

(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
2024年4月11日(11.04.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/075318 A1

- (51) 国際特許分類:
B60L 15/20 (2006.01) *B60L 50/60* (2019.01)
H02P 25/18 (2006.01) *B60L 58/10* (2019.01)
B60L 9/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/000923
- (22) 国際出願日: 2023年1月16日(16.01.2023)
- (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 2022-162243 2022年10月7日(07.10.2022) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP). 住友電装株

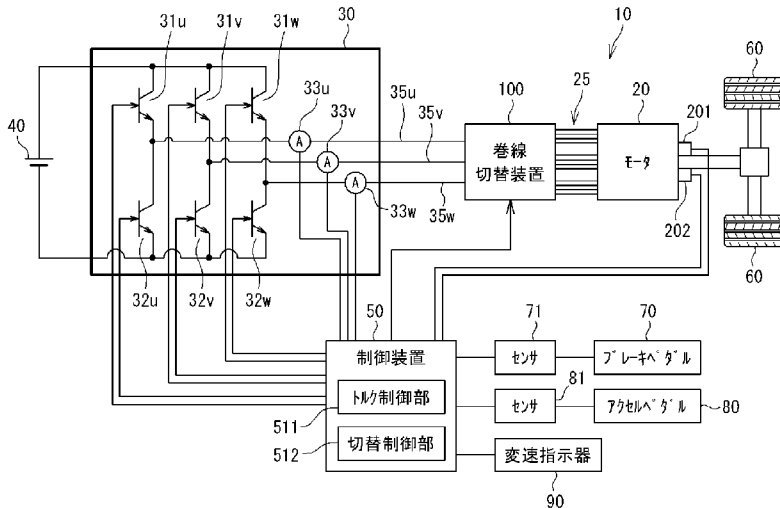
式会社(SUMITOMO WIRING SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 株式会社オートネットワーク技術研究所(AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP).

- (72) 発明者: 篠倉 弘樹 (SASAKURA, Hiroki);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 津田 将岐(TSUDA, Masaki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人サンクレスト国際特許事務所(SUNCREST PATENT AND TRADEMARK

(54) Title: COIL SWITCHING SYSTEM FOR VEHICLE MOTOR, CONTROL DEVICE, METHOD FOR CONTROLLING VEHICLE MOTOR, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称: 車両用モータの巻線切替システム、制御装置、車両用モータの制御方法、及びコンピュータプログラム

[図1]



- 20... MOTOR
- 50... CONTROL DEVICE
- 70... BRAKE PEDAL
- 71, 81... SENSOR
- 80... ACCELERATOR PEDAL
- 90... SPEED CHANGE INDICATOR
- 100... COIL SWITCHING DEVICE
- 511... TORQUE CONTROL UNIT
- 512... SWITCHING CONTROL UNIT

(57) Abstract: This coil switching system comprises a drive motor that drives a wheel of a vehicle, a control device that controls the drive motor, a power converter that converts DC power outputted from a battery to AC power and supplies the AC power to the drive motor, and a coil switching device that switches a connection state of a plurality coils in the drive motor between a first connection state and a second connection state, the control device including a torque control unit that changes the output torque of the drive motor by changing the alternating electric current outputted from the power converter at a prescribed speed change timing of the vehicle, and a switching control unit that causes the coil switching device to switch from the first connection state to the second connection state after the alternating electric current has changed.

WO 2024/075318 A1

ATTORNEYS); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区
栄町通四丁目1番11号 Hyogo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 巻線切替システムは、車両の車輪を駆動する駆動モータと、前記駆動モータを制御する制御装置と、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器と、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を、第1接続状態及び第2接続状態の間で切り替える巻線切替装置と、を備え、前記制御装置は、前記車両の所定の変速タイミングで前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、前記交流電流が変化した後に、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせる切替制御部と、を含む。

明 細 書

発明の名称：

車両用モータの巻線切替システム、制御装置、車両用モータの制御方法、及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、車両用モータの巻線切替システム、制御装置、車両用モータの制御方法、及びコンピュータプログラムに関する。本出願は、2022年10月7日出願の日本出願第2022-162243号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、有段変速機を有しない、電気自動車及びハイブリッド自動車等の駆動モータにより車輪を駆動する車両において、駆動モータのトルクを、設定変動量だけ減少させた後、増加させるトルク変動制御を遂行することにより、疑似的なシフトチェンジを演出することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-166386号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る車両用モータの巻線切替システムは、車両の車輪を駆動する駆動モータと、前記駆動モータを制御する制御装置と、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器と、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を、第1接続状態及び第2接続状態の間で切り替える巻線切替装置と、を備え、前記制御装置は、前記車両の所定の変速タイミングで前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、前記交流電流が変化した後、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせる切替制御部

と、を含む。

[0005] 本開示は、上記のような特徴的な構成を備える車両用モータの巻線切替システムとして実現することができるだけでなく、車両用モータの巻線切替システムに含まれる制御装置として実現したり、制御装置における特徴的な処理をステップとする車両用モータの制御方法として実現したりすることができる。本開示は、コンピュータを制御装置として機能させるコンピュータプログラムとして実現したり、制御装置の一部又は全部を半導体集積回路として実現したりすることができる。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、第1実施形態に係る巻線切替システムの構成の一例を示す図である。

[図2]図2は、制御装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る巻線切替装置の構成の一例を示す回路図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータの巻線の切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。

[図5]図5は、第1実施形態に係る制御装置による電氣的ソフトアップ処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]図6は、第1実施形態に係る制御装置による電氣的ソフトダウン処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、第2実施形態に係る巻線切替装置の構成の一例を示す回路図である。

[図8]図8は、第3実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータの巻線の切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。

[図9]図9は、第4実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータの巻線の切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。

[図10]図10は、第5実施形態に係る巻線切替システムにおける疑似変速制御処理の一例を示すタイミングチャートである。

[図11]図 1 1 は、第 5 実施形態に係る制御装置による疑似変速処理の一例を示すフローチャートである。

[図12]図 1 2 は、第 6 実施形態に係る制御装置の機能の一例を示す機能ブロック図である。

[図13]図 1 3 は、第 6 実施形態に係る制御装置による強制シフトアップ判定処理の一例を示すフローチャートである。

[図14]図 1 4 は、第 6 実施形態に係る制御装置による強制シフトダウン判定処理の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0007] <本開示が解決しようとする課題>

特許文献 1 に開示された車両における擬似的なシフトチェンジは、有段変速機による変速が実際に行われるのではなく、車両の走行性能を犠牲にして実現している。

[0008] <本開示の効果>

本開示によれば、電動車の駆動モータの性能を効率的に利用しつつ、運転者に有段変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0009] <本開示の実施形態の概要>

以下、本開示の実施形態の概要を列記して説明する。

[0010] (1) 本実施形態に係る車両用モータの巻線切替システムは、車両の車輪を駆動する駆動モータと、前記駆動モータを制御する制御装置と、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器と、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を、第 1 接続状態及び第 2 接続状態の間で切り替える巻線切替装置と、を備え、前記制御装置は、前記車両の所定の変速タイミングで前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、前記交流電流が変化した後に、前記巻線切替装置に前記第 1 接続状態から前記第 2 接続状態へ切り替えさせる切替制御部と、を含む。これにより、駆動モータの巻線の接続状態を第 1 接続状態

から第2接続状態へ切り替えるため、駆動モータの性能を効率的に利用して、機械式の変速機による変速に相当する変速（以下、「電気的変速」ともいう）を実現することができる。さらに、駆動モータの巻線の接続状態の切替に伴い、駆動モータの出力トルクを変化させることにより、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0011] (2) 上記(1)において、前記トルク制御部は、第1変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を減少させることによって前記駆動モータの出力トルクを減少させ、前記切替制御部は、前記交流電流が第1目標値以下に減少した後に、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせてもよい。これにより、車両が加速している又は速度を維持している間における機械式変速機によるシフトアップと同様の電気的変速を実現することができる。

[0012] (3) 上記(2)において、前記トルク制御部は、前記第1変速タイミングとは異なる第2変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を減少させることによって前記駆動モータの出力トルクを減少させ、前記切替制御部は、前記交流電流が前記第1目標値以下に減少した後に、前記巻線切替装置に前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えさせてもよい。これにより、車両が加速している又は速度を維持している間における機械式変速機によるシフトダウンと同様の電気的変速を実現することができる。

[0013] (4) 上記(1)において、前記トルク制御部は、前記第1変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を増加させることによって前記駆動モータの出力トルクを増加させ、前記切替制御部は、前記交流電流が第2目標値以上に増加した後に、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせてもよい。これにより、駆動モータが回生制動している間における機械式変速機によるシフトアップと同様の電気的変速を実現することができる。

[0014] (5) 上記(4)において、前記トルク制御部は、前記第1変速タイミ

ングとは異なる第2変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を増加させることによって前記駆動モータの出力トルクを増加させ、前記切替制御部は、前記交流電流が第2目標値以上に増加した後に、前記巻線切替装置に前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えさせてもよい。これにより、駆動モータが回生制動している間における機械式変速機によるシフトダウンと同様の電気的変速を実現することができる。

[0015] (6) 上記(1)から(5)のいずれか1つにおいて、前記第2接続状態は、前記駆動モータが同一の回転数において前記第1接続状態よりも低いトルクを出力するための接続状態であってもよい。これにより、高トルク低速型の第1接続状態と、低トルク高速型の第2接続状態との間で駆動モータの巻線の接続状態を切り替えることができる。

[0016] (7) 上記(6)において、前記制御装置は、前記複数の巻線の前記接続状態が前記第1接続状態であるときに、前記巻線に生じる誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超える前のタイミングを、第1強制変速タイミングに決定する第1決定部をさらに含み、前記トルク制御部は、前記第1決定部によって決定された前記第1強制変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させ、前記切替制御部は、前記交流電流が変化した後に、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせてもよい。巻線に生じる誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超えると、巻線に流れる電流をゼロまで変化させることができなくなる。巻線に電流が流れている状態でリレーによって巻線の接続状態を切り替えると、リレーが損傷することがある。上記構成により、巻線の接続状態を第1接続状態から第2接続状態へ切り替える際に、巻線に流れる電流を抑制し、リレーを保護することができる。

[0017] (8) 上記(7)において、前記第1決定部は、前記誘起電圧に関する物理量が、前記バッテリーの出力電圧に対応する第1閾値を超えるタイミングを、前記第1強制変速タイミングとして決定してもよい。これにより、誘起

電圧に関する物理量を用いて、誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超える前のタイミングを正確に決定することができる。

[0018] (9) 上記(8)において、前記物理量は、前記巻線における電圧、前記駆動モータの回転数、前記巻線を流れる電流、及び前記駆動モータの出力トルクのうちの1つであってもよい。これにより、センサによって容易に検出することができる巻線における電圧、モータの回転数、巻線を流れる電流、及びモータの出力トルクのうちの1つによって、誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超える前のタイミングを正確に決定することができる。

[0019] (10) 上記(7)から(9)のいずれか1つにおいて、前記制御装置は、前記複数の巻線の前記接続状態が前記第2接続状態であるときに、前記巻線の前記接続状態が前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えられた後における前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超えるか否かを判定する判定部と、前記判定部が前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超えると判定する場合に、前記切替制御部による前記巻線の前記接続状態の切替制御を禁止する禁止部と、をさらに含んでもよい。これにより、巻線の接続状態を第2接続状態から第1接続状態へ切り替えた後に、巻線の誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超えることが防がれる。よって、リレーを損傷から保護することができる。

[0020] (11) 上記(7)から(10)のいずれか1つにおいて、前記制御装置は、前記複数の巻線の前記接続状態が前記第2接続状態であるときに、前記巻線の前記接続状態が前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えられた後における前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧以下となった後のタイミングを、第2強制変速タイミングに決定する第2決定部をさらに含み、前記トルク制御部は、前記第2決定部によって決定された前記第2強制変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させ、前記切替制御部は、前記交流電流が変化した後に、前記巻線切替装置に前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えさせてもよい。これにより、巻線の接続状態を

第2接続状態から第1接続状態へ切り替えた後に、巻線の誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超えることが防がれる。よって、リレーを損傷から保護することができる。

[0021] (12) 上記(11)において、前記前記第2決定部は、前記誘起電圧に関する物理量が、前記バッテリーの出力電圧に対応する第2閾値以下となるタイミングを、前記第2強制変速タイミングとして決定してもよい。これにより、誘起電圧に関する物理量を用いて、誘起電圧がバッテリーの出力電圧以下となった後のタイミングを正確に決定することができる。

[0022] (13) 上記(1)から(12)のいずれか1つにおいて、前記巻線切替システムは、運転者からの変速指示を受け付ける入力装置をさらに備え、前記変速タイミングは、前記入力装置が前記運転者からの前記変速指示を受け付けたタイミングであってもよい。これにより、運転者の変速指示にしたがって、駆動モータが電気的変速を実行することができる。

[0023] (14) 上記(1)から(12)のいずれか1つにおいて、前記変速タイミングは、前記駆動モータの回転数、出力トルク、前記車両における加速指示量、及び前記車両における制動指示量に基づいて決定されるタイミングであってもよい。これにより、モータの回転数、出力トルク、加速指示量（アクセルペダルの踏み込み量）、制動指示量（ブレーキペダルの踏み込み量）によって決定されるタイミングにしたがって、駆動モータが電気的変速を実行することができる。

[0024] (15) 上記(1)から(14)のいずれか1つにおいて、前記トルク制御部は、前記電力変換器から出力される前記交流電流の実効電流を前記変速タイミングから漸減又は漸増させてもよい。これにより、滑らかにトルクを変化させることができ、運転者に自然な変速感覚を与えることができる。

[0025] (16) 上記(15)において、前記トルク制御部は、前記実効電流を前記変速タイミングからランプ状に変化させてもよい。これにより、滑らかにトルクが変化する変速感覚を運転者に与えることができる。

[0026] (17) 上記(1)から(14)のいずれか1つにおいて、前記トルク

制御部は、前記変速タイミングに基づいて、前記電力変換器から出力される前記交流電流の実効電流をステップ状に変化させてもよい。これにより、急激にトルクが変化する変速感覚を運転者に与えることができる。

[0027] (18) 上記(1)から(17)のいずれか1つにおいて、前記トルク制御部は、前記変速タイミングとは異なる疑似変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を減少させた後増加させる疑似変速制御処理を実行してもよい。これにより、電気的変速に加えて、擬似的な変速を駆動モータが実行する。したがって、運転者に複数段の変速感覚を与えることができる。

[0028] (19) 本実施形態に係る制御装置は、車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置であって、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記交流電流が変化した後第1接続状態から第2接続状態へ切り替えさせる切替制御部と、を備える。これにより、駆動モータの巻線の接続状態を第1接続状態から第2接続状態へ切り替えるため、駆動モータの性能を効率的に利用して電気的変速を実現することができる。さらに、駆動モータの巻線の接続状態の切替に伴い、駆動モータの出力トルクを変化させることにより、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0029] (20) 本実施形態に係る車両用モータの制御方法は、車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置によって実行される車両用モータの制御方法であって、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるステップと、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記交流電流が変化した後

第1接続状態から第2接続状態へ切り替えさせるステップと、を含む。これにより、駆動モータの巻線の接続状態を第1接続状態から第2接続状態へ切り替えるため、駆動モータの性能を効率的に利用して電気的変速を実現することができる。さらに、駆動モータの巻線の接続状態の切替に伴い、駆動モータの出力トルクを変化させることにより、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0030] (21) 本実施形態に係るコンピュータプログラムは、車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置によって用いられるコンピュータプログラムであって、コンピュータに、バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることにより前記駆動モータの出力トルクを変化させるステップと、前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記交流電流が変化した後に第1接続状態から第2接続状態へ切り替えさせるステップと、を実行させる。これにより、駆動モータの巻線の接続状態を第1接続状態から第2接続状態へ切り替えるため、駆動モータの性能を効率的に利用して電気的変速を実現することができる。さらに、駆動モータの巻線の接続状態の切替に伴い、駆動モータの出力トルクを変化させることにより、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0031] <本開示の実施形態の詳細>

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態の詳細を説明する。なお、以下に記載する実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

[0032] [1. 第1実施形態]

[1-1. 巻線切替システム]

