

(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
2021年10月28日(28.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/214980 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/18 (2006.01) H02P 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/017705
- (22) 国際出願日: 2020年4月24日(24.04.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 豊留 慎也 (TOYODOME Shinya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 皇

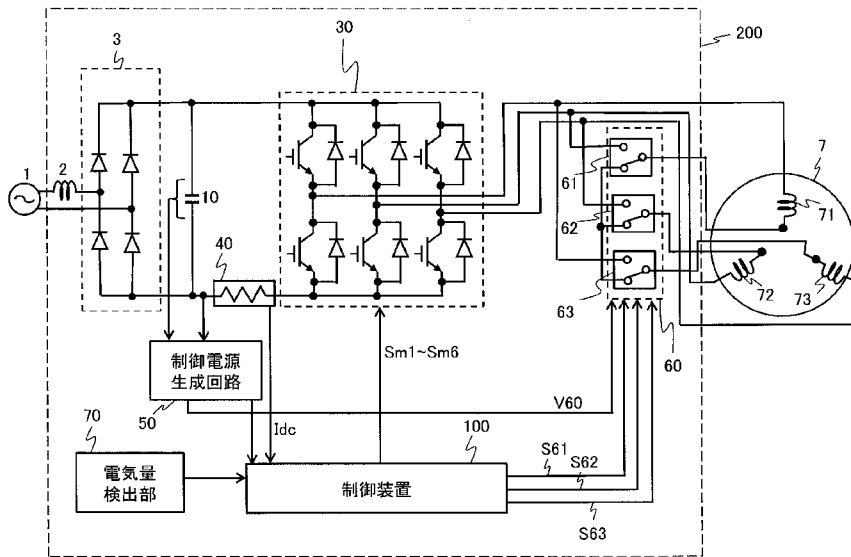
山 和徳(HATAKEYAMA Kazunori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山形 洋一, 外(YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR DRIVE DEVICE, REFRIGERATION CYCLE DEVICE, AIR CONDITIONER, WATER HEATER, AND REFRIGERATOR

(54) 発明の名称: 電動機駆動装置、冷凍サイクル装置、空気調和機、給湯機、及び冷蔵庫



50 Control power supply generation circuit
70 Electricity amount detection unit
100 Control device

(57) Abstract: This electric motor drive device comprises: a connection switching device (60) that includes a plurality of switches (61, 62, 63), and switches the connection state of windings (71, 72, 73) of an electric motor (7) by performing switching operations of the plurality of switches (61, 62, 63); an inverter (30) that applies an alternating-current voltage to the windings (71, 72, 73) via the plurality of switches (61, 62, 63), and to which a counter electromotive voltage is applied from the windings (71, 72, 73) of the electric motor (7) during a rotational operation via the plurality of switches (61, 62, 63); and a control device (100) that controls the rotational operation of the electric motor (7) by controlling the inverter (30), and makes the connection switching device (60) execute switching of the connection state. At the time of executing switching of the connection state during the rotational operation of the electric motor (7), the connection switching device (60) sequentially performs the respective switching operations for each of the plurality of switches (61, 62, 63) with time



WO 2021/214980 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

intervals therebetween.

(57) 要約：電動機駆動装置は、複数の切替器（61、62、63）を有し、複数の切替器（61、62、63）の切替え動作を行うことによって電動機（7）の巻線（71、72、73）の接続状態を切替える接続切替装置（60）と、複数の切替器（61、62、63）を介して巻線（71、72、73）に交流電圧を印加するとともに、回転動作中の電動機（7）の巻線（71、72、73）から複数の切替器（61、62、63）を介して逆起電圧が印加されるインバータ（30）と、インバータ（30）を制御することによって電動機（7）の回転動作を制御し、接続切替装置（60）に接続状態の切替えを実行させる制御装置（100）と、を有し、接続切替装置（60）は、電動機（7）の回転動作中に接続状態の切替えを実行する際に、複数の切替器（61、62、63）の各々の切替え動作を時間間隔を開けて順次行う。

明 細 書

発明の名称：

電動機駆動装置、冷凍サイクル装置、空気調和機、給湯機、及び冷蔵庫

技術分野

[0001] 本開示は、電動機駆動装置、それを備えた冷凍サイクル装置、並びに、この冷凍サイクル装置を備えた空気調和機、給湯機、及び冷蔵庫に関する。

背景技術

[0002] 接続切替装置の切替器（例えば、機械式のリレー）による電動機の巻線の接続状態の切替え動作を、電動機の回転動作を停止させずに行う電動機駆動装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。この電動機駆動装置は、電動機の巻線に流れる交流電流（すなわち、電動機電流）の実効値をゼロに近づけるようにインバータの出力電圧を制御している期間内に切替器の切替え動作を行う。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2019/087243号（例えば、図4、図6参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記従来の電動機駆動装置では、巻線に流れる交流電流の実効値をほぼゼロにするために、インバータの出力電圧を電動機で発生する逆起電圧にほぼ一致させることが必要となる。つまり、切替器の切替え動作中に、インバータによる通電が継続されている。例えば、切替器として機械式のリレーが用いられている場合には、リレー内の接点間にアーク放電が生じ、電動機の巻線を介さない短絡回路が形成されて短絡電流が流れ、切替器又はインバータが故障するおそれがある。

[0005] 本開示は、電動機の巻線の接続状態を切替える切替器の切替え動作を電動

機の回転動作を停止させずに行うことに起因する故障が生じにくい電動機駆動装置及びそれを備えた装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る電動機駆動装置は、複数の切替器を有し、前記複数の切替器の切替え動作を行うことによって電動機の巻線の接続状態を切替える接続切替装置と、前記複数の切替器を介して前記巻線に交流電圧を印加するとともに、回転動作中の前記電動機の前記巻線から前記複数の切替器を介して逆起電圧が印加されるインバータと、前記インバータを制御することによって前記電動機の回転動作を制御し、前記接続切替装置に前記接続状態の切替えを実行させる制御装置と、を有し、前記接続切替装置は、前記電動機の回転動作中に前記接続状態の切替えを実行する際に、前記複数の切替器の各々の切替え動作を時間間隔を開けて順次行うことを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、電動機の巻線の接続状態を切替える切替器の切替え動作を電動機の回転動作を停止させずに行うことに起因する、電動機駆動装置の故障が生じにくくなり、電動機駆動装置の寿命を長くすることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態の空気調和機（冷凍サイクル装置を含む）の構成例を示す概略図である。

[図2]実施の形態の給湯機（冷凍サイクル装置を含む）の構成例を示す概略図である。

[図3]実施の形態の冷蔵庫（冷凍サイクル装置を含む）の構成例を示す概略図である。

[図4]実施の形態1の電動機駆動装置の構成を示す図である。

[図5]実施の形態1の電動機駆動装置の他の構成を示す図である。

[図6]図4のインバータの構成を示す図である。

[図7]図4の電動機の巻線及び接続切替装置の構成例を詳細に示す回路図である。

[図8]図4の接続切替装置の構成例を詳細に示す回路図である。

[図9](a)及び(b)は、電動機の異なる結線状態における巻線を概念的に示す図である。

[図10]実施の形態1で用いられる制御装置の一例を示す機能ブロック図である。

[図11]図10の電圧指令演算部の構成の一例を示す図である。

[図12]比較例において発生し得る短絡電流の経路を示す回路図である。

[図13](a)及び(b)は、結線切替時の切替器の信号の一例を示す図である。

[図14](a)及び(b)は、複数の切替器を時間をずらして順次切替えた場合の結線状態を示す図である。

[図15](a)から(c)は、複数の切替器を時間をずらして順次切替えた場合の結線状態を示す図である。

[図16]結線切替前後の電流波形の一例を示す。

[図17]実施の形態2における電動機の巻線と接続切替装置とを示す回路図である。

[図18]図17の接続切替装置の切替器にMOSトランジスタを用いた構成例を示す回路図である。

[図19]図18の切替器のMOSトランジスタのオン及びオフ状態の例を表形式で示す図である。

[図20]実施の形態3における電動機の巻線と接続切替装置とを示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、図面を参照して、実施の形態に係る電動機駆動装置、それを備えた冷凍サイクル適用機器である冷凍サイクル装置、並びに、この冷凍サイクル装置を備えた空気調和機、給湯機、及び冷蔵庫について説明する。なお、以下に示す実施の形態は例に過ぎず、電動機駆動装置及びそれを備えた各装置は、種々の変更が可能である。なお、以下の説明において、同じ符号が付

された構成要素は、同じ又は同様の機能を持つ。

[0010] 図1は、実施の形態の空気調和機（冷凍サイクル装置900を含む）の構成例を示す概略図である。図1に示されるように、冷凍サイクル装置900は、四方弁902の切替え動作により暖房運転又は冷房運転を行うことができる。

[0011] 暖房運転時には、実線矢印で示されるように、冷媒が圧縮機904で加圧されて送り出され、四方弁902、室内の熱交換器906、膨張弁908、室外の熱交換器910及び四方弁902を通過して圧縮機904に戻る。冷房運転時には、破線矢印で示されるように、冷媒が圧縮機904で加圧されて送り出され、四方弁902、室外の熱交換器910、膨張弁908、室内の熱交換器906及び四方弁902を通過して圧縮機904に戻る。

[0012] 暖房運転時には、熱交換器906が凝縮器として作用して熱放出を行い（つまり、室内を暖房し）、熱交換器910が蒸発器として作用して熱吸収を行う。冷房運転時には、熱交換器910が凝縮器として作用して熱放出を行い、熱交換器906が蒸発器として作用して熱吸収を行う（つまり、室内を冷房する）。圧縮機904は、電動機駆動装置200によって可変速制御される電動機7によって駆動される。

[0013] 図2は、実施の形態のヒートポンプ式給湯機（冷凍サイクル装置900aを含む）の構成例を示す概略図である。図2に示されるように、冷凍サイクル装置900aでは、熱交換器906が凝縮器として作用して熱放出を行い（つまり、水を温め）、熱交換器910が蒸発器として作用して熱吸収を行う。圧縮機904は、電動機駆動装置200によって可変速制御される電動機7によって駆動される。

[0014] 図3は、実施の形態の冷蔵庫（冷凍サイクル装置900bを含む）の構成例を示す概略図である。図3に示されるように、冷凍サイクル装置900bでは、熱交換器910が凝縮器として作用して熱放出を行い、熱交換器906が蒸発器として作用し、熱吸収を行う（つまり、冷蔵庫内を冷却する）。圧縮機904は、電動機駆動装置200によって可変速制御される電動機7

によって駆動される。

[0015] 《1》実施の形態1.

《1-1》実施の形態1の概要

図4は、実施の形態1の電動機駆動装置200の構成例を、電動機7及び交流電源1とともに示す図である。図5は、電動機駆動装置200の他の構成例を示す図である。電動機駆動装置200は、電動機7を駆動するための回路である。図4に示されるように、電動機駆動装置200は、インバータ30と、接続切替装置60と、制御装置100とを備える。また、電動機駆動装置200は、交流電源入力端子と、リアクトル2と、整流回路3と、コンデンサ10と、制御電源生成回路50と、母線電流検出部40と、電流量検出部70とを備えてもよい。

[0016] 接続切替装置60は、複数のスイッチ回路としての切替器61、62、63を有する。接続切替装置60は、電動機7の回転動作中に、すなわち、電動機7の回転を停止させずに、切替器61、62、63の切替え動作を行うことによって、電動機7の巻線71、72、73の接続状態（すなわち、結線状態）を切替える。インバータ30は、切替器61、62、63を介して巻線71、72、73に交流電圧を印加するとともに、切替器61、62、63を介して回転動作中の電動機7の巻線71、72、73から逆起電圧が印加される。

[0017] 制御装置100は、インバータ30を制御することによって電動機7の回転動作を制御する。また、制御装置100は、接続切替装置60に巻線の接続状態の切替えを実行させる。実施の形態1においては、制御装置100は、巻線71、72、73に流れる交流電流の値がゼロに近づけられている電流制御期間 P_c （後述の図16に示される）内に、切替器61、62、63の切替え動作を実行させる。電流制御期間 P_c は、「ゼロ電流制御期間」とも言う。

[0018] なお、本出願において、巻線の接続状態は、巻線の結線状態（例えば、Y結線と Δ 結線）と、巻線の巻数との両方を含む。巻線の巻数の切替えについ

ては、実施の形態3で説明する。また、切替器61、62、63を機械式のリレーで構成した場合には、電流制御期間Pcは、数百ミリ秒以下に設定可能である。切替器61、62、63を半導体スイッチで構成した場合には、電流制御期間Pcは、数ミリ秒以下に設定可能である。また、電動機7を空気調和機、ヒートポンプ式給湯機、冷蔵庫などの冷凍サイクル装置の圧縮機に使用する場合には、電流制御期間Pcは、数m秒から1秒までの範囲内で設定できる。

[0019] 《1-2》実施の形態1の構成

制御装置100は、例えば、制御情報をソフトウェアプログラムとして記憶する記憶装置としてのメモリと、このプログラムを実行する情報処理装置としてのCPU (Central Processing Unit) とを備えたマイコン (マイクロコンピュータ)、又はDSP (Digital Signal Processor) などで構成される。また、制御装置100は、専用のハードウェア (例えば、処理回路) で構成されてもよい。以下では、制御装置100がマイコンで構成されている場合を説明する。

[0020] 電動機駆動装置200には、交流電源入力端子を介して外部の交流電源1から交流電圧が印加される。印加される電圧は、例えば、振幅の実効値が100V又は200Vなどであり、周波数が50Hz又は60Hzなどである。

[0021] 整流回路3は、交流電源1から交流電源入力端子及びリアクトル2を介して交流電圧を受けて、これを整流することで、直流電圧を生成する。整流回路3は、ダイオードなどの整流素子をブリッジ接続することで形成された全波整流回路である。

[0022] コンデンサ10は、整流回路3で生成された直流電圧を平滑化して、直流電圧 (図6に示されるV20) を出力する。

[0023] 図6は、図4のインバータ30の構成を示す図である。図6に示されるように、インバータ30は、インバータ主回路310と、駆動回路350とを有する。インバータ主回路310の入力端子は、コンデンサ10の電極に接

続されている。整流回路 3 の出力、コンデンサ 10 の電極、及びインバータ主回路 310 の入力端子を結ぶ線を、直流母線と言う。

[0024] インバータ 30 は、制御装置 100 によって制御されて、インバータ主回路 310 の 6 つのアームのスイッチング素子 311 ~ 316 がオン、オフ動作する。このオン、オフ動作によって、インバータ 30 は、周波数可変で電圧可変の 3 相交流電流を生成し、この 3 相交流電流を電動機 7 に供給する。スイッチング素子 311 ~ 316 には、還流用の整流素子 321 ~ 326 がそれぞれ並列接続されている。

[0025] 電動機 7 は、3 相永久磁石同期電動機であり、固定子巻線（単に「巻線」とも言う）の端部が電動機 7 の外部に引き出されており、スター結線（Y 結線）及びデルタ結線（ Δ 結線）のいずれかへの切替えが可能なものである。この切替えは、接続切替装置 60 により行われる。なお、Y 結線を第 1 の結線という場合には、 Δ 結線が第 2 の結線であり、 Δ 結線を第 1 の結線という場合には、Y 結線が第 2 の結線である。また、巻線の接続状態は、3 種類以上であってもよい。

[0026] 図 7 は、電動機 7 の巻線 71、72、73 及び接続切替装置 60 の構成例を詳細に示す回路図である。図 7 に示されるように、電動機 7 の、U 相、V 相、W 相から成る 3 つの相の巻線 71、72、73 の第 1 の端部 71a、72a、73a が、外部端子 71c、72c、73c にそれぞれ接続されている。電動機 7 の、U 相、V 相、W 相の巻線 71、72、73 の第 2 の端部 71b、72b、73b が、外部端子 71d、72d、73d にそれぞれ接続されている。このように、電動機 7 は、接続切替装置 60 と接続されている。また、外部端子 71c、72c、73c には、インバータ 30 の U 相、V 相、W 相の出力線 331、332、333 が接続されている。

[0027] 接続切替装置 60 は、図示の例では、切替器 61、62、63 で構成されている。切替器 61、62、63 としては、電磁的に接点が開閉する電磁接触器が用いられている。そのような電磁接触器は、リレー、コンタクターなどと呼ばれるものが含まれる。

