



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103688456 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201280036014. 8

代理人 何立波 张天舒

(22) 申请日 2012. 09. 06

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H02M 5/293(2006. 01)

2011-194184 2011. 09. 06 JP

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

JP 2010263702 A, 2010. 11. 18,

2014. 01. 20

CN 201797450 U, 2011. 04. 13,

(86) PCT国际申请的申请数据

JP 3509094 B2, 2004. 03. 22,

PCT/JP2012/072728 2012. 09. 06

CN 102089963 A, 2011. 06. 08,

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 101702589 A, 2010. 05. 05,

W02013/035781 JA 2013. 03. 14

CN 101141097 A, 2008. 03. 12,

CN 102075109 A, 2011. 05. 25,

(73) 专利权人 日产自动车株式会社

审查员 王金金

地址 日本神奈川县

专利权人 国立大学法人长冈技术科学大学

(72) 发明人 齐藤真生 中村孝雅 山本光治

伊东淳一 大沼喜也

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

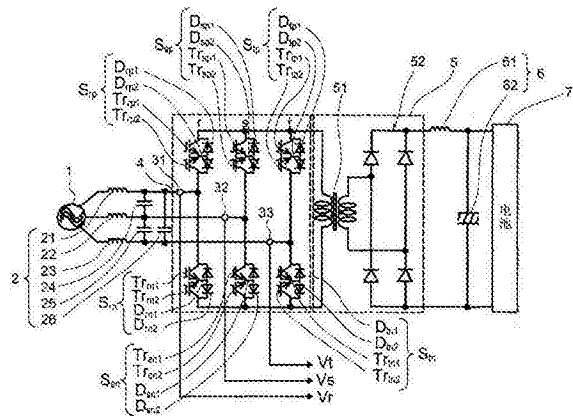
权利要求书1页 说明书10页 附图14页

(54) 发明名称

电力变换装置

(57) 摘要

具有将可双向开关的多对开关元件与各相连接,将输入的交流电力变换为交流电力的变换电路,计算第1开关时间,然后从相当于载波的半周期的时间中减去所述第1开关时间而计算第2开关时间,使用所述时间,生成对所述开关元件的接通及断开进行切换的控制信号,该第1开关时间是在所述各相中的一个相中包含的所述多对开关元件的上桥臂电路上的开关元件设为接通,将在其他相中包含的所述上桥臂电路上的开关元件设为断开,并且,将所述其他相的下桥臂电路中的至少一个开关元件设为接通,将所述一个相的下桥臂电路上的开关元件设为断开的时间,该第2开关时间是将所述各相中的所述一个相的开关元件设为接通,所述各相中的其他相的开关元件设为断开的时间。



1. 一种电力变换装置,其具有:

变换电路,其将可双向开关的多对开关元件与各相连接,将输入的交流电力变换为交流电力;

电压检测单元,其检测所述变换电路的输入电压;以及

控制单元,其切换所述开关元件的接通及断开,对所述变换电路进行控制,

所述控制单元具有:

开关时间计算部,其使用由所述电压检测单元检测出的检测电压和输出指令值,计算第 1 开关时间,然后从相当于载波的半周期的时间中减去所述第 1 开关时间而计算第 2 开关时间,其中,该第 1 开关时间是将在所述各相中的一个相中包含的所述多对开关元件的上桥臂电路的开关元件设为接通,将在其他相中包含的所述多对开关元件的所述上桥臂电路的开关元件设为断开,并且,将在所述其他相中包含的所述多对开关元件的下桥臂电路的至少一个开关元件设为接通,将在所述一个相中包含的所述多对开关元件的下桥臂电路的开关元件设为断开的时间,该第 2 开关时间是将在所述各相中的所述一个相中包含的所述多对开关元件设为接通,将在所述各相中的其他相中包含的所述多对开关元件设为断开的时间;以及

控制信号生成部,其使用所述第 1 开关时间及所述第 2 开关时间,生成对所述开关元件的接通及断开进行切换的控制信号。

2. 根据权利要求 1 所述的电力变换装置,

所述控制单元将所述第 1 开关时间限制为小于或等于规定时间,该规定时间比与所述载波的周期的一部分对应的时间短。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电力变换装置,

所述控制单元还具有:

坐标变换部,其对由所述电压检测单元检测出的检测电压进行旋转坐标变换;以及

对应表,其表示相位角与所述开关元件的开关模式之间的关系,

所述开关时间计算部基于根据由所述坐标变换部变换后的电压获得的相位和所述输出指令值,计算第 1 开关时间,

所述控制信号生成部,基于与由所述坐标变换部变换后的电压的所述相位角对应的所述开关模式,生成对所述开关元件的接通及断开进行切换的所述控制信号。

电力变换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力变换装置。

背景技术

[0002] 已知一种电力变换器的控制装置,该控制装置对电力变换器进行控制,该电力变换器由进行交流一直流变换的 PWM 整流器、和与该 PWM 整流器连接而进行直流一交流变换的逆变器构成,其特征在于,所述控制装置具有:两相调制单元,其生成用于对逆变器进行两相调制的输出电压指令;第 1 补偿量运算单元,其运算为了对在逆变器的两相调制时产生的输出电压误差进行补偿而对输出电压指令进行校正的补偿量;逆变器 PWM 模式生成单元,其基于校正后的输出电压指令,生成对逆变器的半导体开关元件的 PWM 脉冲;整流器 PWM 模式生成单元,其基于输入电流指令,生成对 PWM 整流器的半导体开关元件的 PWM 脉冲;开关检测单元,其检测有无 PWM 整流器的开关;电压大小检测单元,其根据各相的输入电压检测最大相的电压、中间相的电压、最小相的电压;以及负载电流的极性判别单元,第 1 补偿量运算单元利用所述电压大小检测单元的输出、所述极性判别单元的输出、所述开关检测单元的输出、逆变器的开关频率以及死区时间,运算对输出电压指令进行校正的补偿量(专利文献 1)。

[0003] 然而,在现有的电力变换器的控制装置中,仅对由于换流而产生的电压误差进行补偿,存在不能防止换流失败本身的问题。

[0004] 专利文献 1:日本特开 2006-20384 号公报

发明内容

[0005] 本发明的目的在于,提供一种能够防止换流失败的电力变换装置。

[0006] 本发明具有开关时间计算部、和基于第 1 开关时间及第 2 开关时间生成开关元件控制信号的控制信号生成部,所述开关时间计算部使用由电压检测单元检测出的检测电压和输出指令值计算第 1 开关时间,然后从相当于载波的半周期的时间中减去所述第 1 开关时间而计算第 2 开关时间,其中,该第 1 开关时间是将在所述各相中的一个相中包含的所述多对开关元件的上桥臂电路上的开关元件设为接通,将在其他相中包含的所述多对开关元件的所述上桥臂电路上的开关元件设为断开,并且,将在所述其他相中包含的所述多对开关元件的下桥臂电路上的至少一个开关元件设为接通,将在所述一个相中包含的所述多对开关元件的下桥臂电路上的开关元件设为断开的时间,该第 2 开关时间是将在所述各相中的所述一个相中包含的所述多对开关元件设为接通,将在所述各相中的其他相的中包含的所述多对开关元件设为断开的时间,由此实现上述目的。

[0007] 根据本发明,确保第 2 开关时间的最初时刻的开关动作与第 2 开关时间的最终时刻的开关动作的间隔,因此,避免该最初时刻与该最终时刻之间的开关动作的重复,其结果,能够避免换流失败。

附图说明

- [0008] 图 1 是包含本发明的实施方式涉及的电力变换装置的充电系统的框图。
- [0009] 图 2 是对比例 1 涉及的充电系统的框图。
- [0010] 图 3 是对比例 2 涉及的充电系统的框图。
- [0011] 图 4 是对图 1 的电力变换装置进行控制的控制器的框图。
- [0012] 图 5 是表示图 1 的 r 相的开关元件的开关时序的图形。
- [0013] 图 6 是表示图 4 的空间矢量调制部中的基本矢量和电压矢量的关系的图。
- [0014] 图 7 的(a)是在图 6 的矢量图中附加了开关模式的图,(b)是图 1 的充电系统中的交流电源 1 以及矩阵变换器 4 的电路图。
- [0015] 图 8 是图 4 的开关模式对应表的概要图。
- [0016] 图 9 是用于说明区域 1 中的图 1 的开关元件的转换的图。
- [0017] 图 10 是表示图 4 的控制器中的载波与输出时间的关系的图形。
- [0018] 图 11 是表示图 1 的矩阵变换器的输出电压波形的图形。
- [0019] 图 12 是表示图 1 的矩阵变换器的输出电压波形的图形。
- [0020] 图 13 是表示对比例 3 的逆变器装置中的载波与指令值的关系、以及输出电压波形的图形。
- [0021] 图 14 是表示图 4 的控制器中的载波与输出时间关系以及输出电压波形的图形。
- [0022] 图 15 是表示本发明的变形例的电力变换装置涉及的载波与输出时间的关系以及输出电压波形的图形。

具体实施方式

- [0023] 以下,基于附图,说明本发明的实施方式。
- [0024] 《第 1 实施方式》
- [0025] 图 1 是包含本发明的实施方式涉及的电力变换装置的电池系统的框图。以下,以将本例的电力变换装置应用至充电装置的情况为例进行说明,但本例也可以应用于对电动机等进行控制的控制装置或包含电动机的车辆等中。
- [0026] 本例的充电系统具有交流电源 1、输入滤波器 2、电压传感器 31 ~ 33、矩阵变换器 4、高频变压器电路 5、输出滤波器 6 以及电池 7。
- [0027] 交流电源 1 是三相交流电源,成为充电系统的电力源。输入滤波器 2 是用于对从交流电源 1 输入的交流电力进行整流的滤波器,由线圈 21 ~ 23 和电容器 24 ~ 26 的 LC 电路构成。线圈 21 ~ 23 在交流电源 1 和矩阵变换器 4 之间分别与各相连接。电容器 24 ~ 26 分别与线圈 21 ~ 23 连接,并连接在各相间。
- [0028] 电压传感器 31 ~ 33 连接在交流电源 1 和矩阵变换器 4 之间,对从交流电源 1 向矩阵变换器 4 的各相的输入电压(v_r 、 v_s 、 v_t)进行检测,将检测电压发送至后述的控制器 10。电压传感器 31 连接在矩阵变换器 4 的 r 相的中间点,电压传感器 32 连接在矩阵变换器 4 的 s 相的中间点,电压传感器 33 连接在矩阵变换器 4 的 t 相的中间点。矩阵变换器 4 具有多个可双向开关的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} ,将从交流电源 1 输入的交流电力变换为高频的交流电力,并向高频变压器电路 5 输出。矩阵变换器 4 连接在输入滤波器 2 和高频变压器电路 5 之间。为了成为可双向开关的元件,开关元件 S_{rp} 具有 MOSFET 或 IGBT 等晶体