図1は、第1実施形態に係る巻線切替システムの構成の一例を示す図である。

[0033] 巻線切替システム10は、電気自動車、プラグインハイブリッド車等のモータで推進する車両（以下、「電動車」という）に搭載される。巻線切替シ

ステム10は、モータ20と、電力変換器30と、バッテリー40と、制御装置50と、巻線切替装置100とを含む。

[0034] モータ20は、電動車の推進力を発生する走行用のモータである。すなわち、モータ20は、車輪60に接続されており、車輪60を駆動する駆動モータである。モータ20は、三相交流電力によって駆動される。モータ20の一例は、永久磁石同期モータである。

[0035] バッテリー40は、モータ20を駆動するための電力を供給するための電池である。バッテリー40は、二次電池であり、例えばリチウムイオンバッテリーである。

[0036] 電力変換器30は、バッテリー40から供給される直流電力を三相交流電力に変換するインバータである。電力変換器30は、モータ20が発電機として機能したときに出力する三相交流電力を直流電力に変換し、バッテリー40を充電する機能を有してもよい。

[0037] 電力変換器30は、U相、V相、及びW相それぞれのレグを含む。U相のレグは、スイッチ31u、32uを含み、V相のレグは、スイッチ31v、32vを含み、W相のレグは、スイッチ31w、32wを含む。スイッチ31u、32u、31v、32v、31w、32wがスイッチングを行うことにより、直流電力が三相交流電力に変換される。スイッチ31u、32u、31v、32v、31w、32wは、例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 又はパワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) である。

[0038] U相のレグからは、U相に対応する電力線35uが延び、V相のレグからは、V相に対応する電力線35vが延び、W相のレグからは、W相に対応する電力線35wが延びている。電力変換器30において、電力線35uには電流センサ33uが設けられ、電力線35vには電流センサ33vが設けられ、電力線35wには電流センサ33wが設けられる。電流センサ33uは、U相の電流 I_u の電流値を検出する。電流センサ33vは、V相の電流 I_v の電流値を検出する。電流センサ33wは、W相の電流 I_w の電流値を検

出する。電流センサ33u, 33v, 33wは、直流成分及び交流成分を含め、電力線35u, 35v, 35wに流れる電流 I_u , I_v , I_w の電流値を検出することができる。電流センサ33u, 33v, 33wは、例えば、DCC T（直流カレントトランス）又はシャント抵抗である。

[0039] 巻線切替装置100は、モータ20と電力変換器30との間に配置される。ただし、巻線切替装置100の位置は、モータ20と電力変換器30との間に限られない。電力変換器30と巻線切替装置100とは電力線35u, 35v, 35wによって接続されており、巻線切替装置100とモータ20とは複数の電力線25によって接続されている。巻線切替装置100は、モータ20の複数の巻線の接続状態を切り替える。巻線切替装置100の構成については後述する。電力変換器30から出力される三相交流電流 I_u , I_v , I_w は、巻線切替装置100を経由してモータ20に供給される。

[0040] 制御装置50は、モータ20を制御する。具体的には、制御装置50は、電力変換器30及び巻線切替装置100を制御することにより、モータ20を制御する。制御装置50からスイッチ31u, 32u, 31v, 32v, 31w, 32wのそれぞれに信号線が延びており、制御装置50はスイッチ31u, 32u, 31v, 32v, 31w, 32wのオン／オフタイミングを制御する。制御装置50から巻線切替装置100に信号線が延びており、制御装置50は巻線切替装置100へ巻線の接続状態の切替を指令するための切替指令信号を出力する。

[0041] 制御装置50は、ブレーキペダル70の踏込量を検知するセンサ71に接続されており、センサ71から出力される検知信号を受信する。制御装置50は、アクセルペダル80の踏込量を検知するセンサ81に接続されており、センサ81から出力される検知信号を受信する。

[0042] モータ20の出力軸には、モータ20の回転数を検知する回転センサ201及びモータ20の出力トルクを検知するトルクセンサ202が取り付けられている。回転センサ201及びトルクセンサ202は、制御装置50に接続されている。制御装置50は、回転センサ201から出力される検知信号

を受信し、トルクセンサ202から出力される検知信号を受信する。

[0043] 制御装置50は、変速指示器90に接続されている。変速指示器90は、運転者が変速指示を入力するための入力装置である。変速指示器90は、例えば、シフトレバーである。他の例では、変速指示器90は、運転者がシフトアップ又はシフトダウンを指示するためのスイッチである。変速指示器90は、運転者の操作に応じて変速指示信号を出力する。制御装置50は、変速指示器90から出力される変速指示信号を受信する。

[0044] 図2は、制御装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。制御装置50は、プロセッサ501と、不揮発性メモリ502と、揮発性メモリ503と、インタフェース(I/F)504とを含む。

[0045] 揮発性メモリ503は、例えばSRAM (Static Random Access Memory)、DRAM (Dynamic Random Access Memory)等の半導体メモリである。不揮発性メモリ502は、例えばフラッシュメモリ、ハードディスク、ROM (Read Only Memory)等である。不揮発性メモリ502には、コンピュータプログラムであるモータ制御プログラム510及びモータ制御プログラム510の実行に使用されるデータが格納される。制御装置50の各機能は、モータ制御プログラム510がプロセッサ501によって実行されることで発揮される。モータ制御プログラム510は、フラッシュメモリ、ROM、CD-ROMなどの記録媒体に記憶させることができる。プロセッサ501は、モータ制御プログラム510によって、電力変換器30及び巻線切替装置100を制御する。

[0046] プロセッサ501は、例えばCPU (Central Processing Unit)である。ただし、プロセッサ501は、CPUに限られない。プロセッサ501は、GPU (Graphics Processing Unit)であってもよい。プロセッサ501は、例えば、マルチコアプロセッサである。プロセッサ501は、シングルコアプロセッサであってもよい。プロセッサ501は、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)であってもよいし、ゲートアレイ、FPGA (Field Programmable Gate Array)等のプログラマブルロジック

デバイスであってもよい。この場合、ASIC又はプログラマブルロジックデバイスは、モータ制御プログラム510と同一の処理を実行可能に構成される。

[0047] I/F504は、回転センサ201、トルクセンサ202、センサ71、センサ81及び変速指示器90に接続されている。I/F504は、例えば入出力インタフェース又は通信インタフェースである。I/F504は、回転センサ201から出力されたモータ20の回転数の検知信号を受信する。I/F504は、トルクセンサ202から出力されたモータ20の出力トルクの検知信号を受信する。I/F504は、センサ71から出力されたブレーキペダル踏込量の検知信号を受信する。I/F504は、センサ81から出力されたアクセルペダル踏込量の検知信号を受信する。I/F504は、変速指示器90から出力された変速指示信号を受信する。

[0048] [1-2. 巻線切替装置の構成]

図3は、第1実施形態に係る巻線切替装置の構成の一例を示す回路図である。モータ20は、複数の巻線21u、22u、21v、22v、21w、22wを含む。巻線21u、22uはU相に対応し、巻線21v、22vはV相に対応し、巻線21w、22wはW相に対応する。ただし、各相の巻線数は2つに限られず、3以上であってもよい。巻線22u、22v、22wは、中性点23において接続されている。

[0049] 巻線切替装置100は、相毎に、巻線21u、22u、21v、22v、21w、22wの接続状態を、直列接続状態及び並列接続状態の間で切り替える。巻線切替装置100は、制御回路103u、103v、103wと、切替回路104u、104v、104wとを含む。

[0050] 切替回路104u、104v、104wは、制御装置50からの制御にしたがって、巻線21u、22u、21v、22v、21w、22wの接続状態を直列接続状態と並列接続状態との間で切り替える。直列接続状態は第1接続状態の一例であり、並列接続状態は第2接続状態の一例である。

[0051] 以下、U相について、巻線切替装置100と、電力線35uと、モータ2

0との接続関係を代表して説明する。V相及びW相については同様であるので、説明を省略する。

- [0052] 電力線35uは、巻線21uの一端に接続されている。巻線21uの他端からは電力線212uが延びている。巻線22uの一端からは電力線221uが延びており、他端からは電力線222uが延びている。
- [0053] 切替回路104uは、半導体リレー111u、112u及び113uを含む。半導体リレー111u、112u、113uは、例えばIGBT又はパワーMOSFETである。
- [0054] 電力線35uは、巻線切替装置100の内部に引き込まれる。巻線切替装置100内において、電力線35uは中間点で分岐し、半導体リレー111uの第1端子に接続されている。半導体リレー111uの第2端子は、半導体リレー112uの第1端子に接続されている。半導体リレー111uの第2端子と半導体リレー112uの第1端子の間の接続点には、巻線22uから延びる電力線221uが接続されている。電力線212u、221u、222uは、モータ20から延び、巻線切替装置100の内部に引き込まれている。
- [0055] 半導体リレー112uの第2端子は、半導体リレー113uの第1端子に接続されている。半導体リレー112uの第2端子と半導体リレー113uの第1端子の間の接続点には、巻線21uから延びる電力線212uが接続されている。半導体リレー113uの第2端子は、巻線22uから延びる電力線222uが接続されている。
- [0056] 半導体リレー111u及び113uがオフ状態であり、半導体リレー112uがオン状態である場合、巻線21u及び22uは直列接続される。半導体リレー111u及び113uがオン状態であり、半導体リレー112uがオフ状態である場合、巻線21u及び22uは並列接続される。
- [0057] 半導体リレー111u、112u、113uのゲート端子のそれぞれには、制御回路103uから延びる信号線が接続されている。制御装置50から延びる信号線が、制御回路103uに接続されている。

[0058] 制御回路103uは、半導体リレー111u, 112u, 113uのゲート端子にゲート電圧を個別に印加することにより、半導体リレー111u, 112u, 113uをオン／オフ制御する。具体的には、制御回路103uは、制御装置50から巻線21u, 22uの接続状態の直列接続状態から並列接続状態への切替指示を受信した場合に、半導体リレー111u及び113uをオン状態にセットし、半導体リレー112uをオフ状態にセットする。制御回路103uは、制御装置50から巻線21u, 22uの接続状態を並列接続状態から直列接続状態への切替指示を受信した場合に、半導体リレー111u及び113uをオフ状態にセットし、半導体リレー112uをオン状態にセットする。

[0059] 制御回路103uは、例えば、複数の論理回路（AND回路、NOT回路、ラッチ回路等）によって構成されている。他の例では、制御回路103uは、プロセッサによって構成されている。例えば、制御回路103uは、1チップマイクロコンピュータによって構成されている。制御回路103uは、ASIC、FPGA等のプログラマブルロジックデバイスによって構成されていてもよい。

[0060] [1-3. 制御装置の機能]

図1に戻り、制御装置50の機能について説明する。制御装置50は、トルク制御部511及び切替制御部512の機能を有する。プロセッサ501がモータ制御プログラム510を実行することにより、トルク制御部511と、切替制御部512との各機能が実現される。

[0061] トルク制御部511は、電動車の所定の変速タイミングで電力変換器30から出力される交流電流を変化させることによってモータ20の出力トルクを変化させる。切替制御部512は、電力変換器30から出力される交流電流が変化した後に、巻線切替装置100にモータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を切り替えさせる。

[0062] 変速タイミングは、例えば、変速指示器90から出力された変速指示を制御装置50が受け付けたタイミングである。すなわち、変速指示器90を備

えた車両においては、運転者が変速指示器 90 を用いて変速を指示した場合に、変速指示が制御装置 50 に入力されたタイミングから、制御装置 50 が電力変換器 30 から出力される交流電流を変化させる。

[0063] 他の例では、変速タイミングは、モータ 20 の回転数、モータ 20 の出力トルク、ブレーキペダル 70 の踏み込み量（制動指示量）、及びアクセルペダル 80 の踏み込み量（加速指示量）に基づいて決定されるタイミングである。すなわち、車両における自動変速制御装置（図示せず）が、モータ 20 の回転数、モータ 20 の出力トルク、ブレーキペダル 70 の踏み込み量（制動指示量）、及びアクセルペダル 80 の踏み込み量（加速指示量）に基づいて変速指示を生成し、生成された変速指示が制御装置 50 に入力される。変速タイミングは、このような自動変速制御装置によって生成された変速指示が制御装置 50 に入力された場合に、変速指示が制御装置 50 に入力されたタイミングから、制御装置 50 が電力変換器 30 から出力される交流電流を変化させる。

[0064] モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w が直列接続されている場合、モータ 20 は高トルクを出力することができる。モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w が並列接続されている場合、モータ 20 は、同一回転数において直列接続状態に比べて出力トルクが減少する。すなわち、巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の直列接続状態は、モータ 20 が低回転高トルク状態であり、巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の並列接続状態は、モータ 20 が高回転低トルク状態である。モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を直列接続状態から並列接続状態に切り替えることは、機械式変速機におけるシフトアップに相当し、モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を並列接続状態から直列接続状態に切り替えることは、機械式変速機におけるシフトダウンに相当する。モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を直列接続状態から並列接続状態に

切り替えることを「電氣的シフトアップ」ともいい、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態に切り替えることを「電氣的シフトダウン」ともいう。

[0065] 例えば、トルク制御部511は、第1変速タイミングで電力変換器30から出力される交流電流を減少させることによってモータ20の出力トルクを減少させる。切替制御部512は、電力変換器30から出力される交流電流が第1目標値以下に減少した後に、巻線切替装置100に、巻線切替装置100にモータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替えさせる。第1変速タイミングは、電氣的シフトアップが指示されたタイミングである。

[0066] 図4は、第1実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。図4には、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える場合における、変速指示と、モータ20に供給される電流（以下、「モータ電流」ともいう）と、モータ20の出力トルク（以下、「モータトルク」ともいう）と、半導体リレー111u, 112u, 113u, 111v, 112v, 113v, 111w, 112w, 113wのオン/オフ切替とのタイミングの一例が示されている。なお、以下においては、半導体リレー111u, 111v, 111wを総称して「リレー111」ともいい、半導体リレー112u, 112v, 112wを総称して「リレー112」ともいい、半導体リレー113u, 113v, 113wを総称して「リレー113」ともいう。

[0067] 時刻t11において変速指示（電氣的シフトダウン指示）が制御装置50に入力される。トルク制御部511は、時刻t11からモータ電流I_qを減少させる。モータ電流I_qは、モータ20に与えられる交流電流の実効電流（Q軸電流）である。図4に示す例では、モータ電流I_qはランプ状に漸減する。モータ電流I_qの減少に伴い、モータトルクも減少する。

- [0068] 時刻 t_{12} において、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に到達する。トルク制御部 511 は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に到達した時刻 t_{12} から、モータ電流 I_q の減少を停止させる。すなわち、時刻 t_{12} 以降は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に維持される。時刻 t_{12} 以降はモータトルクの減少も停止する。
- [0069] 切替制御部 512 は、時刻 t_{12} 以降のタイミングで、巻線 $21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w$ の接続状態を直列接続状態から並列接続状態に切り替える。図4の例では、時刻 t_{12} より後の時刻 t_{01} においてリレー $111, 113$ がオン状態からオフ状態に切り替えられ、時刻 t_{01} より後の時刻 t_{02} においてリレー 112 がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{01} と時刻 t_{02} との間の期間は、リレー $111, 112, 113$ の全てがオフ状態とされる。これにより、巻線 $21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w$ の接続状態の切替において、リレー $111, 112, 113$ の全てがオン状態となることが防止される。
- [0070] 時刻 t_{02} より後の時刻 t_{21} から、トルク制御部 511 はモータ電流 I_q を増加させる。このときのモータ電流 I_q の目標値は、巻線 $21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w$ の並列接続状態における目標トルクに基づいて決定される。目標トルクは、モータ 20 の回転数、モータ 20 の出力トルク、ブレーキペダル 70 の踏み込み量（制動指示量）、及びアクセルペダル 80 の踏み込み量（加速指示量）に基づいて決定される。図4に示す例では、モータ電流 I_q はランプ状に増加する。モータ電流 I_q の増加に伴い、モータトルクも増加する。
- [0071] 時刻 t_{22} において、モータ電流 I_q が上記の目標値に到達する。トルク制御部 511 は、モータ電流 I_q が目標値に到達した時刻 t_{22} から、モータ電流 I_q の増加を停止させる。時刻 t_{22} 以降はモータトルクの増加も停止する。
- [0072] 以上のように、モータ 20 の巻線 $21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w$ の接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替えるため、

モータ20の性能を効率的に利用して電氣的に低回転高トルク状態から高回転低トルク状態へ変速することができる。さらに、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替に伴い、モータ20の出力トルクが減少するため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0073] 第1目標値Th1は、例えば0Aである。巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに電流が流れている間に接続状態が切り替えられると、誘導負荷である巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの電流急変によるトルクショックが発生する。さらに、サージによるリレー111, 112, 113の損傷も生じる。第1目標値Th1を0Aとすることにより、上記のトルクショック、サージによるリレー111, 112, 113の損傷を抑制することができる。

