(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115485967 A
(43)申请公布日 2022.12.16

(21)申请号 202080099927.9

(22)申请日 2020.04.24

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.10.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/017705 2020.04.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/214980 JA 2021.10.28

(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 丰留慎也 畠山和德

(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 于丽

(51)Int.Cl.
H02P 25/18(2006.01)
H02P 27/06(2006.01)

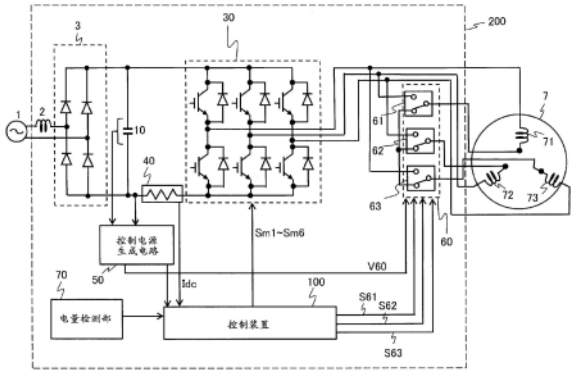
权利要求书2页 说明书15页 附图19页

(54)发明名称

电动机驱动装置、制冷循环装置、空调机、热水器以及冰箱

(57)摘要

电动机驱动装置具有:连接切换装置(60),具有多个切换器(61、62、63),该连接切换装置通过进行多个切换器(61、62、63)的切换动作来切换电动机(7)的绕组(71、72、73)的连接状态;逆变器(30),经由多个切换器(61、62、63)对绕组(71、72、73)施加交流电压,并且从旋转动作中的电动机(7)的绕组(71、72、73)经由多个切换器(61、62、63)被施加反电动势电压;以及控制装置(100),通过控制逆变器(30)来控制电动机(7)的旋转动作,使连接切换装置(60)执行连接状态的切换,其中,连接切换装置(60)当在电动机(7)的旋转动作中执行连接状态的切换时,隔开时间间隔依次进行多个切换器(61、62、63)各自的切换动作。



CN 115485967 A

1.一种电动机驱动装置,具有:

连接切换装置,具有多个切换器,该连接切换装置通过进行所述多个切换器的切换动作来切换电动机的绕组的连接状态,

逆变器,经由所述多个切换器对所述绕组施加交流电压,并且从旋转动作中的所述电动机的所述绕组经由所述多个切换器被施加反电动势电压;以及

控制装置,通过控制所述逆变器来控制所述电动机的旋转动作,使所述连接切换装置执行所述连接状态的切换,

其中,所述连接切换装置当在所述电动机的旋转动作中执行所述连接状态的切换时,隔开时间间隔依次进行所述多个切换器各自的切换动作。

2.根据权利要求1所述的电动机驱动装置,其中,

还具备检测部,检测供给至所述逆变器的电流,

所述控制装置基于由所述检测部检测到的电流来控制所述逆变器。

3.根据权利要求1或2所述的电动机驱动装置,其中,

在流过所述绕组的交流电流的第1有效值相比在所述多个切换器的切换动作之前流过所述绕组的交流电流的第2有效值更接近零的电流控制期间内,所述控制装置使所述连接切换装置执行所述多个切换器的切换动作。

4.根据权利要求1至3中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述连接状态的切换为Y接线与Δ接线之间的切换。

5.根据权利要求1至3中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述连接状态的切换为所述绕组的匝数的切换。

6.根据权利要求1至5中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述多个切换器各自具有包括励磁线圈的电磁接触器,

所述多个切换器的切换动作是通过所述电磁接触器的触点之间的导通或非导通的切换来进行的。

7.根据权利要求1至5中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述多个切换器各自具有半导体开关,该半导体开关被输入到控制端子的信号控制,

所述多个切换器的切换动作是通过所述半导体开关的接通或断开的切换来进行的。

8.根据权利要求7所述的电动机驱动装置,其中,

所述半导体开关由宽带隙半导体形成。

9.根据权利要求1至8中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述时间间隔为50ms以下。

10.根据权利要求1至9中任意一项所述的电动机驱动装置,其中,

所述时间间隔为2ms以上。

11.根据权利要求6所述的电动机驱动装置,其中,

将所述励磁线圈从无励磁状态切换为有励磁状态时的所述时间间隔为5ms以上,

将所述励磁线圈从有励磁状态切换为无励磁状态时的所述时间间隔为2ms以上。

12.一种制冷循环装置,具备权利要求1至11中任意一项所述的电动机驱动装置。

13.一种空调机,具备权利要求12所述的制冷循环装置。

14.一种热水器,具备权利要求12所述的制冷循环装置。

15.一种冰箱,具备权利要求12所述的制冷循环装置。

电动机驱动装置、制冷循环装置、空调机、热水器以及冰箱

技术领域

[0001] 本公开涉及电动机驱动装置、具备该电动机驱动装置的制冷循环装置和具备该制冷循环装置的空调机、热水器以及冰箱。

背景技术

[0002] 已提出了如下电动机驱动装置:不使电动机的旋转动作停止而进行由连接切换装置的切换器(例如机械式继电器)对电动机的绕组的连接状态的切换动作(例如参照专利文献1)。该电动机驱动装置在控制逆变器的输出电压以使流过电动机的绕组的交流电流(即电动机电流)的有效值接近零的期间内进行切换器的切换动作。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:国际公开第2019/087243号(例如参照图4、图6)

发明内容

[0006] 发明所要解决的技术课题

[0007] 然而,在上述以往的电动机驱动装置中,为了使流过绕组的交流电流的有效值大致为零,需要使逆变器的输出电压与在电动机产生的反电动势电压大体一致。也就是说,在切换器的切换动作中,由逆变器执行的通电持续进行。例如,在使用机械式继电器作为切换器的情况下,有可能在继电器内的触点之间产生电弧放电,形成不经由电动机的绕组的短路电路而流过短路电流,切换器或逆变器会发生故障。

[0008] 本公开的目的在于提供一种电动机驱动装置以及具备该电动机驱动装置的装置,该电动机驱动装置不易产生由于不使电动机的旋转动作停止而进行对电动机的绕组的连接状态进行切换的切换器的切换动作所引起的故障。

[0009] 用于解决技术课题的技术方案

[0010] 本公开的电动机驱动装置的特征在于,具有:连接切换装置,具有多个切换器,该连接切换装置通过进行所述多个切换器的切换动作来切换电动机的绕组的连接状态;逆变器,经由所述多个切换器对所述绕组施加交流电压,并且从旋转动作中的所述电动机的所述绕组经由所述多个切换器被施加反电动势电压;以及控制装置,通过控制所述逆变器来控制所述电动机的旋转动作,使所述连接切换装置执行所述连接状态的切换,其中,所述连接切换装置当在所述电动机的旋转动作中执行所述连接状态的切换时,隔开时间间隔依次进行所述多个切换器各自的切换动作。

[0011] 发明效果

[0012] 根据本公开,不易产生由于不使电动机的旋转动作停止而进行切换电动机的绕组的连接状态的切换器的切换动作所引起的电动机驱动装置的故障,能够延长电动机驱动装置的寿命。

附图说明

[0013] 图1为示出实施方式的空调机(包括制冷循环装置)的结构例的概略图。

[0014] 图2为示出实施方式的热水器(包括制冷循环装置)的结构例的概略图。

[0015] 图3为示出实施方式的冰箱(包括制冷循环装置)的结构例的概略图。

[0016] 图4为示出实施方式1的电动机驱动装置的结构的图。

[0017] 图5为示出实施方式1的电动机驱动装置的其它结构的图。

[0018] 图6为示出图4的逆变器的结构的图。

[0019] 图7为详细示出图4的电动机的绕组及连接切换装置的结构例的电路图。

[0020] 图8为详细示出图4的连接切换装置的结构例的电路图。

[0021] 图9的(a)及(b)为概念性地示出电动机的不同接线状态下的绕组的图。

[0022] 图10为示出实施方式1中使用的控制装置的一个例子的功能框图。

[0023] 图11为示出图10的电压指令运算部的结构的一个例子的图。

[0024] 图12为示出比较例中可能发生的短路电流的路径的电路图。

[0025] 图13的(a)及(b)为示出接线切换时的切换器的信号的一个例子的图。

[0026] 图14的(a)及(b)为示出错开时间来依次切换多个切换器的情况下的接线状态的图。

[0027] 图15的(a)至(c)为示出错开时间来依次切换多个切换器的情况下的接线状态的图。

[0028] 图16示出接线切换前后的电流波形的一个例子。

[0029] 图17为示出实施方式2的电动机的绕组和连接切换装置的电路图。

[0030] 图18为示出使用MOS晶体管作为图17的连接切换装置的切换器的结构例的电路图。

[0031] 图19为用表格形式示出图18的切换器的MOS晶体管的接通(ON)及断开(OFF)状态的例子的图。

[0032] 图20为示出实施方式3的电动机的绕组和连接切换装置的电路图。

[0033] 附图标记

[0034] 1:交流电源;2:电抗器;3:整流电路;7、7a:电动机;10:电容器;30:逆变器;40:母线电流检测部;50:控制电源生成电路;60、260、360:连接切换装置;61、62、63:切换器;71、72、73:绕组;100:控制装置;200:电动机驱动装置;900、900a、900b:制冷循环装置;902:四通阀;904:压缩机;906:换热器;908:膨胀阀;910:换热器。

具体实施方式

[0035] 以下参照附图对实施方式的电动机驱动装置、作为具备该电动机驱动装置的制冷循环应用设备的制冷循环装置和具备该制冷循环装置的空调机、热水器以及冰箱进行说明。此外,以下所示的实施方式仅为例子,作为电动机驱动装置及具备该电动机驱动装置的各装置,能够进行各种变更。此外,在以下的说明中,附加相同附图标记的构成要素具有相同或相似的功能。

[0036] 图1为示出实施方式的空调机(包括制冷循环装置900)的结构例的概略图。如图1所示,制冷循环装置900能够通过四通阀902的切换动作来进行制热运行或制冷运行。

[0037] 在制热运行时，如以实线箭头所示，制冷剂在压缩机904被加压并送出，通过四通阀902、室内的换热器906、膨胀阀908、室外的换热器910及四通阀902而返回至压缩机904。在制冷运行时，如以虚线箭头所示，制冷剂在压缩机904被加压并送出，通过四通阀902、室外的换热器910、膨胀阀908、室内的换热器906及四通阀902而返回至压缩机904。

[0038] 在制热运行时，换热器906作为冷凝器发挥作用而进行放热(即对室内进行制热)，换热器910作为蒸发器发挥作用而进行吸热。在制冷运行时，换热器910作为冷凝器发挥作用而进行放热，换热器906作为蒸发器发挥作用而进行吸热(即对室内进行制冷)。压缩机904被由电动机驱动装置200进行可变速控制的电动机7驱动。

[0039] 图2为示出实施方式的热泵式热水器(包括制冷循环装置900a)的结构例的概略图。如图2所示，在制冷循环装置900a中，换热器906作为冷凝器发挥作用而进行放热(即将水加热)，换热器910作为蒸发器发挥作用而进行吸热。压缩机904被由电动机驱动装置200进行可变速控制的电动机7驱动。

[0040] 图3为示出实施方式的冰箱(包括制冷循环装置900b)的结构例的概略图。如图3所示，在制冷循环装置900b中，换热器910作为冷凝器发挥作用而进行放热，换热器906作为蒸发器发挥作用而进行吸热(即对冰箱内进行冷却)。压缩机904被由电动机驱动装置200进行可变速控制的电动机7驱动。

[0041] <<1>>实施方式1.

[0042] <<1-1>>实施方式1的概要

[0043] 图4为将实施方式1的电动机驱动装置200的结构例与电动机7及交流电源1一同示出的图。图5为示出电动机驱动装置200的其它结构例的图。电动机驱动装置200为用于驱动电动机7的电路。如图4所示，电动机驱动装置200具备逆变器30、连接切换装置60和控制装置100。另外，电动机驱动装置200可以具备交流电源输入端子、电抗器2、整流电路3、电容器10、控制电源生成电路50、母线电流检测部40和电量检测部70。

[0044] 连接切换装置60具有多个作为开关电路的切换器61、62、63。连接切换装置60在电动机7的旋转动作中、即不使电动机7的旋转停止而进行切换器61、62、63的切换动作，由此切换电动机7的绕组71、72、73的连接状态(即接线状态)。逆变器30经由切换器61、62、63对绕组71、72、73施加交流电压，并且经由切换器61、62、63从旋转动作中的电动机7的绕组71、72、73被施加反电动势电压。

[0045] 控制装置100通过控制逆变器30来控制电动机7的旋转动作。另外，控制装置100使连接切换装置60执行绕组的连接状态的切换。在实施方式1中，控制装置100使得在流过绕组71、72、73的交流电流的值接近零的电流控制期间Pc(将在后说明的图16所示)内执行切换器61、62、63的切换动作。电流控制期间Pc也称为“零电流控制期间”。

[0046] 此外，在本申请中，绕组的连接状态包括绕组的接线状态(例如Y接线和Δ接线)和绕组的匝数这两者。关于绕组的匝数的切换，将在实施方式3中说明。另外，在用机械式继电器构成切换器61、62、63的情况下，电流控制期间Pc能够设定为几百毫秒以下。在用半导体开关构成切换器61、62、63的情况下，电流控制期间Pc能够设定为几毫秒以下。另外，在对空调机、热泵式热水器、冰箱等制冷循环装置的压缩机使用电动机7的情况下，电流控制期间Pc能够设定在几毫秒至1秒的范围内。

[0047] <<1-2>>实施方式1的结构

[0048] 控制装置100包括例如具备作为将控制信息存储为软件程序的存储装置的存储器和作为执行该程序的信息处理装置的CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)的微机(微型计算机)或DSP(Digital Signal Processor,数字信号处理器)等。另外,控制装置100可以包括专用硬件(例如处理电路)。以下对控制装置100包括微机的情况进行说明。

[0049] 经由交流电源输入端子从外部的交流电源1对电动机驱动装置200施加交流电压。关于施加的电压,例如振幅的有效值为100V或200V等,频率为50Hz或60Hz等。

[0050] 整流电路3从交流电源1经由交流电源输入端子及电抗器2接受交流电压并将其整流,从而生成直流电压。整流电路3为通过将二极管等整流元件桥接而形成的全波整流电路。

[0051] 电容器10使由整流电路3生成的直流电压平滑化而输出直流电压(图6所示的V20)。

[0052] 图6为示出图4的逆变器30的结构的图。如图6所示,逆变器30具有逆变器主电路310和驱动电路350。逆变器主电路310的输入端子连接于电容器10的电极。将连结整流电路3的输出、电容器10的电极及逆变器主电路310的输入端子的线称为直流母线。

[0053] 逆变器30被控制装置100控制,逆变器主电路310的6个支路的开关元件311～316进行接通、断开动作。通过该接通、断开动作,逆变器30生成频率可变且电压可变的3相交流电流,并将该3相交流电流供给至电动机7。对开关元件311～316分别并联连接有续流用整流元件321～326。