管 Tr_{rp1} 及晶体管 Tr_{rp2} 、二极管 D_{rp1} 及二极管 D_{rp2} 。晶体管 Tr_{rp1} 及晶体管 Tr_{rp2} 彼此方向相反地串联连接, 二极管 D_{rp1} 及二极管 D_{rp2} 彼此方向相反地串联连接, 晶体管 Tr_{rp1} 及二极管 D_{rp1} 彼此方向相反地并联连接, 晶体管 Tr_{rp2} 及二极管 D_{rp2} 彼此方向相反地并联连接。其他的开关元件 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 也同樣地, 由晶体管 Tr_{rn1} 、 Tr_{rn2} 和二极管 D_{rn1} 、 D_{rn2} 的电桥电路, 晶体管 Tr_{sp1} 、 Tr_{sp2} 和二极管 D_{sp1} 、 D_{sp2} 的电桥电路, 晶体管 Tr_{sn1} 、 Tr_{sn2} 和二极管 D_{sn1} 、 D_{sn2} 的电桥电路, 晶体管 Tr_{tp1} 、 Tr_{tp2} 和二极管 D_{tp1} 、 D_{tp2} 的电桥电路, 晶体管 Tr_{tn1} 、 Tr_{tn2} 和二极管 D_{tn1} 、 D_{tn2} 的电桥电路构成。

[0029] 即, 由将 2 个开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 串联连接的 3 对电路与变压器 51 的一次侧并联连接、并且各对的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 之间与交流电源 1 的三相输出部分别电气连接的电桥电路, 构成三相单相的矩阵变换器 4。

[0030] 高频变压器电路 5 具有变压器 51 和整流电桥电路 52, 并连接在矩阵变换器 4 和输出滤波器 6 之间。高频变压器电路 5 是将从矩阵变换器 4 输入的交流电力变换为直流电力, 经由输出滤波器 6 向电池 7 供给的电路。变压器 51 对从矩阵变换器 4 输入的高频交流进行升压后, 向整流电桥电路 52 输出。此外, 从矩阵变换器 4 输出的交流为高频, 因此, 变压器 51 可以使用小型的变压器。整流电桥电路 52 是将多个二极管连接为桥状的电路, 将变压器 51 的二次侧的交流变换为直流。

[0031] 输出滤波器 6 由具有线圈 61 及电容器 62 的 LC 电路构成, 连接在高频变压器电路 5 和电池 7 之间。输出滤波器 6 对从高频变压器电路 5 输出的直流电力进行整流后, 供给至电池 7。电池 7 是通过本例的充电系统进行充电的二次电池, 例如由锂离子电池等构成。电池 7 例如搭载在车辆上, 成为车辆的动力源。

[0032] 由此, 本例的充电系统, 在利用矩阵变换器 4 将来自交流电源的交流变换为高频交流后, 利用高频变压器电路 5 进行升压并变换为直流, 在此基础上, 向电池 7 供给高压的直流电力。

[0033] 在这里, 与下述的对比例 1 及 2 进行对比, 说明使用了本例的电力变换装置的图 1 所示的充电系统的特征。图 2 示出对比例 1 涉及的充电系统的框图, 图 3 示出对比例 2 涉及的充电系统的框图。作为与本例不同的充电系统, 例如如图 2 所示, 已知下述系统, 即, 从交流电源 1 经由变压器 101, 利用整流器 102 变换为直流后, 经由降压斩波器 103 向电池 7 供给的系统(对比例 1)。另外, 作为与本例不同的其他充电系统, 已知下述系统, 即, 从交流电源 1 利用 PWM 整流器 201 变换为直流后, 利用高频变压器电路 202 的一次侧的逆变器电路 203 将直流变换为交流, 利用变压器 204 进行升压后, 利用高频变压器电路 202 的二次侧的整流电桥电路 205 变换为直流, 并向电池 7 供给的系统。

[0034] 在对比例 1 中可以使用简单的电路结构, 但存在下述问题: 变压器 101 变得大型, 以及需要在整流器 102 和降压斩波器 103 之间连接大容量的电解电容器。另外, 在对比例 2 中, 变压器 204 能够成为小型的变压器, 但存在下述问题: 由于变压次数多因此损耗增大, 以及需要在 PWM 整流器 201 和高压变压器 202 之间连接大容量的电解电容器。

[0035] 在本例中, 如上所述, 通过使用矩阵变换器 4, 从而减少由电力变换导致的损耗, 不需要在变压器 51 的一次侧设置大容量的电解电容器, 另外, 能够实现变压器 51 的小型化。

[0036] 下面, 使用图 4, 说明对在本例的电力变换装置中包含的矩阵变换器 4 进行控制的控制器 10。图 4 是控制器 10 的框图。控制器 10 是对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的

接通及断开进行切换,通过 PWM 控制对矩阵变换器 4 进行控制的控制器。控制器 10 具有坐标变换部 11、空间矢量调制部 12、零矢量时间计算部 13、开关模式对应表 14 以及开关信号生成部 15。

[0037] 坐标变换部 11 对由电压传感器 31 ~ 33 检测出的检测电压进行比较,并掌握大小关系,在此基础上,对固定坐标系的检测电压(v_r 、 v_s 、 v_t)进行 3 相 2 相变换,计算静止坐标系的电压(v_α 、 v_β),将电压(v_α 、 v_β)向空间矢量调制部 12 输出。空间矢量调制部 12 利用空间矢量调制,将三相的电压波形置换为矢量,从而使用电压(v_α 、 v_β)的相位角(θ),计算电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)。

[0038] 零矢量时间计算部 13 利用三角波等载波信号、和由空间矢量调制部 12 计算出的时间,计算零矢量的输出时间(T_z)。载波信号的频率设定为比交流电源 1 的交流电力的频率高的频率。开关模式对应表 14 将预先设定的用于对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行开关的开关模式,与相位角(θ)对应而作为对应表存储。

[0039] 开关信号生成部 15 参照开关模式对应表 14,提取与相位角(θ)对应的开关模式,利用提取出的开关模式、电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)以及零矢量的输出时间(T_z),将切换开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的接通以及断开的控制信号(D_{rp} 、 D_{rn} 、 D_{sp} 、 D_{sn} 、 D_{tp} 、 D_{tn}),向在矩阵变换器 4 中包含的驱动电路(未图示)输出。利用脉冲信号,对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制。由此,在矩阵变换器 4 中包含的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的接通及断开利用控制器 10 的控制而被切换,从而变换电力。

[0040] 下面,使用图 5,说明开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的切换控制。图 5 是表示开关元件 S_{rp} 、 S_{sp} 的开关时序的图形。在图 5 中,高电平表示接通状态,低电平表示断开状态。利用电压换流方式进行开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的切换,控制器 10 根据检测电压(v_r 、 v_s 、 v_t)监视输入电压的大小关系,并进行换流。晶体管 Tr_{rp1} 、 Tr_{rp2} 、 Tr_{sp1} 、 Tr_{sp2} 的状态,从初始状态开始以 i、ii、iii、iv 的顺序进行转换。

[0041] 下面,举出具体例子说明电压换流方式。为了简化说明,仅说明上桥臂电路中的换流控制。作为初始状态,设为在开关元件 S_{rp} 中包含的晶体管 Tr_{rp1} 、 Tr_{rp2} 处于接通状态,在开关元件 S_{sp} 中包含的晶体管 Tr_{sp1} 、 Tr_{sp2} 处于断开状态。而且,针对在开关元件 S_{rp} 的电压高于开关元件 S_{sp} 的电压的状态下,从开关元件 S_{rp} 的电压向开关元件 S_{sp} 的电压进行换流的情况进行说明。

[0042] 首先,如果从初始状态开始转换为状态(i),则将晶体管 Tr_{sp1} 设为接通,如果从状态(i)转换为状态(ii),则将晶体管 Tr_{rp1} 设为断开,如果从状态(ii)转换为状态(iii),则将晶体管 Tr_{sp2} 设为接通,如果从状态(iii)转换为状态(iv),则将晶体管 Tr_{rp2} 设为断开。由此,进行开关以使得交流电源 1 不会发生短路,抑制换流失败。

[0043] 下面,使用图 1、图 4 以及图 6 ~ 图 12,说明控制器 10 中的控制。

[0044] 如果通过坐标变换部 11 进行坐标变换而计算出的静止坐标系的电压(v_α 、 v_β)向空间矢量调制部 12 输入,则空间矢量调制部 12 根据输入的电压(v_α 、 v_β),对电压(v_α 、 v_β)的相位角(θ)进行计算。在这里,如果将电压(v_α 、 v_β)及相位角(θ)表示为矢量,则如图 6 所示。图 6 是将检测电压(v_r 、 v_s 、 v_t)变换为两相的 $\alpha\beta$ 坐标系,在静止坐标系上将输入电压作为电压矢量而观察的图。图 6 的 v_α 表示基本矢量,相当于将 $\alpha\beta$ 坐标系上的输入电压的相位角(θ)作为方向分量的输出指令值。基本矢量对应于各相的输入电压的大小

关系,以图 6 所示的中心点为中心旋转。

[0045] 在本例中,在静止坐标系中,利用从 α 轴逆时针旋转每隔 60 度划分的 6 个区域划分坐标。将各区域的边界线分配为 $V_1 \sim V_6$ 的轴。在这里,将 V_1 和 V_2 之间的区域设为“区域 1”,将 V_2 和 V_3 之间的区域设为“区域 2”,将 V_3 和 V_4 之间的区域设为“区域 3”,将 V_4 和 V_5 之间的区域设为“区域 4”,将 V_5 和 V_6 之间的区域设为“区域 5”,将 V_6 和 V_1 之间的区域设为“区域 6”。另外,对原点分配 $V_7 \sim V_9$ 。 $V_1 \sim V_9$ 表示从矩阵变换器 4 输出的电压的矢量。作为矢量而具有大小(不是零) $V_1 \sim V_6$ 的矢量,表示从矩阵变换器 4 输出了不是零的电压。即, $V_1 \sim V_6$ 的矢量相当于不是零的电压矢量(以下,称为“电压矢量”)。另一方面, $V_7 \sim V_9$ 的矢量表示来自矩阵变换器 4 的输出电压成为零。即, $V_7 \sim V_9$ 的矢量表示电压的零矢量(以下,称为“零矢量”)。