[0074] 例えば、モータ20の回転数が増加している、すなわち、車両が加速している間に電氣的シフトダウンが指示されたときには、トルク制御部511は、第2変速タイミングで電力変換器30から出力される交流電流を減少させることによってモータ20の出力トルクを減少させる。切替制御部512は、電力変換器30から出力される交流電流が第1目標値以下に減少した後に、巻線切替装置100に、巻線切替装置100にモータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替えさせる。第2変速タイミングは、電氣的シフトダウンが指示されたタイミングである。

[0075] モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替えるため、モータ20の性能を効率的に利用して電氣的に高回転低トルク状態から低回転高トルク状態へ変速することができる。さらに、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替に伴い、モータ20の出力トルクが増加するため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0076] 例えば、モータ20が回生制動を行っている場合に電氣的シフトダウンが指示されたときには、トルク制御部511は、第2変速タイミングで電力変換器30から出力される交流電流を増加させることによってモータ20の出力トルクを増加させる。回生制動時には、車両を制動させるためのトルク、すなわち、負のトルクが生じており、モータ20の出力トルクが増加する（0に近づく）ことにより、制動力が減少する。切替制御部512は、電力変換器30から出力される交流電流が第2目標値以上に増加した後に、巻線切替装置100に、巻線切替装置100にモータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替えさせる。

[0077] 以上のように、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替えるため、モータ20の性能を効率的に利用して電氣的に高回転低トルク状態から低回転高トルク状態へ変速することができる。モータ20による回生量は、高回転低トルク状態よりも低回転高トルク状態の方が高い。したがって、電氣的シフトダウンによって、回生制動力を増加させることができ、エンジブレーキと同様の減速感覚を運転者に与えることができる。さらに、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替に伴い、モータ20の負の出力トルクが減少（出力トルクの絶対値が増加）するため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0078] トルク制御部511は、電氣的シフトダウンの際に、モータ電流 I_q をランプ状に漸増させることができる。電氣的シフトアップの際にモータ電流 I_q がランプ状に漸減し、電氣的シフトダウンの際にモータ電流 I_q がランプ状に漸増することにより、運転者に自然な変速感覚を与えることができる。

[0079] 第2目標値 T_{h2} は、例えば0Aである。これにより、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの電流急変によるトルクショック、サージによるリレー111, 112, 113の損傷を抑制することができる。

[0080] 例えば、モータ20が回生制動を行っている場合に電氣的シフトアップが

指示されたときには、トルク制御部 511 は、第 1 変速タイミングで電力変換器 30 から出力される交流電流を増加させることによってモータ 20 の出力トルクを増加させる。切替制御部 512 は、電力変換器 30 から出力される交流電流が第 2 目標値以上に増加した後に、巻線切替装置 100 に、巻線切替装置 100 にモータ 20 の巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替えさせる。

[0081] モータ 20 の巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替えるため、モータ 20 の性能を効率的に利用して電氣的に低回転高トルク状態から高回転低トルク状態へ変速することができる。電氣的シフトアップによって、回生制動力を減少させることができ、エンジブレーキと同様の減速感覚を運転者に与えることができる。さらに、モータ 20 の巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の接続状態の切替に伴い、モータ 20 の負の出力トルクが増加（出力トルクの絶対値が減少）するため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0082] [1-4. 巻線切替システムの動作]

次に、巻線切替装置 100 の動作について説明する。制御装置 50 は、プロセッサ 501 がモータ制御プログラム 510 を実行することにより、電氣的シフトアップ処理及び電氣的シフトダウン処理を実行する。

[0083] 図 5 は、第 1 実施形態に係る制御装置による電氣的シフトアップ処理の一例を示すフローチャートである。この例では、電氣的シフトアップ処理の開始時点において、モータ 20 の巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w が直列接続されていることを想定している。

[0084] 運転者は、車両の電氣的シフトアップを行う場合、変速指示器 90 を操作し、車両に電氣的シフトアップの指示を入力する。プロセッサ 501 は、電氣的シフトアップ指示を受け付ける（ステップ S101）。

[0085] プロセッサ 501 は、トルクセンサ 202 の検知信号を参照し、モータトルクが正であるか否か、すなわち、車両が加速するため又は速度を維持する

ためのトルク（以下、「加速トルク」という）をモータ20が発生しているか否かを判定する（ステップS102）。

[0086] モータトルクが正である場合（ステップS102においてYES）、プロセッサ501は、モータ電流 I_q を減少させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS103）。これにより、モータ電流 I_q の減少が開始する。

[0087] プロセッサ501は、電流センサ33u, 33v, 33wの検知信号からモータ電流 I_q の現在値を取得し、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} 以下であるか否かを判定する（ステップS104）。

[0088] モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} より大きい場合（ステップS104においてNO）、プロセッサ501はステップS104を再度実行する。モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} 以下である場合（ステップS104においてYES）、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の減少を停止させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS105）。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。

[0089] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える指示を巻線切替装置100へ出力する（ステップS106）。これにより、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} 以下である間に、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が直列接続状態から並列接続状態に切り替わり、電氣的シフトアップが行われる。

[0090] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替指示を出力した後に、モータ電流 I_q を増加させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS107）。これにより、モータ電流 I_q の増加が開始する。

[0091] 巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの並列接続状態における目標トルクに基づいて決定された目標値にモータ電流が到達した場合に、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の増加を停止させる指示を電力変

換器30へ出力する(ステップS108)。これにより、モータ電流 I_q の増加が停止する。以上で、モータトルクが正の場合における電氣的シフトアップ処理が終了する。

[0092] モータトルクが負である場合(ステップS102においてNO)、モータ20が回生制動を行っている。電力変換器30は、DC/ACコンバータとして機能し、モータ20から出力される交流電流を直流電流へ変換する。変換後の直流電流は、バッテリー40へ出力され、蓄えられる。この場合、プロセッサ501は、モータ電流 I_q を増加させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS109)。これにより、モータ電流 I_q の増加が開始する。

[0093] プロセッサ501は、電流センサ33u, 33v, 33wの検知信号からモータ電流 I_q の現在値を取得し、モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} 以上であるか否かを判定する(ステップS110)。

[0094] モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} より小さい場合(ステップS110においてNO)、プロセッサ501はステップS110を再度実行する。モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} 以上である場合(ステップS110においてYES)、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の増加を停止させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS111)。これにより、モータ電流 I_q の増加が停止する。

[0095] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える指示を巻線切替装置100へ出力する(ステップS112)。これにより、モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} 以上である間に、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が直列接続状態から並列接続状態に切り替わり、電氣的シフトアップが行われる。

[0096] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替指示を出力した後に、モータ電流 I_q を減少させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS112)。これに

より、モータ電流 I_q の減少が開始する。

[0097] 巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の並列接続状態における目標トルクに基づいて決定された目標値にモータ電流が到達した場合に、プロセッサ 501 は、モータ電流 I_q の減少を停止させる指示を電力変換器 30 へ出力する (ステップ S113)。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。以上で、モータトルクが負の場合における電氣的シフトアップ処理が終了する。

[0098] 図 6 は、第 1 実施形態に係る制御装置による電氣的シフトダウン処理の一例を示すフローチャートである。この例では、電氣的シフトダウン処理の開始時点において、モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w が並列接続されていることを想定している。

[0099] 運転者は、車両の電氣的シフトダウンを行う場合、変速指示器 90 を操作し、車両に電氣的シフトダウンの指示を入力する。プロセッサ 501 は、電氣的シフトダウン指示を受け付ける (ステップ S201)。

[0100] プロセッサ 501 は、トルクセンサ 202 の検知信号を参照し、モータトルクが正であるか否か、すなわち、加速トルクをモータ 20 が発生しているか否かを判定する (ステップ S202)。

[0101] モータトルクが正である場合 (ステップ S202 において YES)、プロセッサ 501 は、モータ電流 I_q を減少させる指示を電力変換器 30 へ出力する (ステップ S203)。これにより、モータ電流 I_q の減少が開始する。

[0102] プロセッサ 501 は、電流センサ 33 u, 33 v, 33 w の検知信号からモータ電流 I_q の現在値を取得し、モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} 以下であるか否かを判定する (ステップ S204)。

[0103] モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} より大きい場合 (ステップ S204 において NO)、プロセッサ 501 はステップ S204 を再度実行する。モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} 以下である場合 (ステップ S204 において YES)、プロセッサ 501 は、モータ電流 I_q の減少を停止させる指示を

電力変換器30へ出力する（ステップS205）。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。

[0104] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替える指示を巻線切替装置100へ出力する（ステップS206）。これにより、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} 以下である間に、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態に切り替わり、電氣的シフトダウンが行われる。

[0105] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替指示を出力した後に、モータ電流 I_q を増加させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS207）。これにより、モータ電流 I_q の増加が開始する。

[0106] 巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの並列接続状態における目標トルクに基づいて決定された目標値にモータ電流が到達した場合に、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の増加を停止させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS208）。これにより、モータ電流 I_q の増加が停止する。以上で、モータトルクが正の場合における電氣的シフトダウン処理が終了する。

[0107] モータトルクが負である場合（ステップS202においてNO）、モータ20が回生制動を行っている。この場合、プロセッサ501は、モータ電流 I_q を増加させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS209）。これにより、モータ電流 I_q の増加が開始する。

[0108] プロセッサ501は、電流センサ33u, 33v, 33wの検知信号からモータ電流 I_q の現在値を取得し、モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} 以上であるか否かを判定する（ステップS210）。

[0109] モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} より小さい場合（ステップS210においてNO）、プロセッサ501はステップS210を再度実行する。モータ電流 I_q が第2目標値 T_{h2} 以上である場合（ステップS210において

YES)、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の増加を停止させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS211)。これにより、モータ電流 I_q の増加が停止する。

[0110] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替える指示を巻線切替装置100へ出力する(ステップS212)。これにより、モータ電流 I_q が第2目標値 $Th2$ 以上である間に、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態に切り替わり、電氣的シフトダウンが行われる。

[0111] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替指示を出力した後に、モータ電流 I_q を減少させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS212)。これにより、モータ電流 I_q の減少が開始する。

[0112] 巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの並列接続状態における目標トルクに基づいて決定された目標値にモータ電流が到達した場合に、プロセッサ501は、モータ電流 I_q の減少を停止させる指示を電力変換器30へ出力する(ステップS213)。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。以上で、モータトルクが負の場合における電氣的シフトダウン処理が終了する。

[0113] [2. 第2実施形態]

第2実施形態に係る巻線切替装置は、モータの複数の巻線の接続状態を、複数の巻線の全てを接続した全接続状態と、複数の巻線の一部を接続した部分接続状態との間で切り替える。

[0114] 図7は、第2実施形態に係る巻線切替装置の構成の一例を示す回路図である。モータ20Aは、複数の巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wを含む。巻線24u, 25uはU相に対応し、巻線24v, 25vはV相に対応し、巻線24w, 25wはW相に対応する。ただし、各相の巻線数は2つに限られず、3以上であってもよい。

- [0115] 巻線切替装置100Aは、相毎に、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの接続状態を、全接続状態及び部分接続状態の間で切り替える。巻線切替装置100Aは、制御回路103u, 103v, 103wと、切替回路140u, 140v, 140wとを含む。
- [0116] 切替回路140u, 140v, 140wは、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの接続状態を全接続状態と部分接続状態との間で切り替える。全接続状態は第1接続状態の一例であり、部分接続状態は第2接続状態の一例である。
- [0117] 電力線35uは、巻線24uの一端に接続されている。巻線24uの他端と巻線25uの一端とは互いに接続されており、巻線24uと巻線25uとの中間点からは電力線241uが延びている。電力線241uは電力線242u及び243wに分岐している。巻線25uの他端からは電力線251uが延びている。電力線251uは電力線252u及び253wに分岐している。
- [0118] 電力線35vは、巻線24vの一端に接続されている。巻線24vの他端と巻線25vの一端とは互いに接続されており、巻線24vと巻線25vとの中間点からは電力線241vが延びている。電力線241vは電力線242v及び243uに分岐している。巻線25vの他端からは電力線251vが延びている。電力線251vは電力線252v及び253uに分岐している。
- [0119] 電力線35wは、巻線24wの一端に接続されている。巻線24wの他端と巻線25wの一端とは互いに接続されており、巻線24wと巻線25wとの中間点からは電力線241wが延びている。電力線241wは電力線242w及び243vに分岐している。巻線25wの他端からは電力線251wが延びている。電力線251wは電力線252w及び253vに分岐している。
- [0120] 切替回路140uは、半導体リレー141u及び142uを含む。切替回路140vは、半導体リレー141v及び142vを含む。切替回路140

wは、半導体リレー141w及び142wを含む。半導体リレー141u, 142u, 141v, 142v, 141w, 142wは、例えばIGBT又はパワーMOSFETである。

[0121] 切替回路140uにおいて、半導体リレー141uの第1端子は電力線242uに接続されており、第2端子は電力線243uに接続されている。半導体リレー142uの第1端子は電力線252uに接続されており、第2端子は電力線253uに接続されている。切替回路140v, 140wの接続関係は、切替回路140uと同様であるので、説明を省略する。

[0122] 半導体リレー141u, 141v, 141wがオフ状態であり、半導体リレー142u, 142v, 142wがオン状態である場合、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの全てが接続される全接続状態となる。半導体リレー141u, 141v, 141wがオン状態であり、半導体リレー142u, 142v, 142wがオフ状態である場合、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wのうち、巻線24u, 24v, 24wのみが接続される部分接続状態となる。

[0123] 第2実施形態に係る巻線切替装置100Aのその他の構成は、第1実施形態に係る巻線切替装置100の構成と同様であるので、同一構成要素については同一符号を付し、その説明を省略する。

[0124] 第2実施形態では、モータ20の巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの接続状態が全接続状態から部分接続状態に切り替わることにより、電氣的シフトアップが行われる。モータ20の巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの接続状態が部分接続状態から全分接続状態に切り替わることにより、電氣的シフトダウンが行われる。

[0125] [3. 第3実施形態]

第3実施形態では、トルク制御部511は、変速タイミングに基づいて、電力変換器30から出力される交流電流の実効電流をステップ状に変化させる。

[0126] 図8は、第3実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータ20の巻線

21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。なお、第3実施形態に係る巻線切替システムの構成は、第1実施形態に係る巻線切替システム10の構成と同一であるため、同一構成要素については同一符号を付し、説明を省略する。

[0127] 図8には、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える場合における、変速指示と、モータ電流と、モータトルクと、半導体リレー111, 112, 113のオン/オフ切替とのタイミングの一例が示されている。

[0128] 時刻t1において変速指示（電氣的シフトアップ指示）が制御装置50に入力される。トルク制御部511は、時刻t1においてモータ電流Iqを第1目標値Th1以下までステップ状に減少させる。モータ電流Iqの減少に伴い、モータトルクもステップ状に減少する。時刻t1以降は、モータ電流Iqが第1目標値Th1に維持される。

[0129] 切替制御部512は、時刻t1以降のタイミングで、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態に切り替える。図8の例では、時刻t1より後の時刻t01においてリレー111, 113がオン状態からオフ状態に切り替えられ、時刻t01より後の時刻t02においてリレー112がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻t01と時刻t02との間の期間は、リレー111, 112, 113の全てがオフ状態とされる。これにより、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替において、リレー111, 112, 113の全てがオン状態となることが防止される。

[0130] 時刻t02より後の時刻t2において、トルク制御部511は、モータ電流Iqをステップ状に増加させる。このときのモータ電流Iqの目標値は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの並列接続状態における目標トルクに基づいて決定される。目標トルクは、モータ20の回転数、モータ20の出力トルク、ブレーキペダル70の踏み込み量（制動指示量）、及びアクセルペダル80の踏み込み量（加速指示量）に基づいて決定さ

れる。モータ電流 I_q の増加に伴い、モータトルクもステップ状に増加する。

[0131] モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態の切替に伴い、モータ 20 の出力トルクがステップ状に減少するため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0132] [4. 第4実施形態]

第4実施形態では、トルク制御部 511 は、変速タイミングに基づいて、電力変換器 30 から出力される交流電流の実効電流を曲線的に変化させる。

[0133] 図9は、第4実施形態に係る巻線切替システムにおけるモータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の切替えタイミングの一例を示すタイミングチャートである。図9には、モータ 20 の巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える場合における、変速指示と、モータ電流と、モータトルクと、半導体リレー 111, 112, 113 のオン/オフ切替とのタイミングの一例が示されている。

