

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年3月31日(31.03.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/047271 A1

- (51) 国際特許分類:
B60W 10/08 (2006.01) B60L 15/20 (2006.01)
B60K 6/26 (2007.10) B60W 10/06 (2006.01)
B60K 6/448 (2007.10) B60W 20/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071769
- (22) 国際出願日: 2015年7月31日(31.07.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-195054 2014年9月25日(25.09.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社豊田自動織機 (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 松本 祥平 (MATSUMOTO, Shohei); 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 久保 秀人 (KUBO, Hidehito); 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 鈴木 潤也 (SUZUKI, Junya); 〒4488671 愛知

県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 林 裕人 (HAYASHI, Hirohito); 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 藤原 弘文 (FUJIWARA, Hirofumi); 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 村上 新 (MURAKAMI, Akira); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 遠山 智之 (TOHYAMA, Tomoyuki); 〒4488550 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP). 渡辺 隆男 (WATANABE, Takao); 〒4801192 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP).

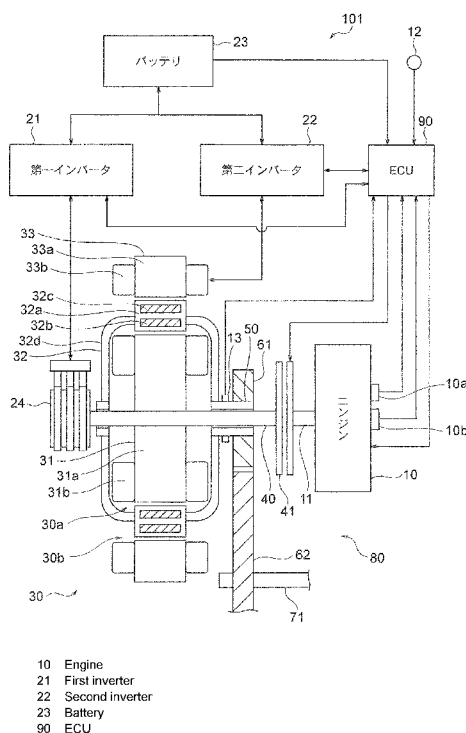
- (74) 代理人: 曾我 道治, 外 (SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

[続葉有]

(54) Title: VEHICLE CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 車両制御装置

[図1]



(57) Abstract: This vehicle control system (101) is provided with an engine (10), a rotating electric machine (30), and an ECU (90). In the rotating electric machine (30), a first rotor (31) is mechanically coupled to the engine (10) and a second rotor (32) is connected to an output shaft (50). The rotating electric machine (30) includes: an inner motor (30a) that can drive rotation of the first rotor (31); and an outer motor (30b) that can drive rotation of the second rotor (32). When a rotating magnetic field or a field caused by an induced current is generated in each of the inner motor (30a) and outer motor (30b) and magnetic flux interference occurs therebetween, the ECU (90) controls the current flowing through the inner motor (30a) and the outer motor (30b) so as to prevent a decrease in the efficiency of the rotating electric machine (30) while maintaining the total of torque generated by the inner motor (30a) and the outer motor (30b).

(57) 要約: 車両制御装置 (101) は、エンジン (10)、回転電機 (30) 及び ECU (90) を備える。回転電機 (30) では、第一ロータ (31) がエンジン (10) に機械的に連結され、第二ロータ (32) が出力軸 (50) に連結されている。回転電機 (30) は、第一ロータ (31) を回転駆動可能なインナーモータ (30a) と、第二ロータ (32) を回転駆動可能なアウターモータ (30b) とを含む。ECU (90) は、インナーモータ (30a) 及びアウターモータ (30b) のそれぞれに回転磁界又は誘導電流による磁界が発生して、互いの間で磁束干渉が生じるとき、インナーモータ (30a) 及びアウターモータ (30b) が発生するトルクの和を維持しつつ、回転電機 (30) の効率の低下を抑えるようにインナーモータ (30a) 及びアウターモータ (30b) を流れる電流を制御する。

WO 2016/047271 A1



FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：車両制御装置

技術分野

[0001] この発明は、車両制御装置に係り、特に、内燃機関及び回転電機を用いて走行する車両の車両制御装置に関する。

背景技術

[0002] 内燃機関及び回転電機を用いて走行するハイブリッド自動車では、例えば特許文献1に示されるように、2つの回転電機と1つのエンジン（内燃機関）とを備えるものがある。第一回転電機の回転子はエンジンの出力軸に連結され、第二回転電機の回転子は車両の車輪軸の差動装置に連結されている。そして、第二回転電機は、エンジン及び第一回転電機に連結されていない。第一回転電機は、エンジンの駆動により発電する発電機としての機能を有する。第二回転電機は、車輪を回転駆動する電動機としての機能を有する。

[0003] また、近年、上記の第一回転電機及び第二回転電機を一体化して1つの回転電機とした二重ロータ型の回転電機が、省スペース化をもたらすため、上述のようなハイブリッド自動車に採用されている。

二重ロータ型の回転電機は、エンジンの出力軸が連結される回転子であり且つ最も内側に配置される内ロータと、内ロータの径方向外側に配置され且つ差動装置に連結される外ロータと、外ロータの径方向外側に配置されてケーシング等に固定されたステータとを有している。例えば、内ロータ及びステータには三相巻線が巻回され、外ロータには永久磁石が設けられている。三相巻線は、インバータに電氣的に接続されており、インバータを介して電力の供給を受けること及び発生した電力をインバータに送ることができる。

内ロータ及び外ロータは1つの内側回転電機を構成し、外ロータ及びステータは1つの外側回転電機を構成する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-47396号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 二重ロータ型の回転電機では、例えば車両に高速状態での加速が必要な場合、ステータに電力を供給することで三相巻線から発生する回転磁界の作用により外側回転電機を回転駆動する回転トルクに加え、内側回転電機を回転駆動する回転トルクが必要になる。この2つの回転トルクが協調して高い回転トルクを車両に与えることができる。このとき、内側回転電機では、高い回転トルクを得るために、内ロータに電力が供給されると共に内ロータがエンジンによって回転駆動される。その結果、内ロータの三相巻線が生じる回転磁界の磁束と、ステータの三相巻線が生じる回転磁界の磁束とが、干渉し合い、内側回転電機及び外側回転電機の回転トルクを低下させることがある。この回転トルクの低下を補うためには、内ロータ及びステータの三相巻線に供給する電流を増加させる必要があり、それにより、二重ロータ型の回転電機での運転効率が低下するという問題が生じる。

[0006] 本発明は上記のような問題を解決するためになされたものであり、二重ロータ型の回転電機において磁束干渉が生じた場合の回転電機の効率の低下を抑える車両制御装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の課題を解決するために、本発明に係る車両制御装置は、内燃機関と、回転可能な第一回転子、第一回転子に対して回転半径方向外側で相対回転可能に設けられる第二回転子、及び第二回転子の回転半径方向外側で固定配設される固定子を含む回転電機と、回転電機及び内燃機関の動作を制御する制御部とを備え、第一回転子及び第二回転子のうちの一方が、内燃機関に機械的に連結されると共に、第一回転子及び第二回転子のうち他方が、車両駆動機構に機械的に連結され、回転電機は、第一回転子及び第二回転子によって構成される第一回転電機部と、第二回転子及び固定子によって構成される第二回転電機部とを含み、第一回転電機部は、電流が供給されて回転磁界

を発生することによって第一回転子又は第二回転子を第二回転子又は第一回転子に対して相対的に回転駆動することが可能であり、第一回転子及び第二回転子が相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能であり、第二回転電機部は、電流が供給されて回転磁界を発生することによって第二回転子を固定子に対して回転駆動することが可能であり、第二回転子が固定子に対して相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能であり、制御部は、第一回転電機部及び第二回転電機部のそれぞれに回転磁界又は誘導電流による磁界が発生して、互いの間で磁束干渉が生じるとき、第一回転電機部及び第二回転電機部が発生するトルクの和を維持しつつ、回転電機の効率の低下を抑えるように第一回転電機部及び第二回転電機部を流れる電流を制御する。

発明の効果

[0008] 本発明に係る車両制御装置によれば、磁束干渉が生じた場合の二重ロータ型回転電機の効率の低下を抑えることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態に係る車両制御装置の構成を示す模式図である。

[図2]磁束干渉が発生しない場合のインナーモータにおけるインナーモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータトルクとの関係を示す図である。

[図3]磁束干渉が発生する場合のインナーモータにおけるインナーモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータトルクとの関係を示す図である。

[図4]磁束干渉が発生しない場合のアウターモータにおけるアウターモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータトルクとの関係を示す図である。

[図5]磁束干渉が発生する場合のアウターモータにおけるアウターモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータトルクとの関係を示す図である。

[図6]エンジンの運転効率とエンジントルクとエンジン回転数との関係を示す図である。

[図7]二重ロータ型モータの変形例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施の形態について添付図面に基づいて説明する。

まず、本発明の実施の形態に係る車両制御装置１０１の構成を説明する。
なお、本実施の形態では、車両制御装置１０１は、ハイブリッド自動車に搭載されるものとして説明する。

図１を参照すると、車両制御装置１０１は、内燃機関であるエンジン１０と、三相交流電力によって動作する二重ロータ型モータである回転電機３０とをハイブリッド自動車の動力装置として備えている。回転電機３０は、回転可能な第一ロータ３１、回転可能な第二ロータ３２、及び回転電機３０の図示しないケーシングに固定して配設されたステータ３３とを備えている。ここで、第一ロータ３１は第一回転子を構成し、第二ロータ３２は第二回転子を構成し、ステータ３３は固定子を構成している。

[0011] 第一ロータ３１は、第一ロータ３１、第二ロータ３２及びステータ３３の中で最も中心側に配置されている。第一ロータ３１の回転軸を構成する入力軸４０は、エンジン１０のエンジン出力軸１１に電磁クラッチ４１を介して機械的に連結されている。電磁クラッチ４１は、入力軸４０とエンジン出力軸１１とを、動力伝達を可能にする連結状態と動力伝達を遮断する切断状態とにするように選択的に動作する。なお、この機械的に連結されるとは、入力軸４０とエンジン出力軸１１とが、電磁クラッチ４１のみを介して互いに連結される場合と、電磁クラッチ４１に加えて、増速機、減速機のような変速機構等を介して連結される場合とを含む。

[0012] 第一ロータ３１は、入力軸４０の外周を囲むように入力軸４０に一体回転可能に設けられた円筒状の第一コア３１ａと、第一コア３１ａ内で周方向に沿って設けられた第一巻線３１ｂとを有している。第一巻線３１ｂは、三相巻線である。

第二ロータ３２は、第一ロータ３１の外周を囲むように第一ロータ３１の径方向外側に設けられ且つ円筒状をした第二コア３２ａと、第一コア３１ａ

に対向する第二コア 3 2 a の内周面近傍に周方向に沿って埋め込まれた第一永久磁石 3 2 b と、第二コア 3 2 a における内周面と反対側の外周面近傍に周方向に沿って埋め込まれた第二永久磁石 3 2 c とを有している。つまり、第一永久磁石 3 2 b は、第一巻線 3 1 b と対向して位置している。第二コア 3 2 a は、入力軸 4 0 及び第一ロータ 3 1 の外周を囲むように設けられ且つ入力軸 4 0 によって図示しない軸受を介して回転自在に支持される有底円筒状の支持ハウジング 3 2 d によって、保持されている。第二コア 3 2 a と支持ハウジング 3 2 d とは、一体となって、入力軸 4 0 及び第一ロータ 3 1 の周囲をこれらに対して相対的に回転することができる。

[0013] ステータ 3 3 は、第二ロータ 3 2 の外周を囲むように第二ロータ 3 2 の径方向外側に設けられ且つ円筒状をしたステータコア 3 3 a と、ステータコア 3 3 a における第二コア 3 2 a と対向する内周面近傍に周方向に沿って設けられた第二巻線 3 3 b とを有している。第二巻線 3 3 b は、第二永久磁石 3 2 c と対向して位置し、三相巻線である。ステータコア 3 3 a は、回転電機 3 0 の図示しないケーシングに固定されている。

