



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104578811 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201410469310.8

(22)申请日 2014.09.15

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104578811 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据  
2013-214746 2013.10.15 JP

(73)专利权人 株式会社安川电机  
地址 日本福冈县

(72)发明人 木野村浩史 蛭子让治 岩桥幸司

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291  
代理人 黄志华 金丹

(51)Int.Cl.

H02M 5/297(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2001-61276 A,2001.03.06,  
US 2003/0002306 A1,2003.01.02,  
CN 1961471 A,2007.05.09,  
JP 特开2010-41793 A,2010.02.18,

审查员 汤场

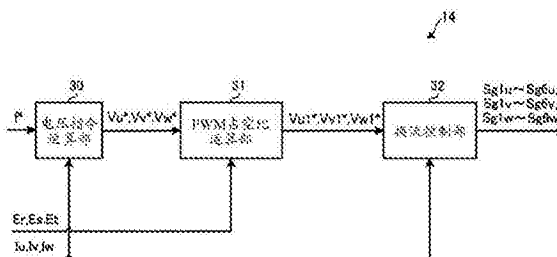
权利要求书2页 说明书11页 附图14页

(54)发明名称

矩阵变换器

(57)摘要

本发明提供一种即使在开始换流控制之后也能够抑制因换流失败而导致的输出电压的精度下降并且能够进行换流控制的切换的矩阵变换器。实施方式的矩阵变换器具有电力转换部、指令生成部和换流控制部。电力转换部具有设在与交流电源的各相连接的多个输入端子和与负载的各相连接的多个输出端子之间的多个双向开关。换流控制部在控制指令发生变化时,采用具有多个步骤的换流模式来控制多个开关元件进行换流控制。另外,在执行换流控制的过程中,当控制指令发生变化时,换流控制部执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的双向开关的一个开关元件之后,从中途的步骤执行下一个换流控制。



1. 一种矩阵变换器,其特征在于,具有:

电力转换部,其具有能够利用多个开关元件控制导通方向的多个双向开关,多个所述双向开关设置在与交流电源的各相连接的多个输入端子和与负载的各相连接的多个输出端子之间;

指令生成部,其生成对多个所述开关元件进行PWM控制的控制指令;以及

换流控制部,其在所述控制指令发生变化时,采用具有多个步骤的换流模式来控制多个所述开关元件以进行换流控制,

在执行所述换流控制的过程中,当所述控制指令发生变化时,所述换流控制部执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的所述双向开关的一个所述开关元件之后,从所述下一个换流控制的中途的步骤执行所述下一个换流控制。

2. 根据权利要求1所述的矩阵变换器,其特征在于,

所述换流控制部具有:

检测部,其用于检测所述控制指令的变化;

计时部,其对预先设定的步骤时间进行计时;以及

切换部,当在未执行所述换流控制的状态下,检测出所述控制指令的变化时,每次经过所述步骤时间,所述切换部依次切换所述多个步骤并进行执行,

在执行所述换流控制的过程中,当由所述检测部检测出所述控制指令的变化时,所述切换部执行所述接续步骤之后,从所述下一个换流控制的中途的步骤执行所述下一个换流控制。

3. 根据权利要求2所述的矩阵变换器,其特征在于,

所述换流模式是与来自所述电力转换部的输出电流的极性相对应的四步骤的换流模式,

所述四步骤包括:

第一步骤:断开构成切换源的所述双向开关的所述开关元件中的、导通方向与输出电流的极性为相反极性的开关元件;

第二步骤:接通构成切换目标的所述双向开关的所述开关元件中的、导通方向与输出电流的极性为相同极性的开关元件;

第三步骤:断开构成切换源的所述双向开关的所述开关元件中的、导通方向与输出电流的极性为相同极性的开关元件;以及

第四步骤:接通构成切换目标的所述双向开关的所述开关元件中的、导通方向与输出电流的极性为相反极性的开关元件,

当所述控制指令的变化时刻是在所述换流模式的所述第二步骤或者所述第三步骤的状态时,所述切换部在执行所述接续步骤之后,从所述下一个换流控制的所述换流模式的所述第三步骤开始执行。

4. 根据权利要求3所述的矩阵变换器,其特征在于,

当所述控制指令的变化时刻是在所述换流模式的所述第一步骤的状态时,所述切换部不经由所述接续步骤,而是从所述下一个换流控制的所述换流模式的所述第二步骤开始执行。

5. 根据权利要求2所述的矩阵变换器,其特征在于,

所述换流模式是与所述交流电源的相电压的大小关系相对应的四步骤的换流模式，所述四步骤包括：

第一步骤：接通切换目标的被反向偏压的所述开关元件；

第二步骤：断开切换源的被反向偏压的所述开关元件；

第三步骤：接通切换目标的被正向偏压的所述开关元件；以及

第四步骤：断开切换源的被正向偏压的所述开关元件，

当所述控制指令的变化时刻是在所述换流模式的所述第二步骤或者所述第三步骤的状态时，所述切换部在执行所述接续步骤之后，从所述下一个换流控制的所述换流模式的所述第二步骤开始执行。

6. 根据权利要求5所述的矩阵变换器，其特征在于，

当所述控制指令的变化时刻是在所述换流模式的所述第一步骤的状态时，所述切换部在执行所述接续步骤之后，从所述下一个换流控制的所述换流模式的所述第二步骤开始执行。

7. 根据权利要求5或6所述的矩阵变换器，其特征在于，

所述切换部根据所述换流控制中的切换源的所述交流电源的相电压与切换目标的所述交流电源的相电压，改变所述接续步骤中的所述双向开关的导通方向。

## 矩阵变换器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种矩阵变换器。

### 背景技术

[0002] 矩阵变换器具有用于连接交流电源的各相与负载的各相的多个双向开关,通过控制这些双向开关并对交流电源的各相电压直接进行开关,从而向负载输出任意的电压、频率。

[0003] 在所述矩阵变换器中,在由双向开关来切换与负载连接的交流电源的相时,进行按照规定的顺序对构成双向开关的多个开关元件分别进行单独的接通/断开的换流控制。由此,能够防止输入相的相间短路或输出相的开路等。

[0004] 作为所述换流控制,例如已知有采用电流换流法的换流控制。电流换流法是通过对应于向负载的输出电流的极性的开关模式来控制开关元件的换流法。在所述电流换流法中,当像在短时间内连续切换连接于负载的交流电源的相时,在换流控制的中途就开始了下一个换流控制,有可能会发生输出相的开路等的换流失败。并且,所述换流失败有可能会引起因电涌电压而降低输出电压的精度等。

[0005] 对此,提出一种能够防止换流失败,并且能够在短时间内连续切换连接于负载的交流电源的相的换流法。例如,提出这样一种换流法,在换流控制结束之前,接通构成双向开关的开关元件中连接于交流电源的最大电压的相与中间电压的相并在续流二极管模式下动作的开关元件(例如,参照专利文献1)。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2004-364477号公报

### 发明内容

[0009] 本发明要解决的技术问题

[0010] 然而,在专利文献1中所述的技术必须在换流控制开始之前,判断是否在短时间内连续进行换流控制。

[0011] 本发明的一个技术方案是鉴于上述情况而做出的,其目的在于提供一种即使换流控制开始之后,也能够抑制因换流失败而降低输出电压的精度并且能够进行换流控制的切换的矩阵变换器。

[0012] 用于解决问题的方法

[0013] 本发明的一个技术方案涉及的矩阵变换器具有电力转换部、指令生成部和换流控制部。所述电力转换部具有能够利用多个开关元件控制导通方向的多个双向开关,所述多个双向开关设置在与交流电源的各相连接的多个输入端子和与负载的各相连接的多个输出端子之间。所述指令生成部生成对所述多个开关元件进行PWM控制的控制指令。在所述控制指令发生变化时,所述换流控制部采用具有多个步骤的换流模式来控制所述多个开关元

件以进行换流控制。在执行所述换流控制的过程中,当所述控制指令发生变化时,所述换流控制部执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的所述双向开关的一个所述开关元件之后,从中途的步骤执行所述下一个换流控制。

[0014] 发明效果

[0015] 采用本发明的一个技术方案,能够提供一种即使换流控制开始之后,也能够抑制因换流失败而导致的输出电压的精度下降并且能够进行换流控制的切换的矩阵变换器。

## 附图说明

[0016] 图1是表示第一实施方式的矩阵变换器的结构例的图。

[0017] 图2是表示图1所示的双向开关的结构例的图。

[0018] 图3是表示图1所示的控制部的结构例的图。

[0019] 图4是表示切换向各输出相输出的输入相电压的图。

[0020] 图5是表示采用电流换流法的换流模式的开关元件的接通/断开的变化的图。

[0021] 图6是表示根据PWM电压指令,当向输出相输出的输入相电压被切换时的开关元件的状态变化的图。

[0022] 图7是表示图3所示的换流控制部的结构例的图。

[0023] 图8是表示图7所示的信号生成部的状态变化的图。

[0024] 图9是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0025] 图10是表示在状态S3下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0026] 图11是表示在状态S4下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0027] 图12是表示第二实施方式的矩阵变换器的换流控制部的结构例的图。

[0028] 图13是表示采用电压换流法的换流模式的开关元件的接通/断开的变化的图。

[0029] 图14是表示根据PWM电压指令,当向输出相输出的输入相电压被切换时的开关元件的状态变化的图。

[0030] 图15是表示图12所示的换流控制部的结构例的图。

[0031] 图16是表示图15所示的信号生成部的状态变化的图。

[0032] 图17是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0033] 图18是表示在状态S3下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0034] 图19是表示在状态S4下,当被通知边缘检测信息时的双向开关的状态变化的图。

[0035] 图20是表示向输出相输出的输入相电压的切换情况的图。

[0036] 图21是表示发生输入相间短路的双向开关的状态变化的一例的图。

[0037] 图22是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息及方向反转信息,并向状态S9转换时的双向开关的状态变化的图。

[0038] 图23是表示向输出相输出的输入相电压的切换情况的图。

[0039] 图24是表示在状态S5下,当被通知边缘检测信息及方向反转信息,并向状态S0转换时的双向开关的状态变化的图。

[0040] 附图标记说明

[0041] 1:矩阵变换器

[0042] 2:交流电源

- [0043] 3:负载
- [0044] 10:电力转换部
- [0045] 30:电压指令运算部
- [0046] 31:PWM占空比运算部(指令生成部的一例)
- [0047] 32、32A:换流控制部
- [0048] 40:检测部
- [0049] 42:计时部
- [0050] 43、43A:切换部
- [0051] S、Sru、Ssu、Stu、Srv、Ssv、Stv、Srw、Ssw、Stw:双向开关
- [0052] Sa、Sb:开关元件
- [0053] Tr、Ts、Tt:输入端子
- [0054] Tu、Tv、Tw:输出端子
- [0055]  $V_{o1*}$ 、 $V_{u1*}$ 、 $V_{v1*}$ 、 $V_{w1*}$ :PWM电压指令(控制指令的一例)

### 具体实施方式

[0056] 下面,参照附图详细说明本申请的矩阵变换器的实施方式。此外,本发明并不限于下面所示的实施方式。

[0057] [1.第一实施方式]

[0058] [1.1.矩阵变换器的结构]

[0059] 图1是表示第一实施方式的矩阵变换器的结构例的图。如图1所示,第一实施方式的矩阵变换器1设在三相交流电源2(下面简称为交流电源2)与负载3之间。负载3例如为交流电动机或发电机。下面将交流电源2的R相、S相以及T相记为输入相,将负载3的U相、V相以及W相记为输出相。

[0060] 矩阵变换器1具有:输入端子Tr、Ts、Tt;输出端子Tu、Tv、Tw;电力转换部10;LC滤波器11;输入电压检测部12;输出电流检测部13;和控制部14。矩阵变换器1将从交流电源2经由输入端子Tr、Ts、Tt所供给的三相交流电转换为任意的电压及频率的三相交流电,并从输出端子Tu、Tv、Tw输出到负载3。

[0061] 电力转换部10具有用于连接交流电源2的各相与负载3的各相的多个双向开关Sru、Ssu、Stu、Srv、Ssv、Stv、Srw、Ssw、Stw(下面有时统称为双向开关S)。

[0062] 双向开关Sru、Ssu、Stu对交流电源2的R相、S相、T相与负载3的U相分别进行连接。双向开关Srv、Ssv、Stv对交流电源2的R相、S相、T相与负载3的V相分别进行连接。双向开关Srw、Ssw、Stw对交流电源2的R相、S相、T相与负载3的W相分别进行连接。