[0134] 時刻 t_{11} において変速指示（電氣的シフトアップ指示）が制御装置 50 に入力される。トルク制御部 511 は、時刻 t_{11} からモータ電流 I_q を曲線的に減少させる。図9に示す例では、時刻 t_{11} から徐々にモータ電流 I_q の減少の傾きが増加し、時刻 t_{11} と時刻 t_{12} との間接点において傾きが無限大になる。その後、徐々にモータ電流 I_q の減少の傾きが減少し、時刻 t_{12} において傾きが 0（減少停止）になる。

[0135] 時刻 t_{12} において、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に到達する。トルク制御部 511 は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に到達した時刻 t_{12} から、モータ電流 I_q の減少を停止させる。すなわち、時刻 t_{12} 以降は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に維持される。時刻 t_{12} 以降はモータトルクの減少も停止する。

[0136] 切替制御部 512 は、時刻 t_{12} 以降のタイミングで、巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を直列接続状態から並列接

続状態に切り替える。図9の例では、時刻 t_{12} より後の時刻 t_{01} においてリレー 111, 113 がオン状態からオフ状態に切り替えられ、時刻 t_{01} より後の時刻 t_{02} においてリレー 112 がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{01} と時刻 t_{02} との間の期間は、リレー 111, 112, 113 の全てがオフ状態とされる。これにより、巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の接続状態の切替において、リレー 111, 112, 113 の全てがオン状態となることが防止される。

[0137] 時刻 t_{02} より後の時刻 t_{21} から、トルク制御部 511 はモータ電流 I_q を増加させる。このときのモータ電流 I_q の目標値は、巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の並列接続状態における目標トルクに基づいて決定される。目標トルクは、モータ 20 の回転数、モータ 20 の出力トルク、ブレーキペダル 70 の踏み込み量（制動指示量）、及びアクセルペダル 80 の踏み込み量（加速指示量）に基づいて決定される。図9に示す例では、モータ電流 I_q は曲線的に増加する。モータ電流 I_q の増加に伴い、モータトルクも増加する。

[0138] 図9に示す例では、時刻 t_{21} から徐々にモータ電流 I_q の増加の傾きが増加し、時刻 t_{21} と時刻 t_{22} との中間点において傾きが無限大になる。その後、徐々にモータ電流 I_q の増加の傾きが減少し、時刻 t_{22} において傾きが0（増加停止）になる。

[0139] 時刻 t_{22} において、モータ電流 I_q が上記の目標値に到達する。トルク制御部 511 は、モータ電流 I_q が目標値に到達した時刻 t_{22} から、モータ電流 I_q の増加を停止させる。時刻 t_{22} 以降はモータトルクの増加も停止する。

[0140] モータ 20 の巻線 21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w の接続状態の切替に伴い、モータ 20 の出力トルクが曲線的に減少する。第4実施形態では、モータトルクの鋭角的な変化が抑制されるため、運転者に機械式変速機と同様の変速感覚を与えることができる。

[0141] [5. 第5実施形態]

第5実施形態では、トルク制御部511は、電氣的シフトアップ及び電氣的シフトダウンのタイミング（電氣的変速タイミング）とは異なる疑似変速タイミングにおいて、電力変換器30から出力される交流電流を減少させた後増加させる疑似変速制御処理を実行する。

[0142] 図10は、第5実施形態に係る巻線切替システムにおける疑似変速制御処理の一例を示すタイミングチャートである。図10には、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替える場合における、変速指示と、モータ電流と、モータトルクと、半導体リレー111, 112, 113のオン/オフ切替とのタイミングの一例が示されている。

[0143] 時刻 t_{31} において変速指示（疑似変速指示）が制御装置50に入力される。トルク制御部511は、時刻 t_{31} からモータ電流 I_q を減少させる。図10に示す例では、モータ電流 I_q はランプ状に漸減する。モータ電流 I_q の減少に伴い、モータトルクも減少する。

[0144] 時刻 t_{32} において、モータ電流 I_q が第3目標値 T_{h1} に到達する。トルク制御部511は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に到達した時刻 t_{32} から、モータ電流 I_q の減少を停止させる。すなわち、時刻 t_{32} 以降は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} に維持される。時刻 t_{32} 以降はモータトルクの減少も停止する。

[0145] トルク制御部511は、モータ電流 I_q を第1目標値 T_{h1} に一定期間維持する。この期間において、切替制御部512は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を切り替えない。すなわち、半導体リレー111, 113はオン状態を維持し、半導体リレー112はオフ状態を維持する。

[0146] 時刻 t_{32} より後の時刻 t_{41} から、トルク制御部511はモータ電流 I_q を増加させる。すなわち、トルク制御部511は、モータ電流 I_q を第1目標値 T_{h1} に一定期間維持した後、増加させる。なお、トルク制御部511は、モータ電流 I_q が第1目標値 T_{h1} 以下まで減少した後、停止期間を

設けずにモータ電流 I_q を増加させてもよい。

[0147] このときのモータ電流 I_q の目標値は、モータ電流 I_q の変化前の目標値と同一とされる。図 10 に示す例では、モータ電流 I_q はランプ状に増加する。モータ電流 I_q の増加に伴い、モータトルクも増加する。

[0148] 時刻 t_{42} において、モータ電流 I_q が上記の目標値に到達する。トルク制御部 511 は、モータ電流 I_q が目標値に到達した時刻 t_{42} から、モータ電流 I_q の増加を停止させる。時刻 t_{42} 以降はモータトルクの増加も停止する。

[0149] 図 11 は、第 5 実施形態に係る制御装置による疑似変速処理の一例を示すフローチャートである。

[0150] 運転者は、変速指示器 90 を操作し、車両に変速の指示を入力する。プロセッサ 501 は、変速指示を受け付ける（ステップ S301）。

[0151] プロセッサ 501 は、トルクセンサ 202 の検知信号を参照し、モータトルクが正であるか否か、すなわち、加速トルクをモータ 20 が発生しているか否かを判定する（ステップ S302）。

[0152] モータトルクが正である場合（ステップ S302 において YES）、プロセッサ 501 は、モータ電流 I_q を減少させる指示を電力変換器 30 へ出力する（ステップ S303）。これにより、モータ電流 I_q の減少が開始する。

[0153] プロセッサ 501 は、電流センサ 33u, 33v, 33w の検知信号からモータ電流 I_q の現在値を取得し、モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} 以下であるか否かを判定する（ステップ S304）。

[0154] モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} より大きい場合（ステップ S304 において NO）、プロセッサ 501 はステップ S304 を再度実行する。モータ電流 I_q が第 1 目標値 T_{h1} 以下である場合（ステップ S304 において YES）、プロセッサ 501 は、モータ電流 I_q の減少を停止させる指示を電力変換器 30 へ出力する（ステップ S305）。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。

- [0155] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を切り替えずに、モータ電流I_qを増加させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS306）。これにより、モータ電流I_qの増加が開始する。
- [0156] モータ電流I_qの変化前の目標値と同一の目標値にモータ電流I_qが到達した場合に、プロセッサ501は、モータ電流I_qの増加を停止させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS307）。これにより、モータ電流I_qの増加が停止する。以上で、モータトルクが正の場合における疑似変速処理が終了する。
- [0157] モータトルクが負である場合（ステップS302においてNO）、モータ20が回生制動を行っている。この場合、プロセッサ501は、モータ電流I_qを増加させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS308）。これにより、モータ電流I_qの増加が開始する。
- [0158] プロセッサ501は、電流センサ33u, 33v, 33wの検知信号からモータ電流I_qの現在値を取得し、モータ電流I_qが第2目標値Th2以上であるか否かを判定する（ステップS309）。
- [0159] モータ電流I_qが第2目標値Th2より小さい場合（ステップS309においてNO）、プロセッサ501はステップS309を再度実行する。モータ電流I_qが第2目標値Th2以上である場合（ステップS309においてYES）、プロセッサ501は、モータ電流I_qの増加を停止させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS310）。これにより、モータ電流I_qの増加が停止する。
- [0160] プロセッサ501は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を切り替えずに、モータ電流I_qを減少させる指示を電力変換器30へ出力する（ステップS311）。これにより、モータ電流I_qの減少が開始する。
- [0161] モータ電流I_qの変化前の目標値と同一の目標値にモータ電流I_qが到達した場合に、プロセッサ501は、モータ電流I_qの減少を停止させる指示

を電力変換器30へ出力する（ステップS312）。これにより、モータ電流 I_q の減少が停止する。以上で、モータトルクが負の場合における疑似変速処理が終了する。

[0162] 以上のように、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を切り替えずに、変速指示に応じてモータ20の出力トルクが変化するため、電気的変速を行わない場合にも、運転者に擬似的な変速感覚を与えることができる。

[0163] 上述のような疑似変速処理を、電気的変速と組み合わせることで、多段変速の感覚を擬似的に運転者に感じさせることができる。例えば、1速と2速との間の切替、2速と3速との間の切替、4速と5速との間の切替、及び5速と6速との間の切替において疑似変速処理を行い、3速と4速との間の切替を電気的変速処理（電気的シフトアップ処理及び電気的シフトダウン処理）を行うことで、運転者に6段式の変速感覚を擬似的に感じさせつつ、3速と4速との間の切替ではモータの性能を効率的に利用した電気的変速を行うことができる。

[0164] [6. 第6実施形態]

図3を参照し、第6実施形態に係る巻線切替システムの構成について説明する。

[0165] 巻線切替装置100は、巻線21u, 21v, 21wにおける電圧を検出する電圧センサ34u, 34v, 34wを有する。具体的な一例では、電力線35uと電力線212uとの間には電圧センサ34uが配置され、電力線35vと電力線212vとの間には電圧センサ34vが配置され、電力線35wと電力線212wとの間には電圧センサ34wが配置されている。電圧センサ34u, 34v, 34wは、制御装置50に接続されている。制御装置50は、電圧センサ34u, 34v, 34wの検出値を受信することができる。

[0166] 第6実施形態に係る巻線切替システムのその他の構成は、第1実施形態に係る巻線切替システム10の構成と同様であるので、同一構成要素について

は同一符号を付し、その説明を省略する。

[0167] 図12は、第6実施形態に係る制御装置の機能の一例を示す機能ブロック図である。制御装置50Aは、トルク制御部511及び切替制御部512に加え、第1決定部513と、判定部514と、禁止部515と、第2決定部516との各機能を含む。

[0168] トルク制御部511及び切替制御部512の各機能は、第1実施形態と同様であるので、詳細な説明を省略する。

[0169] 第1決定部513は、複数の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が直列接続状態であるときに、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに生じる誘起電圧がバッテリー40の出力電圧を超える前のタイミングを、第1強制変速タイミングに決定する。第1強制変速タイミングは、変速指示器90又は自動変速制御装置からの変速指示の有無に関わらず、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の直列接続状態から並列接続状態への強制的な切替を開始するためのタイミングである。

[0170] 巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wには、モータ20の回転数に応じた誘起電圧が生じる。電力変換器30は、バッテリー40の出力電圧の範囲で巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの印加電圧を制御することができる。巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの誘起電圧の極性は、印加電圧の極性の逆向きであるため、誘起電圧がバッテリー40の出力電圧を超えると、巻線21, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wにおける電流をゼロにすることができなくなる。したがって、第1目標値 T_{h1} が0Aである場合に、誘起電圧がバッテリー40の出力電圧を超えると、電氣的シフトアップ処理において、モータ電流 I_q を第1目標値 T_{h1} まで減少させることができない。

[0171] そこで、第6実施形態において、第1決定部513は、直列接続状態における巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに発生する誘起電圧を監視し、誘起電圧がバッテリー40の出力電圧以下の範囲から、出力電

圧を超える範囲に遷移する前のタイミングを、第1強制変速タイミングとして決定する。

[0172] トルク制御部511は、第1決定部513によって決定された第1強制変速タイミングにおいて、電力変換器30から出力される交流電流を変化させることによってモータ20の出力トルクを変化させる。切替制御部512は、交流電流が変化した後に、巻線切替装置100に、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態から並列接続状態へ切り替えさせる。

[0173] 具体的な一例では、第1決定部513は、第1強制変速タイミングを決定すると、電氣的シフトアップ指示を生成する。これにより、電氣的シフトアップ処理が開始される。

[0174] 具体的な一例では、第1決定部513は、誘起電圧に関する物理量が、バッテリー40の出力電圧に対応する第1閾値を超えるタイミングを、第1強制変速タイミングとして決定することができる。物理量は、例えばモータ20の回転数である。この場合、第1決定部513は、回転センサ201から検出値を取得することができる。物理量の他の例は、巻線21u, 21v, 21wにおける電圧である。この場合、電圧センサ34u, 34v, 34wのそれぞれから検出値を取得することができる。物理量は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに流れる電流であってもよいし、モータ20の出力トルクであってもよい。以下の説明では、物理量をモータ20の回転数とする。

[0175] 判定部514は、複数の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態であるときにおいて、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態へ切り替えられた後における誘起電圧がバッテリーの出力電圧を超えるか否かを判定する。

[0176] 具体的な一例では、判定部514は、直列接続状態における誘起電圧に関する物理量が、バッテリー40の出力電圧に対応する第2閾値以下となるか否

かを判定することができる。さらに具体的には、判定部514は、モータ20の回転数を取得する。モータ20の回転数からは、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wが直列接続状態である場合における誘起電圧を特定することができる。第2閾値は、例えば、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wが直列接続状態である場合における誘起電圧がバッテリー40の出力電圧と等しくなるときのモータ20の回転数である。ただし、第2閾値はこれに限られない。例えば、第2閾値は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wが直列接続状態である場合における誘起電圧がバッテリー40の出力電圧より所定のマージンだけ低いときのモータ20の回転数であってもよい。

[0177] 禁止部515は、判定部514が誘起電圧がバッテリー40の出力電圧を超えると判定する場合に、切替制御部512による巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替制御を禁止する。具体的な一例では、禁止部515は、モータ20の回転数が第2閾値を超えている間は、切替制御部512による巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替制御を禁止する。これにより、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態に切り替えられ、誘起電圧がバッテリー40の出力電圧を超えることが回避される。

[0178] 禁止部515は、モータ20の回転数が第2閾値以下となった場合、切替制御部512による巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替制御の禁止を解除する。

[0179] 第2決定部516は、複数の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態であるときに、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態へ切り替えられた後における誘起電圧がバッテリー40の出力電圧以下となった後のタイミングを、第2強制変速タイミングに決定する。第2強制変速タイミングは、変速指示器90又は自動変速制御装置からの変速指示の有無

に関わらず、巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態の並列接続状態から直列接続状態への強制的な切替を開始するためのタイミングである。

[0180] 直列接続状態では、並列接続状態よりも効率的に回生電力を回収することができる。さらに、直列接続状態において、モータ 20 の回転数が高いほど回生量が大きくなる。したがって、例えば並列接続状態において車両が減速している場合、直列接続状態に切り替わった後の誘起電圧がバッテリー 40 の出力電圧以下の範囲において、できるだけモータ 20 の回転数が高いタイミングで電氣的シフトダウンを行うことが、効率的に回生電力を回収するためには好適である。

[0181] 第 2 決定部 516 は、直列接続状態における巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w に発生する誘起電圧を推定し、誘起電圧がバッテリー 40 の出力電圧を超える範囲から、バッテリー 40 の出力電圧以下の範囲に遷移したタイミングを、第 2 強制変速タイミングとして決定する。

[0182] トルク制御部 511 は、第 2 決定部 516 によって決定された第 2 強制変速タイミングにおいて、電力変換器 30 から出力される交流電流を変化させることによってモータ 20 の出力トルクを変化させる。切替制御部 512 は、交流電流が変化した後に、巻線切替装置 100 に、巻線 21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w の接続状態を並列接続状態から直列接続状態へ切り替えさせる。

[0183] 具体的な一例では、第 2 決定部 516 は、第 2 強制変速タイミングを決定すると、電氣的シフトダウン指示を生成する。これにより、電氣的シフトダウン処理が開始される。

[0184] 具体的な一例では、第 2 決定部 516 は、誘起電圧に関する物理量が、バッテリー 40 の出力電圧に対応する第 2 閾値以下となるタイミングを、第 2 強制変速タイミングとして決定することができる。例えば、第 2 決定部 516 は、モータ 20 の回転数が第 2 閾値以下となるタイミングを、第 2 強制変速タイミングとして決定する。