[0054] 电动机7为3相永磁同步电动机,定子绕组(也简称为“绕组”)的端部被引出至电动机7的外部,能够切换到星形接线(Y接线)及三角形接线(Δ接线)中的任意接线。该切换由连接切换装置60来进行。此外,在将Y接线称为第1接线的情况下,Δ接线为第2接线,在将Δ接线称为第1接线的情况下,Y接线为第2接线。另外,绕组的连接状态可以为3种以上。

[0055] 图7为详细示出电动机7的绕组71、72、73及连接切换装置60的结构例的电路图。如图7所示,电动机7的由U相、V相、W相构成的3相的绕组71、72、73的第1端部71a、72a、73a分别连接于外部端子71c、72c、73c。电动机7的U相、V相、W相的绕组71、72、73的第2端部71b、72b、73b分别连接于外部端子71d、72d、73d。电动机7像这样与连接切换装置60连接。另外,对外部端子71c、72c、73c连接有逆变器30的U相、V相、W相的输出线331、332、333。

[0056] 在图示的例子中,连接切换装置60包括切换器61、62、63。作为切换器61、62、63,使用电磁接触器,该电磁接触器的触点电磁性地进行开闭。这样的电磁接触器包括所谓的继电器、接触器(contactor)等。

[0057] 图8为详细示出图4的连接切换装置60的结构例的电路图。连接切换装置60的切换器61、62、63例如如图8所示地构成。在励磁线圈611、621、631中流过电流时和未流过电流时为不同的接线状态。励磁线圈611、621、631以经由半导体开关604、605、606接受切换电源电压V60的方式连接。在图4及图8所示的例子中,半导体开关604、605、606的开闭是由从控制装置100输出的切换控制信号S61、S62、S63来控制的。另外,在图5及图8所示的例子中,半导体开关604、605、606的开闭是由从控制装置100输出的切换控制信号Sc即Sc_1、使信号Sc延迟而得到的信号即Sc_2、使信号Sc进一步延迟而得到的信号即Sc_3来控制的。此外,在来自控制装置100中包括的微机的电流供给被充分确保的情况下,可以以使电流从微机直接流到励磁线圈611、621、631的方式进行工作。

[0058] 切换器61的共用触点61c经由引线61e连接于外部端子71d。常闭触点61b连接于中性点节点64，常开触点61a连接于逆变器30的V相的输出线332。

[0059] 切换器62的共用触点62c经由引线62e连接于外部端子72d。常闭触点62b连接于中性点节点64，常开触点62a连接于逆变器30的W相的输出线333。

[0060] 切换器63的共用触点63c经由引线63e连接于外部端子73d。常闭触点63b连接于中性点节点64，常开触点63a连接于逆变器30的U相的输出线331。

[0061] 当励磁线圈611、621、631中未流过电流时，如图8所示，切换器61、62、63处于转换至常闭触点侧的状态，即处于共用触点61c、62c、63c连接于常闭触点61b、62b、63b的状态(即导通状态)且处于未连接于常开触点61a、62a、63a的状态(即非导通状态)。在该状态下，电动机7处于Y接线状态。

[0062] 当励磁线圈611、621、631中流过电流时，切换器61、62、63与图示相反而处于转换至常开触点侧的状态，即处于共用触点61c、62c、63c连接于常开触点61a、62a、63a的状态且处于未连接于常闭触点61b、62b、63b的状态(即非导通状态)。在该状态下，电动机7处于Δ接线状态。

[0063] 在此，使用图9的(a)及(b)对使用能够切换到Y接线及Δ接线中的任意接线的电动机作为电动机7的优点进行说明。图9的(a)概念性地示出设为Y接线时的绕组的接线状态，图9的(b)概念性地示出设为Δ接线时的绕组的接线状态。

[0064] 设Y接线时的线间电压为V_Y、设流入至绕组的电流为I_Y，设Δ接线时的线间电压为V_Δ、设流入至绕组的电流为I_Δ，当设施加于各相绕组的电压彼此相等时，以下式(1)及(2)的关系成立。

[0065] $$V_\Delta = V_Y/\sqrt{3} \qquad (1)$$

[0066] $$I_\Delta = \sqrt{3}\times I_Y \qquad (2)$$

[0067] 当Y接线时的电压V_Y及电流I_Y与Δ接线时的电压V_Δ及电流I_Δ具有式(1)及(2)的关系时，在Y接线时和Δ接线时供给至电动机的电力彼此相等。即，当供给至电动机的电力彼此相等时，Δ接线的电流较大，驱动所需的电压较低。

[0068] 利用以上性质，考虑根据负载条件等来选择接线状态。例如，考虑在低负载时，以Y接线进行低速运行，在高负载时，以Δ接线进行高速运行。通过这种方式，还能够使低负载时的效率提高，实现高负载时的输出变高。

[0069] 以下关于这一点，以对空调机的压缩机进行驱动的电动机的情况为例进一步详细描述。作为用于驱动空调机的压缩机的电动机7，为了响应节能化的要求，具备永磁体作为转子的同步电动机广为使用。另外，在近年来的空调机中，设为当室温与设定温度之差大时，通过使电动机7高速地旋转的高速运行来使室温尽快接近设定温度，当室温接近设定温度时，通过使电动机7低速地旋转的低速运行来维持室温。在这样控制的情况下，低速运行的时间占总运行时间的占比大。

[0070] 在使用同步电动机的情况下，当转数升高时反电动势增加，驱动所需的电压值增加。如上所述，该反电动势在Y接线时比Δ接线时高。

[0071] 为了抑制高速时的反电动势，考虑减小永磁体的磁力，或是减少绕组的匝数。但如果这样的话，由于用于得到相同输出转矩的电流增加，因此流过电动机7及逆变器30的电流

增加而效率下降。

[0072] 于是，考虑根据转数来切换接线状态。例如，在需要以高速来运行的情况下，设为Δ接线状态。通过这种方式，能够使驱动所需的电压(与Y接线时所需的电压相比)为$1/\sqrt{3}$。因此，也不需要减少绕组的匝数，另外也不需要使用弱磁控制。

[0073] 另一方面，在低速旋转时，通过设为Y接线状态从而与Δ接线相比能够使电流值为$1/\sqrt{3}$。进而，能够将绕组设计为适于在Y接线状态下以低速来驱动，与遍及整个速度范围使用Y接线的情况相比，能够降低电流值。其结果是能够降低逆变器30的损耗，能够提高效率。

[0074] 如以上说明的，根据负载条件来切换接线状态是有意义的，设置连接切换装置60是为了能够进行这样的切换。

[0075] 图4及图5所示的母线电流检测部40检测母线电流、即对逆变器30输入的直流电流Idc。母线电流检测部40包括在直流母线插入的分流电阻，将表示检测结果的模拟信号供给至控制装置100。该模拟信号(即检测信号)由在控制装置100中未图示的A/D(Analog to Digital，模拟到数字)变换部变换为数字信号并被用于在控制装置100内部的处理。

[0076] 如上所述，控制装置100控制连接切换装置60对接线状态的切换并且控制逆变器30的工作。为了控制逆变器30，控制装置100生成PWM(Pulse Width Modulation，脉冲宽度调制)信号Sm1～Sm6并供给至逆变器30。

[0077] 如图6所示，除了具备逆变器主电路310之外，逆变器30还具备驱动电路350，驱动电路350基于PWM信号Sm1～Sm6生成驱动信号Sr1～Sr6。驱动电路350利用驱动信号Sr1～Sr6控制开关元件311～316的接通、断开，据此对电动机7施加频率可变且电压可变的3相交流电压。

[0078] PWM信号Sm1～Sm6为逻辑电路的信号电平的大小(0～5V)的信号，与此相对，驱动信号Sr1～Sr6为具有控制开关元件311～316所需的电压电平、例如+15V至－15V的大小的信号。另外，PWM信号Sm1～Sm6以控制装置100的接地电位作为基准电位，与此相对，驱动信号Sr1～Sr6以各自对应的开关元件的负侧端子即发射极端子的电位作为基准电位。

[0079] 图10为示出图4的控制装置100的一个例子的功能框图。如图10所示，控制装置100具有运行控制部102及逆变器控制部110。

[0080] 运行控制部102基于从电量检测部70提供的指令信号Qe来输出指示信号。电量检测部70接受基于表示由未图示的温度传感器检测出的室温(例如空气调节对象空间的温度)的电信号的电量的指令信号和表示来自未图示的操作部(例如遥控器)的指示信息的指令信号，控制空调机的各部分的工作。来自操作部的指示中包含表示设定温度的信息、运行模式的选择、运行开始及结束的指示等。

[0081] 运行控制部102决定例如将电动机7的绕组设为Y接线还是Δ接线以及决定目标转数，基于该决定来输出切换控制信号Sc及频率指令值ω^*。运行控制部102例如在室温与设定温度之差大时，决定设为Δ接线，将目标转数设定为较高的值，输出在启动后将频率逐渐上升至与上述目标转数对应的频率的频率指令值ω^*。

[0082] 当频率达到了与目标转数对应的频率后，运行控制部102维持该状态直到室温接近设定温度为止，当室温接近了设定温度后，使电动机暂时停止，切换为Y接线，输出逐渐上升至与较低的目标转数对应的频率的频率指令值ω^*。当频率达到了与目标转数对应的频

率后,运行控制部102进行用于维持室温接近设定温度的状态的控制。该控制中包含频率的调整、电动机的停止、重新起动等。

[0083] 如图10所示,逆变器控制部110具有电流恢复部111、3相2相变换部112、频率补偿部113、主频率运算部114、电压指令运算部115、2相3相变换部116、PWM生成部117、电角相位运算部118以及励磁电流指令控制部119。

[0084] 电流恢复部111基于由母线电流检测部40(图4及图5所示)检测出的直流电流Idc的值恢复流过电动机7的相电流i_u、i_v、i_w。电流恢复部111按照基于从PWM生成部117提供的PWM信号来规定的定时对由母线电流检测部40检测的直流电流Idc进行采样,由此恢复相电流i_u、i_v、i_w。

[0085] 3相2相变换部112使用由将在后说明的电角相位运算部118生成的电角相位θ将由电流恢复部111恢复出的电流值i_u、i_v、i_w变换为用励磁电流分量(也称为“γ轴电流”)i_γ及转矩电流分量(也称为“δ轴电流”)i_δ表示的γ-δ轴的电流值。

[0086] 励磁电流指令控制部119根据转矩电流分量(δ轴电流)i_δ求出为了驱动电动机7而效率最高的最佳励磁电流指令值i_γ^*。此外,虽然在图9中是根据转矩电流分量i_δ求出励磁电流指令值i_γ^*,但是根据励磁电流分量i_γ、频率指令值ω^*求出励磁电流指令值i_γ^*也能得到同样效果。

[0087] 在励磁电流指令控制部119中,基于转矩电流分量i_δ(或励磁电流分量i_γ、频率指令值ω^*)来输出励磁电流指令值i_γ^*,该励磁电流指令值i_γ^*使得成为使输出转矩为预先确定的值以上(或最大)、即电流值为预先确定的值以下(或最小)的电流相位角βm(未图示)。

[0088] 图11为示出图10的电压指令运算部115的一个例子的图。如图11所示,电压指令运算部115以如下方式工作:基于从3相2相变换部112得到的γ轴电流i_γ及δ轴电流i_δ、频率指令值ω^*和从励磁电流指令控制部119得到的励磁电流指令值i_γ^*输出电压指令值V_γ^*、V_δ^*。

[0089] 控制器1152例如为比例积分(PI)控制器,基于频率指令值ω^*与由频率推定部1151生成的频率推定值ωest之差分($\omega^*-\omega est$),输出使频率推定值ωest与频率指令值ω^*一致的δ轴电流指令值i_δ^*。

[0090] 频率推定部1151基于γ轴电流i_γ及δ轴电流i_δ和电压指令值V_γ^*、V_δ^*,推定电动机7的频率,生成频率推定值ωest。

[0091] 切换部1155从δ轴电流指令值i_δ^*和0的任意值中选择δ轴电流指令值i_δ^{**}的值,例如,PI控制器等控制器1156输出使δ轴电流i_δ与δ轴电流指令值i_δ^{**}一致的δ轴电压指令值V_δ^*。

[0092] 切换部1153从γ轴电流指令值i_γ^*和0的任意值中选择γ轴电流指令值i_δ^{**}的值,例如,PI控制器等控制器1154输出使γ轴电流i_γ与γ轴电流指令值i_γ^{**}一致的γ轴电压指令值V_γ^*。

[0093] 图10所示的2相3相变换部116使用由电角相位运算部118得到的电角相位θ将由电压指令运算部115得到的γ轴电压指令值V_γ^*及δ轴电压指令值V_δ^*(2相坐标系的电压指令值)变换为3相坐标系的输出电压指令值(3相电压指令值)V_u^*、V_v^*、V_w^*并输出。

[0094] PWM生成部117基于从2相3相变换部116得到的3相电压指令值V_u^*、V_v^*、V_w^*生成并输出PWM信号Sm1～Sm6。

[0095] 从运行控制部102提供的停止信号St例如被提供给PWM生成部117,PWM生成部117

在接受到停止信号St时，立即停止输出PWM信号Sm1～Sm6。

[0096] 此外，虽然在图10的例子中说明根据逆变器30的输入侧的直流电流Idc恢复相电流i_u、i_v、i_w的结构，但也可以设为在逆变器30的输出线331、332、333设置电流探测器并用该电流探测器检测相电流的结构。在这样的情况下，只要使用由上述电流探测器检测出的电流来代替由电流恢复部111恢复出的电流即可。

[0097] 另外，在使用3相永磁同步电动机作为电动机7的情况下，当电动机7中流过过大电流时，产生永磁体的不可逆消磁而磁力下降。当产生这样的状态时，由于用于输出相同转矩的电流增加，因此产生损耗恶化的问题。因此，在将相电流i_u、i_v、i_w或直流电流Idc输入至控制装置100而电动机7中流过过大电流的情况下，通过使PWM信号Sm1～Sm6停止来使向电动机7的通电停止，从而能够防止不可逆消磁。此外，通过设置从相电流i_u、i_v、i_w或直流电流Idc中去除噪声的LPF(Low Pass Filter，低通滤波器)，能够防止由于噪声而误使Sm1～Sm6停止的情况，能够使可靠性更加提高。

[0098] 在此，在使用能够切换到Y接线和Δ接线中的任意接线的电动机作为电动机7的情况下，在Y接线和Δ接线下产生不可逆消磁的电流值(图9的I_Y和I_Δ)大约相差$\sqrt{3}$倍，关于该电流值，Δ接线的电流值相对于Y接线高$\sqrt{3}$倍。因此，当与Y接线相配合地设定用于防止产生不可逆消磁的保护水平(protection level)(即过电流保护水平)时，会很快发起对I_Δ的保护，因此难以扩大运行范围。因此，通过在控制装置100内与Y接线和Δ接线相配合地切换保护水平(即，使Δ接线时的保护水平高于Y接线时的保护水平)，能够在各绕组可靠地保护电动机7免受不可逆消磁的影响，能够得到使可靠性提高的电动机驱动装置。

