で且つVSCオフスイッチ89がオフのときの実施例の時間変化の様子を模式的に示す説明図である。

【図10】バッテリ50の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} 以下で且つVSCオフスイッチ89がオフのときの比較例の時間変化の様子を模式的に示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0016】

次に、本発明を実施するための形態を実施例を用いて説明する。

【実施例】

【0017】

図1は、本発明の一実施例としてのハイブリッド自動車20の構成の概略を示す構成図である。実施例のハイブリッド自動車20は、図示するように、エンジン22と、プラネタリギヤ30と、モータMG1, MG2, MG3と、インバータ41, 42, 43と、バッテリ50と、ブレーキアクチュエータ94と、ハイブリッド用電子制御ユニット（以下、HVECUという）70と、を備える。

【0018】

30

エンジン22は、ガソリンや軽油などを燃料として動力を出力する内燃機関として構成されている。このエンジン22は、エンジン用電子制御ユニット（以下、エンジンECUという）24により運転制御されている。

【0019】

エンジンECU24は、図示しないが、CPUを中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPUの他に、処理プログラムを記憶するROMやデータを一時的に記憶するRAM、入出力ポート、通信ポートを備える。エンジンECU24には、エンジン22を運転制御するのに必要な各種センサからの信号、例えば、クランクシャフト26の回転位置を検出するクランクポジションセンサ23からのクランク角 c_r などが入力ポートを介して入力されている。また、エンジンECU24からは、エンジン22を運転制御するための種々の制御信号、例えば、燃料噴射弁への駆動信号、スロットルバルブのポジションを調節するスロットルモータへの駆動信号、イグナイタと一体化されたイグニッションコイルへの制御信号などが出力ポートを介して出力されている。エンジンECU24は、クランクポジションセンサ23により検出されたクランク角 c_r に基づいてクランクシャフト26の回転数、即ち、エンジン22の回転数 N_e を演算している。エンジンECU24は、HVEC70と通信ポートを介して接続されており、HVEC70からの制御信号によりエンジン22を運転制御すると共に必要に応じてエンジン22の運転状態に関するデータをHVEC70に出力する。 40

【0020】

プラネタリギヤ30は、シングルピニオン式の遊星歯車機構として構成されている。ブ

50

ラネタリギヤ30のサンギヤには、モータMG1の回転子が接続されている。プラネタリギヤ30のリングギヤには、前輪38a, 38bにデファレンシャルギヤ37Fを介して連結された駆動軸36Fが接続されている。プラネタリギヤ30のキャリヤには、エンジン22のクランクシャフト26が接続されている。

【0021】

モータMG1は、例えば同期発電電動機として構成されており、上述したように回転子がプラネタリギヤ30のサンギヤに接続されている。モータMG2は、例えば同期発電電動機として構成されており、回転子が駆動軸36Fに接続されている。モータMG3は、例えば同期発電電動機として構成されており、後輪38c, 38dにデファレンシャルギヤ37Rを介して連結された駆動軸36Rが接続されている。モータMG1, MG2, MG3は、モータ用電子制御ユニット（以下、モータECUという）40によってインバータ41, 42, 43の図示しないスイッチング素子がスイッチング制御されることにより、回転駆動される。

【0022】

モータECU40は、図示しないが、CPUを中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPUの他に、処理プログラムを記憶するROMやデータを一時的に記憶するRAM、入出力ポート、通信ポートを備える。モータECU40には、モータMG1, MG2, MG3を駆動制御するのに必要な各種センサからの信号、例えば、モータMG1, MG2, MG3の回転子の回転位置を検出する回転位置検出センサ44, 45, 46からの回転位置m1, m2, m3、モータMG1, MG2, MG3の各相に流れる電流を検出する電流センサからの相電流などが入力ポートを介して入力されている。モータECU40からは、インバータ41, 42, 43の図示しないスイッチング素子へのスイッチング制御信号などが出力ポートを介して出力されている。モータECU40は、回転位置検出センサ44, 45, 46により検出されたモータMG1, MG2, MG3の回転子の回転位置m1, m2, m3に基づいてモータMG1, MG2, MG3の回転数Nm1, Nm2, Nm3を演算している。モータECU40は、HVECU70と通信ポートを介して接続されており、HVECU70からの制御信号によってモータMG1, MG2, MG3の駆動状態に関するデータをHVECU70に出力する。

【0023】

バッテリ50は、例えばリチウムイオン二次電池やニッケル水素二次電池として構成されており、インバータ41, 42, 43を介してモータMG1, MG2, MG3と電力をやりとりする。このバッテリ50は、バッテリ用電子制御ユニット（以下、バッテリECUという）52により管理されている。

【0024】

バッテリECU52は、図示しないが、CPUを中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPUの他に、処理プログラムを記憶するROMやデータを一時的に記憶するRAM、入出力ポート、通信ポートを備える。バッテリECU52には、バッテリ50を管理するのに必要な信号、例えば、バッテリ50の端子間に設置された電圧センサ51aからの電池電圧VB、バッテリ50の出力端子に取り付けられた電流センサ51bからの電池電流IB、バッテリ50に取り付けられた温度センサ51cからの電池温度TBなどが入力ポートを介して入力されている。バッテリECU52は、バッテリ50を管理するために、電流センサ51bにより検出された電池電流IBの積算値に基づいてそのときのバッテリ50から放電可能な電力の容量の全容量に対する割合である蓄電割合SOCを演算したり、演算した蓄電割合SOCと温度センサ51cにより検出された電池温度TBとに基づいてバッテリ50を充放電してもよい許容入出力電力である入出力制限Win, Woutを演算したりしている。バッテリ50の入出力制限Win, Woutは、電池温度TBに基づいて入出力制限Win, Woutの基本値である基本入出力制限Win_tmp, Wout_tmpを設定し、バッテリ50の蓄電割合SOCに基づいて入出力制限用補正係数kin, koutを設定し、基本入出力制限Win_tmp, Wout_tmpに

10

20

30

40

50

入出力制限用補正係数 k_{in} , k_{out} を乗じることにより、設定することができる。図2に、バッテリ50の電池温度 T_b と基本入出力制限 W_{intmp} , W_{outtmp} との関係の一例を示し、図3に、バッテリ50の蓄電割合 SOC と入出力制限用補正係数 k_{in} , k_{out} との関係の一例を示す。バッテリECU52は、HVECU70と通信ポートを介して接続されており、必要に応じてバッテリ50の状態に関するデータをHVECU70に出力する。

【0025】

ブレーキアクチュエータ94は、前輪38a, 38bや後輪38c, 38dに制動力を付与するためのアクチュエータとして構成されている。具体的には、ブレーキアクチュエータ94は、ブレーキペダル85の踏み込みに応じて生じるマスタシリンダ92の圧力(ブレーキ圧)と車体速 V_c とに応じて車両に作用させる制動力を設定して、その制動力のうちブレーキの分担分に応じた制動力が前輪38a, 38bや後輪38c, 38dに作用するようにブレーキホイールシリンダ96a, 96b, 96c, 96dの油圧を調整したり、ブレーキペダル85の踏み込みとは無関係に、制動力が前輪38a, 38bや後輪38c, 38dに作用するようにブレーキホイールシリンダ96a, 96b, 96c, 96dへの油圧を調整したりすることができるよう構成されている。このブレーキアクチュエータ94は、ブレーキ用電子制御ユニット(以下、ブレーキECUという)98により駆動制御されている。

【0026】

ブレーキECU98は、図示しないが、CPUを中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPUの他に、処理プログラムを記憶するROMやデータを一時的に記憶するRAM、入出力ポート、通信ポートを備える。ブレーキECU98には、ブレーキアクチュエータ94を駆動制御するのに必要な各種センサからの信号、例えば、マスタシリンダ92に取り付けられた図示しない圧力センサにより検出されるマスタシリンダ圧(ブレーキ踏力 F_b)、前輪38a, 38bや後輪38c, 38dに取り付けられた車輪速センサ99a~99dからの車輪速 $V_{wa} \sim V_{wd}$ 、操舵角センサ99stからの操舵角 s_t などが入力ポートを介して入力されている。ブレーキECU98からは、ブレーキアクチュエータ94への駆動制御信号などが出力ポートを介して出力されている。ブレーキECU94は、HVECU70と通信ポートを介して接続されており、HVECU70からの制御信号によってブレーキアクチュエータ92を駆動制御したり、必要に応じてブレーキアクチュエータ92の状態に関するデータをHVECU70に出力する。ブレーキECU98は、車輪速センサ99a~99dからの前輪38a, 38bや後輪38c, 38dの車輪速 $V_{wa} \sim V_{wd}$ や操舵角センサ99stからの操舵角 s_t などの信号を入力し、運転者がブレーキペダル85を踏み込んだときに前輪38a, 38bや後輪38c, 38dのいずれかがロックによりスリップするのを防止するアンチロックブレーキ装置機能(ABS)や運転者がアクセルペダル83を踏み込んだときに前輪38a, 38bのいずれかが空転によりスリップするのを防止するトラクションコントロール(TRC)、車両が旋回走行しているときに姿勢を保持する姿勢保持制御(VSC)などの車両挙動安定制御を行なう。