- [0185] 以下、第6実施形態に係る巻線切替システムの動作について説明する。制御装置50Aは、以下の強制シフトアップ判定処理及び強制シフトダウン判定処理を実行する。
- [0186] 図13は、第6実施形態に係る制御装置による強制シフトアップ判定処理の一例を示すフローチャートである。この例では、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wが直列接続されていることを想定している。
- [0187] 回転センサ201は、モータ20の出力軸の回転数を検出し、検出された回転数を出力する。例えば、回転センサ201は、一定の周期で回転数を検出し、検出結果を出力する。制御装置50Aは、回転センサ201から出力された回転数の検出値を受信する（ステップS401）。
- [0188] プロセッサ501は、取得した回転数Rと第1閾値 $Th1_R$ とを比較し、回転数Rが第1閾値 $Th1_R$ を超えるか否かを判定する（ステップS402）。第1閾値 $Th1_R$ は、直列接続状態における巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに生じる誘起電圧がバッテリー40の出力電圧と一致する場合のモータ20の回転数よりも所定のマージンだけ低い値である。
- [0189] 回転数Rが第1閾値 $Th1_R$ 以下である場合（ステップS402においてNO）、プロセッサ501は、ステップS401に戻る。
- [0190] 回転数Rが第1閾値 $Th1_R$ を超える場合（ステップS402においてYES）、プロセッサ501は、そのタイミングを第1強制変速タイミングとして決定する。プロセッサ501は、電氣的シフトアップ指示を生成する（ステップS403）。
- [0191] 次にプロセッサ501は、電氣的シフトアップ処理を開始する（ステップS404）。これにより、モータ電流 I_q が減少した後、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が直列接続状態から並列接続状態へ切り替わる。以上で、強制シフトアップ判定処理が終了する。
- [0192] 図14は、第6実施形態に係る制御装置による強制シフトダウン判定処理

の一例を示すフローチャートである。この例では、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wが並列接続されていることを想定している。

[0193] 制御装置50Aは、回転センサ201から出力された回転数の検出値を受信する（ステップS501）。

[0194] プロセッサ501は、取得した回転数Rと第2閾値Th2_Rとを比較し、回転数Rが第2閾値Th2_R以下であるか否かを判定する（ステップS502）。第2閾値Th2_Rは、直列接続状態における巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに生じる誘起電圧がバッテリー40の出力電圧と一致する場合のモータ20の回転数よりも所定のマージンだけ低い値である。第2閾値Th2_Rは、第1閾値Th1_Rと同じ値でもよいし、異なる値でもよい。例えば、第2閾値Th2_Rは、第1閾値Th1_Rよりも低い値である。これにより、電氣的シフトダウンが完了した後、まもなく回転数Rが第1閾値Th1_Rを超えてしまい、強制的シフトアップが実行されることを抑制することができる。

[0195] 回転数Rが第2閾値Th2_Rより大きい場合（ステップS502においてNO）、プロセッサ501は、電氣的シフトダウンを禁止する（ステップS503）。これにより、例えば運転者から電氣的シフトダウン指示が与えられた場合でも、電氣的シフトダウンが実行されない。電氣的シフトダウンが禁止された状態で、プロセッサ501は、ステップS501へ戻る。

[0196] 回転数Rが第2閾値Th2_R以下である場合（ステップS502においてYES）、プロセッサ501は、そのタイミングを第2強制変速タイミングとして決定する。この場合、電氣的シフトダウンが禁止されていれば、プロセッサ501は、電氣的シフトダウンの禁止を解除する。プロセッサ501は、第2強制変速タイミングを決定すると、電氣的シフトダウン指示を生成する（ステップS504）。

[0197] 次にプロセッサ501は、電氣的シフトダウン処理を開始する（ステップS505）。これにより、モータ電流Iqがゼロに近づいた後、巻線21u

、 2 2 u, 2 1 v, 2 2 v, 2 1 w, 2 2 wの接続状態が並列接続状態から直列接続状態へ切り替わる。以上で、強制シフトダウン判定処理が終了する。

[0198] [7. 補記]

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、制限的ではない。本発明の権利範囲は、上述の実施形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及びその範囲内でのすべての変更が含まれる。

符号の説明

- [0199] 1 0 巻線切替システム
2 0 モータ（駆動モータ）
2 1 u, 2 2 u, 2 1 v, 2 2 v, 2 1 w, 2 2 w 巻線
2 3 中性点
2 5 電力線
3 0 電力変換器
3 1 u, 3 2 u, 3 1 v, 3 2 v, 3 1 w, 3 2 w スイッチ
3 3 u, 3 3 v, 3 3 w 電流センサ
3 4 u, 3 4 v, 3 4 w 電圧センサ
3 5 u, 3 5 v, 3 5 w 電力線
4 0 バッテリ
5 0, 5 0 A 制御装置
5 0 1 プロセッサ
5 0 2 不揮発性メモリ
5 0 3 揮発性メモリ
5 0 4 インタフェース（I/F）
5 1 0 モータ制御プログラム
5 1 1 トルク制御部
5 1 2 切替制御部
5 1 3 第1決定部

514 判定部
515 禁止部
516 第2決定部
60 車輪
70 ブレーキペダル
71 センサ
80 アクセルペダル
81 センサ
90 変速指示器
100 巻線切替装置
103u, 103v, 103w 制御回路
104u, 104v, 104w 切替回路
111u, 112u, 113u, 111v, 112v, 113v, 111w, 112w, 113w 半導体リレー
201 回転センサ
202 トルクセンサ
212u, 221u, 222u 電力線
20A モータ
24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25w 巻線
100A 巻線切替装置
140u, 140v, 140w 切替回路
141u, 142u, 141v, 142v, 141w, 142w 半導体リレー
241u, 242u, 243u, 251u, 252u, 253u, 241v, 242v, 243v, 251v, 252v, 253v, 241w, 242w, 243w, 251w, 252w, 253w 電力線

請求の範囲

- [請求項1] 車両の車輪を駆動する駆動モータと、
前記駆動モータを制御する制御装置と、
バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器と、
前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を、第1接続状態及び第2接続状態の間で切り替える巻線切替装置と、
を備え、
前記制御装置は、
前記車両の所定の変速タイミングで前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、
前記交流電流が変化した後、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせる切替制御部と、
を含む、
車両用モータの巻線切替システム。
- [請求項2] 前記トルク制御部は、第1変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を減少させることによって前記駆動モータの出力トルクを減少させ、
前記切替制御部は、前記交流電流が第1目標値以下に減少した後、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせる、
請求項1に記載の車両用モータの巻線切替システム。
- [請求項3] 前記トルク制御部は、前記第1変速タイミングとは異なる第2変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を減少させることによって前記駆動モータの出力トルクを減少させ、
前記切替制御部は、前記交流電流が前記第1目標値以下に減少した後、前記巻線切替装置に前記第2接続状態から前記第1接続状態へ

切り替えさせる、

請求項 2 に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項4] 前記トルク制御部は、第 1 変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を増加させることによって前記駆動モータの出力トルクを増加させ、

前記切替制御部は、前記交流電流が第 2 目標値以上に増加した後に、前記巻線切替装置に前記第 1 接続状態から前記第 2 接続状態へ切り替えさせる、

請求項 1 に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項5] 前記トルク制御部は、前記第 1 変速タイミングとは異なる第 2 変速タイミングで前記電力変換器から出力される前記交流電流を増加させることによって前記駆動モータの出力トルクを増加させ、

前記切替制御部は、前記交流電流が第 2 目標値以上に増加した後に、前記巻線切替装置に前記第 2 接続状態から前記第 1 接続状態へ切り替えさせる、

請求項 4 に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項6] 前記第 2 接続状態は、前記駆動モータが同一の回転数において前記第 1 接続状態よりも低いトルクを出力するための接続状態である、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項7] 前記制御装置は、前記複数の巻線の前記接続状態が前記第 1 接続状態であるときに、前記巻線に生じる誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超える前のタイミングを、第 1 強制変速タイミングに決定する第 1 決定部をさらに含み、

前記トルク制御部は、前記第 1 決定部によって決定された前記第 1 強制変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させ

、

前記切替制御部は、前記交流電流が変化した後、前記巻線切替装置に前記第1接続状態から前記第2接続状態へ切り替えさせる、

請求項6に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項8]

前記第1決定部は、前記誘起電圧に関する物理量が、前記バッテリーの出力電圧に対応する第1閾値を超えるタイミングを、前記第1強制変速タイミングとして決定する、

請求項7に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項9]

前記物理量は、前記巻線における電圧、前記駆動モータの回転数、前記巻線を流れる電流、及び前記駆動モータの出力トルクのうちの1つである、

請求項8に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項10]

前記制御装置は、

前記複数の巻線の前記接続状態が前記第2接続状態であるときに、前記巻線の前記接続状態が前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えられた後における前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超えるか否かを判定する判定部と、

前記判定部が前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧を超えると判定する場合に、前記切替制御部による前記巻線の前記接続状態の切替制御を禁止する禁止部と、

をさらに含む、

請求項7から請求項9のいずれか1項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項11]

前記制御装置は、前記複数の巻線の前記接続状態が前記第2接続状態であるときに、前記巻線の前記接続状態が前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えられた後における前記誘起電圧が前記バッテリーの出力電圧以下となった後のタイミングを、第2強制変速タイミングに決定する第2決定部をさらに含む、

前記トルク制御部は、前記第2決定部によって決定された前記第2

強制変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させ、

前記切替制御部は、前記交流電流が変化した後に、前記巻線切替装置に前記第2接続状態から前記第1接続状態へ切り替えさせる、

請求項7から請求項10のいずれか1項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項12] 前記第2決定部は、前記誘起電圧に関する物理量が、前記バッテリーの出力電圧に対応する第2閾値以下となるタイミングを、前記第2強制変速タイミングとして決定する、

請求項11に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項13] 前記巻線切替システムは、運転者からの変速指示を受け付ける入力装置をさらに備え、

前記変速タイミングは、前記入力装置が前記運転者からの前記変速指示を受け付けたタイミングである、

請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項14] 前記変速タイミングは、前記駆動モータの回転数、出力トルク、前記車両における加速指示量、及び前記車両における制動指示量に基づいて決定されるタイミングである、

請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項15] 前記トルク制御部は、前記電力変換器から出力される前記交流電流の実効電流を前記変速タイミングから漸減又は漸増させる、

請求項1から請求項14のいずれか1項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項16] 前記トルク制御部は、前記実効電流を前記変速タイミングからランブ状に変化させる、

請求項 15 に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項17] 前記トルク制御部は、前記変速タイミングに基づいて、前記電力変換器から出力される前記交流電流の実効電流をステップ状に変化させる、

請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項18] 前記トルク制御部は、前記変速タイミングとは異なる疑似変速タイミングにおいて、前記電力変換器から出力される交流電流を減少させた後増加させる疑似変速制御処理を実行する、

請求項 1 から請求項 17 のいずれか 1 項に記載の車両用モータの巻線切替システム。

[請求項19] 車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置であって、
バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるトルク制御部と、

前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記交流電流が変化した後に第 1 接続状態から第 2 接続状態へ切り替えさせる切替制御部と、

を備える、

制御装置。

[請求項20] 車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置によって実行される車両用モータの制御方法であって、

バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるステップと、

前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切

替装置に、前記交流電流が変化した後に第1接続状態から第2接続状態へ切り替えさせるステップと、

を含む、

車両用モータの制御方法。

[請求項21]

車両の車輪を駆動する駆動モータを制御する制御装置によって用いられるコンピュータプログラムであって、

コンピュータに、

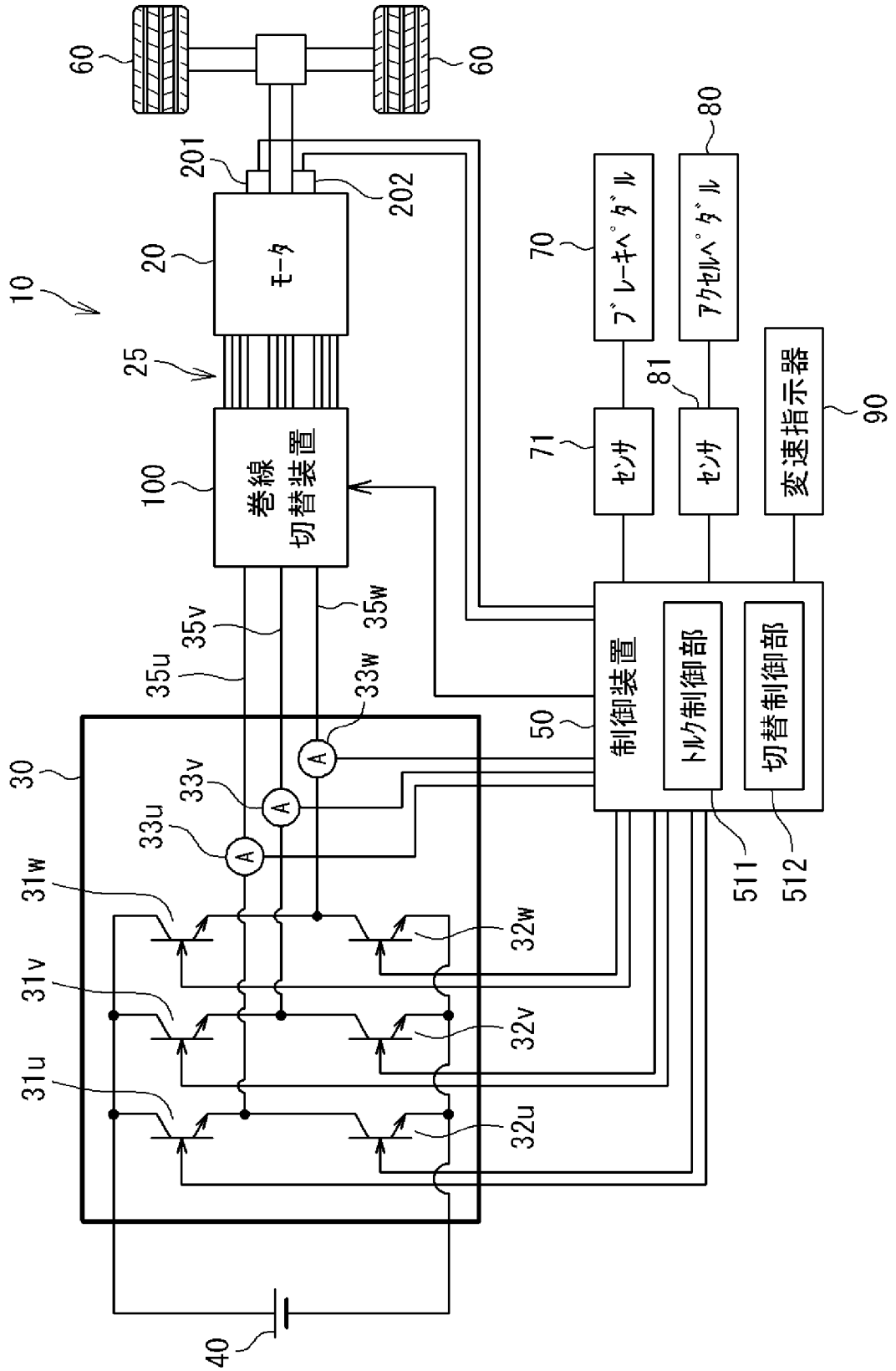
バッテリーから出力される直流電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記駆動モータに供給する電力変換器から出力される交流電流を、前記車両の所定の変速タイミングで変化させることによって前記駆動モータの出力トルクを変化させるステップと、

前記駆動モータにおける複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記交流電流が変化した後に第1接続状態から第2接続状態へ切り替えさせるステップと、

