



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119631292 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 14

(21) 申请号 202280098733.6

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.08.02

H02M 7/49 (2006.01)

H02M 7/501 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.01.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/029665 2022.08.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/028983 JA 2024.02.08

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 吉野浩行 小鹿聪士 渡边章太
岩路宽康

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

专利代理师 何立波 张天舒

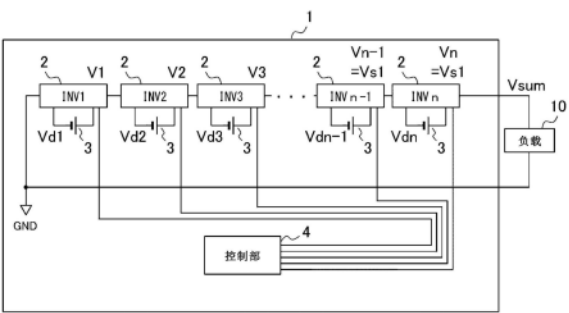
权利要求书2页 说明书24页 附图35页

(54) 发明名称

电力转换装置

(57) 摘要

目的在于在具有大于或等于3个单相逆变器的电力转换装置中抑制大型化、高成本化。电力转换装置(1)具有将直流电力转换为交流电力的大于或等于3个单相逆变器(2)和对单相逆变器进行控制的控制部(4),大于或等于3个单相逆变器串联连接,在将单相逆变器的输出电压的绝对值设为电压绝对值的情况下,大于或等于3个所述单相逆变器构成为包含输出电压绝对值相同的第1共通电压的至少2个第1共通单相逆变器和输出比第1共通电压小的电压绝对值的电压的至少1个单相逆变器。



1. 一种电力转换装置,其具有将直流电力分别转换为交流电力的大于或等于3个单相逆变器和对所述单相逆变器进行控制的控制部,

该电力转换装置的特征在于,

所述单相逆变器串联连接,在将所述单相逆变器的输出电压的绝对值设为电压绝对值的情况下,大于或等于3个所述单相逆变器构成为包含输出所述电压绝对值相同的第1共通电压的至少2个第1共通单相逆变器和输出比所述第1共通电压小的所述电压绝对值的电压的至少1个单相逆变器,所述控制部将所述单相逆变器的所述输出电压的总和电压输出至负载。

2. 根据权利要求1所述的电力转换装置,其特征在于,

所述第1共通电压是大于或等于3个所述单相逆变器的所述电压绝对值中最大的值。

3. 根据权利要求1或2所述的电力转换装置,其特征在于,

所述单相逆变器对所述电压绝对值的极性进行切换而输出。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

就大于或等于3个所述单相逆变器的所述电压绝对值之比而言,在将最小的所述电压绝对值的比率设为1,将所述第1共通单相逆变器的所述第1共通电压的比率设为J,将所述电压绝对值之比小于J的所述单相逆变器的所述电压绝对值的比率的总和设为K的情况下, $J=K+1$ 成立。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

就大于或等于3个所述单相逆变器的所述电压绝对值之比而言,在将最小的所述电压绝对值的比率设为1,将所述第1共通单相逆变器的所述第1共通电压的比率设为J,将所述电压绝对值之比小于J的所述单相逆变器的所述电压绝对值的比率的总和设为K的情况下, $J=2K+1$ 成立。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

就大于或等于3个所述单相逆变器的所述电压绝对值之比而言,在将最小的所述电压绝对值的比率设为1的情况下,所述控制部对至少1个所述单相逆变器进行PWM控制,以小于比率1的电压分辨率对所述总和电压进行控制。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

所述第1共通单相逆变器构成为分别包含大于或等于1个开关元件,所述控制部将大于或等于2个所述第1共通单相逆变器各自包含的所述开关元件的每单位时间的通断次数之差设为最小。

8. 根据权利要求4至7中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

就大于或等于3个所述单相逆变器的所述电压绝对值之比而言,在将最小的所述电压绝对值的比率设为1的情况下,构成为在所述单相逆变器的所述电压绝对值的比率中至少包含1及2或1及3。

9. 根据权利要求5至7中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

具有大于或等于4个所述单相逆变器,就大于或等于4个所述单相逆变器的所述电压绝对值之比而言,在将最小的所述电压绝对值的比率设为1的情况下,在所述单相逆变器的所述电压绝对值的比率中至少包含1、3及9,比率9的所述电压绝对值为所述第1共通电压。

