

(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9月12日(12.09.2024)



(10) 国際公開番号

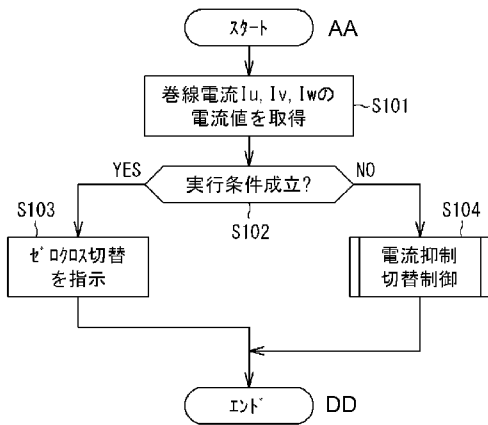
WO 2024/185339 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/002542
- (22) 国際出願日: 2024年1月29日(29.01.2024)
- (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 2023-032760 2023年3月3日(03.03.2023) 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).
- (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 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE, WINDING SWITCHING SYSTEM, VEHICLE, CONTROL METHOD, AND CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称: 制御装置、巻線切替システム、車両、制御方法、及び制御プログラム

[図9]



- S101 Acquire current values of winding electric currents I_u , I_v , I_w
S102 Has execution condition been fulfilled?
S103 Give instruction to execute zero-cross switching
S104 Suppress electric current, and control switching
AA Start
DD End

(57) Abstract: This control device is for controlling an AC motor in which the connection state can be switched between multiple windings, and comprises: a determination unit that determines whether or not an execution condition has been fulfilled for executing zero-cross switching which involves switching of the connection state between the respective windings of the AC motor at zero-cross points of the electric current flowing through the respective windings; and an instruction unit that, when the determination unit determines that the execution condition has been fulfilled, gives an instruction to execute the zero-cross switching to a winding switching device that switches the connection state of the respective windings.

(57) 要約: 制御装置は、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御装置であって、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、を備える。

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, MU, 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))

明 細 書

発明の名称：

制御装置、巻線切替システム、車両、制御方法、及び制御プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、巻線切替システム、車両、制御方法、及び制御プログラムに関する。本出願は、2023年3月3日出願の日本出願第2023-032760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] 例えば電気自動車に搭載されるモータには、複数の巻線の接続を切り替えることによって、低速且つ高トルクの動作状態と、高速且つ低トルクの動作状態とを切り替えることが可能なものがある。特許文献1には、サージ電圧を防止するために、交流のモータ電流が所定値以下となっている期間を特定し、特定された期間において巻線を切り替える装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2020-072632号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る制御装置は、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御装置であって、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、を備える。

図面の簡単な説明

[0005] [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、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3]図3は、制御回路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装置の各信号の状態の遷移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のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図6]図6は、第1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7A]図7Aは、巻線電流の振幅が大きい場合における巻線電流の時間的変化の一例を示すグラフである。

[図7B]図7Bは、巻線電流の振幅が小さい場合における巻線電流の時間的変化の一例を示すグラフである。

[図8]図8は、電流抑制切替制御における巻線切替装置の各信号の状態の遷移の一例を示すタイミングチャートである。

[図9]図9は、第1実施形態に係る制御装置によるモータ制御処理の一例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、第1実施形態に係る制御装置による電流抑制切替制御の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11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。

発明を実施するための形態

[0006] <本開示が解決しようとする課題>

しかしながら、モータ電流の振幅が小さい場合、ノイズの影響によってモータ電流が所定値以下となる期間を正確に特定できないおそれがある。モータ電流が所定値以下となる期間の特定を誤ると、サージ電圧の発生を防ぐことは困難である。

[0007] <本開示の効果>

本開示によれば、サージ電圧の発生を抑制することができる。

[0008] <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。

[0009] (1) 本実施形態に係る制御装置は、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御装置であって、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、を備える。これにより、一定の実行条件が成立した場合にゼロクロス切替を実行するため、実行条件が成立しない場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0010] (2) 上記(1)において、前記実行条件は、前記巻線に流れる電流の電流値の振幅が基準値を超えることであってもよい。これにより、巻線に流れる電流が低い場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0011] (3) 上記(1)又は(2)において、前記指示部は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記ゼロクロス切替の実行を前記巻線切替装置に指示しなくてもよい。これにより、実行条件が成立しない場合にはゼロクロス切替が実行されず、サージ電圧の発生を抑制することができる。

[0012] (4) 上記(3)において、前記制御装置は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記交流モータに流れる電流の電流値を変化させる電流制御部をさらに備え、前記指示部は、前記電流制御部による前記電流の制御により前記電流値が目標値に達した場合に、前記巻線の接続状態の切替を前記巻線切替装置に指示してもよい。サージ電圧の発生を抑制できる目標値に電流値が達した場合に巻線の接続状態の切替を実行することにより、サージ電圧の発生を抑制することができる。

- [0013] (5) 上記(4)において、前記目標値はゼロであってもよい。これにより、巻線に流れる電流の電流値がゼロになった場合に巻線の接続状態の切替を実行することにより、サージ電圧の発生を抑制することができる。
- [0014] (6) 上記(5)において、前記電流制御部は、電源から供給される電力を変換し、変換後の電力を前記交流モータに出力する電力変換器における全てのレグをオフにすることにより、前記電流値を変化させてもよい。これにより、電力変換器の全てのレグをオフにすることにより、巻線に流れる電流の電流値をゼロに変化させることができる。
- [0015] (7) 上記(3)において、前記指示部は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記巻線切替装置に前記複数の巻線の接続状態の切替を指示しなくてもよい。これにより、実行条件が成立しない場合には巻線の切替が行われなため、サージ電圧の発生を抑制することができる。
- [0016] (8) 本実施形態に係る巻線切替システムは、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータと、電源から出力される電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記交流モータに供給する電力変換器と、前記複数の巻線の接続状態を切り替えるための巻線切替装置と、制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、を含む。これにより、一定の実行条件が成立した場合にゼロクロス切替を実行するため、実行条件が成立しない場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。
- [0017] (9) 本実施形態に係る車両は、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータと、電源から出力される電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記交流モータに供給する電力変換器と、前記複数の巻線の接続状態を切り替えるための巻線切替装置と、制御装置と、を備え、前記制御

装置は、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、を含む。これにより、一定の実行条件が成立した場合にゼロクロス切替を実行するため、実行条件が成立しない場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0018] (10) 本実施形態に係る制御方法は、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御方法であって、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定するステップと、前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示するステップと、を含む。これにより、一定の実行条件が成立した場合にゼロクロス切替を実行するため、実行条件が成立しない場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0019] (11) 本実施形態に係る制御プログラムは、複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御プログラムであって、コンピュータに、前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定するステップと、前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示するステップと、を実行させる。これにより、一定の実行条件が成立した場合にゼロクロス切替を実行するため、実行条件が成立しない場合におけるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0020] 本開示は、上記のような特徴的な構成を備える制御装置、制御装置を備える巻線切替システム、制御装置を備える車両、制御装置における特徴的な処

理をステップとする制御方法、及び特徴的な処理をコンピュータに実行させるための制御プログラムとして実現することができるだけでなく、制御装置の一部又は全部を実現する半導体集積回路として実現することができる。

[0021] <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。

[0022] [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。

[0023] 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。

[0024] 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。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。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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は、巻線切替装置100を経由してモータ20に供給される。

[0030] 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。具体的には、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。

[0031] [1-2. 巻線切替装置の構成]

図2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。

[0032] 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、電流センサ101u, 101v, 101wと、ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wと、制御回路103u, 103v, 103wと、切替回路104u, 104v, 104wとを含む。

[0033] ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wは、電流センサ101u, 101v, 101wの計測値のゼロクロス点（電流センサ101u, 101v, 101wから出力されるAC信号がゼロ基準電圧と交差する時点）を検出する。さらに具体的な一例では、ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wは、電流センサ101u, 101v, 101wからの出力電圧とゼロ電圧とを比較し、電流センサ101u, 101v, 101wからの出力電圧がゼロ電圧と一致した時点をゼロクロス点として検出する。ゼロ電圧は、基準電圧の一例である。基準電圧は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに流れる電流がゼロ電流となるときの電流センサ101u, 101v, 101wの出力電圧に対応する電圧であり、ゼロ電圧に限られない。ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wは、検出部の一例である。

[0034] 切替回路104u, 104v, 104wは、ゼロクロス検出回路102u

, 102v, 102wがゼロクロス点を検出したタイミングで巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を直列接続状態と並列接続状態との間で切り替える。切替回路104u, 104v, 104wは、切替部の一例である。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。

[0035] 以下、U相について、巻線切替装置100と、電力線35uと、モータ20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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

