

(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2017-128193

(P2017-128193A)

(43) 公開日 平成29年7月27日(2017.7.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B60W 10/08 (2006.01)	B60W 10/08 900	3D202
B60K 6/445 (2007.10)	B60K 6/445 ZHV	5H125
B60L 3/00 (2006.01)	B60L 3/00 J	5H770
B60L 11/14 (2006.01)	B60L 11/14	
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 9/18 P	
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-8129 (P2016-8129)
 (22) 出願日 平成28年1月19日 (2016.1.19)

(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 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 清水 優
 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 安藤 隆
 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 岸本 岳志
 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

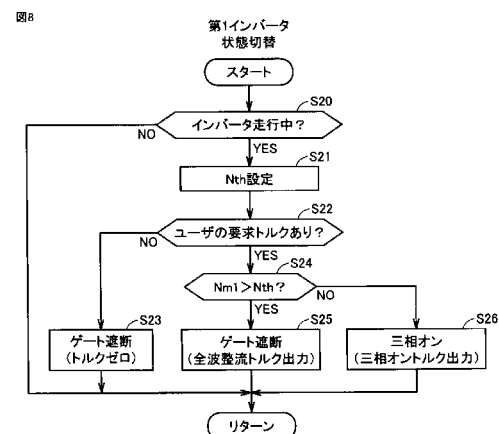
(54) 【発明の名称】 ハイブリッド車両

(57) 【要約】

【課題】 インバータレス走行中にMG 1 (第1モータジェネレータ) の回転速度が低下しても駆動トルクを確保する。

【解決手段】 エンジン、MG 1、MG 2 (第2モータジェネレータ)、これらを連結する遊星歯車機構、バッテリー、コンバータ、コンバータとMG 1との間で電力変換を行なう第1インバータ、およびコンバータとMG 2との間で電力変換を行なう第2インバータを備えるハイブリッド車両において、ECUは、第1インバータおよび第2インバータをゲート遮断状態にし、かつエンジンを駆動状態にするインバータレス走行制御を実行する。ECUは、インバータレス走行中において、MG 1の回転速度が閾値よりも高いときは第1インバータをゲート遮断状態にし、MG 1の回転速度が閾値よりも低いときは第1インバータを三相オン状態とする。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハイブリッド車両であって、
エンジンと、

永久磁石が装着されたロータを有する第 1 回転電機と、
駆動輪に接続された出力軸と、

前記エンジンに接続される回転要素と、前記第 1 回転電機に接続される回転要素と、前記出力軸に接続される回転要素とを含み、前記エンジン、前記第 1 回転電機および前記出力軸を機械的に連結する遊星歯車機構とを備え、

前記エンジンに接続される回転要素は、前記遊星歯車機構の共線図において中央に位置する線で表わされる回転要素であり、

前記ハイブリッド車両は、さらに、

前記出力軸に接続された第 2 回転電機と、
バッテリーと、

前記バッテリーと電力線との間に電氣的に接続されたコンバータと、

前記電力線および前記第 1 回転電機の間に電氣的に接続され、各々が上側アームおよび下側アームを有する三相の駆動アームを有する第 1 インバータと、

前記電力線および前記第 2 回転電機の間に電氣的に接続された第 2 インバータと、

前記第 1 インバータおよび前記第 2 インバータの PWM 制御を停止しつつ前記エンジンを駆動状態にするインバータレス走行制御を実行可能な制御装置とを備え、

前記制御装置は、前記インバータレス走行制御の実行中にユーザが駆動トルクを要求している場合、前記第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも高いときは前記第 1 インバータをゲート遮断状態にし、前記第 1 回転電機の回転速度が前記閾値よりも低いときは前記第 1 インバータを三相オン状態にし、

前記三相オン状態は、前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記上側アームが導通状態に維持されるとともに前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記下側アームが非導通状態に維持される状態、または前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記下側アームが導通状態に維持されるとともに前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記上側アームが非導通状態に維持される状態であり、

前記ゲート遮断状態は、前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記上側アームおよび前記第 1 インバータの前記三相のすべての前記下側アームが非導通状態に維持される状態である、ハイブリッド車両。

【請求項 2】

前記制御装置は、前記コンバータと前記第 1 インバータとを接続する前記電力線の電圧が高い場合における前記閾値を、前記電力線の電圧が低い場合における前記閾値よりも大きい値にする、請求項 1 に記載のハイブリッド車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンと回転電機との少なくとも一方の動力を用いて走行可能なハイブリッド車両に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2013 - 203116 号公報（特許文献 1）には、エンジンと、永久磁石が装着されたロータを有する第 1 回転電機と、駆動輪に接続された出力軸と、出力軸に接続された第 2 回転電機と、遊星歯車機構と、バッテリーと、バッテリーと電力線との間で電圧変換を行なうコンバータと、電力線と第 1 回転電機と第 2 回転電機との間で電力変換を行なうインバータとを備えるハイブリッド車両が開示されている。遊星歯車機構は、第 1 回転電機に接続されたサンギヤと、出力軸に接続されたリングギヤと、エンジンに接続されたキャリアとを含む。

【 0 0 0 3 】

このハイブリッド車両においては、インバータの P W M (Pulse Width Modulation) 制御による第 1 回転電機および第 2 回転電機の電氣的な駆動を正常に行なうことができない異常が生じている場合、インバータの P W M 制御を停止しつつエンジンを駆動状態にして車両を退避走行させる「インバータレス走行制御」が実行される。インバータレス走行制御中においては、エンジンの回転力によって第 1 回転電機を機械的に回転させることによって、第 1 回転電機が逆起電圧を発生する。また、特許文献 1 に開示されたインバータレス走行制御においては、インバータの P W M 制御の停止後にインバータをゲート遮断状態にして全波整流回路とする。そのため、第 1 回転電機の逆起電圧がコンバータとインバータとを接続する電力線の電圧（以下「システム電圧」ともいう）を超えると、第 1 回転電機とバッテリーとの間に電流が流れ、第 1 回転電機には逆起電圧に起因するトルク（以下「逆起トルク」ともいう）が発生する。この逆起トルクが第 1 回転電機からサンギヤに作用することによって、リングギヤには、第 1 回転電機の逆起トルクの反力として、正方向（前進方向）に作用する駆動トルクが発生する。この駆動トルクによって退避走行が実現される。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 2 0 3 1 1 6 号 公 報