よって、回転電機 3 0 では、第一ロータ 3 1 及び第二ロータ 3 2 からなり且つ内側に位置する 1 つのモータであるインナーモータ 3 0 a が形成され、第二ロータ 3 2 及びステータ 3 3 からなり且つ外側に位置する 1 つのモータであるアウターモータ 3 0 b が形成される。ここで、インナーモータ 3 0 a は第一回転電機部を構成し、アウターモータ 3 0 b は第二回転電機部を構成している。

なお、図 1 では、第一ロータ 3 1、第二ロータ 3 2 及びステータ 3 3 の断面が模式的に示されている。

[0014] また、第二ロータ 3 2 の支持ハウジング 3 2 d には、出力軸 5 0 が一体に回転するように機械的に連結されている。出力軸 5 0 の端部には、ピニオンギヤ 6 1 が一体に回転するように取り付けられている。ピニオンギヤ 6 1 は、ドリブンギヤ 6 2 とギヤ係合している。さらに、ドリブンギヤ 6 2 は、図示しない車両の車輪にデファレンシャルギヤを介して接続された駆動軸 7 1

に、一体に回転するように取り付けられている。よって、第二ロータ 3 2 及び支持ハウジング 3 2 d が共に回転することによって、駆動軸 7 1 が回転駆動され、それにより車輪が回転駆動される。なお、第二ロータ 3 2 の支持ハウジング 3 2 d は、駆動軸 7 1 に対して、出力軸 5 0、ピニオンギヤ 6 1 及びドリブンギヤ 6 2 に加えて、変速機等の機械式の動力伝達機構を介して機械的に連結されていてもよい。ここで、出力軸 5 0、ピニオンギヤ 6 1、ドリブンギヤ 6 2 及び駆動軸 7 1 は、車両駆動機構 8 0 を構成している。

[0015] また、車両制御装置 1 0 1 は、直流電力を充放電可能なバッテリー 2 3 と、バッテリー 2 3 に電氣的に接続された第一インバータ 2 1 及び第二インバータ 2 2 とを備えている。第一インバータ 2 1 及び第二インバータ 2 2 は、バッテリー 2 3 から供給された直流電力を三相交流電力に変換することができるほか、三相交流電力を直流電力に変換しバッテリー 2 3 に供給することができる。第一インバータ 2 1 及び第二インバータ 2 2 は、後述するコントロールユニット（以下、ECU と呼ぶ）9 0 によって、それらの動作の制御を受ける。ここで、ECU 9 0 は、制御部を構成している。

[0016] 第一インバータ 2 1 は、入力軸 4 0 の周りに取り付けられたスリップリング機構 2 4 に電氣的に接続されている。第一インバータ 2 1 から出力される三相交流電力は、スリップリング機構 2 4 を介して、入力軸 4 0 に沿って設けられた図示しない導電体に伝達され、この導電体を通して第一ロータ 3 1 の第一巻線 3 1 b に供給される。一方、第一巻線 3 1 b で交流電流である誘導電流が発生すると、この誘導電流は、導電体及びスリップリング機構 2 4 を介して第一インバータ 2 1 に供給され、第一インバータ 2 1 で直流電流に変換された後にバッテリー 2 3 に供給される。

[0017] 第二インバータ 2 2 は、ステータ 3 3 の第二巻線 3 3 b に電氣的に接続されている。これにより、第二インバータ 2 2 から出力される三相交流電力は、第二巻線 3 3 b に供給される。一方、第二巻線 3 3 b で誘導電流が発生すると、この誘導電流は、第二インバータ 2 2 に供給され、第二インバータ 2 2 で直流電流に変換された後にバッテリー 2 3 に供給される。

[0018] ECU90は、第一インバータ21及び第二インバータ22を制御することによって、回転電機30の第一ロータ31の第一巻線31b及びステータ33の第二巻線33bへの電力供給を制御する。

また、ECU90は、エンジン10のトルクを検知するエンジントルクセンサ10aと、エンジン10の回転数を検知するエンジン回転数センサ10bとに電氣的に接続され、検知されたエンジントルク情報及びエンジン回転数情報を取得するように構成されている。さらに、ECU90は、車両の運転席のアクセルの開度を検知するアクセル開度センサ12に電氣的に接続され、検知されたアクセル開度情報を取得するように構成されている。さらにまた、ECU90は、回転電機30の第二ロータ32の回転数を検知するモータ回転数センサ13に電氣的に接続され、検知されたロータ回転数情報を取得するように構成されている。

[0019] ECU90は、アクセル開度センサ12、モータ回転数センサ13、エンジントルクセンサ10a及びエンジン回転数センサ10bから受け取る情報を使用して、インナーモータ30a及びアウターモータ30bのトルク、第二ロータ32及び出力軸50の回転数、エンジントルク並びにエンジン回転数を決定し、それにより、第一インバータ21、第二インバータ22、インナーモータ30a、アウターモータ30b及びエンジン10の動作を制御する。

また、ECU90は、電磁クラッチ41に電氣的に接続されている。ECU90は、電磁クラッチ41に供給する電力を制御して、電磁クラッチ41の断接動作を制御する。

そして、上述のような車両制御装置101は、エンジン10の駆動力が回転電機30の駆動軸である入力軸40を直接的に駆動するためにのみ用いられるレンジエクステンダー（RE）方式のハイブリッド自動車を構成している。

[0020] 次に、本発明の実施の形態に係る車両制御装置101の動作を説明する。

図1を参照すると、車両制御装置101は、車両制御装置101を搭載す

るハイブリッド自動車を、回転電機 30 の出力軸 50 からの回転駆動力つまりトルクによって走行させる。このとき、出力軸 50 からのトルクは、ピニオンギヤ 61、ドリブンギヤ 62 及び駆動軸 71 を介して、図示しない車両の車輪に伝達し、車両を走行させる。なお、出力軸 50 からのトルクは、回転電機 30 のインナーモータ 30a が発生するトルクとアウターモータ 30b の発生するトルクとを合計したものとなる。

[0021] さらに、車両制御装置 101 は、バッテリー 23 の電力を使用することのみによって出力軸 50 を回転駆動し車両を走行させる EV モード走行形態と、エンジン 10 の動力を使用して入力軸 40 を回転駆動しつつ車両を走行させる RE モード走行形態とを適宜選択して、車両の走行を制御する。なお、RE モード走行形態では、バッテリー 23 の電力を使用する場合も使用しない場合もある。さらに、車両制御装置 101 は、RE モード走行形態において、低速加速走行、低速巡航走行、高速加速走行及び高速巡航走行の 4 つの走行形態に応じて、その制御を変更する。

以下に、(1) EV モード走行形態、(2) 低速加速時の RE モード走行形態、(3) 低速巡航時の RE モード走行形態、(4) 高速加速時の RE モード走行形態、及び(5) 高速巡航時の RE モード走行形態の各走行形態における車両制御装置 101 の制御内容を説明する。

[0022] (1) EV モード走行形態

この走行形態は、バッテリー 23 の充電率が所定値以上の場合に実施される車両の走行形態である。

ECU 90 は、モータ回転数センサ 13 から得られる車速、アクセル開度センサ 12 から得られるアクセル開度等の情報から車両に要求される走行状態を判定する。判定した走行状態に基づき、ECU 90 は、回転電機 30 のインナーモータ 30a 及びアウターモータ 30b に要求される回転数、トルク及び電流値を決定する。なお、インナーモータ 30a の回転数は、第一ロータ 31 と第二ロータ 32 との回転数差に相当し、インナーモータ 30a のトルクは、エンジン 10 の発生トルクに相当する。アウターモータ 30b の

回転数は、第二ロータ 3 2 及び出力軸 5 0 の回転数に相当し、アウターモータ 3 0 b のトルクは、第二ロータ 3 2 とステータ 3 3 との間で磁界により発生するトルクに相当する。

[0023] そして、E C U 9 0 は、エンジン 1 0 を停止させた状態とすると共に、電磁クラッチ 4 1 を切断してエンジン 1 0 と入力軸 4 0 との間の動力伝達を遮断する。さらに、E C U 9 0 は、第二インバータ 2 2 を制御して、バッテリー 2 3 の直流電力を三相交流電力に変換し三相交流電力を回転電機 3 0 のステータ 3 3 の第二巻線 3 3 b に供給する。この結果、第二巻線 3 3 b の三相交流電力が回転磁界を発生し、この回転磁界が、第二永久磁石 3 2 c に作用して第二ロータ 3 2 を支持ハウジング 3 2 d と共に回転させる。つまり、回転電機 3 0 のアウターモータ 3 0 b が駆動する。これにより、出力軸 5 0 が回転駆動され、車両が走行する。この走行形態では、バッテリー 2 3 の電力を用いたアウターモータ 3 0 b による力行が実施されることになる。

なお、第二ロータ 3 2 の回転駆動力が不足する場合には、E C U 9 0 は、電磁クラッチ 4 1 を接続状態として第一ロータ 3 1 を回転方向に固定すると共に、第一インバータ 2 1 を介してバッテリー 2 3 の電力を回転電機 3 0 の第一ロータ 3 1 の第一巻線 3 1 b にも供給する。これにより、第一巻線 3 1 b の三相交流電力によって発生する回転磁界が、第二永久磁石 3 2 b に作用して第二ロータ 3 2 に回転駆動力を付加する。

[0024] (2) 低速加速時の R E モード走行形態

この走行形態は、バッテリー 2 3 の充電率が所定値未満の場合に実施される車両の低速加速走行時の走行形態である。

E C U 9 0 は、車速、アクセル開度等の情報から車両に要求される低速加速走行状態を判定する。判定結果に基づき、E C U 9 0 は、回転電機 3 0 のインナーモータ 3 0 a 及びアウターモータ 3 0 b に要求される回転数、トルク及び電流値を決定する。

[0025] そして、E C U 9 0 は、エンジン 1 0 を稼働させた状態とすると共に、電磁クラッチ 4 1 を接続してエンジン 1 0 と入力軸 4 0 とを動力伝達可能な状

態にする。さらに、ECU90は、第二インバータ22を制御してバッテリー23の電力を回転電機30のステータ33に供給する。

このとき、インナーモータ30aでは、エンジン10によって、入力軸40と共に第一ロータ31が回転駆動される。第一ロータ31の第一巻線31bは、第二ロータ32の永久磁石32bが生成する磁場内を移動することによって、誘導電流を内部に発生する。三相交流電流である誘導電流は、第一コア31a及び入力軸40に設けられた導電体を通してスリップリング機構24に送られ、さらに、スリップリング機構24から第一インバータ21に送られて直流電流に変換された後に、バッテリー23に充電される。また、第二ロータ32の永久磁石32bは、第一巻線31b内の誘導電流が発生する磁場によって引き付けられ、それにより、第二ロータ32は、第一ロータ31と同一の回転方向に引っ張られるようにして連れ回しする。この際、第二ロータ32は、エンジン10の発生トルクに相当する回転力を受けて回転する。

[0026] アウターモータ30bでは、ステータ33の第二巻線33bから発生する回転磁界の作用によって、支持ハウジング32dと共に第二ロータ32が第一ロータ31と同方向に回転駆動される。つまり、第二ロータ32は、回転磁界の発生トルクを受けて回転する。

よって、上記のようなインナーモータ30aでの発生トルクとアウターモータ30bでの発生トルクとを受けた状態で第二ロータ32及び出力軸50が回転駆動され、それにより車両が加速走行する。