[0063] 图2是表示双向开关S的结构例的图。如图2所示,双向开关S具有开关元件Sa和二极管Da的串联连接电路、与开关元件Sb和二极管Db的串联连接电路,这两个串联连接电路被反向并联连接。在图2中,将输入相电压记为 $V_i$ ,将输出相电压记为 $V_o$ 。

[0064] 另外,只要双向开关S具有多个开关元件并能够控制导通方向即可,并不限于图2所示的结构。例如,在图2所示的例中,二极管Da、Db的阴极相互连接,然而双向开关S也可以采用二极管Da、Db的阴极相互不连接的结构。

[0065] 另外,开关元件Sa、Sb例如是MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect

Transistor:金属氧化物半导体场效应晶体管)或IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor:绝缘栅双极型晶体管)等半导体开关元件。另外,也可以是下一代半导体开关元件SiC、GaN。

[0066] 返回图1继续说明矩阵变换器1。LG滤波器11设在交流电源2的R相、S相以及T相与电力转换部10之间。该LC滤波器11包含三个电抗器 $L_r$ 、 $L_s$ 、 $L_t$ 和三个电容器 $C_{rs}$ 、 $C_{st}$ 、 $C_{tr}$ ,用于去除开关双向开关S而产生的高频成分。

[0067] 输入电压检测部12用于检测出交流电源2的R相、S相、T相的各相电压。具体地说,输入电压检测部12用于检测出交流电源2的R相、S相、T相的各相电压的瞬时值 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ (下面记为输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ )。

[0068] 输出电流检测部13用于检测出电力转换部10与负载3之间流动的电流。具体地说,输出电流检测部13用于检测出电力转换部10与负载3的U相、V相、W相的各相之间分别流动的电流的瞬时值 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ (下面记为输出相电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ )。另外,下面有时将输出相电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ 统称并记为输出电流 $I_o$ 。

[0069] 控制部14根据输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 和输出相电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ ,生成驱动信号 $S_{g1u} \sim S_{g6u}$ 、 $S_{g1v} \sim S_{g6v}$ 、 $S_{g1w} \sim S_{g6w}$ 。下面有时将驱动信号 $S_{g1u} \sim S_{g6u}$ 、 $S_{g1v} \sim S_{g6v}$ 、 $S_{g1w} \sim S_{g6w}$ 统称为驱动信号 $S_g$ 。下面具体说明控制部14。

[0070] [1.2.控制部14的结构]

[0071] 图3是表示控制部14的结构例的图。如图3所示,控制部14具有电压指令运算部30、PWM占空比运算部31(指令生成部的一例)和换流控制部32。

[0072] 控制部14例如包括具有CPU(Central Processing Unit:中央处理器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、输入输出端口等的微型计算机和各种电路。微型计算机的CPU通过读取并执行存储在ROM中的程序,而起到电压指令运算部30、PWM占空比运算部31以及换流控制部32的功能。另外,控制部14也可以不使用程序而仅由硬件构成。

[0073] [1.3.电压指令运算部30]

[0074] 电压指令运算部30根据频率指令 $f^*$ 和输出相电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ ,生成并输出各输出相的电压指令 $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$ (下面有时统称为电压指令 $V_{o^*}$ )。频率指令 $f^*$ 是输出相电压 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ 的指令。

[0075] [1.4.PWM占空比运算部31]

[0076] PWM占空比运算部31根据电压指令 $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$ 和输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ ,生成PWM电压指令 $V_{u1^*}$ 、 $V_{v1^*}$ 、 $V_{w1^*}$ (控制指令的一例)。生成PWM电压指令 $V_{u1^*}$ 、 $V_{v1^*}$ 、 $V_{w1^*}$ 的技术是公知技术,例如可采用日本特开2008-048550号公报、日本特开2012-239265号公报等中记载的技术。

[0077] 例如,在输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 的大小的关系不变的期间内,PWM占空比运算部31将输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 按照由大到小的顺序设为输入相电压 $E_p$ 、 $E_m$ 、 $E_n$ ( $E_p > E_m > E_n$ )。PWM占空比运算部31将电压指令 $V_{u^*}$ 、 $V_{v^*}$ 、 $V_{w^*}$ 转换为与输入相电压 $E_p$ 、 $E_m$ 、 $E_n$ 的各电压值相对应的脉宽调制信号,并分别作为PWM电压指令 $V_{u1^*}$ 、 $V_{v1^*}$ 、 $V_{w1^*}$ 进行输出。另外,下面有时将PWM电压指令 $V_{u1^*}$ 、 $V_{v1^*}$ 、 $V_{w1^*}$ 统称为PWM电压指令 $V_{o1^*}$ 。

[0078] [1.5.换流控制部32]

[0079] 换流控制部32执行用双向开关S切换与负载3连接的交流电源2的相的换流控制。具体地说,当PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 变化时,换流控制部32根据输出电流 $I_o$ 的极性,来确定换流时的构成双向开关S的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 的切换顺序。换流控制部32根据所确定的切换顺序,生成驱动信号 $S_g$ 。

[0080] 驱动信号 $S_g$ 被输入到构成电力转换部10的多个双向开关S的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 。由此构成各双向开关S的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 被接通/断开控制。

[0081] 具体地说,分别通过驱动信号 $S_{g1u} \sim S_{g3u}$ 、 $S_{g1v} \sim S_{g3v}$ 、 $S_{g1w} \sim S_{g3w}$ 来控制双向开关 $S_{ru}$ 、 $S_{su}$ 、 $S_{tu}$ 、 $S_{rv}$ 、 $S_{sv}$ 、 $S_{tv}$ 、 $S_{rw}$ 、 $S_{sw}$ 、 $S_{tw}$ (参照图1)的开关元件 $S_a$ (参照图2)。另外,分别通过驱动信号 $S_{g4u} \sim S_{g6u}$ 、 $S_{g4v} \sim S_{g6v}$ 、 $S_{g4w} \sim S_{g6w}$ 来控制双向开关 $S_{ru}$ 、 $S_{su}$ 、 $S_{tu}$ 、 $S_{rv}$ 、 $S_{sv}$ 、 $S_{tv}$ 、 $S_{rw}$ 、 $S_{sw}$ 、 $S_{tw}$ (参照图1)的开关元件 $S_b$ (参照图2)。

[0082] 图4是表示切换向各输出相输出的输入相电压 $E_p$ 、 $E_m$ 、 $E_n$ 的图。在图4中,将输出相电压记为 $V_o$ 。如图4所示,通过基于驱动信号 $S_g$ 对双向开关S的控制,在脉宽调制信号即PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 的一个周期 $T_c$ 内,输出到各输出相的输入相电压按照 $E_n \rightarrow E_m \rightarrow E_p \rightarrow E_m \rightarrow E_n$ 的方式被切换。另外,输出到输出相的输入相电压的切换如后面叙述不限于 $E_n \rightarrow E_m \rightarrow E_p \rightarrow E_m \rightarrow E_n$ 。

[0083] 在切换向输出相输出的输入相电压时,换流控制部32采用电流换流法进行换流控制。在此,作为由换流控制部32执行的电流换流法的一例,说明四步电流换流法。

[0084] 在四步电流换流法中,为了防止输入相间的短路和输出相的开路,根据输出电流 $I_o$ 的极性,按照由下面的第一步骤~第四步骤构成的换流模式来进行换流控制。

[0085] 第一步骤:断开构成切换源的双向开关S的开关元件中的、导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相反极性的开关元件。

[0086] 第二步骤:接通构成切换目标的双向开关S的开关元件中的、导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相同极性的开关元件。

[0087] 第三步骤:断开构成切换源的双向开关S的开关元件中的、导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相同极性的开关元件。

[0088] 第四步骤:接通构成切换目标的双向开关S的开关元件中的、导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相反极性的开关元件。

[0089] 图5是表示当 $I_o > 0$ 和 $I_o < 0$ 时,分别采用四步电流换流法的换流模式的开关元件的接通/断开的变化的图。开关元件 $S_{1p}$ 、 $S_{1n}$ 分别是切换源的双向开关S的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 。驱动信号 $S_{2p}$ 、 $S_{2n}$ 分别是切换目标的双向开关S的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 。

[0090] 图6是表示当 $I_o > 0$ 和 $I_o < 0$ 时,分别根据PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 向输出相输出的输入相电压被从 $E_r$ 切换为 $E_s$ 时的开关元件的状态变化的图。在图6中,将连接于R相的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 记为 $R_{io}$ 、 $R_{oi}$ ,将连接于S相的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 记为 $S_{io}$ 、 $S_{oi}$ ,将连接于T相的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 记为 $T_{io}$ 、 $T_{oi}$ 。

[0091] 在执行采用这种电流换流法的换流控制的过程中,换流控制部32有时会被PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 指示进行下一个换流控制。当在换流控制的中途进行下一个换流控制时,换流控制部32例如执行接续步骤,所述接续步骤用于接通构成作为下一个换流控制的切换目标的双向开关S的一个单向开关。由此,能够抑制输出相的开路等的换流失败,并且能够高精度地进行换流控制之间的转换。下面具体说明换流控制部32。



[0092] 图7是表示换流控制部32的结构例的图。如图7所示,换流控制部32具有检测部40、计时部42和切换部43。另外,换流控制部32的结构并不限于图7所示的例子。

[0093] 检测部40检测出PWM电压指令 $V_{o1*}$ 的变化。PWM电压指令 $V_{o1*}$ 是用于从输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 中指定向输出相输出的输入相电压的指令。在根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 所指定的输入相电压改变的时刻,检测部40向计时部42和切换部43通知边缘检测信息 $S_{edg}$ 。

[0094] 若被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ ,则计时部42开始计时,每次经过步骤时间 $T_d$ (参照图5),向切换部43通知过量信息 $S_{ovf}$ 。在对步骤时间 $T_d$ 的计时重复预先确定的次数之后,计时部42停止计时。步骤时间 $T_d$ 例如是比开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 的接通时间及断开时间更长的时间。

[0095] 切换部43具有步骤信息通知部51和信号生成部52。所述切换部43根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 、输出电流 $I_o$ 的极性、边缘检测信息 $S_{edg}$ 和过量信息 $S_{ovf}$ ,生成驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 并进行输出。当PWM电压指令 $V_{u1*}$ 时,驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 是驱动信号 $S_{g1u} \sim S_{g6u}$ ,当PWM电压指令 $V_{v1*}$ 时,驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 是驱动信号 $S_{g1v} \sim S_{g6v}$ ,当PWM电压指令 $V_{w1*}$ 时,驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 是驱动信号 $S_{g1w} \sim S_{g6w}$ 。

[0096] 步骤信息通知部51根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 及输出电流 $I_o$ 的极性,向信号生成部52提供步骤信息。步骤信息包含第一步骤~第四步骤的信息和接续步骤的信息。

[0097] 信号生成部52根据边缘检测信息 $S_{edg}$ 和过量信息 $S_{ovf}$ ,在状态 $S_0 \sim$ 状态 $S_5$ 中改变状态。图8是表示信号生成部52的状态变化的图。另外,在图8中,将过量信息 $S_{ovf}$ 的通知记为OVF,将边缘检测信息 $S_{edg}$ 的通知记为EDGE。

[0098] 如图8所示,若信号生成部52在状态 $S_0$ 下被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ ,则转换至状态 $S_1$ ,开始换流控制。状态 $S_0$ 是表示未进行换流控制的待机状态。此后,信号生成部52在接下来的1时标内变化为状态 $S_2$ 。若转换至状态 $S_2$ ,则信号生成部52从步骤信息通知部51获取第一步骤信息,并根据第一步骤信息来改变驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 的状态。

[0099] 之后,在每次被通知过量信息 $S_{ovf}$ 后,信号生成部52从状态 $S_2$ 向状态 $S_3$ 、从状态 $S_3$ 向状态 $S_4$ 、从状态 $S_4$ 向状态 $S_0$ 依次转换。在每次转换状态时,信号生成部52从步骤信息通知部51依次获取第二步骤信息、第三步骤信息、第四步骤信息,并根据所获取的信息依次改变驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 的状态。由此,向输出相输出的输入相电压被切换,结束换流控制。另外,信号生成部52也可以直接使状态从状态 $S_0$ 转换至状态 $S_2$ 。