【 発明の概要 】

20

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 に開示されたインバータレス走行制御においては、インバータをゲート遮断状態にして全波整流回路とすることによって、第 1 回転電機に逆起トルクを発生させている。以下、インバータをゲート遮断状態にして全波整流回路とすることによって発生する第 1 回転電機の逆起トルクを「全波整流トルク」ともいう。特許文献 1 に開示されたインバータレス走行制御においては、第 1 回転電機の全波整流トルクの反力を駆動トルクとして出力している。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献 1 に開示されたハイブリッド車両においては、インバータレス走行制御中に車速（出力軸の回転速度）が高くなると、駆動トルクを出力できなくなるおそれがある。具体的には、特許文献 1 に開示されたハイブリッド車両において、インバータレス走行制御中に車速が高くなると、遊星歯車機構の共線図の関係により第 1 回転電機の回転速度が低下する。第 1 回転電機の回転速度の低下に伴って第 1 回転電機の逆起電圧がシステム電圧よりも低下すると、第 1 回転電機からバッテリーへの電流経路が遮断されるため、全波整流トルクが発生しなくなり、駆動トルクを出力できなくなるおそれがある。

30

【 0 0 0 7 】

なお、第 1 回転電機の回転速度の低下に応じてシステム電圧を低下させることも考えられるが、システム電圧をバッテリーの電圧よりも低い値にすることはできないため、システム電圧を低下させるのには限界がある。

40

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであって、その目的は、インバータレス走行制御中に第 1 回転電機の回転速度が低下しても駆動トルクを確保することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

この発明に係るハイブリッド車両は、エンジンと、永久磁石が装着されたロータを有する第 1 回転電機と、駆動輪に接続された出力軸と、エンジンに接続される回転要素と、第 1 回転電機に接続される回転要素と、出力軸に接続される回転要素とを含む。エンジン、

50

第 1 回転電機および出力軸を機械的に連結する遊星歯車機構とを備える。エンジンに接続される回転要素は、遊星歯車機構の共線図において中央に位置する線で表わされる回転要素である。ハイブリッド車両は、さらに、出力軸に接続された第 2 回転電機と、バッテリーと、バッテリーと電力線との間に電氣的に接続されたコンバータと、電力線および第 1 回転電機の間に電氣的に接続され、各々が上側アームおよび下側アームを有する三相の駆動アームを有する第 1 インバータと、電力線および第 2 回転電機の間に電氣的に接続された第 2 インバータと、第 1 インバータおよび第 2 インバータの P W M 制御を停止しつつエンジンを駆動状態にするインバータレス走行制御を実行可能な制御装置とを備える。制御装置は、インバータレス走行制御の実行中にユーザが駆動トルクを要求している場合、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも高いときは第 1 インバータをゲート遮断状態にし、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも低いときは第 1 インバータを三相オン状態にする。三相オン状態は、第 1 インバータの三相のすべての上側アームが導通状態に維持されるとともに第 1 インバータの三相のすべての下側アームが非導通状態に維持される状態、または第 1 インバータの三相のすべての下側アームが導通状態に維持されるとともに第 1 インバータの三相のすべての上側アームが非導通状態に維持される状態である。ゲート遮断状態は、第 1 インバータの三相のすべての上側アームおよび第 1 インバータの三相のすべての下側アームが非導通状態に維持される状態である。

10

【 0 0 1 0 】

インバータレス走行制御中において、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも低いときは、第 1 回転電機の逆起電圧が低くシステム電圧（コンバータと第 1 インバータとを接続する電力線の電圧）よりも低下しており、第 1 回転電機が全波整流トルクを発生しないことが想定される。この点に鑑み、制御装置は、第 1 インバータをゲート遮断状態ではなく三相オン状態にする。第 1 インバータを三相オン状態にすると、第 1 回転電機と第 1 インバータとの間に電流の循環経路が形成されるため、第 1 回転電機の逆起電圧がシステム電圧を超えているか否かに関わらず、第 1 回転電機の逆起電圧によって第 1 回転電機と第 1 インバータとの間に電流が流れ、第 1 回転電機が逆起トルクを発生する。第 1 インバータを三相オン状態にすることによって発生する第 1 回転電機の逆起トルク（以下「三相オントルク」ともいう）は、第 1 回転電機の回転速度が高い領域において低い値となるが、第 1 回転電機の回転速度が低い領域において高い値となる特性を有する。したがって、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも低いとき（全波整流トルクを発生不能であるとき）に第 1 インバータを三相オン状態にすることによって、第 1 回転電機から三相オントルクを発生させ、その三相オントルクの反力を駆動トルクとして出力することができる。その結果、インバータレス走行制御中に第 1 回転電機の回転速度が低下しても駆動トルクを確保することができる。

20

30

【 0 0 1 1 】

一方、インバータレス走行制御中において、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも高いときは、三相オントルクが低い値となる一方、第 1 回転電機が全波整流トルクを発生可能であると想定される。この点に鑑み、制御装置は、インバータレス走行制御中において、第 1 回転電機の回転速度が閾値よりも高いときは、第 1 インバータをゲート遮断状態にして第 1 回転電機から全波整流トルクを発生させる。これにより、第 1 回転電機の回転速度が高い場合にも駆動トルクを確保することができる。

40

【 0 0 1 2 】

好ましくは、制御装置は、コンバータと第 1 インバータとを接続する電力線の電圧が高い場合における閾値を、電力線の電圧が低い場合における閾値よりも大きい値にする。

【 0 0 1 3 】

第 1 回転電機の全波整流トルクは、第 1 回転電機の逆起電圧がシステム電圧（電力線の電圧）を超えた場合に発生する。したがって、システム電圧が高くなるほど、全波整流トルクを発生可能な第 1 回転電機の逆起電圧（回転速度）の下限値は高くなる。この点に鑑み、制御装置は、システム電圧（電力線の電圧）が高い場合における閾値が、システム電圧（電力線の電圧）が低い場合における閾値よりも大きい値にされる。これにより、ゲ-

50

ト遮断状態から三相オン状態に切り替えられる第１回転電機の回転速度（閾値）を、システム電圧（電力線の電圧）に応じて適切に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】車両の全体構成を概略的に示すブロック図である。

【図２】車両の電気システムの構成を説明するための回路ブロック図である。

【図３】インバータレス走行中における電気システムの状態の一例を概略的に示す図である。

【図４】インバータレス走行中における制御状態の一例を示す図（その１）である。

【図５】ＥＣＵの処理手順を示すフローチャート（その１）である。

10

【図６】インバータレス走行中における制御状態の一例を示す図（その２）である。

【図７】逆起トルクの特性の一例を示す図である。

【図８】ＥＣＵの処理手順を示すフローチャート（その２）である。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【００１６】