この走行形態では、エンジン10の動力を用いたインナーモータ30aによる発電とバッテリー23の電力を用いたアウターモータ30bによる力行とが実施されることになる。

[0027] (3) 低速巡航時のREモード走行形態

この走行形態は、バッテリー23の充電率が所定値未満の場合に実施される車両の低速巡航走行時の走行形態である。

ECU90は、車速、アクセル等の情報から車両に要求される低速巡航状

態を判定する。判定結果に基づき、ＥＣＵ９０は、回転電機３０のインナーモータ３０ａ及びアウターモータ３０ｂに要求される回転数、トルク及び電流値を決定する。

[0028] そして、ＥＣＵ９０は、エンジン１０を稼働させた状態とする共に電磁クラッチ４１を接続状態にするが、バッテリー２３の電力を回転電機３０のステータ３３にも第一ロータ３１にも供給しない。このとき、インナーモータ３０ａでは、エンジン１０によって、第一ロータ３１が回転駆動される。これにより、第一ロータ３１の第一巻線３１ｂ内には、誘導電流が発生し、発生した誘導電流は、スリップリング機構２４及び第一インバータ２１を通して、直流電力に変換された後にバッテリー２３に充電される。また、第二ロータ３２の永久磁石３２ｂが、第一巻線３１ｂ内の誘導電流が発生する磁場によって引き付けられるため、第二ロータ３２は、第一ロータ３１と同一の回転方向に、エンジン１０の発生トルクに相当する回転力を受けて回転する。

[0029] さらに、第二ロータ３２がステータ３３に対して相対的に回転するため、第二ロータ３２の永久磁石３２ｃは、ステータ３３の第二巻線３３ｂの内側周囲を旋回する磁場を生成する。これにより、第二巻線３３ｂ内には、誘導電流が発生し、この誘導電流は、第二インバータ２２に送られて直流電力に変換された後に、バッテリー２３に充電される。また、第二巻線３３ｂ内の誘導電流が発生する磁場が永久磁石３２ｃに作用して、第二ロータ３２に回転方向と反対方向の回転トルクを発生させる。

これにより、第二ロータ３２は、車両が低速巡航走行状態を維持するように一定回転数での回転動作を継続する。

この走行形態では、エンジン１０の動力を用いたインナーモータ３０ａ及びアウターモータ３０ｂによる発電が実施されることになる。

[0030] (４) 高速加速時のＲＥモード走行形態

この走行形態は、バッテリー２３の充電率が所定値未満の場合に実施される車両の高速加速走行時の走行形態である。

ＥＣＵ９０は、車速、アクセル開度等の情報から車両に要求される高速加

速状態を判定する。判定結果に基づき、ＥＣＵ９０は、回転電機３０のインナーモータ３０ａ及びアウターモータ３０ｂに要求される回転数、トルク及び電流値を決定する。

[0031] そして、ＥＣＵ９０は、エンジン１０を稼働させた状態とすると共に電磁クラッチ４１を接続状態にする。さらに、ＥＣＵ９０は、第一インバータ２１と第二インバータ２２とを制御して、バッテリー２３の電力を回転電機３０の第一ロータ３１の第一巻線３１ｂとステータ３３の第二巻線３３ｂとにそれぞれ供給する。

このとき、アウターモータ３０ｂでは、第二巻線３３ｂ内を流れる三相交流電流が回転磁界を発生し、この回転磁界は、永久磁石３２ｃに作用して第二ロータ３２に回転トルクを与える。

[0032] また、インナーモータ３０ａでは、エンジン１０によって回転移動される第一巻線３１ｂ内を流れる三相交流電流が、第二ロータ３２の内周に沿って旋回する回転磁界を発生し、この旋回する回転磁界は、永久磁石３２ｂに作用してエンジン１０の発生トルクを第二ロータ３２に伝達する。このとき、回転移動している第一ロータ３１の第一巻線３１ｂに回転磁界を発生させることによって、出力軸５０を介して高負荷を受ける第二ロータ３２に対しても、高い回転速度で回転させつつ、エンジン１０の発生トルクを作用させることができる。

上述のように、インナーモータ３０ａにおけるエンジン１０の回転駆動力及び第一巻線３１ｂから発生する回転磁界と、アウターモータ３０ｂにおける第二巻線３３ｂから発生する回転磁界とが、協働して作用して第二ロータ３２を高速加速状態で回転させ、これにより、高速走行状態の車両がさらに加速するように走行する。

この走行形態では、バッテリー２３の電力及びエンジン１０の動力を用いたインナーモータ３０ａ及びアウターモータ３０ｂによる力行が実施されることになる。

[0033] (５) 高速巡航時のＲＥモード走行形態

この走行形態は、バッテリー 23 の充電率が所定値未満の場合に実施される車両の高速巡航走行時の走行形態である。

ＥＣＵ 90 は、車速、アクセル開度等の情報から車両に要求される高速巡航状態を判定する。判定結果に基づき、ＥＣＵ 90 は、回転電機 30 のインナーモータ 30 a 及びアウターモータ 30 b に要求される回転数、トルク及び電流値を決定する。

[0034] そして、ＥＣＵ 90 は、エンジン 10 を稼働させた状態とする共に電磁クラッチ 41 を接続状態にし、さらに、第一インバータ 21 を制御してバッテリー 23 の電力を回転電機 30 の第一ロータ 31 に供給する。このとき、インナーモータ 30 a では、第一巻線 31 b 内を流れる三相交流電流が回転磁界を発生し、この回転磁界は、永久磁石 32 b に作用してエンジン 10 の発生トルクを第二ロータ 32 に伝達する。これにより、出力軸 50 を介して高負荷を受ける第二ロータ 32 に対して、高い回転速度で回転させつつ、エンジン 10 の発生トルクを作用させることができる。

[0035] また、第二ロータ 32 がステータ 33 に対して相対的に回転するため、ステータ 33 の第二巻線 33 b 内には誘導電流が発生し、この誘導電流は、第二インバータ 22 を経由してバッテリー 23 に充電される。第二巻線 33 b 内の誘導電流が発生する磁場は、永久磁石 32 c に作用して、第二ロータ 32 に回転方向と反対方向の回転トルクを発生させる。

よって、第二ロータ 32 は、インナーモータ 30 a におけるエンジン 10 の回転駆動力及び第一巻線 31 b から発生する回転磁界と、アウターモータ 30 b における第二巻線 33 b から発生する磁場とを受けつつ、車両が高速巡航走行状態を維持するように一定回転数での回転動作を継続する。

この走行形態では、バッテリー 23 の電力及びエンジン 10 の動力を用いたインナーモータ 30 a による力行と、アウターモータ 30 b による発電とが、実施されることになる。

[0036] 上述のような各走行形態で車両を走行させるためには、回転電機 30 の出力軸 50 に所定のトルク（インナーモータ 30 a のトルクとアウターモータ

30bのトルクとの合計トルク)が要求される。そして、ECU90は、エンジン10の回転数と、第一インバータ21及び第二インバータ22を介したインナーモータ30a及びアウターモータ30bへの電流供給量とを調節して、インナーモータ30a及びアウターモータ30bそれぞれの発生トルクを制御し、それにより出力軸50へ出力するトルクを制御する。

[0037] また、回転電機30の動作時において、第一ロータ31の第一巻線31bとステータ33の第二巻線33bとのいずれにも三相交流電流が流れる場合、第一巻線31b及び第二巻線33bの三相交流電流それぞれが発生する回転磁界が互いに干渉する磁束干渉が、生じることがある。磁束干渉が生じると、第一巻線31b及び第二巻線33bを流れる電流量に対応するインナーモータ30a及びアウターモータ30bの発生トルクが、変動する。

[0038] 例えば、図2には、磁束干渉が生じていない場合のインナーモータ30aの第一巻線31bを流れる電流量 A_a と、インナーモータ30aの発生トルク T_a （縦軸）及びアウターモータ30bの発生トルク T_b （横軸）との関係を表すインナーモータ電流マップが示されている。図3には、磁束干渉が生じている場合のインナーモータ30aの第一巻線31bを流れる電流量 A_a と、インナーモータ30aの発生トルク T_a （縦軸）及びアウターモータ30bの発生トルク T_b （横軸）との関係を表すインナーモータ電流マップが示されている。なお、図2及び図3のマップ上には、主に横方向に沿って延在する等電流線が描かれている。

[0039] 図4には、磁束干渉が生じていない場合のアウターモータ30bの第二巻線33bを流れる電流量 A_b と、インナーモータ30aの発生トルク T_a （縦軸）及びアウターモータ30bの発生トルク T_b （横軸）との関係を表すアウターモータ電流マップが示されている。図5には、磁束干渉が生じている場合のアウターモータ30bの第二巻線33bを流れる電流量 A_b と、インナーモータ30aの発生トルク T_a （縦軸）及びアウターモータ30bの発生トルク T_b （横軸）との関係を表すアウターモータ電流マップが示されている。なお、図4及び図5のマップ上には、主に縦方向に沿って延在する

等電流線が描かれている。

さらに、図2～図5のマップにおいて、正の値のトルクは、車両の前進時の出力軸50の回転方向と同じ回転方向に作用するトルクを示し、負の値のトルクは、正の値のトルクと反対の回転方向に作用するトルクを示す。

[0040] 図2と図3とを比較した場合、及び、図4と図5とを比較した場合のいずれにおいても、磁束干渉の発生後でインナーモータ30a及びアウターモータ30bの発生トルクを維持しようとしたとき、各巻線を通る電流量に変化が生じる。そして、場合によっては、巻線に供給する電流量の増加や巻線で発生する発電量の減少が生じ、回転電機30全体の運転効率が低下することがある。

しかしながら、本実施の形態の車両制御装置101のECU90は、磁束干渉の発生の有無にかかわらず、インナーモータ30a及びアウターモータ30bの発生トルクの合計トルクを一定に維持しつつ、回転電機30全体の運転効率の低下を抑制するように制御する。

そして、上述で説明した走行形態(1)～(5)のいずれにおいても、第一巻線31b及び第二巻線33bに電流が流れる状態があるため、磁束干渉が発生し得る。各走行形態について、磁束干渉が生じる場合のECU90の制御を中心に説明する。

[0041] (1) EVモードによる走行形態

図1～図5をあわせて参照すると、この走行形態において、出力軸50にトルクT1が要求される。さらに、バッテリー23の電力によって、インナーモータ30a及びアウターモータ30bが駆動される。

このため、ECU90は、第一インバータ21及び第二インバータ22を制御して、第一ロータ31の第一巻線31b及びステータ33の第二巻線33bにバッテリー23の電力を供給する。

磁束干渉がない場合、ECU90は、車速等の情報に基づき、インナーモータ30aにインナーモータトルクTa1を発生させ、アウターモータ30bにアウターモータトルクTb1を発生させるように制御する。なお、T1

$= T_{a1} + T_{b1}$ の関係（図2～図5における直線L1の関係）が成立する。さらに、トルク T_{a1} 及び T_{b1} はいずれも、正の値をとる。

[0042] そして、ECU90は、図2のマップを使用して、インナーモータトルク T_{a1} 及びアウターモータトルク T_{b1} となるマップ上の点P1の電流値 A_{a1} を求め、第一ロータ31の第一巻線31bに電流値 A_{a1} の電流を供給するように制御を行う。また、ECU90は、図4のマップを使用し、インナーモータトルク T_{a1} 及びアウターモータトルク T_{b1} となる点P1の電流値 A_{b1} を求め、ステータ33の第二巻線33bに電流値 A_{b1} の電流を供給するように制御を行う。なお、ECU90は、バッテリー23の充電率等に基づき、トルク T_{a1} 及び T_{b1} が $T_1 = T_a + T_b$ の関係である直線L1上に沿う関係を満たすようにしつつ、電流値 A_a 及び A_b を変化させ得る。

[0043] 一方、磁束干渉が発生する場合、インナーモータトルク T_{a1} 及びアウターモータトルク T_{b1} を維持するためには、インナーモータ30aでは、図3のマップによると、点P1での電流値 A_{a1}' ($A_{a1}' \div A_{a1}$) の供給電流が必要になる。一方、アウターモータ30bでは、図5のマップによると、点P1での電流値 A_{b1}' ($A_{b1}' > A_{b1}$) の供給電流が必要になる。