- [0028] 図8は、図4の接続切替装置60の構成例を詳細に示す回路図である。接続切替装置60の切替器61、62、63は、例えば、図8に示されるように構成されている。励磁コイル611、621、631に電流が流されているときと、電流が流されていないときとで、異なる結線状態になる。励磁コイル611、621、631は、半導体スイッチ604、605、606を介して、切替電源電圧V60を受けるように接続される。図4及び図8に示される例では、半導体スイッチ604、605、606の開閉は、制御装置100から出力される切替制御信号S61、S62、S63により制御される。また、図5及び図8に示される例では、半導体スイッチ604、605、606の開閉は、制御装置100から出力される切替制御信号ScであるSc__1、信号Scを遅延させた信号であるSc__2、信号Scをさらに遅延させた信号であるSc__3により制御される。なお、制御装置100に含まれるマイコンからの電流供給が十分確保されている場合には、マイコンから直接励磁コイル611、621、631に電流を流すように動作してもよい。
- [0029] 切替器61の共通接点61cは、リード線61eを介して外部端子71dに接続されている。常閉接点61bは、中性点ノード64に接続され、常開接点61aは、インバータ30のV相の出力線332に接続されている。
- [0030] 切替器62の共通接点62cは、リード線62eを介して外部端子72dに接続されている。常閉接点62bは、中性点ノード64に接続され、常開接点62aは、インバータ30のW相の出力線333に接続されている。
- [0031] 切替器63の共通接点63cは、リード線63eを介して外部端子73dに接続されている。常閉接点63bは、中性点ノード64に接続され、常開接点63aは、インバータ30のU相の出力線331に接続されている。
- [0032] 励磁コイル611、621、631に電流が流れていないときは、切替器61、62、63が、図8に示されるように、常閉接点側に切替わった状態、すなわち、共通接点61c、62c、63cが常閉接点61b、62b、63bに接続された状態（すなわち、導通状態）にあり、常開接点61a、

62a、63aに接続されていない状態（すなわち、非導通状態）にある。
この状態では、電動機7は、Y結線状態にある。

[0033] 励磁コイル611、621、631に電流が流れているときは、切替器61、62、63が図示とは逆に、常開接点側に切替わった状態、すなわち、共通接点61c、62c、63cが常開接点61a、62a、63aに接続された状態にあり、常閉接点61b、62b、63bに接続されていない状態（すなわち、非導通状態）にある。この状態では、電動機7は、Δ結線状態にある。

[0034] ここで、電動機7としてY結線及びΔ結線のいずれかへの切替えが可能なものを用いることの利点について図9（a）及び（b）を用いて説明する。図9（a）は、Y結線としたときの巻線の結線状態、図9（b）は、Δ結線としたときの巻線の結線状態をそれぞれ概念的に示す。

[0035] Y結線時の線間電圧を V_Y 、巻線に流れ込む電流を I_Y とし、Δ結線時の線間電圧を V_Δ 、巻線に流れ込む電流を I_Δ とし、各相の巻線に掛かる電圧が互いに等しいとすると、以下の式（1）及び（2）の関係が成立する。

$$V_\Delta = V_Y / \sqrt{3} \quad (1)$$

$$I_\Delta = \sqrt{3} \times I_Y \quad (2)$$

[0036] Y結線時の電圧 V_Y 及び電流 I_Y と、Δ結線時の電圧 V_Δ 及び電流 I_Δ とが式（1）及び（2）の関係を有するとき、Y結線時とΔ結線時とで電動機に供給される電力が互いに等しい。つまり、電動機に供給される電力が互いに等しいとき、Δ結線の方が電流は大きく、駆動に必要な電圧が低い。

[0037] 以上の性質を利用し、負荷条件などに応じて結線状態を選択することが考えられる。例えば、低負荷時には、Y結線で低速運転し、高負荷時には、Δ結線で高速運転することが考えられる。このようにすることで、低負荷時の効率を向上させ、高負荷時の高出力化も可能となる。

[0038] 以下に、この点について、空気調和機の圧縮機を駆動する電動機の場合を例に、さらに詳しく述べる。空気調和機の圧縮機駆動用の電動機7としては、省エネルギー化の要求に応えるため、回転子に永久磁石を備えた同期電動

機が広く用いられている。また、近年の空気調和機においては、室温と設定温度との差が大きいときは、電動機 7 を高速で回転させる高速運転によって室温を設定温度に早く近づけ、室温が設定温度に近いときは、電動機 7 を低速で回転させる低速運転によって室温を維持するようにしている。このように制御する場合、全運転時間に対する低速運転の時間の占める割合が大きい。

[0039] 同期電動機を用いた場合、回転数が上がると逆起電力が増加し、駆動に必要な電圧値が増加する。この逆起電力は、上記のように Y 結線の方が Δ 結線に比べて高い。

[0040] 高速での逆起電力を抑制するために、永久磁石の磁力を小さくしたり、巻線の巻き数を減らしたりすることが考えられる。しかし、そのようにすると、同一出力トルクを得るための電流が増加するため、電動機 7 及びインバータ 30 に流れる電流が増加し、効率が低下する。

[0041] そこで、回転数に応じて結線状態を切替えることが考えられる。例えば、高速での運転が必要な場合には、 Δ 結線状態とする。このようにすることで、駆動に必要な電圧を（Y 結線において必要な電圧に比べ） $1/\sqrt{3}$ にすることができる。このため、巻線の巻き数を減らす必要もなく、また、弱め磁束制御を用いる必要もない。

[0042] 一方、低速回転では、Y 結線状態とすることで Δ 結線に比べて電流値を $1/\sqrt{3}$ にできる。さらに、巻線を Y 結線状態で低速での駆動に適したように設計することが可能となり、Y 結線を速度範囲の全域にわたり使用する場合に比べて、電流値を低減することが可能となる。この結果、インバータ 30 の損失を低減することができ、効率を高めることが可能となる。

[0043] 以上説明したように、負荷条件に応じて結線状態を切替えることには意義があり、接続切替装置 60 が設けられるのは、このような切替えを可能にするためである。

[0044] 図 4 及び図 5 に示される母線電流検出部 40 は、母線電流、すなわち、インバータ 30 に入力する直流電流 I_{dc} を検出する。母線電流検出部 40 は

、直流母線に挿入されたシャント抵抗を含み、検出結果を示すアナログ信号を制御装置100に供給する。このアナログ信号（すなわち、検出信号）は、制御装置100で図示しないA/D（Analog to Digital）変換部によりデジタル信号に変換されて制御装置100の内部での処理に用いられる。

[0045] 制御装置100は、上記のように、接続切替装置60による結線状態の切替を制御するとともに、インバータ30の動作を制御する。インバータ30の制御のため、制御装置100は、PWM（Pulse Width Modulation）信号Sm1～Sm6を生成して、インバータ30に供給する。

[0046] 図6に示されるように、インバータ30は、インバータ主回路310のほか、駆動回路350を備えており、駆動回路350がPWM信号Sm1～Sm6に基づいて駆動信号Sr1～Sr6を生成する。駆動回路350は、駆動信号Sr1～Sr6によりスイッチング素子311～316のオン、オフを制御し、これにより、周波数可変で電圧可変の3相交流電圧が電動機7に印加される。

[0047] PWM信号Sm1～Sm6が論理回路の信号レベルの大きさ（0～5V）のものであるのに対し、駆動信号Sr1～Sr6は、スイッチング素子311～316を制御するのに必要な電圧レベル、例えば、+15Vから-15Vまでの大きさを持つ信号である。また、PWM信号Sm1～Sm6が、制御装置100の接地電位を基準電位とするものであるのに対し、駆動信号Sr1～Sr6は、それぞれ対応するスイッチング素子の負側の端子であるエミッタ端子の電位を基準電位とするものである。

[0048] 図10は、図4の制御装置100の一例を示す機能ブロック図である。図10に示されるように、制御装置100は、運転制御部102及びインバータ制御部110を有する。

[0049] 運転制御部102は、電気量検出部70から提供される指令信号Qeに基づいて指示信号を出力する。電気量検出部70は、図示しない温度センサで

検出された室温（例えば、空調対象空間の温度）を示す電気信号の電気量に基づく指令信号、並びに、図示しない操作部（例えば、リモコン）からの指示情報を示す指令信号を受け、空気調和機の各部の動作を制御する。操作部からの指示には、設定温度を示す情報、運転モードの選択、運転開始及び終了の指示などが含まれる。

[0050] 運転制御部102は、例えば、電動機7の巻線をY結線とするかΔ結線とするかの決定及び目標回転数の決定を行い、この決定に基づいて切替制御信号Sc及び周波数指令値 ω^* を出力する。運転制御部102は、例えば、室温と設定温度との差が大きいときは、Δ結線とすることを決め、目標回転数を比較的高い値に設定し、起動後上記の目標回転数に対応する周波数まで徐々に周波数を上昇する周波数指令値 ω^* を出力する。

[0051] 運転制御部102は、周波数が目標回転数に対応する周波数に達したら、室温が設定温度に近づくまで、その状態を維持し、室温が設定温度に近くなったら、一旦電動機を停止させ、Y結線に切替え、比較的低い目標回転数に対応する周波数まで徐々に上昇する周波数指令値 ω^* を出力する。運転制御部102は、周波数が目標回転数に対応する周波数に達したら、その後、室温が設定温度に近い状態を維持するための制御を行う。この制御には、周波数の調整、電動機の停止、再始動などが含まれる。

[0052] 図10に示されるように、インバータ制御部110は、電流復元部111、3相2相変換部112、周波数補償部113、一次周波数演算部114、電圧指令演算部115、2相3相変換部116、PWM生成部117、電気角位相演算部118、及び励磁電流指令制御部119を有する。

[0053] 電流復元部111は、母線電流検出部40（図4及び図5に示される。）で検出された直流電流Idcの値に基づいて電動機7に流れる相電流 i_u 、 i_v 、 i_w を復元する。電流復元部111は、母線電流検出部40で検出される直流電流Idcを、PWM生成部117から提供されたPWM信号に基づいて定められるタイミングでサンプリングすることで、相電流 i_u 、 i_v 、 i_w を復元する。

- [0054] 3相2相変換部112は、電流復元部111により復元された電流値 i_u 、 i_v 、 i_w を、後述の電気角位相演算部118で生成される電気角位相 θ を用いて励磁電流成分（「 γ 軸電流」とも言う） i_γ 及びトルク電流成分（「 δ 軸電流」とも言う） i_δ で表わされる γ - δ 軸の電流値に変換する。
- [0055] 励磁電流指令制御部119は、トルク電流成分（ δ 軸電流） i_δ を基にして、電動機7を駆動するために最も効率が良くなる最適な励磁電流指令値 i_γ^* を求める。なお、図9においては、トルク電流成分 i_δ を基にして励磁電流指令値 i_γ^* を求めているが、励磁電流成分 i_γ 、周波数指令値 ω^* を基にして励磁電流指令値 i_γ^* を求めても同様の効果を得ることができる。
- [0056] 励磁電流指令制御部119では、トルク電流成分 i_δ （又は、励磁電流成分 i_γ 、周波数指令値 ω^* ）に基づいて、出力トルクが予め決められた値以上（あるいは最大）、すなわち電流値が予め決められた値以下（あるいは最小）となる電流位相角 β_m （図示せず）となるような励磁電流指令値 i_γ^* を出力する。
- [0057] 図11は、図10の電圧指令演算部115の一例を示す図である。図11に示されるように、電圧指令演算部115は、3相2相変換部112より得られた γ 軸電流 i_γ 及び δ 軸電流 i_δ と、周波数指令値 ω^* と、励磁電流指令制御部119より得られた励磁電流指令値 i_γ^* とに基づいて、電圧指令値 V_γ^* 、 V_δ^* を出力するよう動作する。
- [0058] 制御器1152は、例えば、比例積分（PI）制御器であり、周波数指令値 ω^* と周波数推定部1151により生成された周波数推定値 ω_{est} との差分（ $\omega^* - \omega_{est}$ ）に基づいて、周波数推定値 ω_{est} が周波数指令値 ω^* に一致するような δ 軸電流指令値 i_δ^* を出力する。
- [0059] 周波数推定部1151は、 γ 軸電流 i_γ 及び δ 軸電流 i_δ と電圧指令値 V_γ^* 、 V_δ^* とに基づいて、電動機7の周波数を推定して、周波数推定値 ω_{est} を生成する。
- [0060] 切替部1155は、 δ 軸電流指令値 i_δ^* と0とのいずれかから δ 軸電流指令値 i_δ^{**} の値を選択し、例えば、PI制御器などの制御器1156は、 δ 軸

電流 i_δ が δ 軸電流指令値 i_δ^{**} に一致するような δ 軸電圧指令値 V_δ^* を出力する。

[0061] 切替部 1153 は、 γ 軸電流指令値 i_γ^* と 0 とのいずれかから γ 軸電流指令値 i_δ^{**} の値を選択し、例えば、PI 制御器などの制御器 1154 は、 γ 軸電流 i_γ が γ 軸電流指令値 i_γ^{**} に一致するような γ 軸電圧指令値 V_γ^* を出力する。

[0062] 図 10 に示される 2 相 3 相変換部 116 は、電圧指令演算部 115 により得られた γ 軸電圧指令値 V_γ^* 及び δ 軸電圧指令値 V_δ^* (2 相座標系の電圧指令値) を電気角位相演算部 118 により得られた電気角位相 θ を用いて 3 相座標系の出力電圧指令値 (3 相電圧指令値) V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換して出力する。

[0063] PWM 生成部 117 は、2 相 3 相変換部 116 より得られる 3 相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を基に PWM 信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ を生成して出力する。

[0064] 運転制御部 102 から提供される停止信号 S_t は、例えば、PWM 生成部 117 に与えられ、PWM 生成部 117 は、停止信号 S_t を受けると、直ちに PWM 信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ の出力を停止する。

[0065] なお、図 10 の例では、インバータ 30 の入力側の直流電流 I_{dc} から相電流 i_u 、 i_v 、 i_w を復元する構成を説明しているが、インバータ 30 の出力線 331、332、333 に電流検知器を設け、該電流検知器で相電流を検出するような構成としてもよい。このようにする場合には、上記電流検知器で検出された電流を、電流復元部 111 で復元された電流の代わりに用いればよい。

[0066] また、電動機 7 に 3 相永久磁石同期電動機を用いた場合、電動機 7 に過大な電流が流れると永久磁石の不可逆減磁が発生し磁力が低下する。そのような状態が発生すると、同一のトルクを出力するための電流が増加するため、損失が悪化する問題が発生する。そのため、相電流 i_u 、 i_v 、 i_w もしくは直流電流 I_{dc} を制御装置 100 に入力し、電動機 7 に過大な電流が流れた場合に、PWM 信号 $S_{m1} \sim S_{m6}$ を停止させることで電動機 7 への通電を停

止させることで、不可逆減磁を防止することが可能となる。なお、相電流 i_u 、 i_v 、 i_w もしくは直流電流 I_{dc} にノイズを除去する LPF (Low Pass Filter) を設けることで、ノイズにより誤って $S_{m1} \sim S_{m6}$ を停止させることを防止することが可能であり、より信頼性を向上させることが可能となる。

[0067] ここで、電動機 7 として Y 結線と Δ 結線のいずれかへの切替が可能なものを用いた場合は、Y 結線と Δ 結線で不可逆減磁が発生する電流値 (図 9 の I_Y と I_{Δ}) が概ね $\sqrt{3}$ 倍異なり、この電流値は、Y 結線に対して Δ 結線の方が $\sqrt{3}$ 倍高くなる。そのため、Y 結線に合わせて不可逆減磁を発生させないための保護レベル (すなわち、過電流保護レベル) を設定すると、 I_{Δ} の保護が早くかかることになるため、運転範囲の拡大が困難となる。そのため、制御装置 100 内で Y 結線と Δ 結線に合わせて保護レベルを切替えることにより (すなわち、 Δ 結線時の保護レベルを Y 結線時の保護レベルよりも高くする)、各巻線で確実に不可逆減磁から電動機 7 を保護することが可能となり、信頼性を向上させた電動機駆動装置を得ることが可能となる。

[0068] なお、保護レベルについては、電動機 7 の初期状態の磁力を 100% と設定し、不可逆減磁が発生した場合に性能に影響を与えない範囲である電流値 (例えば、磁力が 97% に低下する電流値) に設定することが挙げられる。ただし、使用する機器に応じて保護レベルの設定電流値を変更しても何ら問題ない。

[0069] 《1-3》実施の形態 1 の動作

以下、電動機 7 の運転中 (すなわち、回転動作中) に接続切替装置 60 の切替器 61、62、63 の切替えを実行させた際の電動機駆動装置 200 の動作について説明する。