- [0041] 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。
- [0042] 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。電力線 221u には、電流センサ 101u が取り付けられている。ただし、電流センサ 101u は、電力線 221u ではなく、電力線 35u, 212u 又は 222u に取り付けられてもよい。電流センサ 101u は、電力線 221u に流れる U 相の電流を検出する。電流センサ 101u は、例えば、電流の交流成分のみを検出する ACCT である。
- [0043] 電流センサ 101u から延びる信号線は、ゼロクロス検出回路 102u に接続されている。ゼロクロス検出回路 102u の出力信号（以下、「ゼロクロス検出信号」という）を伝送する信号線がゼロクロス検出回路 102u から制御回路 103u まで延びている。さらに、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。
- [0044] ゼロクロス検出回路 102u は、電力線 221u に流れる巻線電流の電流センサ 101u による計測値のゼロクロス点を検出する。ゼロクロス検出回路 102u は、コンパレータである。例えば、コンパレータの反転入力ゼロ基準電圧に設定され、電流センサ 101u の出力信号が非反転入力に印加される。これにより、電流センサ 101u から出力される AC 信号がゼロ基準電圧と交差するゼロクロス点で、コンパレータの出力が Low から High へ変化する。
- [0045] 図 3 は、制御回路 103u の構成の一例を示す回路図である。制御回路 103u は、AND 回路 131, 133 と、NOT 回路 132 と、ラッチ回路 120 とを含む。AND 回路 131 の第 1 入力端子及び AND 回路 133 の第 1 入力端子には、ゼロクロス検出回路 102u から延びる信号線が接続されている。AND 回路 131 の第 2 入力端子には、制御装置 50 から延びる信号線が接続されている。さらに、制御装置 50 からの信号線は、NOT 回

路132の入力端子に接続されている。NOT回路132の出力端子から延びる信号線は、AND回路133の第2入力端子に接続されている。

[0046] ラッチ回路120は、RSフリップフロップである。AND回路131の出力端子は、RSフリップフロップ120の入力S（セット）に接続されている。AND回路133の出力端子は、RSフリップフロップ120の入力R（リセット）に接続されている。RSフリップフロップ120は、2つのNOT回路121，123と、2つのNAND回路122，124とを含む。ただし、RSフリップフロップ120は、2つのNOR回路によって構成されてもよい。

[0047] RSフリップフロップ120の出力Qは、半導体リレー111u及び113uのゲートに接続されている。RSフリップフロップ120の出力Qバーは、半導体リレー112uのゲートに接続されている。

[0048] [1-3. 巻線切替装置のゼロクロス切替]

次に、巻線切替装置100のゼロクロス切替について説明する。ゼロクロス切替は、巻線電流 I_u ， I_v ， I_w のゼロクロス点において巻線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動作である。なお、以下では、U相についての巻線21u，22uの接続状態の切替動作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。

[0049] 図4は、第1実施形態に係る巻線切替装置100の各信号の状態の遷移の一例を示すタイミングチャートである。

[0050] 電流センサ101uは、電力線221uに流れる巻線電流 I_u を計測する。ゼロクロス検出回路102uは、巻線電流 I_u の計測値のゼロクロス点を検出する。すなわち、ゼロクロス検出回路102uから出力されるゼロクロス検出信号は、巻線電流 I_u がゼロではない場合にLowであり、巻線電流 I_u がゼロになった時点でHighになる。図4では、ゼロクロス検出信号は通常時にLowであり、時刻T1，T2，T3，T4においてHighである。

- [0051] 制御装置50は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wを直列接続する場合には、切替指令信号の値をLowにし、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wを並列接続する場合には、切替指令信号の値をHighにする。図4では、切替指令信号は初期状態においてLowであり、時刻T1とT2との間のある時点でHighに変化する。切替指令信号は、時刻T3とT4との間のある時点で再びLowに変化する。
- [0052] ゼロクロス検出信号及び切替指令信号は、AND回路131に入力される。AND回路131は、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(Low, Low)、(Low, High)、及び(High, Low)の組み合わせの場合にはLowを出力する。AND回路131は、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(High, High)の組み合わせの場合にはHighを出力する。すなわち、RSフリップフロップ120のSには、通常時にLowが入力され、巻線電流I_uのゼロクロス点が発見され、且つ、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの並列接続指令が与えられた場合に、Highが入力される。図4では、時刻T2及びT3において、Sの入力信号がHighである。
- [0053] ゼロクロス検出信号と、切替指令信号の反転信号(NOT回路132による出力信号)が、AND回路133に入力される。AND回路133は、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(Low, Low)、(High, Low)、及び(High, High)の組み合わせの場合にはLowを出力する。AND回路133は、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(High, Low)の組み合わせの場合にはHighを出力する。すなわち、RSフリップフロップ120のRには、通常時にLowが入力され、巻線電流I_uのゼロクロス点が発見され、且つ、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの直列接続指令が与えられた場合に、Highが入力される。図4では、時刻T1及びT4において、Rの入力信号がHighである。

- [0054] RSフリップフロップ120は、入力S, RがLow, Lowの場合にQ, Qバーのそれまでの出力値を保持する。RSフリップフロップ120は、入力S, RがLow, Highの場合にQ, QバーがLow, Highを出力し、入力S, RがHigh, Lowの場合にQ, QバーがHigh, Lowを出力する。RSフリップフロップ120では、入力S, RがHigh, Highの組み合わせは禁止されている。
- [0055] 図4の例では、時刻T2まではQがLowであり、QバーがHighである。したがって、時刻T2までは半導体リレー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。このため、巻線21u及び22uが直列接続される。
- [0056] 時刻T2が到来すると、QがLowからHighに変化し、QバーがHighからLowに変化する。したがって、半導体リレー111u及び113uがオフ状態からオン状態に変化し、半導体リレー112uがオン状態からオフ状態に変化する。このため、巻線21u及び22u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る。
- [0057] 時刻T2からT4まではQがHighであり、QバーがLowである。したがって、時刻T2からT4までは半導体リレー111u及び113uがオン状態を維持し、半導体リレー112uがオフ状態を維持する。このため、巻線21u及び22uの接続状態が並列接続状態で保持される。
- [0058] 時刻T4が到来すると、QがHighからLowに変化し、QバーがLowからHighに変化する。したがって、半導体リレー111u及び113uがオン状態からオフ状態に変化し、半導体リレー112uがオフ状態からオン状態に変化する。このため、巻線21u及び22u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る。
- [0059] 時刻T4以降はQがLowであり、QバーがHighである。したがって、時刻T2までは半導体リレー111u及び113uがオフ状態を維持し、半導体リレー112uがオン状態を維持する。このため、巻線21u及び22uの接続状態が直列接続状態で保持される。

[0060] 以上より、巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w のゼロクロス点のタイミングで、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と並列接続状態との間で切り替えることができる。したがって、サージ電圧の発生が抑制される。さらに、巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w が所定値以下となっている期間を特定するような複雑な処理が必要なく、CPU、FPGA、ASIC等のプロセッサを用いずに巻線切替装置100を構成することができる。

[0061] [1-4. 制御装置のハードウェア構成]

図5は、第1実施形態に係る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。

[0062] 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。

[0063] 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 (App

lication 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。

[0064] I/F504は、巻線切替装置100及び電力変換器30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。例えば、I/F504は、電力変換器30に設けられた電流センサ33u, 33v, 33wに接続されており、U相の電流I_uの電流値、V相の電流I_vの電流値、及びW相の電流I_wの電流値を取得することができる。例えば、I/F504は、電力変換器30のスイッチ31u, 32u, 31v, 32v, 31w, 32wのそれぞれに接続されており、スイッチ31u, 32u, 31v, 32v, 31w, 32wをオンオフ制御することができる。例えば、I/F504は、巻線切替装置100の制御回路103u, 103v, 103wに接続されており、制御回路103u, 103v, 103wへ切替指令信号を出力することができる。

[0065] [1-5. 制御装置の機能]

図6は、第1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。

[0066] 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、制御装置50は、判定部521と、指示部522と、電流制御部523との各機能を実行する。

[0067] 判定部521は、モータ20の巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態を、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する。

[0068] 具体的な一例では、実行条件は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wに流れる電流の電流値の振幅が基準値を超えることである。

基準値は、例えば、モータ20の定格電流に基づいて定めることができる。例えば、基準値は、モータ20の定格電流に対して所定割合の値（例えば、10%）である。他の例として、半導体リレー111u, 112u, 113u, 111v, 112v, 113v, 111w, 112w, 113w等の耐圧を超えないように、巻線電流 I_u , I_v , I_w を瞬断した際に発生するサージ電圧に基づいて基準値を定めてもよい。

[0069] 図7Aは、巻線電流の振幅が大きい場合における巻線電流の時間的変化の一例を示すグラフであり、図7Bは、巻線電流の振幅が小さい場合における巻線電流の時間的変化の一例を示すグラフである。図7A及び図7Bにおいて、縦軸は電流値を示し、横軸は時間を示している。

[0070] 図7A及び図7Bに示すように、巻線電流は、ノイズによって細かく振動している。巻線電流の振幅が変化しても、ノイズの大きさは変化しないため、巻線電流の振幅が大きい場合（図7A）に比べて、巻線電流の振幅が小さい場合は振幅に対してノイズが相対的に大きくなる。