そこで、ECU90は、出力軸50へのトルク T_1 を維持しつつ、アウターモータ30bにおける電流値 A_{b1}' を電流値 A_{ba} に低下させるように制御する。このとき、ECU90は、図5のマップの直線L1上で電流値 A_{ba} となる点P1aを選定する。これにより、インナーモータトルクを上昇させ且つアウターモータトルクを低下させることになる。

[0044] なお、ECU90は、点P1aの選定の際、磁束干渉が発生する場合に電流値 A_{aa} でインナーモータ30aが稼働し且つ電流値 A_{ba} でアウターモータ30bが稼働したときの回転電機30全体の運転効率が、磁束干渉が発生する場合に電流値 A_{a1}' でインナーモータ30aが稼働し且つ電流値 A_{b1}' でアウターモータ30bが稼働したときの回転電機30全体の運転効

率以上となるようにする。さらに、ECU90による点P1aの選定は、磁束干渉が発生する場合に電流値Aa aでインナーモータ30 aが稼働し且つ電流値Ab aでアウターモータ30 bが稼働したときの回転電機30全体の運転効率が、磁束干渉が発生しない場合に電流値Aa 1でインナーモータ30 aが稼働し且つ電流値Ab 1でアウターモータ30 bが稼働したときの回転電機30全体の運転効率を下回らないように或いは下回る場合にはこの運転効率にできるだけ近くなるように、行われる。ちなみに、回転電機30全体の運転効率を構成する要素として、インナーモータ30 aの消費電力、アウターモータ30 bの消費電力、出力軸50のピニオンギヤ61とドリブンギヤ62との間のギヤ係合部における損失、第一ロータ31及び第二ロータ32等の軸受における損失、第一インバータ21及び第二インバータ22における損失などが含まれ、回転電機30全体の運転効率は、これらの要素を合わせたものである。

[0045] よって、ECU90は、磁束干渉が生じる場合に、インナーモータ30 a及びアウターモータ30 bにそれぞれ、電流値Aa a及びAb aを供給しつつ、出力軸50からの出力トルクをT1に維持する。これにより、磁束干渉が生じる場合でも、回転電機30全体の運転効率の低下が抑えられつつ、出力軸50へのトルクT1が維持される。

[0046] (2) REモードによる低速加速時の走行形態

図1～図6をあわせて参照すると、この走行形態において、出力軸50にトルクT2 ($T2 < T1$) が要求される。

そして、ECU90は、エンジン10によって第一ロータ31を回転駆動すると共に、ステータ33の第二巻線33 bにバッテリー23の電力を供給する。

磁束干渉がない場合、ECU90は、車速、エンジン回転数等の情報に基づき、インナーモータ30 aにインナーモータトルクTa 2を発生させ、アウターモータ30 bにアウターモータトルクTb 2を発生させるように制御する。なお、 $T2 = Ta 2 + Tb 2$ の関係(図2～図5における直線L2の

関係)が成立する。さらに、トルク T_{a2} 及び T_{b2} はいずれも、正の値をとる。

[0047] ECU90は、インナーモータ30aのトルク発生源であるエンジン10に対してトルク T_{a2} を発生するように動作させる。このとき、ECU90は、図6に示すエンジン効率マップを使用して、所望のトルク T_{a2} に対して運転効率の高いエンジン回転数 $R2$ を選択し、選択したエンジン回転数 $R2$ に基づきエンジン10の動作を制御する。なお、図6は、エンジン10の運転効率と、エンジントルク(縦軸)及びエンジン回転数(横軸)との関係を表すエンジン効率マップである。

[0048] また、ECU90は、図4のマップを使用して、インナーモータトルク T_{a2} 及びアウターモータトルク T_{b2} となるマップ上の点P2の電流値 A_{b2} を求め、ステータ33の第二巻線33bに電流値 A_{b2} の電流を供給するように制御を行う。

このとき、インナーモータ30aでは、エンジン10によって回転駆動される第一ロータ31の第一巻線31bに誘導電流が発生し、この誘導電流の電流値は、図2のマップでのインナーモータトルク T_{a2} 及びアウターモータトルク T_{b2} となる点P2の電流値 A_{a2} となる。

なお、ECU90は、バッテリー23の充電率に基づき、トルク T_{a2} 及び T_{b2} が $T_2 = T_a + T_b$ の関係である直線 L_2 上に沿う関係を満たすようにしつつ、電流値 A_a 及び A_b を変化させ得る。

[0049] 一方、磁束干渉が発生する場合、インナーモータトルク T_{a2} 及びアウターモータトルク T_{b2} を維持するためには、力行するアウターモータ30bに関する図5のマップから、点P2での電流値 A_{b2}' ($A_{b2}' > A_{b2}$)の供給電流が必要になる。そこで、ECU90は、出力軸50へのトルク T_2 を維持しつつ、アウターモータ30bへの供給電流値 A_{b2}' を電流値 A_{b2} に低下させるように制御する。このとき、ECU90は、図5のマップの直線 L_2 上で電流値 A_{b2} となる点P2aを選定する。これにより、アウターモータトルクを低下させ且つインナーモータトルクを上昇させること

になる。なお、図5のマップの直線L2上において、点P2aでは、インナーモータトルク T_{a2a} となり、アウターモータトルク T_{b2a} となる。

[0050] このとき、ECU90による点P2aの選定は、磁束干渉が発生した場合の点P2aの状態の回転電機30の運転効率が、磁束干渉が発生した場合の点P2の状態の運転効率以上となるように行われる。さらに、ECU90による点P2aの選定は、磁束干渉が発生した場合の点P2aの状態の回転電機30の運転効率が、磁束干渉が発生しない場合の点P2の状態の運転効率を下回らないように或いは下回る場合にはこの運転効率にできるだけ近くなるようにも、行われる。

[0051] さらに、ECU90は、図6のマップを使用して、エンジン回転数R2であり且つトルク T_{a2a} 以上の状態でありながら、エンジン回転数R2であり且つトルク T_{a2a} である状態よりもエンジン10の運転効率を低下させないようなエンジントルク T_{a2b} を選定する。なお、図6から、エンジントルク T_{a2b} として、トルク T_{a2a} を選定できる。

さらにまた、ECU90は、図5のマップの直線L2上で、インナーモータトルク T_{a2b} となる点P2bにおけるアウターモータトルク T_{b2b} 及び電流値 A_{b2b} を求める。なお、本ケースの場合、点P2bは点P2aと同一となり、アウターモータトルク T_{b2b} 及び電流値 A_{b2b} はそれぞれ、アウターモータトルク T_{b2a} 及び電流値 A_{b2} となる。

[0052] よって、ECU90は、磁束干渉が生じる場合に、アウターモータ30bの第二巻線33bに電流値 A_{b2} の電流を供給し、エンジン10に回転数R2及びエンジントルク T_{a2a} で駆動させるように制御する。これにより、磁束干渉が生じる場合でも、アウターモータ30bへの供給電流の増加を抑えて回転電機30全体の運転効率の低下を抑えつつ、エンジン10の運転効率を低下させずに、出力軸50へのトルク T_2 が維持される。また、上述の制御では、図2及び図3から、インナーモータ30aの第一巻線31bに生じる誘導電流の電流値が上昇し、発電量が増加する。

[0053] (3) REモードによる低速巡航時の走行形態

図1～図6をあわせて参照すると、この走行形態において、出力軸50にトルク T_3 ($T_3 < T_2$) が要求される。

そして、ECU90は、エンジン10によって第一ロータ31を回転駆動する。

磁束干渉がない場合、ECU90は、車速、エンジン回転数等の情報に基づき、インナーモータ30aにインナーモータトルク T_{a3} を発生させ、アウターモータ30bにアウターモータトルク T_{b3} を発生させるように制御する。なお、 $T_3 = T_{a3} + T_{b3}$ の関係（図2～図5における直線L3の関係）が成立している。

また、バッテリー23から電力が供給されないアウターモータ30bの第二巻線33bには、第一ロータ31と連れ回りする第二ロータ32の永久磁石32cによって誘導電流が発生し、この誘導電流が生じる磁界は、永久磁石32cに作用して第二ロータ32に負の値のトルク T_{b3} を与える。

よって、インナーモータトルク T_{a3} は正の値をとり、アウターモータトルク T_{b3} は負の値をとる。

[0054] そして、ECU90は、図6のマップを使用して、トルク T_{a3} を発生し且つ運転効率の高いエンジン回転数 R_3 を選択し、選択したエンジン回転数 R_3 に基づきエンジン10を動作させることになる。

この制御によってエンジン回転数が変わるため、第一ロータ31の回転数及び第一ロータ31に連れ回りする第二ロータ32の回転数が変化する。このため、アウターモータトルク T_{b3} が変化し、それに伴いインナーモータトルク T_{a3} も変化する。そして、ECU90は、変化したトルクと図6のマップとを使用して上述のようなエンジン回転数の選択動作を繰り返し実施して、最適な運転効率のエンジン回転数を求め、このエンジン回転数でエンジン10を動作させるように制御する。

[0055] 求められた最適なエンジン回転数 R_{3o} のとき、インナーモータトルク T_{a3o} となり、アウターモータトルク T_{b3o} となる。この場合、図2及び図4のマップから、インナーモータ30aでは、インナーモータトルク T_a

30及びアウターモータトルク T_{b30} となる点P3における電流値 A_{a3} が発生し、アウターモータ30bでは、点P3における電流値 A_{b3} が発生することになる。

[0056] 一方、磁束干渉が発生する場合、インナーモータ30aにおける点P3での電流値は、図3のマップによると、電流値 $A_{a3'}$ ($A_{a3'} \div A_{a3}$)となる。アウターモータ30bにおける点P3での電流値は、図5のマップによると、電流値 $A_{b3'}$ ($A_{b3'} < A_{b3}$)となる。なお、電流値 $A_{b3'}$ の絶対値 $>$ 電流値 A_{b3} の絶対値となる。よって、インナーモータ30aへの電力供給量はほとんど変わらず、アウターモータ30bでの発電量が増加する。回転電機30全体の運転効率が低下しないため、ECU90は、磁束干渉がない場合の制御を継続する。

[0057] 従って、本走行形態では、磁束干渉が生じる場合に回転電機30全体の運転効率が低下しないため、ECU90は、磁束干渉が生じる前の制御を磁束干渉が生じた後も継続する。

[0058] (4) REモードでの高速加速時の走行形態

図1～図6をあわせて参照すると、この走行形態において、出力軸50にトルク T_4 ($T_1 < T_4$)が要求される。

そして、ECU90は、エンジン10によって第一ロータ31を回転駆動すると共に、バッテリー23の電力を第一ロータ31の第一巻線31b及びステータ33の第二巻線33bに供給する。これにより、第一巻線31bが発生する回転磁界を介して伝達されるエンジン10の回転駆動力（発生トルク）と第二巻線33bで発生する回転磁界とによって、第二ロータ32が回転駆動される。

[0059] 磁束干渉がない場合、ECU90は、車速、エンジン回転数等の情報に基づき、インナーモータ30aにインナーモータトルク T_{a4} が発生させ、アウターモータ30bにアウターモータトルク T_{b4} が発生させるように制御する。 $T_4 = T_{a4} + T_{b4}$ の関係が成立する。インナーモータトルク T_{a4} は、エンジントルクと同等であり、アウターモータトルク T_{b4} は、第二

巻線 33b からの回転磁界による界磁トルクである。よって、トルク T_{a4} 及び T_{b4} はいずれも正の値をとる。

[0060] そして、ECU90は、図6のマップを使用して、エンジントルク T_{a4} を発生し且つ運転効率の高いエンジン回転数 R_4 を選択し、選択したエンジン回転数 R_4 に基づきエンジン10を動作させる。