[0070] 最初に、従来技術の問題点、すなわち、本実施の形態の特徴を備えない比較例の電動機駆動装置の動作について、図 4、図 7、図 8、及び図 12 を参照しながら簡単に説明する。図 12 は、比較例の電動機駆動装置 200a において発生し得る短絡電流の経路を示す回路図である。電動機が運転中、す

なわち、接続切替装置60を構成する切替器61、62、63に電流が流れている状態で、切替制御信号S61、S62、S63をずらさずに同期した信号として送って結線を切替える場合、共通接点61c、62c、63cの接続先の接点は、常閉接点61b、62b、63b又は常開接点61a、62a、63aに同時に切替わる。切替わりが起きるときに、インバータ30から電動機7への給電が続いており、電動機7の回転数Nmがゼロになっていないとすると、切替器61、62、63の接点間にアーク放電が発生することがある。つまり、比較例では、切替器61、62、63は、同じタイミングで切替わろうとするので、3個の切替器61、62、63のうちの少なくとも2個の切替器において、ab接点間（すなわち、61aと61b間、62aと62b間、63aと63b間）がアーク短絡によって短絡して、図12に示すような電動機7の巻線71、72、73を介さない短絡経路が発生し短絡電流が流れ切替器61、62、63の接点溶着又はインバータ30を構成する半導体素子の破壊といった故障が発生する可能性がある。図12に示す太線の破線矢印で示す経路は、電動機7の巻線71、72、73を介さない短絡経路の一例である。

[0071] そこで、実施の形態1の電動機駆動装置200では、電動機7の巻線71、72、73を介さない短絡経路の短絡電流によって故障が発生することを避けるため、図4に示す制御装置100では、タイミングをずらした切替器61、62、63の切替制御信号S61、S62、S63をそれぞれ出力する。或いは、図5に示す1相の信号に対し時定数が異なるフィルタLPF__1、LPF__2を用意することによって、切替器61、62、63の切替タイミングをずらすことにより、通電中に短絡電流を発生させることなく切替を行うことが可能となる。つまり、実施の形態1の電動機駆動装置200の制御装置100は、電動機7の回転動作中に結線状態の切替えを実行する場合、接続切替装置60が、複数の切替器61、62、63)の各々の切替え動作を時間間隔を開けて順次行うように接続切替装置60を制御する。

[0072] 複数の切替器61、62、63の各々の切替え動作の時間間隔t1、t2

は、50ms以下であることが望ましい。また、この時間間隔 t_1 、 t_2 は、2ms以上であることが望ましい。また、切替器61、62、63が機械式のリレーを有し、リレーの励磁コイルを励磁なし状態から励磁あり状態に切替えるときの時間間隔は、5ms以上であり、励磁コイルを励磁あり状態から励磁なし状態に切替えるときの時間間隔は、2ms以上であることが望ましい。

[0073] 図13(a)及び(b)は、結線切替時の切替器61、62、63の励磁コイルに駆動信号を与える半導体スイッチ604、605、606のオン・オフ動作の一例を示す図である。図13(a)は、Y結線から Δ 結線への切替え動作における、半導体スイッチ604、605、606のオフからオンへの切替え動作を示す。図13(b)は、 Δ 結線からY結線への切替え動作における、半導体スイッチ604、605、606のオンからオフへの切替え動作を示す。なお、半導体スイッチ604、605、606の切替え動作のタイミングと、切替器61、62、63の機械式のリレーの切替え動作のタイミングとは、同じであるとみなして、以下の説明を行う。

[0074] 図13(a)に示されるように、切替器61、62、63の切替タイミングをずらす時間間隔 t_1 は、半導体スイッチ（例えば、図8の半導体スイッチ604）をオンにする信号（図4又は図5における切替制御信号S61又はSc_1）を送ってから、励磁コイル（例えば、図8における励磁コイル611）に電流が流れ、切替器（例えば、図8における切替器61）の共通接点61cの接続先が常閉接点61bから常開接点61aに切替わるまでの時間（この時間は、個体バラツキも考慮にいたった値である）とする。このように、Y結線から Δ 結線に切替える場合、半導体スイッチ604から提供される信号がオンになってから時間間隔 t_1 の経過後に、半導体スイッチ605から提供される信号をオンになり、その時点からさらに時間間隔 t_1 の経過後に、半導体スイッチ606から提供される信号がオンになる。

[0075] 図13(b)に示されるように、切替器61、62、63の切替タイミングをずらす時間間隔 t_2 は、半導体スイッチ（例えば、図8の半導体スイッ

チ604)をオンにする信号(図4における切替制御信号S61又はSc__1)を送ってから、励磁コイル(例えば、図8における励磁コイル611)に電流が流れなくなり、切替器(例えば、図8における切替器61)の共通接点61cの接続先が常開接点61aから常閉接点61bに切替わるまでの時間(この時間は、個体バラツキも考慮にいたした値である)とする。このように、 Δ 結線からY結線に切替える場合、半導体スイッチ604から提供される信号がオフになってから時間間隔t2の経過後に、半導体スイッチ605から提供される信号がオフになり、その時点からさらに時間間隔t2の経過後に、半導体スイッチ606から提供される信号がオフになる。

[0076] 上記のように、切替器61、62、63の切替え動作を時間間隔を開けて1台ずつ順に行うことで、2相同時に切替器のアーク短絡が発生する状態の発生を確実に防ぐことが可能となる。したがって、図12に太線矢印で示す短絡電流が発生することを防ぐことが可能となる。なお、機械式のリレーの動作時間に基づいて考えられる時間間隔t1、t2の好適な範囲は、例えば、2msから50msである。

[0077] 図14(a)及び(b)は、複数の切替器61、62、63を時間をずらして順次切替えた場合の結線状態を示す図である。図14(a)は、切替器61が Δ 結線の状態にあり、切替器62及び63がY結線の状態にある場合を示している。図14(b)は、切替器61及び62が Δ 結線の状態にあり、切替器63がY結線の状態にある場合を示している。これらの状態は、切替器61、62、63によって巻線71、72、73の結線状態を Δ 結線からY結線に又はY結線から Δ 結線に切り替える途中で発生する。図14(a)及び(b)に示されるように、実施の形態1では、巻線71、72、73の結線状態の切替えに際して、切替器61、62、63の各々を、時間間隔を開けて順に切り替えるので、図12に示されるような巻線を通らない短絡経路は形成されない。

[0078] 図15(a)から(c)は、複数の切替器61、62、63を時間をずらして順次切替えた場合の結線状態の他の例を示す図である。図15(a)は

、切替器 6 1、6 2、6 3 のいずれもが Y 結線の状態にあり、切替器 6 1 の常閉端子と常開端子との間でアーク放電（2 重線で示される）が生じ、切替器 6 1 が 3 点短絡の状態（すなわち、3 つの端子が互いに導通している状態）にある場合を示している。図 1 5（b）は、切替器 6 1 が Y 結線の状態にあり、切替器 6 2、6 3 が Δ 結線の状態にあり、切替器 6 1 の常閉端子と常開端子との間でアーク放電（2 重線で示される）が生じ、切替器 6 1 が 3 点短絡の状態（すなわち、3 つの端子が互いに導通している状態）にある場合を示している。図 1 5（c）は、切替器 6 1、6 3 が Y 結線の状態にあり、切替器 6 2 が Δ 結線の状態にあり、切替器 6 1 の常閉端子と常開端子との間でアーク放電（2 重線で示される）が生じ、切替器 6 1 が 3 点短絡の状態（すなわち、3 つの端子が互いに導通している状態）にある場合を示している。

[0079] 図 1 4（a）及び（b）に示されるように、実施の形態 1 では、巻線 7 1、7 2、7 3 の結線状態の切替えに際して、切替器 6 1、6 2、6 3 の各々を、時間間隔を開けて順に切り替えるので、図 1 2 に示されるような巻線 7 1、7 2、7 3 のいずれをも通らない短絡経路は形成されない。

[0080] また、図 1 5（a）から（c）に示されるように、実施の形態 1 では、巻線 7 1、7 2、7 3 の結線状態の切替えに際して、切替器 6 1、6 2、6 3 の各々を、時間間隔を開けて順に切り替えるので、切替器 6 1、6 2、6 3 のうちの 1 つに、アーク放電が生じた場合であっても、図 1 2 に示されるように、巻線 7 1、7 2、7 3 のいずれをも通らない短絡経路は形成されない。

[0081] 図 1 4（a）及び（b）と図 1 5（a）から（c）に示されるように、実施の形態 1 では、切替器 6 1、6 2、6 3 の切替え動作を時間をずらして行っているため、2 つの切替器で同時に短絡が発生することによって形成される図 1 2 に示される短絡経路の発生を回避している。よって、実施の形態 1 においては、短絡電流による切替器 6 1、6 2、6 3 又はインバータ 3 0 の故障の発生を回避することができる。

[0082] また、例えば、このような故障を避けるために、電動機 7 の回転数 N_m をゼロにし通電しない状態でリレーを切替える方法も考えられる。しかしながら、電動機 7 の回転数 N_m をゼロにすると、電動機 7 を再始動させる際に、電動機 7 にかかる負荷が、例えば、圧縮機 904 (図 1) の場合は、冷媒の状態が安定しない状態のため、再始動に必要なトルクが増加し、起動時の電流が増加し、最悪の場合再始動ができないおそれがある。そのため、電動機 7 を動作させずに十分に冷媒の状態が安定するまで時間が経過した後に、再始動を行う必要がある。そのため、圧縮機 904 により冷媒を加圧することができなくなり、冷房又は暖房能力の低下による室温の上昇又は低下を招き、室温が一定に保たれないおそれがある。

[0083] そこで、実施の形態 1 の電動機 7 では、電動機 7 の回転動作中 (運転中) に電動機 7 の巻線又は接続切替装置 60 に流れる電流の値 (実効値) をゼロに近づけるように制御 (電流制御期間 P_c) し、その状態で接続切替装置 60 の複数の切替器を 1 つずつ時間間隔を開けて動作させることで、切替器 61、62、63 の接点間にアーク放電及び過大な電流を発生させることなく切替えを完了させることが望ましい。なお、電流制御期間 P_c は、電動機 7 の巻線又は接続切替装置 60 に流れる電流の値 (実効値) をゼロに近づけるように制御するとは、巻線に流れる交流電流の第 1 の実効値が、複数の切替器の切替え動作の前において巻線に流れる交流電流の第 2 の実効値より、ゼロに近づけられている期間である。

[0084] 電流制御期間 P_c は、インバータが電動機 7 の回転動作によって発生する逆起電圧を打ち消すように交流電圧を電動機に印加している期間である。このように、電動機 7 の回転数 N_m をゼロにすることなく、すなわち、回転動作を停止させることなく、電動機 7 の巻線に流れる電流の値 (実効値) をゼロに近づけることができる。その状態で複数のリレーを 1 つずつ時間間隔を開けて切替えることで短絡電流が流れず、より信頼性を向上させた状態で巻線 71、72、73 の結線状態を切替えることが可能となる。そのため、空気調和機の場合には、結線状態の切替えに際して電動機 7 の回転動作を停止

させる必要が無い場合、回転動作の停止により冷媒が安定するまでの待機時間が不要となり、室温の上昇又は低下を抑制することが可能となる。

[0085] 図11において、電圧指令演算部115は、切替部1155により δ 軸電流指令値 i_{δ}^{**} に0を選択するよう動作させることにより、 δ 軸電流 i_{δ} が δ 軸電流指令値 i_{δ}^{*} に一致するよう、つまり δ 軸電流指令値 i_{δ}^{**} が0に一致するよう δ 軸電圧指令値 V_{δ}^{*} を出力する。さらに、電圧指令演算部115は、切替部1153により γ 軸電流指令値 i_{γ}^{**} に0を選択するよう動作させることにより、 γ 軸電流 i_{γ} が γ 軸電流指令値 i_{γ}^{*} に一致するよう、つまり γ 軸電流指令値 i_{γ}^{**} が0に一致するよう γ 軸電圧指令値 V_{γ}^{*} を出力する。

[0086] 《1-4》実施の形態1の効果

以上の動作により、電動機7の巻線71、72、73に流れる電流、すなわち、切替器61、62、63に流れる電流の値（実効値）を、図16に示される電流制御期間 P_c のように、ゼロに近づける制御（望ましくは、ゼロにする制御）（「ゼロ電流制御」と称す）させることができる。よって、切替器61、62、63に電流が流れていない状態で切替器61、62、63の切替え動作を行うことができ、切替器61、62、63の接点間で大きな短絡電流が流れることはない。このため、切替器61、62、63として機械式のリレーを用いた場合に、接点溶着を防止し、信頼性の高い電動機の駆動装置を実現できる。なお、ここで言う「ゼロにする制御」とは、切替器61、62、63に流れる電流の値（実効値）を正確にゼロにするという意味ではなく、実質的にゼロとみなすことができるほどゼロに近いという意味である。

[0087] しかしながら、切替器61、62、63に流れる電流の値を正確にゼロにすることはできないため、微弱な電流が電動機7の巻線71、72、73に流れることになる。この状態で切替器61、62、63の切替え動作を行うと、例えば、図7に示される切替器61、62、63の接続状態を想定した場合に、例えば、常閉接点61bと共通接点61cが接続状態にあり、その状態で常閉接点61bと共通接点61cを開状態に操作すると電流によるア

ーク放電が発生するおそれがある。その際のアーク放電は軽微であるが、アーク放電が生じた状態で常開接点 6 1 a に接すると、常開接点 6 1 a、常閉接点 6 1 b、共通接点 6 1 c が低インピーダンスで接続された状態となる。ゼロ電流制御では、電動機 7 の誘起電圧を打ち消すために、インバータ 3 0 により電圧を供給しており、その状態で常開接点 6 1 a、6 2 a、6 3 a、常閉接点 6 1 b、6 2 b、6 3 b、共通接点 6 1 c、6 2 c、6 3 c が低インピーダンスで接続された状態が 2 つ以上発生すると短絡電流が生じ、図 1 2 に示されるように、過大な電流が切替器 6 1、6 2、6 3 に流れるおそれがある。

[0088] そこで、実施の形態 1 の制御装置 1 0 0 は、電動機 7 が高速で回転しているときに、電動機 7 又は接続切替装置 6 0 に流れる電流の値（例えば、実効値）をゼロに近づけるように（望ましくは、略 0 となるように）制御し、十分に電流がゼロになったことを確認した後に接続切替装置 6 0 の複数の切替器 6 1、6 2、6 3 の切替え動作を 1 つずつ時間間隔を開けて行うように制御する。このようにすることで、接続切替装置 6 0 に機械式のリレーを用いた場合における接点溶着などの故障を防止することが可能となり、信頼性の高い電動機駆動装置を得ることができる。

[0089] 言い換えれば、実施の形態 1 の電動機駆動装置 2 0 0 は、安価な部品で接続切替装置 6 0 を構成した場合であっても、故障発生率の低下及び装置の長寿命化を図ることができるので、製品コストを低下させることができる。

[0090] また、電動機 7 の回転動作が停止していない電流制御期間中に、巻線の接続状態を切替える。このため、巻線の接続状態の切替えのために、電動機の回転動作を一時停止させ、その後、電動機 7 を再始動させる動作が不要である。

[0091] なお、Y 結線と Δ 結線で不可逆減磁が発生する電流値が異なるため、Y 結線と Δ 結線を切替えるタイミングで保護レベルを切替えることで、各巻線に対応した保護が可能となる。しかし、機械式のリレーを用いた場合には、励磁コイル 6 1 1、6 2 1、6 3 1 に電流を流れてから、切替器 6 1、6 2、

63が、常開接点61a、62a、63ba又は常閉接点61b、62b、63bに切替わるまでに時間遅れが生じる。そのため、例えば、Y結線からΔ結線に切替えた場合には、保護レベルはΔ結線に切替わっているが、電動機7はΔ結線への切替移行中であるためY結線のままの状態であることが想定される。その場合、誤って過大な電流が流れた場合に、電動機7の不可逆減磁を生じる可能性がある。

[0092] そこで、結線の切替え時には電流をゼロにする制御を開始した時点から結線を切替えるまでの間に、保護レベルの低いY結線の保護レベルに設定しておくことにより、結線の切替え時にY結線、Δ結線の何れの状態であっても不可逆減磁から保護することが可能となる。なお、結線切替え時には電流をゼロにする制御を行うため、電動機7の運転に何ら影響が無い。

[0093] また、保護レベルについては、先に説明した通り電動機7の初期状態の磁力を100%と設定し、不可逆減磁が発生した場合に性能に影響を与えない範囲である電流値（例えば、磁力が97%に低下する電流値）に設定することが挙げられ、さらにY結線に対してΔ結線における電流値を $\sqrt{3}$ 倍の値にしておくことで結線状態によらず確実に不可逆減磁から保護することが可能となる。ただし、図9(b)において I_{Δ} を検出せずに、巻線に流れる電流値を検出して保護を行う場合には、 $I_{\Delta} \div \sqrt{3}$ の電流値（Y結線における保護レベルの電流値と同等）を保護レベルとして設定することが望ましい。なお、使用する機器に応じて保護レベルの設定電流値を変更してもよい。

[0094] 《1-5》実施の形態1の変形例

整流回路3の整流素子としては、ダイオードなどを用いることが一般的である。しかし、整流回路3の構成は、図4の例に限定されない。例えば、整流回路3の整流素子の代わりに、例えば、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor) などのトランジスタ素子（半導体スイッチ）を用いて、交流電源1から供給される電圧（入力交流電圧）の極性に合わせてオン状態とすることで、整流を行うように構成してもよい。

[0095] インバータ主回路310のスイッチング素子311~316としては、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 又はMOSFETが用いられるが、これに限定されない。スイッチング素子311~316は、スイッチングを行うことができる素子であれば、どのようなものを用いてもよい。なお、スイッチング素子311~316としてMOSFETを用いる場合には、MOSFETが構造上寄生ダイオードを有するため、図6に示される環流用の整流素子321~326を並列接続する必要はない。

[0096] 整流素子及びスイッチング素子311~316を構成する材料については、ケイ素 (Si) だけでなく、ワイドバンドギャップ半導体である炭化ケイ素 (SiC)、窒化ガリウム (GaN)、ダイヤモンドなどを用いたもので構成することにより、損失をより少なくすることが可能となる。

[0097] 《2》実施の形態2.