[0046] 另外,在本例中,电压矢量 $V_1 \sim V_9$ 对应于开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的各自不同的开关模式,对应于输入电压属于哪一个区域,确定使开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 动作的开关模式。此外,对于电压矢量 $V_1 \sim V_9$ 和开关模式的关系将后述。

[0047] 而且,空间矢量调制部 12 根据基本矢量 v_a 的相位角(θ),判定检测时刻的输入电压属于哪一个区域。在图 6 的例子中,由于基本矢量 v_a 处于区域 1 内,因此,空间矢量调制部 12 根据电压(v_a 、 v_β)的相位角(θ),判断输入电压属于区域 1。另外,例如,在各相的输入电压(v_r 、 v_s 、 v_t)的大小关系改变,通过坐标变换部 11 进行了坐标变换的 α β 轴电压(v_a 、 v_β)的相位角(θ)成为 90 度的情况下,空间矢量调制部 12 确定包含相位角 90 度的区域 2。

[0048] 如果指定了区域,则空间矢量调制部 12 根据基本矢量(v_a)的区域轴分量,计算电压矢量的输出时间。在图 6 的例子中,基本矢量(v_a)属于区域 1,因此,空间矢量调制部 12 使用区域 1 的轴即 V_1 轴及 V_2 轴,对沿着 V_1 轴的分量(V_{a1})和沿着 V_2 轴的分量(V_{a2})进行计算。并且, V_1 轴分量的大小(V_{a1})成为与 V_1 对应的开关模式的输出时间, V_2 轴分量的大小(V_{a2})成为与 V_2 对应的开关模式的输出时间。在这里,将电压矢量($V_1 \sim V_6$)的输出时间设为 T_1 、 T_2 ,将零矢量($V_7 \sim V_9$)的输出时间设为 T_z 。此外,如后述,本例为了相对于载波的前半部分的半周期,输出 2 个电压矢量,而将该 2 个电压矢量中的最初的电压矢量的输出时间设为 T_1 ,将下一个电压矢量的输出时间设为 T_2 。

[0049] 各输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)对应于载波的周期表示为标准化的时间,但如后述,在本例中,为了相对于载波的每个半周期,确保零矢量($V_7 \sim V_9$)的输出时间(T_z),对输出时间(T_1 、 T_2)施加限制,以使输出 2 个电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)小于或等于规定的下限值的方式,使空间矢量调制部 12 对输出时间(T_1 、 T_2)进行计算。此外,该下限值相当于用于确保输出时间(T_z)的时间,设定为与载波的半周期的时间相比较短的时间。

[0050] 区域 1 设为从相位角 0 度至 60 度之间的区域。例如,在基本矢量(v_a)的相位角处于从 0 度至 30 度之间的情况下, V_1 轴分量的大小(V_{a1})大于 V_2 轴分量的大小(V_{a2}),因此, V_1 的开关模式的输出时间(T_1)与 V_2 的开关模式的输出时间(T_2)相比较长。区域 4 设为从相位角 180 度至 240 度之间的区域。例如,在基本矢量(v_a)的相位角处于从 210 度至 240 度之间的情况下, V_5 轴分量的大小(V_{a5})大于 V_4 轴分量的大小(V_{a4}),因此, V_5 的开关模式的输出时间(T_2)与 V_4 的开关模式的输出时间(T_1)相比较长。由此,空间矢量调制部 12 使用相当于各相的检测电压的 v_a 、 v_β ,计算相位角(θ),根据将该相位角(θ)作为方向分量的基

本矢量 V_a , 计算电压矢量的输出时间 (T_1 、 T_2), 向零矢量时间计算部 13 输出。

[0051] 零矢量时间计算部 13 通过从预先确定的载波的周期的一半的周期(半周期)中减去输出时间 (T_1) 和输出时间 (T_2) 的合计时间, 计算零矢量 (T_z) 的时间。空间矢量调制部 12 以使该合计时间小于或等于规定的下限时间的方式, 计算输出时间 (T_1) 及输出时间 (T_2), 由此零矢量时间计算部 13 能够计算零矢量 (T_z) 的时间。在本例中, 为了使矩阵变换器 4 的输出电力为交流, 相对于载波周期, 周期性地设定输出不是零的电压的时间和零电压的时间。另外, 载波的周期与输出电压的周期对应, 因此, 零矢量的输出时间 (T_z) 成为从相当于载波的半周期的时间中减去输出时间 (T_1) 及输出时间 (T_2) 而得到的时间。零矢量时间计算部 13 将零矢量的时间 (T_z) 及电压矢量的时间 (T_1 、 T_2) 向开关信号生成部 15 输出。

[0052] 开关信号生成部 15 使用在开关模式对应表 14 中存储的开关模式、和零矢量的时间 (T_z) 及电压矢量的时间 (T_1 、 T_2), 生成用于驱动开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的开关信号。

[0053] 在详细叙述开关模式对应表 14 及开关信号生成部 15 的控制内容之前, 使用图 7, 说明矢量 ($V_1 \sim V_9$) 及相位角 (θ) 和开关模式的关系。图 7 (a) 是在图 6 的矢量图上附加了开关模式的图, (b) 是对图 1 的充电系统中的交流电源 1 及矩阵变换器 4 的电路图进行了简化而得到的电路图。此外, 图 7 (a) 的“1”表示接通状态, “0”设为断开状态。

[0054] 如图 7 所示, 矢量 ($V_1 \sim V_9$) 对应于开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的开关模式。电压矢量 (V_1) 将开关元件 S_{rp} 、 S_{tn} 设为接通, 其他开关元件 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 设为断开, 电压矢量 (V_2) 将开关元件 S_{sp} 、 S_{tn} 设为接通, 其他开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 设为断开, 电压矢量 (V_3) 将开关元件 S_{rn} 、 S_{sp} 设为接通, 其他开关元件 S_{rp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为断开, 电压矢量 (V_4) 将开关元件 S_{rn} 、 S_{tp} 设为接通, 其他开关元件 S_{rp} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tn} 设为断开, 电压矢量 (V_5) 将开关元件 S_{sn} 、 S_{tp} 设为接通, 其他开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{tn} 设为断开, 电压矢量 (V_6) 将开关元件 S_{rp} 、 S_{sn} 设为接通, 其他开关元件 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为断开。即, 电压矢量 ($V_1 \sim V_6$) 将各相中的一个相中包含的上桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{sp} 、 S_{tp} 设为接通, 将其他相中包含的上桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{sp} 、 S_{tp} 设为断开, 并且, 将该其他相中包含的下桥臂电路中的至少一个开关元件 S_{rn} 、 S_{sn} 、 S_{tn} 设为接通, 将该一个相中包含的下桥臂电路的开关元件 S_{rn} 、 S_{sn} 、 S_{tn} 设为断开。

[0055] 并且, 在以与电压矢量 ($V_1 \sim V_6$) 对应的开关模式, 对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制的情况下, 在矩阵变换器 4 的输出侧输出不是零的电压。另外, 通过对应于区域, 使用成为区域的边界的 2 个矢量, 从而能够从矩阵变换器 4 输出不同的电压电平的波形。

[0056] 另外, 在图 6 及图 7 所示的矢量图中, 对以原点示出的零矢量 ($V_7 \sim V_9$) 也分配开关模式。矢量 (V_7) 将开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 设为接通, 将其他开关元件 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为断开, 矢量 (V_8) 将开关元件 S_{sp} 、 S_{sn} 设为接通, 将其他开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为断开, 矢量 (V_9) 将开关元件 S_{tp} 、 S_{tn} 设为接通, 将其他开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 设为断开。即, 零矢量 ($V_7 \sim V_9$) 将各相中的一个相包含的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为接通, 将其他相中包含的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 设为断开。

[0057] 并且, 在以与零矢量 ($V_7 \sim V_9$) 对应的开关模式, 对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制的情况下, 矩阵变换器 4 的输出成为零。

[0058] 如上所述,如果通过相位角(θ)确定区域,则所输出的电压矢量($V_1 \sim V_6$)和输出时间(T_1 、 T_2)被确定。另外,通过零矢量时间计算部 13,还计算零矢量($V_7 \sim V_9$)和输出时间(T_z)。而且,矩阵变换器 4 将交流电力的输出作为目的而设定,因此,相对于载波的周期的前半部分的半周期中的开关控制,在后半部分的半周期中以相反的方式对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制,从而能够获得与前半部分的半周期相反的极性的输出电力。因此,在本例中,开关模式对应表 14 存储有与图 6 的区域对应的开关模式。另外,开关信号生成部 15 根据电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)和零矢量的输出时间(T_z),计算相对于载波周期的矢量($V_1 \sim V_9$)的各自的输出时间,生成开关信号。

[0059] 下面,使用图 8,说明存储在开关模式对应表 14 中的对应表。图 8 是表示在开关模式对应表 14 中存储的对应表的概要图。在图 8 中,区域 1 ~ 6 相当于图 6 所示的区域 1 ~ 6, $V_1 \sim V_9$ 相当于矢量($V_1 \sim V_9$), S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 相当于开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 。另外,对于图 8 的状态(1) ~ (6),载波的 1 个周期对应于输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)而分为 6 段,因此,从载波的波谷的顶点部分开始按时间序列设为从状态(1)至状态(6)。

[0060] 在开关模式对应表 14 中,为了将矩阵变换器 4 的输出设为交流,开关模式设定为,在载波的周期中前半部分的半周期中,依次输出 2 个电压矢量和 1 个零矢量,在后半部分的半周期中,依次输出 2 个电压矢量和 1 个零矢量。