[0099] 此外，关于保护水平，举出设定为将电动机7的初始状态的磁力设定为100％而在产生不可逆消磁的情况下对性能不造成影响的范围中的电流值(例如磁力下降为97％的电流值)。但是与使用的设备相应地变更保护水平的设定电流值也没有问题。

[0100] <<1-3>>实施方式1的动作

[0101] 以下对使得在电动机7的运行中(即旋转动作中)执行连接切换装置60的切换器61、62、63的切换时的电动机驱动装置200的工作进行说明。

[0102] 首先，参照图4、图7、图8及图12对以往技术的问题、即不具备本实施方式的特征的比较例的电动机驱动装置的工作简单进行说明。图12为示出比较例的电动机驱动装置200a中可能发生的短路电流的路径的电路图。在电动机运行中、即在构成连接切换装置60的切换器61、62、63中流过电流的状态下，在不将切换控制信号S61、S62、S63错开而作为同步的信号发出以切换接线的情况下，共用触点61c、62c、63c的连接目的地的触点同时转换为常闭触点61b、62b、63b或常开触点61a、62a、63a。在发生转换时，当假设从逆变器30向电动机7的馈电持续、电动机7的转数Nm不为零时，在切换器61、62、63的触点之间有时会产生电弧放电。换言之，在比较例中，因为切换器61、62、63想要在相同定时转换，所以有可能在3个切换器61、62、63中的至少两个切换器，ab触点之间(即61a与61b之间、62a与62b之间、63a与63b之间)由于电弧短路而短路，产生如图12所示的不经由电动机7的绕组71、72、73的短路路径而流过短路电流，产生如切换器61、62、63的触点熔粘或构成逆变器30的半导体元件的损坏这样的故障。图12所示的用粗线的虚线箭头示出的路径为不经由电动机7的绕组71、72、73的短路路径的一个例子。

[0103] 于是，在实施方式1的电动机驱动装置200中，为了避免由于不经由电动机7的绕组71、72、73的短路路径的短路电流而产生故障，在图4所示的控制装置100中，分别输出错开了定时的切换器61、62、63的切换控制信号S61、S62、S63。或者对图5所示的1相的信号准备时间常数不同的滤波器LPF_1、LPF_2来使切换器61、62、63的切换定时错开，从而能够在通电中不产生短路电流而进行切换。即，当在电动机7的旋转动作中执行接线状态的切换的情况下，实施方式1的电动机驱动装置200的控制装置100对连接切换装置60进行控制，以使连接切换装置60隔开时间间隔依次进行多个切换器61、62、63)各自的切换动作。

[0104] 多个切换器61、62、63各自的切换动作的时间间隔t1、t2优选为50ms以下。另外，该时间间隔t1、t2优选为2ms以上。另外，优选的是切换器61、62、63具有机械式继电器，将继电器的励磁线圈从无励磁状态切换为有励磁状态时的时间间隔为5ms以上，将励磁线圈从有励磁状态切换为无励磁状态时的时间间隔为2ms以上。

[0105] 图13的(a)及(b)为示出对接线切换时的切换器61、62、63的励磁线圈提供驱动信号的半导体开关604、605、606的接通/断开动作的一个例子的图。图13的(a)示出从Y接线到Δ接线的切换动作中的半导体开关604、605、606从断开到接通的切换动作。图13的(b)示出从Δ接线到Y接线的切换动作中的半导体开关604、605、606从接通到断开的切换动作。此外，将半导体开关604、605、606的切换动作的定时与切换器61、62、63的机械式继电器的切换动作的定时视为相同来进行以下说明。

[0106] 如图13的(a)所示，作为将切换器61、62、63的切换定时错开的时间间隔t1，设为从发出将半导体开关(例如图8的半导体开关604)接通的信号(图4或图5中的切换控制信号S61或Sc_1)起直到励磁线圈(例如图8中的励磁线圈611)中流过电流、切换器(例如图8中的切换器61)的共用触点61c的连接目的地从常闭触点61b转换到常开触点61a为止的时间(该时间为还考虑到个体偏差的值)。像这样，在从Y接线切换为Δ接线的情况下，在从半导体开关604提供的信号变为接通起经过时间间隔t1之后，从半导体开关605提供的信号变为接通，从该时间点起再经过时间间隔t1之后，从半导体开关606提供的信号变为接通。

[0107] 如图13的(b)所示，作为将切换器61、62、63的切换定时错开的时间间隔t2，设为从发出将半导体开关(例如图8的半导体开关604)接通的信号(图4中的切换控制信号S61或Sc_1)起直到励磁线圈(例如图8的励磁线圈611)中不再流过电流、切换器(例如图8中的切换器61)的共用触点61c的连接目的地从常开触点61a转换到常闭触点61b为止的时间(该时间为还考虑到个体偏差的值)。像这样，在从Δ接线切换为Y接线的情况下，在从半导体开关604提供的信号变为断开起经过时间间隔t2之后，从半导体开关605提供的信号变为断开，从该时间点起再经过时间间隔t2之后，从半导体开关606提供的信号变为断开。

[0108] 如上所述，通过隔开时间间隔而逐一地依次进行切换器61、62、63的切换动作，能够可靠地防止产生两相同时产生切换器的电弧短路的状态。因此，能够防止产生图12中以粗线箭头所示的短路电流。此外，基于机械式继电器的动作时间来考虑的时间间隔t1、t2的优选范围为例如2ms至50ms。

[0109] 图14的(a)及(b)为示出错开时间来依次切换多个切换器61、62、63的情况下的接线状态的图。图14的(a)示出切换器61为Δ接线的状态、切换器62及63为Y接线的状态的情况。图14的(b)示出切换器61及62为Δ接线的状态、切换器63为Y接线的状态的情况。这些状态是在利用切换器61、62、63将绕组71、72、73的接线状态从Δ接线切换为Y接线或从Y接线

切换为Δ接线的中途发生的。如图14的(a)及(b)所示，在实施方式1中，在切换绕组71、72、73的接线状态时，对切换器61、62、63各自隔开时间间隔依次进行切换，所以不形成如图12所示的不通过绕组的短路路径。

[0110] 图15的(a)至(c)为示出错开时间来依次切换多个切换器61、62、63的情况下的接线状态的其它例子的图。图15的(a)示出如下情况：切换器61、62、63均为Y接线的状态，在切换器61的常闭端子与常开端子之间产生电弧放电(用双线示出)，切换器61为3点短路的状态(即，3个端子互相导通的状态)。图15的(b)示出如下情况：切换器61为Y接线的状态，切换器62、63为Δ接线的状态，在切换器61的常闭端子与常开端子之间产生电弧放电(用双线示出)，切换器61为3点短路的状态(即，3个端子互相导通的状态)。图15的(c)示出如下情况：切换器61、63为Y接线的状态，切换器62为Δ接线的状态，在切换器61的常闭端子与常开端子之间产生电弧放电(用双线示出)，切换器61为3点短路的状态(即3个端子互相导通的状态)。

[0111] 如图14的(a)及(b)所示，在实施方式1中，在切换绕组71、72、73的接线状态时，对切换器61、62、63各自隔开时间间隔依次进行切换，所以不形成如图12所示的不通过绕组71、72、73中的任意绕组的短路路径。

[0112] 另外，如图15的(a)至(c)所示，在实施方式1中，在切换绕组71、72、73的接线状态时，对切换器61、62、63各自隔开时间间隔依次进行切换，所以即使在切换器61、62、63其中之一产生了电弧放电的情况下，也不形成如图12所示不通过绕组71、72、73中的任意绕组的短路路径。

[0113] 如图14的(a)及(b)和图15的(a)至(c)所示，在实施方式1中，因为错开时间来进行切换器61、62、63的切换动作，所以能够避免由于两个切换器中同时产生短路而形成的图12所示的短路路径的产生。因而在实施方式1中，能够避免产生由短路电流引起的切换器61、62、63或逆变器30的故障。

[0114] 另外，例如为了避免这样的故障，还考虑将电动机7的转数Nm设为零而在未通电的状态下切换继电器的方法。然而，如果将电动机7的转数Nm设为零的话，在使电动机7重新起动时，在施加于电动机7的负载为例如压缩机904(图1)的情况下，由于是制冷剂的状态不稳定的状态，因此重新起动所需的转矩增加，启动时的电流增加，最坏的情况下有可能无法重新起动。因此，需要在不使电动机7工作而时间过去直到制冷剂的状态充分稳定为止之后进行重新起动。因此，有可能无法利用压缩机904对制冷剂加压，导致由制冷或制热能力下降引起的室温上升或下降，室温无法保持恒定。

[0115] 于是，在实施方式1的电动机7中，优选为进行控制以在电动机7的旋转动作中(运行中)使流过电动机7的绕组或连接切换装置60的电流的值(有效值)接近零(电流控制期间Pc)，在该状态下隔开时间间隔使连接切换装置60的多个切换器逐一进行动作，从而使得在切换器61、62、63的触点之间不产生电弧放电及过大电流而完成切换。此外，电流控制期间Pc为如下期间：所谓进行控制以使流过电动机7的绕组或连接切换装置60的电流的值(有效值)接近零，是指流过绕组的交流电流的第1有效值相比在多个切换器的切换动作之前流过绕组的交流电流的第2有效值更接近零。

[0116] 电流控制期间Pc是逆变器对电动机施加交流电压以抵消由电动机7的旋转动作而产生的反电动势电压的期间。像这样，能够不用使电动机7的转数Nm为零，即不用使旋转动

作停止，而使流过电动机7的绕组的电流的值(有效值)接近零。通过在该状态下隔开时间间隔逐一切换多个继电器，能够不流过短路电流而在使可靠性更加提高的状态下切换绕组71、72、73的接线状态。因此，在空调机的情况下，在接线状态的切换时无需使电动机7的旋转动作停止，因此不需要由于旋转动作停止而到制冷剂稳定为止的待机时间，能够抑制室温的上升或下降。

[0117] 在图11中，电压指令运算部115使得利用切换部1155工作以选择0作为δ轴电流指令值i_{δ}^{**}，从而输出使δ轴电流i_{δ}与δ轴电流指令值i_{δ}^{*}一致、即使δ轴电流指令值i_{δ}^{**}与0一致的δ轴电压指令值V_{δ}^{*}。进而，电压指令运算部115使得利用切换部1153工作以选择0作为γ轴电流指令值i_{γ}^{**}，从而输出使γ轴电流i_{γ}与γ轴电流指令值i_{γ}^{*}一致、即使γ轴电流指令值i_{γ}^{**}与0一致的γ轴电压指令值V_{γ}^{*}。

[0118] <<1-4>>实施方式1的效果

[0119] 通过以上工作，能够进行使流过电动机7的绕组71、72、73的电流、即流过切换器61、62、63的电流的值(有效值)如图16所示的电流控制期间Pc那样接近零的控制(优选为控制为零)(称为“零电流控制”)。因而，能够在切换器61、62、63中没有流过电流的状态下进行切换器61、62、63的切换动作，在切换器61、62、63的触点之间不会流过大的短路电流。因此，在使用机械式继电器作为切换器61、62、63的情况下，能够实现防止触点熔粘且可靠性高的电动机的驱动装置。此外，此处所谓的“控制为零”不是使流过切换器61、62、63的电流的值(有效值)准确为零的意思，而是实质上能够视为零那样接近于零的意思。

[0120] 然而，由于无法使流过切换器61、62、63的电流的值准确为零，因此在电动机7的绕组71、72、73流过微弱的电流。当在该状态下进行切换器61、62、63的切换动作时，例如在设想图7所示的切换器61、62、63的连接状态的情况下，例如，常闭触点61b和共用触点61c为连接状态，在该状态下将常闭触点61b和共用触点61c操作为开路状态的话，有可能产生由电流导致的电弧放电。虽然此时的电弧放电是轻微的，但在产生了电弧放电的状态下与常开触点61a相接的话，常开触点61a、常闭触点61b、共用触点61c成为以低阻抗连接的状态。在零电流控制下，为了抵消电动机7的感应电压，通过逆变器30供给电压，在该状态下常开触点61a、62a、63a、常闭触点61b、62b、63b、共用触点61c、62c、63c以低阻抗连接的状态产生两个以上的话，有可能产生短路电流而如图12所示在切换器61、62、63流过过大电流。

[0121] 于是，当电动机7高速旋转时，实施方式1的控制装置100进行控制以使流过电动机7或连接切换装置60的电流的值(例如有效值)接近零(优选为使电流的值大致为0)，在确认了电流充分为零之后进行控制以隔开时间间隔逐一进行连接切换装置60的多个切换器61、62、63的切换动作。通过这种方式，能够防止将机械式继电器用于连接切换装置60时的触点熔粘等故障，能够得到可靠性高的电动机驱动装置。

[0122] 换言之，即使在用廉价的部件构成连接切换装置60的情况下，实施方式1的电动机驱动装置200也能够实现故障发生率的下降及装置的寿命变长，所以能够使产品成本下降。

[0123] 另外，在电动机7的旋转动作不停止的电流控制期间中，对绕组的连接状态进行切换。因此，不需要为了绕组的连接状态的切换而使电动机的旋转动作暂时停止、之后使电动机7重新起动的工作。

[0124] 此外，由于在Y接线和Δ接线下产生不可逆消磁的电流值不同，因此按照切换Y接线和Δ接线的定时来切换保护水平，从而能够进行与各绕组对应的保护。但在使用机械式

继电器的情况下，从使电流流过励磁线圈611、621、631起到切换器61、62、63转换至常开触点61a、62a、63ba或常闭触点61b、62b、63b为止产生时间延迟。因此设想例如以下情形：在从Y接线切换为Δ接线的情况下，虽然保护水平转换为Δ接线，但电动机7在向Δ接线的切换转移过程中，因此仍旧为Y接线的状态。在该情况下，在误使过大电流流过的情况下，有可能产生电动机7的不可逆消磁。

[0125] 于是，在接线的切换时，在从开始使电流为零的控制的时间点起直到切换接线为止的期间，设定为保护水平低的Y接线的保护水平，从而能够在接线的切换时不论在Y接线、Δ接线的哪种状态下都能够进行保护免受不可逆消磁的影响。此外，由于在接线切换时进行使电流为零的控制，因此对电动机7的运行没有任何影响。

[0126] 另外，关于保护水平，举出如之前说明的那样设定为将电动机7的初始状态的磁力设定为100％而在产生不可逆消磁的情况下对性能不造成影响的范围中的电流值(例如磁力下降为97％的电流值)，进而将Δ接线下的电流值设为Y接线的$\sqrt{3}$倍的值，从而不论接线状态如何都能够可靠地进行保护免受不可逆消磁的影响。但是，在图9的(b)中不检测I_{Δ}而检测流过绕组的电流值来进行保护的情况下，优选为设定$\mathbf{I}_{\Delta}\div\sqrt{3}$的电流值(与Y接线下的保护水平的电流值等同)作为保护水平。此外，可以与使用的设备相应地变更保护水平的设定电流值。

[0127] <<1-5>>实施方式1的变形例

[0128] 作为整流电路3的整流元件，通常使用二极管等。但是，整流电路3的结构不限于图4的例子。例如也可以构成为：代替整流电路3的整流元件，使用例如MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor，金属氧化物半导体场效应晶体管)等晶体管元件(半导体开关)，通过与从交流电源1供给的电压(输入交流电压)的极性相配合地设为接通状态来进行整流。

[0129] 作为逆变器主电路310的开关元件311～316，使用IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor，绝缘栅双极型晶体管)或MOSFET，但不限于此。开关元件311～316只要是能够进行开关的元件，就可以使用任何元件。此外，在使用MOSFET作为开关元件311～316的情况下，MOSFET在构造上具有寄生二极管，因此不需要并联连接图6所示的回流用的整流元件321～326。

[0130] 关于构成整流元件及开关元件311～316的材料，不仅使用硅(Si)，还使用作为宽带隙半导体的碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)、金刚石等的材料来构成，从而能够使损耗更少。

[0131] <<2>>实施方式2.