さらに、ECU90は、図2のマップを使用し、 $T_4 = T_a + T_b$ の関係を満たす直線 L_4 上で、インナーモータトルクが T_{a4} となりアウターモータトルクが T_{b4} となる点 P_4 での電流値 A_{a4} を求める。ECU90は、この電流値 A_{a4} の電流をインナーモータ30aの第一巻線31bに供給するように制御を行う。また、ECU90は、図4のマップにおいて、直線 L_4 上で、インナーモータトルクが T_{a4} となりアウターモータトルクが T_{b4} となる点 P_4 での電流値 A_{b4} を求める。ECU90は、この電流値 A_{b4} の電流をアウターモータ30bの第二巻線33bに供給するように制御を行う。

[0061] 一方、磁束干渉が発生する場合、図3のマップによると、点 P_4 での電流値は、電流値 A_{a4}' ($A_{a4}' > A_{a4}$) となり、図5のマップによると、点 P_4 での電流値は、電流値 A_{b4}' ($A_{b4}' > A_{b4}$) となる。よって、第一巻線31b及び第二巻線33bへの電力供給量が増加する、つまり、いずれも力行するインナーモータ30a及びアウターモータ30bへの電力供給量が増加する。

そこで、ECU90は、出力軸50へのトルク T_4 を維持しつつ、電流供給量の増加量が大きい方であるアウターモータ30bへの供給電流を、電流値 A_{b4}' から電流値 A_{b4}'' に低下させるように制御する。

[0062] このとき、図5のマップによると、各トルクは、直線 L_4 上で電流値 A_{b4}'' となる点 P_{4a} でのインナーモータトルク T_{a4a} ($T_{a4a} > T_{a4}$) 及びアウターモータトルク T_{b4a} ($T_{b4a} < T_{b4}$) となる。図6によると、エンジントルクがトルク T_{a4a} となると、エンジン回転数 R_4 のままではエンジン効率が低下するため、ECU90は、エンジン回転数を

R 4 a に僅かに低下させてエンジン効率を向上させる。

さらに、図 3 のマップによると、点 P 4 a での電流値は、 $A a 4''$ ($A a 4'' > A a 4'$) となる。このため、ECU 90 は、磁束干渉が発生する場合に電流値 $A a 4''$ でインナーモータ 30 a が稼働し且つ電流値 $A b 4''$ でアウターモータ 30 b が稼働したときの回転電機 30 全体の運転効率が、磁束干渉が発生する場合に電流値 $A a 4'$ でインナーモータ 30 a が稼働し且つ電流値 $A b 4'$ でアウターモータ 30 b が稼働したときの回転電機 30 全体の運転効率以上となるように、電流値 $A a 4''$ 及び電流値 $A b 4''$ つまり点 P 4 a を選定する。さらにまた、ECU 90 による点 P 4 a の選定は、磁束干渉が発生する場合に電流値 $A a 4''$ でインナーモータ 30 a が稼働し且つ電流値 $A b 4''$ でアウターモータ 30 b が稼働したときの回転電機 30 全体の運転効率が、磁束干渉が発生しない場合に電流値 $A a 4$ でインナーモータ 30 a が稼働し且つ電流値 $A b 4$ でアウターモータ 30 b が稼働したときの回転電機 30 全体の運転効率を下回らないように或いは下回る場合にはこの運転効率にできるだけ近くなるように、行われる。

よって、ECU 90 は、磁束干渉が生じた場合でも、出力軸 50 へのトルク T 4 を維持しながら良好な運転効率でエンジン 10 を駆動させつつ、回転電機 30 全体の運転効率の低下を抑える。

[0063] (5) RE モードでの高速巡航時の走行形態

図 1 ～図 6 をあわせて参照すると、この走行形態において、出力軸 50 にトルク T 5 ($T 3 < T 5 < T 2$) が要求される。

そして、ECU 90 は、エンジン 10 によって第一ロータ 31 を回転駆動すると共に、バッテリー 23 の電力を第一巻線 31 b に供給して発生する回転磁界によって第二ロータ 32 を回転駆動する。このとき、第二ロータ 32 が回転することによって、ステータの 33 の第二巻線 33 b には誘導電流が発生し、この誘導電流が生じる磁界は、第二ロータ 32 に負の値のトルクを与える。

[0064] 磁束干渉がない場合、ECU 90 は、車速、エンジン回転数等の情報に基

づき、インナーモータ30aにインナーモータトルク T_{a5} を発生させ、アウターモータ30bにアウターモータトルク T_{b5} を発生させるように制御する。インナーモータトルク T_{a5} は、エンジントルクと同等であり、アウターモータトルク T_{b5} は、第二巻線33bの誘導電流による誘導電流トルクである。そして、 $T_5 = T_{a5} + T_{b5}$ の関係が成立する。トルク T_{a5} は正の値をとり、トルク T_{b5} は負の値をとる。

[0065] ECU90は、図6のマップを使用して、トルク T_{a5} を発生し且つ運転効率の高いエンジン回転数 R_5 を選択し、選択したエンジン回転数 R_5 に基づきエンジン10を動作させる。

さらに、ECU90は、図2のマップを使用して、 $T_5 = T_a + T_b$ の関係を満たす直線 L_5 上で、インナーモータトルクが T_{a5} となりアウターモータトルクが T_{b5} となる点 P_5 での電流値 A_{a5} を求める。ECU90は、この電流値 A_{a5} の電流をインナーモータ30aの第一巻線31bに供給するように制御を行う。また、図4のマップにおいて、インナーモータトルクが T_{a5} となり、アウターモータトルクが T_{b5} となる点 P_5 での電流値 A_{b5} の絶対値が、アウターモータ30bの第二巻線33bに発生する誘導電流の電流値となる。

[0066] しかしながら、磁束干渉が発生する場合、上述の各トルクを維持するためには、インナーモータ30aでは、図3のマップによると、点 P_5 での電流値 A_{a5}' ($A_{a5}' \div A_{a5}$)の供給電流が必要となる。アウターモータ30bでは、図5のマップによると、点 P_5 での電流値 A_{b5}' ($A_{b5}' < A_{b5}$)の誘導電流が発生する。よって、インナーモータ30aへの電力供給量はほとんど変わらず、アウターモータ30bでの発電量が増加する。回転電機30全体の運転効率が低下しないため、ECU90は、磁束干渉がない場合の制御を継続する。

従って、本走行形態では、磁束干渉が生じる場合に回転電機30全体の運転効率が低下しないため、ECU90は、磁束干渉が生じる前の制御を磁束干渉が生じた後も継続する。

[0067] 上記で説明したように、本発明の実施の形態に係る車両制御装置 101 は、エンジン 10 と、回転可能な第一ロータ 31、第一ロータ 31 に対して回転半径方向外側で相対回転可能に設けられる第二ロータ 32、及び第二ロータ 32 の回転半径方向外側で固定配設されるステータ 33 を含む回転電機 30 と、回転電機 30 及びエンジン 10 の動作を制御する ECU 90 とを備える。第一ロータ 31 が、エンジン 10 に機械的に連結されると共に、第二ロータ 32 が、車両駆動機構 80 に機械的に連結されている。回転電機 30 は、第一ロータ 31 及び第二ロータ 32 によって構成されるインナーモータ 30a と、第二ロータ 32 及びステータ 33 によって構成されるアウターモータ 30b とを含む。インナーモータ 30a は、電流が供給されて回転磁界を発生することによって第二ロータ 32 を第一ロータ 31 に対して相対的に回転駆動することが可能であり、第一ロータ 31 及び第二ロータ 32 が相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能である。アウターモータ 30b は、電流が供給されて回転磁界を発生することによって第二ロータ 32 をステータ 33 に対して回転駆動することが可能であり、第二ロータ 32 がステータ 33 に対して相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能である。ECU 90 は、インナーモータ 30a 及びアウターモータ 30b のそれぞれに回転磁界又は誘導電流による磁界が発生して、互いの間で磁束干渉が生じるとき、インナーモータ 30a とアウターモータ 30b とが発生するトルクの和を維持しつつ、回転電機 30 の効率の低下を抑えるように、インナーモータ 30a 及びアウターモータ 30b を流れる電流を制御する。

[0068] 上述の構成によって、磁束干渉が生じた際に、インナーモータ 30a 及びアウターモータ 30b を流れる電流を調節して回転電機 30 の効率の低下を抑えるように制御されるため、回転電機 30 の運転効率の低下を抑えることができる。さらに、上述の制御は、インナーモータ 30a とアウターモータ 30b とが発生するトルクの和を維持するように行われるため、回転電機 30 の出力は変動しない。よって、車両制御装置 101 は、磁束干渉が生じた

際に、回転電機 30 の出力を低下させずに、運転効率の低下を抑えることを可能にする。

[0069] 車両制御装置 101 において、ECU 90 は、磁束干渉が生じるときの制御の際、インナーモータ 30 a を流れる電流とインナーモータ 30 a の発生トルクとアウターモータ 30 b の発生トルクとの関係を示す第一のマップと、アウターモータ 30 b を流れる電流とインナーモータ 30 a の発生トルクとアウターモータ 30 b の発生トルクとの関係を示す第二のマップとを用いて、供給電流を制御する。この場合、磁束干渉が生じる前後の第一のマップ及び第二のマップを使用することによって、磁束干渉の発生時に回転電機 30 の運転効率を低下させないようにインナーモータ 30 a 及びアウターモータ 30 b を流れる電流を制御することが、容易且つ確実になる。

[0070] 車両制御装置 101 において、ECU 90 は、磁束干渉が生じるときの制御の際、エンジン 10 の運転効率、トルク及び回転数の関係を示すエンジン効率マップを用いて、エンジン 10 に連結されたインナーモータ 30 a 又はアウターモータ 30 b から要求されるトルクを発生しつつ運転効率を高くするようにエンジン 10 を制御する。これにより、磁束干渉の発生時に、回転電機 30 の運転効率の低下の抑制だけでなく、回転電機 30 に関連して動作するエンジン 10 の運転効率の低下の抑制が可能になる。

[0071] 実施の形態の車両制御装置 101 において、インナーモータ 30 a の第一巻線 31 b 及びアウターモータ 30 b の第二巻線 33 b のいずれにも電流が流れる場合に磁束干渉が発生し得るとしていた。ECU 90 は、第一巻線 31 b を流れる電流の電流値及び電流進角値と、第二巻線 33 b を流れる電流の電流値及び電流進角値とから、磁束干渉が発生するか否かを判定し、磁束干渉の有無の判定結果に応じた制御を行ってもよい。なお、磁束干渉は、例えば、第一巻線 31 b 及び第二巻線 33 b を流れる電流の電流値が大きい場合に、生じやすい。

[0072] 実施の形態の車両制御装置 101 において、ECU 90 は、インナーモータにおけるインナーモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータト

ルクとの関係を示すマップと、アウターモータにおけるアウターモータ電流とインナーモータトルクとアウターモータトルクとの関係を示すマップとして、インナーモータ 30 a 及びアウターモータ 30 b の回転数に依存しないものを使用していたが、これに限定されるものでない。ECU 90 は、それぞれのマップについて、インナーモータ 30 a 及びアウターモータ 30 b の回転数の様々な組み合わせに対応した回転数毎のマップを使用してもよい。これにより、ECU 90 は、インナーモータ 30 a 及びアウターモータ 30 b に対してより精度の高い制御を行うことができる。

[0073] 実施の形態の車両制御装置 101 において、回転電機 30 では、第二ロータ 32 の第二コア 32 a の内周面近傍及び外周面近傍のそれぞれに埋め込まれていた二列の第一永久磁石 32 b 及び第二永久磁石 32 c を一体化し、第二コア 32 a 内の周方向に一の永久磁石を埋め込むようにしてもよい。