[0061] 例如,在基本矢量(v_a)属于区域 1 的情况下,相对于载波的每 1 周期,以电压矢量(V_1)、电压矢量(V_2)、零矢量(V_8)、电压矢量(V_5)、电压矢量(V_4)、零矢量(V_7)的顺序对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制。在图 9 中示出区域 1 中的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 控制的推移。图 9 是对图 1 的充电系统中的交流电源 1 及矩阵变换器 4 的电路图进行了简化而得到的电路图,示出各状态(1) ~ (6)中的各开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的接通 / 断开状态、和用箭头示出流过变压器 51 的 1 次侧的电流的方向。

[0062] 如图 9 所示,在从状态(1)向状态(2)、从状态(2)向状态(3)等,在各状态之间转换的情况下,控制器 10 将上桥臂电路或下桥臂电路中的某一个桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 开启(turn on:从断开设为接通),维持另一个桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的接通状态。换言之,在处于接通状态的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 中,将一个开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 关闭(turn off),但固定另一个开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的状态。

[0063] 另外,在状态(1)、(2)、(3)或状态(3)、(4)、(5)等,连续地转换各状态的情况下,不是连续地切换上桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 或者下桥臂电路的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 。换言之,在上桥臂电路和下桥臂电路之间,交替地切换开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 。

[0064] 由此,本例减少在转换各状态(1) ~ (6)时的开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的开关次数,抑制换流错误。此外,图 9 说明了区域 1 的开关模式,但在区域 2 ~ 6 中,也是在与上述相同的条件下,通过减少开关次数的模式,进行开关控制。

[0065] 如图 9 所示,在状态(1) ~ (3)中矩阵变换器 4 的输出电流为正,在状态(4) ~ (6)中矩阵变换器 4 的输出电流为负。由此,在开关模式对应表 14 中的区域 1 的开关模式下,对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制,从而矩阵变换器 4 的输出成为交流。此外,在从区域 2 至区域 6 中,也同样地以使矩阵变换器 4 的输出成为交流的方式,以图 8 所示的模

式进行开关控制。

[0066] 而且,区域 1~6 对应于相位角进行分类,因此,开关模式对应表 14 存储有与相位角(θ)对应的开关模式。

[0067] 下面,使用图 10,说明开关信号生成部 15 的控制。图 10 是用于说明载波与输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)之间的关系图形。首先,开关信号生成部 15 与载波的周期取得同步,并设定与输出时间(T_1 ~ T_2)相对应的指令值。控制器 10 以 PWM 控制进行控制,因此,电压矢量及零矢量的输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)的长度成为指令值(电压值)。另外,在设定针对输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)的指令值时,以载波的最大振幅成为输入 2 个电压矢量和 1 个零矢量的输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)的方式进行标准化。另外,关于电压矢量及零矢量的输出定时,在载波的前半部分的半周期中,以最先输出图 6 所示的电压矢量(V_1 ~ V_6)中的在各区域 1~6 中更靠顺时针侧的电压矢量的方式设定指令值,在输出 2 个电压矢量后,输出零矢量(V_7 ~ V_9)。另一方面,在载波的后半部分的半周期中,与前半部分相比而将 2 个电压矢量(V_1 ~ V_6)的输出时间反转输出、然后输出零矢量(V_7 ~ V_9)的方式设定指令值。

[0068] 作为具体例子,在相位角(θ)处于 0 度~30 度(区域 1)之间的情况下,开关信号生成部 15 如图 10 所示,在载波的前半部分的半周期中,相对于载波的低电平,将指令值(T_1)设为相当于输出时间(T_1)的电平,然后以指令值(T_1)作为基准加上相当于输出时间(T_2)的电平而设定指令值(T_2)。另一方面,在载波的后半部分的半周期中,开关信号生成部 15 将指令值(T_2)设为相对于载波的高电平而下降相当于输出时间(T_2)的电平,然后以指令值(T_2)作为基准下降相当于输出时间(T_1)的电平而设定指令值(T_1)。

[0069] 而且,开关信号生成部 15 通过对设定的指令值和载波进行比较,确定电压矢量及零矢量的输出定时。另外,如上所述,如果针对输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)设定指令值,并与载波进行比较,则针对载波的 1 个周期而分离为 6 个状态,该 6 个状态对应于图 8 所示的状态(1)~(6)。即,开关信号生成部 15 通过对输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)和载波进行比较,确定在开关载波对应表中存储的开关模式的输出定时。

[0070] 开关信号生成部 15 如果利用载波与输出时间(T_1 ~ T_2 、 T_z)的比较,确定图 10 所示的输出定时,则从开关模式对应表 14 中提取与相位角(θ)对应的开关模式,以根据提取出的模式在该输出定时驱动开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 的方式生成开关信号,并向各开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 输出。

[0071] 具体而言,在相位角(θ)处于 0 度~30 度的情况下,使用图 8 的区域 1 的开关模式,将载波的波谷的顶点作为起点,在输出时间(T_1)期间,进行输出电压矢量(V_1)的开关控制,在之后的输出时间(T_2)期间,进行输出电压矢量(V_2)的开关控制,在之后的输出时间(T_z)期间,进行输出零矢量(V_8)的开关控制。然后,进入载波的后半部分的半周期,将载波的波峰的顶点作为起点,在输出时间(T_2)期间,进行输出电压矢量(V_5)的开关控制,在之后的输出时间(T_1)期间,进行输出电压矢量(V_4)的开关控制,在之后的输出时间(T_z)的期间,进行输出零矢量(V_7)的开关控制。

[0072] 使用图 11 及图 12,说明矩阵变换器 4 的输出电压波形。图 11 示出输出时间(T_1)比输出时间(T_2)长的情况下的输出电压波形的时间特性,图 12 示出输出时间(T_2)比输出时间(T_1)长的情况下的输出电压波形的时间特性。在相位角(θ)处于 0 度~30 度的情况下,输出时间(T_1)比输出时间(T_2)长,从矩阵变换器 4 输出的电压波形如图 11 所示地推移。

另外,在相位角(θ)处于 30 度~60 度的情况下,输出时间(T_2)比输出时间(T_1)长,从矩阵变换器 4 输出的电压波形如图 12 所示地推移。

[0073] 如上所述,本例是使用输出电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)和输出零矢量的输出时间(T_z),对开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 进行控制,将从相当于载波的半周期的时间中减去输出时间(T_1 、 T_2)而得到的时间,设定为输出时间(T_z)。由此,通过设置零矢量的输出时间(T_z),确保零矢量的输出时间(T_z)的最初时刻的开关动作与输出时间(T_2)的最终时刻的开关动作的间隔,因此,能够避免在该最初时刻与该最终时刻之间的开关动作的重复,防止换流失败。

[0074] 与本例不同地,已知下述逆变器装置,其在由多个开关元件的电桥电路形成的三相逆变器电路中,通过将各相的中间电压的检测电压设为指令值(v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^*),并与三角波载波进行比较,从而对该开关元件进行控制(对比例 3)。图 13 是载波及指令值(v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^*)的波形和逆变器电路的输出电压的波形。此外,如图 13 所示,对比例 3 是使用在载波超过了指令值时对输出电压的电平进行控制的逻辑式,并且以载波的波峰及波谷为边界使该逻辑式反转。即,在对比例中,通过检测电压与载波的比较设定输出电压的电平,进行输出交流的控制,因此,相对于载波的周期,零电压期间(相当于图 13 的 $\alpha 1$ 、 $\beta 1$)偏于一方。而且,一个零电压期间(图 13 的 $\alpha 1$)较短,因此,零电压期间的最初时刻及最终时刻的开关动作的间隔变短,因此,会发生换流失败。另外,在对比例中,相对于载波的周期,没有将零电压期间作为规定期间进行标准化,因此,还存在用于输出零电压的时间的控制变得复杂的问题。

[0075] 在本例中,相对于载波的周期,确保零矢量的输出时间(T_z),能够防止零电压期间的最初时刻及最终时刻的开关动作的间隔变短,防止换流失败。即,如图 14 所示,在载波的每个半周期,零矢量的输出期间被均等地分配,因此,零矢量的输出时间(T_z)不会极端地变短,能够防止换流失败。另外,能够减少在控制开关元件 S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn} 时生成短脉冲的次数,还能够防止对元件集中施加负载。而且,本例能够自由地设定进行 PWM 控制时的开关信号的占空比或开关模式。此外,图 14 是用于说明本例中的载波与输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z)的关系的图形,以及表示矩阵变换器 4 的输出电压的时间特性的图形。

[0076] 另外,在本例中,空间矢量调制部 12 将输出 2 个电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2)限制为小于或等于规定的下限值。由此,确保零矢量的输出时间(T_z),因此,能够防止换流失败。

[0077] 另外,本例是根据通过坐标变换部 13 变换后的电压,计算输出时间(T_1 、 T_2 、 T_z),参照开关模式对应表 14,在与变换的电压的相位对应的开关模式下,对开关元件(S_{rp} 、 S_{rn} 、 S_{sp} 、 S_{sn} 、 S_{tp} 、 S_{tn})进行控制。由此,确保零矢量的输出时间(T_z),因此,能够防止换流失败。

[0078] 另外,本例是利用将在上桥臂电路中包含的开关元件中的一个开关元件设为接通且将在下桥臂电路中包含的开关元件中的一个开关元件设为接通的输出时间(T_1)、和将在上桥臂电路中包含的开关元件中的另一个开关元件设为接通且将在下桥臂电路中包含的开关元件中的另一个开关元件设为接通的输出时间(T_2),对开关元件进行控制。由此,确保零矢量的输出时间,因此,能够避免在该最初时刻和该最终时间之间开关动作重复,防止换流失败。

[0079] 另外,本例在载波的前半部分的半周期中,在输出时间(T_2)之前设置输出时间(T_1)的时间,在载波的后半部分的半周期中,在输出时间(T_2)之后设置输出时间(T_1)的时

间。由此,能够在矩阵变换器 4 的输出电压的正侧和负侧,实现零矢量的输出时间的均匀化。

[0080] 此外,在本例中,相对于载波的半周期,将载波的波谷的顶点设为起点,最初配置 2 个电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2),然后配置零矢量的输出时间(T_z),但并不是一定以该顺序配置。例如,也可以如图 15 所示,相对于载波的半周期,将载波的波谷的顶点设为起点,排列零矢量的输出时间(T_z)的一半的时间,然后排列 2 个电压矢量的输出时间(T_1 、 T_2),最后排列剩下的输出时间(T_z)的一半的时间。另外,本例是对应于载波的半周期,分配了输出时间(T_1 、 T_2)及输出时间(T_z),但并不是必须设为载波的半周期,也可以比该半周期短,也可以更长。另外,空间矢量调制部 12 中的规定的下限时间并不是必须设为比载波的半周期短的时间,只要是比载波的周期的一部分对应的时间短的时间即可。