[0100] 另外,若信号生成部52在状态 $S_3$ 、 $S_4$ 下被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ ,则转换至状态 $S_5$ 。若转换至状态 $S_5$ ,则信号生成部52从步骤信息通知部51获取接续步骤信息,并根据接续步骤信息来改变驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 的状态。另外,即使信号生成部52在状态 $S_2$ 下被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ ,也不转换状态。

[0101] 若信号生成部52在状态 $S_5$ 下被通知过量信息 $S_{ovf}$ ,则从状态 $S_5$ 转换至状态 $S_4$ 。若转换至状态 $S_4$ ,则信号生成部52从步骤信息通知部51获取第三步骤信息,并根据第三步骤信息来改变驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 的状态。

[0102] 另外,若信号生成部52在状态 $S_5$ 下被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ ,则转换至状态 $S_3$ 。若转换至状态 $S_3$ ,则从步骤信息通知部51获取第二步骤信息,并根据第二步骤信息来改变驱动信号 $S_{g1o} \sim S_{g6o}$ 的状态。

[0103] 在此,参照图9~图11,对分别在状态 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ 下被通知边缘检测信息 $S_{edg}$ 时的换流控制之间的转换进行说明。另外,在 $I_o > 0$ 的状态下,PWM电压指令 $V_{o1*}$ 使向输出相输出的

输入相电压从 $E_r$ 改变为 $E_s$ ,再从 $E_s$ 改变为 $E_t$ 。

[0104] 图9是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。如图9所示,信号生成部52即使在状态S2下被通知边缘检测信息Sedg,也不使状态转换,而是等待过量信息Sovf的通知。若信号生成部52被通知过量信息Sovf,则转换至状态S3。

[0105] 若转换至状态S3,则信号生成部52从步骤信息通知部51获取下一个换流控制的第二步骤信息,并根据所获取的信息接通开关元件 $T_{oi}$ 。在状态S3下,由于保持接通开关元件 $R_{io}$ ,因此不发生输出相的开路。如此,当信号生成部52在状态S2下被通知边缘检测信息Sedg时,不进行接续步骤的控制,而是进行换流控制之间的转换。

[0106] 图10是表示在状态S3下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。如图10所示,若信号生成部52在状态S3下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态S5,并接通开关元件 $T_{io}$ 。

[0107] 之后,若信号生成部52被通知过量信息Sovf,则转换至状态S4,并断开开关元件 $R_{io}$ 、 $S_{io}$ 。即使开关元件 $R_{io}$ 、 $S_{io}$ 被断开,由于导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相同极性的开关元件 $T_{io}$ 继续接通,因此也不会发生输出相的开路,并能够抑制因电涌电压而导致的输出电压的精度下降。

[0108] 另一方面,当不经由接续步骤,从状态S3转换至状态S4时,若开关元件 $R_{io}$ 、 $S_{io}$ 的断开时间比开关元件 $T_{io}$ 的接通时间还短,则会发生输出相的开路,并发生因电涌电压而导致的输出电压的精度下降。

[0109] 图11是表示在状态S4下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。如图11所示,若信号生成部52在状态S4下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态S5,并接通开关元件 $T_{io}$ 。

[0110] 之后,与图10所示的情况同样地,若信号生成部52被通知过量信息Sovf,则转换至状态S4,并断开开关元件 $S_{io}$ 。即使开关元件 $S_{io}$ 被断开,由于导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相同极性的开关元件 $T_{io}$ 继续接通,因此能够抑制因电涌电压而导致的输出电压的精度下降。

[0111] 另外,当不经由接续步骤,从状态S4转换至状态S0时,若开关元件 $S_{io}$ 的断开时间比开关元件 $T_{io}$ 的接通时间还短,则会发生输出相的开路,并发生因电涌电压而导致的输出电压的精度下降。

[0112] 如上所述,在执行所述换流控制的过程中,当PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 发生变化时,矩阵变换器1的换流控制部32执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的双向开关S的一个开关元件之后,从中途的步骤执行下一个换流控制。由此,矩阵变换器1即使在换流控制开始之后,也能够抑制因换流失败而导致的输出电压的精度下降并且能够进行换流控制的切换。

[0113] 另外,当在换流模式的第一步骤的状态时,换流控制部32不经由接续步骤而从下一个换流控制的换流模式的第二步骤开始执行。由此,能够迅速地进行换流控制的切换。

[0114] [2. 第二实施方式]

[0115] 接下来,说明第二实施方式的矩阵变换器。第二实施方式的矩阵变换器在采用电压换流法进行换流控制这一点与第一实施方式的矩阵变换器1采用电流换流法进行换流控制不同。另外,下面以与不同于第一实施方式的矩阵变换器1的换流控制部为中心进行说

明,另外对于具有与第一实施方式同一功能的构成要素标注同一附图标记,并省略其说明。

[0116] 图12是表示第二实施方式的矩阵变换器的控制部的结构的图。第二实施方式的矩阵变换器的控制部14A具有电压指令运算部30、PWM占空比运算部31和换流控制部32A。电压指令运算部30和PWM占空比运算部31是与第一实施方式的电压指令运算部30和PWM占空比运算部31具有同样功能的构成要素。

[0117] 换流控制部32A采用电压换流法进行换流控制。在此,作为由换流控制部32A执行的电压换流法的一例,说明四步电压换流法。

[0118] 在四步电压换流法中,为了防止输入相间的短路和输出相的开路,根据输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 的大小关系,按照由下面的第一步骤~第四步骤构成的换流模式来进行换流动作。这种四步电压换流法不依赖于输出电流 $I_o$ 的极性。

[0119] 第一步骤:接通切换目标的被反向偏压的开关元件。

[0120] 第二步骤:断开切换源的被反向偏压的开关元件。

[0121] 第三步骤:接通切换目标的被正向偏压的开关元件。

[0122] 第四步骤:断开切换源的被正向偏压的开关元件。

[0123] 另外,在开关元件 $S_a$ 中,将即将进行换流动作之前的输入侧电压低于输出侧电压的状态称为反向偏压,将即将进行换流动作之前的输入侧电压高于输出侧电压的状态称为正向偏压。另外,在开关元件 $S_b$ 中,将即将进行换流动作之前的输入侧电压低于输出侧电压的状态称为正向偏压,将即将进行换流动作之前的输入侧电压高于输出侧电压的状态称为反向偏压。另外,当开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 为IGBT时,输入侧电压是集电极电压,输出侧电压是发射极电压。

[0124] 图13是表示当 $v_1 > v_2$ 和 $v_1 < v_2$ 时,分别采用四步电压换流法的换流模式的开关元件的接通/断开的变化的图。与第一实施方式相同,开关元件 $S_{1p}$ 、 $S_{1n}$ 分别是切换源的双向开关 $S$ 的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 。另外,驱动信号 $S_{2p}$ 、 $S_{2n}$ 分别是切换目标的双向开关 $S$ 的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 。

[0125] 图14是表示当 $v_1 > v_2$ 和 $v_1 < v_2$ 时,分别根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 向输出相输出的输入相电压被从 $E_r$ 切换为 $E_s$ 时的开关元件的状态变化的图。另外, $v_1$ 是在切换前向输出相输出的输入相电压, $v_2$ 是在切换后向输出相输出的输入相电压。另外,与图6同样地,在图14中,将连接于R相、S相和T相的开关元件 $S_a$ 、 $S_b$ 分别记为 $R_{io}$ 、 $R_{oi}$ 、 $S_{io}$ 、 $S_{oi}$ 、 $T_{io}$ 、 $T_{oi}$ 。

[0126] 与换流控制部32同样地,当在换流控制的中途进行下一个换流控制时,换流控制部32A例如执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的双向开关 $S$ 的一个单向开关。由此,能够抑制输入相的短路等的换流失败,并能够高精度地进行换流控制之间的转换。

[0127] 图15是表示换流控制部32A的结构图。如图15所示,换流控制部32A具有第一检测部40、第二检测部41、计时部42和切换部43A。图15所示的第一检测部40和计时部42分别是与第一实施方式的检测部40和计时部42具有同样功能的构成要素。另外,换流控制部32A的结构并不限于图15所示的例子。

[0128] 当PWM电压指令 $V_{o1*}$ 的指定电压从 $E_p$ 变化为 $E_n$ 时,或者,当PWM电压指令 $V_{o1*}$ 的指定电压从 $E_n$ 变化为 $E_p$ 时,第二检测部41向切换部43A通知方向反转信息 $Svflag$ 。例如,当 $E_r > E_s > E_t$ 时,当指定电压从 $E_r$ 变化为 $E_t$ 时,第二检测部41向切换部43A通知方向反转信息

Svflag,当指定电压从 $E_t$ 变化为 $E_r$ 时,第二检测部41向切换部43A通知方向反转信息Svflag。直至下一个PWM电压指令 $V_{o1*}$ 的指定电压发生变化之前,继续向切换部43A通知方向反转信息Svflag。

[0129] 切换部43A具有步骤信息通知部51A和信号生成部52A。所述切换部43A根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 、输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 的大小关系、边缘检测信息Sedg、过量信息Sovf和方向反转信息Svflag,生成驱动信号 $Sg_{1o} \sim Sg_{6o}$ 并进行输出。

[0130] 步骤信息通知部51A根据PWM电压指令 $V_{o1*}$ 及输入相电压 $E_r$ 、 $E_s$ 、 $E_t$ 的大小关系,向信号生成部52A提供步骤信息。步骤信息包含第一步骤~第四步骤的信息和接续步骤的信息。

[0131] 信号生成部52A根据边缘检测信息Sedg、过量信息Sovf和方向反转信息Svflag,在状态 $S_0 \sim S_9$ 中改变状态。图16是表示信号生成部52A的状态变化的图。另外,在图16中,将过量信息Sovf的通知记为OVF,将边缘检测信息Sedg的通知记为EDGE,将方向反转信息Svflag的通知记为VFLAG2。

[0132] 如图16所示,若信号生成部52A在状态 $S_0$ 下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态 $S_1$ ,开始换流控制。状态 $S_0$ 是表示未进行换流控制的待机状态。此后,信号生成部52A在接下来的1时标内变化为状态 $S_2$ 。若转换至状态 $S_2$ ,则信号生成部52A从步骤信息通知部51A获取第一步骤信息,并根据第一步骤信息来改变驱动信号 $Sg_{1o} \sim Sg_{6o}$ 的状态。

[0133] 之后,在每次被通知过量信息Sovf后,信号生成部52A从状态 $S_2$ 向状态 $S_3$ 、从状态 $S_3$ 向状态 $S_4$ 、从状态 $S_4$ 向状态 $S_0$ 依次转换。在每次转换状态时,信号生成部52A从步骤信息通知部51A依次获取第二步骤信息、第三步骤信息、第四步骤信息,并根据所获取的信息依次改变驱动信号 $Sg_{1o} \sim Sg_{6o}$ 的状态。由此,向输出相输出的输入相电压被切换,结束换流控制。另外,信号生成部52A也可以使状态直接从状态 $S_0$ 转换至状态 $S_2$ 。

[0134] 另外,若信号生成部52A在状态 $S_2$ 下被通知过量信息Sovf以外的信息,则转换至状态 $S_5$ 、状态 $S_8$ 及状态 $S_9$ 中的任一状态。具体地说,若信号生成部52A被通知边缘检测信息Sedg,则从状态2转换至状态 $S_5$ 。若信号生成部52A在从状态 $S_1$ 转换至状态 $S_2$ 的时刻,被通知边缘检测信息Sedg和方向反转信息Svflag,则从状态 $S_2$ 转换至状态 $S_9$ ,若仅被通知方向反转信息Svflag,则从状态 $S_2$ 转换至状态 $S_8$ 。

[0135] 若信号生成部52A在状态 $S_3$ 、 $S_4$ 下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态 $S_7$ 。

[0136] 信号生成部52A在状态 $S_5$ 下,根据被通知的信息,转换至状态 $S_3$ 、状态 $S_6$ 及状态 $S_0$ 中的任一状态。具体地说,若信号生成部52A被通知过量信息Sovf,则从状态 $S_5$ 转换至状态 $S_3$ ,若被通知边缘检测信息Sedg,则从状态 $S_5$ 转换至状态 $S_6$ 。另外,若信号生成部52A被通知边缘检测信息Sedg和方向反转信息Svflag,则从状态 $S_5$ 转换至状态 $S_0$ 。