< 車両の全体構成 >

図１は、本実施の形態に係る車両１の全体構成を概略的に示すブロック図である。車両１は、エンジン１００と、モータジェネレータ（第１回転電機）１０と、モータジェネレータ（第２回転電機）２０と、遊星歯車機構３０と、駆動輪５０と、駆動輪５０に接続された出力軸６０と、車速センサ７１と、バッテリー１５０と、システムメインリレー（ＳＭＲ：System Main Relay）１６０と、電力制御ユニット（ＰＣＵ：Power Control Unit）２００と、電子制御ユニット（ＥＣＵ：Electronic Control Unit）３００とを備える。

20

【００１７】

車両１は、エンジン１００とモータジェネレータ２０との少なくとも一方の動力を用いて走行するハイブリッド車両である。車両１は、後述する通常走行中において、エンジン１００の動力を用いずにモータジェネレータ２０の動力を用いて走行する電気自動車走行（以下「ＥＶ走行」という）と、エンジン１００およびモータジェネレータ２０の双方の動力を用いて走行するハイブリッド自動車走行（以下「ＨＶ走行」という）との間で走行態様を切り替えることができる。

30

【００１８】

エンジン１００は、ガソリンエンジンまたはディーゼルエンジン等の内燃機関である。エンジン１００は、ＥＣＵ３００からの制御信号に応じて車両１が走行するための動力を発生する。エンジン１００により発生した動力は遊星歯車機構３０に出力される。

【００１９】

エンジン１００にはエンジン回転速度センサ４１０が設けられている。エンジン回転速度センサ４１０は、エンジン１００の回転速度（エンジン回転速度） N_e を検出し、その検出結果を示す信号をＥＣＵ３００に出力する。

40

【００２０】

モータジェネレータ１０，２０の各々は、三相交流永久磁石型同期モータである。モータジェネレータ１０は、エンジン１００を始動させる際にはバッテリー１５０の電力を用いてエンジン１００のクランクシャフト１１０を回転させる。なお、車両１は、補機バッテリー（図示せず）の電力を用いてエンジンをクランキングするためのトルクを発生するスタータは備えていない。

【００２１】

モータジェネレータ１０は、エンジン１００の動力を用いて発電することも可能である。モータジェネレータ１０によって発電された交流電力は、ＰＣＵ２００により直流電力

50

に変換されてバッテリー１５０に充電される。また、モータジェネレータ１０によって発電された交流電力がモータジェネレータ２０に供給される場合もある。

【００２２】

モータジェネレータ２０のロータは、出力軸６０に連結される。モータジェネレータ２０は、バッテリー１５０およびモータジェネレータ１０の少なくとも一方から供給される電力を用いて出力軸６０を回転させる。また、モータジェネレータ２０は、回生制動によって発電することも可能である。モータジェネレータ２０によって発電された交流電力は、ＰＣＵ２００により直流電力に変換されてバッテリー１５０に充電される。

【００２３】

遊星歯車機構３０は、エンジン１００、モータジェネレータ１０および出力軸６０を機械的に連結し、エンジン１００、モータジェネレータ１０および出力軸６０の間でトルクを伝達するように構成される。具体的には、遊星歯車機構３０は、回転要素として、モータジェネレータ１０のロータに連結されるサンギヤＳと、出力軸６０に連結されるリングギヤＲと、エンジン１００のクランクシャフト１１０に連結されるキャリアＣＡと、サンギヤＳとリングギヤＲとに噛合するピニオンギヤＰとを含む。キャリアＣＡは、ピニオンギヤＰが自転かつ公転できるようにピニオンギヤＰを保持する。

【００２４】

バッテリー１５０は、再充電が可能に構成されたりチウムイオン二次電池である。なお、バッテリー１５０は、ニッケル水素二次電池などの他の二次電池であってもよい。

【００２５】

ＳＭＲ１６０は、バッテリー１５０とＰＣＵ２００との間の電力線に直列に接続されている。ＳＭＲ１６０は、ＥＣＵ３００からの制御信号に応じて、バッテリー１５０とＰＣＵ２００との導通状態および遮断状態を切り替える。

【００２６】

ＰＣＵ２００は、バッテリー１５０に蓄えられた直流電力を昇圧し、昇圧された電圧を交流電圧に変換してモータジェネレータ１０およびモータジェネレータ２０に供給する。また、ＰＣＵ２００は、モータジェネレータ１０およびモータジェネレータ２０により発電された交流電力を直流電力に変換してバッテリー１５０に供給する。ＰＣＵ２００の構成については図２にて詳細に説明する。

【００２７】

車速センサ７１は、駆動輪５０の回転速度を車両１の速度（車速）ＶＳとして検出し、検出結果を示す信号をＥＣＵ３００に出力する。

【００２８】

ＥＣＵ３００は、いずれも図示しないが、ＣＰＵ（Central Processing Unit）と、メモリと、入出力バッファ等とを含んで構成される。ＥＣＵ３００は、各センサおよび機器からの信号、ならびにメモリに格納されたマップおよびプログラムに基づいて、車両１が所望の走行状態となるようにエンジン１００の出力（燃料噴射、点火時期、スロットル開度等）およびモータジェネレータ１０、２０の出力（通電量）を制御する。なお、各種制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）により処理することも可能である。

【００２９】

< 電気システムおよびＥＣＵの構成 >

図２は、車両１の電気システムの構成を説明するための回路ブロック図である。車両１の電気システムは、バッテリー１５０と、ＳＭＲ１６０と、ＰＣＵ２００と、モータジェネレータ１０、２０と、ＥＣＵ３００とを含む。ＰＣＵ２００は、コンバータ２１０と、コンデンサＣ２と、インバータ２２１、２２２と、電圧センサ２３０とを含む。

【００３０】

バッテリー１５０には監視ユニット４４０が設けられている。監視ユニット４４０は、バッテリー１５０の電圧（バッテリー電圧）ＶＢ、バッテリー１５０を流れる電流（バッテリー電流）ＩＢ、バッテリー１５０の温度（バッテリー温度）ＴＢをそれぞれ検出して、それらの検出