[0071] 図7A及び図7Bそれぞれの上部には、ゼロクロス点の検出結果を示している。横軸にプロットした点がゼロクロス点の検出時刻である。巻線電流の振幅が大きい場合、ノイズの影響を受けずに正確にゼロクロス点が検出されている。これに対して、巻線電流の振幅が小さい場合、ノイズの影響によってゼロクロス点が誤検出されていることが分かる。

[0072] 本実施形態では、ゼロクロス点の検出精度が低い、巻線電流の振幅が小さい場合においてゼロクロス切替を実行せず、ゼロクロス点の検出精度が高い、巻線電流の振幅が大きい場合において、ゼロクロス切替を実行する。これにより、ゼロクロス点とは異なる時点において巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態が切り替えられることによるサージ電圧の発生を抑制することができる。

[0073] 図6に戻り、例えば、判定部521は、電流センサ33u, 33v, 33wの検出値を取得する。判定部521は、電流センサ33u, 33v, 33wのそれぞれの検出値に基づいて、電流 I_u , I_v , I_w それぞれの振幅を

決定する。判定部521は、電流 I_u 、 I_v 、 I_w それぞれの振幅と基準値とを比較し、振幅が基準値を超える場合、実行条件が成立したと判定する。この場合において、電流 I_u 、 I_v 、 I_w の全ての振幅が基準値を超える場合に、実行条件が成立したと判定してもよいし、電流 I_u 、 I_v 、 I_w の少なくとも1つの振幅が基準値を超える場合に、実行条件が成立したと判定してもよい。

[0074] 判定部521は、電流 I_u 、 I_v 、 I_w の振幅と基準値とを比較するのに代えて、電流 I_u 、 I_v 、 I_w の実効値（二乗平均平方根）を算出し、算出した実効値と基準値とを比較してもよい。

[0075] 指示部522は、判定部521によって実行条件が成立したと判定された場合、巻線切替装置100に、ゼロクロス切替の実行を指示する。ゼロクロス切替の実行指示は、制御回路103u、103v、103wへ切替指令信号を出力することで行われる。すなわち、上述したように、制御回路103u、103v、103wに切替指令信号が入力されると、次のゼロクロス点の検出時点において、ゼロクロス検出回路102u、102v、102wからゼロクロス検出信号が出力され、ゼロクロス切替が実行される。

[0076] 指示部522は、判定部521によって実行条件が成立しないと判定された場合に、ゼロクロス切替の実行を巻線切替装置100に指示しない。

[0077] 電流制御部523は、判定部521によって実行条件が成立しないと判定された場合に、モータ20に流れる電流の電流値を変化させる。例えば、電流制御部523は、電力変換器30を制御し、電力変換器30から出力される電流 I_u 、 I_v 、 I_w の電力値を目標値に近づける。例えば、目標値はゼロである。

[0078] 具体的な一例では、電流制御部523は、モータに出力する交流電力がゼロになるように、巻線21u、22u、21v、22v、21w、22wに印加する電圧を制御する（以下、「ゼロ電流制御」ともいう）。

[0079] 電流制御部523は、このようなゼロ電流制御を実行するように、電力変換器30の31u、32u、31v、32v、31w、32wをオンオフ制

御する。これにより、巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w をゼロにすることができる。

[0080] 指示部 522 は、電流制御部 523 による巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w の制御により電流値が目標値に達した場合に、巻線 21u、22u、21v、22v、21w、22w の接続状態の切替を巻線切替装置 100 に指示する。すなわち、指示部 522 は、巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w がゼロになったタイミングで、巻線切替装置 100 に切替指令信号を出力する。巻線電流 I_u 、 I_v 、 I_w をゼロに抑制した後に、巻線 21u、22u、21v、22v、21w、22w の接続状態の切替を巻線切替装置 100 に指示する制御装置 50 による制御を、以下、「電流抑制切替制御」という。

[0081] 図 8 は、電流抑制切替制御における巻線切替装置 100 の各信号の状態の遷移の一例を示すタイミングチャートである。

[0082] 電流センサ 101u は、電力線 221u に流れる巻線電流 I_u を計測する。ゼロクロス検出回路 102u は、巻線電流 I_u の計測値のゼロクロス点を検出する。巻線電流 I_u の振幅が小さい場合、ゼロクロス検出回路 102u は、ゼロクロス点以外の点をゼロクロス点と誤検出することがある。

[0083] 制御装置 50 は、上述したゼロ電流制御により、時刻 T11 から T13 の期間 P0 において巻線電流 I_u の電流値をゼロに制御する。巻線電流 I_u の電流値がゼロの期間（以下、「電流ゼロ期間」ともいう）P0 において、ゼロクロス検出回路 102u の出力は High となる。

[0084] 制御装置 50 は、電流ゼロ期間 P0 中の時刻 T12 において、切替指令信号を Low から High に切り替える。すなわち、この例では、切替指令信号は初期状態において Low であり、時刻 T12 において High に変化する。

[0085] 電流ゼロ期間 P0 において、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が (High, Low) の組み合わせの場合、AND 回路 131 は Low を出力する。ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が (High, High) の組み合わせの場合、AND 回路 131 は High を出力する。すなわち、時刻 T

11から時刻T12までは、RSフリップフロップ120のSにはLowが入力され、時刻T12から時刻T13までは、RSフリップフロップ120のSにはHighが入力される。

[0086] 電流ゼロ期間P0において、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(High, Low)の組み合わせの場合、AND回路133はHighを出力する。ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が(High, High)の組み合わせの場合、AND回路133はLowを出力する。すなわち、時刻T11から時刻T12までは、RSフリップフロップ120のRにはHighが入力され、時刻T12から時刻T13までは、RSフリップフロップ120のSにはLowが入力される。

[0087] 図8の例では、時刻T12まではQがLowであり、QバーがHighである。したがって、時刻T12までは半導体リレー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。このため、巻線21u及び22uが直列接続される。

[0088] 時刻T12が到来すると、QがLowからHighに変化し、QバーがHighからLowに変化する。したがって、半導体リレー111u及び113uがオフ状態からオン状態に変化し、半導体リレー112uがオン状態からオフ状態に変化する。このため、巻線21u及び22u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る。

[0089] 時刻T12以降はQがHighであり、QバーがLowである。したがって、時刻T12以降は半導体リレー111u及び113uがオン状態を維持し、半導体リレー112uがオフ状態を維持する。このため、巻線21u及び22uの接続状態が並列接続状態で保持される。

[0090] 以上より、電流ゼロ期間P0において、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ことができる。したがって、サージ電圧の発生が抑制される。

[0091] [1-6. 制御装置の動作]

次に、制御装置50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、モータ制御処理を実行する。

[0092] 図9は、第1実施形態に係る制御装置によるモータ制御処理の一例を示すフローチャートである。

[0093] 電流センサ33u, 33v, 33wは、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値を検出する。電流センサ33u, 33v, 33wの検出信号は、制御装置50に入力される。電流センサ33u, 33v, 33wは、時間的に連続して電流値を検出する。プロセッサ501は、所定の周期で巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値を取得する（ステップS101）。

[0094] プロセッサ501は、実行条件が成立したか否かを判定する（ステップS102）。すなわち、プロセッサ501は、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値から電流の振幅を特定し、特定した振幅が基準値を超えるか否かを判定する。

[0095] 実行条件が成立している場合（ステップS102においてYES）、プロセッサ501は、ゼロクロス切替を巻線切替装置100に指示する（ステップS103）。すなわち、プロセッサ501は、切替指令信号を巻線切替装置100の制御回路103u, 103v, 103wのそれぞれへ出力する。これにより、ゼロクロス切替が実行される。この場合、以上でモータ制御処理が終了する。

[0096] 実行条件が成立していない場合（ステップS102においてNO）、プロセッサ501は、電流抑制切替制御を実行する（ステップS104）。

[0097] 図10は、第1実施形態に係る制御装置による電流抑制切替制御の一例を示すフローチャートである。

[0098] プロセッサ501は、電力変換器30のスイッチ31u, 32u, 31v, 32v, 31w, 32wのスイッチング制御を行い、ゼロ電流制御を実行する。これにより、巻線電流 I_u , I_v , I_w がゼロに変化する（ステップS201）。

[0099] プロセッサ501は、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値がゼロに到達す

ると、切替指令信号を巻線切替装置100の制御回路103u, 103v, 103wのそれぞれへ出力する(ステップS202)。これにより、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値がゼロの状態、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、又は、直列接続状態から並列接続状態へ切り替わる。

[0100] プロセッサ501は、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22wの接続状態の切替が完了すると、ゼロ電流制御を終了し、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値を復帰させる(ステップS203)。以上で、電流抑制切替制御が終了する。

[0101] 図9に戻り、電流抑制切替制御が終了しすると、プロセッサ501は、モータ制御処理を終了する。

[0102] [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。

[0103] 図11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。

[0104] 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、電流センサ131u, 131v, 131wと、ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wと、制御回路103u, 103v, 103wと、切替回路140u, 140v, 140wとを含む。