【0027】

HVECU70は、図示しないが、CPUを中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPUの他に、処理プログラムを記憶するROMやデータを一時的に記憶するRAM、入出力ポート、通信ポートを備える。HVECU70には、イグニッションスイッチ80からのイグニッション信号、シフトレバー81の操作位置を検出するシフトポジションセンサ82からのシフトポジションSP、アクセルペダル83の踏み込み量を検出するアクセルペダルポジションセンサ84からのアクセル開度acc、ブレーキペダル85の踏み込み量を検出するブレーキペダルポジションセンサ86からのブレーキペダルポジションBP、加速度センサ88からの車体加速度 c 、姿勢保持制御オフスイッチ(以下、VSCオフスイッチという)89からのスイッチ信号などが入力ポートを介して入力されている。HVECU70は、加速度センサ88により検出された車体加速度 c の

10

20

30

40

50

積算値に基づいて車体速 V_c を演算している。H V E C U 7 0 は、上述したように、エンジン E C U 2 4 やモータ E C U 4 0 , バッテリ E C U 5 2 と通信ポートを介して接続されており、エンジン E C U 2 4 やモータ E C U 4 0 , バッテリ E C U 5 2 と各種制御信号やデータのやりとりを行なっている。

【 0 0 2 8 】

こうして構成された実施例のハイブリッド自動車 2 0 は、エンジン 2 2 の運転を伴って走行するハイブリッド走行モード（H V 走行モード）やエンジン 2 2 の運転を停止して走行する電動走行モード（E V 走行モード）で走行する。

【 0 0 2 9 】

次に、こうして構成された実施例のハイブリッド自動車 2 0 の動作、特に、低温時などバッテリ 5 0 の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が十分に小さく且つ V S C オフスイッチ 8 9 がオンである（姿勢保持制御（V S C）を行なわない）ときの動作について説明する。図 4 および図 5 は、実施例のH V E C U 7 0 により実行される V S C オフ時駆動制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、バッテリ 5 0 の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} （例えば 2 kW や 3 kW など）以下で且つ V S C オフスイッチ 8 9 がオフのときに、所定時間毎（例えば、数 msec 毎）に繰り返し実行される。

【 0 0 3 0 】

V S C オフ時駆動制御ルーチンが実行されると、H V E C U 7 0 は、まず、アクセルペダルポジションセンサ 8 4 からのアクセル開度 A_{cc} , 加速度センサ 8 8 からの車体加速度 c , 車体速 V_c , モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 の回転数 Nm 1 , Nm 2 , Nm 3 , バッテリ 5 0 の入出力制限 W_{in} , W_{out} , 操舵角 s_t , 前輪スリップ速度 V_{sf} , 後輪スリップ速度 V_{sr} などのデータを入力する（ステップ S 1 0 0 ）。

【 0 0 3 1 】

ここで、車体速 V_c は、加速度センサ 8 8 により検出された車体加速度 c に基づいて演算された値を入力するものとした。モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 の回転数 Nm 1 , Nm 2 , Nm 3 は、回転位置検出センサ 4 4 , 4 5 , 4 6 により検出されたモータ MG 1 , MG 2 , MG 3 の回転子の回転位置 m_1 , m_2 , m_3 に基づいて演算された値をモータ E C U 4 0 から通信により入力するものとした。バッテリ 5 0 の入出力制限 W_{in} , W_{out} は、温度センサ 5 1 c により検出された電池温度 T B と、電流センサ 5 1 b により検出された電池電流 I B の積算値に基づくバッテリ 5 0 の蓄電割合 S O C と、に基づいて設定された値をバッテリ E C U 5 2 から通信により入力するものとした。操舵角 s_t は、操舵角センサ 9 9 s t により検出された値をブレーキ E C U 9 8 から通信により入力するものとした。前輪スリップ速度 V_{sf} は、前輪 3 8 a , 3 8 b の車輪速 V_{wa} , V_{wb} の平均値 V_{wf} を車体速に換算した値 V_{cf} から車体速 V_c を減じた値を入力するものとした。後輪スリップ速度 V_{sr} は、後輪 3 8 c , 3 8 d の車輪速 V_{wc} , V_{wd} の平均値 V_{wr} を車体速に換算した値 V_{cr} から車体速 V_c を減じた値を入力するものとした。なお、前輪 3 8 a , 3 8 b や後輪 3 8 c , 3 8 d の車輪速 $V_{wa} \sim V_{wd}$ は、車輪速センサ 9 9 a ~ 9 9 d により検出された値をブレーキ E C U 9 8 から通信により入力するものとした。

【 0 0 3 2 】

こうしてデータを入力すると、入力したアクセル開度 A_{cc} と車体速 V_c とに基づいて、走行に要求される要求トルク T_{d^*} を設定する（ステップ S 1 1 0 ）。ここで、要求トルク T_{d^*} は、実施例では、アクセル開度 A_{cc} と車体速 V_c と要求トルク T_{d^*} との関係を予め定めて要求トルク設定用マップとして図示しない R O M に記憶しておき、アクセル開度 A_{cc} と車体速 V_c とが与えられると記憶したマップから対応する要求トルク T_{d^*} を導出して設定するものとした。要求トルク設定用マップの一例を図 6 に示す。

【 0 0 3 3 】

続いて、車体加速度 c や操舵角 s_t に基づいて、前輪要求分配比 D_{f^*} および後輪要求分配比 D_{r^*} を設定する（ステップ S 1 2 0 ）。ここで、前輪要求分配比 D_{f^*} , 後

10

20

30

40

50

輪要求分配比 D_r^* は、それぞれ、前輪 38a, 38b のトルクと後輪 38c, 38d のトルクとの和に対する前輪 38a, 38b, 後輪 38c, 38d のトルクの割合（以下、前輪、後輪分配比という） D_f , D_r の要求値である。前輪要求分配比 D_f^* と後輪要求分配比 D_r^* との和は値 1 となる。前輪要求分配比 D_f^* および後輪要求分配比 D_r^* は、実施例では、後輪要求分配比 D_r^* が最大後輪分配比 $D_{rm}ax$ 以下となる範囲内で、車体加速度 c が大きいほど後輪要求分配比 D_r^* が大きくなる（前輪要求分配比 D_f^* が小さくなる）傾向で、且つ、操舵角 s_t の絶対値が大きいほど後輪要求分配比 D_r^* が大きくなる（前輪要求分配比 D_f^* が小さくなる）傾向に設定するものとした。こうした傾向に前輪要求分配比 D_f^* および後輪要求分配比 D_r^* を設定するのは、加速時や旋回時の走行性能を向上させるためである。また、最大後輪分配比 $D_{rm}ax$ は、走行性能を十分に確保可能な後輪分配比 D_r^* の上限であり、車両の質量 M に対して停車時に前輪 38a, 38b, 後輪 38c, 38d に作用する質量の割合である前輪静荷重分配比 K_{wsf} , 後輪静荷重分配比 K_{wsr} などに基づいて定めることができ、例えば、0.55 や 0.60, 0.65などを用いることができる。

【0034】

こうして前輪要求分配比 D_f^* および後輪要求分配比 D_r^* を設定すると、要求トルク T_d^* に前輪要求分配比 D_f^* を乗じて、前輪 38a, 38b に要求される前輪要求トルク T_{f^*} を計算すると共に要求トルク T_d^* に後輪要求分配比 D_r^* を乗じて、後輪 38c, 38d に要求される後輪要求トルク T_{r^*} を計算する（ステップ S130）。

【0035】

次に、前輪 38a, 38b と後輪 38c, 38d とのいずれか一方または両方が空転によりスリップしているか否かを判定する（ステップ S140）。ここで、前輪 38a, 38b が空転によりスリップしているか否かの判定は、前輪スリップ速度 V_{sf} と閾値 V_{sref} との比較により行なうものとした。閾値 V_{sref} は、例えば、1 km/h や 2 km/h, 3 km/h などを用いることができる。また、後輪 38c, 38d が空転によりスリップしているか否かの判定は、後輪スリップ速度 V_{sr} と閾値 V_{srrref} との比較により行なうものとした。閾値 V_{srrref} は、例えば、1 km/h や 2 km/h, 3 km/h などを用いることができる。