[0137] 信号生成部52A在状态 $S_6$ 下,根据被通知的信息,转换至状态 $S_3$ 或者状态 $S_4$ 。具体地说,若信号生成部52A被通知过量信息Sovf,则从状态 $S_6$ 转换至状态 $S_3$ ,若被通知边缘检测信息Sedg,则从状态 $S_6$ 转换至状态 $S_4$ 。

[0138] 若信号生成部52A在状态 $S_7$ 下被通知过量信息Sovf,则从状态 $S_7$ 转换至状态 $S_3$ 。另外,即使信号生成部52A在状态 $S_7$ 下被通知边缘检测信息Sedg,也不转换状态。

[0139] 信号生成部52A在状态 $S_8$ 下,根据被通知的信息,转换至状态 $S_3$ 或者状态 $S_9$ 。具体地说,若信号生成部52A被通知过量信息Sovf,则从状态 $S_8$ 转换至状态 $S_3$ ,若被通知边缘检

测信息Sedg,则从状态S8转换至状态S9。

[0140] 信号生成部52A在状态S9下,根据被通知的信息,转换至状态S0或者状态S3。具体地说,若信号生成部52A被通知过量信息Sovf,则从状态S9转换至状态S3,若被通知边缘检测信息Sedg,则从状态S9转换至状态S0。

[0141] 如此,信号生成部52A转换至被通知的信息所对应的状态,并从步骤信息通知部51A获取转换的状态所对应的信息,根据所获取的信息来改变驱动信号Sg1o~Sg6o的状态。

[0142] 例如,作为状态S2、S3、S4、S0所对应的信息,信号生成部52A从步骤信息通知部51A分别获取第一步骤~第四步骤的信息。另外,作为状态S5~S7所对应的信息,信号生成部52A从步骤信息通知部51A获取第一接续步骤的信息,作为状态S9所对应的信息,从步骤信息通知部51A获取第二接续步骤的信息。另外,信号生成部52A当转换至状态S1、S8时,不从步骤信息通知部51A获取信息,不改变驱动信号Sg1o~Sg6o的状态。

[0143] 在此,参照图17~图19,说明当分别在状态S2、S3、S4下被通知边缘检测信息Sedg时的换流控制之间的转换。另外,在 $E_r > E_s > E_t$ 的状态下,PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 使向输出相输出的输入相电压从 $E_r$ 改变为 $E_s$ ,再从 $E_s$ 改变为 $E_t$ 。

[0144] 图17是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。如图17所示,若信号生成部52A在状态S2下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态S5,根据第一接续步骤的信息,接通开关元件 $T_{io}$ 。之后,若信号生成部52A被通知过量信息Sovf,则转换至状态S3,断开开关元件 $S_{io}$ 。

[0145] 即使在状态S3下开关元件 $S_{io}$ 被断开,由于导通方向与输出电流 $I_o$ 的极性为相同极性的开关元件 $T_{io}$ 继续接通,因此不发生输出相的开路或输入相的短路,从而能够抑制输出电压的精度下降。另外,若不经由状态S5而从状态S2转换至状态S3,当开关元件 $R_{io}$ 的断开时间比开关元件 $T_{io}$ 的接通时间还短时,会发生输出相的开路。

[0146] 图18是表示在状态S3下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。另外,图19是表示在状态S4下,当被通知边缘检测信息Sedg时的双向开关S的状态变化的图。

[0147] 如图18和图19所示,若信号生成部52A在状态S3或者状态S4下被通知边缘检测信息Sedg,则转换至状态S7,接通开关元件 $T_{io}$ 。如图18和图19所示,若信号生成部52A在状态S7下被通知过量信息Sovf,则转换至状态S3,断开开关元件 $S_{io}$ 。如此,与图17的情况同样地,不发生输出相的开路或输入相的短路,能够抑制输出电压的精度下降。

[0148] 接着,参照图20~图24,说明当被通知边缘检测信息Sedg和方向反转信息Svflag时的换流控制之间的转换。

[0149] 除了图4所示的切换以外,向输出相输出的输入相电压的切换还有从最大的输入相电压 $E_p$ 向最小的输入相电压 $E_n$ 的切换,或从最小的输入相电压 $E_n$ 向最大的输入相电压 $E_p$ 的切换。

[0150] 图20是表示当 $E_r > E_s > E_t$ 时,向输出相输出的输入相电压向 $E_r \rightarrow E_t \rightarrow E_s \rightarrow E_r$ 的切换情况的图。图20所示的状态是通过PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 的指定电压按照 $E_r \rightarrow E_t \rightarrow E_s \rightarrow E_r$ 切换来执行。

[0151] 如图20所示的切换控制中,在PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 的指定电压从 $E_r$ 向 $E_t$ 的变化所对应的换流控制的执行中,有时PWM电压指令 $V_{o1}^*$ 的指定电压从 $E_t$ 向 $E_s$ 变化。此时,若接通与

通常换流控制相同的开关元件(在第一接续步骤中所指定的开关元件),例如当从状态S2转换至状态S5时,成为图21所示的状态。图21是表示发生输入相间短路的双向开关S的状态变化的一例的图。

[0152] 在图21所示的状态中,在状态S5下,由于两个开关元件 $R_{io}$ 、 $S_{oi}$ 接通,因此R相与S相短路。若发生这样的输入相间的短路,会发生输出电压的精度下降。对此,当指定电压从 $E_n$ 向 $E_p$ 变化时,第二检测部41向信号生成部52A通知方向反转信息 $Svflag$ 。

[0153] 如图16所示,若信号生成部52A在状态S2下被通知边缘检测信息 $Sedg$ 和方向反转信息 $Svflag$ ,则转换至状态S9。若信号生成部52A转换至状态S9,则从步骤信息通知部51A获取第二接续步骤的信息,并根据所获取的信息改变驱动信号 $Sg1o \sim Sg6o$ 的状态。

[0154] 图22是表示在状态S2下,当被通知边缘检测信息 $Sedg$ 及方向反转信息 $Svflag$ ,并向状态S9转换时的双向开关S的状态变化的图。如图22所示,在状态S9下,由于构成作为切换目标的双向开关S的开关元件 $S_{io}$ 、 $S_{oi}$ 中的被反向偏压的开关元件 $S_{io}$ 被接通,因此能够防止输入相间的短路。

[0155] 图23是表示当 $E_r > E_s > E_t$ 时,向输出相输出的输入相电压向 $E_r \rightarrow E_s \rightarrow E_t \rightarrow E_r$ 的切换情况的图。图23所示的状态是通过PWM电压指令 $Vo1^*$ 的指定电压按照 $E_r \rightarrow E_s \rightarrow E_t \rightarrow E_r$ 切换来执行。

[0156] 如图23所示的切换控制中,在从PWM电压指令 $Vo1^*$ 的指定电压从 $E_s$ 向 $E_t$ 的变化所对应的换流控制的执行中,有时PWM电压指令 $Vo1^*$ 的指定电压从 $E_t$ 向 $E_r$ 变化。对此,若信号生成部52A在状态S5下被通知边缘检测信息 $Sedg$ 及方向反转信息 $Svflag$ ,则不从状态S5转换至状态S6,而是从状态S5转换至状态S0。由此,能够迅速地进行换流控制的切换。

[0157] 图24是表示在状态S5下,当被通知边缘检测信息 $Sedg$ 及方向反转信息 $Svflag$ ,并向状态S0转换时的双向开关S的状态变化的图。如图24所示,由于在状态S5中包含下一个换流控制结束时即状态S0的双向开关S的状态,因此仅断开开关元件 $S_{io}$ 、 $T_{io}$ ,就能够使下一个换流控制结束。

[0158] 如上所述,当在执行换流控制的过程中改变PWM电压指令 $Vo1^*$ 时,换流控制部32A执行接续步骤,接通构成作为下一个换流控制的切换目标的双向开关S的一个开关元件之后,从中途的步骤执行下一个换流控制。由此,换流控制部32A即使在开始换流控制之后,也能够抑制因换流失败而导致的输出电压的精度下降并且能够进行换流控制的切换。

[0159] 另外,换流控制部32A根据换流控制的切换源的输入相电压与切换目标的输入相电压,来改变接续步骤的双向开关S的导通方向。例如,当切换源的输入相电压为 $E_p$ ,切换目标的输入相电压为 $E_n$ 时,或当切换源的输入相电压为 $E_p$ ,切换目标的输入相电压为 $E_m$ 时,换流控制部32A改变接续步骤的切换目标的双向开关S的导通方向。由此,能够防止输入相间的短路。

[0160] 对于本领域的技术人员而言,还可以得出进一步的效果以及其他变形例。因而,本发明的范围并不限于上面详细说出的特定的、具有代表性的实施方式。所以在不脱离权利要求书及其等同物所定义的发明的总括性精神或者范围内,可以进行各种变更。