[0105] ゼロクロス検出回路102u, 102v, 102wは、電流センサ131u, 131v, 131wの計測値のゼロクロス点を検出する。ゼロクロス検

出回路 102 u, 102 v, 102 w の構成は、第 1 実施形態と同様であるので、説明を省略する。

[0106] 切替回路 140 u, 140 v, 140 w は、ゼロクロス検出回路 102 u, 102 v, 102 w がゼロクロス点を検出したタイミングで巻線 24 u, 25 u, 24 v, 25 v, 24 w, 25 w 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。切替回路 140 u, 140 v, 140 w は、切替部の一例である。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。

[0107] 電力線 35 u は、巻線 24 u の一端に接続されている。巻線 24 u の他端と巻線 25 u の一端とは互いに接続されており、巻線 24 u と巻線 25 u との中間点からは電力線 241 u が延びている。電力線 241 u は電力線 242 u 及び 243 w に分岐している。巻線 25 u の他端からは電力線 251 u が延びている。電力線 251 u は電力線 252 u 及び 253 w に分岐している。

[0108] 電力線 35 v は、巻線 24 v の一端に接続されている。巻線 24 v の他端と巻線 25 v の一端とは互いに接続されており、巻線 24 v と巻線 25 v との中間点からは電力線 241 v が延びている。電力線 241 v は電力線 242 v 及び 243 u に分岐している。巻線 25 v の他端からは電力線 251 v が延びている。電力線 251 v は電力線 252 v 及び 253 u に分岐している。

[0109] 電力線 35 w は、巻線 24 w の一端に接続されている。巻線 24 w の他端と巻線 25 w の一端とは互いに接続されており、巻線 24 w と巻線 25 w との中間点からは電力線 241 w が延びている。電力線 241 w は電力線 242 w 及び 243 v に分岐している。巻線 25 w の他端からは電力線 251 w が延びている。電力線 251 w は電力線 252 w 及び 253 v に分岐している。

[0110] 切替回路 140 u は、半導体リレー 141 u 及び 142 u を含む。切替回路 140 v は、半導体リレー 141 v 及び 142 v 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。

[0111] 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。

[0112] 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。

[0113] 電力線35uは、巻線切替装置100の内部に引き込まれる。電力線35uには、電流センサ131uが取り付けられている。電流センサ131uは、電力線35uに流れるU相の電流を検出する。電流センサ131uは、例えば、電流の交流成分のみを検出するACCTである。電流センサ131uから延びる信号線は、ゼロクロス検出回路102uに接続されている。V相、W相についても同様である。

[0114] 制御回路103uのRSフリップフロップ120の出力Qは、半導体リレー141uのゲートに接続されている。RSフリップフロップ120の出力Qバーは、半導体リレー142uのゲートに接続されている。V相、W相についても同様である。

[0115] 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。

- [0116] 第2実施形態では、制御装置50は、モータ20の巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wを全接続状態にする場合には、切替指令信号の値をLowにし、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wを部分接続する場合には、切替指令信号の値をHighにする。
- [0117] 巻線が全接続状態のときに、ゼロクロス検出信号及び切替指令信号が共にHighとなったタイミングで、出力QがLowとなり、出力QバーがHighとなる。したがって、半導体リレー141uがオン状態からオフ状態に変化し、半導体リレー142uがオフ状態からオン状態に変化する。V相、W相についても同様である。このため、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。
- [0118] 巻線が部分接続状態のときに、ゼロクロス検出信号がHighとなり、且つ、切替指令信号がLowとなったタイミングで、出力QがHighとなり、出力QバーがLowとなる。したがって、半導体リレー141uがオフ状態からオン状態に変化し、半導体リレー142uがオン状態からオフ状態に変化する。V相、W相についても同様である。このため、巻線24u, 25u, 24v, 25v, 24w, 25wの接続状態が部分接続状態から全接続状態に切り替わる。
- [0119] 以上より、巻線電流 I_u , I_v , I_w のゼロクロス点のタイミングで、巻線21u, 22u, 21v, 22v, 21w, 22w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ことができる。
- [0120] 第2実施形態に係る電力変換器30及び制御装置50の構成及び動作については、第1実施形態に係る電力変換器30及び制御装置50の構成及び動作と同様であるので、説明を省略する。
- [0121] [3. 第3実施形態]
- 第3実施形態に係る制御装置50の電流制御部523は、電流抑制切替制御において、電力変換器30における全てのレグをオフにすることにより、電流値を変化させる。すなわち、電流制御部523は、スイッチ31u, 3

2 u, 3 1 v, 3 2 v, 3 1 w, 3 2 wを全てオフにする。これにより、巻線電流 I_u , I_v , I_w の電流値がゼロに変化する。

[0122] 第3実施形態に係る制御装置50のその他の機能は、第1実施形態に係る制御装置50の機能と同様であるので、説明を省略する。第3実施形態に係る巻線切替システムのその他の構成については、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、説明を省略する。

[0123] [4. 第4実施形態]

第4実施形態に係る制御装置50の指示部522は、判定部521によって実行条件が成立しないと判定された場合に、巻線切替装置30に巻線21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 wの接続状態の切替を指示しない。すなわち、指示部522は、実行条件が成立しない場合、巻線切替装置100の制御回路103 u, 103 v, 103 wに切替指令信号を出力しない。これにより、サージ電圧の発生を抑制することができる。

[0124] [5. 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

- [0125] 10 巻線切替システム
20 モータ
21 u, 22 u, 21 v, 22 v, 21 w, 22 w 巻線
23 中性点
25 電力線
30 電力変換器
31 u, 32 u, 31 v, 32 v, 31 w, 32 w スイッチ
33 u, 33 v, 33 w 電流センサ
35 u, 35 v, 35 w 電力線
40 バッテリ

- 5 0 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 2 1 判定部
 - 5 2 2 指示部
 - 5 2 3 電流制御部
- 1 0 0 巻線切替装置
 - 1 0 1 u, 1 0 1 v, 1 0 1 w 電流センサ
 - 1 0 2 u, 1 0 2 v, 1 0 2 w ゼロクロス検出回路
 - 1 0 3 u, 1 0 3 v, 1 0 3 w 制御回路
 - 1 0 4 u, 1 0 4 v, 1 0 4 w 切替回路
 - 1 1 1 u, 1 1 2 u, 1 1 3 u, 1 1 1 v, 1 1 2 v, 1 1 3 v, 1 1 1 w, 1 1 2 w, 1 1 3 w 半導体リレー
 - 2 1 2 u, 2 2 1 u, 2 2 2 u, 2 1 2 v, 2 2 1 v, 2 2 2 v, 2 1 2 w, 2 2 1 w, 2 2 2 w 電力線
 - 1 3 1, 1 3 3 AND回路
 - 1 3 2 NOT回路
 - 1 2 0 ラッチ回路 (RSフリップフロップ)
 - 1 2 1, 1 2 3 NOT回路
 - 1 2 2, 1 2 4 NAND回路
- 2 0 A モータ
 - 2 4 u, 2 5 u, 2 4 v, 2 5 v, 2 4 w, 2 5 w 巻線
- 1 0 0 A 巻線切替装置
 - 1 3 1 u, 1 3 1 v, 1 3 1 w 電流センサ
 - 1 4 0 u, 1 4 0 v, 1 4 0 w 切替回路

141 u, 142 u, 141 v, 142 v, 141 w, 142 w 半導体
リレー

241 u, 242 u, 243 u, 251 u, 252 u, 253 u, 241
v, 242 v, 243 v, 251 v, 252 v, 253 v, 241 w, 24
2 w, 243 w, 251 w, 252 w, 253 w 電力線

請求の範囲

- [請求項1] 複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御装置であって、
- 前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、
- 前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と、
- を備える、
- 制御装置。
- [請求項2] 前記実行条件は、前記巻線に流れる電流の電流値の振幅が基準値を超えることである、
- 請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記指示部は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記ゼロクロス切替の実行を前記巻線切替装置に指示しない、
- 請求項1又は請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記制御装置は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記交流モータに流れる電流の電流値を変化させる電流制御部をさらに備え、
- 前記指示部は、前記電流制御部による前記電流の制御により前記電流値が目標値に達した場合に、前記巻線の接続状態の切替を前記巻線切替装置に指示する、
- 請求項3に記載の制御装置。
- [請求項5] 前記目標値はゼロである、
- 請求項4に記載の制御装置。
- [請求項6] 前記電流制御部は、電源から供給される電力を変換し、変換後の電

力を前記交流モータに出力する電力変換器における全てのレグをオフにすることにより、前記電流値を変化させる、

請求項5に記載の制御装置。

[請求項7] 前記指示部は、前記判定部によって前記実行条件が成立しないと判定された場合に、前記巻線切替装置に前記複数の巻線の接続状態の切替を指示しない、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項8] 複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータと、電源から出力される電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記交流モータに供給する電力変換器と、

前記複数の巻線の接続状態を切り替えるための巻線切替装置と、制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、

前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と

、

を含む、

巻線切替システム。

[請求項9] 複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータと、電源から出力される電力を交流電力に変換し、前記交流電力を前記交流モータに供給する電力変換器と、

前記複数の巻線の接続状態を切り替えるための巻線切替装置と、

制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定する判定部と、

前記判定部によって前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示する指示部と

、

を含む、

車両。

[請求項10]