を実行させるための、

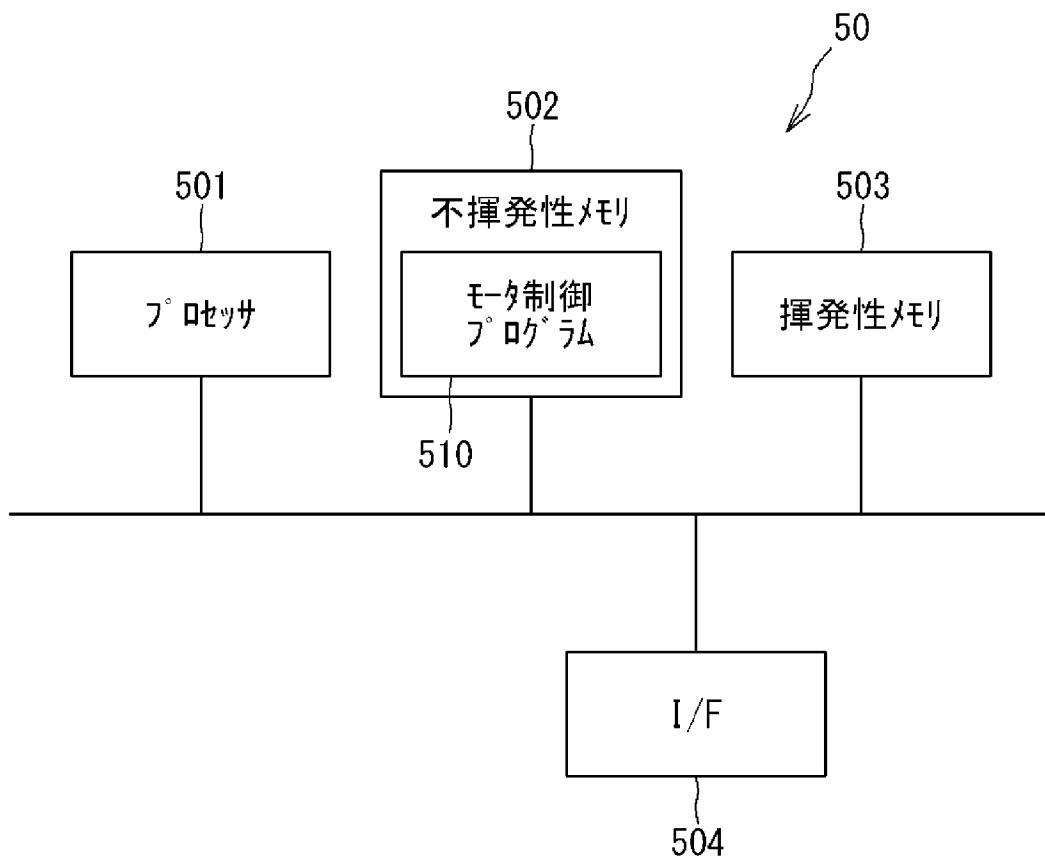
コンピュータプログラム。

[図1]
図 1



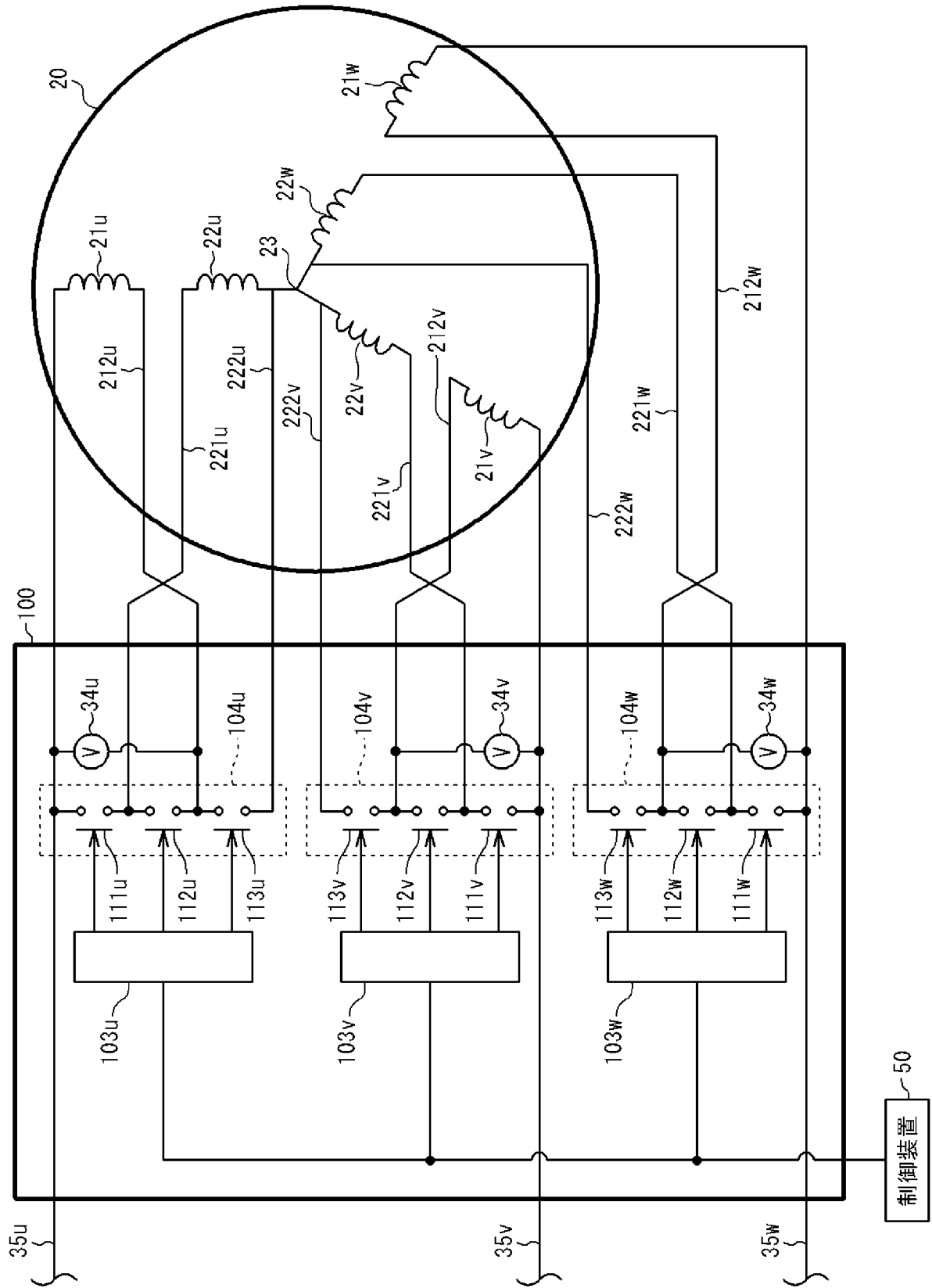
[図2]

図 2



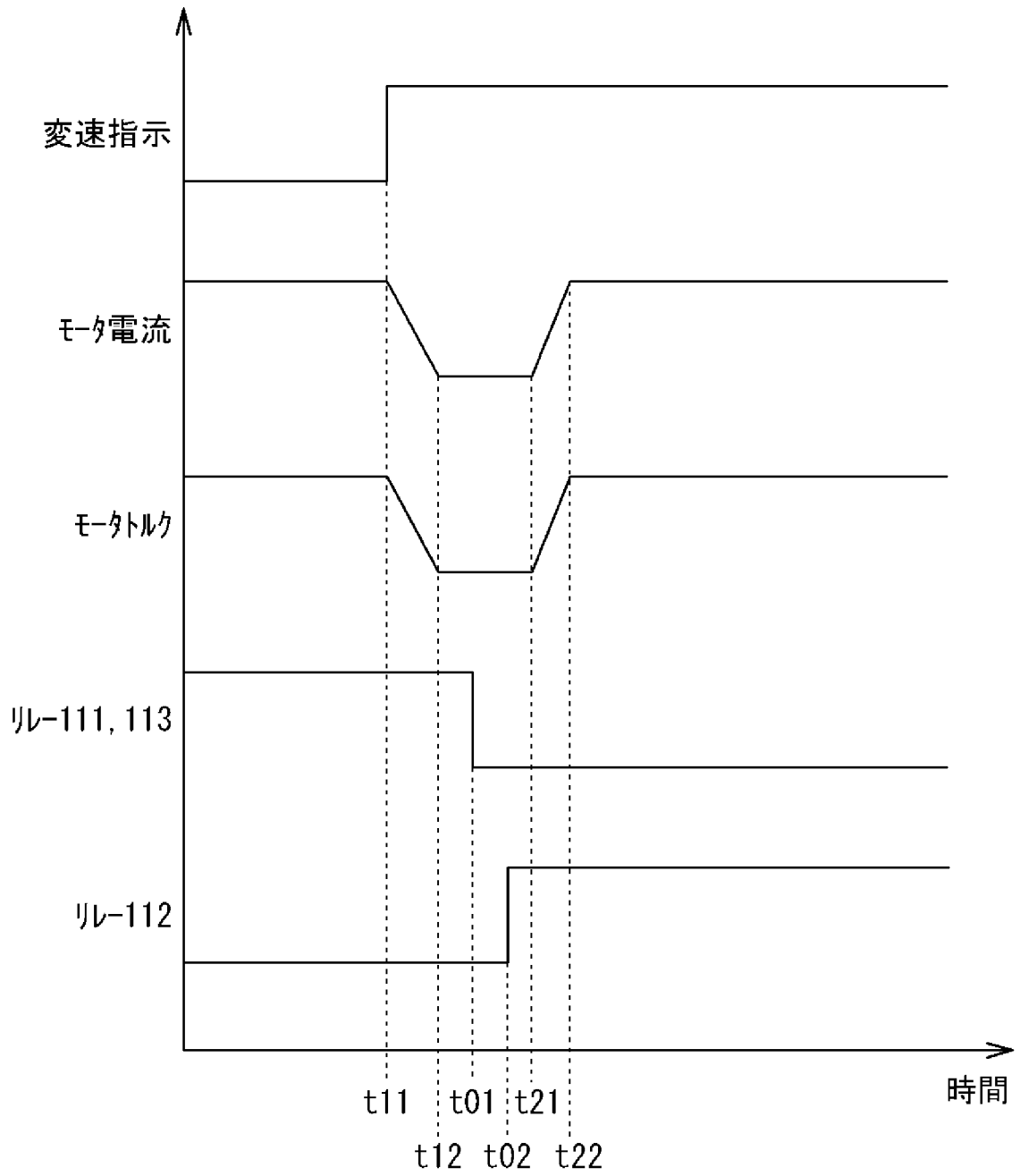
[図3]

3



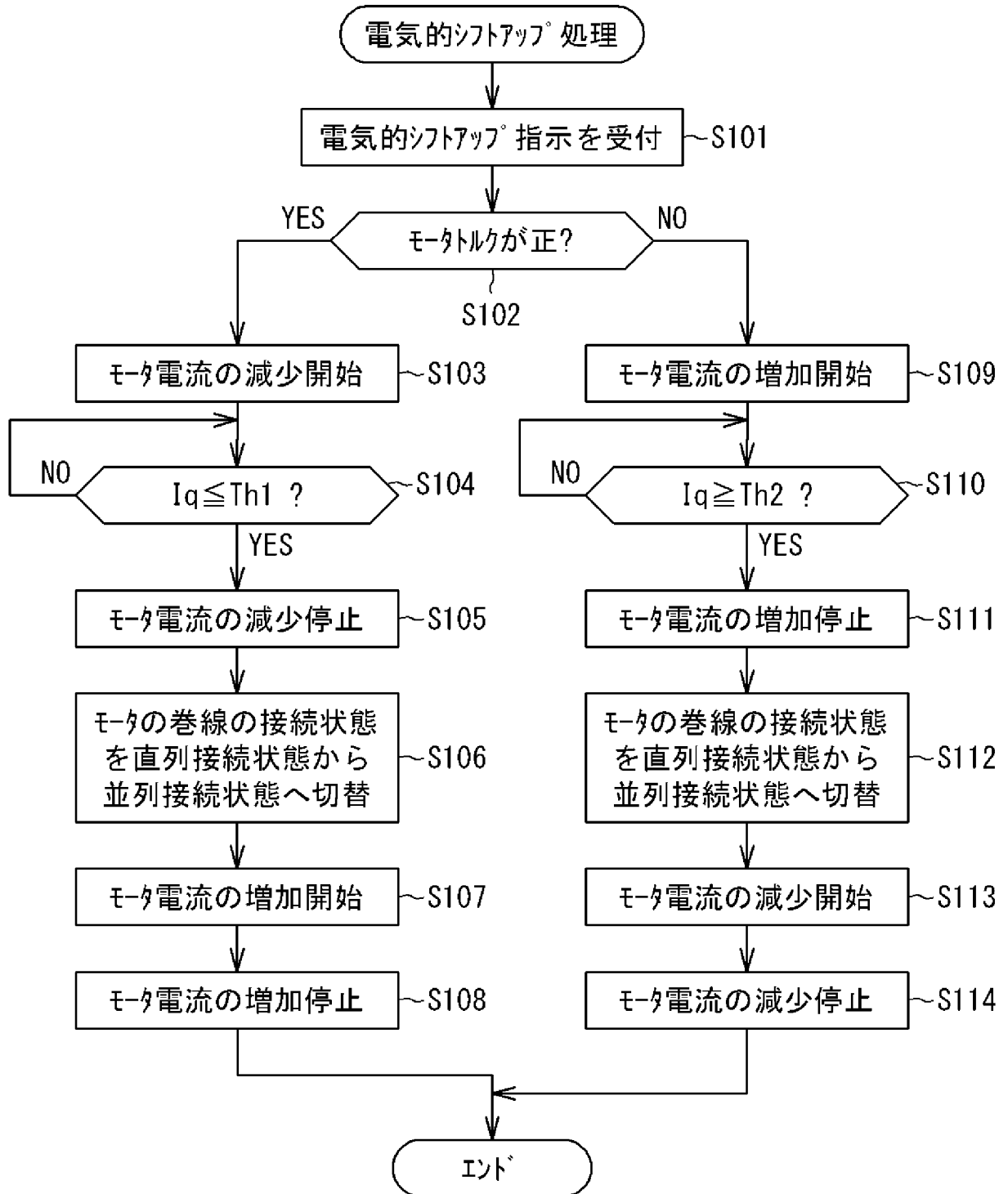
[図4]

図 4



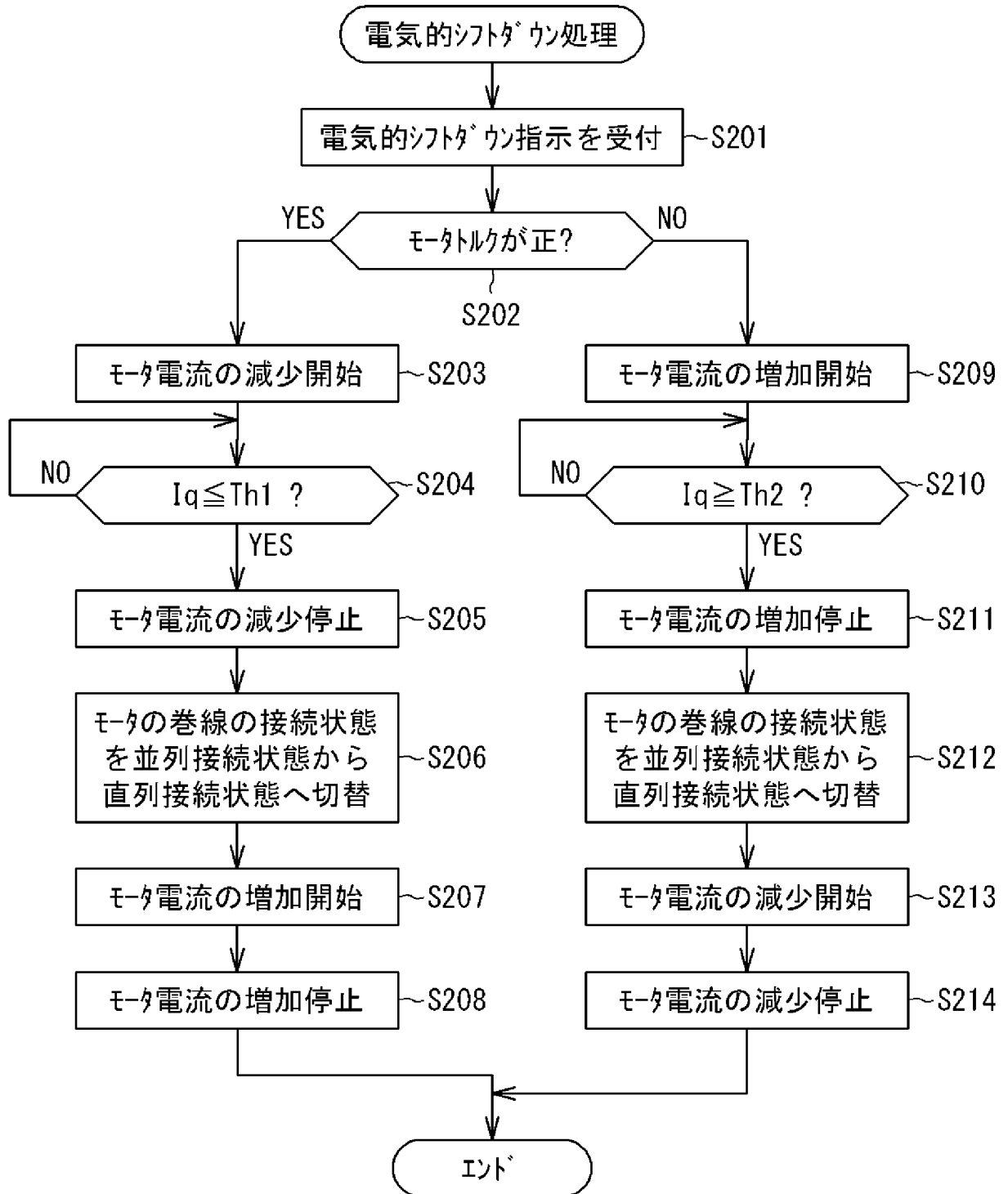
[図5]