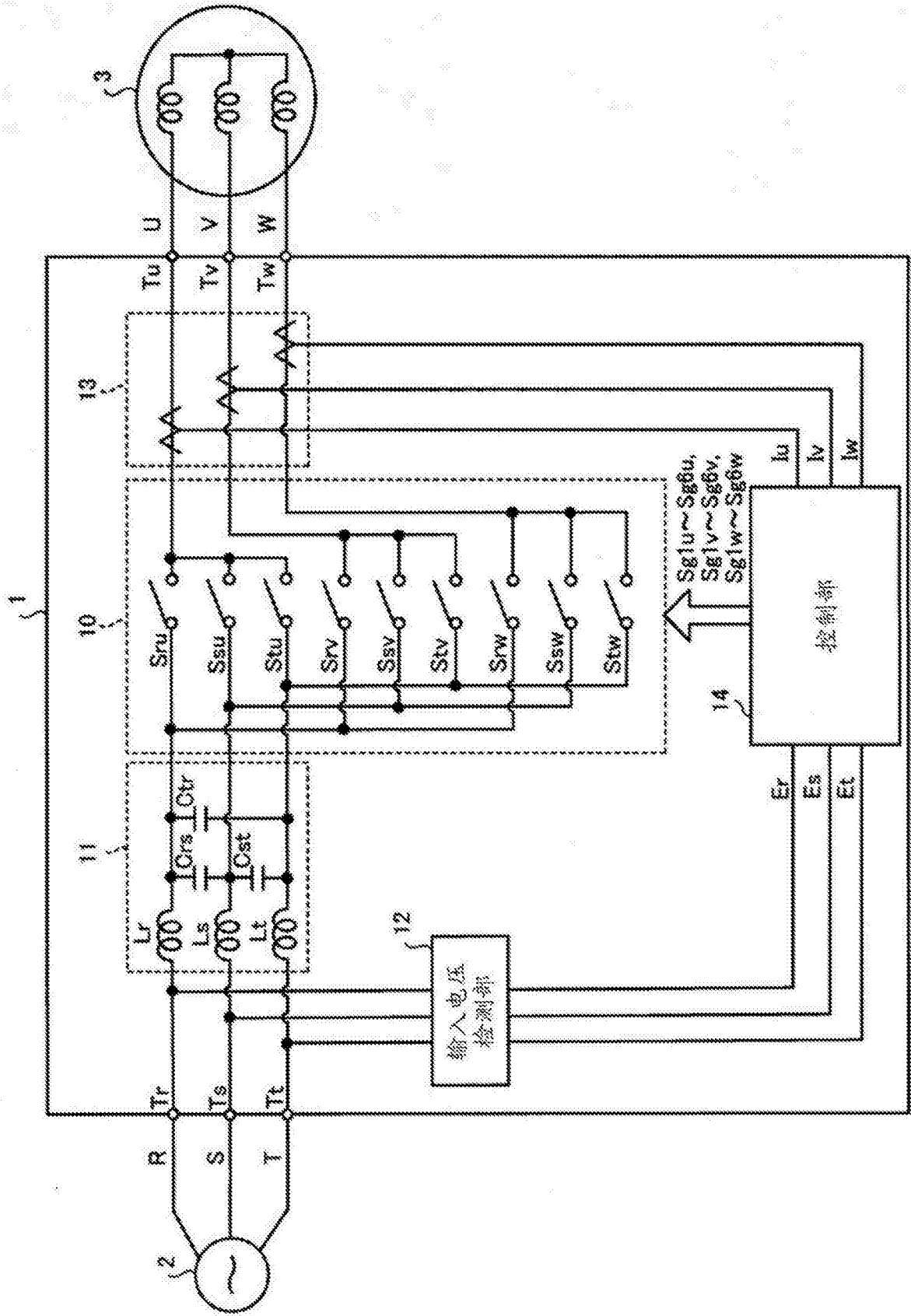


图1

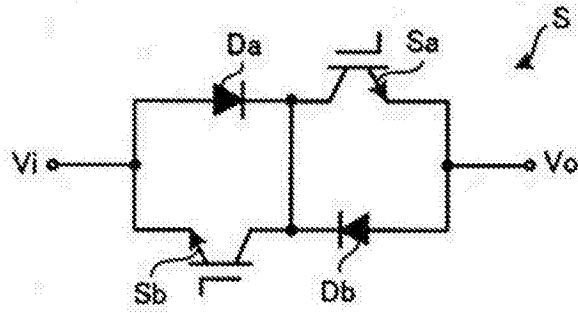


图2

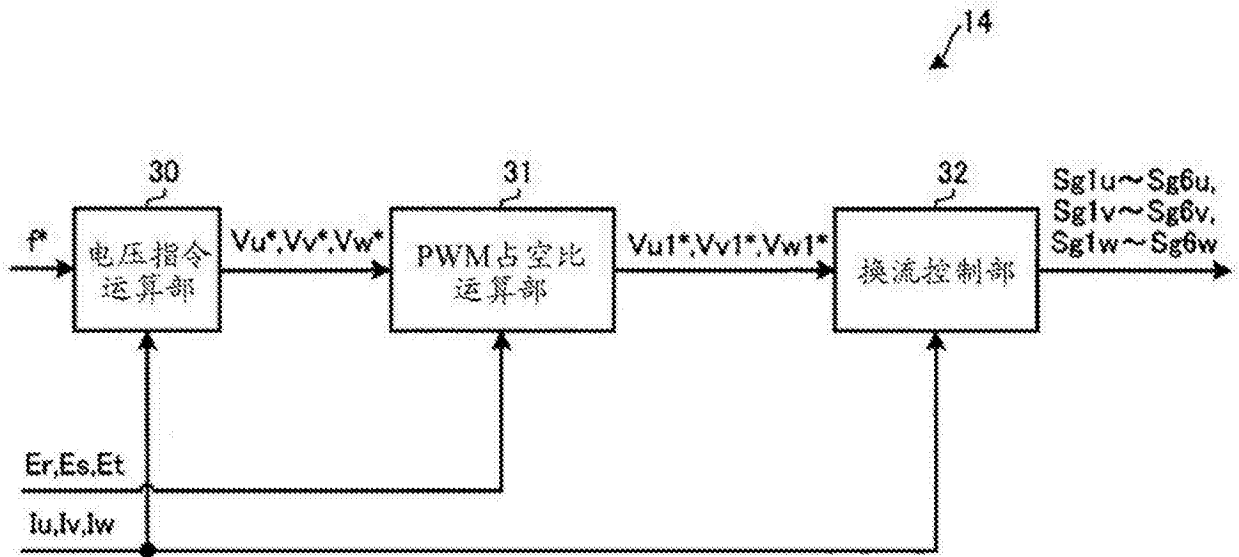


图3

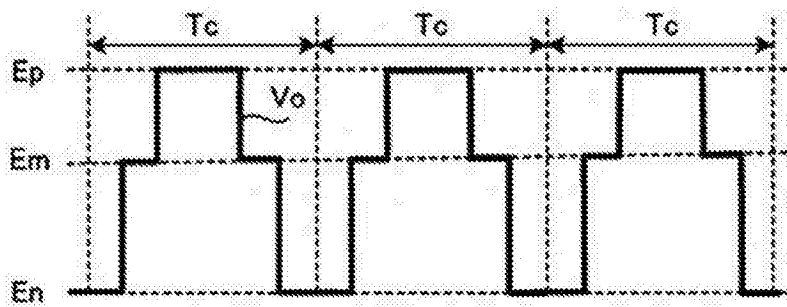


图4



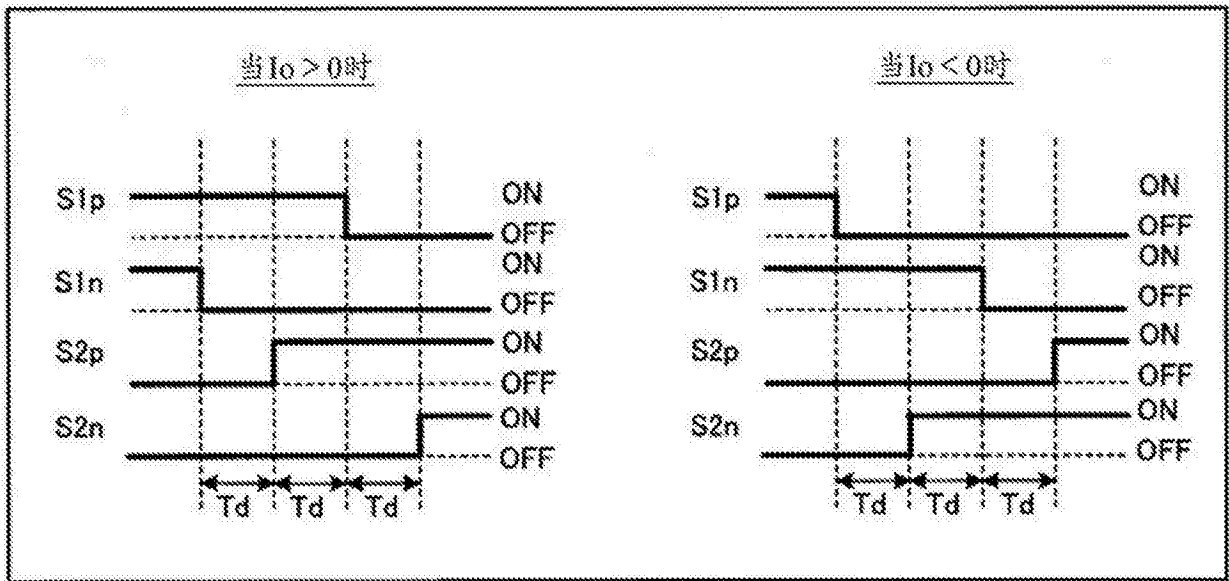


图5

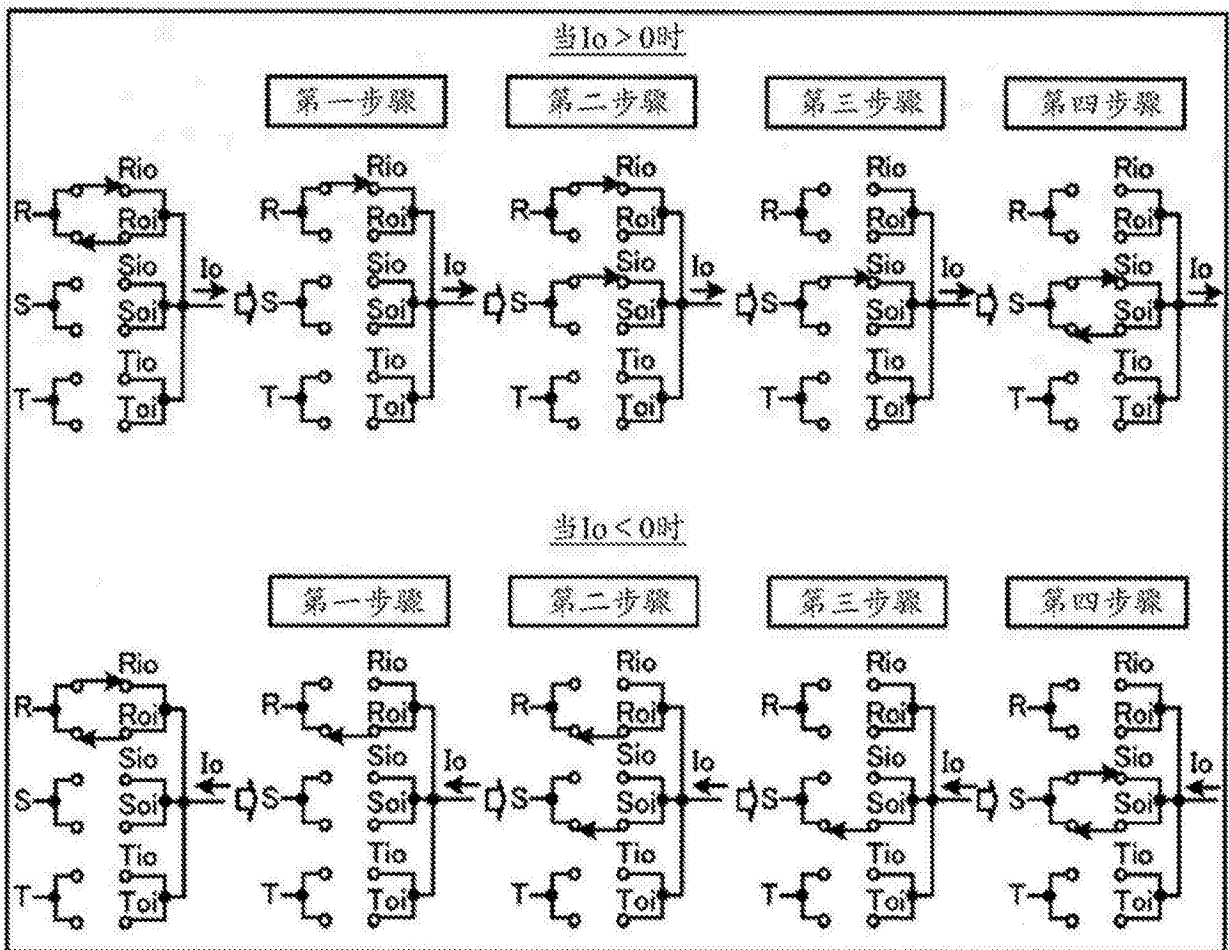


图6