[0132] 实施方式2的电动机驱动装置在使用连接切换装置260来代替连接切换装置60这点与实施方式1的电动机驱动装置200不同。在图4的结构中，作为连接切换装置60的切换器61、62、63，使用选择开关。在实施方式2中，用常闭开关与常开开关的组合、即接通/断开式开关的组合来构成连接切换装置260的各个切换器。

[0133] 图17为示出实施方式2的电动机7的绕组71、72、73和连接切换装置260的电路图。在连接切换装置260中，用常闭开关615和常开开关616的组合来构成切换器61，用常闭开关625和常开开关626的组合来构成切换器62，用常闭开关635和常开开关636的组合来构成切换器63。

[0134] 如图17所示，在常闭开关615、625、635闭合(即接通)、常开开关616、626、636打开(即断开)的状态下，电动机7的绕组71、72、73为Y接线状态。与图示的状态相反，在常闭开关615、625、635打开(即断开)、常开开关616、626、636闭合(即接通)的状态下，电动机为Δ接线状态。

[0135] 如图17所示，在用常闭开关615、625、635和常开开关616、626、636的组合来构成各切换器的情况下，也能够使用电磁接触器作为各开关。电磁接触器在接通时的导通损耗小所以是优选的。

[0136] 如图18所示，可以用半导体开关构成各切换器。图18为示出使用MOS晶体管作为连接切换装置260的切换器61(62、63)的结构例的电路图。图18中示出了切换器61、62、63的其中之一。切换器61、62、63具有彼此同样的结构，同样地进行动作。图19为用表格形式示出图18的切换器的MOS晶体管的接通及断开状态的例子的图。

[0137] 如图18所示，切换器61(62、63)具备在引线61e(62e、63e)与输出线332(333、331)之间串联连接的MOS晶体管616a(626a、636a)及二极管616c(626c、636c)和在引线61e(62e、63e)与输出线332(333、331)之间串联连接的MOS晶体管616b(626b、636b)及二极管616d(626d、636d)。

[0138] 另外，切换器61(62、63)具备在引线61e(62e、63e)与中性点节点64之间串联连接的MOS晶体管615a(625a、635a)及二极管615c(625c、635c)和在引线61e(62e、63e)与中性点节点64之间串联连接的MOS晶体管615b(625b、635b)及二极管615d(625d、635d)。

[0139] 各MOS晶体管616a(626a、636a)、616b(626b、636b)、615a(625a、635a)、615b(625b、635b)具有阳极连接于二极管且阴极连接于引线(或中性点节点或输出线)的寄生二极管。

[0140] 如图19所示，通过向控制端子输入控制信号来将MOS晶体管616a、626a、636a设为接通、将MOS晶体管616b、626b、636b设为接通、将MOS晶体管615a、625a、635a设为断开、将MOS晶体管615b、625b、635b设为断开，从而能够将绕组71、72、73设为Δ接线。

[0141] 另外，如图19所示，通过将MOS晶体管616a、626a、636a设为断开、将MOS晶体管616b、626b、636b设为断开、将MOS晶体管615a、625a、635a设为接通、将MOS晶体管615b、625b、635b设为接通，从而能够将绕组71、72、73设为Y接线。

[0142] 另外，作为半导体开关的MOS晶体管优选由宽带隙(WBG)半导体构成。WBG半导体为包含以例如碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)、氧化镓(Ga_2O_3)、金刚石作为构成材料的半导体。在用WBG半导体来构成的情况下，接通电阻小，低损耗而元件发热也少，还能够迅速进行切换动作。

[0143] 在使用半导体开关的情况下，由于噪声等影响，也有可能例如MOS晶体管616a及615a同时误接通或误断开，可能会不仅在MOS晶体管616a及615a的相，而在至少两相的MOS晶体管616a及615a和MOS晶体管616b及615b同时误接通或误断开，从而产生不经由电动机的绕组的短路路径而产生故障。

[0144] 因此，在由半导体构成的连接切换装置260中，通过如图4及图5所记载的那样使切换器的切换动作的定时错开，能够防止不经由绕组的短路电流的产生，能够得到可靠性高的电动机驱度装置。

[0145] 换言之，即使在用廉价的部件构成连接切换装置260的情况下，实施方式2的电动机驱动装置也能够实现故障发生率的下降及装置的寿命变长，所以能够使产品成本下降。

[0146] 关于以上方面以外，实施方式2的电动机驱动装置与实施方式1的电动机驱动装置200相同。

[0147] <<3>>实施方式3.

[0148] 在实施方式1及2中，说明了连接于能够将绕组71、72、73在Y接线与Δ接线之间切换的电动机7的电动机驱动装置200。在实施方式3中，将说明连接于能够切换绕组71、72、73各自的匝数的电动机7a的电动机驱动装置。图20示出如下结构：在Y接线的电动机7a中，用两个绕组部分711及712、两个绕组部分721及722、两个绕组部分731及732构成各相的绕组71、72、73，使绕组部分各自的两端部能够连接于电动机7a的外部，用连接切换装置360切换连接状态。此外，各相的绕组71、72、73可以具有3个以上的绕组部分。

[0149] 在实施方式3中，各相的绕组71、72、73具有两个绕组部分。在该情况下，使构成各相的绕组71、72、73的两个绕组部分各自的两端部能够连接于电动机7a的外部，用连接切换装置360切换绕组71、72、73的连接状态(在实施方式3中为绕组的匝数)。另外，连接切换装置360也能够应用于将绕组部分切换为并联连接及串联连接中的任意连接的电动机。

[0150] 在图20中，U相的绕组71包括两个绕组部分711及712，V相的绕组72包括两个绕组部分721及722，W相的绕组73包括两个绕组部分731及732。

[0151] 绕组部分711、721、731的第1端部经由外部端子71c、72c、73c分别连接于逆变器30的输出线331、332、333。绕组部分711、721、731的第2端部经由外部端子71g、72g、73g分别连接于切换开关617、627、627的共用触点。

[0152] 绕组部分712、722、732的第1端部经由外部端子71h、72h、73h分别连接于切换开关618、628、638的共用触点。绕组部分712、722、732的第2端部经由外部端子71d、72d、73d分别连接于中性点节点64。

[0153] 切换开关617、627、637的常闭触点分别连接于切换开关618、628、638的常闭触点。切换开关617、627、637的常开触点连接于中性点节点64。切换开关618、628、638的常开触点连接于逆变器30的输出线331、332、333。

[0154] 连接切换装置360包括切换开关617、627、637、618、628、638。

[0155] 在使用了这样的连接切换装置360的情况下，也与实施方式1及2所示同样地，通过在电流控制期间Pc进行连接切换装置360的切换器的切换动作，从而能够保护机械式继电器或半导体开关。另外，与实施方式1及2所示同样地，通过隔开时间间隔依次进行连接切换装置360的多个切换开关各自的切换动作，从而不易产生由不使电动机的旋转动作停止而进行切换电动机7a的绕组的连接状态的切换器的切换动作所引起的电动机驱动装置的故障。

[0156] 在图20所示的结构的情况下，在切换开关617、627、637、618、628、638如图示那样被切换至常闭触点侧的状态下，电动机7a为串联连接状态，在切换开关617、627、637、618、628、638被切换至与图示相反的常开触点侧的状态下，电动机7a为并联连接状态。

[0157] 此外，在实施方式3中也能够如实施方式2中描述的那样使用常闭开关和常开开关的组合来代替切换开关。另外，能够使常闭开关和常开开关为半导体开关。

[0158] 以上对在Y接线的电动机7a中进行串联连接状态与并联连接状态的切换的情况进行了说明，但在Δ接线的电动机的电动机驱动装置中进行串联连接状态与并联连接状态的切换的情况下也能够应用与连接切换装置360同样的结构。

[0159] 另外，对于具有如下结构的电动机的电动机驱动装置也能够应用本实施方式的电动机驱动装置，在该结构中，通过在Y接线或Δ接线的状态下对绕组设置中间抽头而用开关单元使绕组的一部分短路从而变更驱动所需的电压。简言之，只要电动机能够切换绕组的连接状态且反电动势电压由于所述连接状态的切换而转换，就能够应用实施方式3的结构。