【0036】

ステップ S140 で前輪 38a, 38b も後輪 38c, 38d も空転によりスリップしていないと判定されたときには、次式（1）に示すように、前輪要求トルク T_{f^*} にモータ MG2 の回転数 N_{m2} （駆動軸 36F の回転数）を乗じた値 ($T_{f^*} \cdot N_{m2}$) と、後輪要求トルク T_{r^*} にモータ MG3 の回転数 N_{m3} （駆動軸 36R の回転数）を乗じた値 ($T_{r^*} \cdot N_{m3}$) と、の和からバッテリ 50 の充放電要求パワー P_{b^*} （バッテリ 50 から放電するときが正の値）を減じて、エンジン 22 に要求される要求パワー P_{e^*} を計算する（ステップ S270）。ここで、値 ($T_{f^*} \cdot N_{m2}$) は、前輪 38a, 38b に要求されるパワーを意味し、値 ($T_{r^*} \cdot N_{m3}$) は、後輪 38c, 38d に要求されるパワーを意味する。

【0037】

$$P_{e^*} = T_{f^*} \cdot N_{m2} + T_{r^*} \cdot N_{m3} - P_{b^*} \quad (1)$$

【0038】

こうしてエンジン 22 の要求パワー P_{e^*} を計算すると、計算した要求パワー P_{e^*} と、エンジン 22 を効率よく運転するための動作ラインと、に基づいてエンジン 22 の目標回転数 N_{e^*} および目標トルク T_{e^*} を設定する（ステップ S280）。図 7 は、エンジン 22 の動作ラインの一例と目標回転数 N_{e^*} および目標トルク T_{e^*} を設定する様子とを示す説明図である。エンジン 22 の目標回転数 N_{e^*} および目標トルク T_{e^*} は、図示するように、エンジン 22 の動作ラインと要求パワー P_{e^*} が一定の曲線（要求パワー P_{e^*} の等パワー ライン）との交点として求めることができる。

【0039】

こうしてエンジン 22 の目標トルク T_{e^*} を設定すると、エンジン 22 の目標トルク T

10

20

30

40

50

e^* に応答遅れ補償（むだ時間補償や一次遅れ補償）を施して、エンジン 2 2 のトルク T_e の推定値としての推定出力トルク $T_{e\text{est}}$ を設定する（ステップ S 2 9 0）。ここで、エンジン 2 2 の目標トルク T_{e^*} に対する応答遅れ補償は、エンジン 2 2 からのトルクの目標トルク T_{e^*} に対する応答遅れ（むだ時間や一次遅れ）の程度として予め実験や解析などによって定めた値を用いて目標トルク T_{e^*} に施す補償である。

【0040】

次に、エンジン 2 2 の目標回転数 N_{e^*} とモータ MG 2 の回転数 N_{m2} （駆動軸 3 6 F の回転数）とプラネタリギヤ 3 0 のギヤ比 とを用いて次式（2）によりモータ MG 1 の目標回転数 N_{m1^*} を計算し、計算した目標回転数 N_{m1^*} とモータ MG 1 の現在の回転数 N_{m1} とエンジン 2 2 の目標トルク T_{e^*} とプラネタリギヤ 3 0 のギヤ比 とを用いて式（2）によりモータ MG 1 のトルク指令 T_{m1^*} の仮の値としての仮トルク $T_{m1\text{tmp}}$ を計算する（ステップ S 3 0 0）。ここで、式（2）は、プラネタリギヤ 3 0 の回転要素に対する力学的な関係式である。図 8 は、HV 走行モードで走行する際のプラネタリギヤ 3 0 の回転要素における回転数とトルクとの力学的な関係を示す共線図の一例を示す説明図である。図中、左の S 軸はモータ MG 1 の回転数 N_{m1} であるサンギヤの回転数を示し、C 軸はエンジン 2 2 の回転数 N_e であるキャリヤの回転数を示し、R 軸はモータ MG 2 の回転数 N_{m2} であるリングギヤ（駆動軸 3 6 F）の回転数を示す。また、図中、R 軸上の 2 つの太線矢印は、モータ MG 1 から出力されてプラネタリギヤ 3 0 を介して駆動軸 3 6 F に作用するトルクと、モータ MG 2 から出力されて駆動軸 3 6 F に作用するトルクと、を示す。式（2）は、この共線図を用いれば容易に導くことができる。また、式（3）は、モータ MG 1 を目標回転数 N_{m1^*} で回転させる（エンジン 2 2 を目標回転数 N_{e^*} で回転させる）ためのフィードバック制御における関係式である。式（3）中、右辺第 1 項はフィードフォワード項であり、右辺第 2 項、第 3 項はフィードバック項の比例項、積分項である。また、式（3）中、右辺第 2 項の「 $k_{p n}$ 」は比例項のゲインであり、右辺第 3 項の「 $k_{i n}$ 」は積分項のゲインである。

【0041】

$$N_{m1^*} = N_{e^*} \cdot (1 + \dots) / -N_{m2} \quad (2)$$

$$T_{m1\text{tmp}} = - \cdot T_{e^*} / (1 + \dots) + k_{pn} \cdot (N_{m1^*} - N_{m1}) + k_{in} \cdot (N_{m1^*} - N_{m1}) dt \quad (3)$$

【0042】

続いて、次式（4）に示すように、モータ MG 1 の仮トルク $T_{m1\text{tmp}}$ をプラネタリギヤ 3 0 のギヤ比 で除した値を前輪要求トルク T_{f^*} に加えて、モータ MG 2 のトルク指令 T_{m2^*} の仮の値としての仮トルク $T_{m2\text{tmp}}$ を計算する（ステップ S 3 1 0）。そして、後輪要求トルク T_{r^*} をモータ MG 3 のトルク指令 T_{m3^*} の仮の値としての仮トルク $T_{m3\text{tmp}}$ に設定する（ステップ S 3 2 0）。ここで、式（4）は、図 6 の共線図を用いれば容易に導くことができる。

【0043】

$$T_{m2\text{tmp}} = T_{f^*} + T_{m1\text{tmp}} / \dots \quad (4)$$

【0044】

こうしてモータ MG 1, MG 2, MG 3 の仮トルク $T_{m1\text{tmp}}$, $T_{m2\text{tmp}}$, $T_{m3\text{tmp}}$ を設定すると、モータ MG 1, MG 2, MG 3 の総消費電力 P_m がバッテリ 5 0 の入出力制限 W_{in}, W_{out} の範囲内となる電力条件と、前輪 3 8 a, 3 8 b のトルク ($-T_{m1^*} / \dots + T_{m2^*}$) と後輪 3 8 c, 3 8 d のトルク (T_{m3^*}) とについての前輪、後輪分配比が前輪、後輪要求分配比 D_f^* , D_r^* となる分配比条件とを満たすように、モータ MG 1, MG 2, MG 3 の仮トルク $T_{m1\text{tmp}}$, $T_{m2\text{tmp}}$, $T_{m3\text{tmp}}$ を制限して（必要に応じて補正して）、トルク指令 T_{m1^*} , T_{m2^*} , T_{m3^*} を設定する（ステップ S 3 3 0）。

【0045】

ここで、モータ MG 1, MG 2, MG 3 の総消費電力 P_m は、モータ MG 1, MG 2, MG 3 の消費電力 P_{m1} , P_{m2} , P_{m3} の和として計算するものとした。モータ MG 1 の消費電力 P_{m1} は、モータ MG 1 のトルク指令 T_{m1^*} と回転数 N_{m1} との積として計

10

20

30

40

50

算するものとした。モータ MG 2 の消費電力 Pm 2 は、モータ MG 2 のトルク指令 Tm 2 * と回転数 Nm 2 との積として計算するものとした。モータ MG 3 の消費電力 Pm 3 は、モータ MG 3 のトルク指令 Tm 3 * と回転数 Nm 3 との積として計算するものとした。なお、図 8 から分かるように、モータ MG 1 は、エンジン 2 2 の回転数を押さえ込む方向のトルクを出力する。このため、モータ MG 1 の回転数 Nm 1 が正の場合、モータ MG 1 の消費電力 Pm 1 は負の値（発電側の値）となる。