図 5



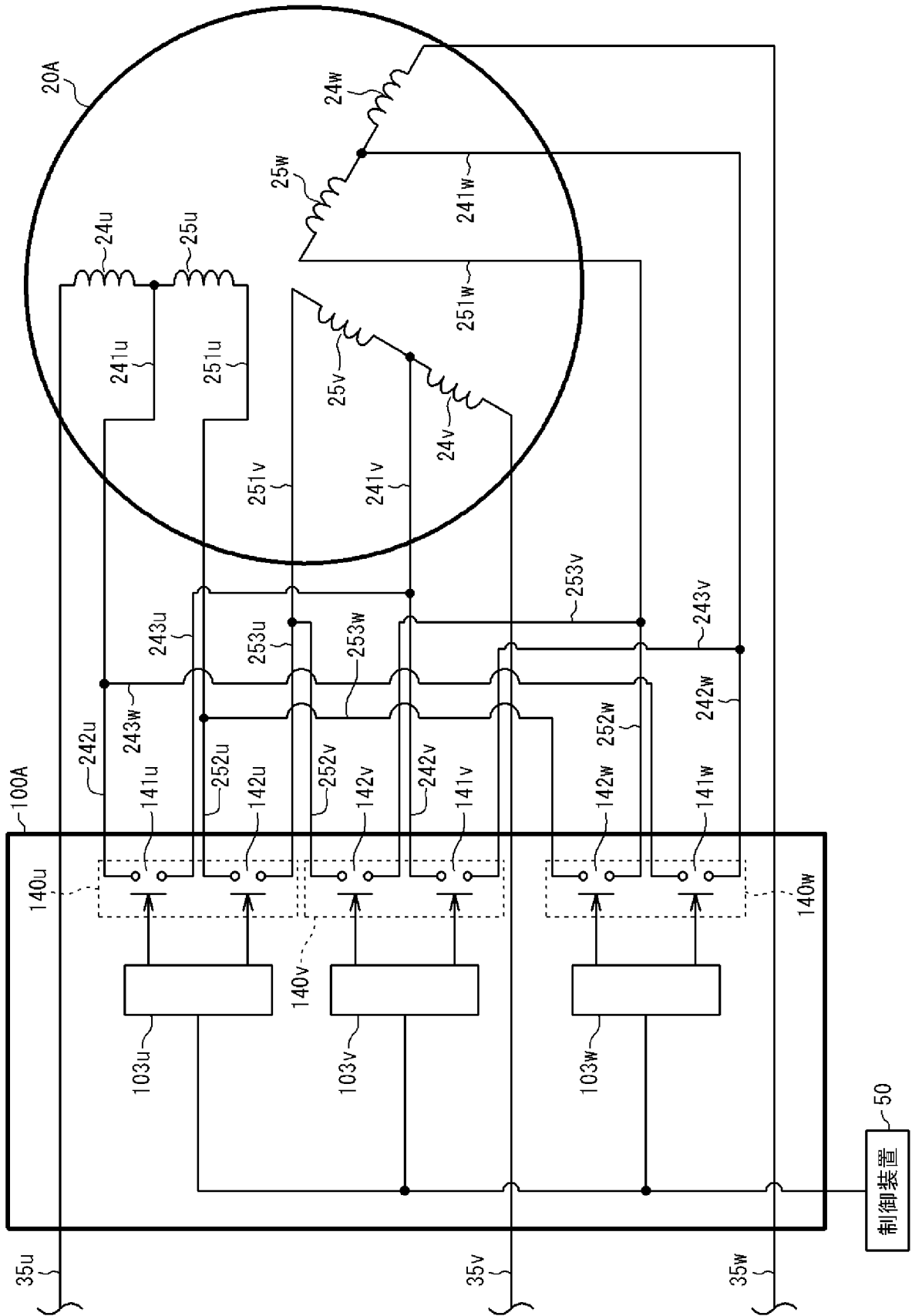
[図6]

図 6



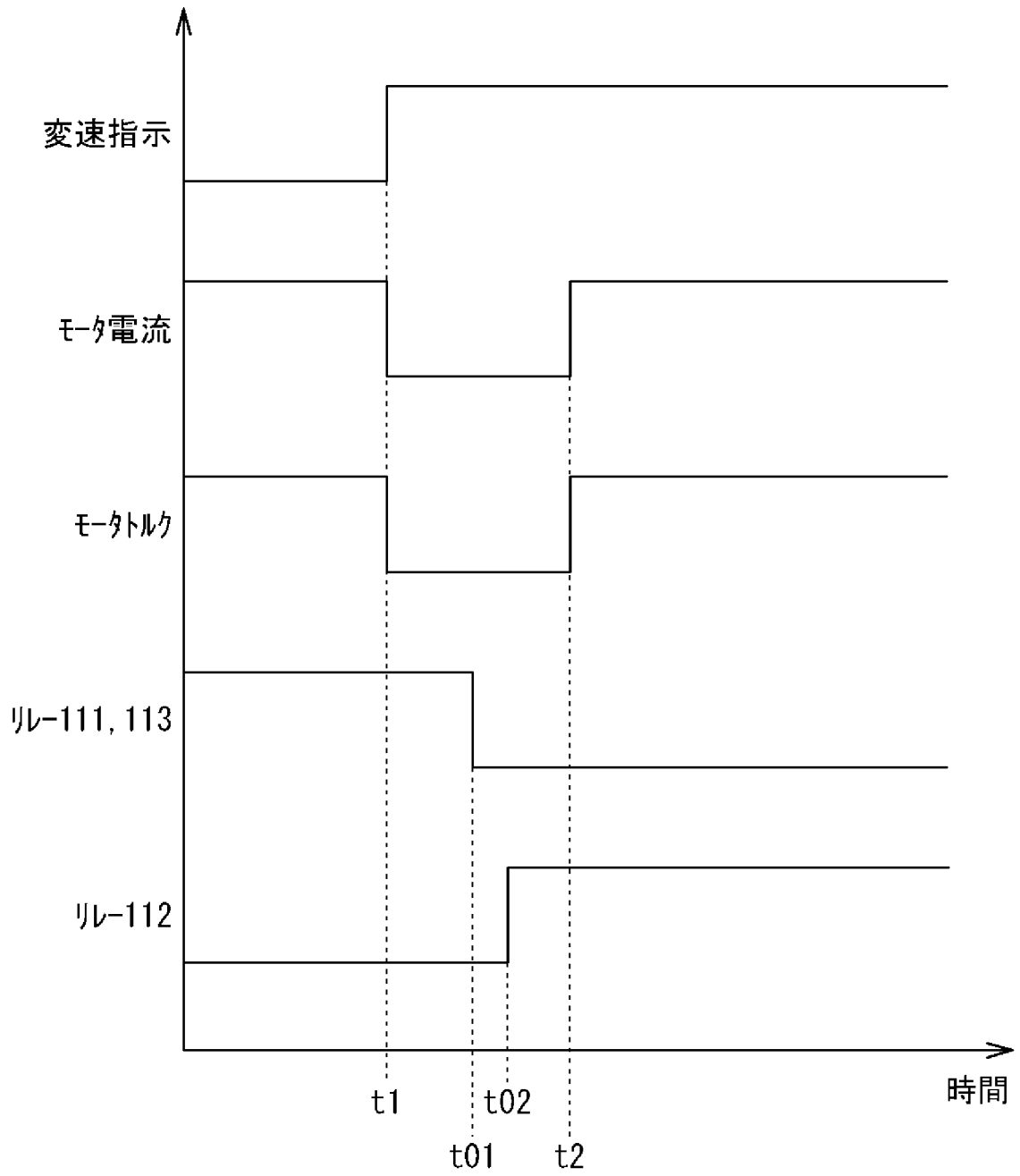
[図7]

図 7



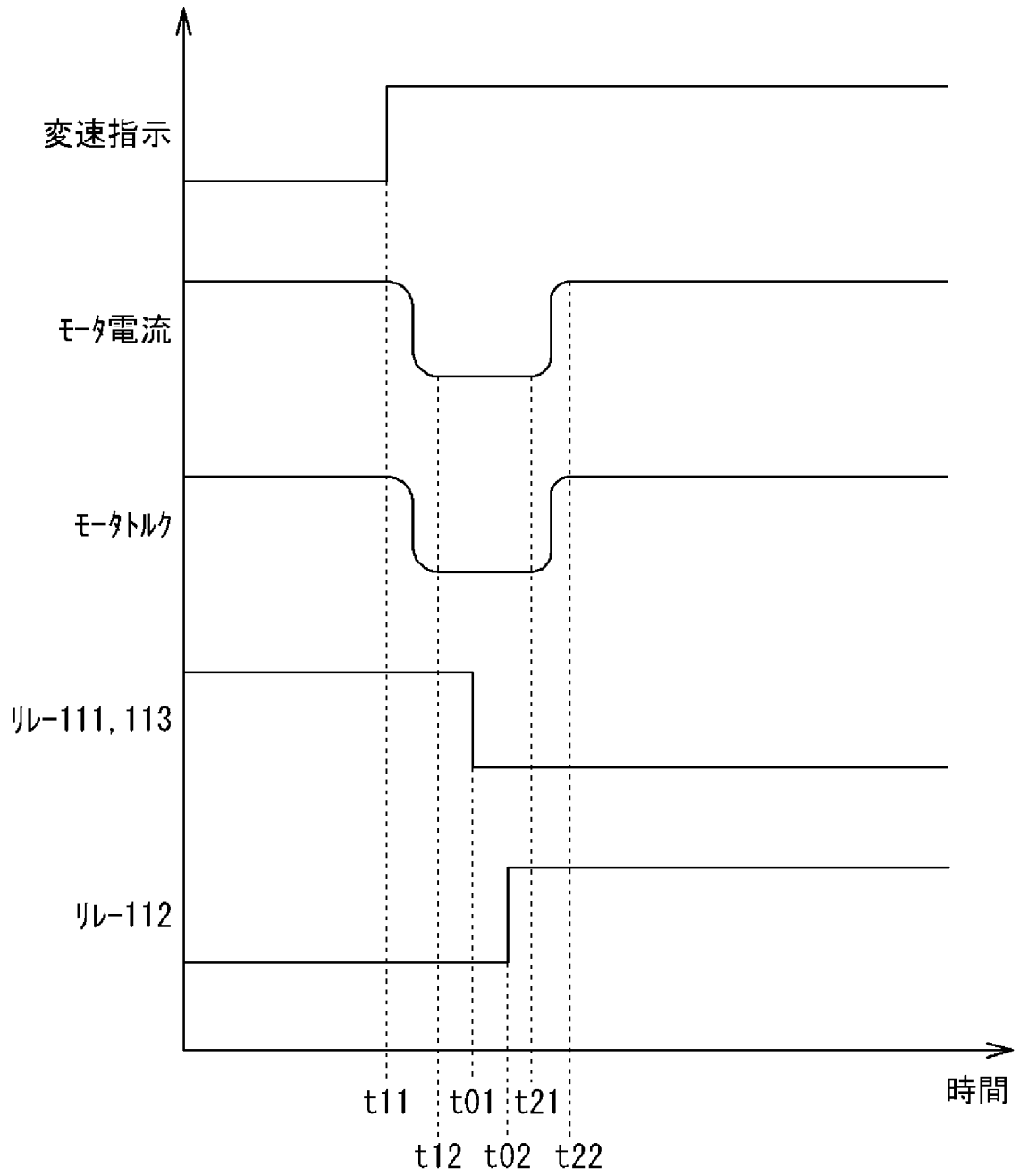
[図8]

図 8



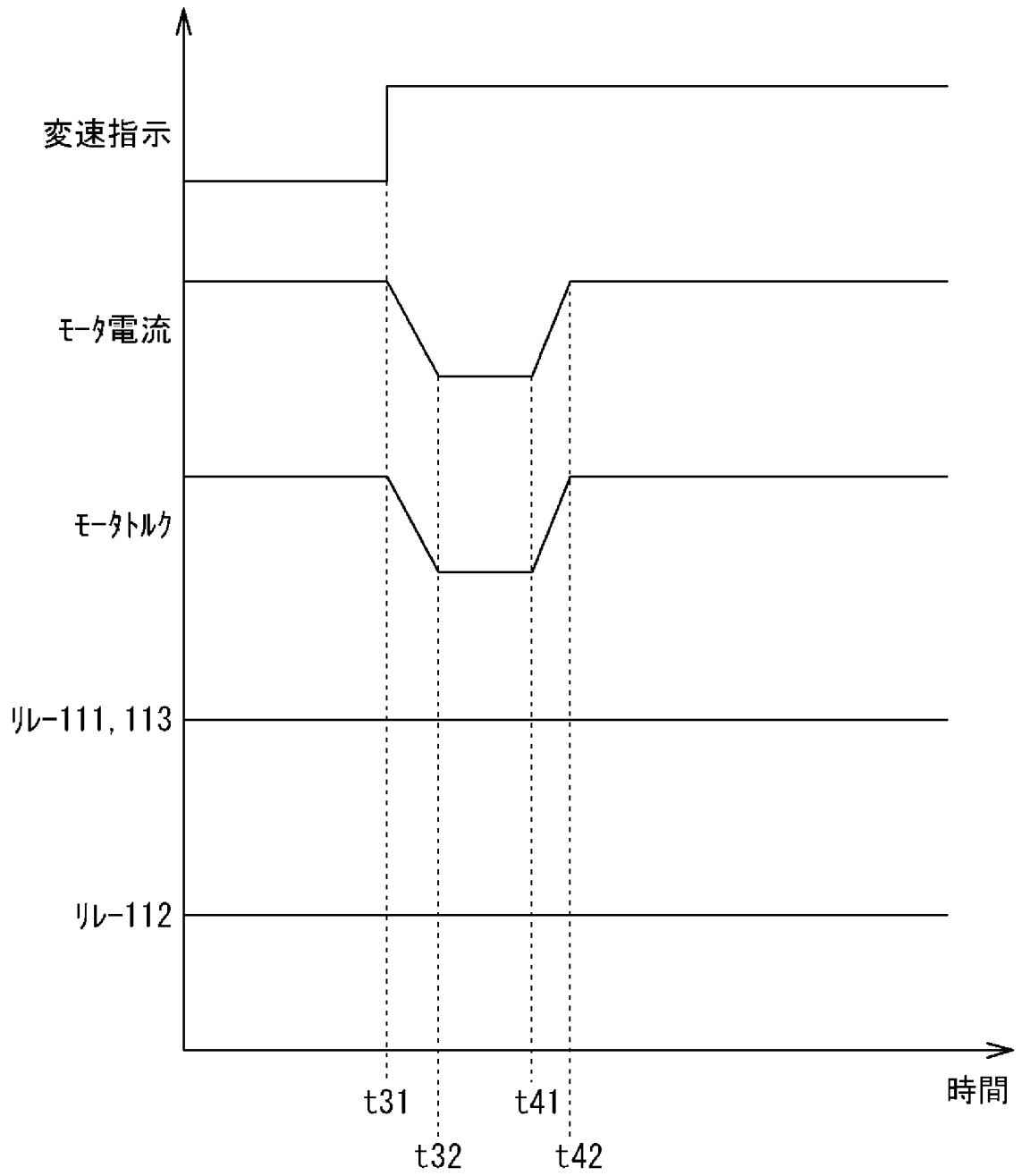
[図9]