実施の形態2の電動機駆動装置は、接続切替装置60の代わりに、接続切替装置260を用いた点が、実施の形態1の電動機駆動装置200と異なる。図4の構成では、接続切替装置60の切替器61、62、63は、選択スイッチを用いている。実施の形態2では、接続切替装置260の各切替器を、常閉スイッチと常開スイッチとの組み合わせ、すなわち、オン・オフ式のスイッチの組み合わせで構成している。

[0098] 図17は、実施の形態2における電動機7の巻線71、72、73と接続切替装置260とを示す回路図である。接続切替装置260では、切替器61を常閉スイッチ615と常開スイッチ616との組合せで構成し、切替器62を常閉スイッチ625と常開スイッチ626との組合せで構成し、切替器63の常閉スイッチ635と常開スイッチ636との組合せで構成している。

[0099] 図17に示されるように、常閉スイッチ615、625、635が閉じ (すなわち、オンしており)、常開スイッチ616、626、636が開いた (すなわち、オフしている) 状態では、電動機7の巻線71、72、73は

Y結線状態である。図示の状態とは逆に、常閉スイッチ615、625、635が開き（すなわち、オフしており）、常開スイッチ616、626、636が閉じた（すなわち、オンしている）状態では、電動機は△結線状態である。

[0100] 図17に示されるように、各切替器を常閉スイッチ615、625、635と常開スイッチ616、626、636との組合せで構成する場合にも、各スイッチとして、電磁接触器を用いることができる。電磁接触器は、オン時の導通損失が小さいので好適である。

[0101] 図18に示されるように、各切替器を半導体スイッチを用いて構成してもよい。図18は、接続切替装置260の切替器61（62、63）にMOSトランジスタを用いた構成例を示す回路図である。図18には、切替器61、62、63の内の1つが示されている。切替器61、62、63は、互いに同様の構成を持ち、同様に動作する。図19は、図18の切替器のMOSトランジスタのオン及びオフ状態の例を表形式で示す図である。

[0102] 図18に示されるように、切替器61（62、63）は、リード線61e（62e、63e）と出力線332（333、331）との間に直列に接続されたMOSトランジスタ616a（626a、636a）及びダイオード616c（626c、636c）と、リード線61e（62e、63e）と出力線332（333、331）との間に直列に接続されたMOSトランジスタ616b（626b、636b）及びダイオード616d（626d、636d）とを備えている。

[0103] また、切替器61（62、63）は、リード線61e（62e、63e）と中性点ノード64との間に直列に接続されたMOSトランジスタ615a（625a、635a）及びダイオード615c（625c、635c）と、リード線61e（62e、63e）と中性点ノード64との間に直列に接続されたMOSトランジスタ615b（625b、635b）及びダイオード615d（625d、635d）とを備えている。

[0104] 各MOSトランジスタ616a（626a、636a）、616b（62

6 b、6 3 6 b)、6 1 5 a (6 2 5 a、6 3 5 a)、6 1 5 b (6 2 5 b、6 3 5 b) は、アノードがダイオードに接続され、カソードがリード線 (又は中性点ノード又は出力線) に接続された寄生ダイオードを有している。

[0105] 図19に示されるように、制御端子に制御信号を入力することによってMOSトランジスタ616 a、626 a、636 aをオンにし、MOSトランジスタ616 b、626 b、636 bをオンにし、MOSトランジスタ615 a、625 a、635 aをオフにし、MOSトランジスタ615 b、625 b、635 bをオフにすることによって、巻線71、72、73をΔ結線にすることができる。

[0106] また、図19に示されるように、MOSトランジスタ616 a、626 a、636 aをオフにし、MOSトランジスタ616 b、626 b、636 bをオフにし、MOSトランジスタ615 a、625 a、635 aをオンにし、MOSトランジスタ615 b、625 b、635 bをオンにすることによって、巻線71、72、73をY結線にすることができる。

[0107] また、半導体スイッチとしてのMOSトランジスタは、ワイドバンドギャップ (WBG) 半導体で構成されることが望ましい。WBG半導体は、例えば、炭化ケイ素 (SiC)、窒化ガリウム (GaN)、酸化ガリウム (Ga₂O₃)、ダイヤモンドを構成材料として含む半導体である。WBG半導体で構成した場合、オン抵抗が小さく、低損失で素子発熱も少なく、また、切替え動作を速やかに行うことができる。

[0108] 半導体スイッチを用いる場合にも、ノイズなどの影響で、例えば、MOSトランジスタ616 a及び615 aが同時に誤オン又は誤オフする可能性があり、MOSトランジスタ616 a及び615 aの相のみでなく、少なくとも2相のMOSトランジスタ616 a及び615 aとMOSトランジスタ616 b及び615 bにおいて同時に誤オン又は誤オフすることで電動機の巻線を介さない短絡経路が発生し、故障が発生することがあり得る。

[0109] そのため、半導体で構成された接続切替装置260において、図4及び図5に記載したように、切替器の切替え動作のタイミングをずらすことで、巻

線を介さない短絡電流の発生を防ぐことが可能となり、信頼性の高い電動機駆動装置を得ることができる。

[0110] 言い換えれば、実施の形態2の電動機駆動装置は、安価な部品で接続切替装置260を構成した場合であっても、故障発生率の低下及び装置の長寿命化を図ることができるので、製品コストを低下させることができる。

[0111] 以上の点以外について、実施の形態2の電動機駆動装置は、実施の形態1の電動機駆動装置200と同じである。

[0112] 《3》実施の形態3.

実施の形態1及び2では、巻線71、72、73をY結線と△結線の間で切替え可能な電動機7に接続された電動機駆動装置200を説明している。実施の形態3では、巻線71、72、73の各々の巻数を切替え可能な電動機7aに接続された電動機駆動装置を説明する。図20は、Y結線された電動機7aにおいて各相の巻線71、72、73を2つの巻線部分711及び712、2つの巻線部分721及び722、2つの巻線部分731及び732で構成し、巻線部分の各々の両端部を、電動機7aの外部に接続可能として、接続切替装置360で接続状態を切替える構成を示す。なお、各相の巻線71、72、73が、3以上の巻線部分を有してもよい。

[0113] 実施の形態3では、各相の巻線71、72、73が、2つの巻線部分を有している。この場合、各相の巻線71、72、73を構成する2つの巻線部分の各々の両端部を、電動機7aの外部に接続可能として、接続切替装置360で巻線71、72、73の接続状態（実施の形態3においては、巻線の巻数）を切替える。また、接続切替装置360は、巻線部分を並列接続及び直列接続のいずれかに切替えることができる電動機にも適用できる。

[0114] 図20では、U相の巻線71が2つの巻線部分711及び712で構成され、V相の巻線72が2つの巻線部分721及び722で構成され、W相の巻線73が2つの巻線部分731及び732で構成されている。

[0115] 巻線部分711、721、731の第1の端部は、外部端子71c、72c、73cを介してインバータ30の出力線331、332、333にそれ

ぞれ接続されている。巻線部分 7 1 1、7 2 1、7 3 1 の第 2 の端部は、外部端子 7 1 g、7 2 g、7 3 g を介して切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 2 7 の共通接点にそれぞれ接続されている。

[0116] 巻線部分 7 1 2、7 2 2、7 3 2 の第 1 の端部は、外部端子 7 1 h、7 2 h、7 3 h を介して切替スイッチ 6 1 8、6 2 8、6 3 8 の共通接点にそれぞれ接続されている。巻線部分 7 1 2、7 2 2、7 3 2 の第 2 の端部は、外部端子 7 1 d、7 2 d、7 3 d を介して中性点ノード 6 4 にそれぞれ接続されている。

[0117] 切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 3 7 の常閉接点は、切替スイッチ 6 1 8、6 2 8、6 3 8 の常閉接点にそれぞれ接続されている。切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 3 7 の常開接点は、中性点ノード 6 4 に接続されている。切替スイッチ 6 1 8、6 2 8、6 3 8 の常開接点は、インバータ 3 0 の出力線 3 3 1、3 3 2、3 3 3 に接続されている。

[0118] 切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 3 7、6 1 8、6 2 8、6 3 8 により、接続切替装置 3 6 0 が構成されている。

[0119] このような接続切替装置 3 6 0 が使用されている場合にも、実施の形態 1 及び 2 で示したものと同様に、電流制御期間 P c に接続切替装置 3 6 0 の切替器の切替え動作を行うことで、機械式のリレー又は半導体スイッチを保護することができる。また、実施の形態 1 及び 2 で示したものと同様に、接続切替装置 3 6 0 の複数の切替スイッチの各々の切替え動作を時間間隔を開けて順次行うことで、電動機 7 a の巻線の接続状態を切替える切替器の切替え動作を電動機の回転動作を停止させずに行うことに起因する、電動機駆動装置の故障が生じにくくなる。

[0120] 図 2 0 に示される構成の場合、切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 3 7、6 1 8、6 2 8、6 3 8 が図示のように常閉接点側に切替えられた状態では、電動機 7 a は、直列接続状態となり、切替スイッチ 6 1 7、6 2 7、6 3 7、6 1 8、6 2 8、6 3 8 が図示とは逆の常開接点側に切替えられた状態では、電動機 7 a は並列接続状態となる。

- [0121] なお、実施の形態3においても、実施の形態2で述べたように、切替スイッチの代わりに常閉スイッチと常開スイッチとの組合せを用いることができる。また、常閉スイッチと常開スイッチとを、半導体スイッチとすることができる。
- [0122] 以上に、Y結線された電動機7aにおいて、直列接続状態と並列接続状態との切替えを行う場合について説明したが、Δ結線された電動機の電動機駆動装置において、直列接続状態と並列接続状態との切替えを行う場合にも、接続切替装置360と同様の構成を適用することができる。
- [0123] また、Y結線又はΔ結線の状態で巻線に中間タップを設けて巻線の一部をスイッチング手段で短絡することで、駆動に必要な電圧を変更する構成を有する電動機の電動機駆動装置にも、本実施の形態の電動機駆動装置を適用することができる。要するに、実施の形態3の構成は、電動機が、巻線の接続状態が切替え可能で、前記接続状態の切替えにより逆起電圧が切替わるものであれば、適用が可能である。
- [0124] 以上の点以外について、実施の形態3の電動機駆動装置は、実施の形態1又は2の電動機駆動装置と同じである。
- [0125] なお、以上の実施の形態1から3に示した構成は、例に過ぎず、別の公知の技術と組み合わせることも可能である。

符号の説明

- [0126] 1 交流電源、 2 リアクトル、 3 整流回路、 7、7a 電動機、 10 コンデンサ、 30 インバータ、 40 母線電流検出部、 50 制御電源生成回路、 60、260、360 接続切替装置、 61、62、63 切替器、 71、72、73 巻線、 100 制御装置、 200 電動機駆動装置、 900、900a、900b 冷凍サイクル装置、 902 四方弁、 904 圧縮機、 906 熱交換器、 908 膨張弁、 910 熱交換器。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の切替器を有し、前記複数の切替器の切替え動作を行うことによって電動機の巻線の接続状態を切替える接続切替装置と、
前記複数の切替器を介して前記巻線に交流電圧を印加するとともに、回転動作中の前記電動機の前記巻線から前記複数の切替器を介して逆起電圧が印加されるインバータと、
前記インバータを制御することによって前記電動機の回転動作を制御し、前記接続切替装置に前記接続状態の切替えを実行させる制御装置と、
を有し、
前記接続切替装置は、前記電動機の回転動作中に前記接続状態の切替えを実行する際に、前記複数の切替器の各々の切替え動作を時間間隔を開けて順次行う
電動機駆動装置。
- [請求項2] 前記インバータに供給される電流を検出する検出部を更に備え、
前記制御装置は、前記検出部によって検出された電流に基づいて前記インバータを制御する
請求項1に記載の電動機駆動装置。
- [請求項3] 前記制御装置は、前記巻線に流れる交流電流の第1の実効値が前記複数の切替器の切替え動作の前において前記巻線に流れる交流電流の第2の実効値よりゼロに近づけられている電流制御期間内に、前記接続切替装置に前記複数の切替器の切替え動作を実行させる請求項1又は2に記載の電動機駆動装置。
- [請求項4] 前記接続状態の切替えは、Y結線とΔ結線との間の切替えである
請求項1から3のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項5] 前記接続状態の切替えは、前記巻線の巻数の切替えである
請求項1から3のいずれか1項に記載の電動機駆動装置。
- [請求項6] 前記複数の切替器の各々は、励磁コイルを含む電磁接触器を有し、

前記複数の切替器の切替え動作は、前記電磁接触器の接点間の導通又は非導通の切替えによって行われる

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

[請求項7] 前記複数の切替器の各々は、制御端子に入力される信号より制御される半導体スイッチを有し、

前記複数の切替器の切替え動作は、前記半導体スイッチのオン又はオフの切替えによって行われる

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

[請求項8] 前記半導体スイッチは、ワイドバンドギャップ半導体で形成される請求項 7 に記載の電動機駆動装置。

[請求項9] 前記時間間隔は、50ms以下である請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

[請求項10] 前記時間間隔は、2ms以上である請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置。

[請求項11] 前記励磁コイルを励磁なし状態から励磁あり状態に切替えるときの前記時間間隔は、5ms以上であり、

前記励磁コイルを励磁あり状態から励磁なし状態に切替えるときの前記時間間隔は、2ms以上である

請求項 6 に記載の電動機駆動装置。

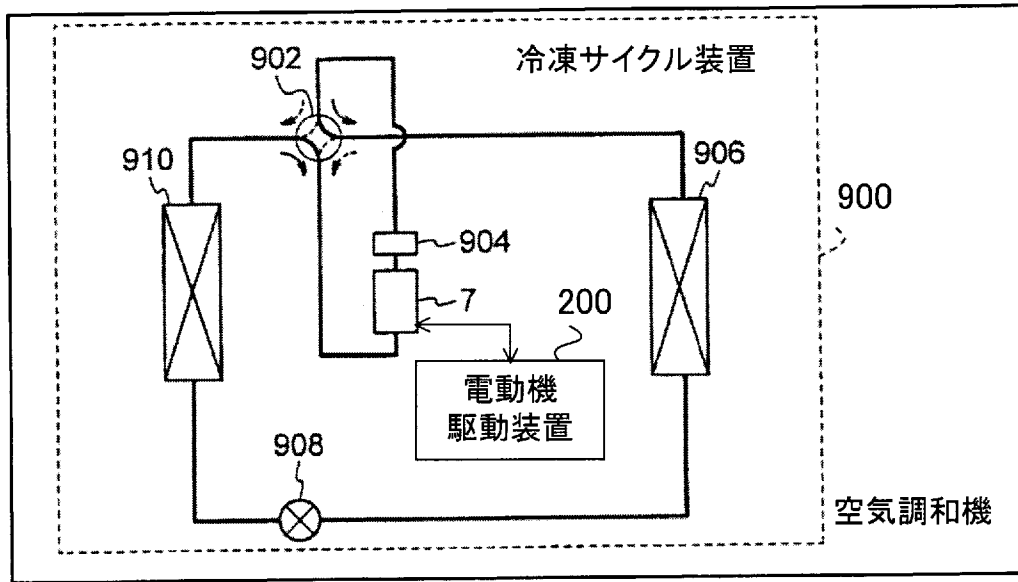
[請求項12] 請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の電動機駆動装置を備える冷凍サイクル装置。