【 0 0 4 6 】

このステップ S 3 3 0 の処理では、モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 の仮トルク Tm 1 t mp , Tm 2 t mp , Tm 3 t mp をトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * に設定すると仮定して計算したモータ MG 1 , MG 2 , MG 3 の仮総消費電力 Pm t mp がバッテリ 5 0 の入出力制限 Win , Wout の範囲内となるときには、仮トルク Tm 1 t mp , Tm 2 t mp , Tm 3 t mp をトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * に設定する。また、仮総消費電力 Pm t mp がバッテリ 5 0 の入出力制限 Win , Wout の範囲外となるときには、電力条件と分配比条件とを満たすように仮トルク Tm 1 t mp , Tm 2 t mp , Tm 3 t mp を補正してトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * を設定する。具体的には、まず、モータ MG 1 の仮トルク Tm 1 t mp をトルク指令 Tm 1 * に設定する。続いて、次式 (5) , (6) に示すように、バッテリ 5 0 の入出力制限 Win , Wout からモータ MG 1 の消費電力 Pm 1 を減じた値をモータ MG 3 の回転数 Nm 3 で除して、モータ MG 3 から出力してもよいトルクの上下限としてのトルク制限 Tm 3 min , Tm 3 max を計算する。そして、モータ MG 3 の仮トルク Tm 3 t mp をトルク制限 Tm 3 min , Tm 3 max で制限してトルク指令 Tm 3 * を設定する。次に、式 (7) , (8) に示すように、バッテリ 5 0 の入出力制限 Win , Wout からモータ MG 1 , MG 3 の消費電力 Pm 1 , Pm 3 を減じた値をモータ MG 2 の回転数 Nm 2 で除して、モータ MG 2 から出力してもよいトルクの上下限としてのトルク制限 Tm 2 min , Tm 2 max を計算する。そして、モータ MG 2 の仮トルク Tm 2 t mp をトルク制限 Tm 2 min , Tm 2 max で制限してトルク指令 Tm 2 * を設定する。
10

【 0 0 4 7 】

$$Tm3min = (Win - Pm1) / Nm3 \quad (5)$$

$$Tm3max = (Wout - Pm1) / Nm3 \quad (6)$$

$$Tm2min = (Win - Pm1 - Pm3) / Nm2 \quad (7)$$

$$Tm2max = (Wout - Pm1 - Pm3) / Nm2 \quad (8)$$

30

【 0 0 4 8 】

こうしてエンジン 2 2 の目標回転数 Ne * や目標トルク Te * , モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 のトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * を設定すると、エンジン 2 2 の目標回転数 Ne * や目標トルク Te * についてはエンジン ECU 2 4 に送信し、モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 のトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * についてはモータ ECU 4 0 にそれぞれ送信して（ステップ S 3 4 0 ）、本ルーチンを終了する。エンジン 2 2 の目標回転数 Ne * と目標トルク Te * とを受信したエンジン ECU 2 4 は、目標回転数 Ne * と目標トルク Te * とに基づいてエンジン 2 2 が運転されるようにエンジン 2 2 の吸入空気量制御や燃料噴射制御、点火制御などを行なう。また、モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 のトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * を受信したモータ ECU 4 0 は、モータ MG 1 , MG 2 , MG 3 がトルク指令 Tm 1 * , Tm 2 * , Tm 3 * で駆動されるようにインバータ 4 1 , 4 2 , 4 3 のスイッチング素子のスイッチング制御を行なう。
40

【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 4 0 で前輪 3 8 a , 3 8 b と後輪 3 8 c , 3 8 d とのいずれか一方または両方が空転によりスリップしていると判定されたときには、前輪 3 8 a , 3 8 b が空転によりスリップしているか否かを判定する（ステップ S 1 5 0 ）。そして、前輪 3 8 a , 3 8 b が空転によりスリップしていると判定されたときには、次式 (9) に示すように、前輪 3 8 a , 3 8 b と路面との間の動摩擦係数 μ f と、車両の質量 M と、重力加速度 g と、車両の質量 M に対する前輪 3 8 a , 3 8 b に作用する質量の割合である前輪動荷重分配比 50

K_{wdf} と、の積として、前輪 38a, 38b と路面との間の動摩擦力と釣り合う前輪釣合トルク T_{bf} を計算する（ステップ S160）。ここで、動摩擦係数 μ_f は、例えば、前輪 38a, 38b に出力するトルク ($-T_{m1}^* / +T_{m2}^*$) とモータ MG2 の回転数 N_{m2} （駆動軸 36F の回転数）とに基づいて演算することができる。前輪動荷重分配比 K_{wdf} と、車両の質量 M に対する後輪 38c, 38d に作用する質量の割合である後輪動荷重分配比 K_{wdr} と、の和は値 1 となる。この前輪動荷重分配比 K_{wdf} 、後輪動荷重分配比 K_{wdr} は、例えば、車両の質量 M に対して停車時に前輪 38a, 38b、後輪 38c, 38d に作用する質量の割合である前輪静荷重分配比 K_{wsf} 、後輪静荷重分配比 K_{wsr} と車体加速度 c とに基づいて演算することができる。前輪静荷重分配比 K_{wsf} と後輪静荷重分配比 K_{wsr} との和は値 1 であり、前輪静荷重分配比 K_{wsf} 、後輪静荷重分配比 K_{wsr} は、それぞれ、例えば 0.6, 0.4 である。10

【0050】

$$T_{bf} = \mu_f \cdot M \cdot g \cdot K_{wdf} \quad (9)$$

【0051】

続いて、前輪釣合トルク T_{bf} と前輪スリップ速度 V_{sf} と目標前輪スリップ速度 V_{sf}^* を用いて次式（10）により前輪上限トルク T_{fmax} を計算し（ステップ S170）、ステップ S130 で設定した前輪要求トルク T_{f*} を前輪上限トルク T_{fmax} で制限（上限ガード）して前輪要求トルク T_{f*} を再設定する（ステップ S180）。ここで、目標前輪スリップ速度 V_{sf}^* は、例えば、25 km/h や 30 km/h, 35 km/hなどを用いることができる。また、式（10）は、前輪スリップ速度 V_{sf} を目標前輪スリップ速度 V_{sf}^* に近づけるためのフィードバック制御における関係式である。式（10）中、右辺第 1 項はフィードフォワード項であり、右辺第 2 項、第 3 項はフィードバック項の比例項、積分項である。また、式（10）中、右辺第 2 項の「 k_{psf} 」は比例項のゲインであり、右辺第 3 項の「 k_{isf} 」は積分項のゲインである。実施例では、比例項、積分項のゲイン k_{psf} , k_{isf} は、比較的小さい値を用いるものとした。したがって、前輪上限トルク T_{fmax} は、前輪 38a, 38b の空転によるスリップの開始直後には、フィードバック項（特に積分項）の影響が十分に小さいために、前輪釣合トルク T_{bf} に略等しい値となる。その後、前輪上限トルク T_{fmax} は、フィードバック項（特に積分項）の影響が滑らかに大きくなり、目標前輪スリップ速度 V_{sf}^* と前輪スリップ速度 V_{sf} との差分 ($V_{sf}^* - V_{sf}$) を値 0 に滑らかに近づけるための値となる。比例項、積分項のゲイン k_{psf} , k_{isf} は、具体的には、前輪要求トルク T_{f*} （エンジン 22 の要求パワー P_e^* ）の変化に対してエンジン 22 のパワー P_e が十分に追従できる程度の値を用いるものとした。なお、モータ MG1, MG2 は、基本的に、エンジン 22 より応答性が高いため、エンジン 22 が追従できればモータ MG1, MG2 も追従できる。20

【0052】

$$T_{fmax} = T_{bf} + k_{psf} \cdot (V_{sf}^* - V_{sf}) + k_{isf} \cdot (V_{sf}^* - V_{sf}) dt \quad (10)$$

【0053】

ステップ S150 で前輪 38a, 38b が空転によりスリップしていないと判定されたときには、ステップ S160 ~ S180 の処理を実行しない。即ち、前輪要求トルク T_{f*} を再設定しない。40

【0054】

次に、後輪 38c, 38d が空転によりスリップしているか否かを判定する（ステップ S190）。そして、後輪 38c, 38d が空転によりスリップしていると判定されたときには、次式（11）に示すように、後輪 38c, 38d と路面との間の動摩擦係数 μ_r と、車両の質量 M と、重力加速度 g と、後輪動荷重分配比 K_{wdr} と、の積として、後輪 38c, 38d と路面との間の動摩擦力と釣り合う後輪釣合トルク T_{br} を計算する（ステップ S200）。ここで、動摩擦係数 μ_r は、例えば、後輪 38c, 38d に出力するトルク (T_{m3}^*) とモータ MG3 の回転数 N_{m3} （駆動軸 36R の回転数）とに基づいて演算することができる。50