[0160] 关于以上方面以外，实施方式3的电动机驱动装置与实施方式1或2的电动机驱动装置相同。

[0161] 此外，以上的实施方式1至3所示的结构仅为例子，也能够与其它公知技术结合。

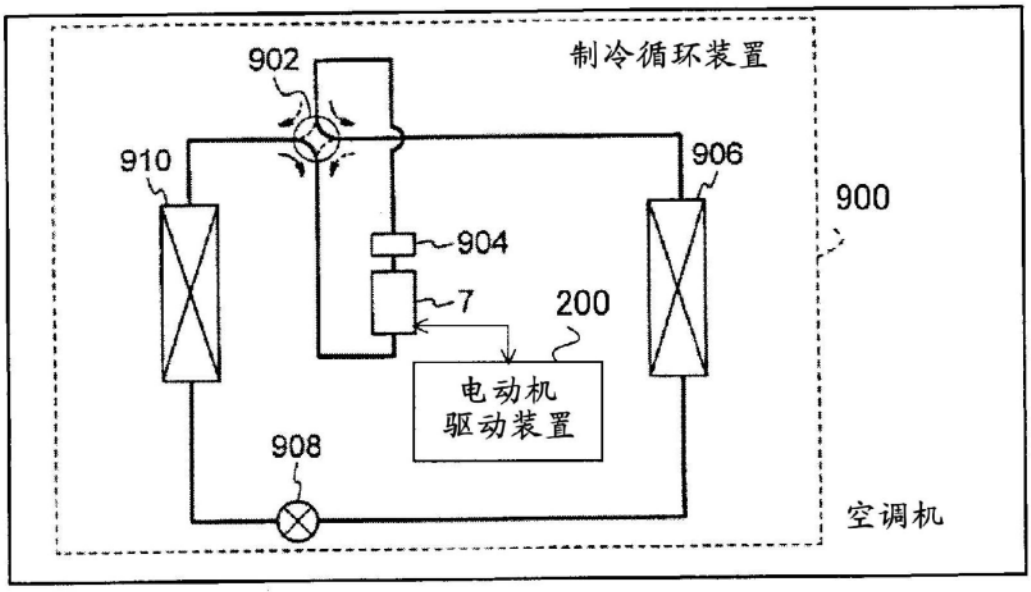

制冷循环装置
902
910
906
900
904
7
200
电动机
驱动装置
908
空调机

图1

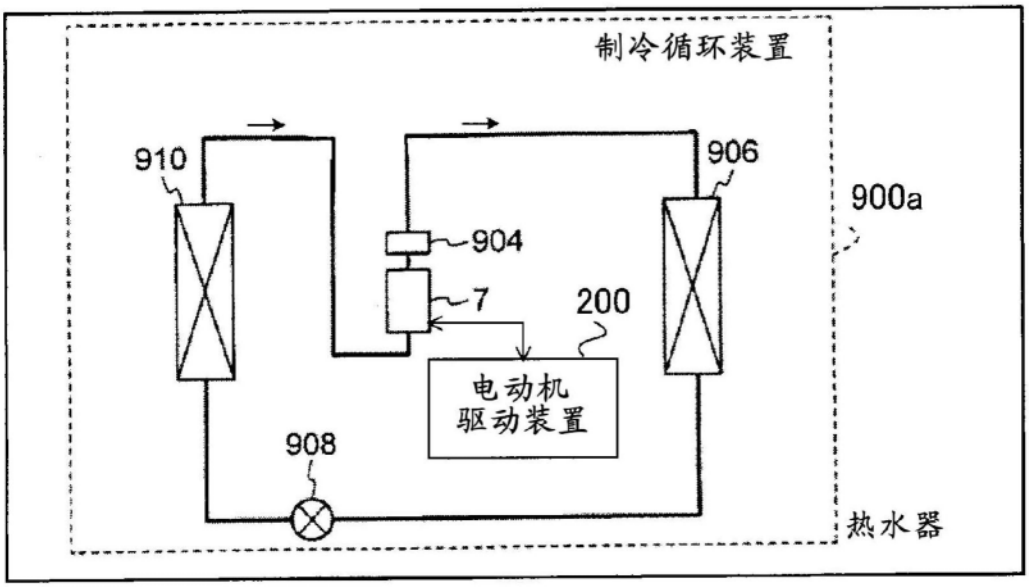

制冷循环装置
910
906
900a
904
7
200
电动机
驱动装置
908
热水器

图2

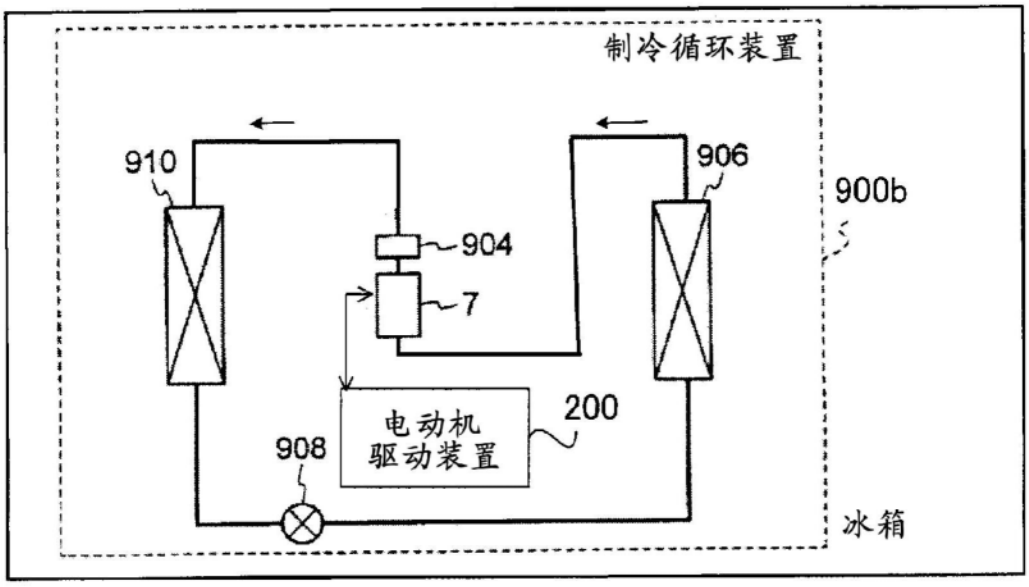


图3

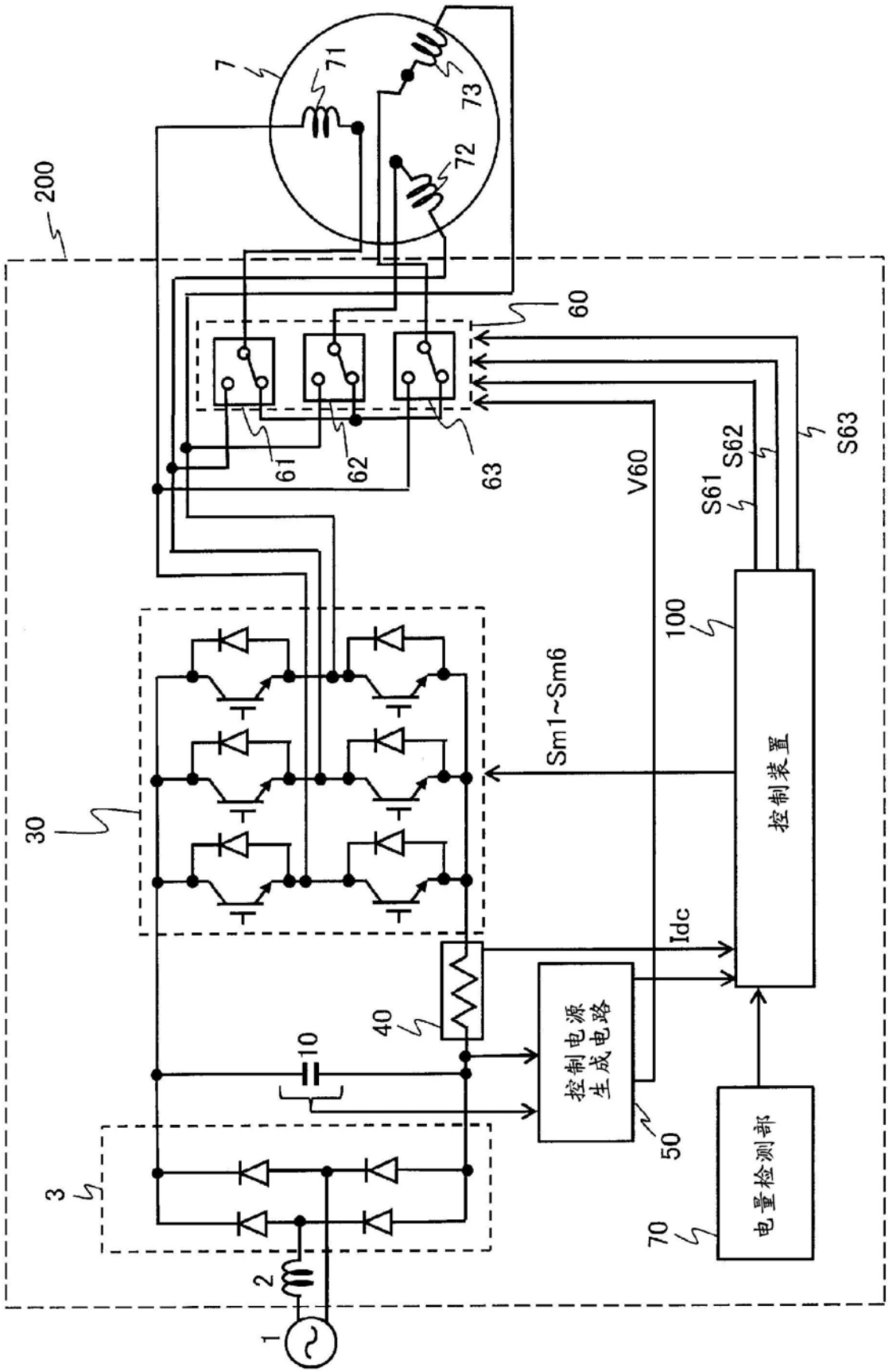

7
71
73
72
200
60
61
62
63
V60
S61
S62
S63
100
Sm1~Sm6
控制装置
30
Idc
40
10
控制电源
生成电路
50
3
电量检测部
70
2
1

图4

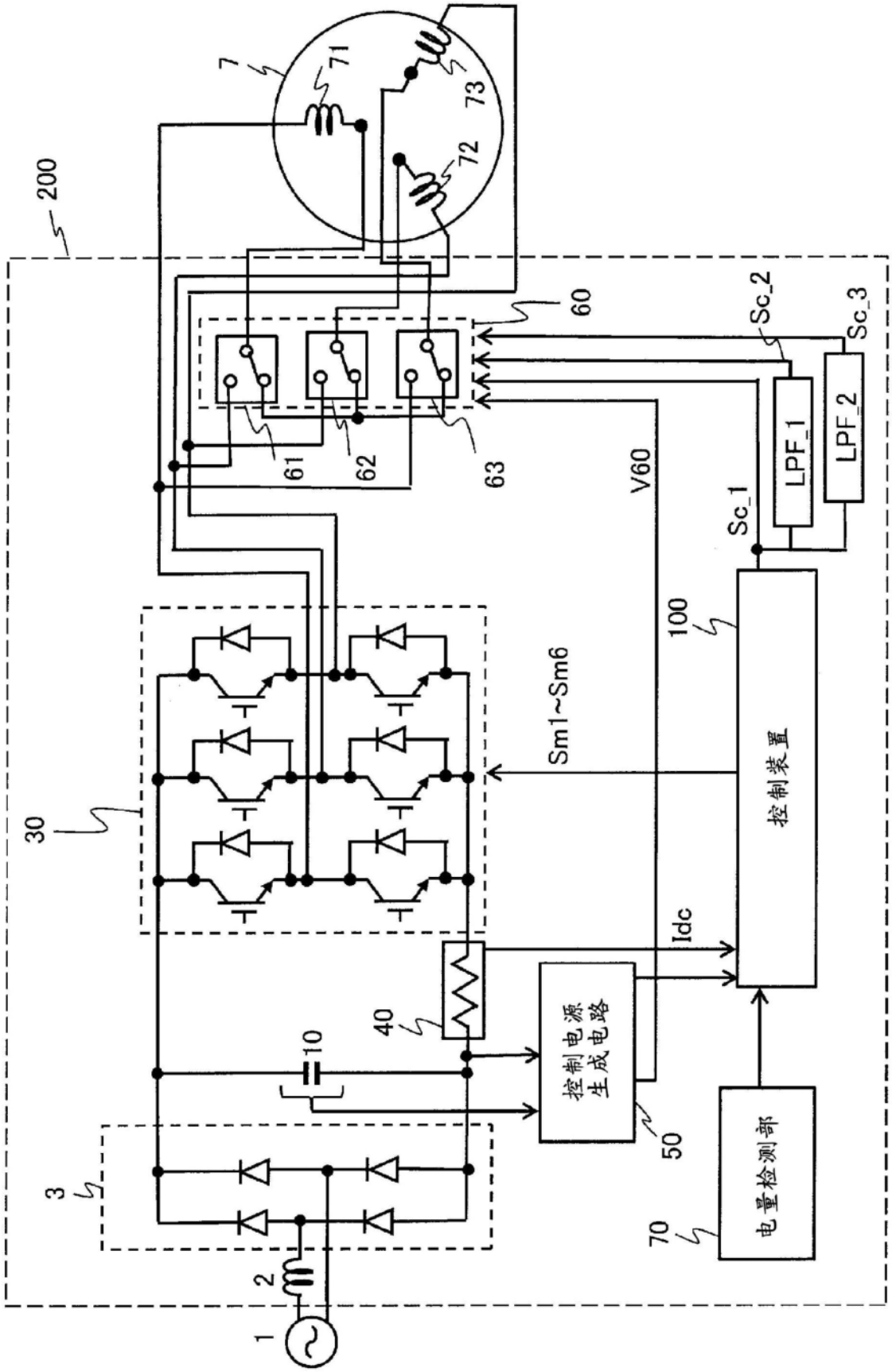

200
7
71
72
73
60
61
62
63
Sc_2
Sc_3
LPF_1
LPF_2
V60
Sc_1
100
控制装置
Sm1~Sm6
30
Idc
40
10
控制电源生成电路
50
电量检测部
70
3
2
1

图5

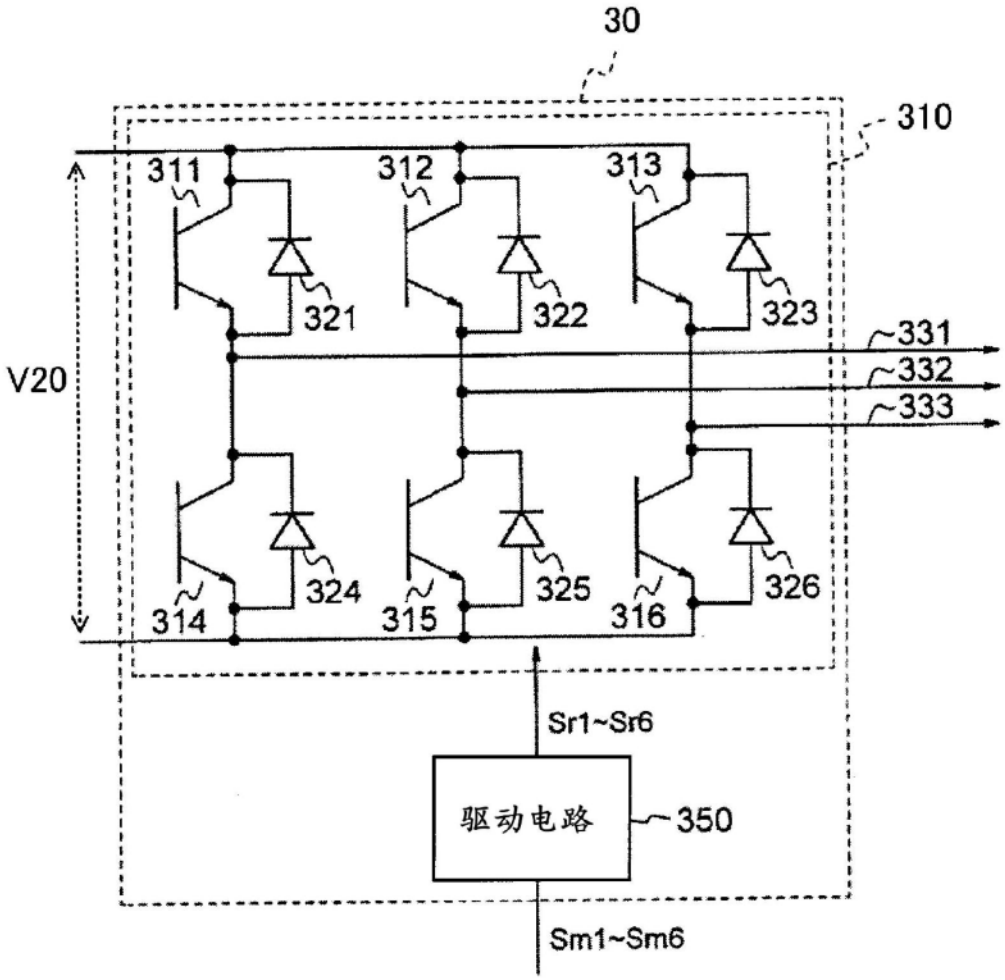

30
310
311
312
313
321
322
323
331
332
333
V20
324
325
326
314
315
316
Sr1~Sr6
驱动电路
350
Sm1~Sm6

图6

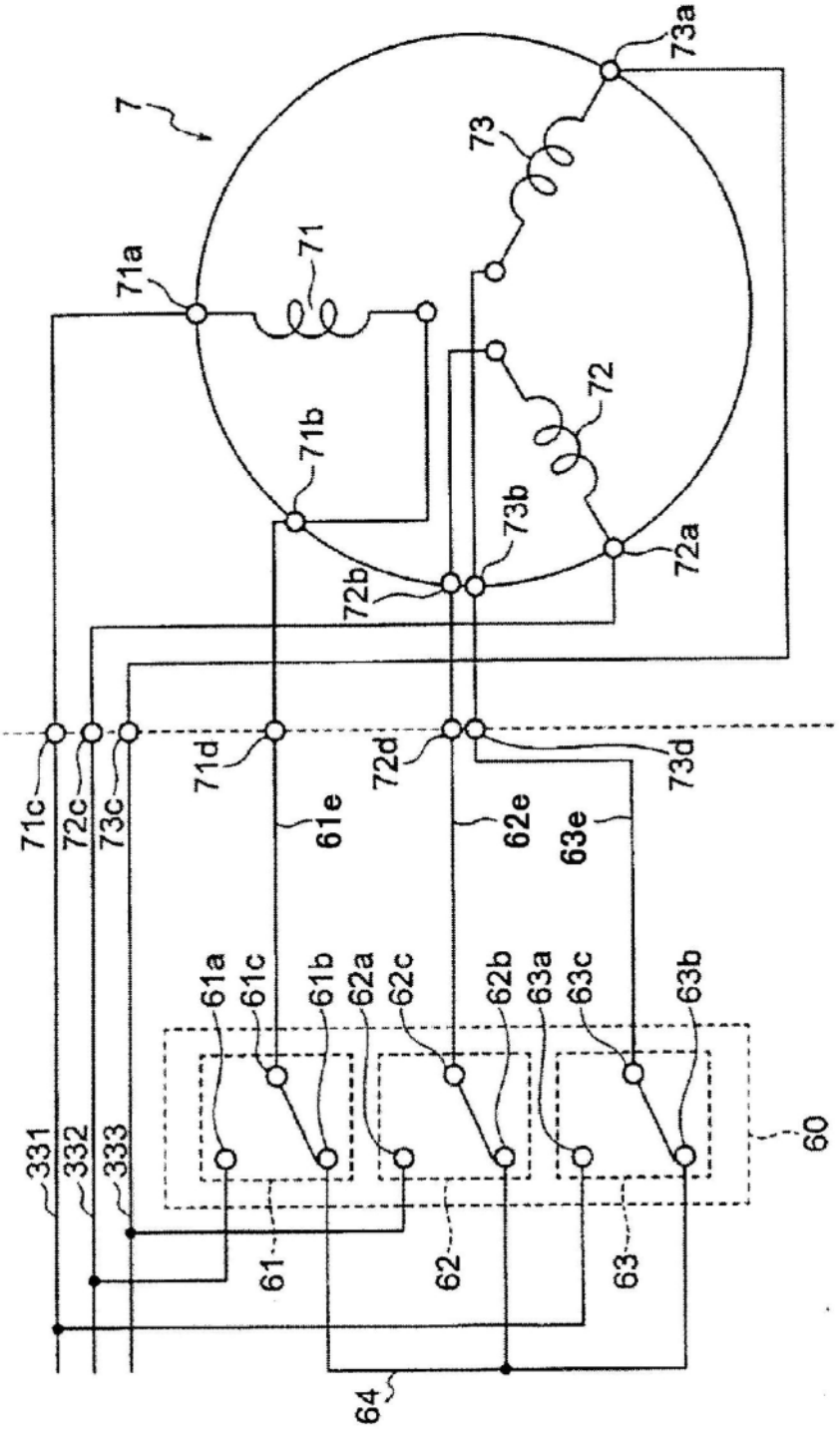

7
73a
73
71
71a
72
71b
73b
72a
72b
71c
72c
73c
71d
72d
73d
61e
62e
63e
61a
61c
61b
62a
62c
62b
63a
63c
63b
331
332
333
60
61
62
63
64