[0074] 実施の形態の車両制御装置 101 において、回転電機 30 は、上記実施の形態（図 1）において示されたような、径方向内側から径方向外側に向かって第一巻線 31 b、第一永久磁石 32 b、第二永久磁石 32 c、第二巻線 33 b の順に上記要素が設けられる構造に限定されるものではなく、例えば図 7 の（a）～（c）に示されるような構造とすることもできる。図 7（a）では、径方向内側から径方向外側に向かって第一永久磁石 231 b、第一巻線 232 b、第二永久磁石 232 c、第二巻線 33 b の順に、上記要素が設けられている。図 7（b）では、径方向内側から径方向外側に向かって第一永久磁石 231 b、第一巻線 332 b、第二巻線 332 c、第二永久磁石 333 b の順に、上記要素が設けられている。図 7（c）では、径方向内側から径方向外側に向かって第一巻線 31 b、第一永久磁石 432 b、第二巻線 432 c、第二永久磁石 333 b の順に、上記要素が設けられている。

[0075] 実施の形態の車両制御装置 101 において、回転電機 30 では、第一ロータ 31 に入力軸 40 が連結され、第二ロータ 32 に出力軸 50 が連結されていたが、第一ロータ 31 に出力軸 50 が連結され、第二ロータ 32 に入力軸 40 が連結されてもよい。

実施の形態及び変形例の車両制御装置 101 では、界磁として第一永久磁石 32b, 231b, 432b 及び第二永久磁石 32c, 232c, 333b を使用していたが、これに限定されるものでなく、電磁石であってもよい。

[0076] 実施の形態及び変形例の車両制御装置 101 は、車両への搭載に限定されるものでなく、建設機械、ディーゼル機関車等のガソリンエンジン及びディーゼルエンジンなどの内燃機関と回転電機とを動力装置として備える機械に搭載してもよい。

請求の範囲

[請求項1]

車両制御装置において、

内燃機関と、

回転可能な第一回転子、前記第一回転子に対して回転半径方向外側で相対回転可能に設けられる第二回転子、及び前記第二回転子の回転半径方向外側で固定配設される固定子を含む回転電機と、

前記回転電機及び前記内燃機関の動作を制御する制御部とを備え、

前記第一回転子及び前記第二回転子のうちの一方が、前記内燃機関に機械的に連結されると共に、前記第一回転子及び前記第二回転子のうちの他方が、車両駆動機構に機械的に連結され、

前記回転電機は、前記第一回転子及び前記第二回転子によって構成される第一回転電機部と、前記第二回転子及び前記固定子によって構成される第二回転電機部とを含み、

前記第一回転電機部は、電流が供給されて回転磁界を発生することによって前記第一回転子又は前記第二回転子を前記第二回転子又は前記第一回転子に対して相対的に回転駆動することが可能であり、前記第一回転子及び前記第二回転子が相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能であり、

前記第二回転電機部は、電流が供給されて回転磁界を発生することによって前記第二回転子を前記固定子に対して回転駆動することが可能であり、前記第二回転子が前記固定子に対して相対的に回転することによって誘導電流を発生して発電することが可能であり、

前記制御部は、

前記第一回転電機部及び前記第二回転電機部のそれぞれに前記回転磁界又は前記誘導電流による磁界が発生して、互いの間で磁束干渉が生じるとき、

前記第一回転電機部及び前記第二回転電機部が発生するトルクの和

を維持しつつ、前記回転電機の効率の低下を抑えるように前記第一回転電機部及び前記第二回転電機部を流れる電流を制御する、車両制御装置。

[請求項2]

前記制御部は、磁束干渉が生じるときの制御の際、

前記第一回転電機部を流れる電流と前記第一回転電機部の発生トルクと前記第二回転電機部の発生トルクとの関係を示す第一のマップと、

前記第二回転電機部を流れる電流と前記第一回転電機部の発生トルクと前記第二回転電機部の発生トルクとの関係を示す第二のマップとを用いて、前記第一回転電機部及び前記第二回転電機部を流れる電流を制御する請求項1に記載の車両制御装置。

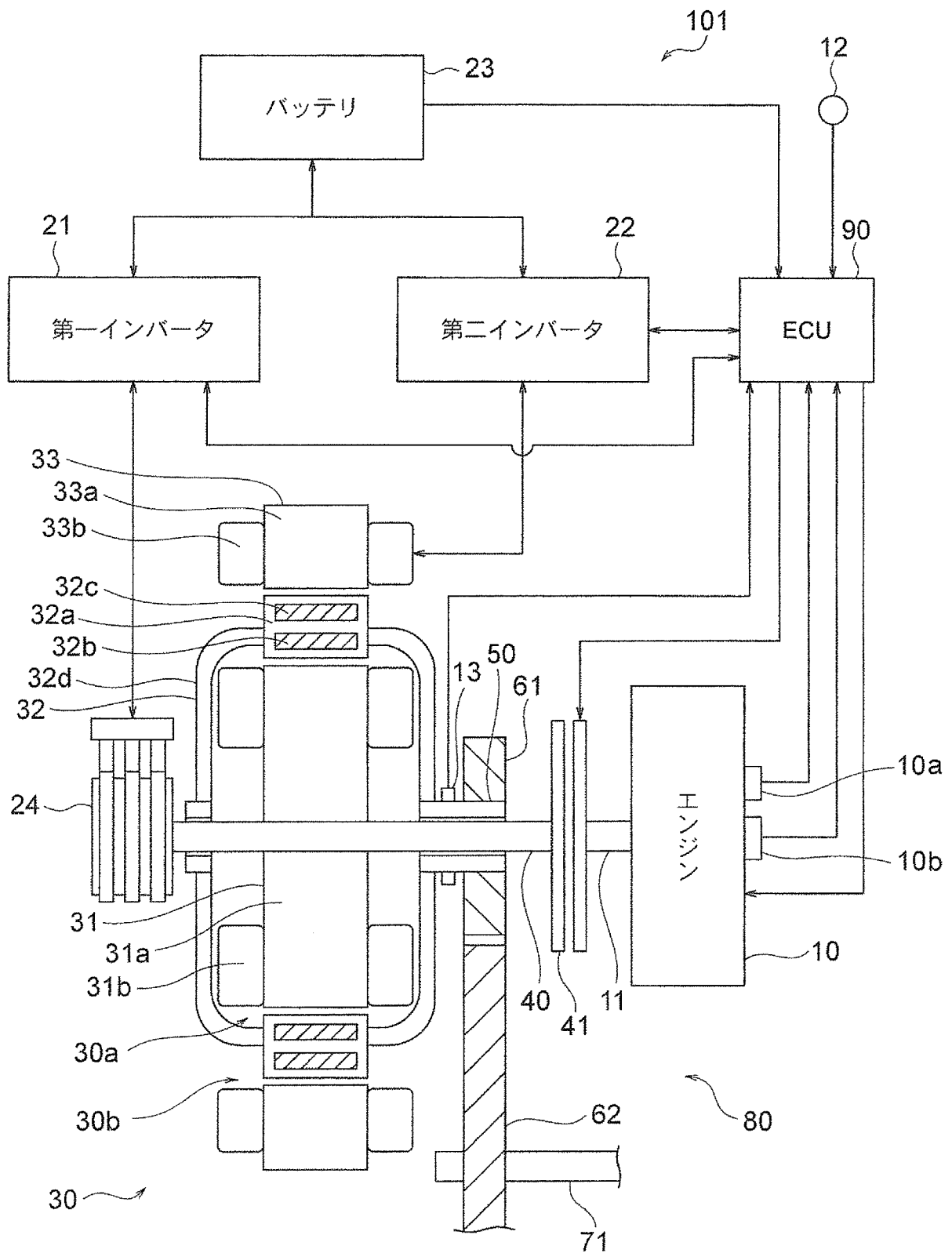
[請求項3]

前記制御部は、磁束干渉が生じるときの制御の際、

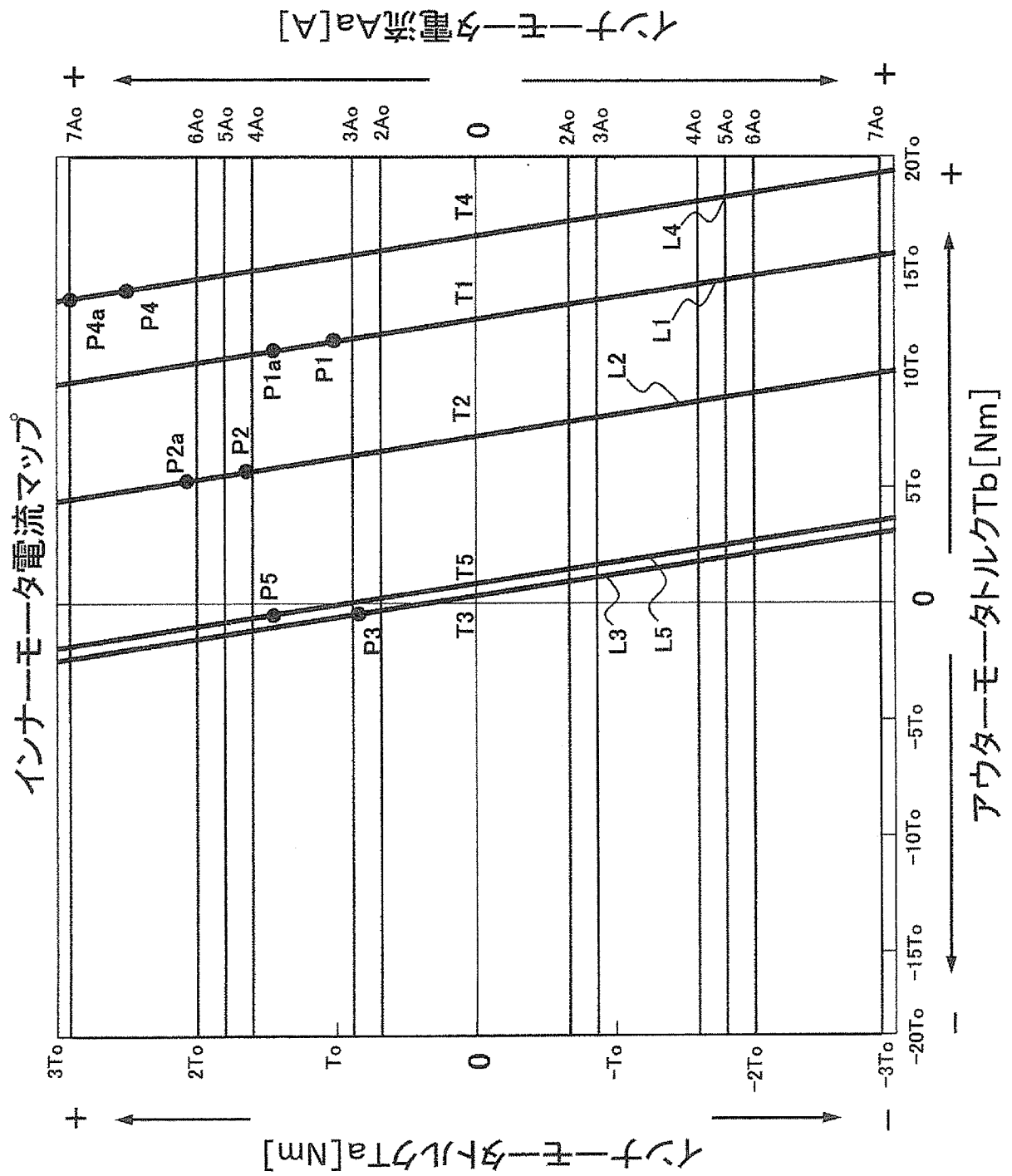
前記内燃機関の運転効率、トルク及び回転数の関係を示す内燃機関マップを用いて、

前記内燃機関に連結された前記第一回転電機部又は前記第二回転電機部から要求されるトルクを発生しつつ運転効率を高くするように前記内燃機関を制御する請求項1または2に記載の車両制御装置。