【0055】

$$T_{br} = \mu r \cdot M \cdot g \cdot Kwdr \quad (11)$$

【0056】

続いて、後輪釣合トルク T_{br} と後輪スリップ速度 V_{sr} と目標後輪スリップ速度 V_{sr}^* を用いて次式(12)により後輪上限トルク T_{rmax} を計算し(ステップS210)、ステップS130で設定した後輪要求トルク T_r^* を後輪上限トルク T_{rmax} で制限(上限ガード)して後輪要求トルク T_r^* を再設定する(ステップS220)。ここで、目標後輪スリップ速度 V_{sr}^* は、例えば、25km/hや30km/h, 35km/hなどを用いることができる。また、式(12)は、後輪スリップ速度 V_{sr} を目標後輪スリップ速度 V_{sr}^* に近づけるためのフィードバック制御における関係式である。式(12)中、右辺第1項はフィードフォワード項であり、右辺第2項、第3項はフィードバック項の比例項、積分項である。また、式(12)中、右辺第2項の「 k_{psr} 」は比例項のゲインであり、右辺第3項の「 k_{isr} 」は積分項のゲインである。実施例では、比例項、積分項のゲイン k_{psr} , k_{isr} は、比較的小さい値を用いるものとした。したがって、後輪上限トルク T_{rmax} は、後輪38c, 38dの空転によるスリップの開始直後には、フィードバック項(特に積分項)の影響が十分に小さいために、後輪釣合トルク T_{br} に略等しい値となる。その後、後輪上限トルク T_{rmax} は、フィードバック項(特に積分項)の影響が滑らかに大きくなり、目標後輪スリップ速度 V_{sr}^* と後輪スリップ速度 V_{sr} との差分($V_{sr}^* - V_{sr}$)を滑らかに値0に近づけるための値となる。比例項、積分項のゲイン k_{psr} , k_{isr} は、具体的には、走行性や姿勢安定性などを考慮して、上述の比例項、積分項のゲイン k_{psf} , k_{isf} と同程度の値を用いるものとした。10

【0057】

$$Tr_{max}=T_{br}+k_{psr} \cdot (V_{sr}^*-V_{sr}) + k_{isr} \cdot (V_{sr}^*-V_{sr})dt \quad (12)$$

【0058】

ステップS190で後輪38c, 38dが空転によりスリップしていないと判定されたときには、ステップS200～S220の処理を実行しない。即ち、後輪要求トルク T_r^* を再設定しない。20

【0059】

次に、次式(13)に示すように、前輪要求トルク T_f^* と後輪要求トルク T_r^* の和で後輪要求トルク T_r^* を除して想定後輪分配比 D_{res} を計算し(ステップS230)、計算した想定後輪分配比 D_{res} を最大後輪分配比 D_{rmax} と比較する(ステップS240)。そして、想定後輪分配比 D_{res} が最大後輪分配比 D_{rmax} より大きいときには、値1から最大後輪分配比 D_{rmax} を減じた値を前輪要求分配比 D_f^* に再設定すると共に最大後輪分配比 D_{rmax} を後輪要求分配比 D_r^* に再設定し(ステップS250)、次式(14)に示すように、前輪要求トルク T_f^* に最大後輪分配比 D_{rmax} を乗じてこれを前輪要求分配比 D_f^* で除して、後輪要求トルク T_r^* を再設定し(ステップS260)、想定後輪分配比 D_{res} が最大後輪分配比 D_{rmax} 以下のときには、ステップS250, S260の処理を実行しない。ここで、ステップS260の処理は、前輪分配比、後輪分配比がそれぞれ値(1 - D_{rmax})、最大後輪分配比 D_{rmax} となるように後輪要求トルク T_r^* を再設定する処理である。上述のステップS160～S180の処理によって前輪要求トルク T_f^* を再設定したりステップS200～S220の処理によって後輪要求トルク T_r^* を再設定したりすると、基本的には、後輪想定分配比 D_{res} は、後輪要求分配比 D_r^* とは異なる値となる。したがって、後輪分配比 D_r が最大後輪分配比 D_{rmax} 以下となるようにすることにより、走行性能を十分に確保することができる。30

【0060】

$$D_{res}=Tr^*/(T_f^*+Tr^*) \quad (13)$$

$$Tr^*=T_f^* \cdot Dr_{max}/(1-Dr_{max}) \quad (14)$$

【0061】

10

20

30

40

50

そして、上述のステップS270～S340の処理を実行して、具体的には、要求パワーPe*を設定し(ステップS270)、エンジン22の目標回転数Ne*および目標トルクTe*を設定し(ステップS280)、モータMG1, MG2, MG3のトルク指令Tm1*, Tm2*, Tm3*を設定し(ステップS290～S330)、エンジン22の目標回転数Ne*および目標トルクTe*をエンジンECU24に送信すると共にモータMG1, MG2, MG3のトルク指令Tm1*, Tm2*, Tm3*をモータECU40に送信して(ステップS340)、本ルーチンを終了する。

【0062】

実施例では、こうした制御により、前輪38a, 38bの空転によるスリップが生じた直後には、前輪上限トルクTfmaxが前輪釣合トルクTbfに略等しい値となり、この前輪上限トルクTfmaxによって前輪要求トルクTf*が制限される。これにより、前輪スリップ速度Vs fをある程度の値で安定させる(収束させる)ことができる。そして、その後、前輪上限トルクTfmaxが差分(Vsf* - Vs f)を値0に滑らかに近づけるための値となり、この前輪上限トルクTfmaxによって前輪要求トルクTf*が制限される。これにより、前輪スリップ速度Vs fを目標前輪スリップ速度Vs f*に滑らかに近づけてその付近で安定させる(略一定にする)ことができる。同様に、後輪38c, 38dの空転によるスリップが生じた直後には、後輪上限トルクTrmaxが後輪釣合トルクTbrに略等しい値となり、この後輪上限トルクTrmaxによって後輪要求トルクTr*が制限される。これにより、後輪スリップ速度Vs rをある程度の値で安定させる(収束させる)ことができる。そして、その後、後輪上限トルクTrmaxが差分(Vsr* - Vs r)を値0に滑らかに近づけるための値となり、この後輪上限トルクTrmによって後輪要求トルクTr*が制限される。これにより、後輪スリップ速度Vs rを目標後輪スリップ速度Vs r*に滑らかに近づけてその付近で安定させる(略一定にする)ことができる。これらの結果、運転者に与えるスリップ感をより向上させることができる。

【0063】

図9および図10は、バッテリ50の入出力制限Win, Woutの絶対値が閾値Werf以下で且つVSCオフスイッチ89がオフのときの、アクセル開度Acc, 前輪スリップ速度Vs f, 後輪スリップ速度Vs r, 前輪38a, 38bと路面との間の動摩擦係数μf, 後輪38c, 38dと路面との間の動摩擦係数μr, 前輪要求トルクTf*および前輪トルクTf, 後輪要求トルクTr*および後輪トルクTr, エンジン22の要求パワーPe*およびパワーPe, モータMG1, MG2, MG3の総消費電力Pm, モータMG2のトルクTm2, トルク制限Tm2min, Tm2max, モータMG3のトルクTm3, トルク制限Tm3min, Tm3maxの時間変化の様子を模式的に示す説明図である。

【0064】

図9は、実施例の様子を示し、図10は、比較例の様子を示す。比較例としては、前輪スリップ速度Vs fから目標前輪スリップ速度Vs f*を減じた値(Vsf - Vs f*)の増加に伴って前輪要求トルクTf*を徐々に小さくすると共に後輪スリップ速度Vs rから目標後輪スリップ速度Vs r*を減じた値(Vsr - Vs r*)の増加に伴って後輪要求トルクTr*を徐々に小さくする比較例制御を行なう場合を考えるものとした。

【0065】

比較例の場合、図10に示すように、時刻t21に前輪38a, 38bの空転によるスリップが生じると、値(Vsf - Vs f*)がある程度増加した時刻t22から値(Vsf - Vs f*)の増加に伴って前輪要求トルクTf*を徐々に低下させ、これに応じてエンジン22の要求パワーPe*を徐々に低下させる。このとき、エンジン22の応答性が比較的低いために、エンジン22のパワーPeの低下が遅れ、モータMG1の消費電力Pm1の増加(発電電力の低下)が遅れる。そして、このモータMG1の消費電力Pm1の増加の遅れと、モータMG2の回転数Nm2の増加とにより、トルク制限Tm2minが大きくなる(絶対値としては小さくなる、即ち、値0に近づく)。これは、バッテリ50