[請求項13] 請求項 1 2 に記載の冷凍サイクル装置を備える空気調和機。

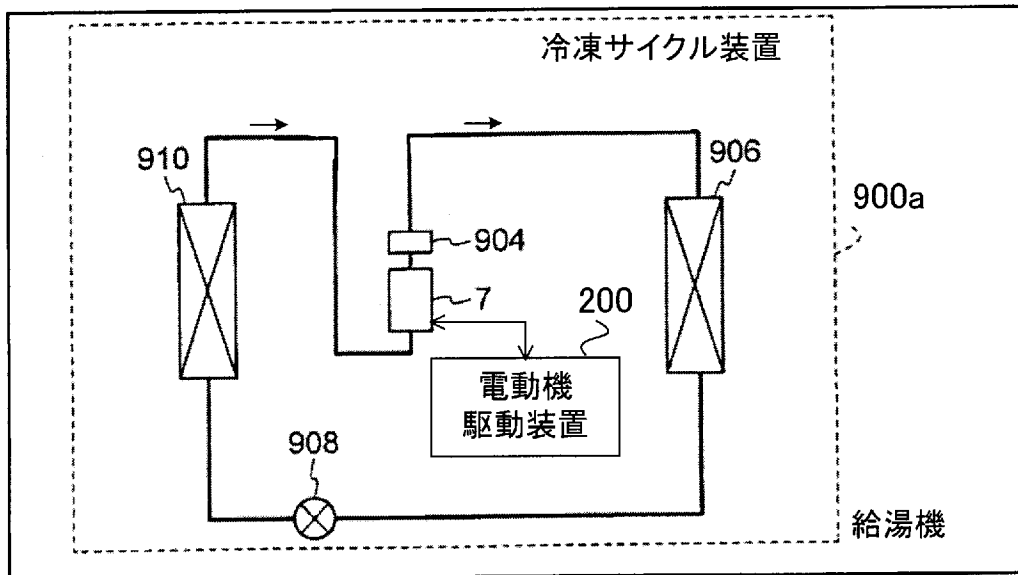
[請求項14] 請求項 1 2 に記載の冷凍サイクル装置を備える給湯機。

[請求項15] 請求項 1 2 に記載の冷凍サイクル装置を備える冷蔵庫。

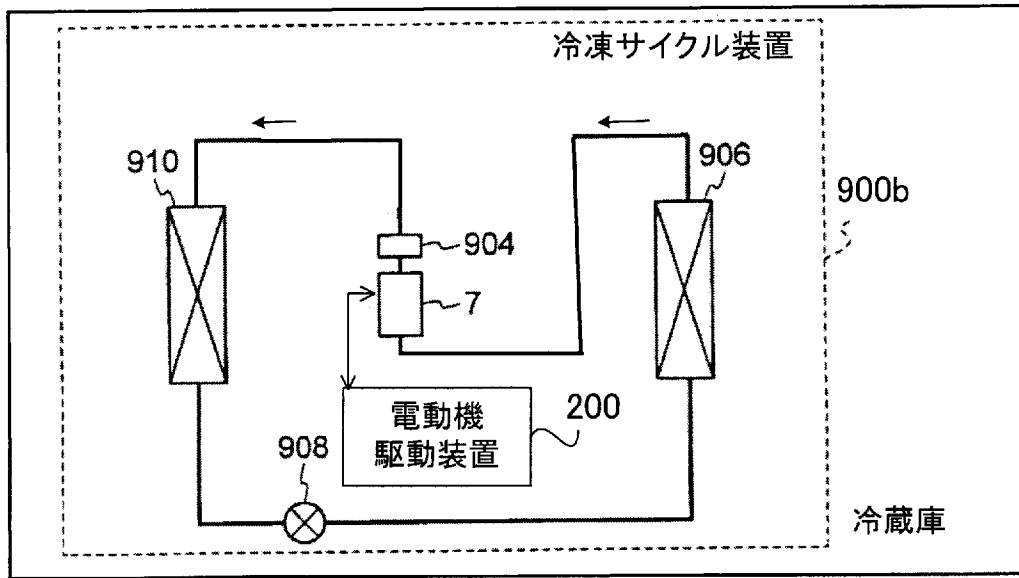
[図1]



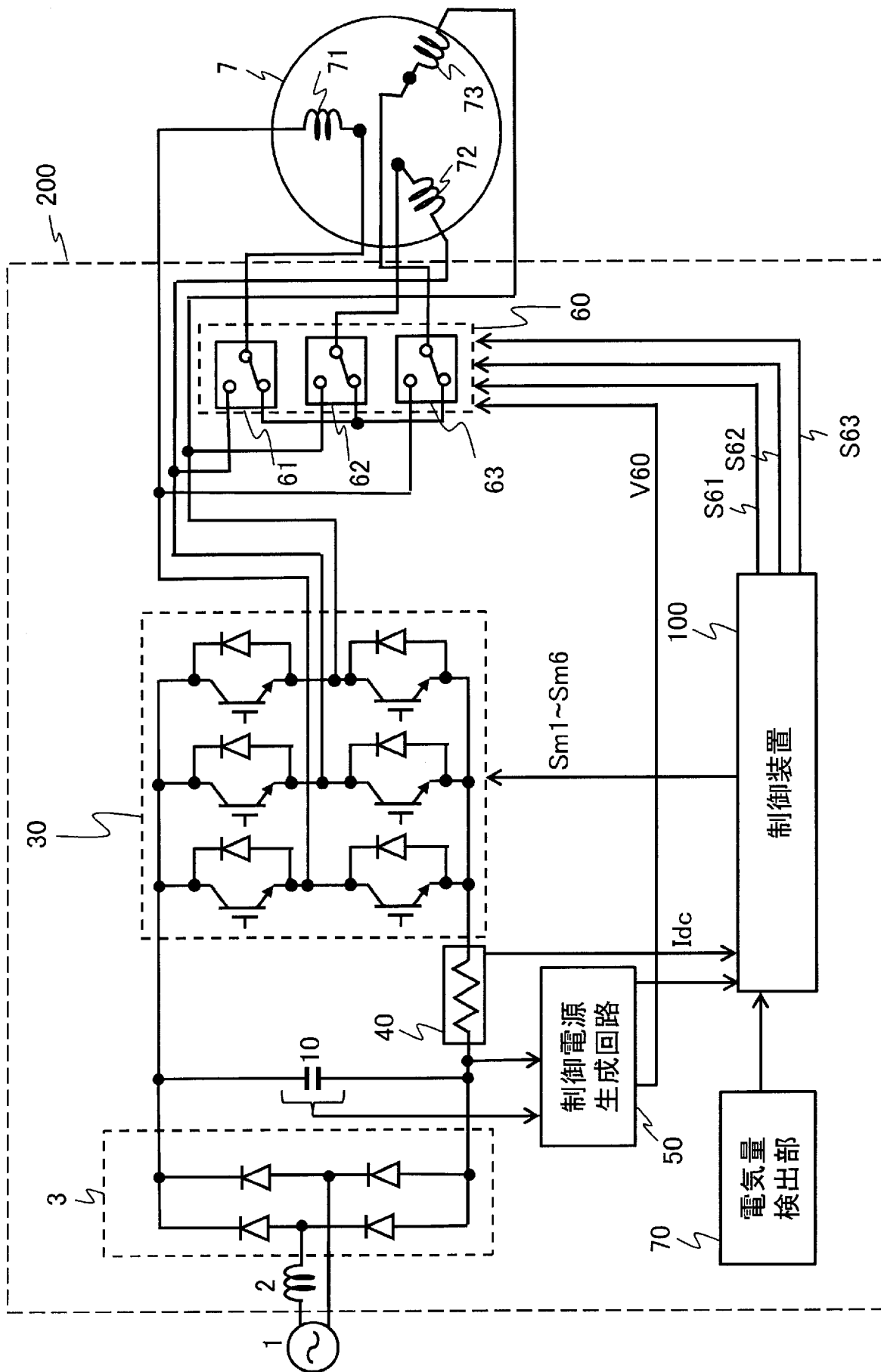
[図2]



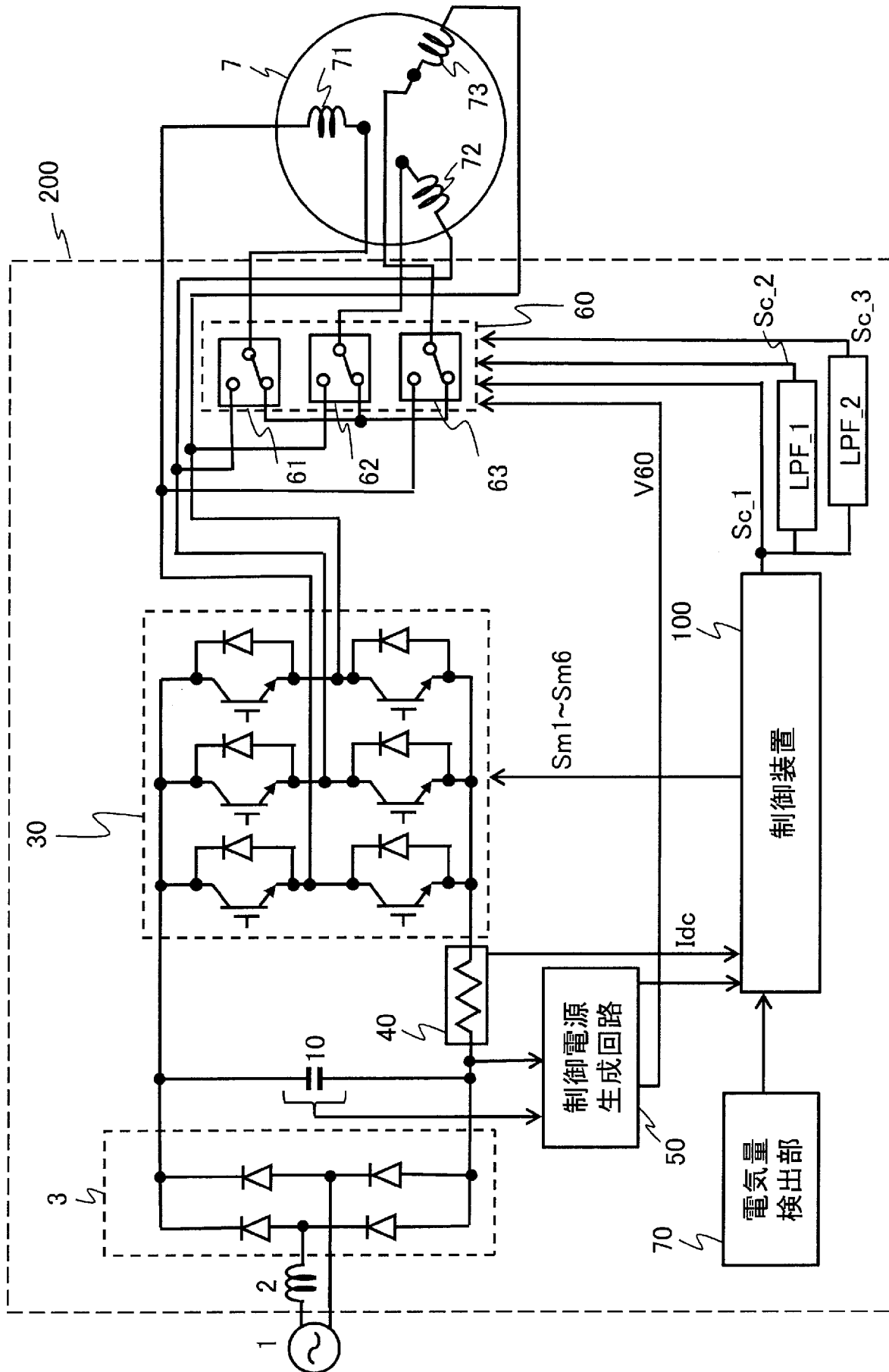
[図3]



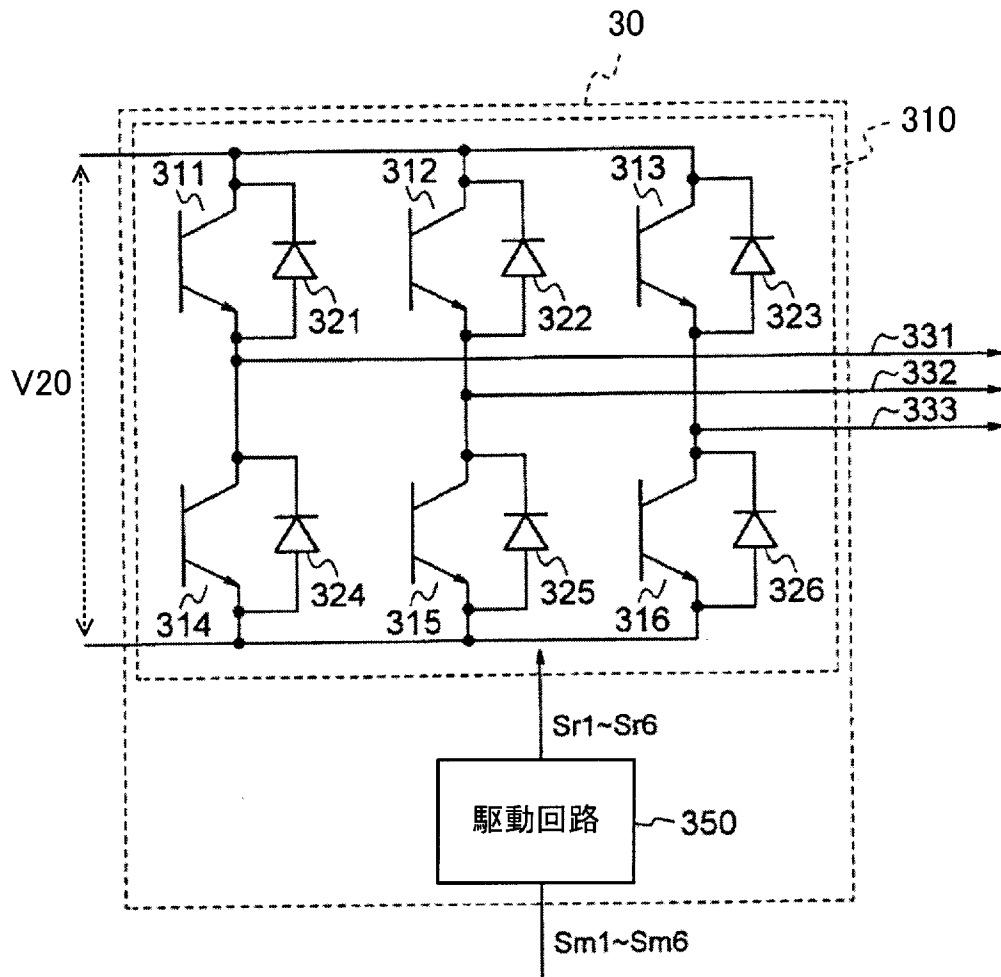
[図4]