[0081] 另外,本例是以相对于载波的每个半周期,输出 2 个电压矢量($V_1 \sim V_6$)的方式对输出时间(T_1 、 T_2)进行控制,但并不是必须是 2 个电压矢量($V_1 \sim V_6$),可以是 1 个电压矢量($V_1 \sim V_6$),也可以是 3 个电压矢量($V_1 \sim V_6$)。另外,图 8 所示的开关模式只不过是一个例子,可以替换为各自的电压矢量及零矢量的模式,另外,也可以使用用于输出电压矢量及零矢量的其他开关模式。

[0082] 上述矩阵变换器 4 相当于本发明的“变换电路”,电压传感器 31 ~ 33 相当于“电压检测单元”,控制器 10 相当于“控制单元”,空间矢量调制部 12 及零矢量时间计算部 13 相当于“开关时间计算部”,开关信号生成部 15 相当于“控制信号生成部”,输出时间(T_1 、 T_2)相当于“第 1 开关时间”,输出时间(T_z)相当于“第 2 开关时间”,开关模式对应表 14 相当于“对应表”,坐标变换部 11 相当于“坐标变换单元”。

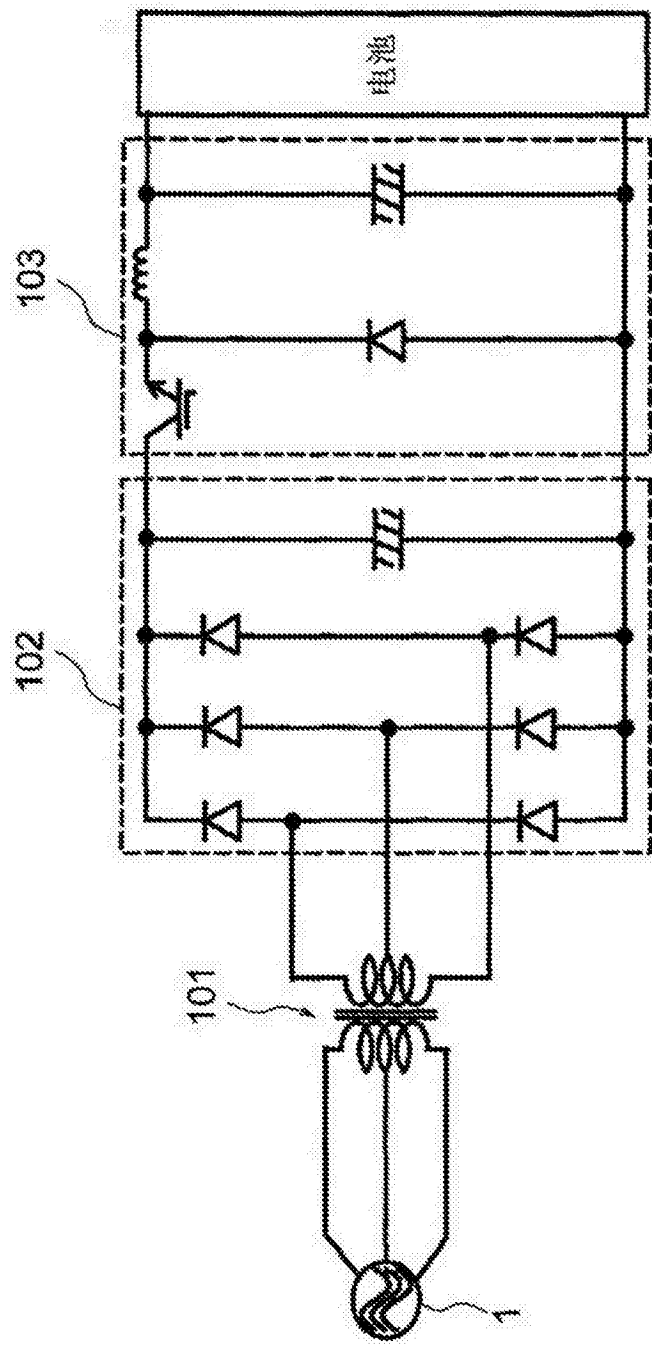


图 2

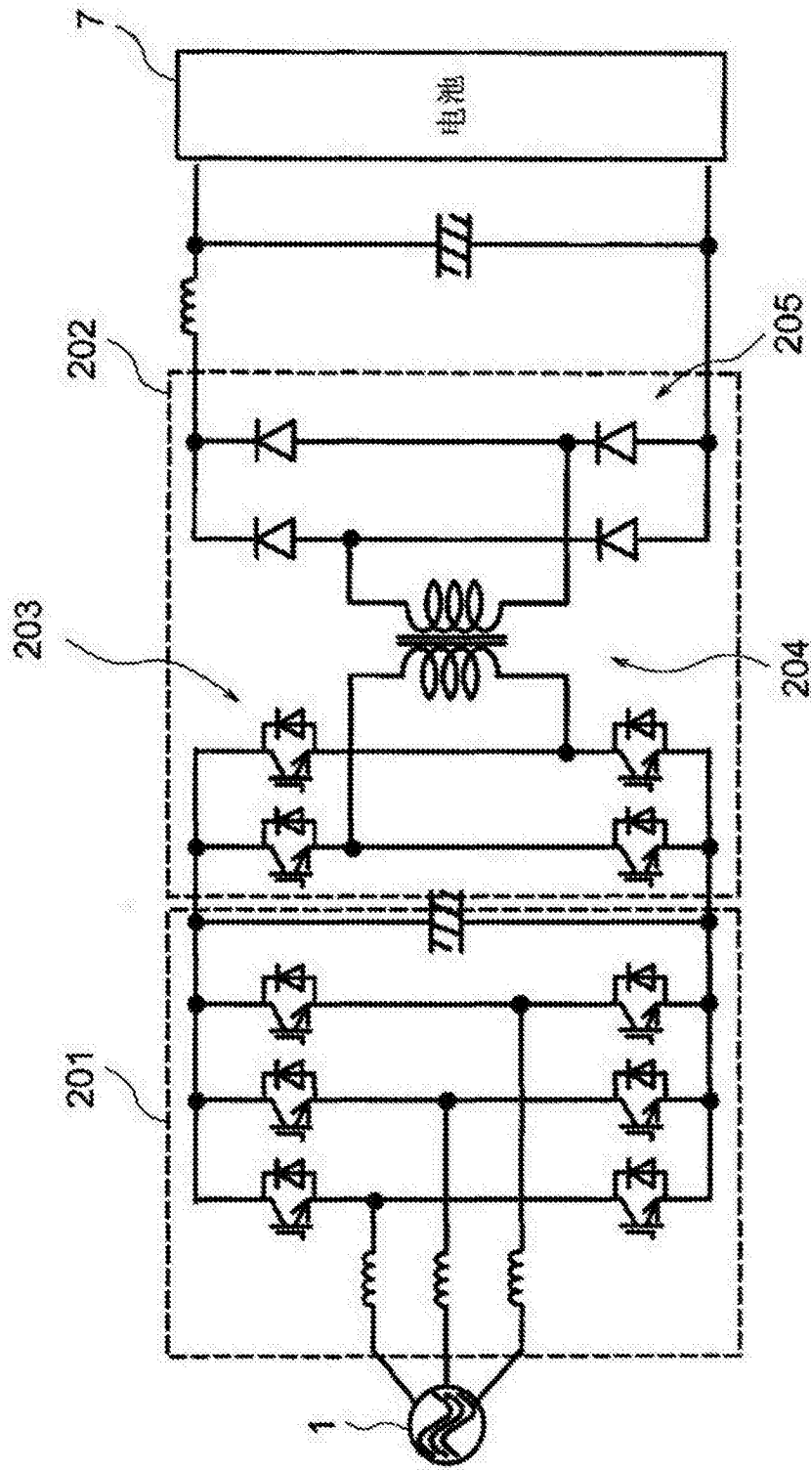


图 3

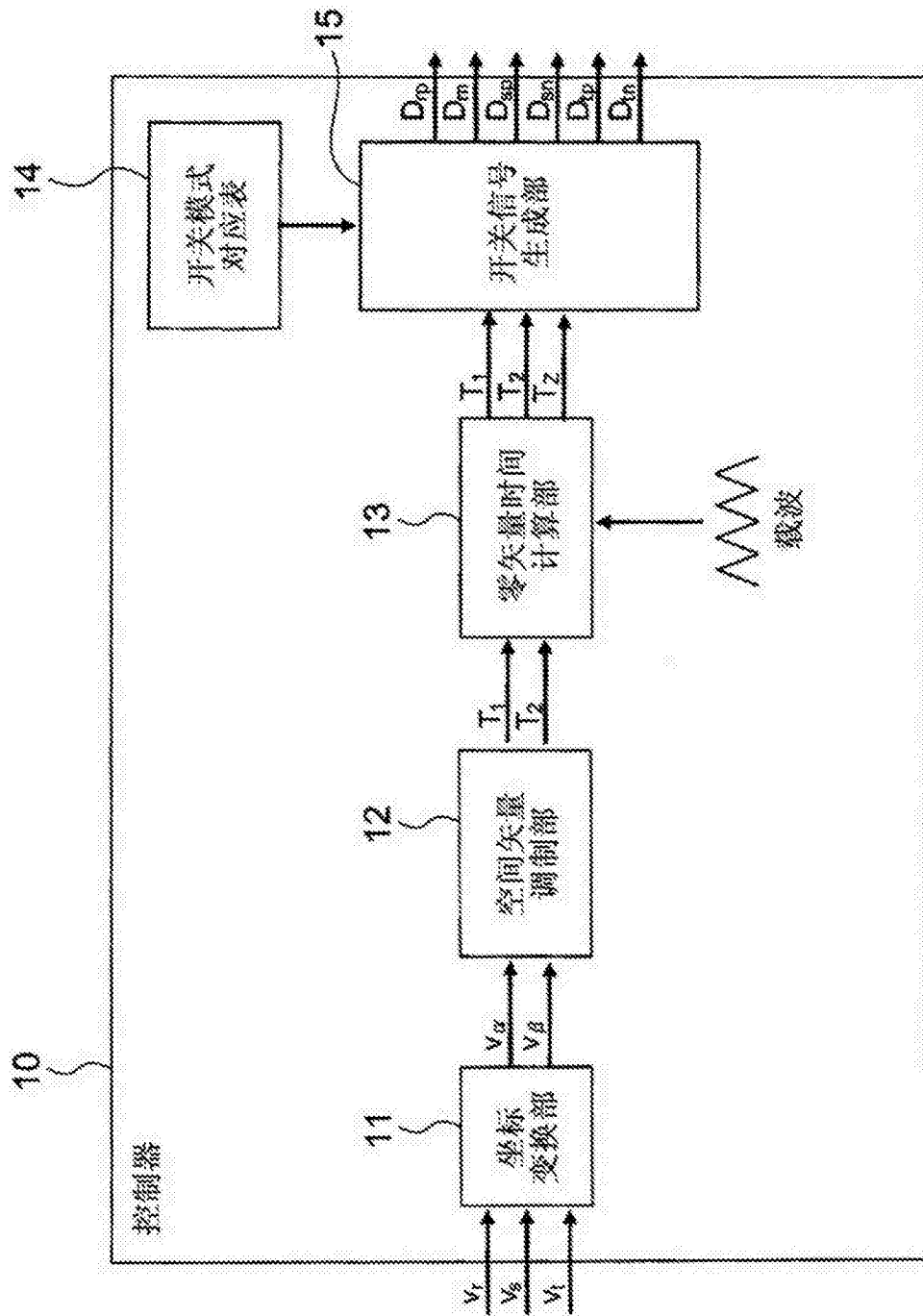


图 4

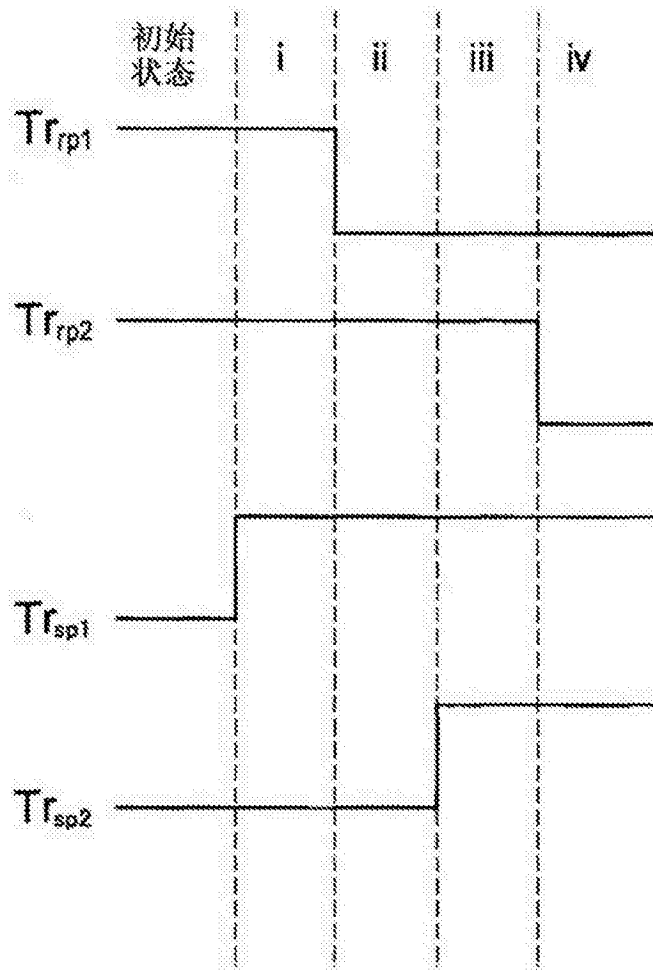


图 5

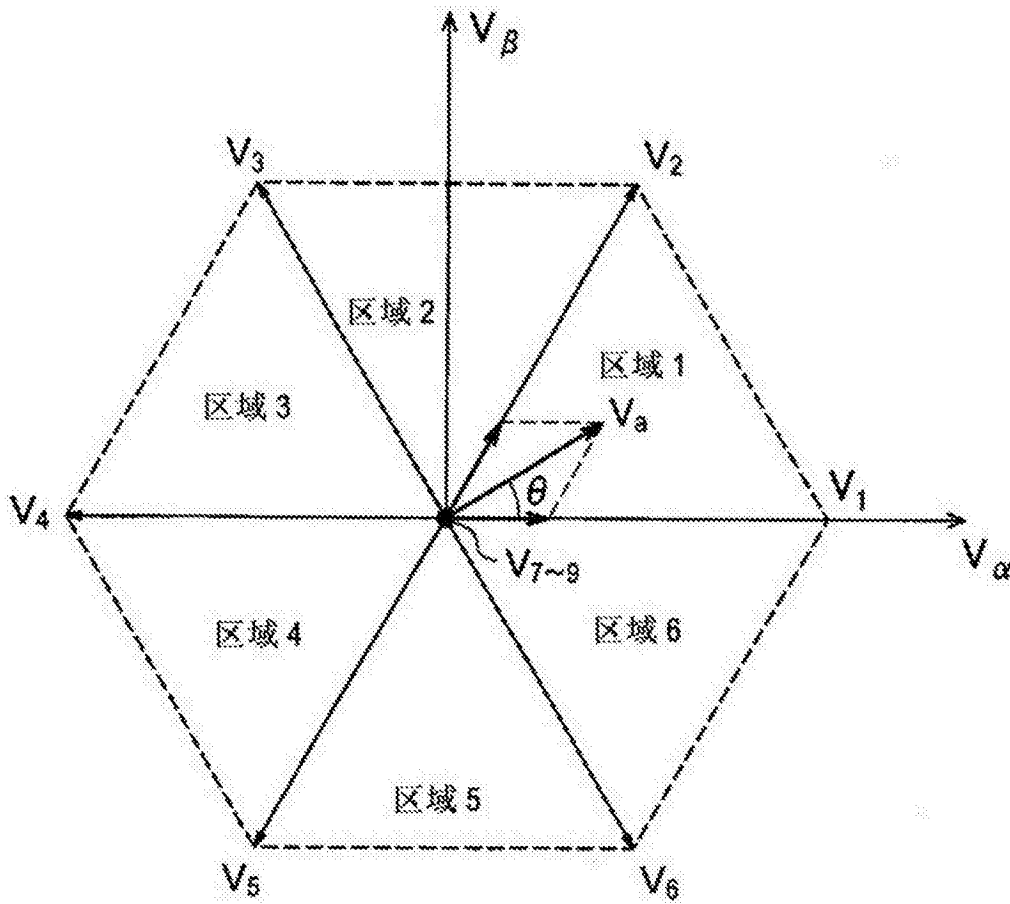


图 6

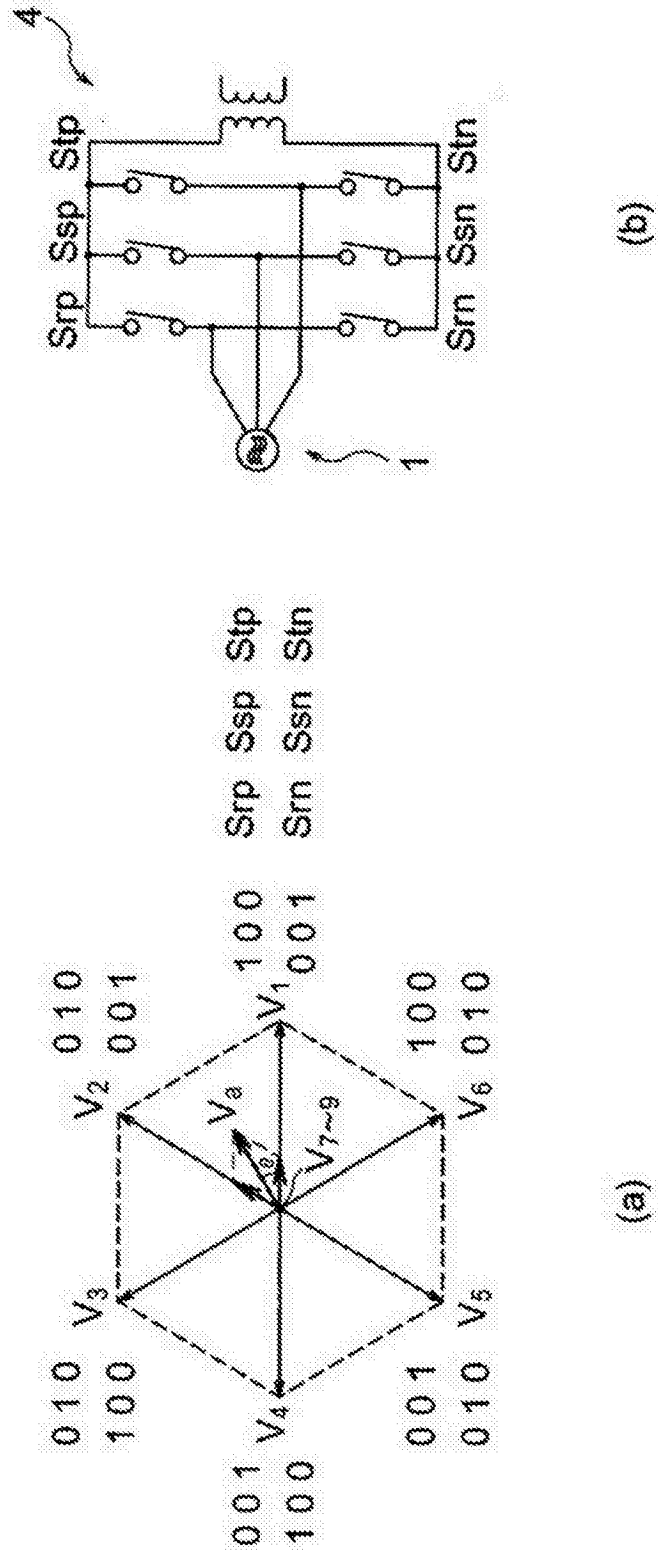


图 7

区域	状态	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	S _{rp}	S _{rm}	S _{sp}	S _{sn}	S _{sm}	S _{sep}	S _{sen}	S _{sp}	S _{sin}	
区域 1	(1)	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	(2)	V ₂	V ₁	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	(3)	V ₃	V ₂	V ₁	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
	(4)	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
	(5)	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	(6)	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	V ₇	V ₈	V ₉	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
区域 2	(1)	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	(2)	V ₃	V ₂	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	(3)	V ₄	V ₃	V ₂	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	(4)	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	(5)	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	V ₈	V ₉	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
区域 3	(1)	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	(2)	V ₄	V ₃	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	(3)	V ₅	V ₄	V ₃	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	(4)	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	(5)	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	(6)	V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₉	V ₁	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
区域 4	(1)	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	(2)	V ₅	V ₄	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	(3)	V ₆	V ₅	V ₄	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
	(4)	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
	(5)	V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	(6)	V ₉	V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
区域 5	(1)	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
	(2)	V ₆	V ₅	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	(3)	V ₇	V ₆	V ₅	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	(4)	V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	(5)	V ₉	V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
	(6)	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₈	V ₉	V ₆	V ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
区域 6	(1)	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	(2)	V ₇	V ₆	V ₈	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	(3)	V ₈	V ₇	V ₆	V ₉	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	(4)	V ₉	V ₈	V ₇	V ₆	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	(5)	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₈	V ₉	V ₆	V ₇	V ₅	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	(6)	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₈	V ₉	V ₆	V ₇	V ₁	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0