图7

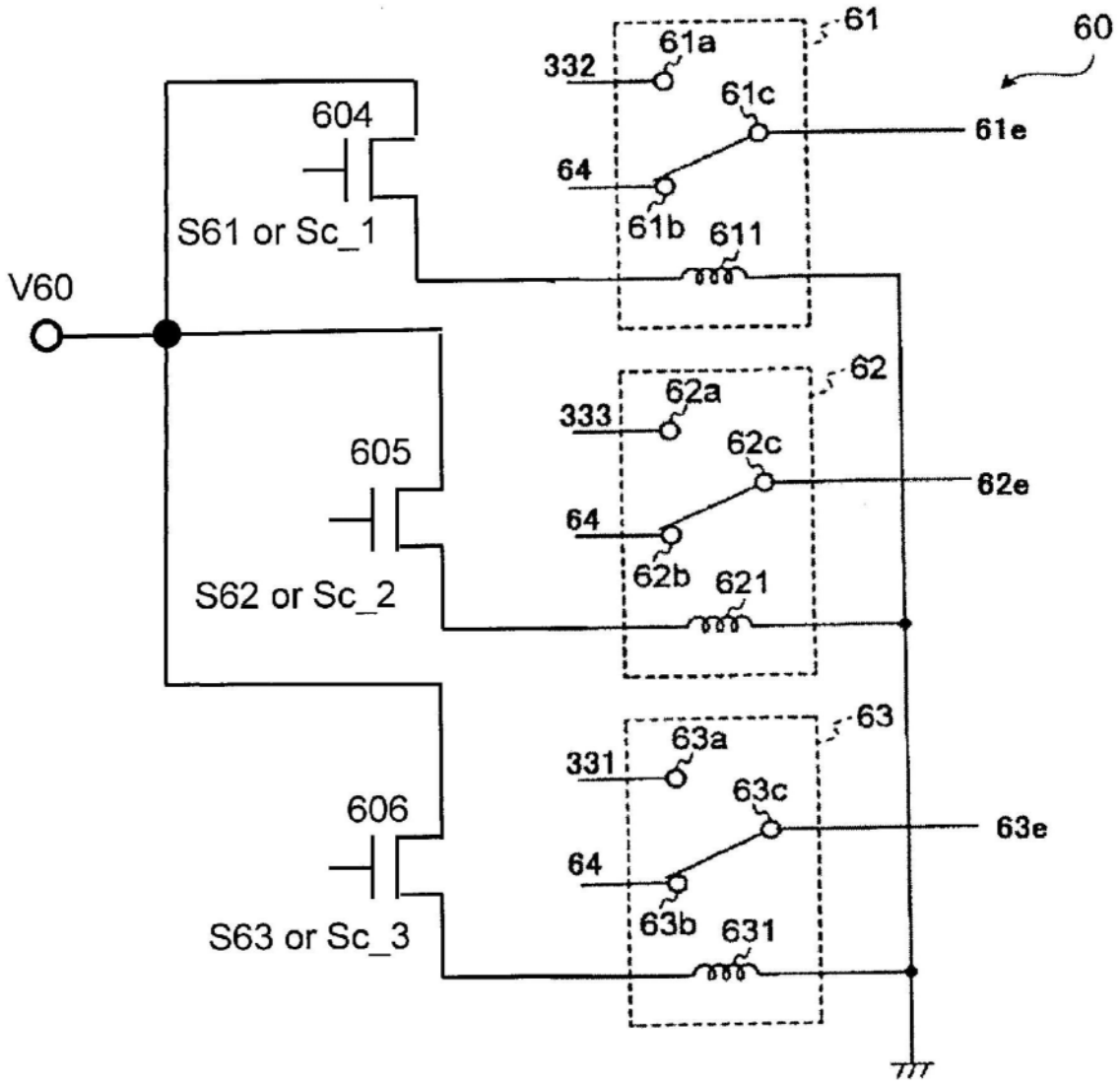

60
61
61a
332
61c
61e
64
61b
611
604
S61 or Sc_1
V60
62
62a
333
62c
62e
605
64
62b
621
S62 or Sc_2
63
63a
331
63c
63e
606
64
63b
631
S63 or Sc_3

图8

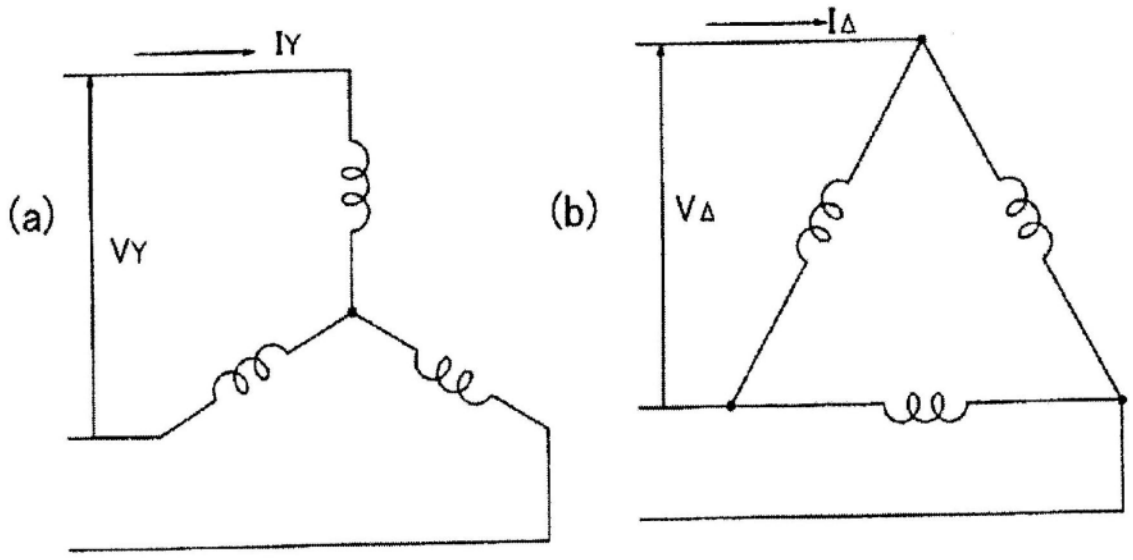


图9

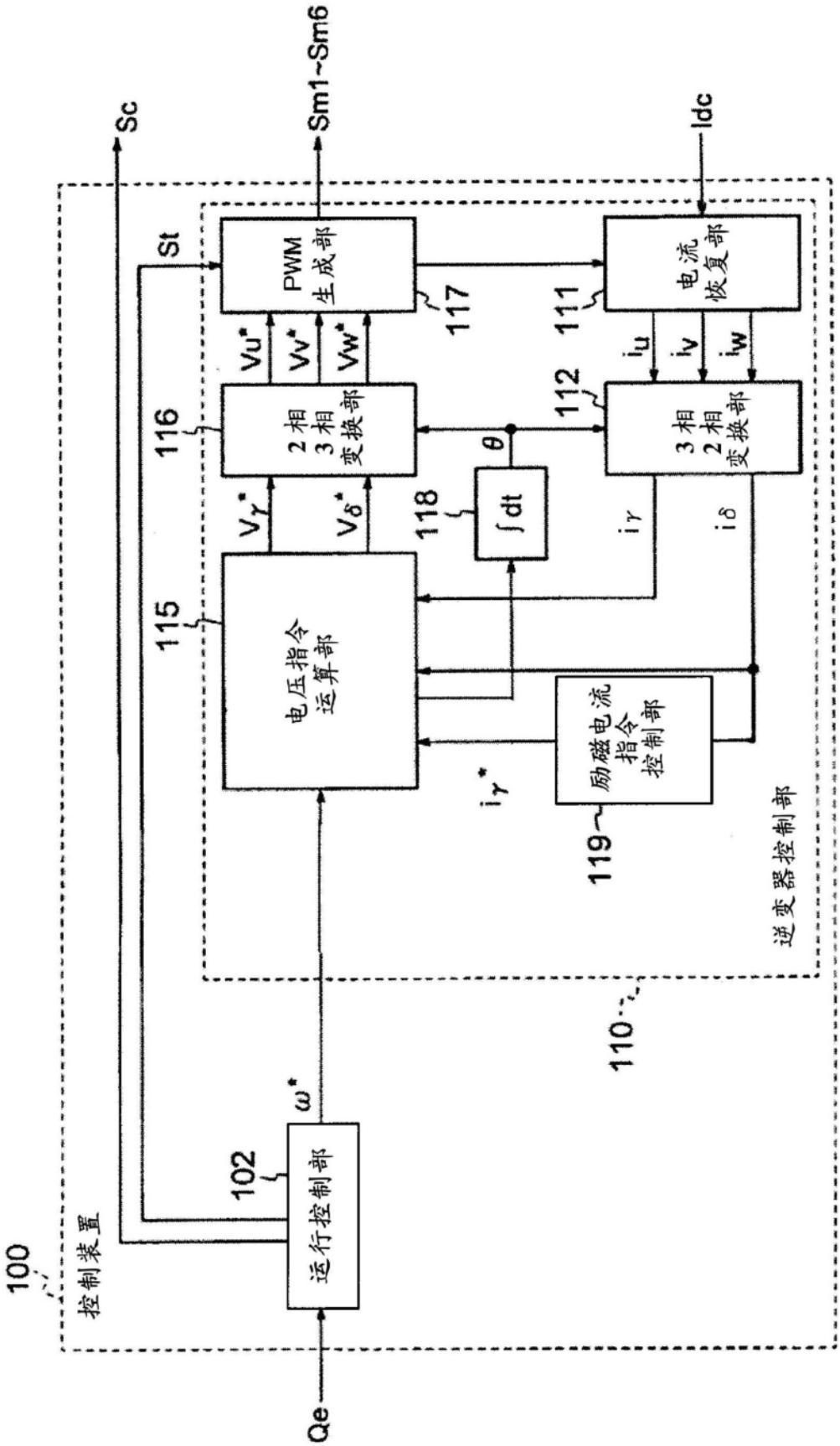

Sc
Sm1~Sm6
Idc
St
PWM
生成部
117
电流
恢复部
111
Vu*
Vv*
Vw*
iu
iv
iw
116
2相
3相
变换部
112
3相
2相
变换部
θ
118
∫dt
Vγ*
Vδ*
iγ
iδ
115
电压指令
运算部
励磁电流
指令
控制部
iγ*
119
逆变器控制部
110
ω*
102
运行控制部
100
控制装置
Qe

图10

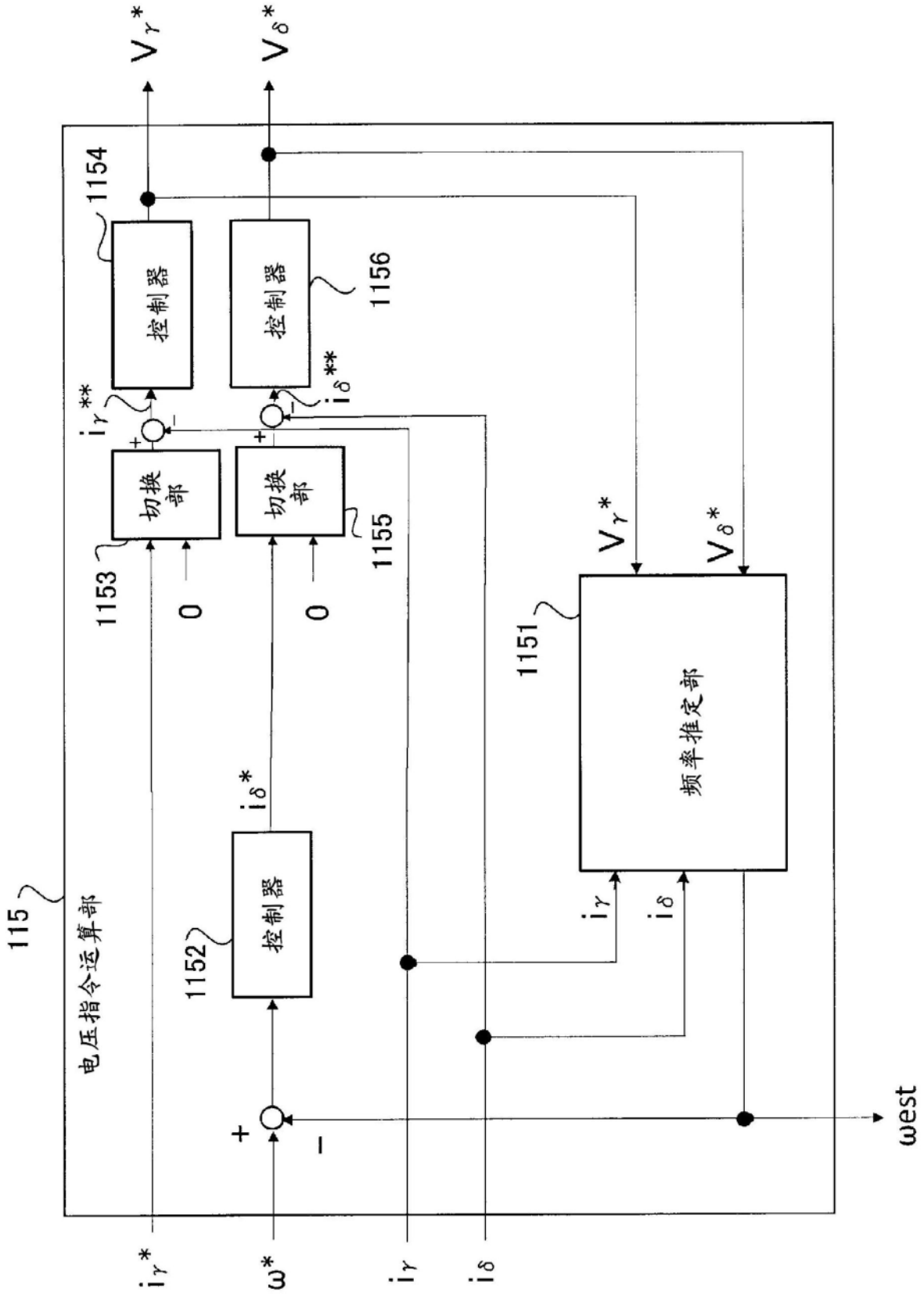

115
电压指令运算部
1151
频率推定部
1152
控制器
1153
切换部
1154
控制器
1155
切换部
1156
控制器
0
0
+
−
ωest
ω*
iγ*
iγ
iδ
iγ**
iδ**
iδ*
Vγ*
Vδ*