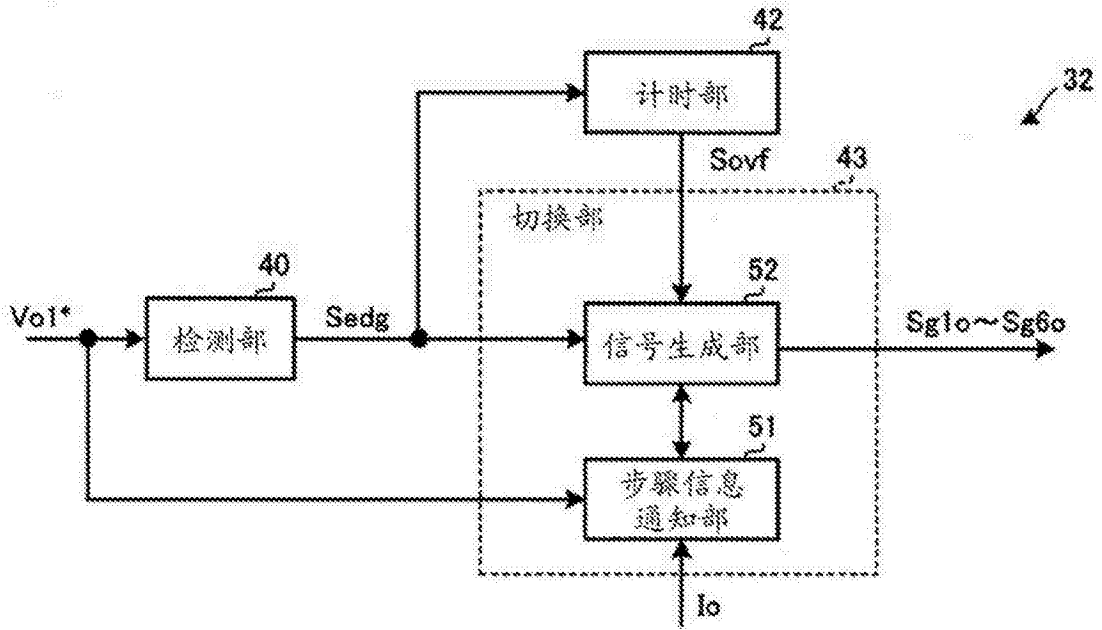


图7

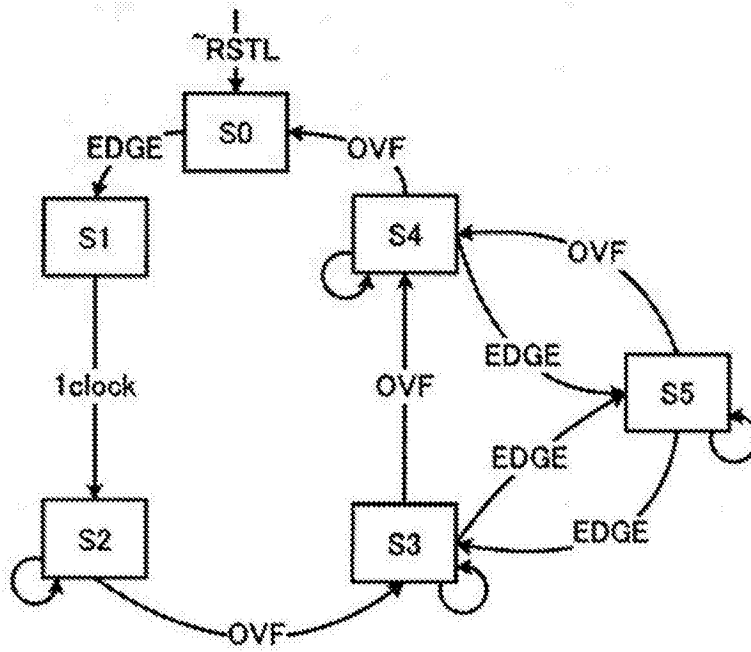


图8

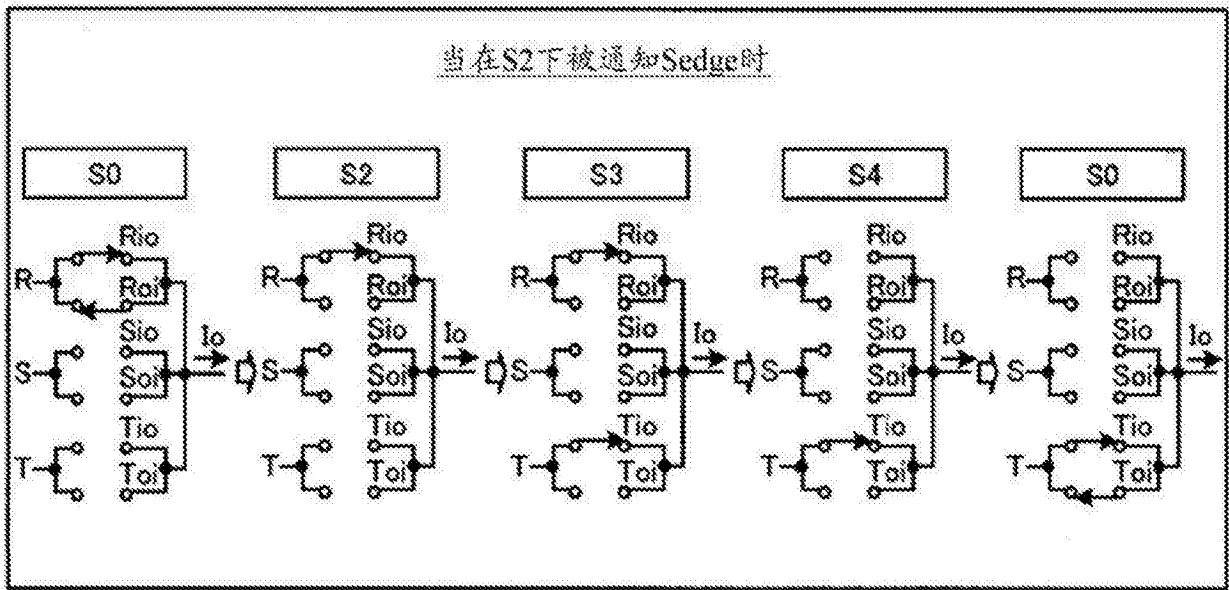


图9

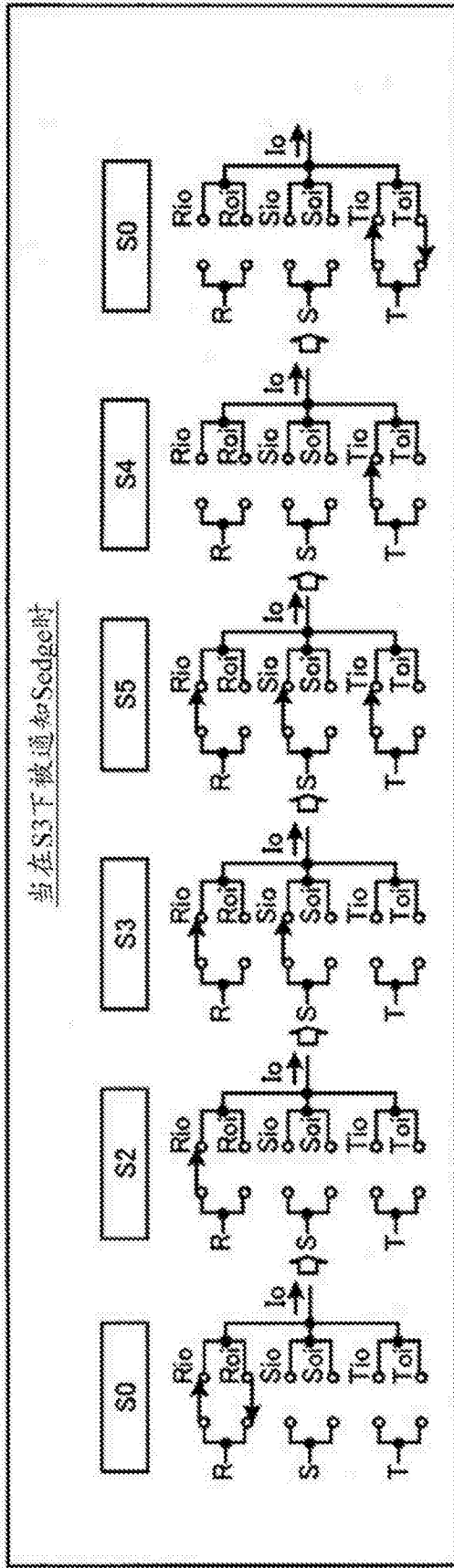


图10

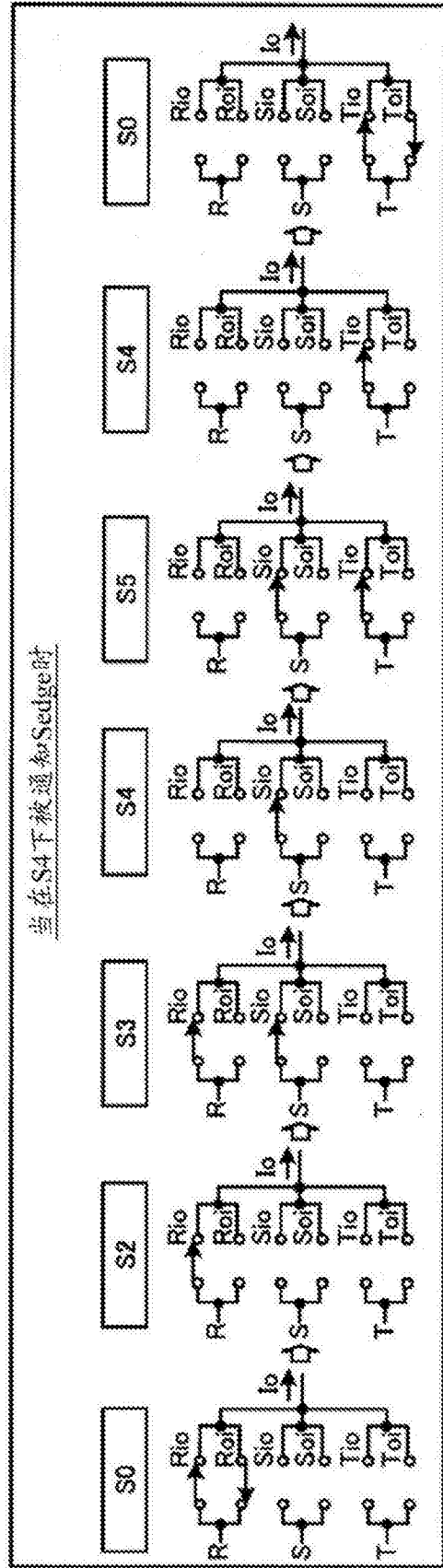


图11

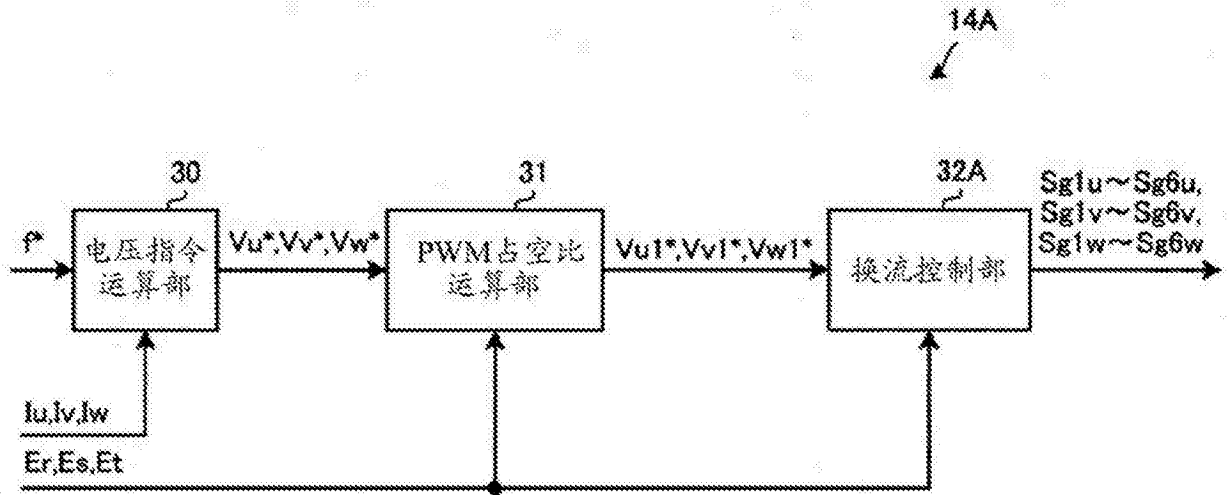


图12