10

20

30

40

50

結果を示す信号を ECU300 に出力する。

【0031】

コンバータ210は、コンデンサC1と、リアクトルL1と、スイッチング素子Q1（上アーム）およびスイッチング素子Q2（下アーム）と、ダイオードD1、D2を含む。コンデンサC1は、バッテリー電圧VBを平滑化してコンバータ210に供給する。スイッチング素子Q1、Q2および後述するスイッチング素子Q3～Q14の各々は、たとえばIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）である。スイッチング素子Q1、Q2は、電力線PLと電力線NLとの間に互いに直列に接続されている。ダイオードD1、D2は、スイッチング素子Q1、Q2のコレクタ-エミッタ間に逆並列にそれぞれ接続されている。リアクトルL1の一方端は、バッテリー150の高電位側に接続されている。リアクトルL1の他方端は、上アームと下アームとの中間点（スイッチング素子Q1のエミッタとスイッチング素子Q2のコレクタとの接続点）に接続されている。

10

【0032】

コンバータ210は、ECU300からの制御信号に応じた上側アームおよび下側アームのスイッチング動作によって、バッテリー150から入力されるバッテリー電圧VBを昇圧して電力線PL、NLに出力する。また、コンバータ210は、ECU300からの制御信号に応じた上側アームおよび下側アームのスイッチング動作によって、インバータ221およびインバータ222の一方または両方から供給される電力線PL、NLの電圧を降圧してバッテリー150に出力する。コンバータ210の動作により、電力線PL、NL間の電圧（以下「システム電圧」ともいう）VHは、バッテリー電圧VB以上の値となる。

20

【0033】

コンデンサC2は、電力線PLと電力線NLとの間に接続されている。コンデンサC2は、コンバータ210から供給された直流電圧を平滑化してインバータ221、222に供給する。

【0034】

電圧センサ230は、コンデンサC2の両端の電圧、すなわちシステム電圧VHを検出し、その検出結果を示す信号をECU300に出力する。

【0035】

インバータ221（以下「第1インバータ221」ともいう）は、システム電圧VHが供給されると、ECU300からの制御信号に応じて、直流電圧を交流電圧に変換してモータジェネレータ10を駆動する。第1インバータ221は、U相アーム1Uと、V相アーム1Vと、W相アーム1Wを含む。各相アームは、電力線PLと電力線NLとの間に互いに並列に接続されている。U相アーム1Uは、互いに直列に接続されたスイッチング素子Q3（上アーム）およびスイッチング素子Q4（下アーム）を有する。V相アーム1Vは、互いに直列に接続されたスイッチング素子Q5（上アーム）およびスイッチング素子Q6（下アーム）を有する。W相アーム1Wは、互いに直列に接続されたスイッチング素子Q7（上アーム）およびスイッチング素子Q8（下アーム）を有する。各スイッチング素子Q3～Q8のコレクタ-エミッタ間には、ダイオードD3～D8が逆並列にそれぞれ接続されている。

30

【0036】

インバータ222（以下「第2インバータ222」ともいう）は、各相アーム2U～2Wと、スイッチング素子Q9～Q14と、ダイオードD9～D14を含む。なお、第2インバータ222の構成は、基本的には第1インバータ221の構成と同等であるため、説明は繰り返さない。

40

【0037】

モータジェネレータ10には、レゾルバ421および電流センサ241が設けられる。モータジェネレータ20には、レゾルバ422および電流センサ242が設けられる。レゾルバ421は、モータジェネレータ10の回転速度（MG1回転速度Nm1）を検出する。レゾルバ422は、モータジェネレータ20の回転速度（MG2回転速度Nm2）を検出する。電流センサ241は、モータジェネレータ10を流れる電流（モータ電流）I

50

M 1を検出する。電流センサ 2 4 2 は、モータジェネレータ 2 0 を流れる電流（モータ電流）I M 2を検出する。これらのセンサは、検出結果を示す信号を E C U 3 0 0 にそれぞれ出力する。

【 0 0 3 8 】

E C U 3 0 0 は、各センサからの情報等に基づいて、モータジェネレータ 1 0 , 2 0 の出力が所望の出力となるように P C U 2 0 0（コンバータ 2 1 0 およびインバータ 2 2 1 , 2 2 2）を制御する。なお、図 2 に示す例では、E C U 3 0 0 が 1 つのユニットとして構成されているが、E C U 3 0 0 は、複数のユニットに分割されていてもよい。

【 0 0 3 9 】

< 通常走行およびインバータレス走行 >

E C U 3 0 0 は、通常モードと退避モードとのどちらかの制御モードで車両 1 を走行させることができる。

【 0 0 4 0 】

通常モードは、上述の E V 走行と H V 走行とを必要に応じて切り替えながら車両 1 を走行させるモードである。通常モードでは、コンバータ 2 1 0 およびインバータ 2 2 1 , 2 2 2 は、E C U 3 0 0 からの制御信号によって、P W M（Pulse Width Modulation）制御によるスイッチング動作を行なう。以下では、通常モードによる走行を「通常走行」と記載する。

【 0 0 4 1 】

退避モードは、インバータ 2 2 1 , 2 2 2 の P W M 制御によるモータジェネレータ 1 0 , 2 0 の駆動を正常に行なうことができない異常（以下、このような異常を説明の便宜上「インバータ異常」ともいう）が生じた場合、インバータ 2 2 1 , 2 2 2 の P W M 制御を停止しつつエンジン 1 0 0 を駆動状態にすることによって車両 1 を退避走行させるモードである。なお、インバータ異常には、レゾルバ 4 2 1 , 4 2 2 の故障、電流センサ 2 4 1 , 2 4 2 の故障などが含まれる。以下では、この退避モードによる走行を「インバータレス走行」と記載し、インバータレス走行を行なうための制御を「インバータレス走行制御」と記載する。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、インバータレス走行中における電気システムの状態の一例を概略的に示す図である。なお、図 3 においては、インバータ 2 2 1 をゲート遮断状態にする例が示されている。第 1 インバータ 2 2 1 のスイッチング素子 Q 3 ~ Q 8 がゲート遮断状態とされると、第 1 インバータ 2 2 1 に含まれるダイオード D 3 ~ D 8 によって三相全波整流回路が構成される。なお、図 3 には示されていないが、第 2 インバータ 2 2 2 も同様にゲート遮断状態とされる。一方、コンバータ 2 1 0 では、E C U 3 0 0 からの制御信号に応答して、スイッチング素子 Q 1 , Q 2 の P W M 制御によるスイッチング動作が継続される。