图11

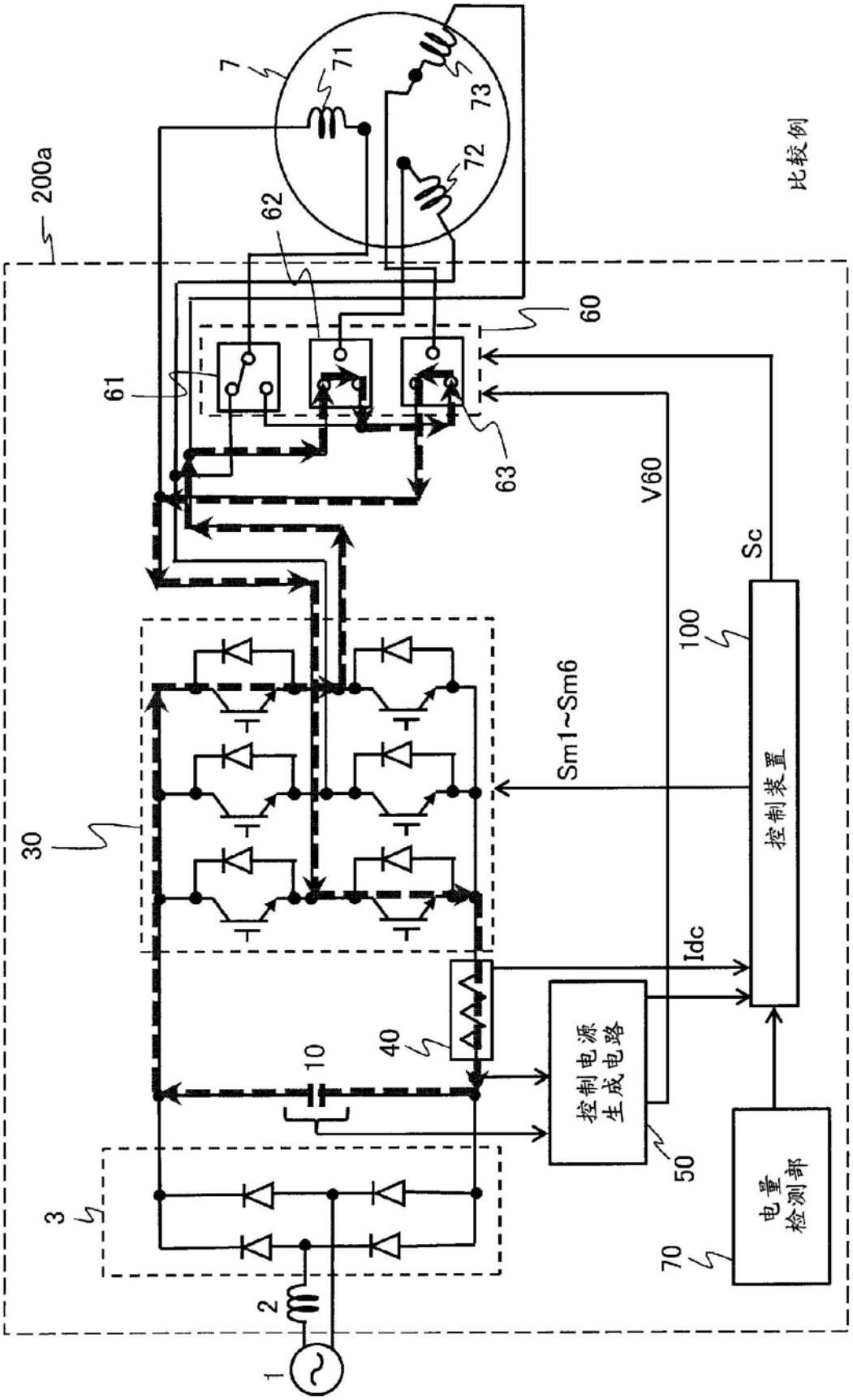

比较例
200a
7
71
73
72
62
60
61
63
V60
Sc
100
控制装置
Sm1~Sm6
30
Idc
40
10
控制电源
生成电路
50
电量
检测部
70
3
2
1

图12

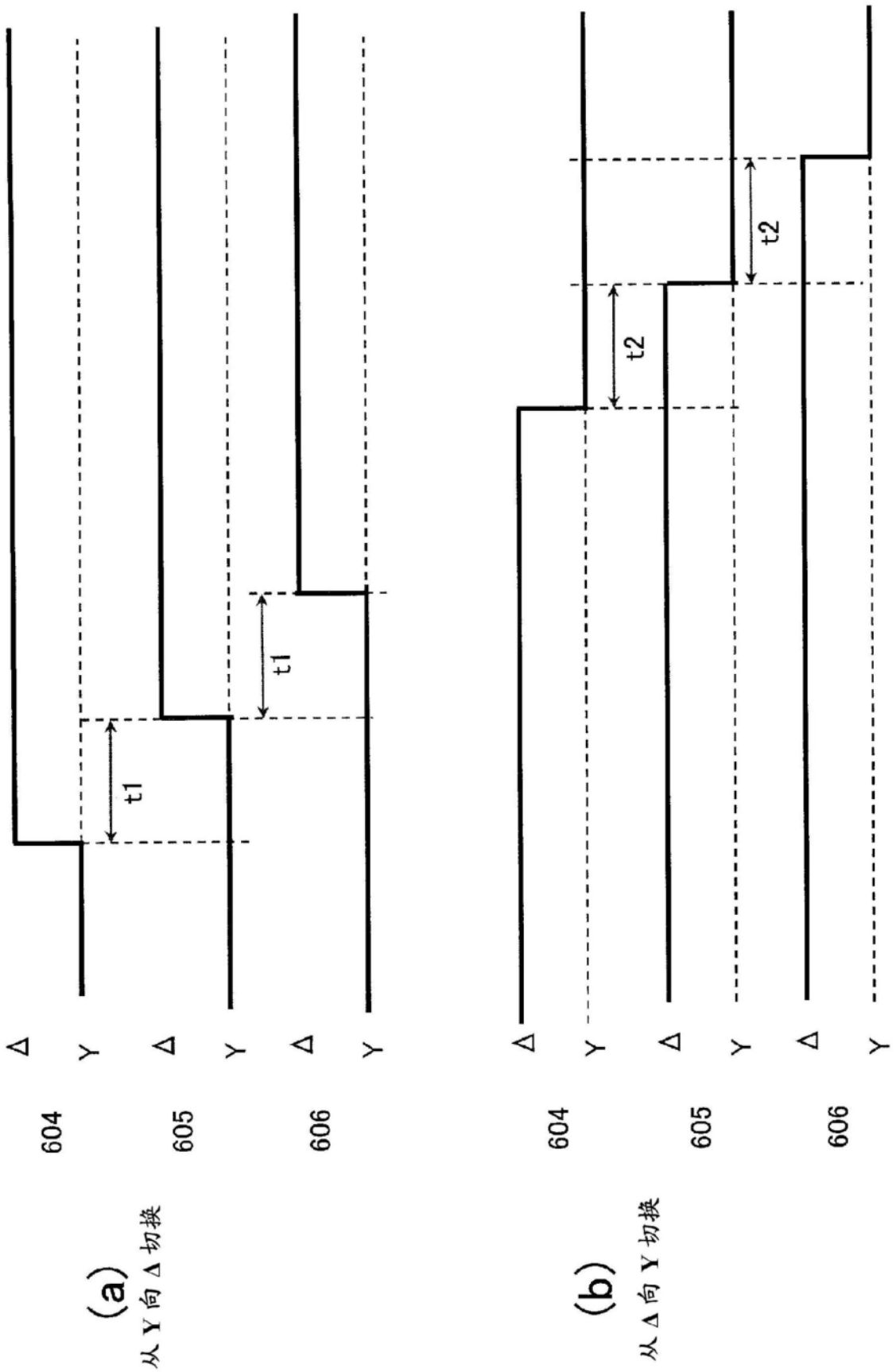


图13

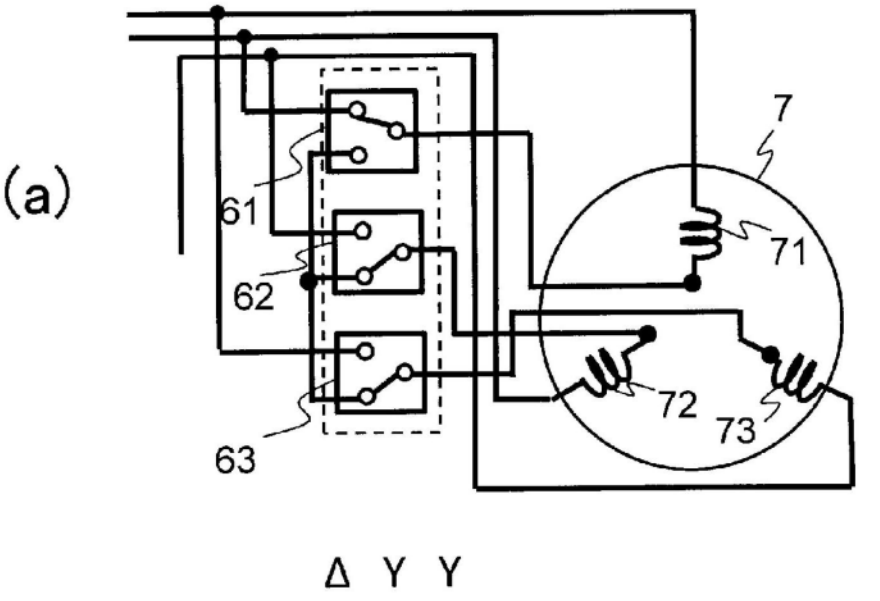
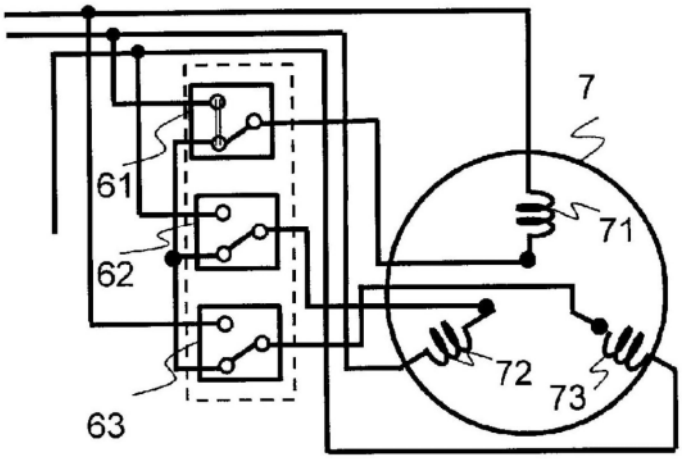


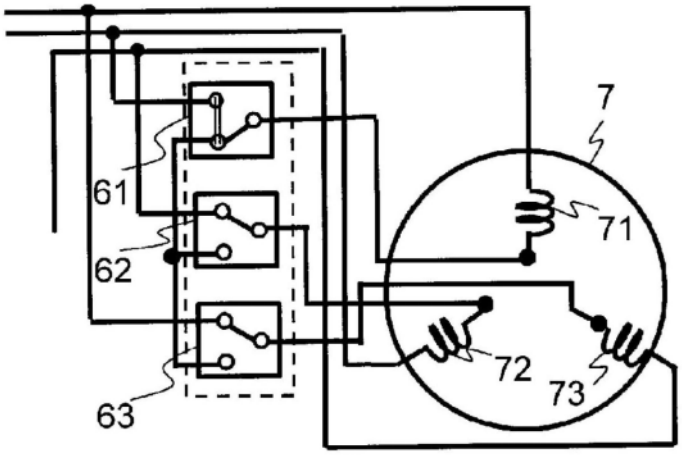
图14

(a)



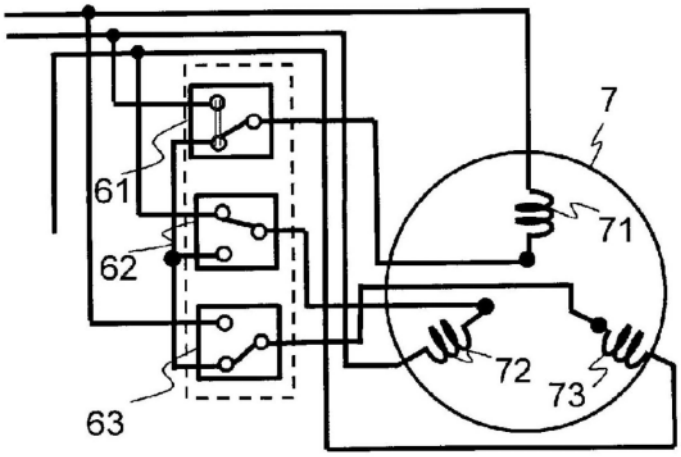
三点短路 Y Y

(b)



三点短路 Δ Δ

(c)