10. 根据权利要求1至7中任一项所述的电力转换装置,其特征在于,

具有大于或等于4个所述单相逆变器,大于或等于4个所述单相逆变器构成为包含输出所述电压绝对值相同的第2共通电压的至少2个第2共通单相逆变器,该第2共通电压小于所述第1共通电压。

11.根据权利要求10所述的电力转换装置,其特征在于,

所述第2共通电压是大于或等于4个所述单相逆变器的电压绝对值的最小值。

12.根据权利要求10或11所述的电力转换装置,其特征在于,

所述第2共通单相逆变器构成为分别包含大于或等于1个开关元件,所述控制部将大于或等于2个所述第2共通单相逆变器各自包含的所述开关元件的每单位时间的通断次数之差设为最小。

13.根据权利要求7所述的电力转换装置,其特征在于,

在多个所述单相逆变器分别连接有供给直流电力的多个直流电源,所述控制部基于施加于所述负载的目标电压、供给至所述负载的目标电流或供给至所述负载的目标功率的至少1者对多个所述直流电源的输出电压进行控制,在维持多个所述单相逆变器各自的所述电压绝对值的比率的状态下,在所述第1共通单相逆变器的至少1者中,将构成所述第1共通单相逆变器的大于或等于1个所述开关元件的每单位时间的总通断次数设为最小。

电力转换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电力转换装置。

背景技术

[0002] 作为电力转换装置之一,已知不需要大容量的输出滤波器就能够向负载输出平滑的交流波形的分级控制型的电力转换装置。分级控制型的电力转换装置是多个单相逆变器串联连接而构成的。作为以往的分级控制型的电力转换装置,公开了将多个单相逆变器各自的输出电压的绝对值分别设为大约 2^K 倍($K=0、1、2、\dots$)的电力转换装置。该电力转换装置对由多个单相逆变器分别输出的电压的总和电压进行分级控制而输出至负载(例如,参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开2004-7941号公报

发明内容

[0004] 但是,在以往的电力转换装置中,由于将多个单相逆变器各自的输出电压的绝对值分别设为大约 2^K 倍,所以包含输出大电压的单相逆变器。因此,输出电压最大的单相逆变器大型化,并且用于抑制单相逆变器的效率下降的散热器等也大型化。其结果,在以往的电力转换装置中存在大型化、高成本化这一问题。

[0005] 本发明就是为了解决上述这样的课题而提出的,其目的在于,针对具有多个单相逆变器的电力转换装置,提供能够抑制大型化、高成本化的电力转换装置。

[0006] 本发明的电力转换装置具有将直流电力分别转换为交流电力的大于或等于3个单相逆变器和对单相逆变器进行控制的控制部。并且,在本发明的电力转换装置中,大于或等于3个单相逆变器串联连接,在将单相逆变器的输出电压的绝对值设为电压绝对值的情况下,大于或等于3个单相逆变器构成为包含输出电压绝对值相同的第1共通电压的至少2个第1共通单相逆变器和输出比第1共通电压小的电压绝对值的电压的至少1个单相逆变器,控制部将单相逆变器的输出电压的总和电压输出至负载。

[0007] 发明的效果

[0008] 本发明的电力转换装置构成为,大于或等于3个单相逆变器包含输出电压绝对值相同的第1共通电压的至少2个第1共通单相逆变器和输出比第1共通电压小的电压绝对值的电压的至少1个单相逆变器,因此,能够抑制电力转换装置的大型化、高成本化。

附图说明

[0009] 图1是实施方式1涉及的电力转换装置的结构图。

[0010] 图2是实施方式1涉及的电力转换装置中的控制部及单相逆变器的结构图。

[0011] 图3是表示实施方式1涉及的电力转换装置中的单相逆变器的控制的例子的说明图。

[0012] 图4是表示实施方式1涉及的电力转换装置中的4个单相逆变器的输出电压波形和

整体的输出电压波形的说明图。

[0013] 图5是表示实施方式1涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0014] 图6是表示实施方式1涉及的对比例的电力转换装置中的4个单相逆变器的输出电压波形和整体的输出电压波形的说明图。

[0015] 图7是表示实施方式1涉及的对比例的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0016] 图8是将实施方式1涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0017] 图9是将实施方式1涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0018] 图10是表示实施方式2涉及的电力转换装置中的4个单相逆变器的输出电压波形和整体的输出电压波形的说明图。