複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御方法であって、

前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定するステップと、

前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示するステップと、

を含む、

制御方法。

[請求項11]

複数の巻線の接続状態を切り替えることが可能な交流モータを制御するための制御プログラムであって、

コンピュータに、

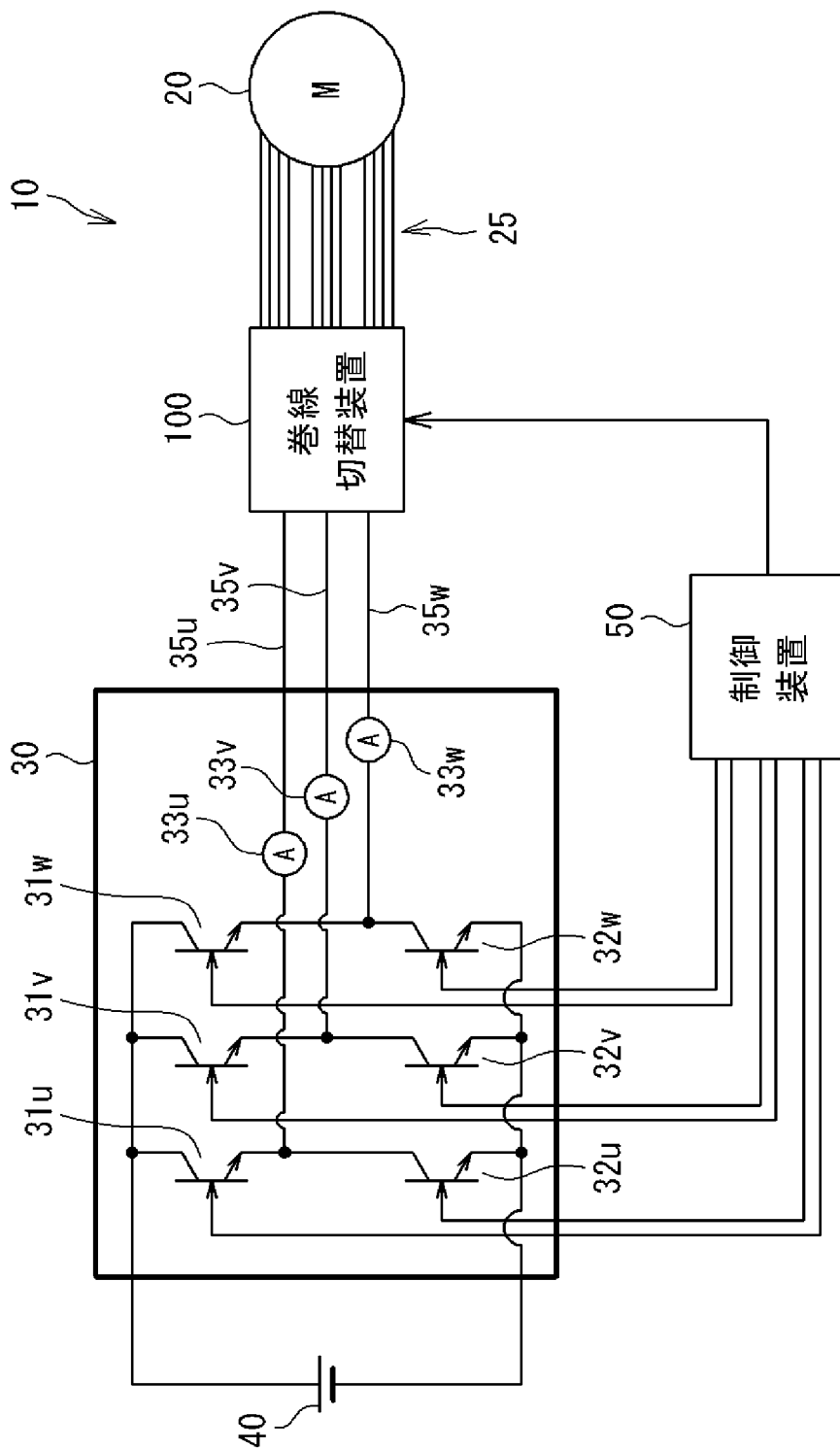
前記交流モータの前記複数の巻線の接続状態を、前記巻線に流れる電流のゼロクロス点において切り替えるゼロクロス切替を実行するための実行条件が成立したか否かを判定するステップと、

前記実行条件が成立したと判定された場合に、前記複数の巻線の接続状態を切り替える巻線切替装置に、前記ゼロクロス切替の実行を指示するステップと、

を実行させるための、
制御プログラム。

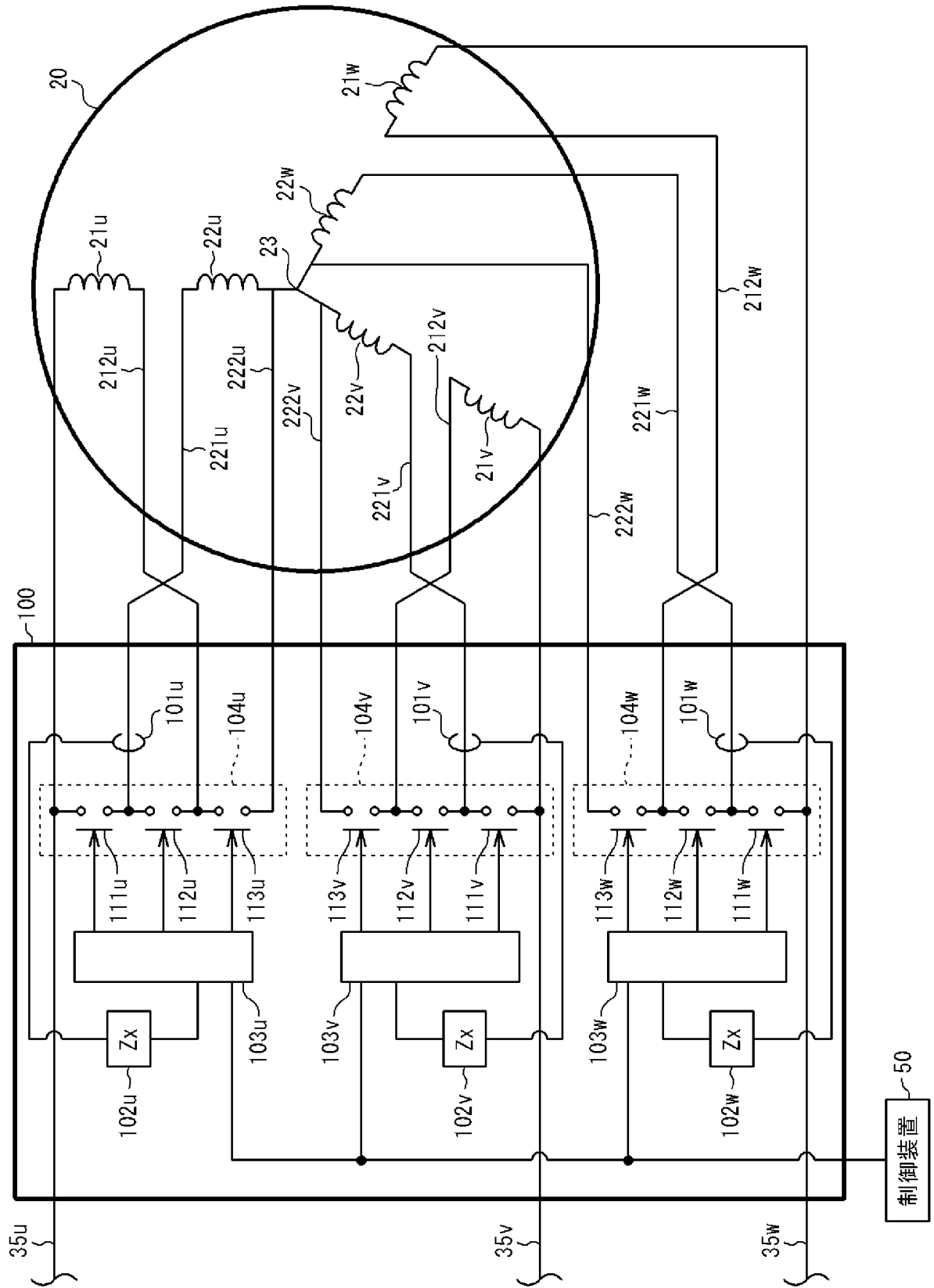
[図1]