三点短路 Δ Y

图15

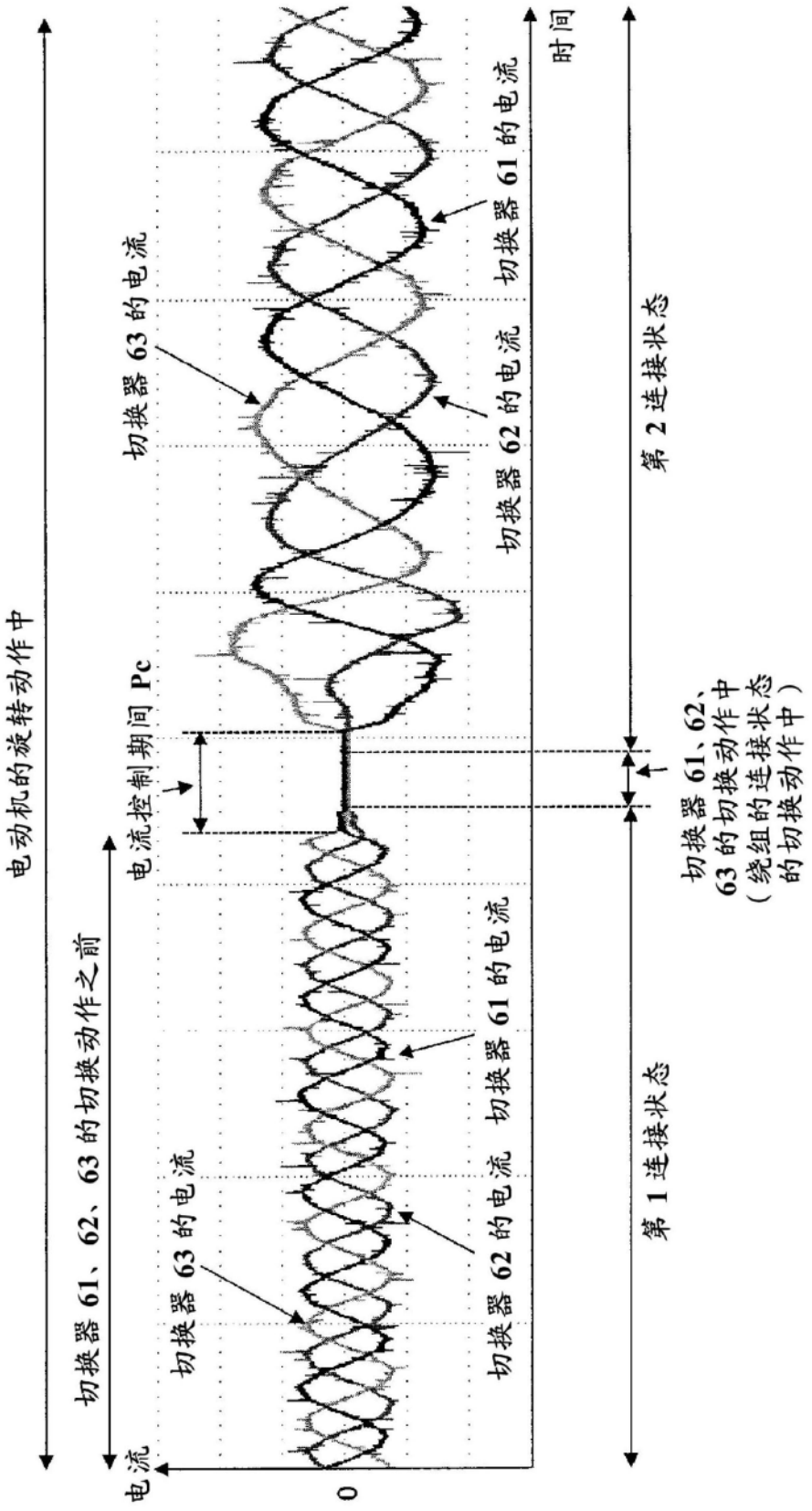

电动机的旋转动作中
切换器 61、62、63 的切换动作之前
电流
0
切换器 63 的电流
切换器 62 的电流 切换器 61 的电流
电流控制期间 Pc
切换器 63 的电流
切换器 62 的电流 切换器 61 的电流
时间
第 1 连接状态
第 2 连接状态
切换器 61、62、63 的切换动作中（绕组的连接状态的切换动作中）

图16

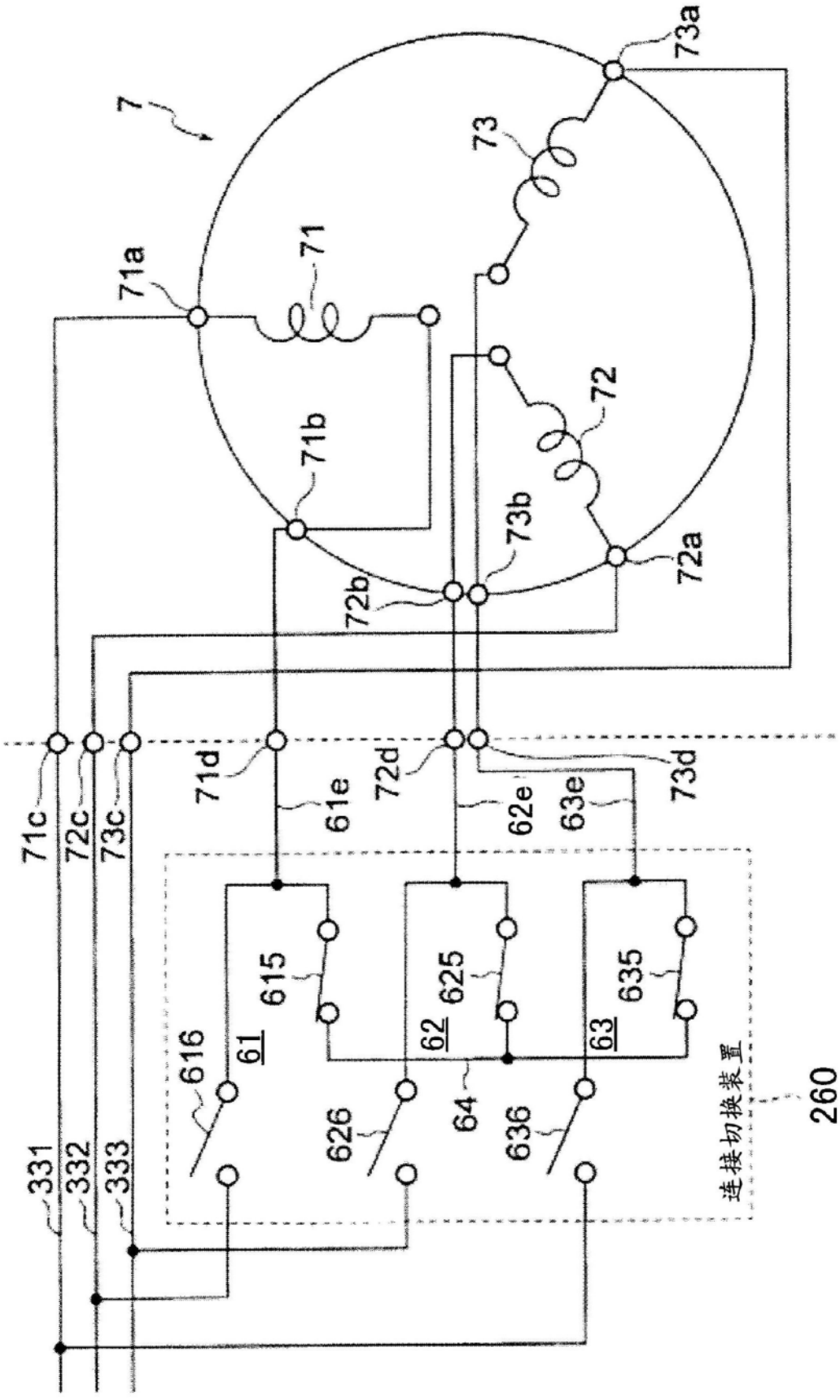

7
73a
73
71
71a
72
71b
73b
72a
72b
71c
72c
73c
71d
61e
72d
62e
63e
73d
615
625
635
61
62
63
616
626
64
636
331
332
333
连接切换装置
260

图17

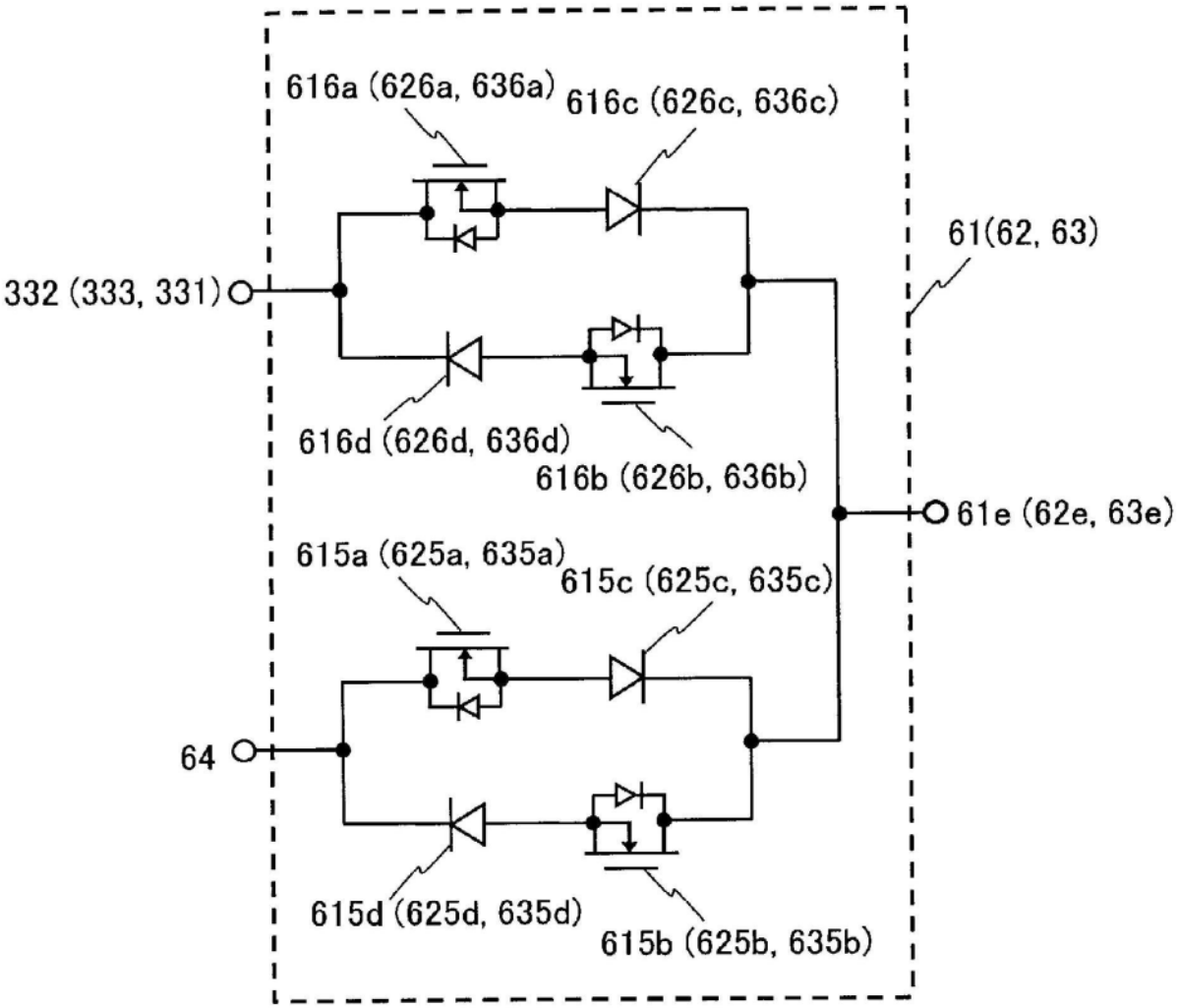

616a (626a, 636a)
616c (626c, 636c)
61(62, 63)
332 (333, 331)
616d (626d, 636d)
616b (626b, 636b)
61e (62e, 63e)
615a (625a, 635a)
615c (625c, 635c)
64
615d (625d, 635d)
615b (625b, 635b)

图18

MOS 晶体管 616a, 616b, 615a, 615b 626a, 626b, 625a, 625b 636a, 636b, 635a, 635b 的接通/断开状态				接线状态
616a 626a 636a	616b 626b 636b	615a 625a 635a	615b 625b 635b	
ON	**ON**	OFF	OFF	三角形接线
OFF	OFF	**ON**	**ON**	星形接线

图19

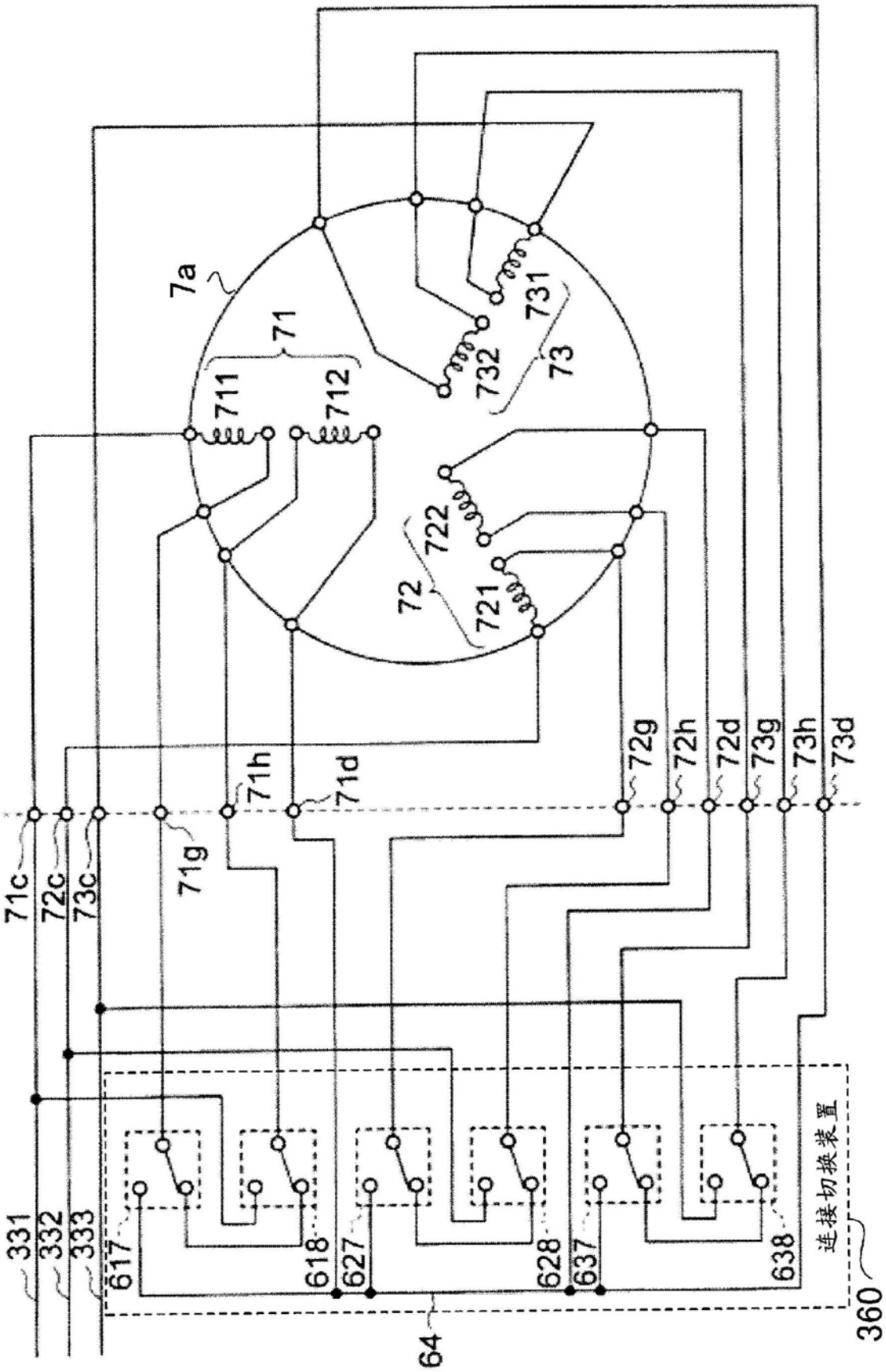

7a
71
711
712
731
732
73
72
721
722
71c
72c
73c
71g
71h
71d
72g
72h
72d
73g
73h
73d
331
332
333
617
618
627
628
637
638
64
360
连接切换装置

图20