图 8

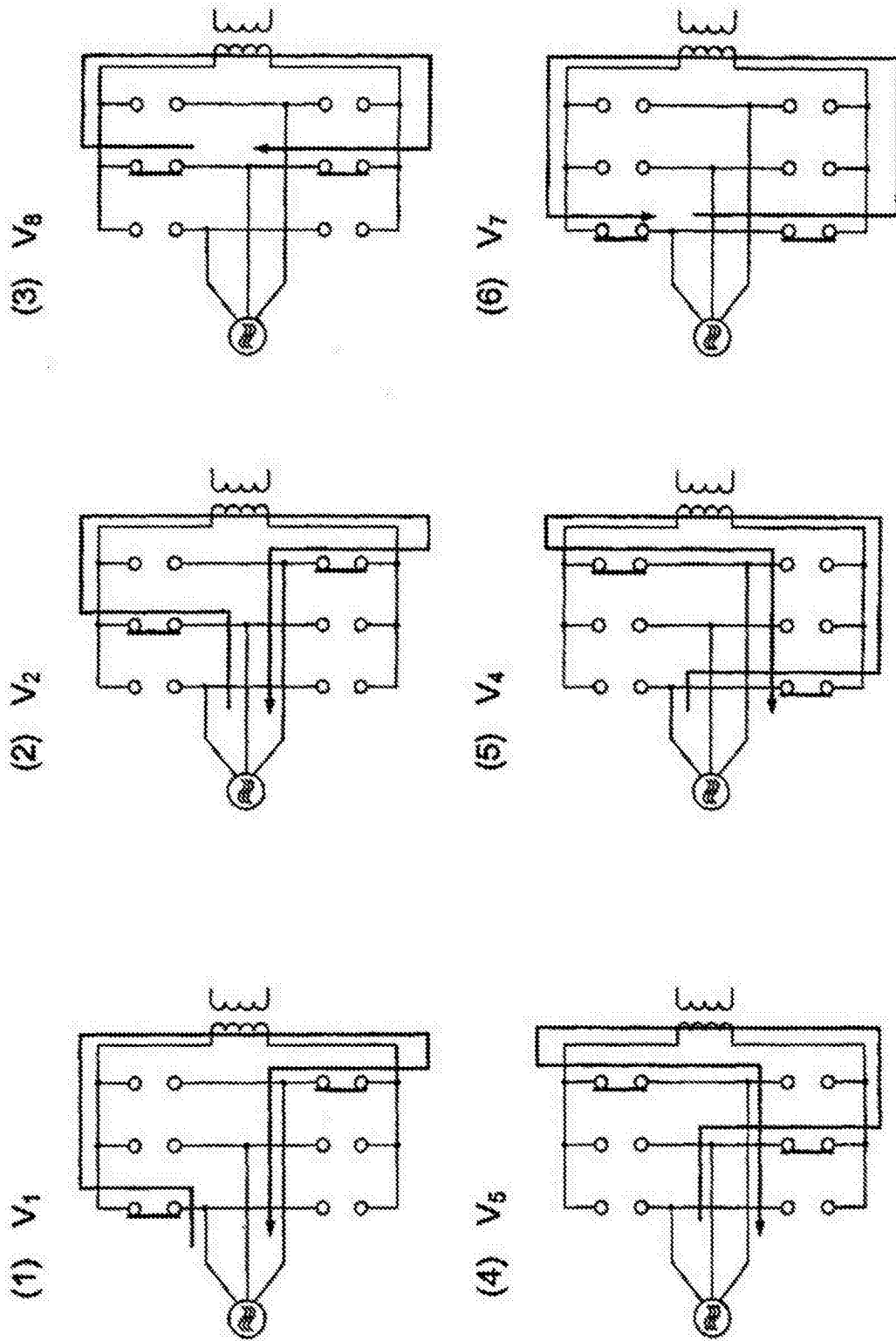


图 9

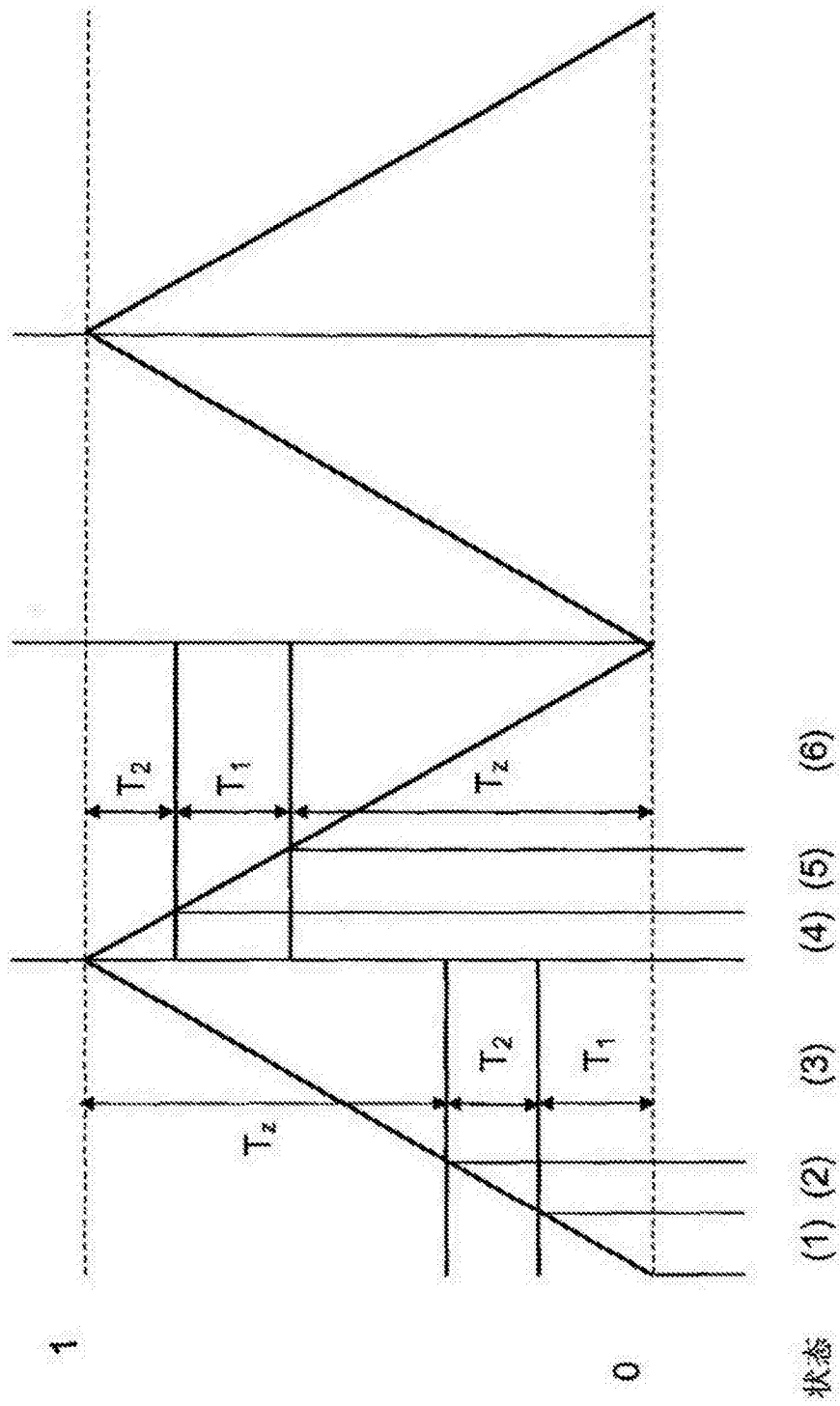


图 10

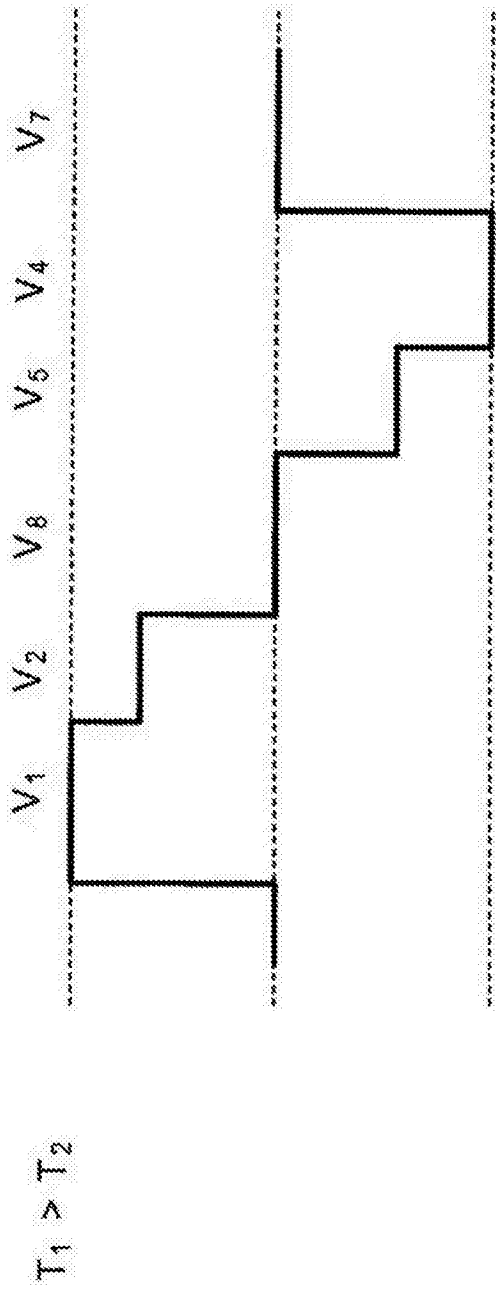


图 11