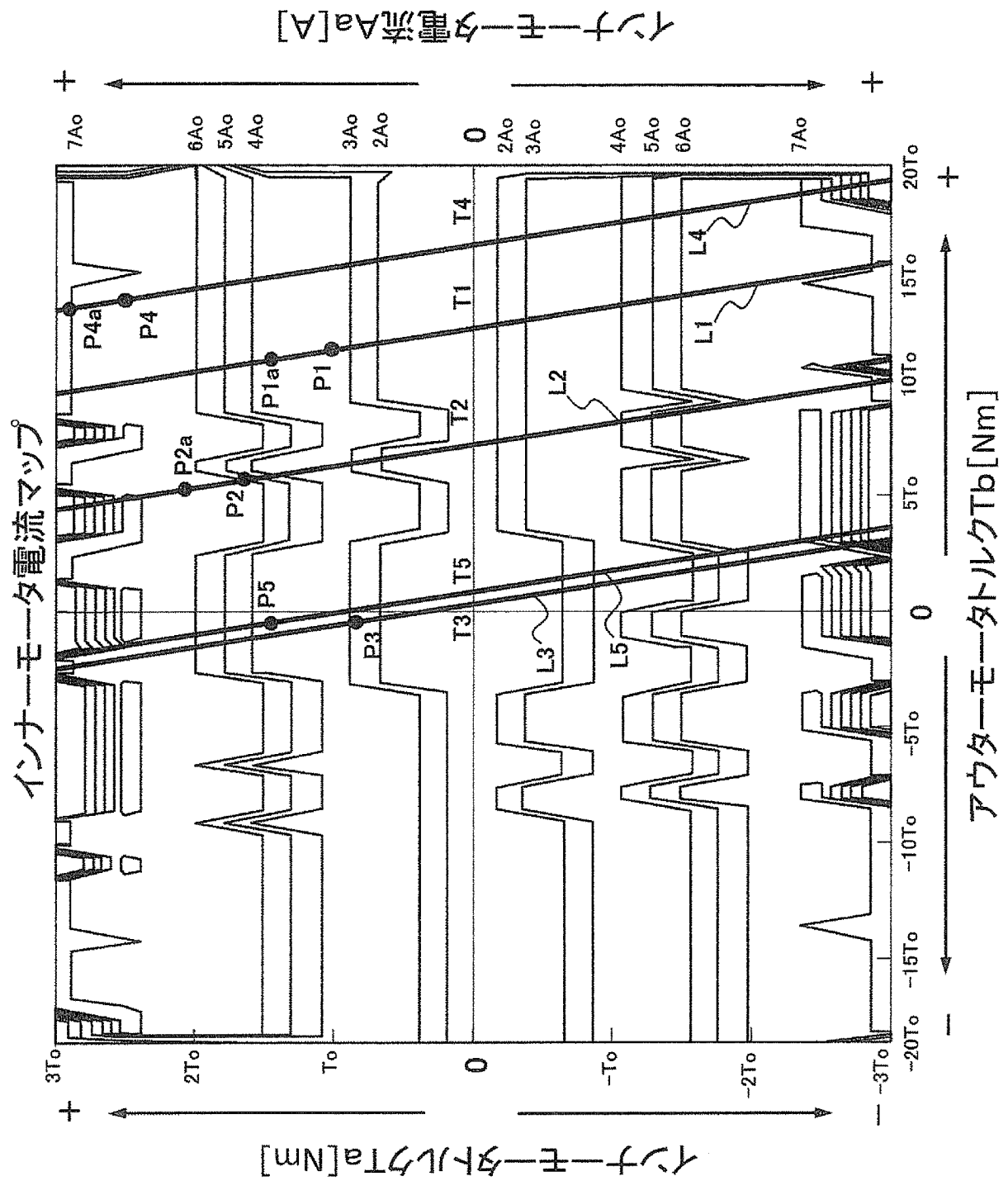
[図1]



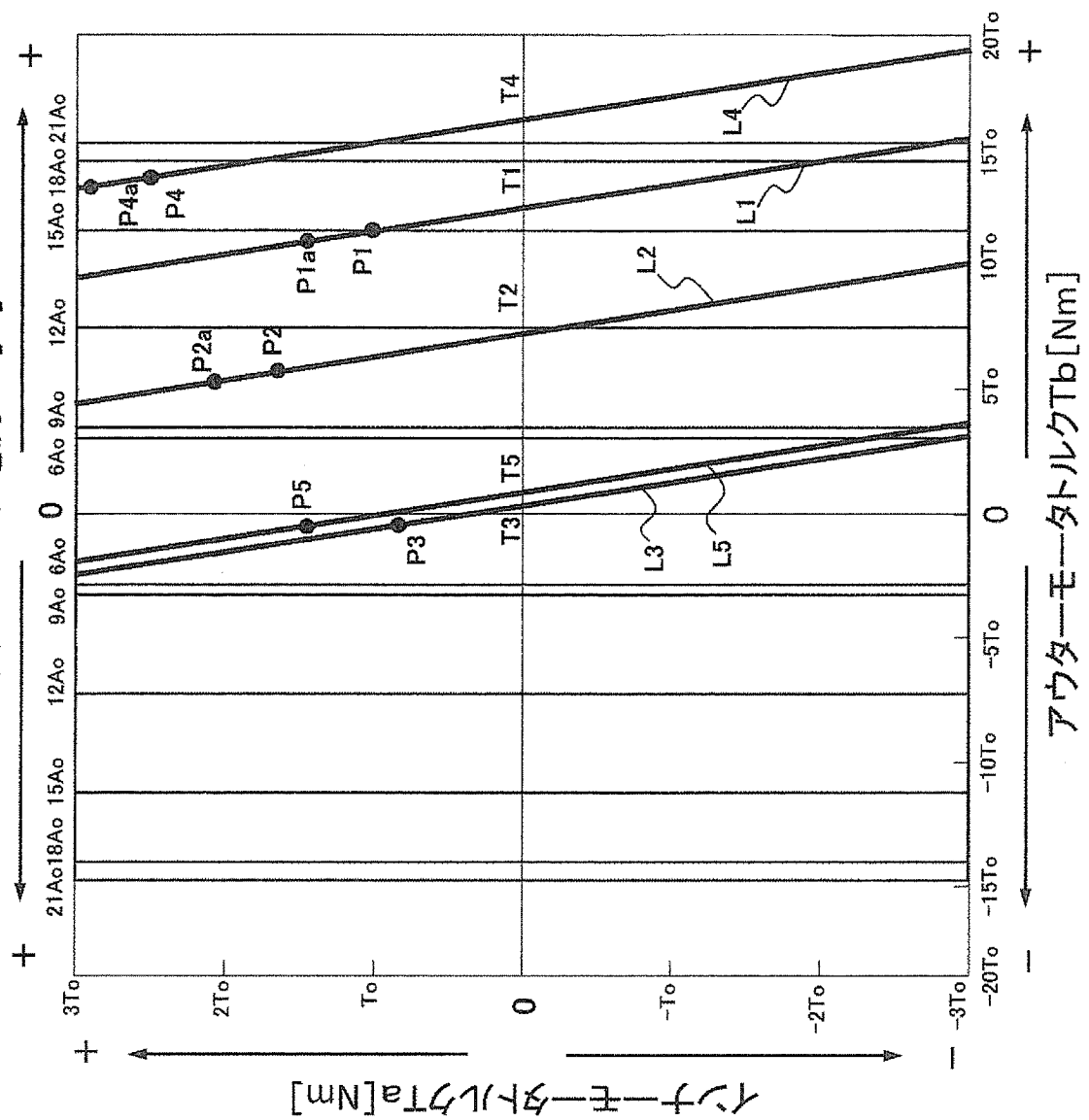
[図2]



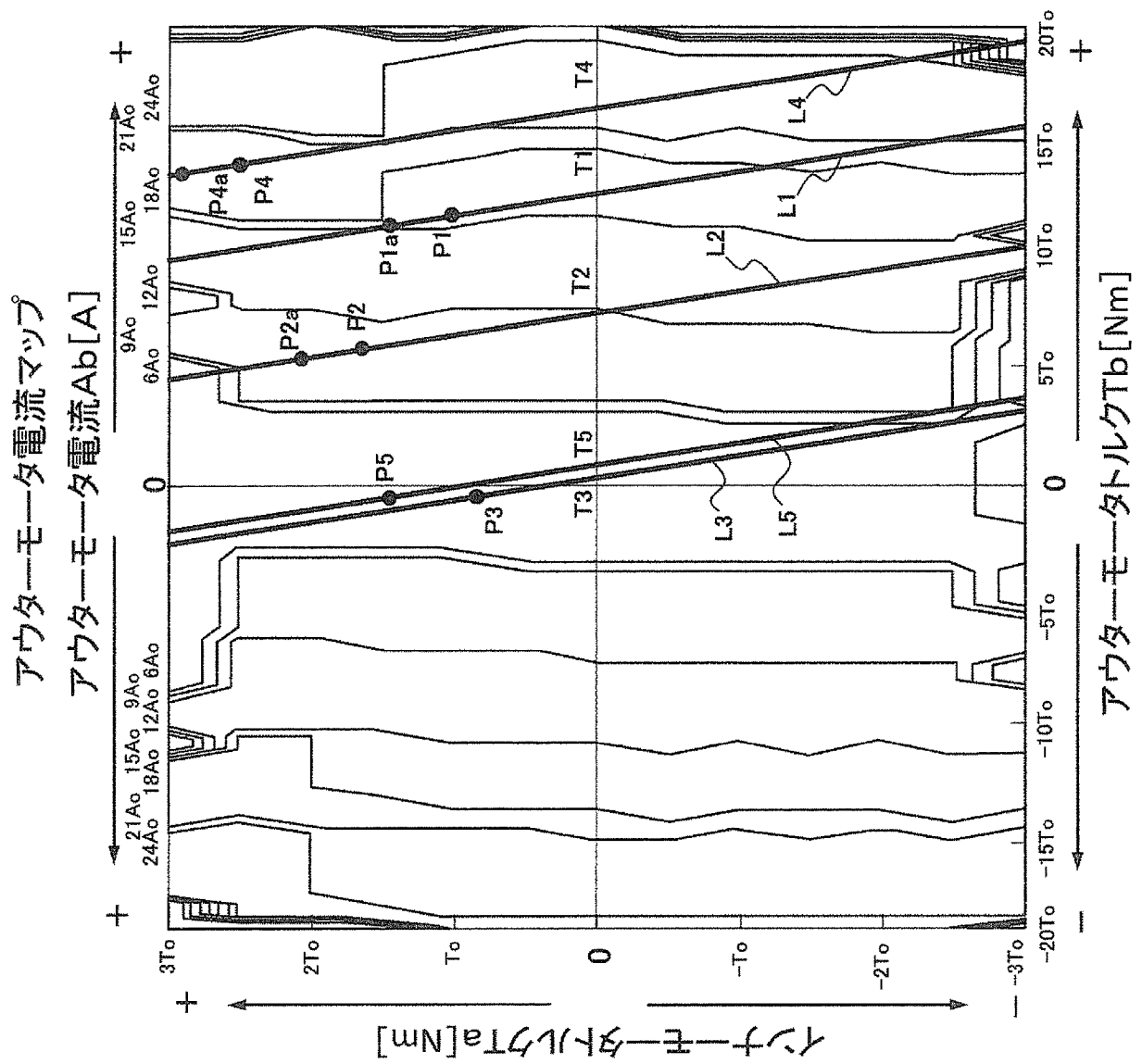
[図3]