【 0 0 4 3 】

また、インバータレス走行中においては、エンジン 1 0 0 が駆動状態とされ、エンジン 1 0 0 からエンジントルク T e が出力される。このエンジントルク T e によってモータジェネレータ 1 0 が力学的（機械的）に回転させられる。モータジェネレータ 1 0 は同期モータであるので、モータジェネレータ 1 0 のロータには永久磁石 1 2 が設けられている。このため、エンジントルク T e によってモータジェネレータ 1 0 のロータに設けられた永久磁石 1 2 が回転させられることによって、モータジェネレータ 1 0 には逆起電圧 V c が生じる。この逆起電圧 V c がシステム電圧 V H を超えると、モータジェネレータ 1 0 とバッテリー 1 5 0 との間に電流が流れる。この際、モータジェネレータ 1 0 には、モータジェネレータ 1 0 の回転を妨げる方向に作用する逆起トルク T c（制動トルク）が発生する。

【 0 0 4 4 】

以下では、第 1 インバータ 2 2 1 をゲート遮断状態にして全波整流回路とすることによって発生するモータジェネレータ 1 0 の逆起トルク T c を「全波整流トルク」ともいう。

【 0 0 4 5 】

図 4 は、インバータレス走行中にモータジェネレータ 1 0 から全波整流トルクを発生さ

10

20

30

40

50

せる場合におけるエンジン 100 およびモータジェネレータ 10, 20 の制御状態の一例を遊星歯車機構 30 の共線図上に示す図である。

【0046】

遊星歯車機構 30 の共線図は、遊星歯車機構 30 のサンギヤ S、キャリア C A およびリングギヤ R を縦線で示し、それらの間隔を遊星歯車機構 30 のギヤ比に対応する間隔とし、さらにそれぞれの縦線の上下方向を回転方向とし、その上下方向での位置を回転数としたものである。遊星歯車機構 30 は、シングルピニオン型であるため、図 4 の共線図において、モータジェネレータ 10 に接続されるサンギヤ S は左端に位置する線で表され、エンジン 100 に接続されるキャリア C A は中央に位置する線で表され、モータジェネレータ 20 に接続されるリングギヤ R は右端に位置する線で表される。

10

【0047】

遊星歯車機構 30 が上記のように構成されることによって、M G 1 回転速度 N_{m1} (= サンギヤ S の回転速度) と、エンジン回転速度 N_e (= キャリア C A の回転速度) と、M G 2 回転速度 N_{m2} (= リングギヤ R の回転速度) とは、共線図上において直線で結ばれる関係 (いずれか 2 つの回転速度が決まれば残り 1 つの回転速度も決まる関係、以下「共線図の関係」ともいう) を有する。

【0048】

上述のように、インバータレス走行中においては、エンジントルク T_e によってモータジェネレータ 10 が機械的に回転させられることによって、モータジェネレータ 10 が逆起電圧 V_c を発生する。第 1 インバータ 221 がゲート遮断状態とされて三相全波整流回路を構成する場合には、逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H を超えるときにモータジェネレータ 10 とバッテリー 150 との間に電流が流れ、モータジェネレータ 10 は逆起トルク T_c (全波整流トルク) を発生する。

20

【0049】

逆起トルク T_c がモータジェネレータ 10 からサンギヤ S に作用することによって、リングギヤ R には、逆起トルク T_c の反力として、正方向 (前進方向) に作用する駆動トルク T_{ep} が発生する。この駆動トルク T_{ep} によって車両 1 が退避走行される。

【0050】

図 5 は、E C U 300 がインバータレス走行制御を行なう際の処理手順を示すフローチャートである。このフローチャートは所定周期で繰り返し実行される。

30

【0051】

ステップ (以下、ステップを「S」と略す) 10 にて、E C U 300 は、上述したインバータ異常が生じているか否かを判定する。インバータ異常が生じていない場合 (S 10 にて NO)、E C U 300 は、S 11 にて、制御モードを通常モードに設定して通常走行を行なう。

【0052】

インバータ異常が生じている場合 (S 10 にて YES)、E C U 300 は、S 12 ~ S 14 にて、制御モードを退避モードに設定してインバータレス走行を行なう。

【0053】

具体的には、E C U 300 は、S 12 にてインバータ 221, 222 の PWM 制御を停止する。なお、第 2 インバータ 222 においては、PWM 制御の停止後、ゲート遮断状態に制御される。一方、第 1 インバータ 221 においては、PWM 制御の停止後、後述するように、ゲート遮断状態および三相オン状態のいずれかの状態に制御される。なお、第 1 インバータ 221 におけるゲート遮断状態および三相オン状態の切替については、後に詳述する。

40

【0054】

その後、E C U 300 は、S 13 にて、システム電圧 V_H が目標システム電圧 V_{Htag} となるようにコンバータ 210 を作動 (PWM 制御) する。本実施の形態において、目標システム電圧 V_{Htag} は、たとえばユーザ要求トルクなどに応じて変動する値とすることができる。なお、目標システム電圧 V_{Htag} を予め固定された値とするようにして

50

もよい。

【0055】

その後、ECU300は、S14にて、エンジン100を駆動状態にする。この際、エンジン回転速度 N_e が目標エンジン回転速度 N_{etag} となるようにエンジン100のトルクが調整される。本実施の形態において、目標エンジン回転速度 N_{etag} は、モータジェネレータ10の逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H を超えるように調整される。そのため、モータジェネレータ10が上述の全波整流トルクを発生し、全波整流トルクの反力として駆動トルク T_{ep} が出力される。

【0056】

なお、エンジン回転速度 N_e には、部品保護の観点から、上限回転速度 N_{emax} が予め定められている。したがって、目標エンジン回転速度 N_{etag} は上限回転速度 N_{emax} 以下の範囲で調整される。

10

【0057】

<インバータ走行中における全波整流トルクから三相オントルクへの切替>

上述のように、インバータレス走行中において、第1インバータ221をゲート遮断状態にすることによって、モータジェネレータ10から全波整流トルクを発生させ、全波整流トルクの反力が駆動トルク T_{ep} として出力することができる。しかしながら、インバータレス走行中に車速 V_S （すなわちMG2回転速度 N_{m2} ）が高くなると、全波整流トルクが発生しなくなり、駆動トルク T_{ep} を出力できなくなるおそれがある。

【0058】

20

図6は、インバータレス走行中に高車速となった場合におけるエンジン100およびモータジェネレータ10、20の制御状態の一例を遊星歯車機構30の共線図上に示す図である。