10

20

30

40

50

への入力電力が入力制限 W_{in} を超過しないようにするためである。いま、入力制限 W_{in} の絶対値が閾値 W_{ref} 以下のときを考えているから、トルク制限 T_{m2min} の絶対値が非常に小さくなることがある。こうした理由により、モータ MG 2 のトルク T_{m2} を十分に小さくすることができず、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} に対してオーバーシュートすることがある。なお、前輪スリップ速度 V_{sf} の増加時には、モータ MG 2 の回転数 N_{m2} の増加により、トルク制限 T_{m2max} の絶対値も小さくなる。

【0066】

そして、時刻 t_{23} に前輪スリップ速度 V_{sf} がピークとなり、その後に前輪スリップ速度 V_{sf} が低下し始めると、値 ($V_{sf} - V_{sf*}$) の低下に伴って前輪要求トルク T_{f*} を増加させ、これに応じてエンジン 22 の要求パワー P_{e*} を増加させる。しかし、エンジン 22 の低応答性のために、エンジン 22 のパワー P_e の増加が遅れ、モータ MG 1 の消費電力 P_{m1} の低下（発電電力の増加）が遅れる。そして、モータ MG 1 の消費電力 P_{m1} の低下の遅れにより、トルク制限 T_{m2max} の増加も遅れる。このトルク制限 T_{m2max} は、バッテリ 50 からの出力電力が出力制限 W_{out} を超過しないようにするために定められるものである。いま、出力制限 W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} 以下のときを考えているから、トルク制限 T_{m2max} の絶対値が非常に小さいことがある。こうした理由により、モータ MG 2 のトルク T_{m2} を十分に大きくすることができず、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} に対してアンダーシュートし、ひいては、スリップが解消することがある。

【0067】

前輪 38a, 38b の空転によるスリップが解消した後の時刻 t_{24} に、前輪 38a, 38b の空転によるスリップが再度生じると、上述の比較例の制御により、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} に対して再度オーバーシュートおよびアンダーシュートし得る。

【0068】

比較例の場合、このように前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} に対してオーバーシュートとアンダーシュートとを繰り返す、即ち、前輪スリップ速度 V_{sf} が安定しないことがある。なお、図 10 では、後輪スリップ速度 V_{sr} は、目標後輪スリップ速度 V_{sr*} をオーバーシュートしていないが、前輪スリップ速度 V_{sf} と同様に、安定していないことが分かる。

【0069】

実施例の場合、図 9 に示すように、時刻 t_{11} に前輪 38a, 38b の空転によるスリップが生じると、前輪上限トルク T_{fmax} により前輪要求トルク T_{f*} を低下させる。実施例では、前輪 38a, 38b のスリップ開始直後には、式 (10) におけるフィードバック項（特に積分項）の影響が十分に小さいために前輪上限トルク T_{fmax} が前輪釣合トルク T_{bf} に略等しい値となり、この前輪上限トルク T_{fmax} によって前輪要求トルク T_{f*} が制限されることにより、前輪スリップ速度 V_{sf} をある程度の値で収束させることができる。ところで、実施例では、前輪 38a, 38b のスリップ開始直後（前輪スリップ速度 V_{sf} がそれほど大きくないとき）に前輪要求トルク T_{f*} を低下させ始めてエンジン 22 の要求パワー P_{e*} も低下させ始めるから、比較例に比して、トルク制限 T_{m2min} がある程度大きくなる（絶対値としてはある程度小さくなる）前にモータ MG 2 のトルク T_{m2} を低下させることができる。これにより、モータ MG 2 のトルク T_{m2} を十分に低下させることができ、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} をオーバーシュートするのを抑制することができる。なお、実施例でも、モータ MG 1 の消費電力 P_{m1} の増加（発電電力の低下）の遅れと、モータ MG 2 の回転数 N_{m2} の増加とにより、トルク制限 T_{m2min} の絶対値が小さくなっている。モータ MG 2 の回転数 N_{m2} の増加により、トルク制限 T_{m2max} の絶対値が小さくなっている。

【0070】

そして、その後、式 (10) におけるフィードバック項（特に積分項）の影響が大きくなっている。

10

20

30

40

50

なって前輪上限トルク $T_{f\ max}$ が差分 ($V_{sf^*} - V_{sf}$) を値 0 に近づけるための値となり、この前輪上限トルク $T_{f\ max}$ によって前輪要求トルク T_{f^*} が制限されることにより、前輪スリップ速度 V_{sf} を目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} に滑らかに近づけてその付近で略一定にすることができる。なお、このときには、フィードバック項（特に積分項）の影響によって前輪上限トルク $T_{f\ max}$ を滑らかに変化させることにより、エンジン 22 の応答遅れによる不都合を生じさせずに、前輪スリップ速度 V_{sf} を目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} に近づけることができる。

【0071】

こうした制御により、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} に対してオーバーシュートしたりアンダーシュートしたりするのを抑制することができる。即ち、前輪スリップ速度 V_{sf} を目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} 付近でより安定させることができる。

【0072】

時刻 t 12 に後輪 38c, 38d の空転によるスリップが生じたときには、前輪 38a, 38b の空転によるスリップが生じたときの前輪要求トルク T_{f^*} と同様に後輪要求トルク T_{r^*} を変化させることにより、後輪スリップ速度 V_{sr} が目標後輪スリップ速度 V_{sr^*} に対してオーバーシュートしたりアンダーシュートしたりするのを抑制することができる。即ち、後輪スリップ速度 V_{sr} を目標後輪スリップ速度 V_{sr^*} 付近でより安定させることができる。

【0073】

以上説明した実施例のハイブリッド自動車 20 によれば、VSC オフスイッチ 89 がオンのときにおいて、前輪 38a, 38b の空転によるスリップが生じたときには、その開始直後（前輪スリップ速度 V_{sf} がそれほど大きくないとき）に前輪要求トルク T_{f^*} を低下させ始めてエンジン 22 の要求パワー P_{e^*} も低下させ始めるから、前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} をオーバーシュートするのを抑制することができる。そして、前輪 38a, 38b と路面との間の動摩擦力と釣り合う前輪釣合トルク T_{bf} に基づく前輪上限トルク $T_{f\ max}$ 以下の範囲内で前輪要求トルク T_{f^*} を設定するから、前輪スリップ速度 V_{sf} をある程度の値で安定させることができる。同様に、後輪 38c, 38d の空転によるスリップが生じたときには、その開始直後に後輪要求トルク T_{r^*} を低下させ始めるから、後輪スリップ速度 V_{sr} が目標後輪スリップ速度 V_{sr^*} をオーバーシュートするのを抑制することができ、後輪 38c, 38d と路面との間の動摩擦力と釣り合う後輪釣合トルク T_{br} に基づく後輪上限トルク $T_{r\ max}$ 以下の範囲内で後輪要求トルク T_{r^*} を設定するから、後輪スリップ速度 V_{sr} をある程度の値で安定させることができる。これらの結果、運転者に与えるスリップ感を向上させることができる。

【0074】

そして、前輪釣合トルク T_{bf} と、目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} と前輪スリップ速度 V_{sf} との差分 ($V_{sf^*} - V_{sf}$) を打ち消すためのフィードバック項と、の和を前輪上限トルク $T_{f\ max}$ に設定するから、前輪スリップ速度 V_{sf} を目標前輪スリップ速度 V_{sf^*} に近づけてその付近で安定させることができる。同様に、後輪釣合トルク T_{br} と、目標後輪スリップ速度 V_{sr^*} と後輪スリップ速度 V_{sr} との差分 ($V_{sr^*} - V_{sr}$) を打ち消すためのフィードバック項と、の和を後輪上限トルク $T_{r\ max}$ に設定するから、後輪スリップ速度 V_{sr} を目標後輪スリップ速度 V_{sr^*} に近づけてその付近で安定させることができる。これらの結果、運転者に与えるスリップ感をより向上させることができる。

【0075】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、VSC オフスイッチ 89 がオンのときにおいて、バッテリ 50 の入出力制限 W_{in}, W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} 以下で且つ前輪 38a, 38b の空転によるスリップが生じたときに、前輪釣合トルク T_{bf} に基づく前輪上限トルク $T_{f\ max}$ 以下の範囲内で前輪要求トルク T_{f^*} を設定してエンジン 22 とモ