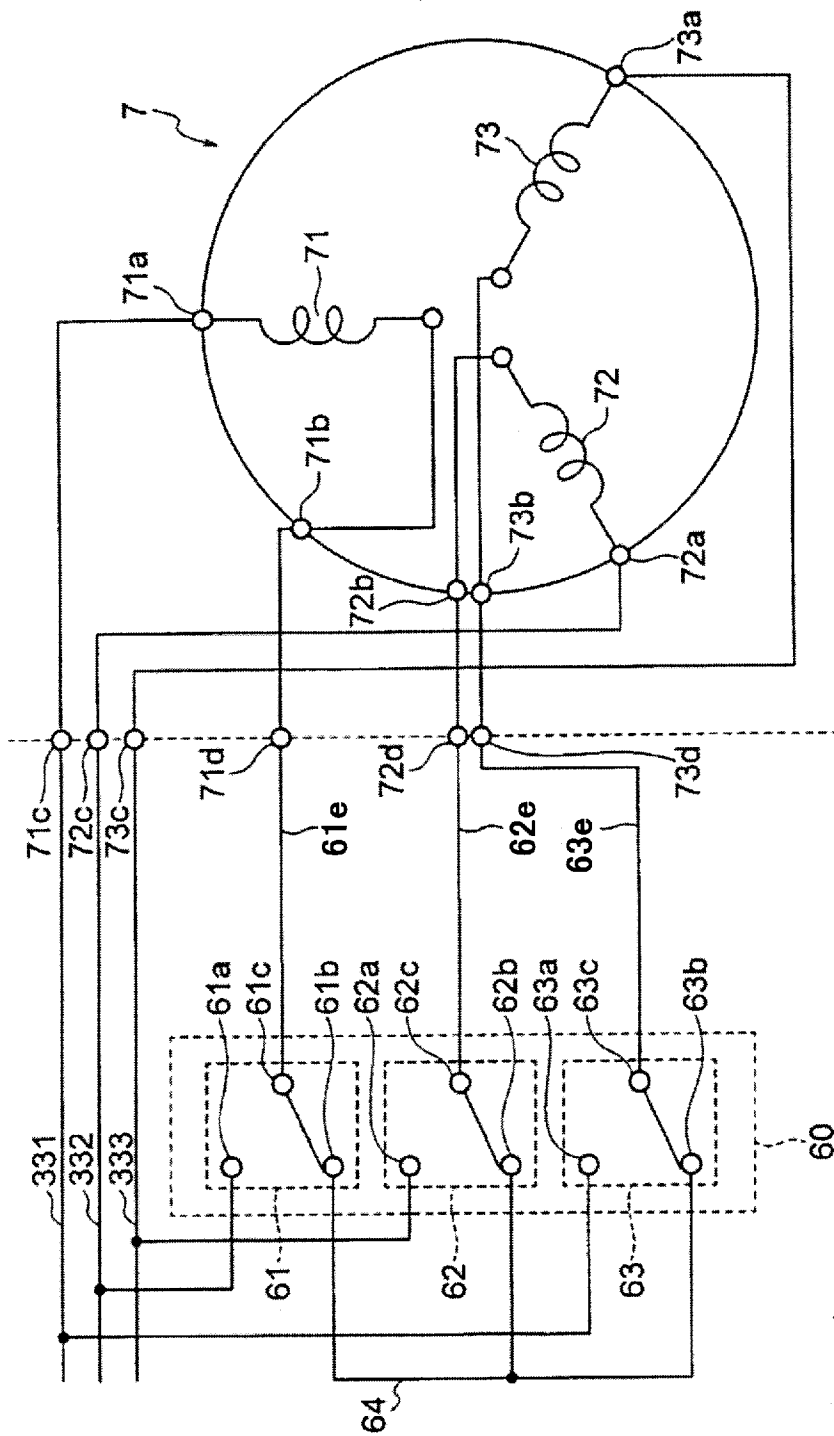
[図5]



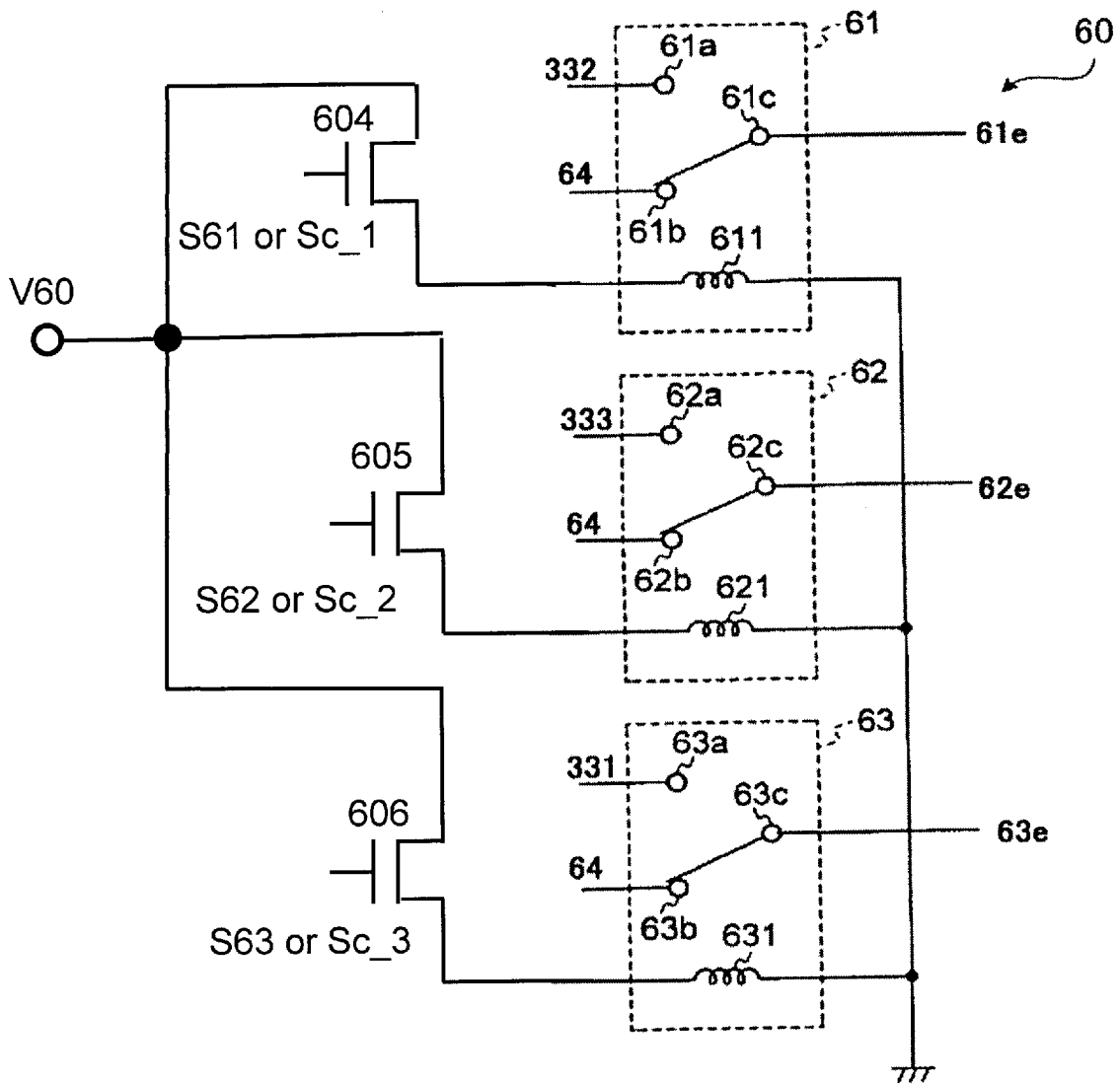
[図6]



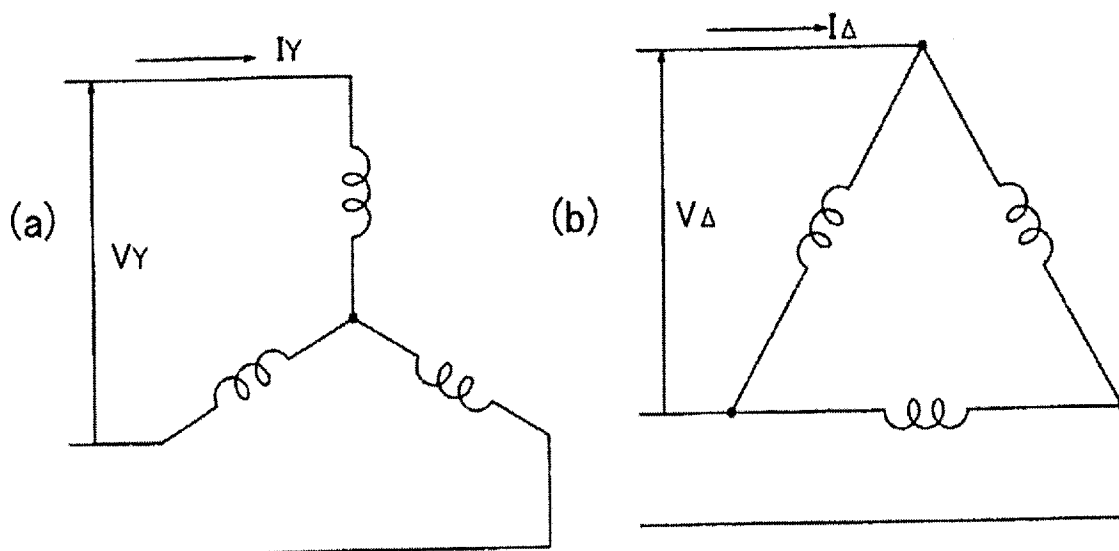
[図7]



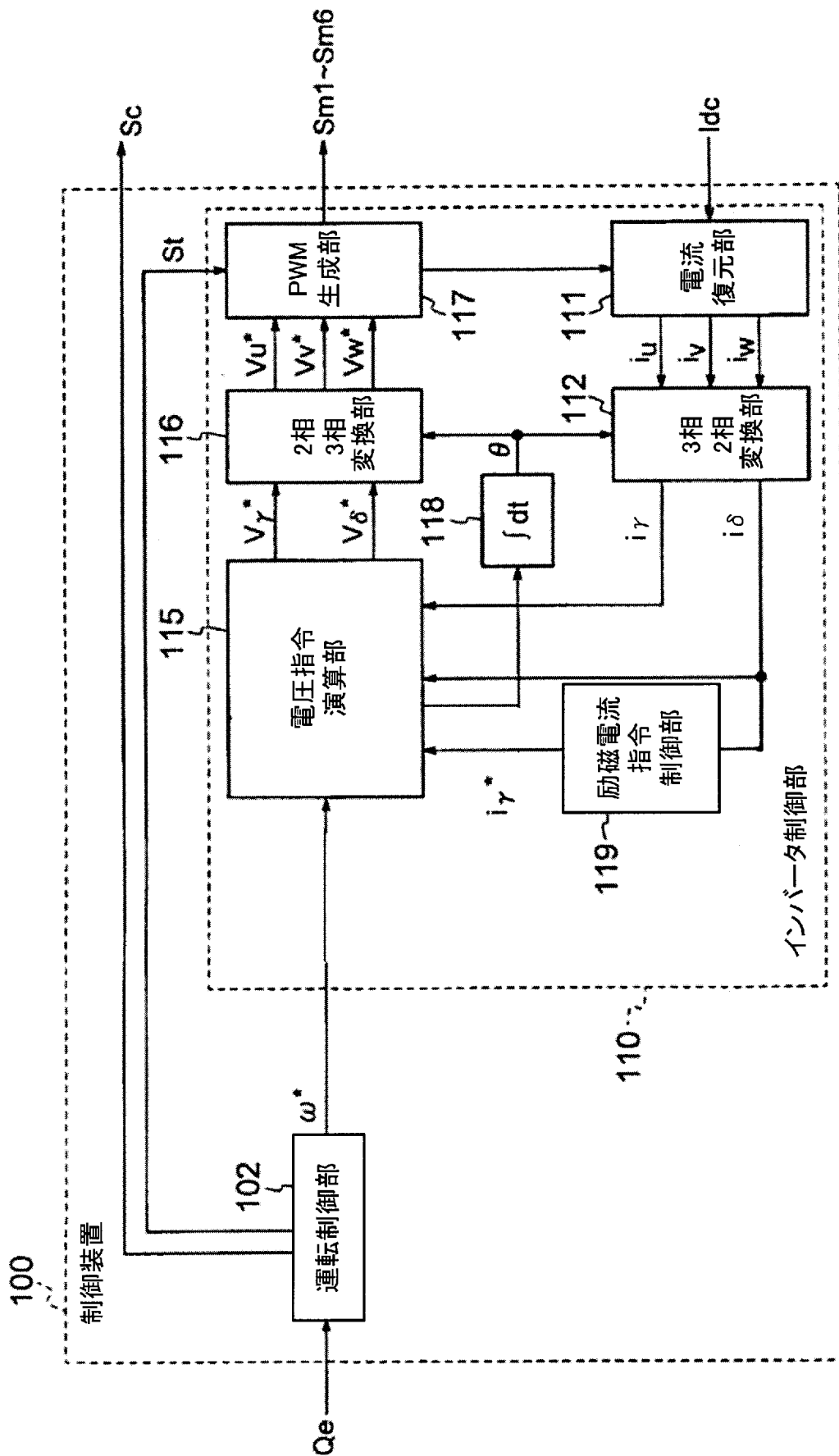
[図8]



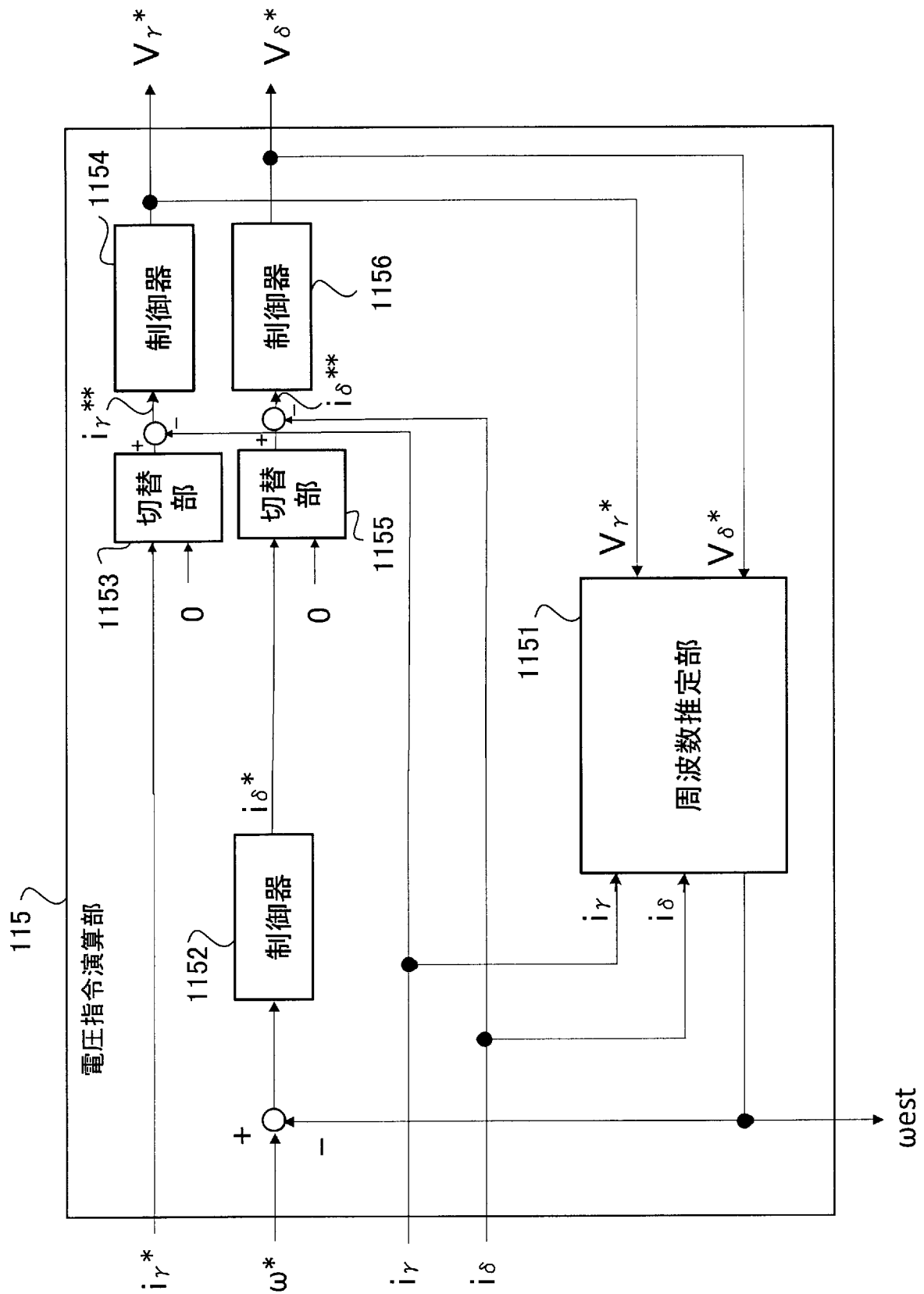
[図9]