[0019] 图11是表示实施方式2涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0020] 图12是表示实施方式2涉及的电力转换装置中的4个单相逆变器的输出电压波形和整体的输出电压波形的说明图。

[0021] 图13是表示实施方式2涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0022] 图14是将实施方式2涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0023] 图15是将实施方式2涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0024] 图16是实施方式3涉及的电力转换装置的结构图。

[0025] 图17是实施方式3涉及的电力转换装置的输出检测部的电路图。

[0026] 图18是实施方式3涉及的电力转换装置的输出检测部的电路图。

[0027] 图19是实施方式3涉及的电力转换装置的分级控制信号产生部的结构图。

[0028] 图20是表示实施方式3涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0029] 图21是表示实施方式3涉及的电力转换装置中的4个单相逆变器的输出电压波形的说明图。

[0030] 图22是表示实施方式4涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0031] 图23是表示实施方式4涉及的电力转换装置中的控制方法的流程图。

[0032] 图24是实施方式4涉及的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。

[0033] 图25是表示实施方式4涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0034] 图26是实施方式4涉及的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。

[0035] 图27是实施方式5涉及的电力转换装置的结构图。

[0036] 图28是表示实施方式5涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0037] 图29是将实施方式5涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0038] 图30是将实施方式5涉及的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。

[0039] 图31是表示实施方式6涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0040] 图32是表示实施方式6涉及的电力转换装置中的控制方法的流程图。

[0041] 图33是实施方式6涉及的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。

[0042] 图34是表示实施方式6涉及的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的组合的说明图。

[0043] 图35是实施方式7涉及的电力转换装置的结构图。

[0044] 图36是实施方式7涉及的电力转换装置的分级控制信号产生部的结构图。

[0045] 图37是表示实施方式7涉及的电力转换装置中的控制方法的流程图。

[0046] 图38是实施方式7涉及的电力转换装置中的直流电源的电压调整的说明图。

[0047] 图39是实施方式7涉及的电力转换装置中的直流电源的电压调整的说明图。

[0048] 图40是表示硬件结构的图,该硬件结构实现实施方式1至7涉及的电力转换装置的控制部。

具体实施方式

[0049] 以下,参照附图,对用于实施本发明的实施方式涉及的电力转换装置详细地进行说明。此外,在各图中,相同的标号表示相同或相当的部分。

[0050] 实施方式1

[0051] 图1是实施方式1涉及的电力转换装置的结构图。在本实施方式的电力转换装置1中,串联连接有大于或等于3个单相逆变器2。在图1所示的电力转换装置1中,串联连接有INV1、INV2、INV3、••• INVn-1、INVn这n个单相逆变器2。这里,n为自然数。在单相逆变器2分别连接有直流电源3。将与INVn的单相逆变器2连接的直流电源3的输出电压设为Vdn。各个单相逆变器2将从直流电源3供给来的直流电力转换为被分级控制的交流电力。将INV1的单相逆变器2的电压输出时的产生电压的绝对值设为V1,将INV2的单相逆变器2的电压输出时的产生电压的绝对值设为V2,将INVn的单相逆变器2的电压输出时的产生电压的绝对值设为Vn。此外,在后面,将单相逆变器2的电压输出时的产生电压的绝对值称为电压绝对值。在各个单相逆变器2连接有控制部4。控制部4对各个单相逆变器2进行控制,并且以将各个单相逆变器2的输出电压的总和作为总输出电压Vsum而从电力转换装置1输出至负载10的方式进行控制。此外,作为负载10的种类来说,本实施方式的电力转换装置1能够应对电阻性负载、电容性负载、感应性负载及将它们组合而成的负载等广泛种类的负载。

[0052] 在本实施方式的电力转换装置1中,多个单相逆变器2中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压Vs1。在图1所示的电力转换装置1中,INVn-1的单相逆变器的电压绝对值Vn-1和INVn的单相逆变器的电压绝对值Vn被设定为相同的Vs1。将电压绝对值被设定为第1共通电压的单相逆变器称为第1共通单相逆变器。第1共通电压Vs1被设定为比其它单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3、••• Vn-2的最小值大的值。2个第1共通单相逆变器能够同时输出第1共通电压Vs1。