【0059】

モータジェネレータ10の全波整流トルクは、上述したように、モータジェネレータ10の逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H を超えた場合に発生する。逆起電圧 V_c は、MG1回転速度 N_{m1} と比例関係にあり、MG1回転速度 N_{m1} が低いほど、低い値となる。逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H となるときのMG1回転速度 N_{m1} を「閾値 N_{th} 」としたとき、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも高い領域R1では逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H よりも高くなりモータジェネレータ10は全波整流トルクを発生可能であるが、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低い領域R2では逆起電圧 V_c がシステム電圧 V_H よりも低くなるためモータジェネレータ10は全波整流トルクを発生しない。

30

【0060】

車両1においては、車速が高くなる（すなわちMG2回転速度 N_{m2} が高くなる）と、共線図の関係により、MG1回転速度 N_{m1} が低下する。そのため、車速が高い状態においては、たとえエンジン回転速度 N_e を上限回転速度 N_{emax} に調整したとしても、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低くなってしまい、モータジェネレータ10が全波整流トルクを発生しなくなるおそれがある。

【0061】

上記の点に鑑み、本実施の形態によるECU300は、インバータ走行中において、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低いときには、第1インバータ221をゲート遮断状態ではなく三相オン状態にする。

40

【0062】

三相オン状態とは、第1インバータ221の三相のすべての上側アームQ3、Q5、Q7が導通状態に維持され、かつ第1インバータ221の三相のすべての下側Q4、Q6、Q8が非導通状態に維持される状態（以下「上側アーム三相オン状態」ともいう）、または第1インバータ221の三相のすべての下側アームQ4、Q6、Q8が導通状態に維持され、かつ第1インバータ221の三相のすべての上側アームQ3、Q5、Q7が非導通状態に維持される状態（以下「上側アーム三相オン状態」ともいう）である。

【0063】

50

第 1 インバータ 2 2 1 が三相オン状態にされると、モータジェネレータ 1 0 と第 1 インバータ 2 2 1 との間に電流の循環経路が形成されるため、モータジェネレータ 1 0 の逆起電圧 V_c によってモータジェネレータ 1 0 と第 1 インバータ 2 2 1 との間に電流が流れ、モータジェネレータ 1 0 が逆起トルクを発生する。以下、第 1 インバータ 2 2 1 を三相オン状態にすることによって発生するモータジェネレータ 1 0 の逆起トルク T_c を「三相オントルク」ともいう。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、モータジェネレータ 1 0 の逆起トルク T_c の特性の一例を示す図である。図 7 において、横軸は $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ を示し、縦軸はモータジェネレータ 1 0 の逆起トルク T_c を示す。逆起トルク T_c には、全波整流トルクと、三相オントルクとが含まれる。

10

【 0 0 6 5 】

図 7 に示すように、全波整流トルクの絶対値は、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が上述の閾値 $N t h$ (逆起電圧 V_c がシステム電圧 $V H$ となるときの $M G 1$ 回転速度 $N m 1$) よりも高い領域 $R 1$ で 0 よりも大きい値となり、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が閾値 $N t h$ よりも低い領域 $R 2$ で 0 となる特性を有する。そして、閾値 $N t h$ は、図 7 に示すように、システム電圧 $V H$ が高いほど、高い値となる。すなわち、システム電圧 $V H$ が所定値 $V 2, V 1, V 3$ ($V 2 < V 1 < V 3$) である場合、閾値 $N t h$ は、それぞれ所定値 $N 2, N 1, N 3$ ($N 2 < N 1 < N 3$) となる。

【 0 0 6 6 】

これに対し、三相オントルクの絶対値は、図 7 に示すように、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が高い領域 $R 1$ (全波整流トルクが 0 よりも大きくなる領域) においては非常に低い値となるが、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が低い領域 $R 2$ (全波整流トルクが 0 となる領域) においては 0 よりも大きい値となり、特に $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が 0 に近い値で非常に高いピーク値となる特性を有する。

20

【 0 0 6 7 】

なお、三相オントルクの大きさ(絶対値)は、システム電圧 $V H$ によっては変動しない。すなわち、三相オントルクは、モータジェネレータ 1 0 の逆起電圧 V_c に応じた電流がモータジェネレータ 1 0 と第 1 インバータ 2 2 1 との間に流れることによって発生する。そのため、三相オントルクの大きさは、システム電圧 $V H$ の影響を受けない。

30

【 0 0 6 8 】

図 7 に示すような全波整流トルクおよび三相オントルクの特性に鑑み、 $E C U 3 0 0$ は、システム電圧 $V H$ に応じて閾値 $N t h$ を設定し、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が閾値 $N t h$ よりも高いか否かを判定する。そして、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が閾値 $N t h$ よりも高い場合には、 $E C U 3 0 0$ は、第 1 インバータ 2 2 1 をゲート遮断状態にしてモータジェネレータ 1 0 から全波整流トルクを発生させる。一方、 $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が閾値 $N t h$ よりも低い場合には、 $E C U 3 0 0$ は、第 1 インバータ 2 2 1 を三相オン状態にしてモータジェネレータ 1 0 から三相オントルクを発生させる。これにより、インバータレス走行中に $M G 1$ 回転速度 $N m 1$ が閾値 $N t h$ よりも低下したとしても駆動トルク $T e p$ を確保することができる。

40

【 0 0 6 9 】

図 8 は、インバータレス走行中に第 1 インバータ 2 2 1 の状態をゲート遮断状態または三相オン状態に切り替える際に $E C U 3 0 0$ が行なう処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 0 】

$S 2 0$ にて、 $E C U 3 0 0$ は、インバータレス走行中であるか否かを判定する。インバータレス走行中でない場合($S 2 0$ にて $N O$)、 $E C U 3 0 0$ は処理を終了する。

【 0 0 7 1 】

インバータレス走行中である場合($S 2 0$ にて $Y E S$)、 $E C U 3 0 0$ は、システム電圧 $V H$ に基づいて上述の閾値 $N t h$ を算出する。 $E C U 3 0 0$ は、システム電圧 $V H$ が高

50

いほど、閾値 N_{th} を大きい値に設定する（上述の図 7 参照）。

【0072】

その後、ECU100は、S22にて、ユーザが駆動トルクを要求しているか否かを判定する。たとえば、ECU300は、車両1のシフトレンジがD（ドライブ）レンジまたはB（ブレーキレンジ）などの前進レンジであって、アクセルペダル操作量が所定値を超えている場合に、ユーザが駆動トルクを要求していると判定する。