図 1



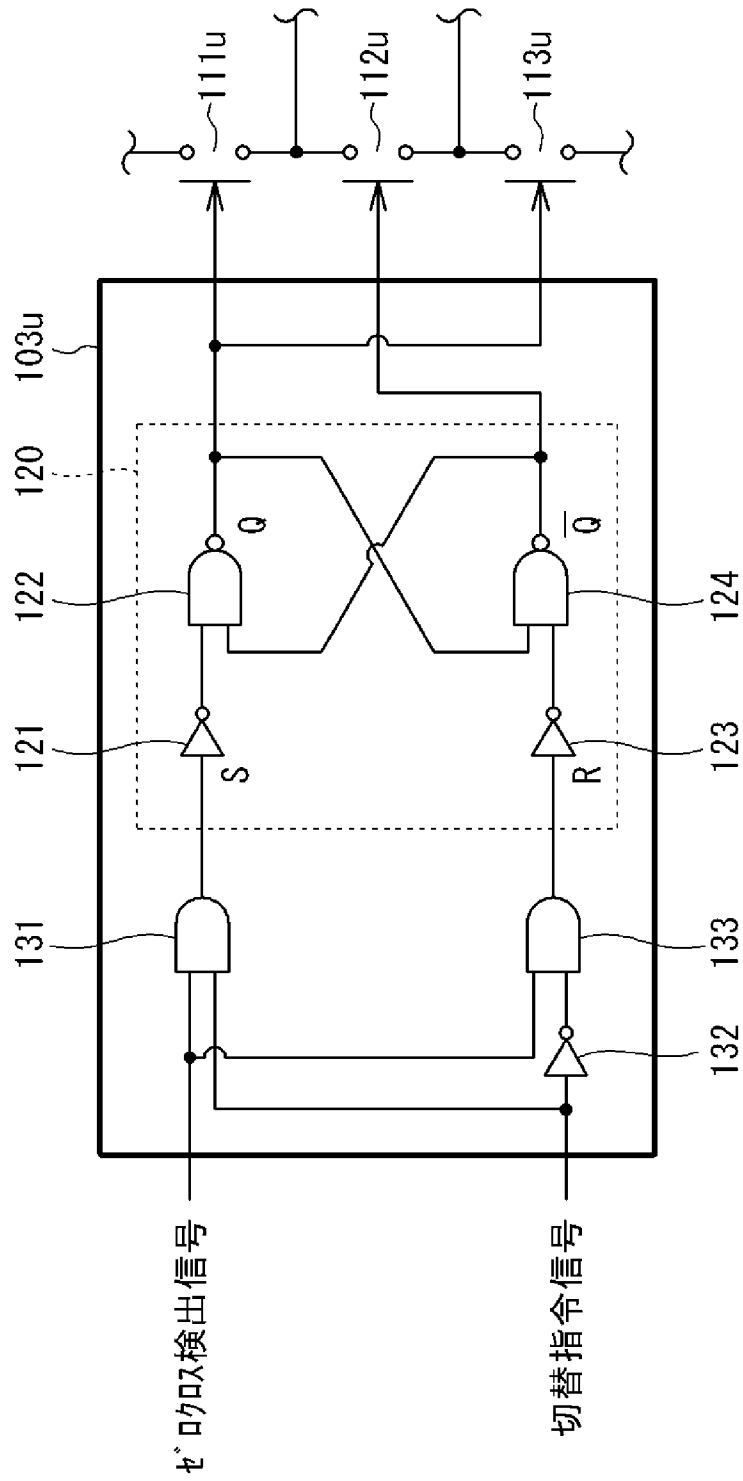
[図2]

図 2



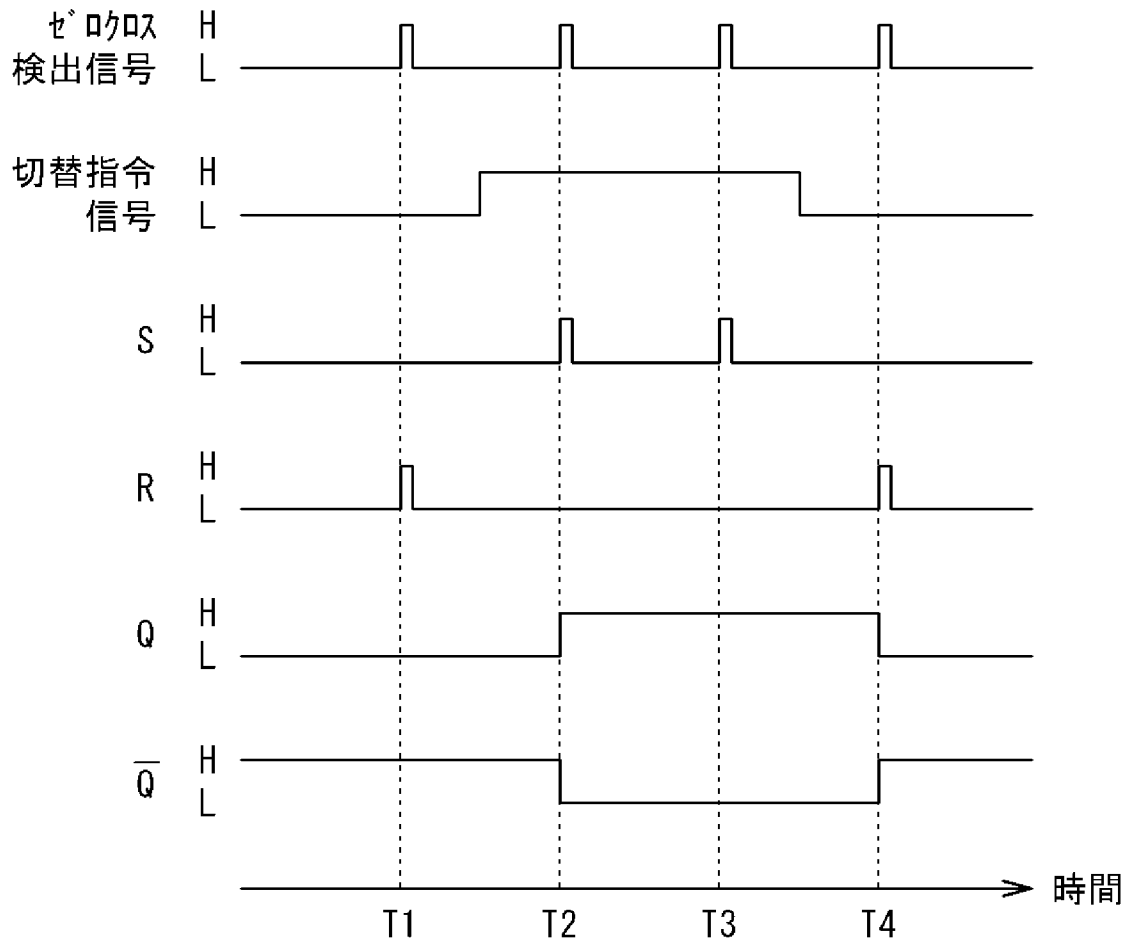
[図3]

図 3



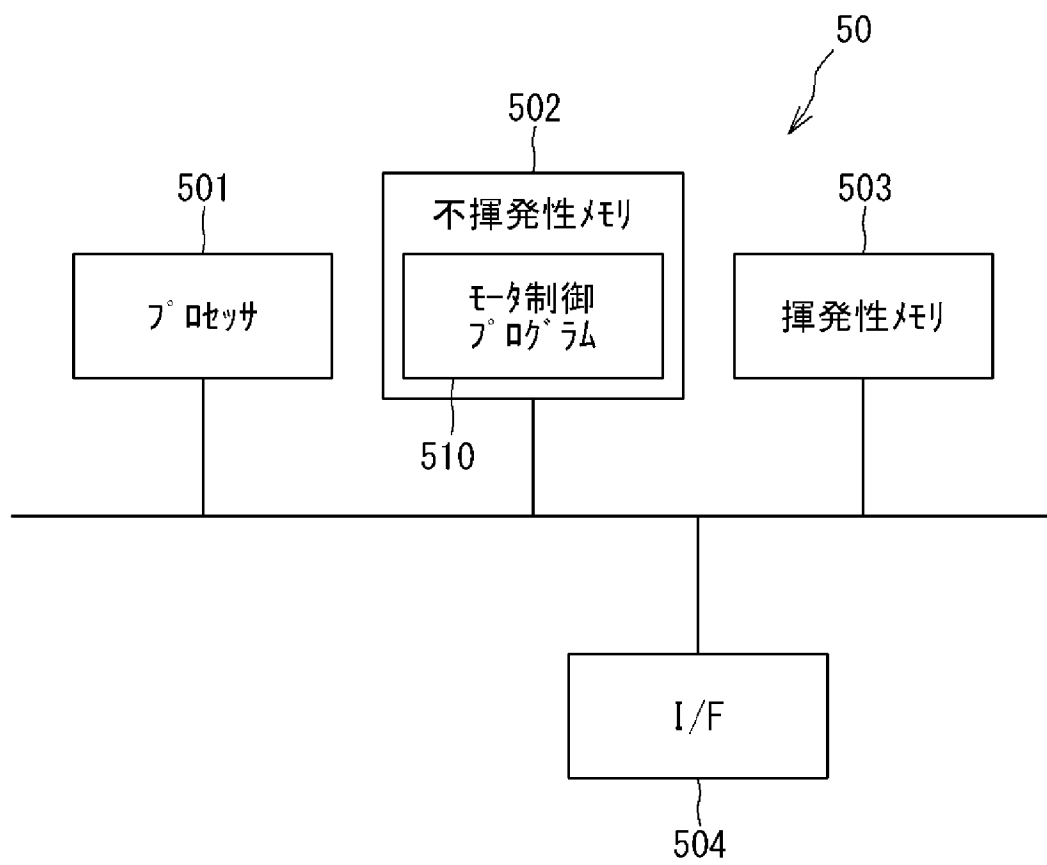
[図4]