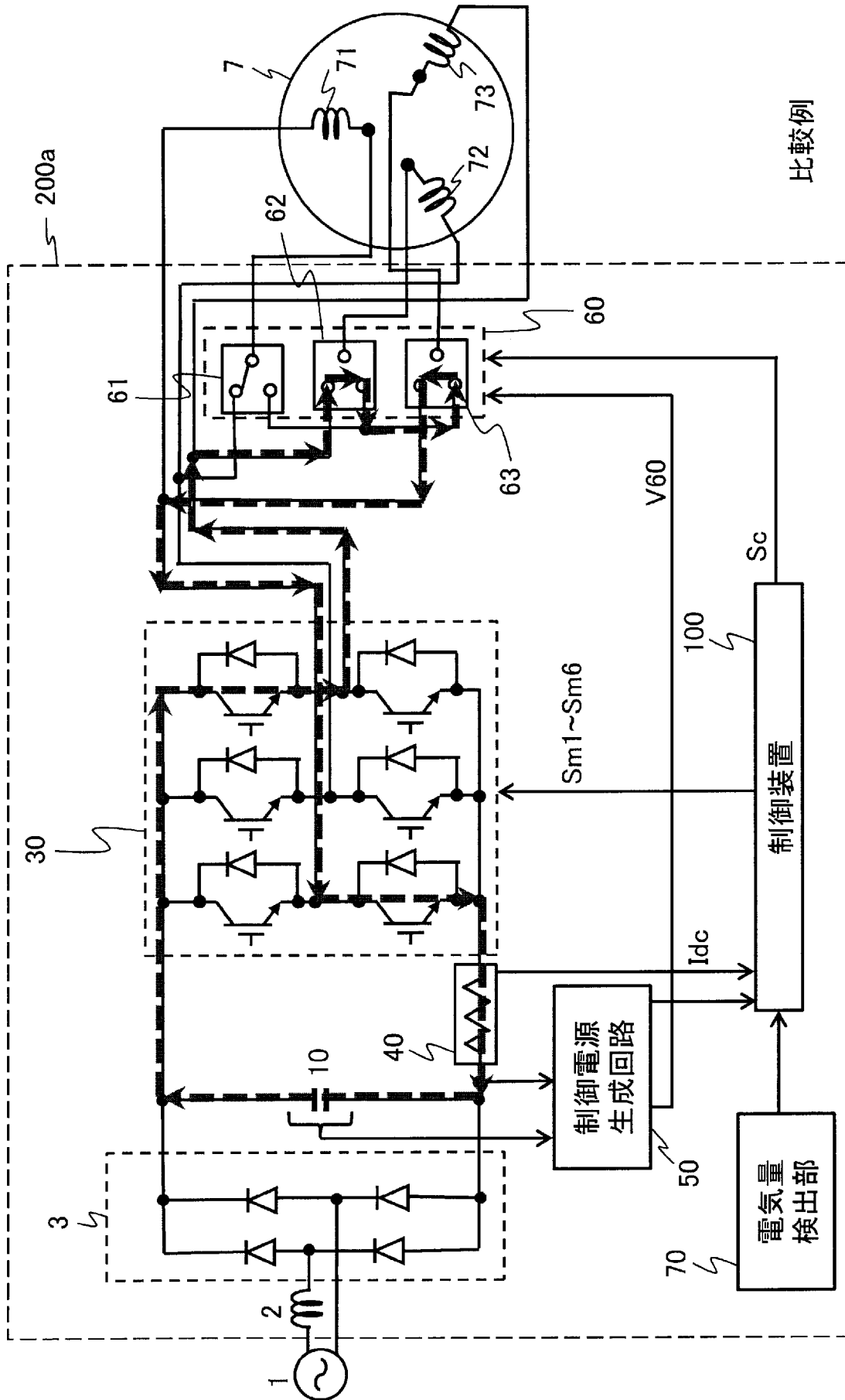
[図10]



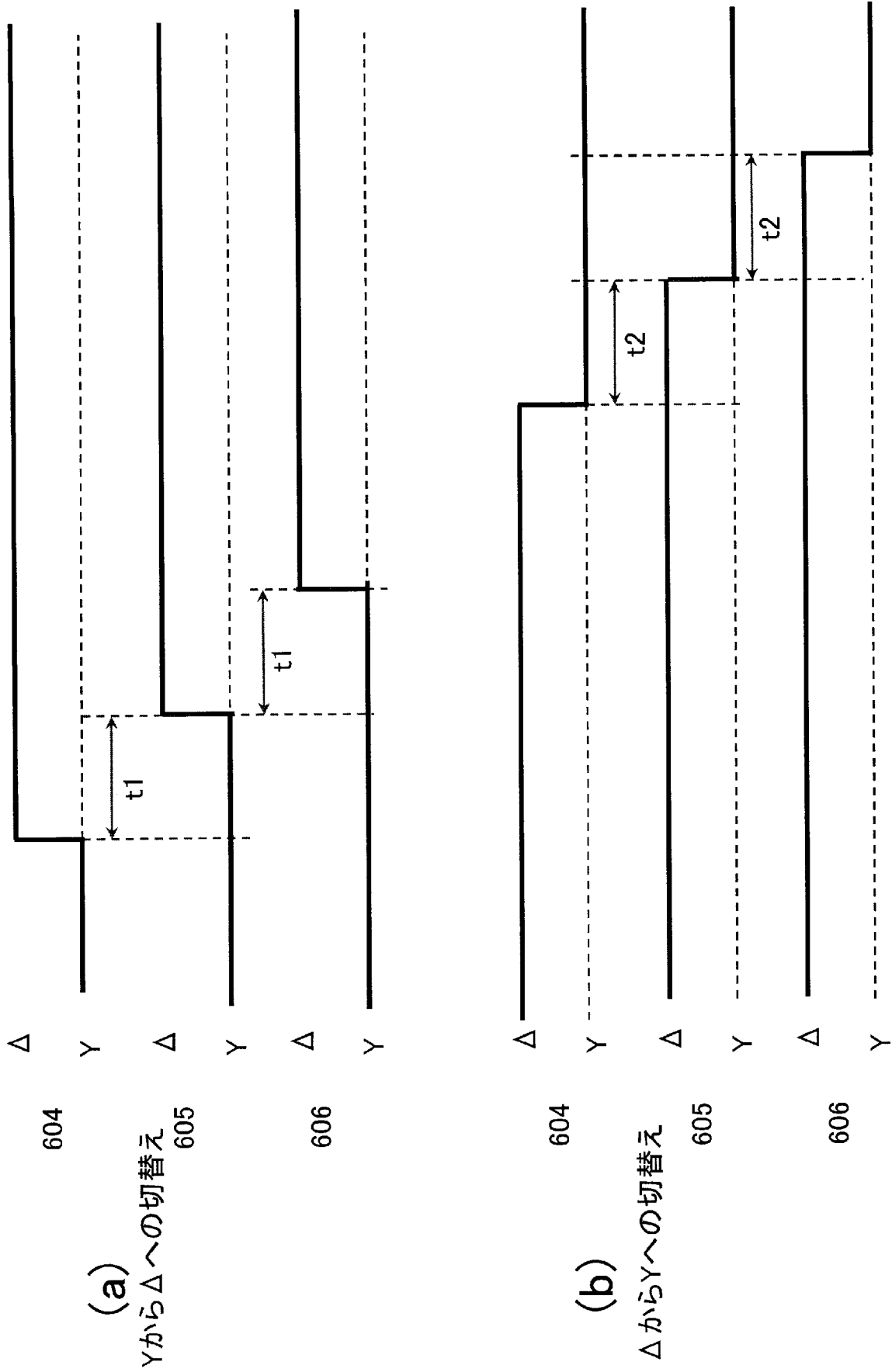
[図11]



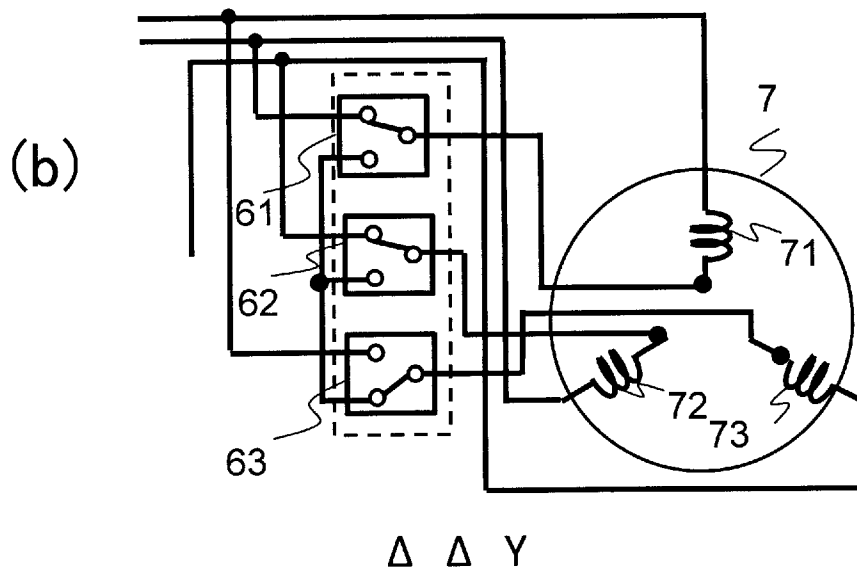
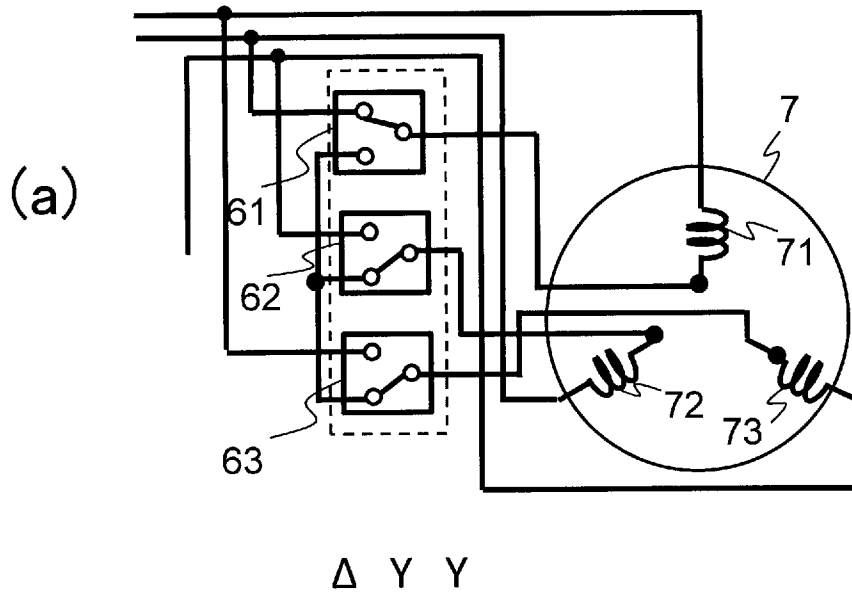
[図12]



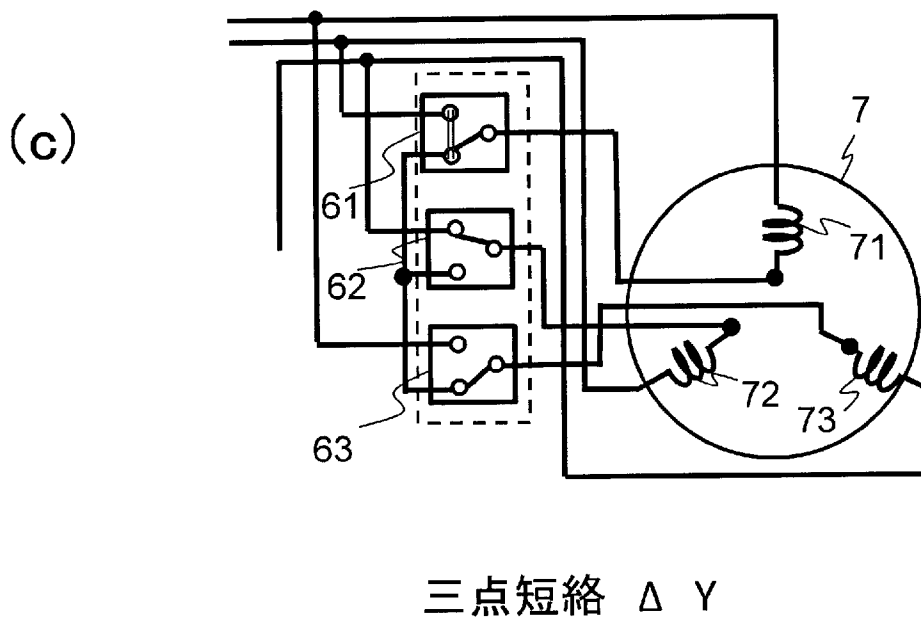
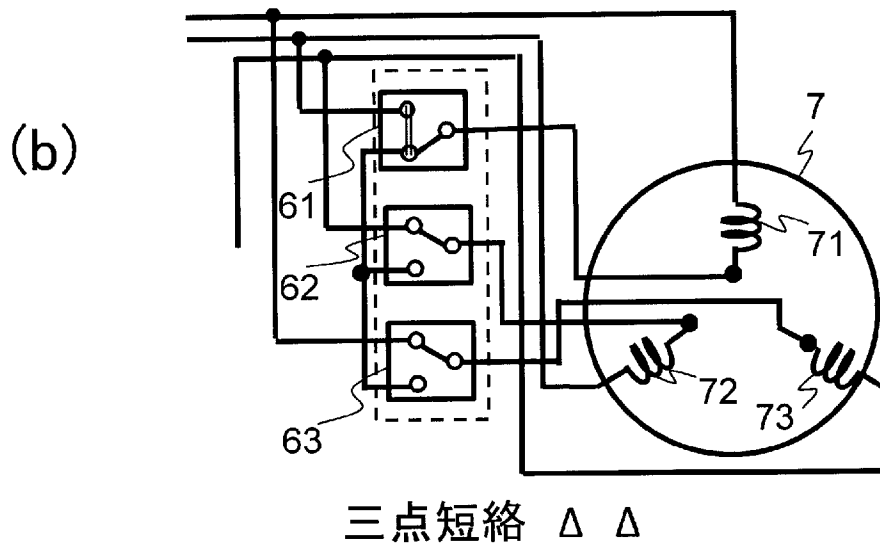
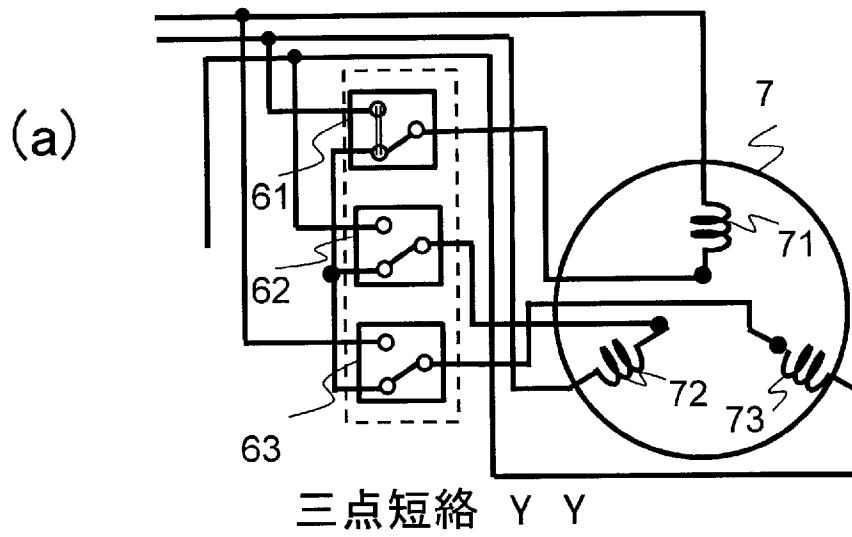
[図13]