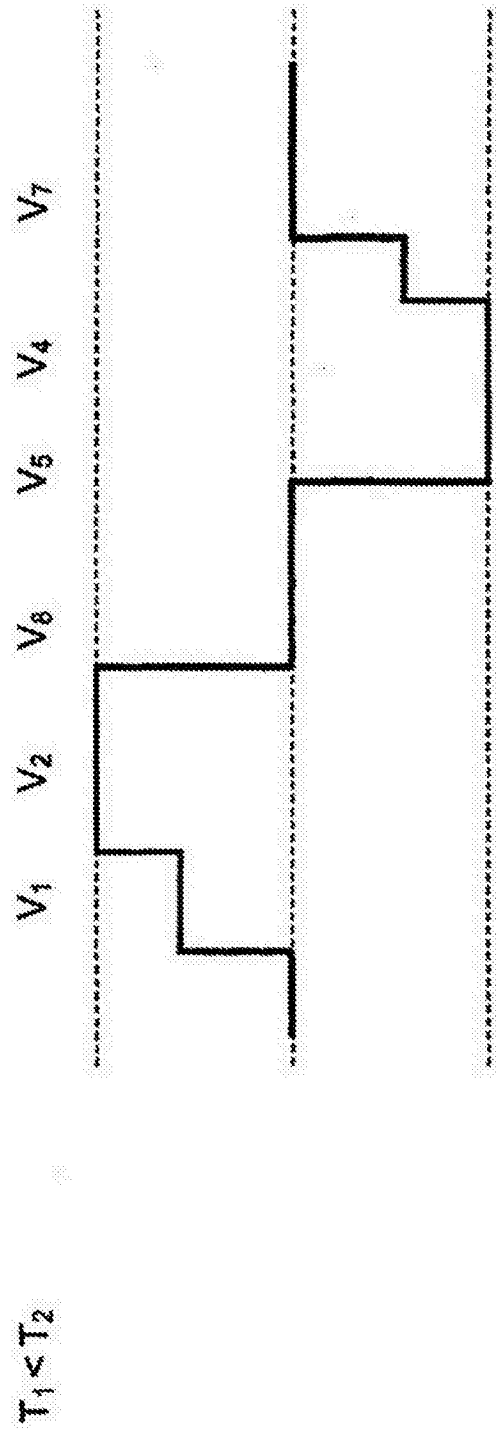


图 12

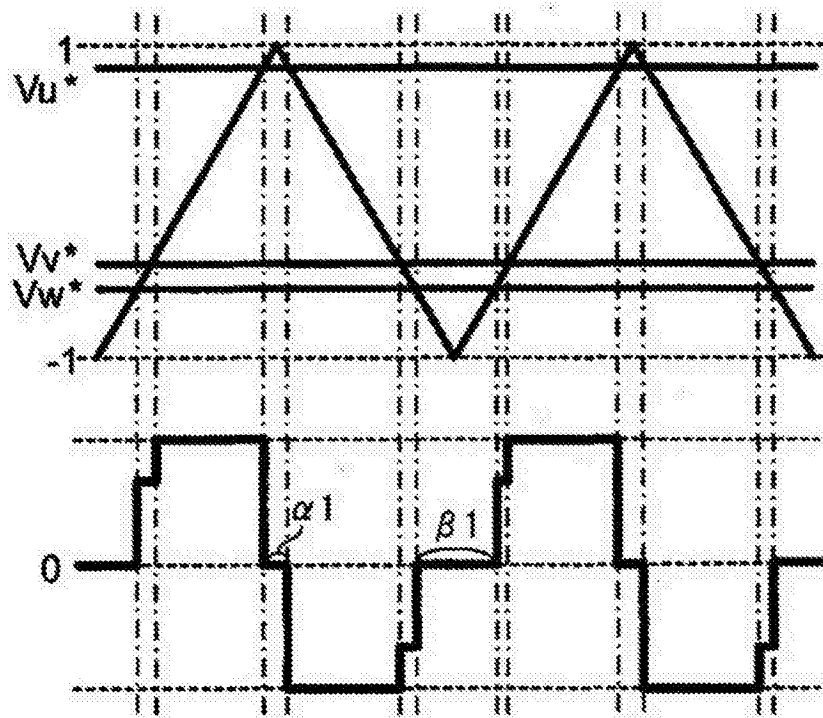


图 13

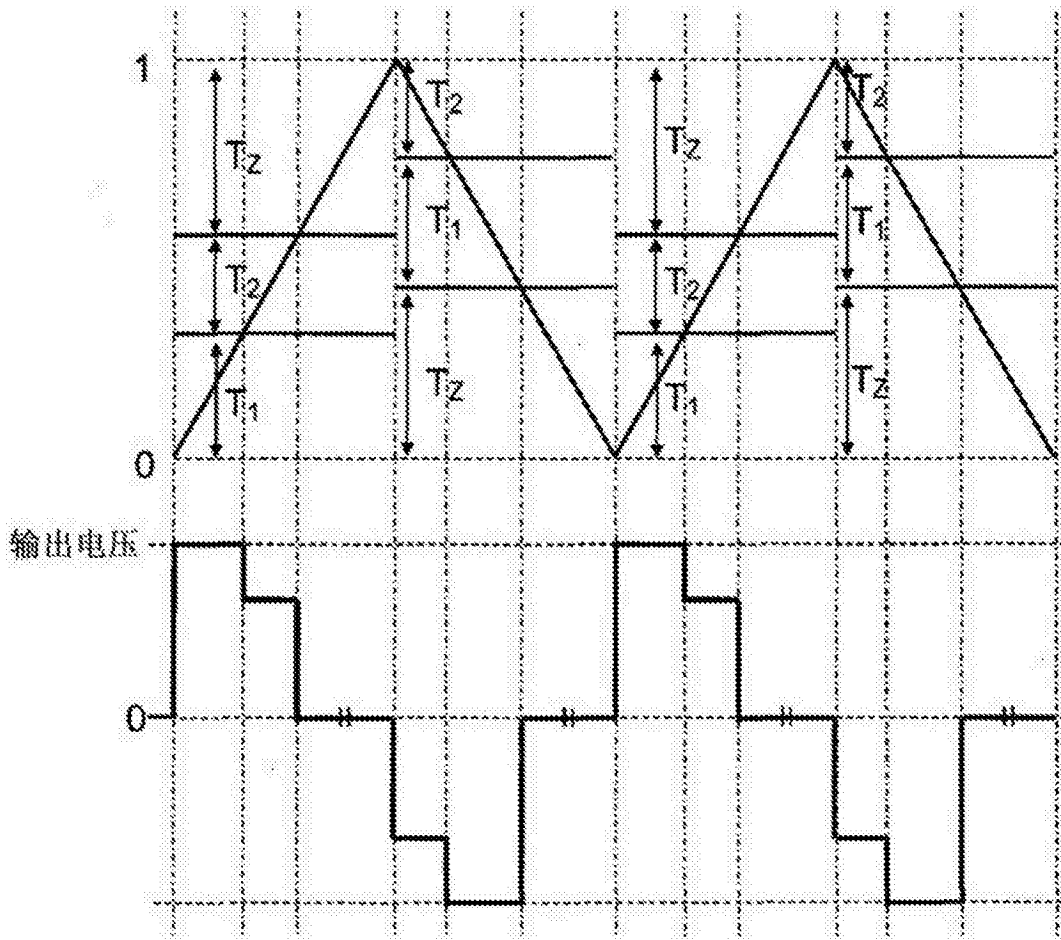


图 14

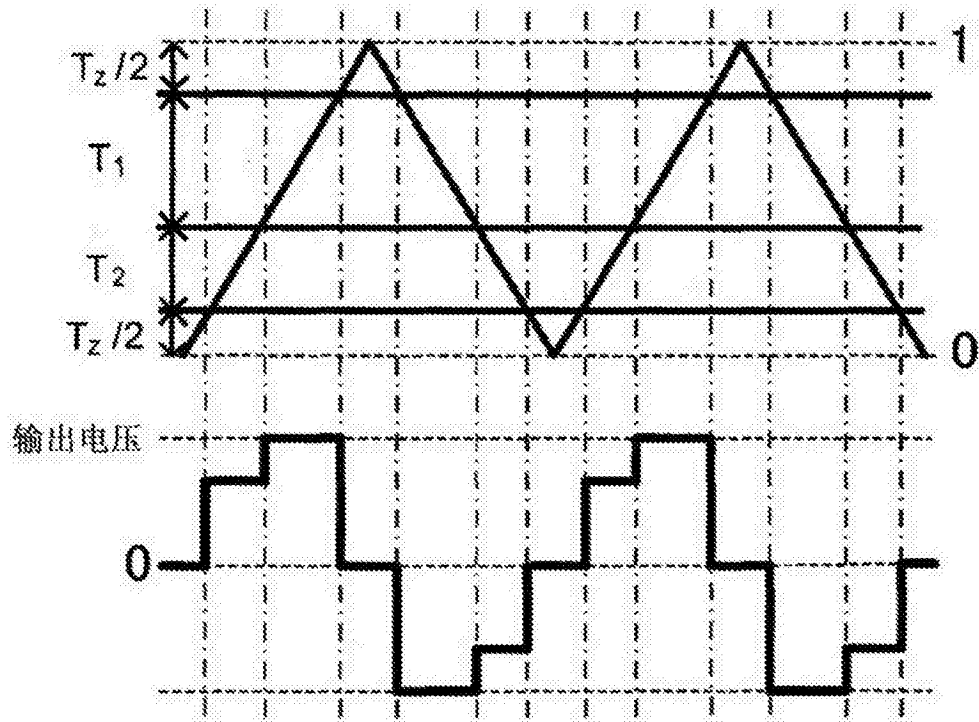


图 15