10

20

30

40

50

ータ MG 1 , MG 2 を制御するものとしたが、バッテリ 50 の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} より大きく且つ前輪 38a , 38b の空転によるスリップが生じたときも、実施例と同様に、前輪釣合トルク T_{bf} に基づく前輪上限トルク T_{fmax} 以下の範囲内で前輪要求トルク T_{f*} を設定してエンジン 22 とモータ MG 1 , MG 2 とを制御するものとしてもよい。また、バッテリ 50 の入出力制限 W_{in} , W_{out} の絶対値が閾値 W_{ref} より大きく且つ前輪 38a , 38b の空転によるスリップが生じたときに、上述の比較例の制御を行なっても前輪スリップ速度 V_{sf} が目標前輪スリップ速度 V_{sf*} に対してオーバーシュートやアンダーシュートしないと想定されるのであれば、上述の比較例の制御を行なうものとしてもよい。ところで、後輪 38c , 38d の空転によるスリップが生じたときには、走行性や姿勢安定性を考慮して、前輪 38a , 38b の空転によるスリップが生じたときと同様の制御を行なうのが好ましい。

【0076】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、前輪 38a , 38b の空転によるスリップが生じたときの、差分 ($V_{sf*} - V_{sf}$) を打ち消すためのフィードバック項には、比例項と積分項とを用いるものとしたが、積分項だけを用いるものとしてもよい。同様に、実施例では、後輪 38c , 38d の空転によるスリップが生じたときの、差分 ($V_{sr*} - V_{sr}$) を打ち消すためのフィードバック項には、比例項と積分項とを用いるものとしたが、積分項だけを用いるものとしてもよい。

【0077】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、前輪 38a , 38b の空転によるスリップが生じたときには、前輪釣合トルク T_{bf} と、差分 ($V_{sf*} - V_{sf}$) を打ち消すためのフィードバック項と、の和を前輪上限トルク T_{fmax} に設定するものとしたが、前輪釣合トルク T_{bf} を前輪上限トルク T_{fmax} に設定するものとしてもよい。この場合でも、前輪スリップ速度 V_{sf} をある程度の速度で安定させることができる。同様に、実施例では、後輪 38c , 38d の空転によるスリップが生じたときには、後輪釣合トルク T_{br} と、差分 ($V_{sr*} - V_{sr}$) を打ち消すためのフィードバック項と、の和を後輪上限トルク T_{rmax} に設定するものとしたが、後輪釣合トルク T_{br} を後輪上限トルク T_{rmax} に設定するものとしてもよい。この場合でも、後輪スリップ速度 V_{sr} をある程度の速度で安定させることができる。

【0078】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、エンジン 22 の推定出力トルク T_{eest} は、今回に VSC オフ時駆動制御ルーチンを実行しときに設定したエンジン 22 の目標トルク T_{e*} に応答遅れ補償（むだ時間補償や一次遅れ補償）を施して設定するものとしたが、前回に VSC オフ時駆動制御ルーチンを実行しときに設定したモータ MG 1 のトルク指令（前回 T_{m1*} ）とプラネタリギヤ 30 のギヤ比 η を用いて次式（15）により計算するものとしてもよい。

【0079】

$$T_{eest} = -(1 + \eta) \cdot \text{前回 } T_{m1*} / \eta \quad (15)$$

【0080】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、前輪 38a , 38b や後輪 38c , 38d の空転によるスリップが生じているときに、前輪要求トルク T_{f*} と後輪要求トルク T_{r*} とを用いて計算した想定後輪分配比 D_{res} が最大後輪分配比 D_{rmax} より大きいときには、前輪分配比、後輪分配比がそれぞれ値 ($1 - D_{rmax}$)、最大後輪分配比 D_{rmax} となるように後輪要求トルク T_{r*} を再設定するものとしたが、こうした後輪要求トルク T_{r*} の再設定を行なわないものとしてもよい。

【0081】

実施例のハイブリッド自動車 20 では、前輪 38a , 38b に連結された駆動軸 36F にプラネタリギヤ 30 を介して接続されたエンジン 22 およびモータ MG 1 と、駆動軸 36 に接続されたモータ MG 2 と、後輪 38c , 38d に連結された駆動軸 36R に接続されたモータ MG 3 と、を備えるものとしたが、モータ MG 3 を備えないものとしてもよい

10

20

30

40

50

。即ち、実施例のハイブリッド自動車 20 では、4 樽駆動のハイブリッド自動車としたが、2 樽駆動のハイブリッド自動車としてもよいのである。

【0082】

実施例の主要な要素と課題を解決するための手段の欄に記載した発明の主要な要素との対応関係について説明する。実施例では、エンジン 22 が「エンジン」に相当し、モータ MG 1 が「第 1 モータ」に相当し、プラネタリギヤ 30 が「プラネタリギヤ」に相当し、モータ MG 2 が「第 2 モータ」に相当し、バッテリ 50 が「バッテリ」に相当し、HVE CU 70 とエンジン ECU 24 とモータ ECU 40 とが「制御手段」に相当する。

【0083】

なお、実施例の主要な要素と課題を解決するための手段の欄に記載した発明の主要な要素との対応関係は、実施例が課題を解決するための手段の欄に記載した発明を実施するための形態を具体的に説明するための一例であることから、課題を解決するための手段の欄に記載した発明の要素を限定するものではない。即ち、課題を解決するための手段の欄に記載した発明についての解釈はその欄の記載に基づいて行なわれるべきものであり、実施例は課題を解決するための手段の欄に記載した発明の具体的な一例に過ぎないものである。
。

【0084】

以上、本発明を実施するための形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。
20

【産業上の利用可能性】

【0085】

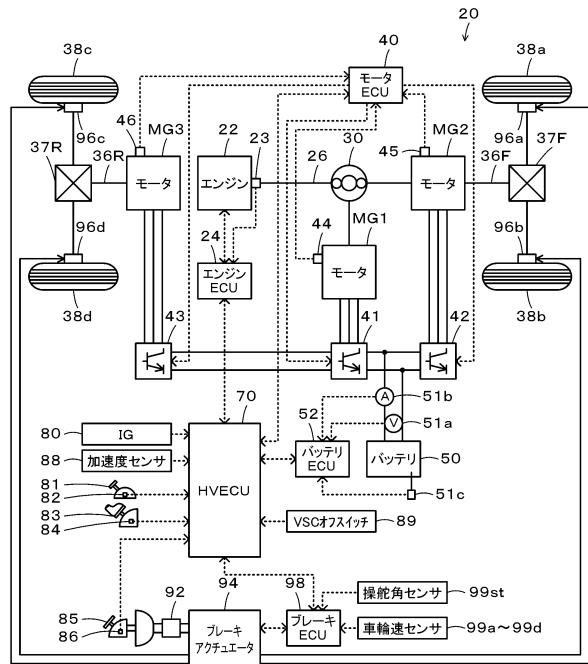
本発明は、ハイブリッド自動車の製造産業などに利用可能である。

【符号の説明】

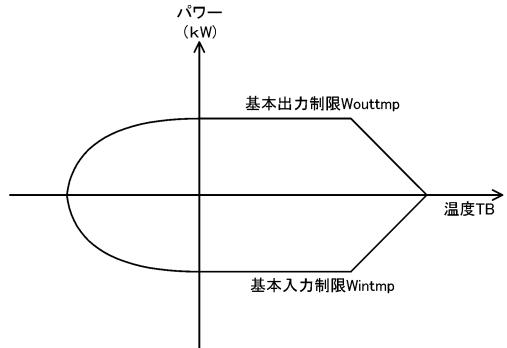
【0086】

20 ハイブリッド自動車、22 エンジン、23 クランクポジションセンサ、24 エンジン用電子制御ユニット(エンジン ECU)、26 クランクシャフト、30 プラネタリギヤ、36F, 36R 駆動軸、37F, 37R デファレンシャルギヤ、38a, 38b 前輪、38c, 38d 後輪、40 モータ用電子制御ユニット(モータ ECU)、41, 42, 43 インバータ、44, 45, 46 回転位置検出センサ、50 バッテリ、51a 電圧センサ、51b 電流センサ、51c 温度センサ、52 バッテリ用電子制御ユニット(バッテリ ECU)、70 ハイブリッド用電子制御ユニット(HVEC U)、80 イグニッシュョンスイッチ、81 シフトレバー、82 シフトポジションセンサ、83 アクセルペダル、84 アクセルペダルポジションセンサ、85 ブレーキペダル、86 ブレーキペダルポジションセンサ、88 加速度センサ、89 姿勢保持制御オフスイッチ(VSC オフスイッチ)、92 マスタシリンダ、94 ブレーキアクチュエータ、96a~96d ブレーキホイールシリンダ、98 ブレーキ用電子制御ユニット(ブレーキ ECU)、99a~99d 車輪速センサ、99st 操舵角センサ、MG1, MG2, MG3 モータ。
30