図 4



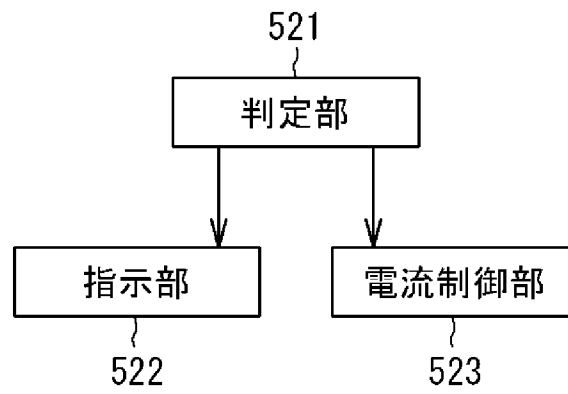
[図5]

図 5



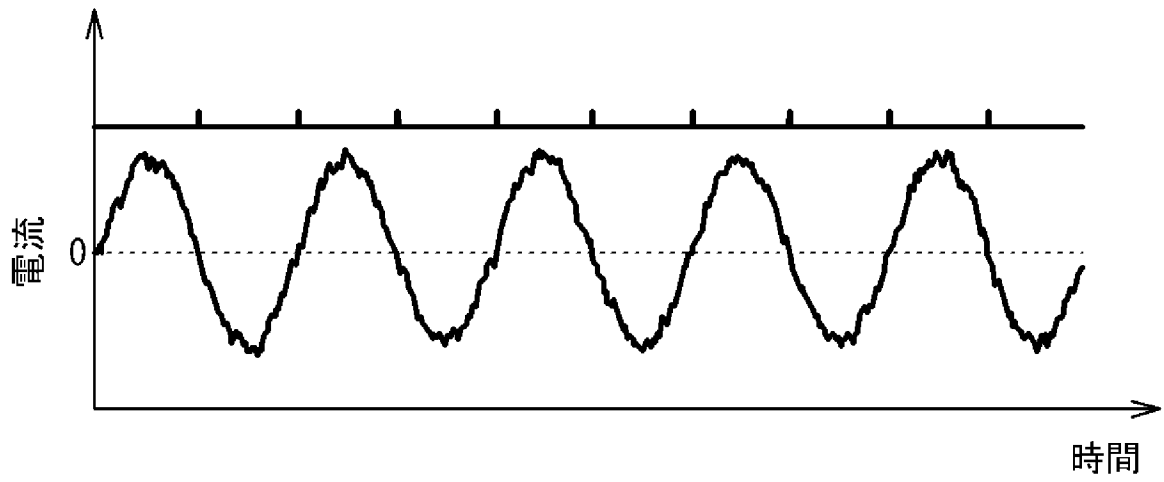
[図6]

図 6



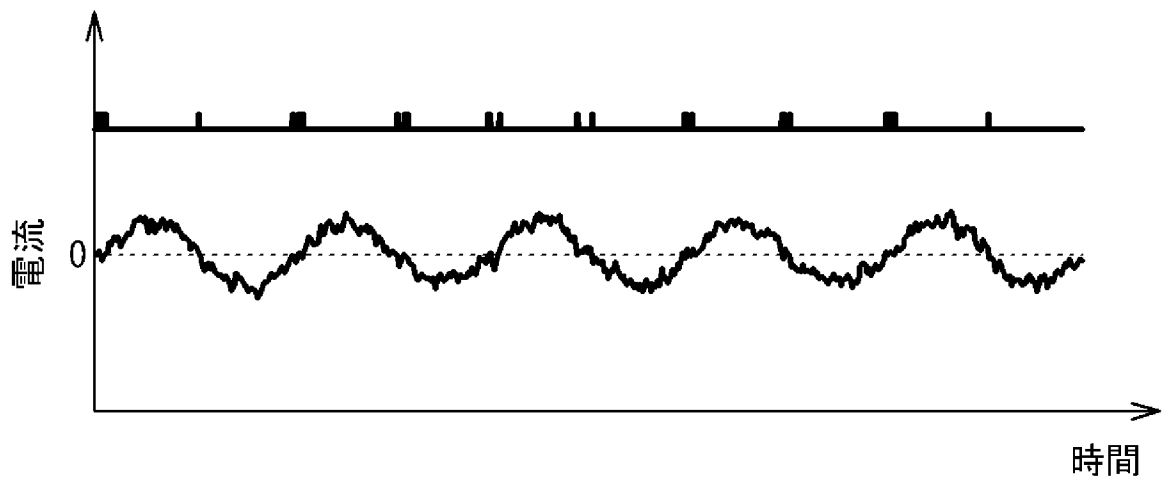
[図7A]

図 7 A



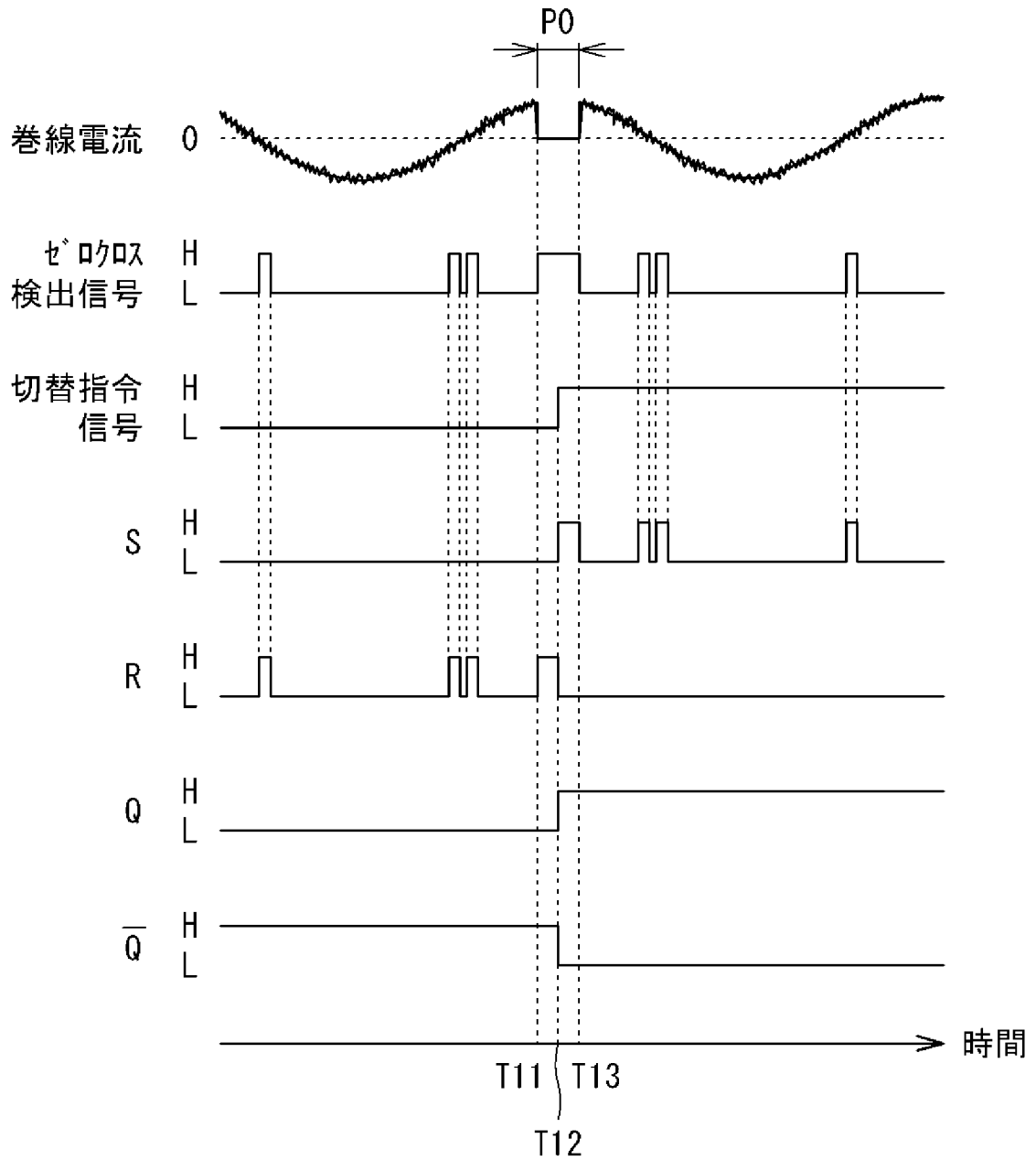
[図7B]