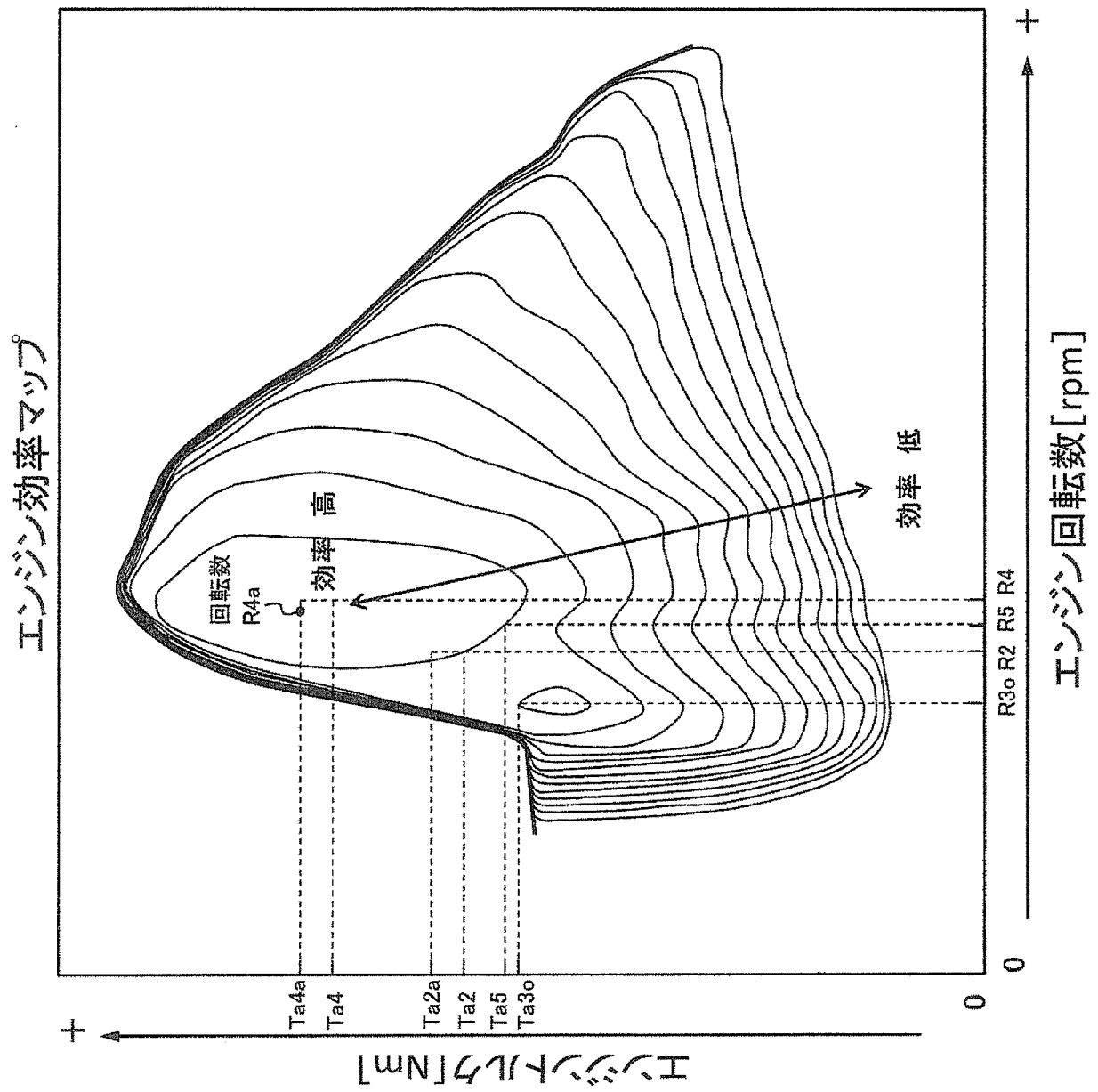
アウターモータ電流マップ
アウターモータ電流Ab[A]



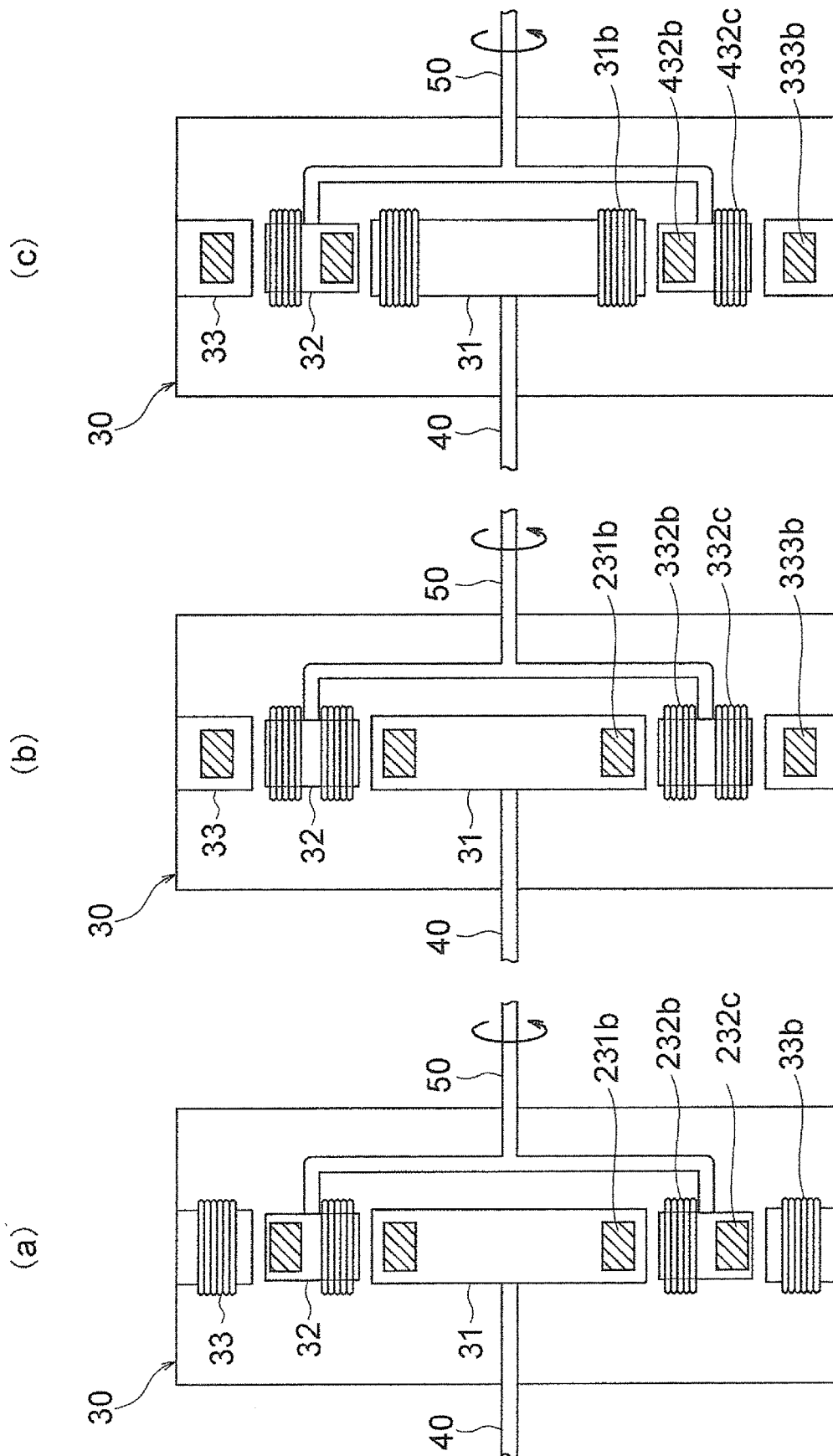
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60W10/08(2006.01)i, B60K6/26(2007.10)i, B60K6/448(2007.10)i, B60L15/20(2006.01)i, B60W10/06(2006.01)i, B60W20/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60W10/00-50/16, B60K6/00-6/547, B60L1/00-15/42, H02K16/02, H02P5/74

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI (Thomson Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 2015-67156 A (Toyota Industries Corp., Toyota Motor Corp., Aisin Seiki Co., Ltd., Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 13 April 2015 (13.04.2015), paragraphs [0003], [0006], [0020], [0025] to [0028]; fig. 1 to 2, 5 & WO 2015/045924 A1	1-3
Y	JP 2009-274536 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc., Toyota Motor Corp.), 26 November 2009 (26.11.2009), paragraphs [0009] to [0011], [0030] to [0033], [0045]; fig. 2 (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 October 2015 (06.10.15)

Date of mailing of the international search report
20 October 2015 (20.10.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071769

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-275828 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 08 October 1999 (08.10.1999), paragraphs [0032], [0117] to [0123]; fig. 1 to 3, 16 & US 6049152 A column 5, lines 44 to 47; column 35, line 29 to column 38, line 45; fig. 1 to 3, 16 & EP 945963 A2 & DE 69912504 D	1-3
A	JP 2011-205741 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraphs [0039] to [0041], [0044], [0054]; fig. 2, 7 to 9 (Family: none)	1-3
A	JP 2005-47396 A (Denso Corp.), 24 February 2005 (24.02.2005), paragraphs [0050] to [0058]; fig. 8 (Family: none)	1-3
A	JP 2013-532947 A (Martin, Jacobus, HOEIJMAKERS), 19 August 2013 (19.08.2013), abstract; fig. 1 & US 2013/0127378 A1 abstract; fig. 1 & WO 2012/018253 A1 & EP 2601733 A & NL 1038151 C & CA 2807304 A & CN 103155385 A & KR 10-2014-0022747 A	1-3
A	EP 1092583 A1 (RENAULT), 18 April 2001 (18.04.2001), paragraphs [0022] to [0024]; fig. 1 & FR 2799418 A1	1-3
A	RU 2440659 C1 (PUCHKIN EVGENIJ KONSTANTINOVICH), 20 January 2012 (20.01.2012), abstract; fig. 1 (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B60W10/08(2006.01)i, B60K6/26(2007.10)i, B60K6/448(2007.10)i, B60L15/20(2006.01)i,
B60W10/06(2006.01)i, B60W20/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B60W10/00-50/16, B60K6/00-6/547, B60L1/00-15/42, H02K16/02, H02P5/74

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

DWPI (Thomson Innovation)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, X	JP 2015-67156 A（株式会社豊田自動織機、トヨタ自動車株式会社、アイシン精機株式会社、株式会社豊田中央研究所）2015.04.13, 段落[0003], [0006], [0020], [0025]-[0028], 図1-2, 5 & WO 2015/045924 A1	1-3
Y	JP 2009-274536 A（株式会社豊田中央研究所、トヨタ自動車株式会社）2009.11.26, 段落[0009]-[0011], [0030]-[0033], [0045], 図2（ファミリーなし）	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小原 一郎

3 Z

3 0 2 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 11-275828 A (日産自動車株式会社) 1999. 10. 08, 段落[0032], [0117]-[0123], 図 1-3, 16 & US 6049152 A, 第 5 欄第 44-47 行, 第 35 欄第 29 行-第 38 欄第 45 行, 図 1-3, 16 & EP 945963 A2 & DE 69912504 D	1-3
A	JP 2011-205741 A (株式会社豊田中央研究所) 2011. 10. 13, 段落 [0039]-[0041], [0044], [0054], 図 2, 7-9 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2005-47396 A (株式会社デンソー) 2005. 02. 24, 段落 [0050]-[0058], 図 8 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2013-532947 A (マルティン、ヤコブス、ヘイメイカーズ) 2013. 08. 19, 要約, 図 1 & US 2013/0127378 A1, 要約, 図 1 & WO 2012/018253 A1 & EP 2601733 A & NL 1038151 C & CA 2807304 A & CN 103155385 A & KR 10-2014-0022747 A	1-3
A	EP 1092583 A1 (RENAULT) 2001. 04. 18, 段落[0022]-[0024], 図 1 & FR 2799418 A1	1-3
A	RU 2440659 C1 (PUCHKIN EVGENIJ KONSTANTINOVICH) 2012. 01. 20, 要約, 図 1 (ファミリーなし)	1-3