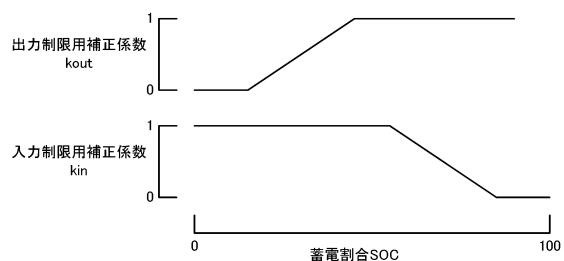
【図1】



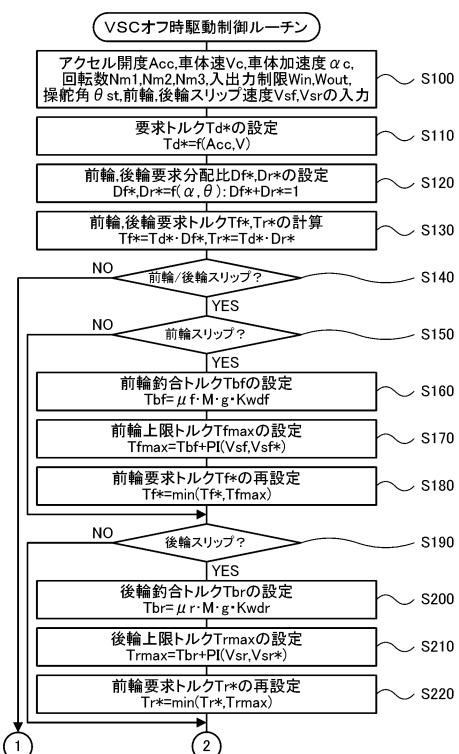
【図2】



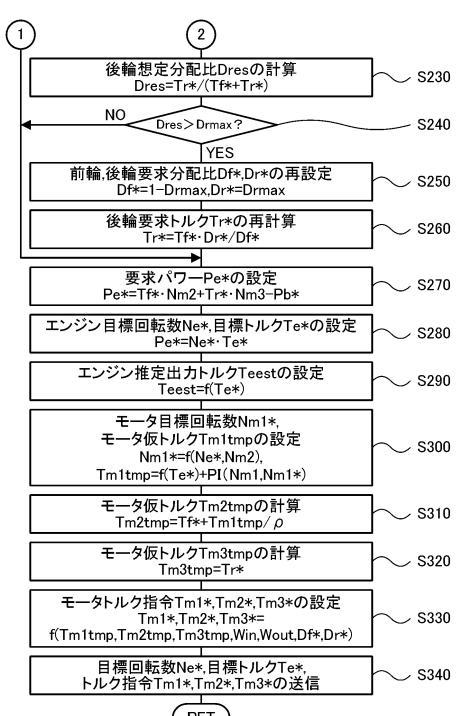
【図3】



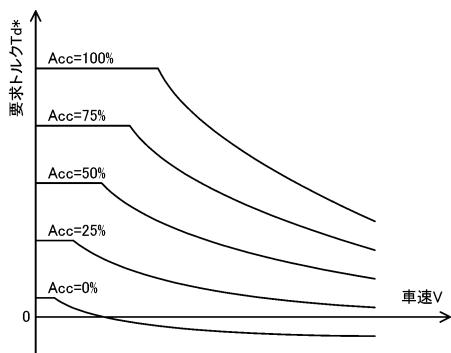
【図4】



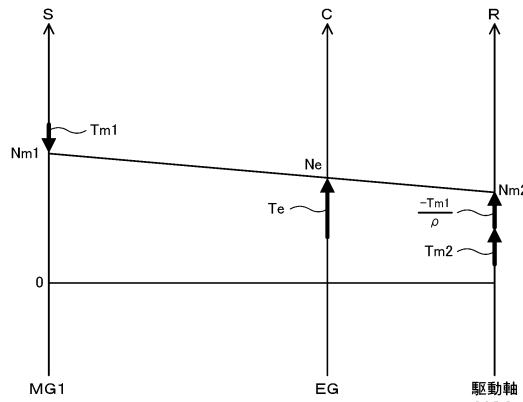
【図5】



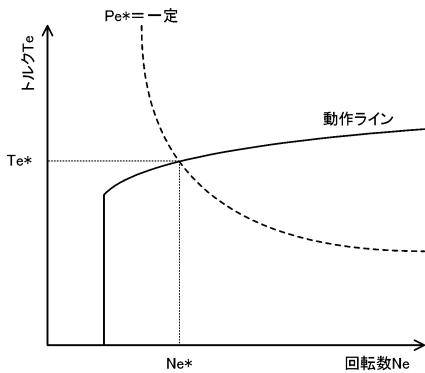
【図6】



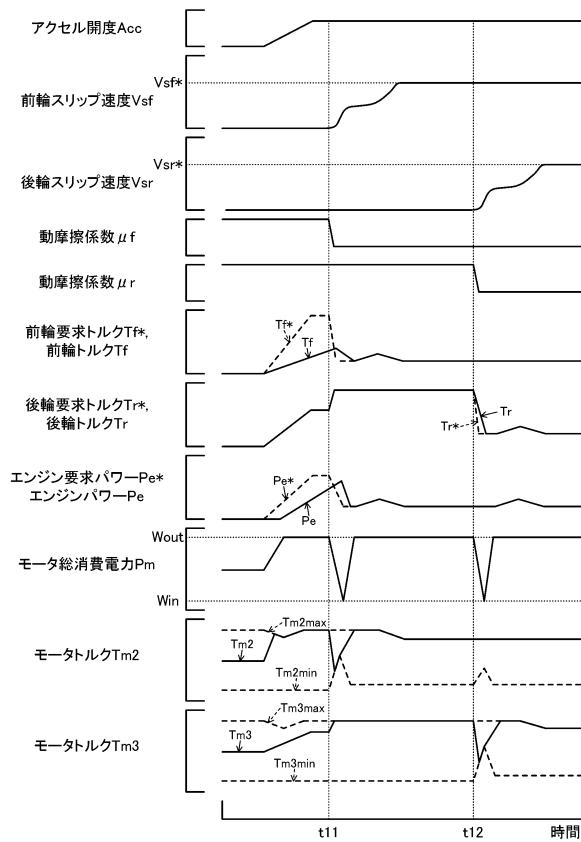
【図8】



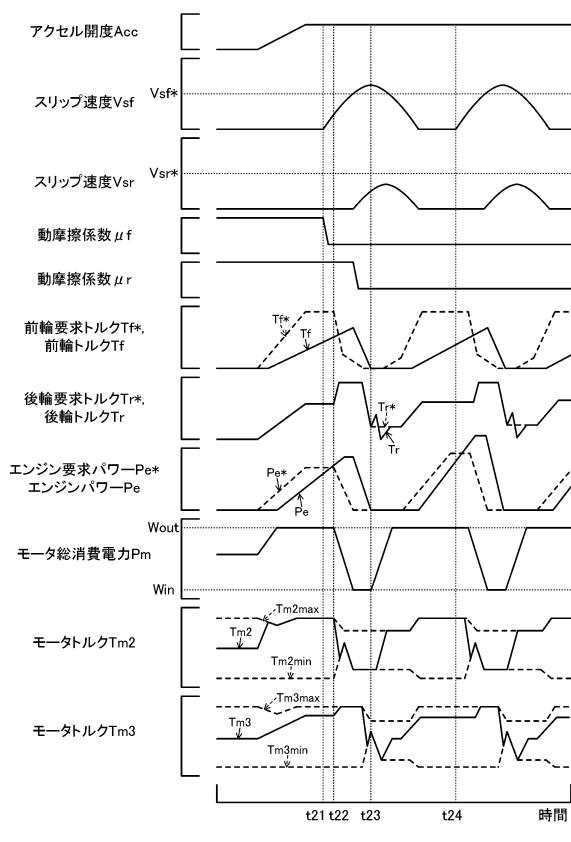
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 02D 29/06 (2006.01) F 02D 29/06 D

(56)参考文献 特開2009-165326 (JP, A)
国際公開第2013/076902 (WO, A1)
特開2008-207715 (JP, A)
特開2001-105919 (JP, A)
特開2009-126329 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 20/00
B60K 6/52
B60W 10/06
B60W 10/08
F02D 29/02
F02D 29/06