図 7 B



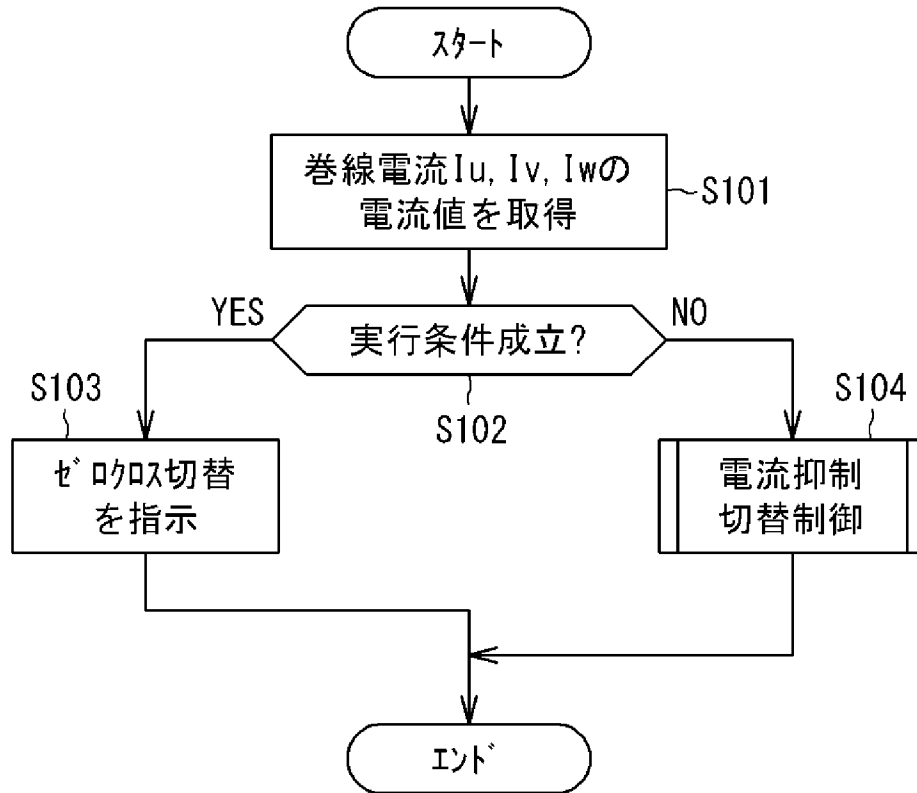
[図8]

図 8



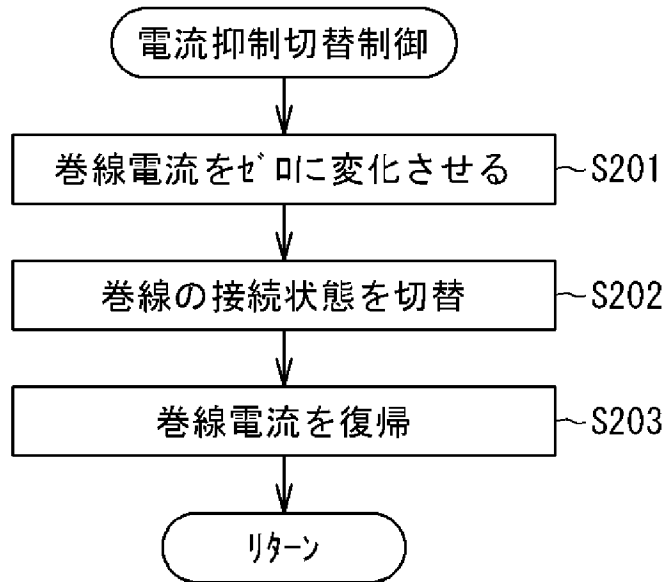
[図9]

図 9



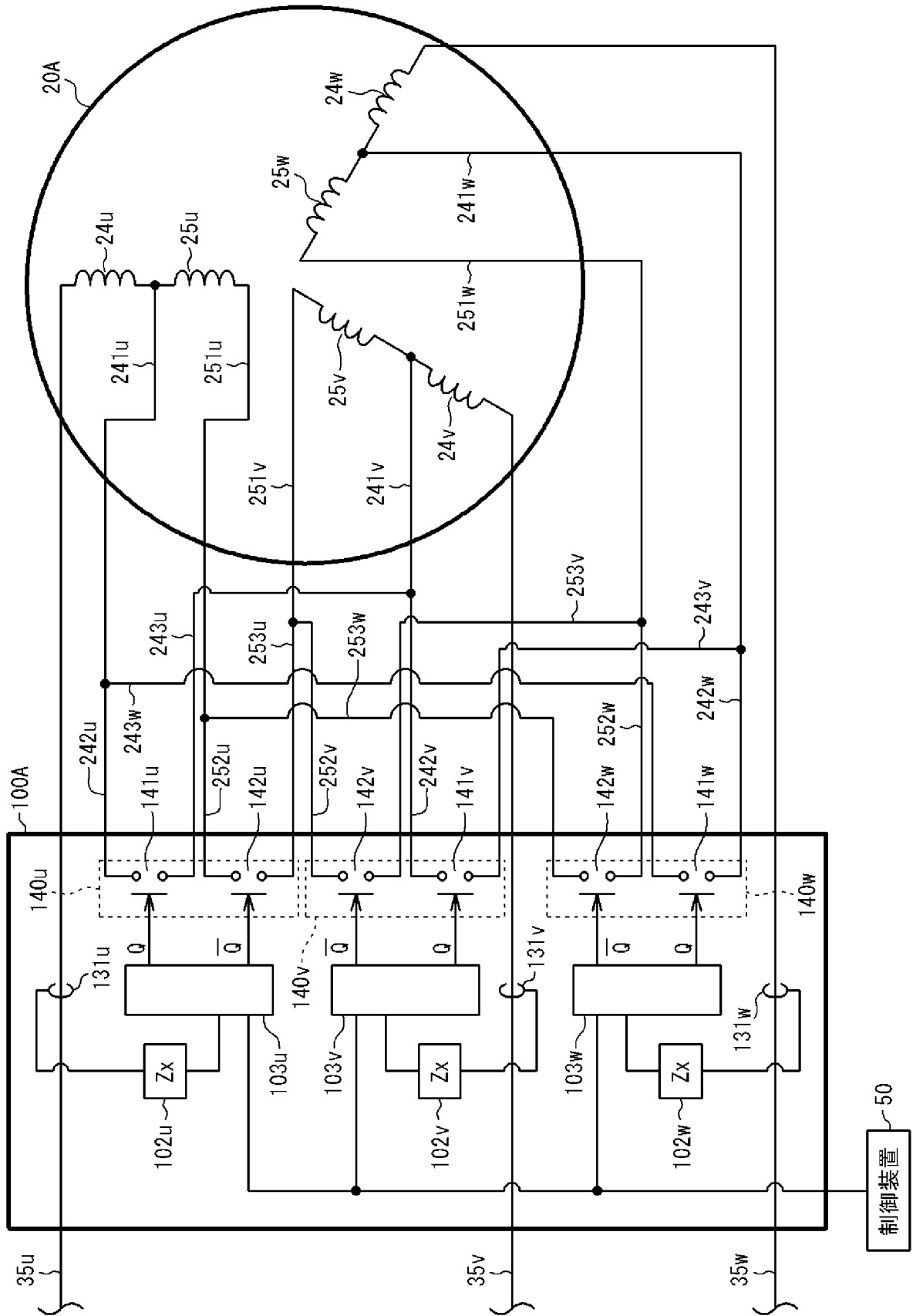
[図10]

図 10



[図11]

図 1 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/002542

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H02P 25/18</i> (2006.01)j FI: 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) H02P25/18		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
Y	WO 2021/181641 A1 (TOSHIBA CARRIER CORPORATION) 16 September 2021 (2021-09-16) paragraphs [0009]-[0058], fig. 1-7	1-3, 7-11
A		4-6
Y	JP 2020-43740 A (MAZDA MOTOR CORPORATION) 19 March 2020 (2020-03-19) paragraph [0089]	1-3, 7-11
A		4-6
A	WO 2021/210129 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 October 2021 (2021-10-21) entire text, all drawings	4-11
<input 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 03 April 2024		Date of mailing of the international search report 23 April 2024
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
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/002542

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021/181641	A1	16 September 2021	US	2023/0020906	A1	
				paragraphs [0014]-[0068], fig. 1-7			

JP	2020-43740	A	19 March 2020	(Family: none)			

WO	2021/210129	A1	21 October 2021	CN	115398796	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 25/18(2006.01)i FI: 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）） H02P25/18 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 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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
Y A	WO 2021/181641 A1（東芝キャリア株式会社）16.09.2021（2021-09-16） 段落0009-0058, 図1-7	1-3, 7-11 4-6
Y A	JP 2020-43740 A（マツダ株式会社）19.03.2020（2020-03-19） 段落0089	1-3, 7-11 4-6
A	WO 2021/210129 A1（三菱電機株式会社）21.10.2021（2021-10-21） 全文、全図	4-11
<input 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 03.04.2024	国際調査報告の発送日 23.04.2024	
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） 三島木 英宏 3V 3018 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

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/JP2024/002542

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/181641 A1	16.09.2021	US 2023/0020906 A1 [0014]-[0068], 図1-7	
JP 2020-43740 A	19.03.2020	(ファミリーなし)	
WO 2021/210129 A1	21.10.2021	CN 115398796 A	