図 9



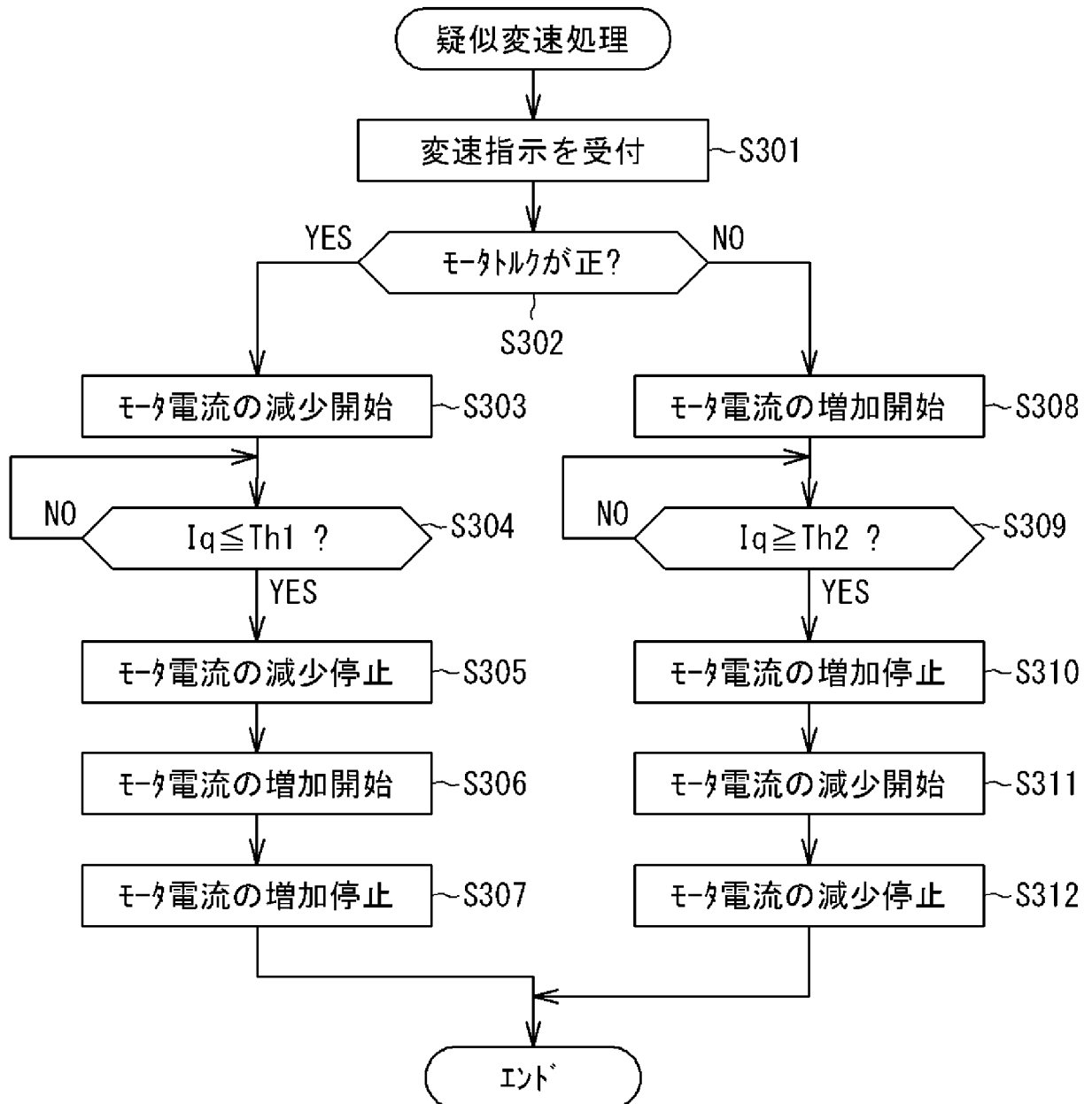
[図10]

図 10



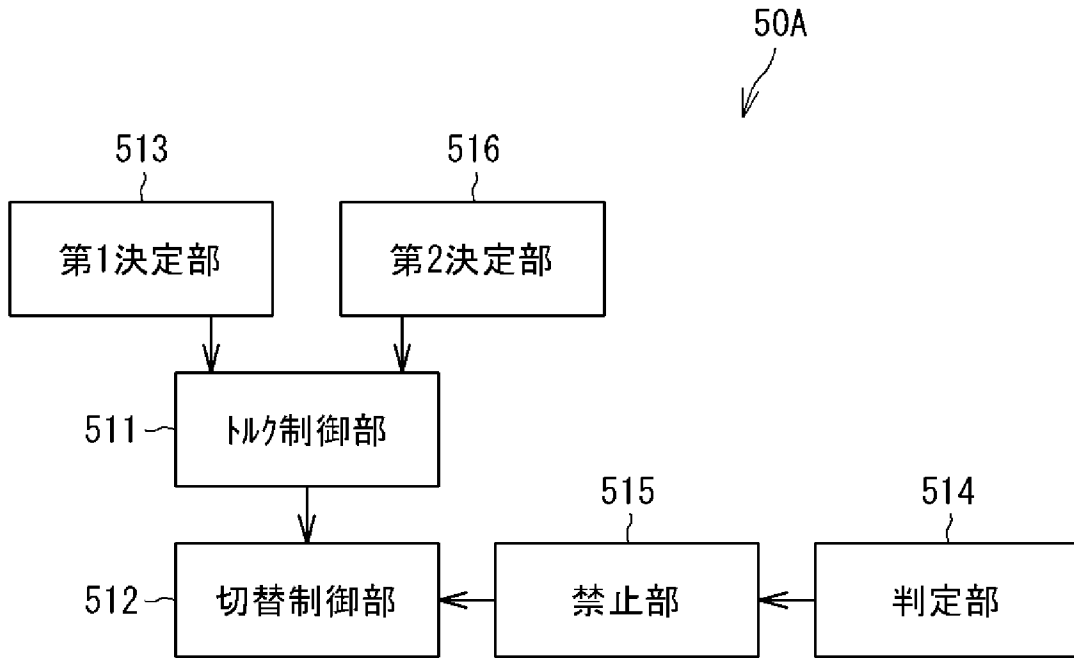
[図11]

図 1 1



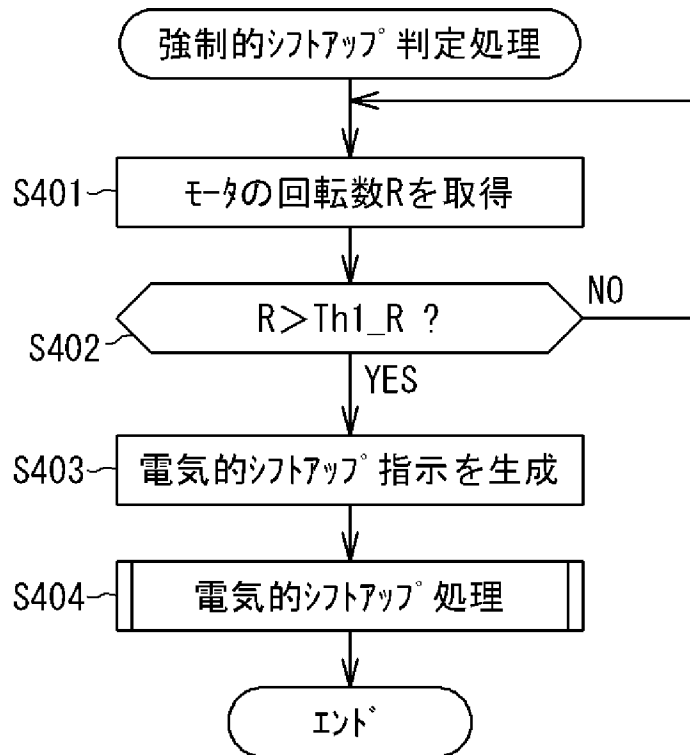
[図12]

図 1 2



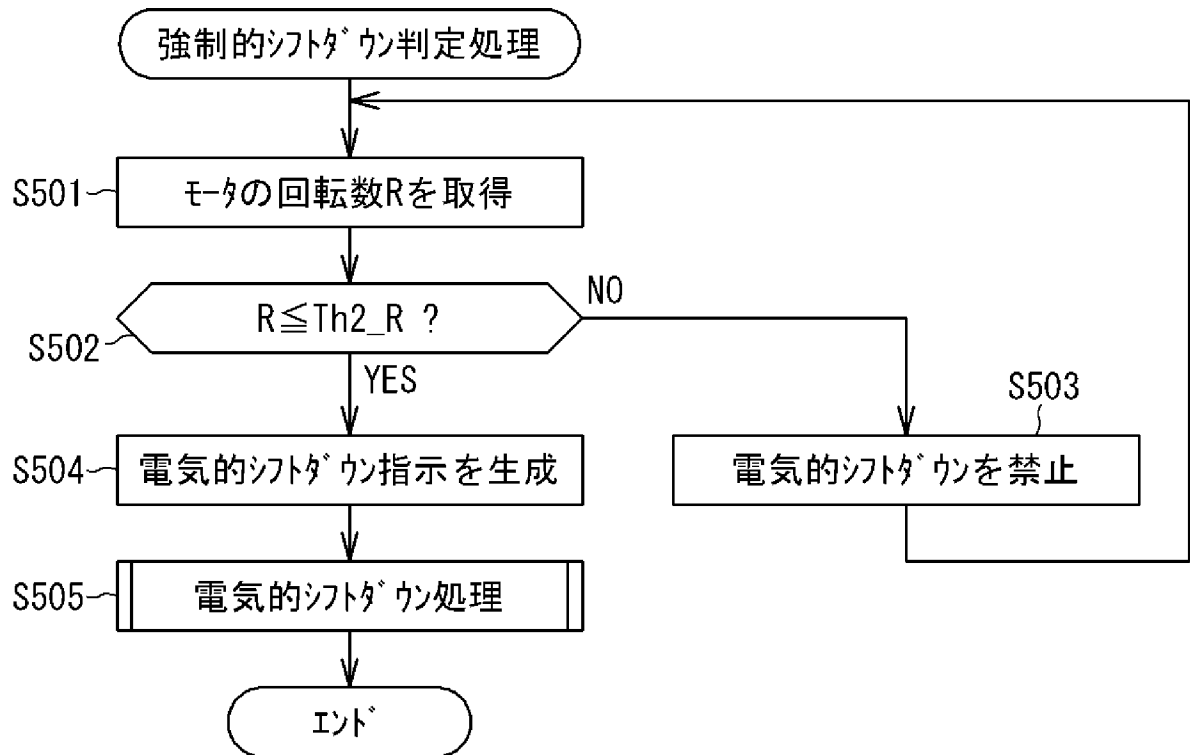
[図13]

図 13



[図14]

図 1 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/000923

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B60L 15/20</i> (2006.01)i; <i>H02P 25/18</i> (2006.01)i; <i>B60L 9/18</i> (2006.01)i; <i>B60L 50/60</i> (2019.01)i; <i>B60L 58/10</i> (2019.01)i FI: B60L15/20 K; B60L9/18 J; B60L50/60; B60L58/10; H02P25/18		
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) B60L15/20; H02P25/18; B60L9/18; B60L50/60; B60L58/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-253594 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 09 September 1994 (1994-09-09) paragraphs [0004], [0005], [0010]-[0024], fig. 1-10	1, 14, 19-21
Y		2-9, 11-18
A		10
Y	WO 2021/210129 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 21 October 2021 (2021-10-21) paragraphs [0002]-[0004], [0010]-[0145], fig. 1-12	2-9, 11-18
A		10
Y	JP 7-170610 A (MOTOR JIDOSHA K.K.) 04 July 1995 (1995-07-04) paragraphs [0022]-[0046], fig. 6	4-9, 11-18
A		10
Y	JP 2013-062888 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 04 April 2013 (2013-04-04) paragraphs [0024]-[0047], fig. 1-7	13-18
Y	JP 2003-111492 A (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., LTD.) 11 April 2003 (2003-04-11) paragraph [0009], fig. 3	15-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 07 March 2023		Date of mailing of the international search report 20 March 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/000923

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-200404 A (MAZDA MOTOR CORP.) 09 September 2010 (2010-09-09) paragraphs [0034]-[0048], fig. 2, 5	18
Y	JP 2018-166386 A (SUBARU CORP.) 25 October 2018 (2018-10-25) paragraphs [0035]-[0045], fig. 3	18
A	JP 64-039289 A (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., LTD.) 09 February 1989 (1989-02-09) p. 1, right column, lines 9-12, p. 3, upper left column, line 10 to upper right column, line 10, fig. 1-3	1-21
A	JP 2010-206926 A (MAZDA MOTOR CORP.) 16 September 2010 (2010-09-16) paragraphs [0047], [0048], fig. 4	10-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/000923

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	6-253594	A	09 September 1994	(Family: none)	
WO	2021/210129	A1	21 October 2021	CN	115398796 A
JP	7-170610	A	04 July 1995	(Family: none)	
JP	2013-062888	A	04 April 2013	WO	2011/087126 A1
JP	2003-111492	A	11 April 2003	US	2004/0195994 A1
				paragraph [0045], fig. 3	
				WO	2003/032482 A1
				EP	1439633 A1
				CN	1565075 A
				KR	10-0702911 B1
JP	2010-200404	A	09 September 2010	(Family: none)	
JP	2018-166386	A	25 October 2018	US	2018/0281619 A1
				paragraphs [0033]-[0043], fig. 3	
				CN	108657017 A
JP	64-039289	A	09 February 1989	US	4916376 A
				column 1, lines 7-14, column 6, line 49 to column 7, line 27, fig. 4-7	
JP	2010-206926	A	16 September 2010	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B6L 15/20(2006.01)i; H02P 25/18(2006.01)i; B6L 9/18(2006.01)i; B6L 50/60(2019.01)i; B6L 58/10(2019.01)i FI: B6L15/20 K; B6L9/18 J; B6L50/60; B6L58/10; H02P25/18		
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（IPC）） B6L15/20; H02P25/18; B6L9/18; B6L50/60; B6L58/10 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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）		
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
X Y A	JP 6-253594 A (トヨタ自動車株式会社) 09.09.1994 (1994-09-09) 段落 [0004] - [0005], [0010] - [0024], 図1-10	1, 14, 19-21 2-9, 11-18 10
Y A	WO 2021/210129 A1 (三菱電機株式会社) 21.10.2021 (2021-10-21) 段落 [0002] - [0004], [0010] - [0145], 図1-12	2-9, 11-18 10
Y A	JP 7-170610 A (モトール自動車株式会社) 04.07.1995 (1995-07-04) 段落 [0022] - [0046], 図6	4-9, 11-18 10
Y	JP 2013-062888 A (ヤマハ発動機株式会社) 04.04.2013 (2013-04-04) 段落 [0024] - [0047], 図1-7	13-18
Y	JP 2003-111492 A (株式会社安川電機) 11.04.2003 (2003-04-11) 段落 [0009], 図3	15-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 07.03.2023	国際調査報告の発送日 20.03.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 上野 力 3H 3748 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2010-200404 A (マツダ株式会社) 09.09.2010 (2010 - 09 - 09) 段落 [0034] - [0048], 図2, 5	18
Y	JP 2018-166386 A (株式会社SUBARU) 25.10.2018 (2018 - 10 - 25) 段落 [0035] - [0045], 図3	18
A	JP 64-039289 A (株式会社安川電機) 09.02.1989 (1989 - 02 - 09) 第1ページ右欄9行-12行, 第3ページ左上欄10行-右上欄10行, 図1-3	1-21
A	JP 2010-206926 A (マツダ株式会社) 16.09.2010 (2010 - 09 - 16) 段落 [0047] - [0048], 図4	10-18

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/000923

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 6-253594 A	09.09.1994	(ファミリーなし)	
WO 2021/210129 A1	21.10.2021	CN 115398796 A	
JP 7-170610 A	04.07.1995	(ファミリーなし)	
JP 2013-062888 A	04.04.2013	WO 2011/087126 A1	
JP 2003-111492 A	11.04.2003	US 2004/0195994 A1 段落 [0 0 4 5] , 図 3	
		WO 2003/032482 A1	
		EP 1439633 A1	
		CN 1565075 A	
		KR 10-0702911 B1	
JP 2010-200404 A	09.09.2010	(ファミリーなし)	
JP 2018-166386 A	25.10.2018	US 2018/0281619 A1 段落 [0 0 3 3] - [0 0 4 3] , 図 3	
		CN 108657017 A	
JP 64-039289 A	09.02.1989	US 4916376 A 第 1 欄 7 行 - 1 4 行, 第 6 欄 4 9 行 - 第 7 欄 2 7 行, 図 4 - 7	
JP 2010-206926 A	16.09.2010	(ファミリーなし)	