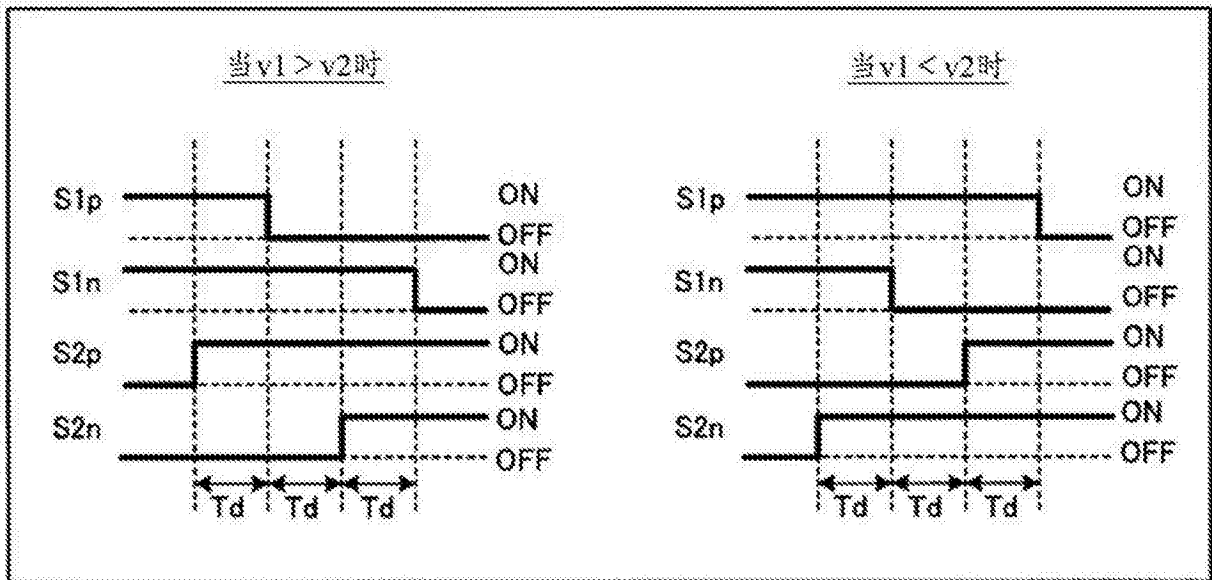


图13

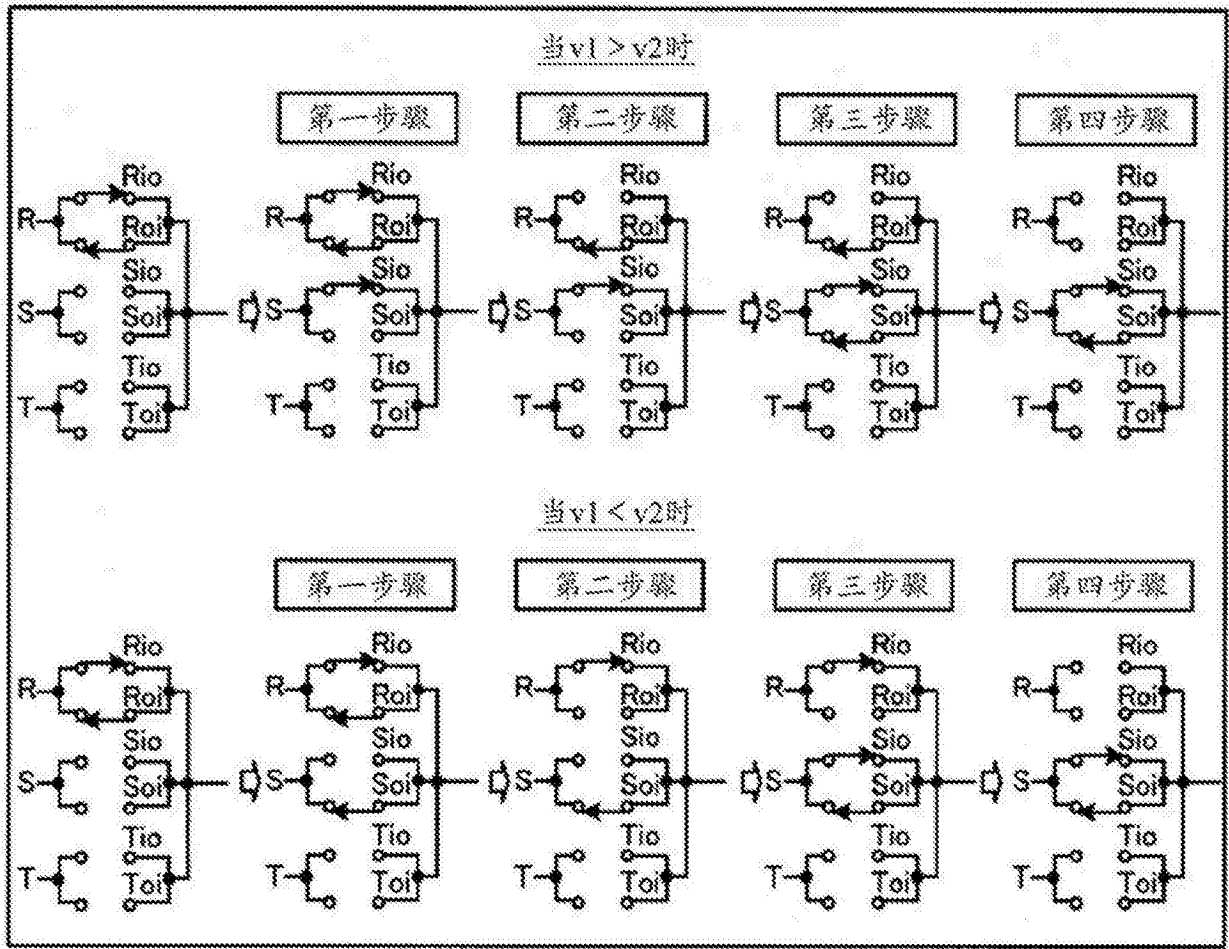


图14

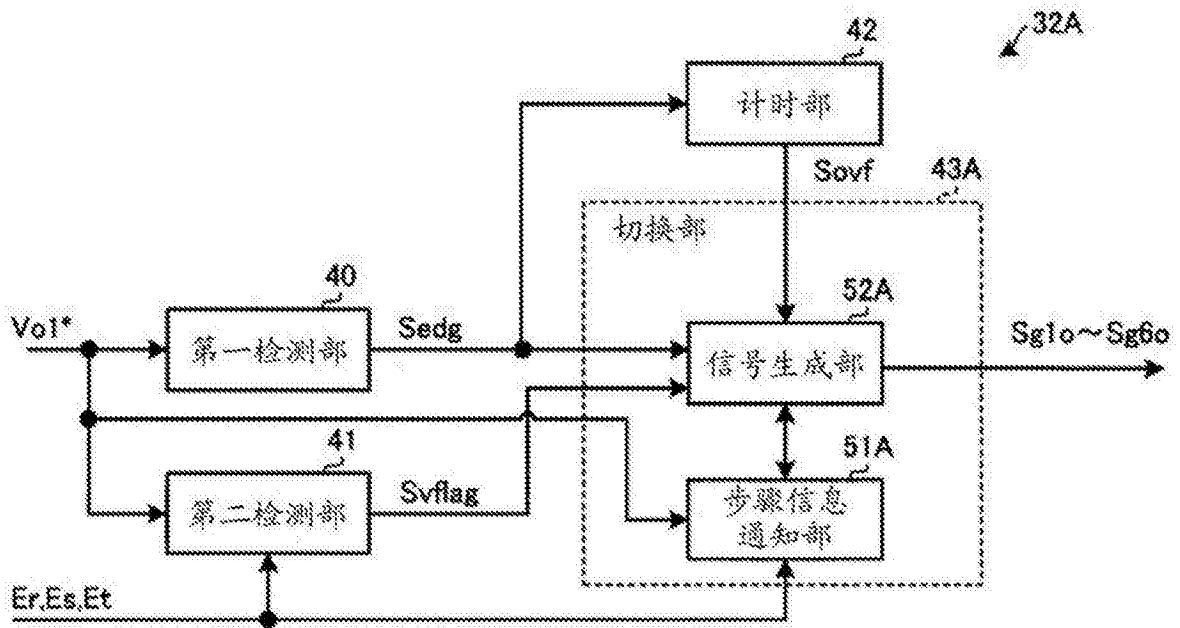


图15

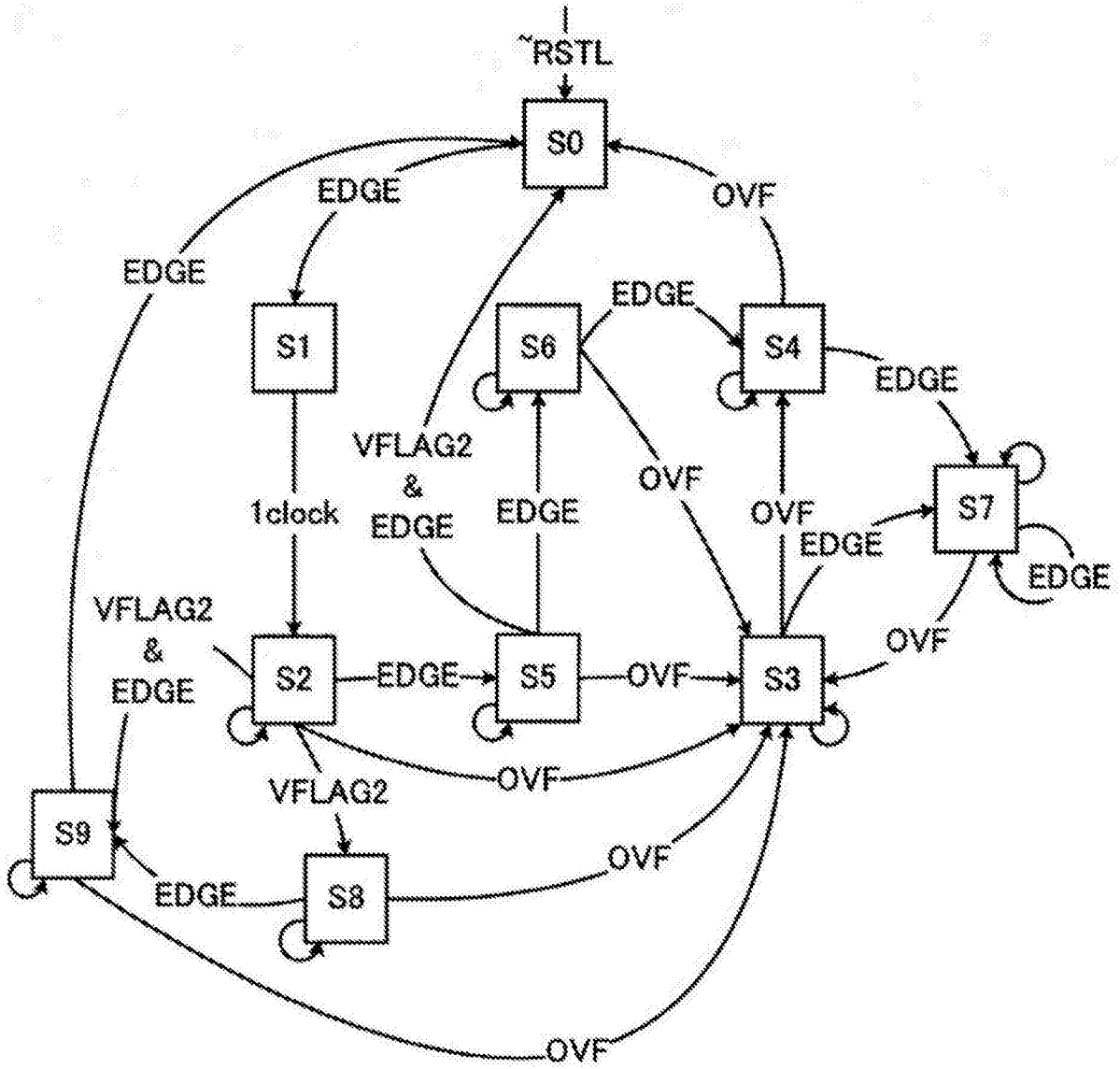


图16

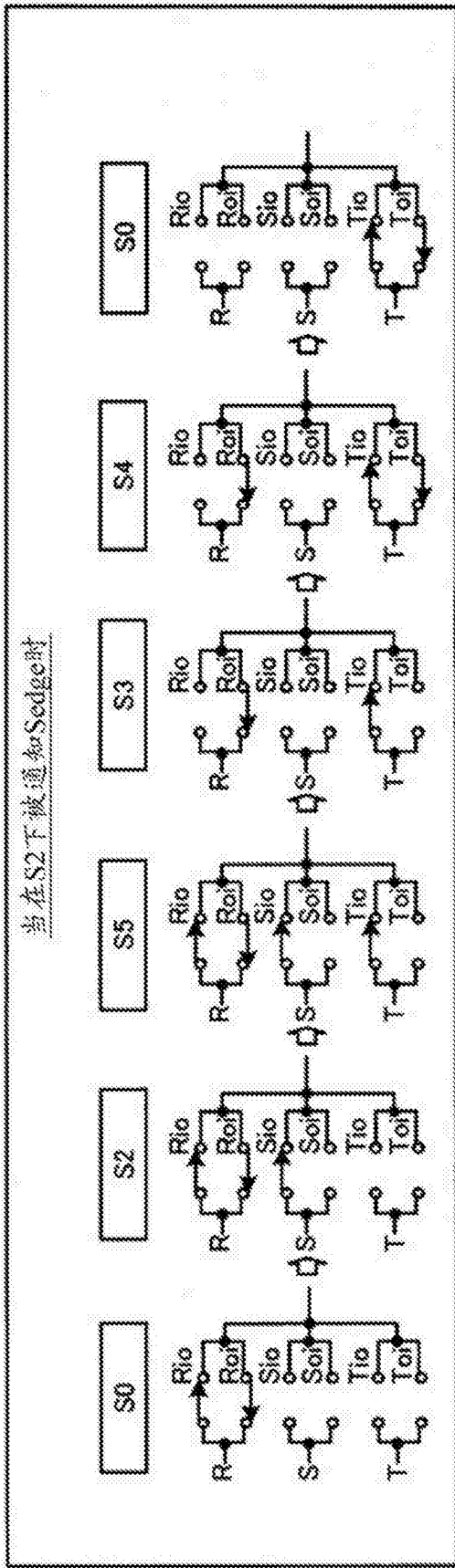


图17

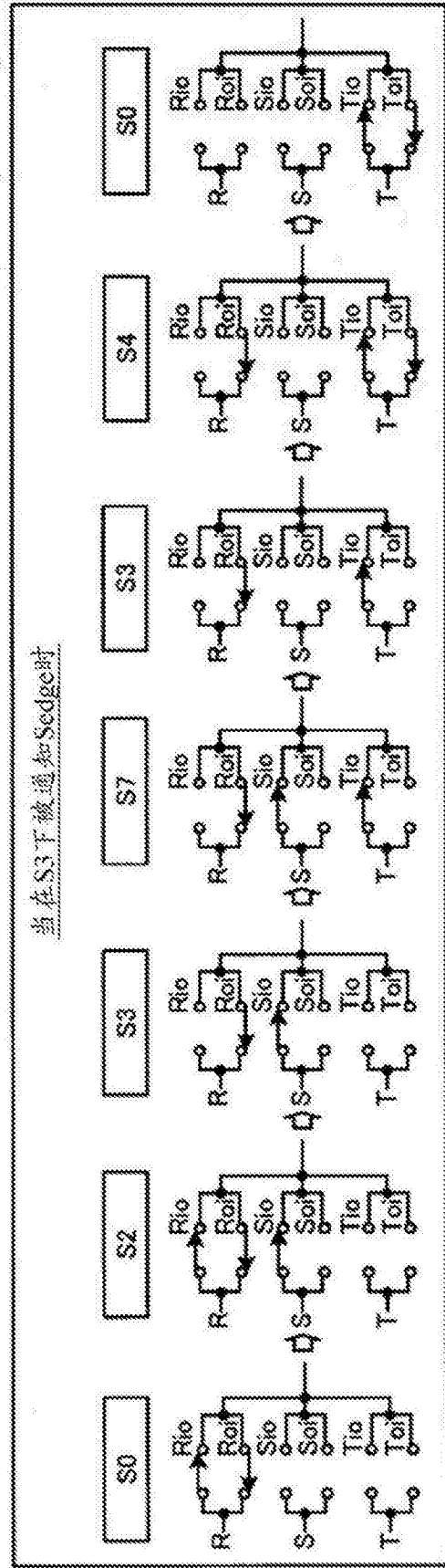


图18