【0073】

ユーザが駆動トルクを要求していない場合（S22にてNO）、ECU300は、S23にて、第1インバータ221をゲート遮断状態にする。この際、ECU300は、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} 未満となるようにエンジン回転速度 N_e を調整する。これにより、エンジン100を駆動状態に維持したまま、全波整流トルクが0となり、駆動トルク T_{ep} の出力が抑制される。

【0074】

ユーザが駆動トルクを要求している場合（S22にてYES）、ECU300は、S24にて、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも高いか否かを判定する。

【0075】

MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも高い場合（S24にてYES）、ECU300は、S25にて、第1インバータ221をゲート遮断状態にする。これにより、モータジェネレータ10から全波整流トルクが発生し、全波整流トルクの反力が駆動トルク T_{ep} として出力される。

【0076】

一方、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低い場合（S24にてNO）、ECU300は、S26にて、第1インバータ221を三相オン状態にする。すなわち、第1インバータ221がゲート遮断状態である場合には、第1インバータ221の状態をゲート遮断状態から三相オン状態に切り替える。これにより、モータジェネレータ10から三相オントルクが発生し、三相オントルクの反力が駆動トルク T_{ep} として出力される。

【0077】

以上のように、本実施の形態によるECU300は、インバータレス走行中において、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低いときは、ECU300は、全波整流トルクが発生しなくなるおそれがあることに鑑み、第1インバータ221をゲート遮断状態ではなく三相オン状態にする。これにより、モータジェネレータ10から三相オントルクを発生させ、三相オントルクの反力を駆動トルク T_{ep} として出力することができる。その結果、インバータレス走行中において、車速が高くなってMG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも低下しても駆動トルクを確保することができる。

【0078】

一方、インバータレス走行中において、MG1回転速度 N_{m1} が閾値 N_{th} よりも高いときは、ECU100は、三相オントルクが非常に低い値となる一方、全波整流トルクを発生可能であることに鑑み、第1インバータ221をゲート遮断状態にする。これにより、モータジェネレータ10から全波整流トルクを発生させ、全波整流トルクの反力を駆動トルク T_{ep} として出力することができる。

【0079】

さらに、ECU300は、システム電圧 V_H が高くなるほど全波整流トルクを発生可能なMG1回転速度 N_{m1} の下限値が高くなることに鑑み、システム電圧 V_H が高いほど閾値 N_{th} を大きい値に設定する。これにより、第1インバータ221がゲート遮断状態から三相オン状態に切り替えられるMG1回転速度 N_{m1} （閾値 N_{th} ）を、システム電圧 V_H に応じて適切に設定することができる。

【0080】

なお、上述の実施の形態においては、遊星歯車機構30のサンギヤS、キャリアCAおよびリングギヤRが、モータジェネレータ10、エンジン100および出力軸60にそれぞれ接続される場合を示した。しかしながら、少なくとも遊星歯車機構30のキャリアC

10

20

30

40

50

A（共線図において中央に位置する線で表わされる回転要素）がエンジン１００に接続されていれば、遊星歯車機構３０は上述の構成に限定されない。たとえば、遊星歯車機構３０のキャリアＣＡがエンジン１００に接続され、サンギヤＳが出力軸６０に接続され、リングギヤＲがモータジェネレータ１０に接続されるようにしてもよい。

【００８１】

また、上述の実施の形態においては、シングルピニオン型の遊星歯車機構３０を使用する場合を示した。しかしながら、シングルピニオン型の遊星歯車機構３０に代えて、ダブルピニオン型の遊星歯車機構を採用することもできる。ダブルピニオン型の遊星歯車機構においては、共線図において中央に位置する線で表わされる回転要素がキャリアではなくリングギヤとなる。そのため、ダブルピニオン型の遊星歯車機構を採用する場合には、エンジン１００をリングギヤに接続し、モータジェネレータ１０および出力軸６０の一方をサンギヤに接続し、他方をキャリアに接続するようにすればよい。

【００８２】

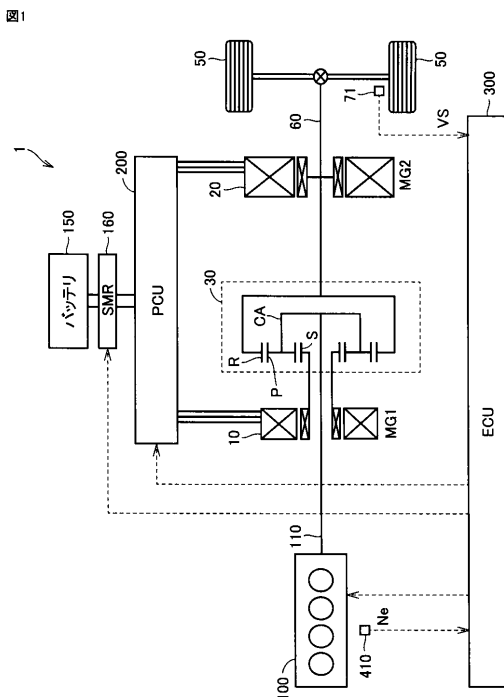
今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

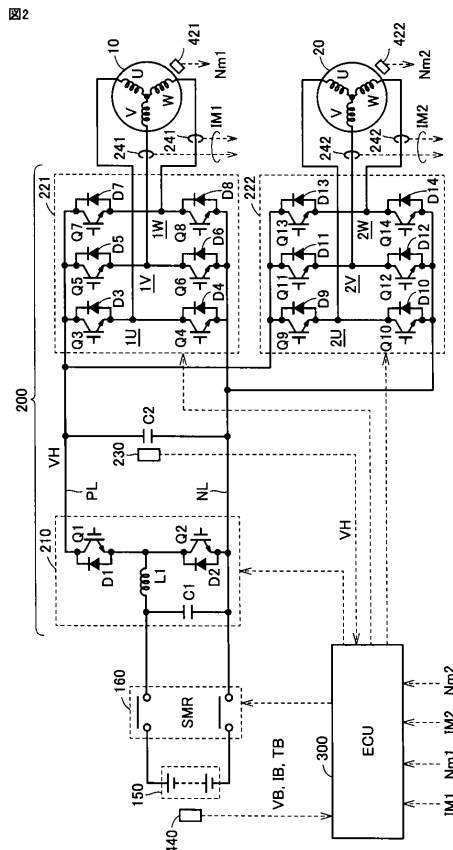
【００８３】

１ 車両、１０、２０ モータジェネレータ、１２ 永久磁石、３０ 遊星歯車機構、５０ 駆動輪、６０ 出力軸、７１ 车速センサ、１００ エンジン、１１０ クランクシャフト、１６０ SMR、１５０ バッテリ、２００ PCU、２１０ コンバータ、２２１ 第１インバータ、２２２ 第２インバータ、２３０ 電圧センサ、２４１、２４２ 電流センサ、３００ ECU、４１０ エンジン回転速度センサ、４２１、４２２ レゾルバ、４４０ 監視ユニット。