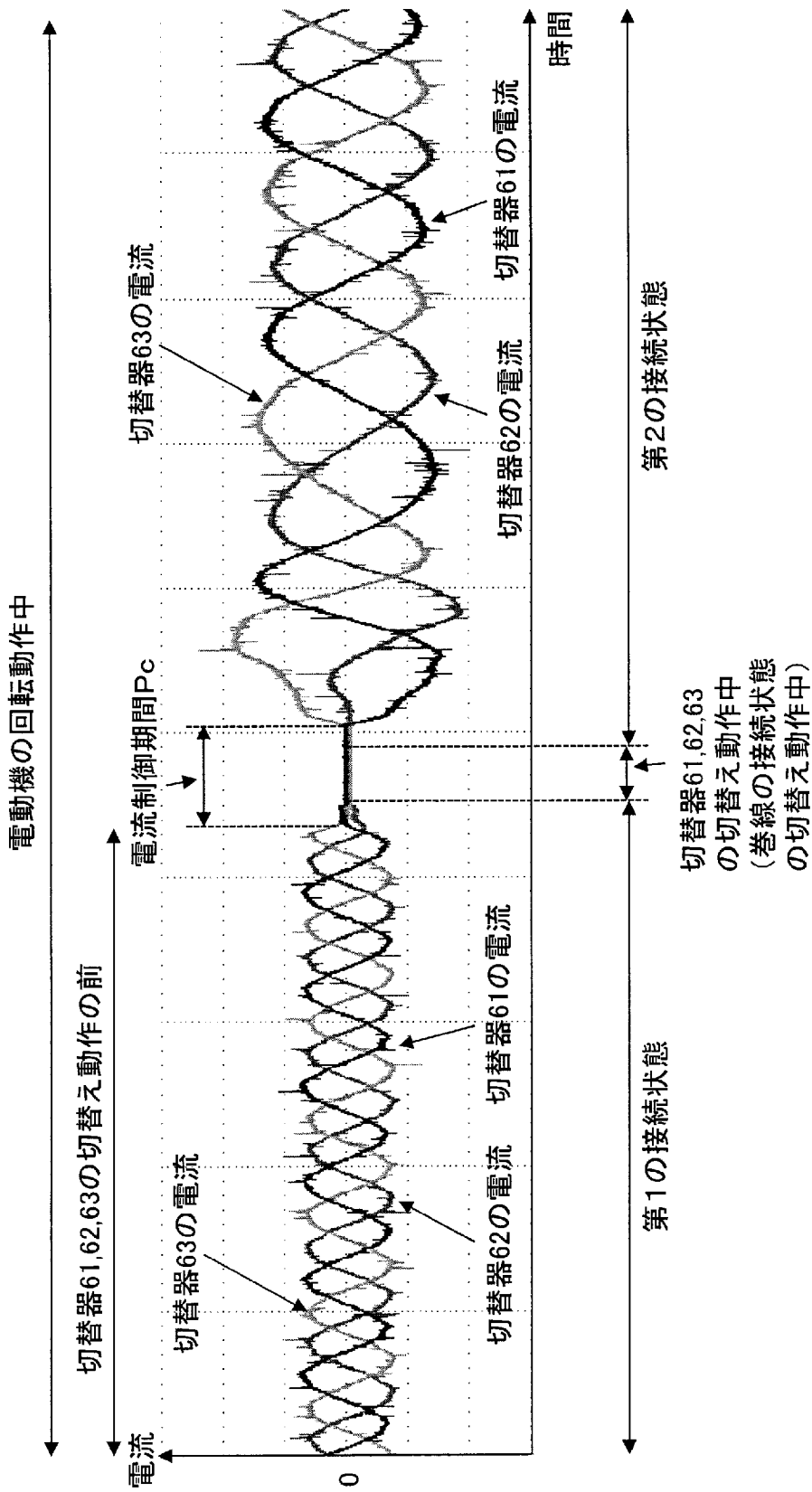
[図14]



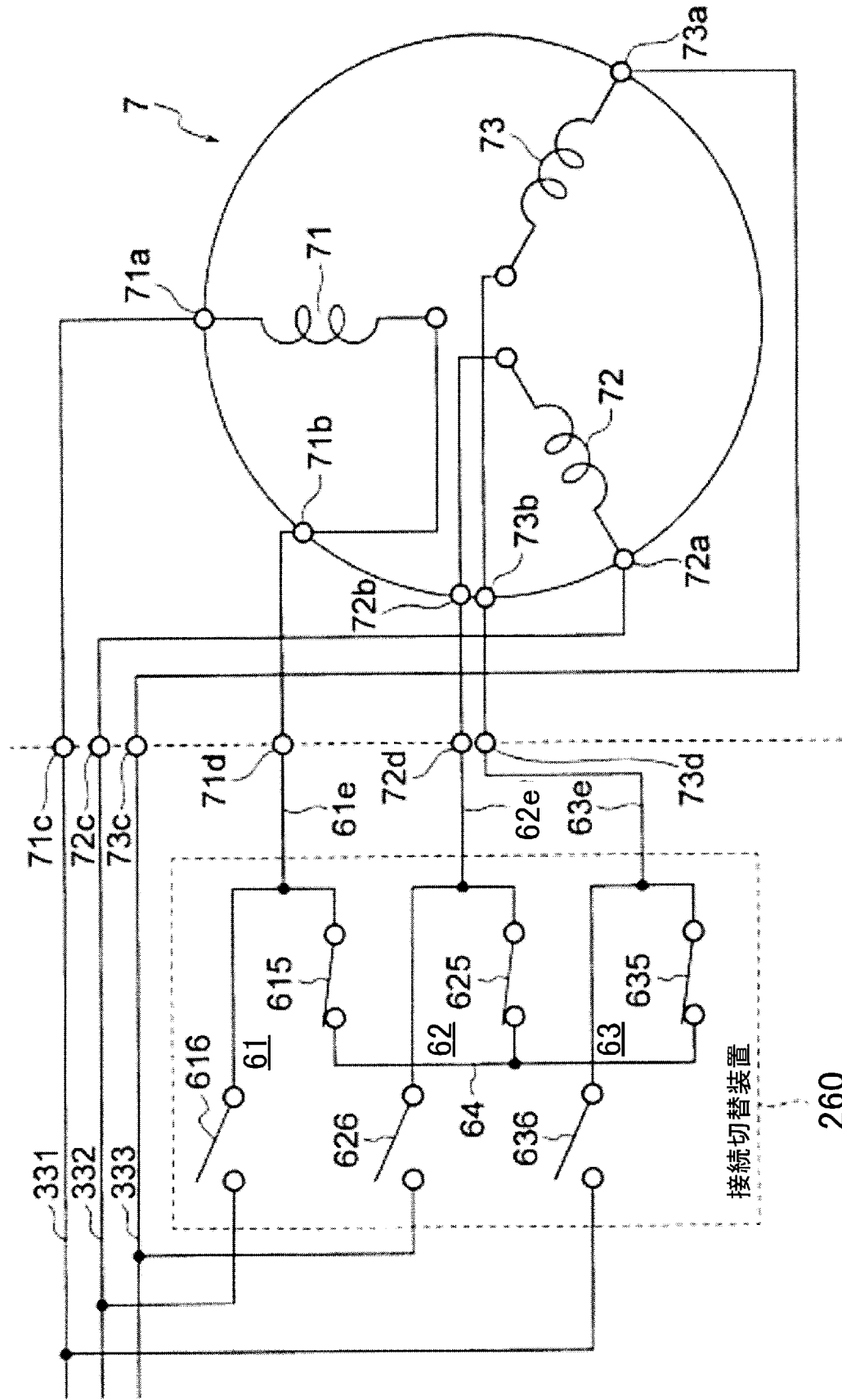
[図15]



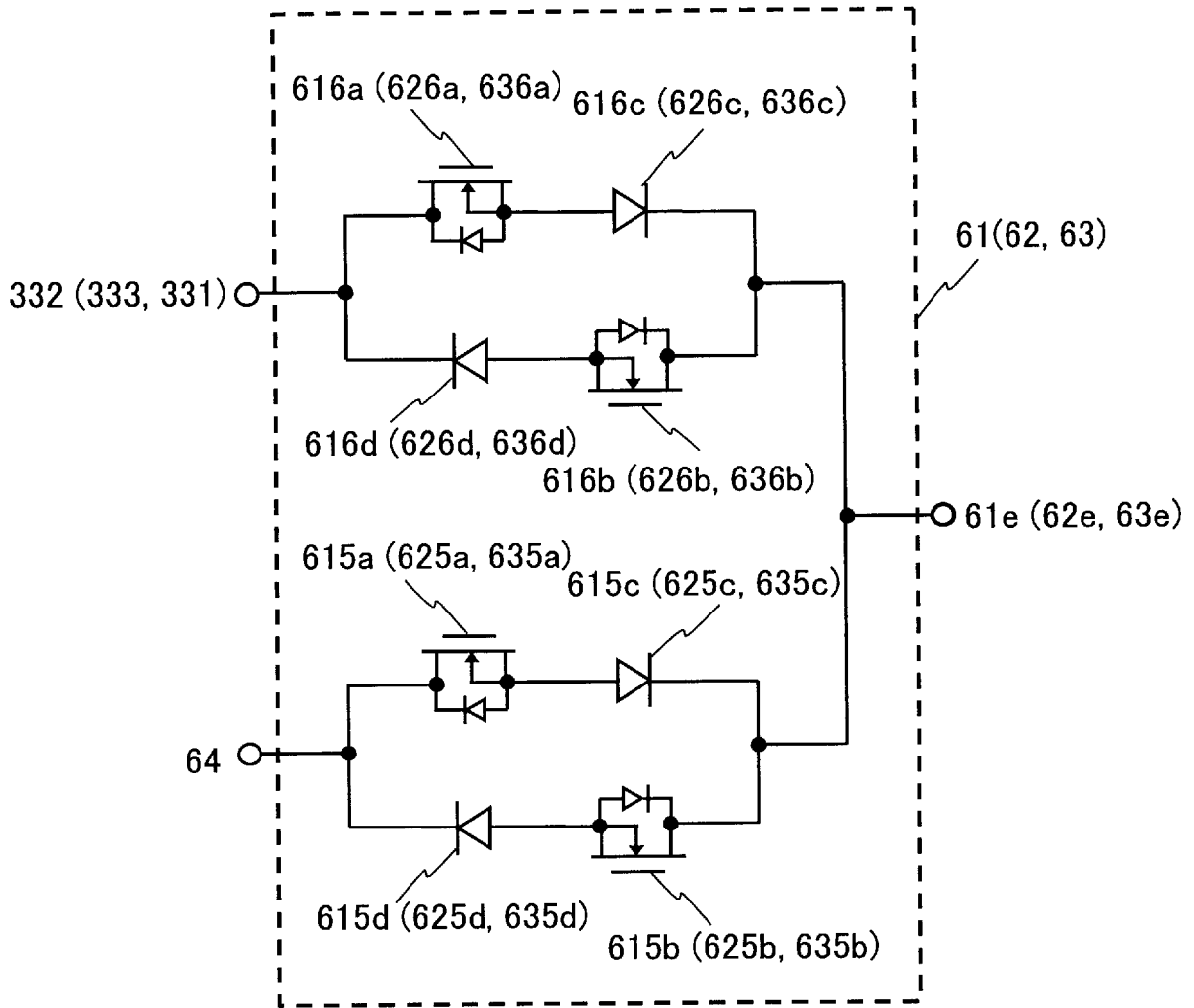
[図16]



[図17]



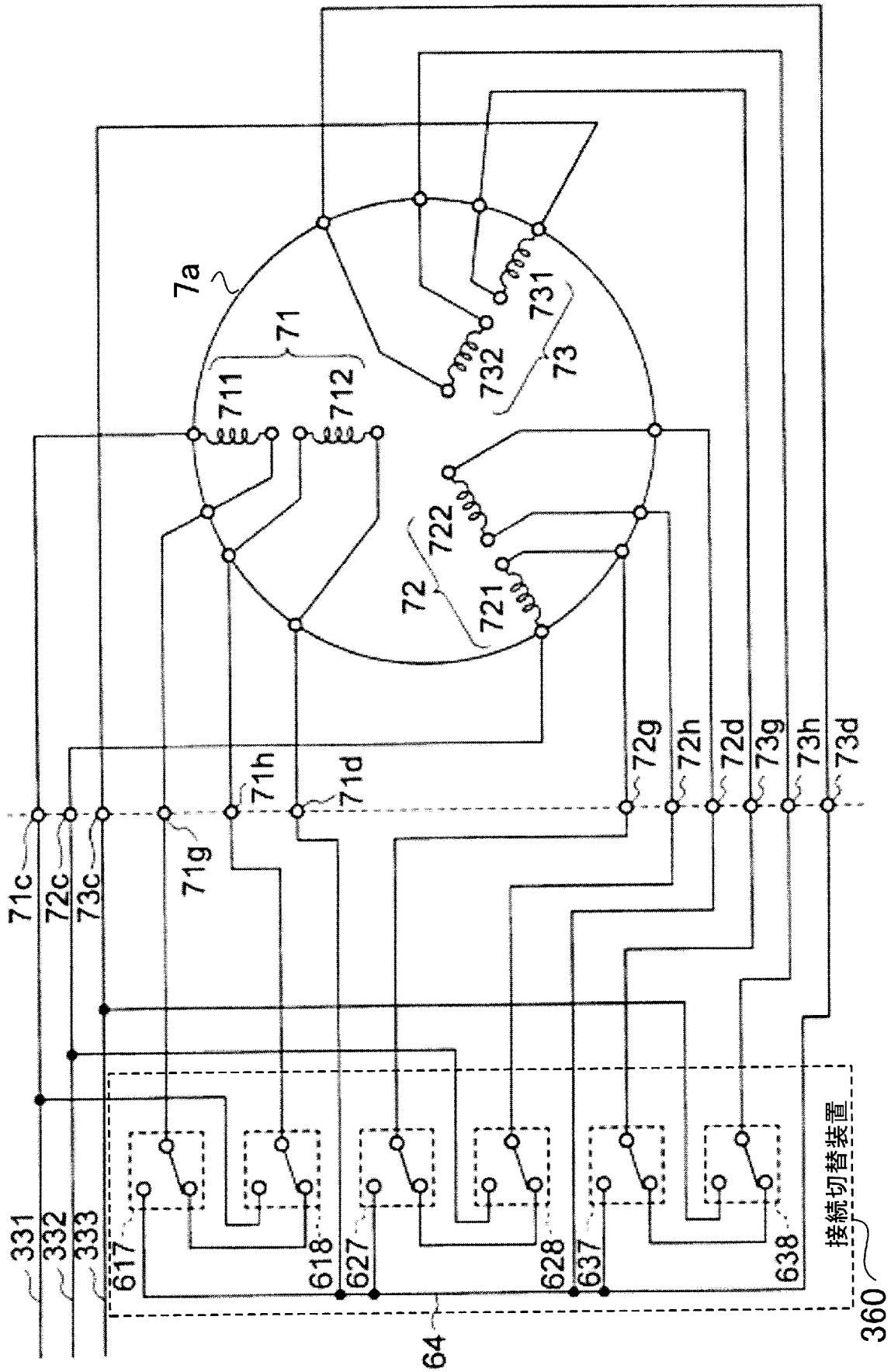
[図18]



[図19]

MOSTランジスタ 616a, 616b, 615a, 615b 626a, 626b, 625a, 625b 636a, 636b, 635a, 635b のオン・オフ状態				結線状態
616a 626a 636a	616b 626b 636b	615a 625a 635a	615b 625b 635b	
ON	ON	OFF	OFF	デルタ結線
OFF	OFF	ON	ON	スター結線

[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/017705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P25/18 (2006.01) i, H02P27/06 (2006.01) i
 FI: H02P25/18, H02P27/06

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)
 Int.Cl. H02P25/18, H02P27/06

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2019/087243 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 May 2019 (2019-05-09), paragraphs [0013]-[0123], fig. 1-15	1-15
Y	WO 2019/026282 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 07 February 2019 (2019-02-07), paragraphs [0014]-[0068], fig. 1-12	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 02 July 2020	Date of mailing of the international search report 14 July 2020
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/017705

WO 2019/087243 A1 09 May 2019 (Family: none)

WO 2019/026282 A1 07 February 2019 (Family: none)

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; H02P 27/06(2006.01)i FI: H02P25/18; H02P27/06		
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; H02P27/06 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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	WO 2019/087243 A1（三菱電機株式会社）09.05.2019（2019-05-09） 段落[0013]-[0123], 図1-15	1-15
Y	WO 2019/026282 A1（三菱電機株式会社）07.02.2019（2019-02-07） 段落[0014]-[0068], 図1-12	1-15
<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、一般的な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 02.07.2020	国際調査報告の発送日 14.07.2020	
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） 安池 一貴 3V 4788 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/JP2020/017705

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/087243 A1	09.05.2019	(ファミリーなし)	
WO 2019/026282 A1	07.02.2019	(ファミリーなし)	