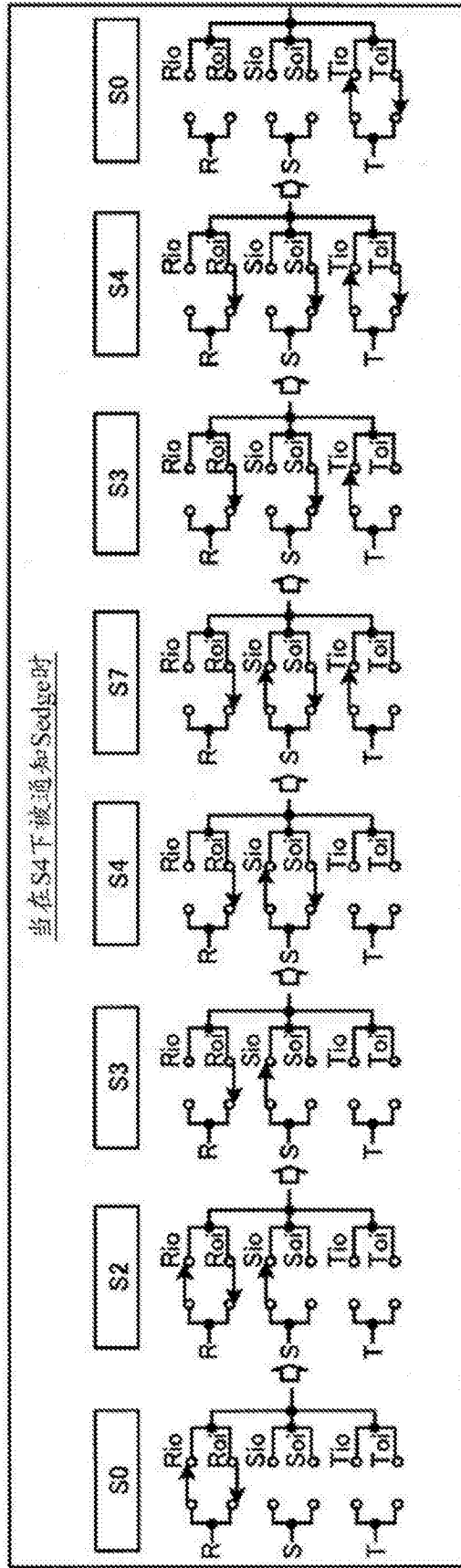


图19

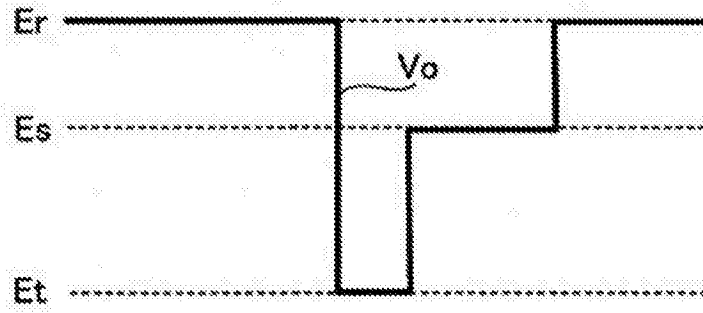


图20

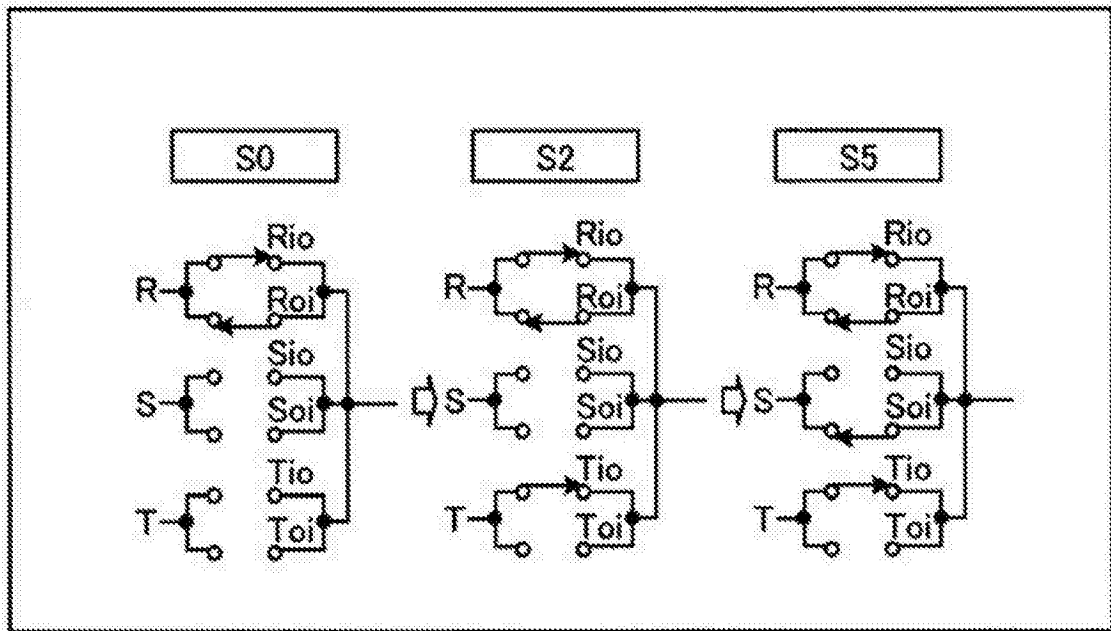


图21

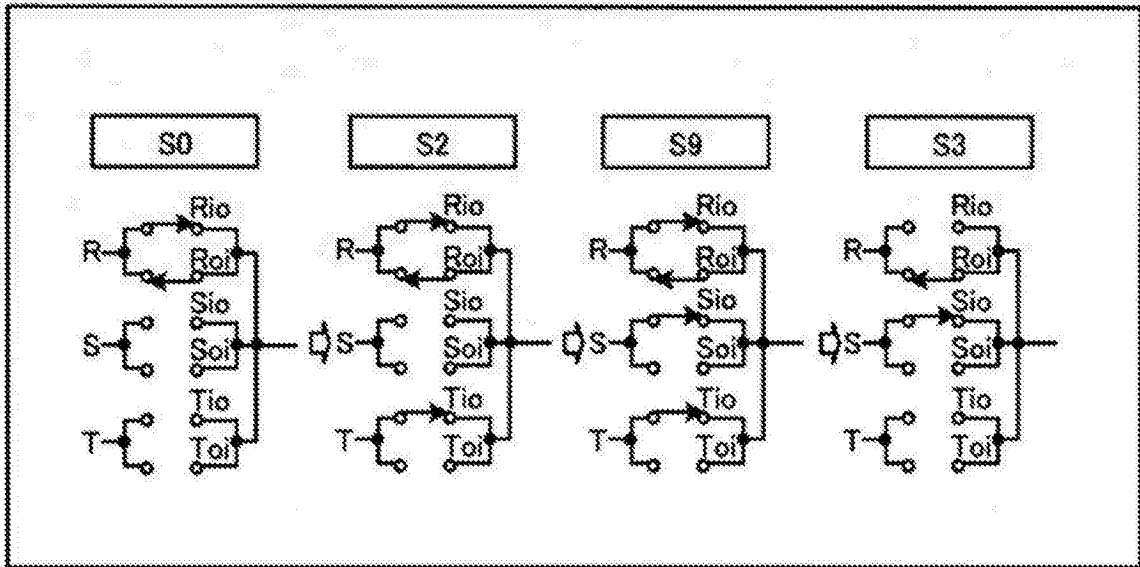


图22

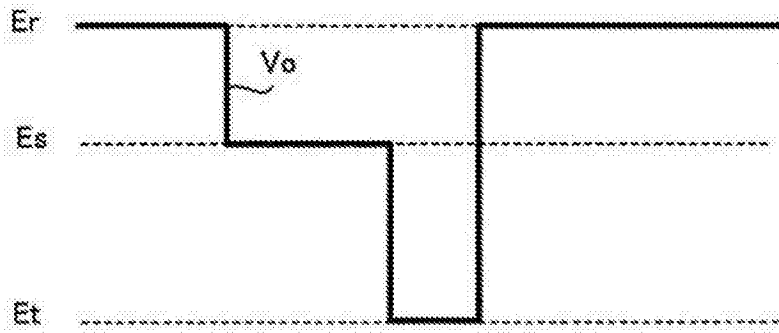


图23

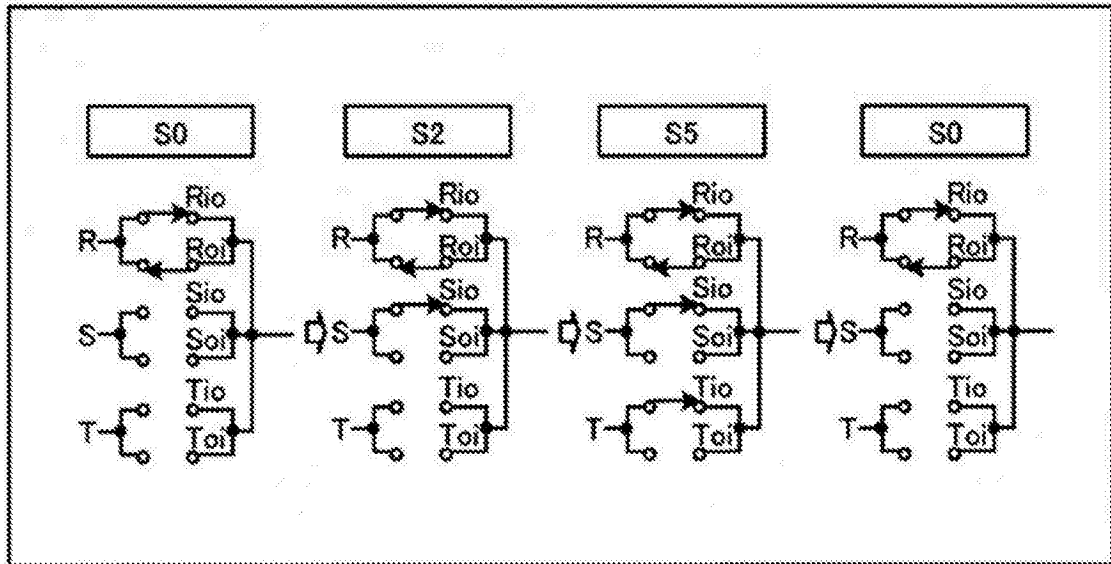


图24