【図１】



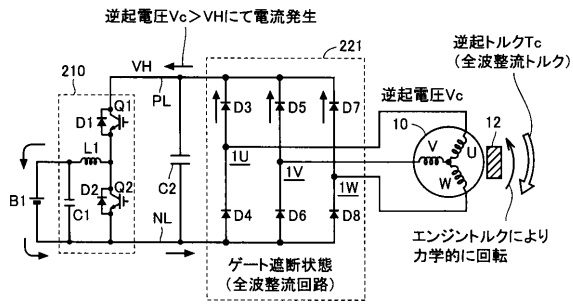
【図２】



【図 3】

図3

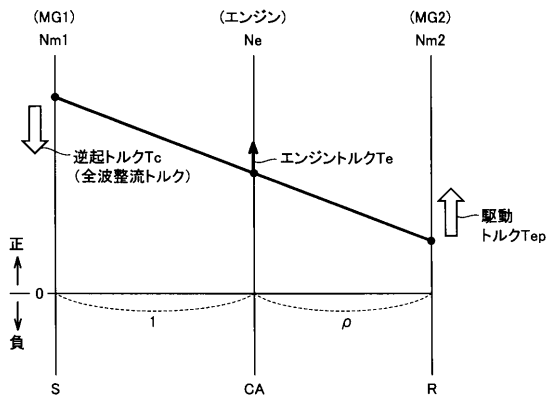
<インバータレス走行(全波整流)>



【図 4】

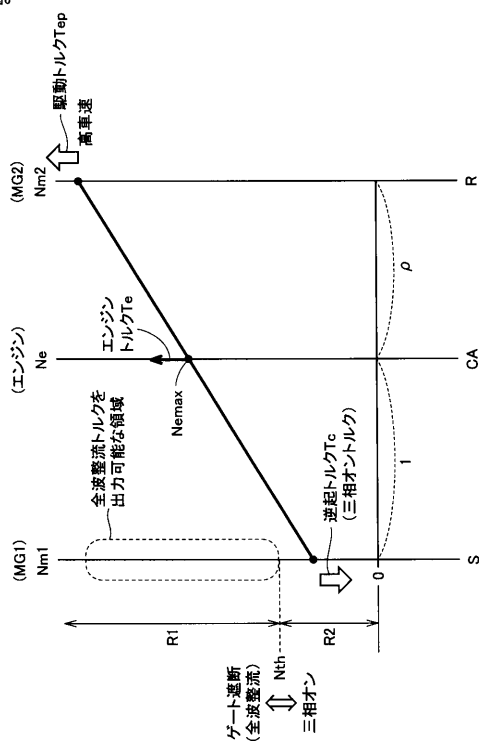
図4

<インバータレス走行>



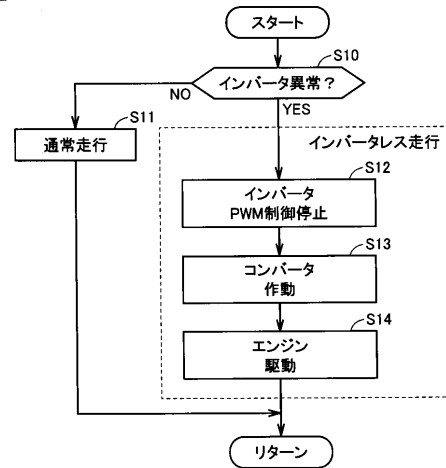
【図 6】

図6



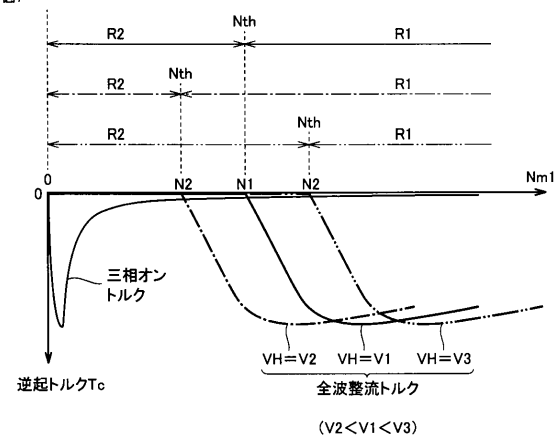
【図 5】

図5



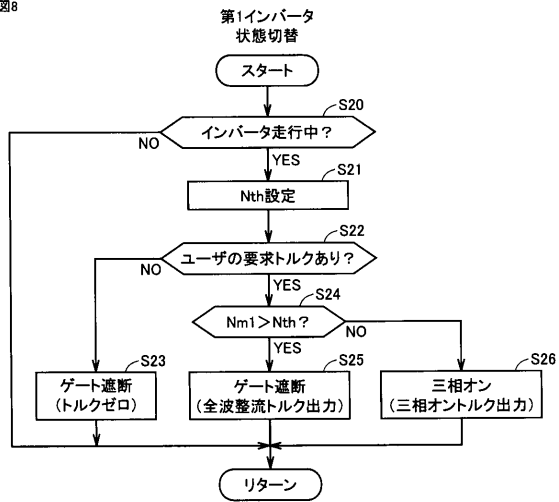
【図 7】

図7



【 図 8 】

図8



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 W 20/15 (2016.01)	B 6 0 W 20/15	
H 0 2 M 7/797 (2006.01)	H 0 2 M 7/797	

(72)発明者 天野 正弥

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) 3D202 AA03 BB16 BB24 CC22 CC41 CC53 DD05 DD24 DD28
5H125 AA01 AC08 AC12 BA04 BB02 BB07 CA02 CD04 EE08 EE13
EE16 EE42 EE51
5H770 BA02 CA02 CA06 DA03 DA10 DA22 DA30 DA41 EA01 EA27
FA12 HA02W HA02Y HA03W HA06W HA07Z HA09Z JA17W LB09