[0053] 图2是本实施方式的电力转换装置中的控制部及单相逆变器的结构图。INVm的单相逆变器2是具有4个开关元件23(QmNL、QmNH、QmPL及QmPH)的全桥逆变器。这里,m为1至n的自然数。该全桥逆变器由1个半桥逆变器21和另一个半桥逆变器22构成,该半桥逆变器21由

2个开关元件 Q_{mNL} 及 Q_{mNH} 构成,该半桥逆变器22由2个开关元件 Q_{mPL} 及 Q_{mPH} 构成。在半桥逆变器21、22连接有由图2的箭头示出的朝向为正电压的输出电压 V_{dm} 的直流电源3。也可以在直流电源3与INV_m的单相逆变器2之间设置电容器。

[0054] INV_m的单相逆变器2输出由图2的箭头示出的朝向为正电压的电压绝对值为 V_m 的电压。此外,在本实施方式中,通过假设在从直流电源3至单相逆变器2的输出端子间存在的开关元件、配线等的电阻成分为能够忽略的等级,从而将INV_m的单相逆变器2的输出电压 V_m 设为与直流电源3的输出电压 V_{dm} 相同。

[0055] 在图2中示出4个开关元件23是MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)。开关元件23除了是MOSFET以外,还可以是晶体管、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)等。另外,在图2中,1个开关元件23由1个部件构成,但为了确保耐压及耐电流,1个开关元件23也可以通过将多个开关元件串联连接、并联连接或串联与并联的混合连接而构成。

[0056] 从控制部4向INV_m的单相逆变器2的2个半桥逆变器21、22输入栅极驱动信号。控制部4由分级控制信号生成部41和栅极驱动器42构成。分级控制信号生成部41生成用于对INV_m的单相逆变器2进行分级控制的分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 。分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 被输入至栅极驱动器42。栅极驱动器42通过死区时间生成部43 (DT_{mN}及DT_{mP}) 对分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 分别赋予死区时间。并且,栅极驱动器42从栅极驱动信号输出部44 (G0_{mNL}、G0_{mNH}、G0_{mPL}及G0_{mPH}) 将被电平移位后的分级控制信号作为栅极驱动信号而输出至2个半桥逆变器21、22。2个半桥逆变器21、22通过栅极驱动信号而实施栅极驱动。

[0057] 此外,在图2中,示出控制部4通过1个栅极驱动器42对2个半桥逆变器进行驱动的结构。控制部4也可以具有2个对1个半桥逆变器进行驱动的栅极驱动器。另外,在图2中,分级控制信号生成部41为了各个半桥逆变器的控制而分别输出1个分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 。作为其它结构,分级控制信号生成部41也可以生成分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 、使它们逻辑反转后的信号,为了各个半桥逆变器的控制而分别输出2个分级控制信号。在这种情况下,也可以去除栅极驱动器42的死区时间生成部43 (DT_{mN}及DT_{mP}),在对通过分级控制信号生成部41而逻辑反转后的分级控制信号赋予了死区时间的状态下输出各个分级控制信号。

[0058] 图3是表示本实施方式中的INV_m的单相逆变器的控制的例子的说明图。图3示出构成与分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 对应的INV_m的单相逆变器的4个开关元件23 (Q_{mNL} 、 Q_{mNH} 、 Q_{mPL} 及 Q_{mPH}) 各自的接通状态及断开状态的变化及INV_m的单相逆变器的输出电压 V_m 的变化。此外,在图3中,各个信号是在死区时间被省略的状态下示出的。

[0059] 如图3所示,在分级控制信号 S_{mN} 及 S_{mP} 都是低电平 (L) 的情况下,各个半桥逆变器的低电位侧的开关元件 Q_{mNL} 及 Q_{mPL} 成为接通状态,高电位侧的开关元件 Q_{mNH} 及 Q_{mPH} 成为断开状态,INV_m的单相逆变器成为非电压输出状态 ($V_m = 0V$)。在分级控制信号 S_{mN} 为低电平 (L)、 S_{mP} 为高电平 (H) 的情况下,半桥逆变器的低电位侧的开关元件 Q_{mNL} 为接通状态,开关元件 Q_{mPL} 成为断开状态,半桥逆变器的高电位侧的开关元件 Q_{mNH} 为断开状态,开关元件 Q_{mPH} 成为接通状态。因此,单相逆变器成为电压输出状态,输出电压 V_m 成为+ V_{dm} (正电压)。在分级控制信号 S_{mN} 为高电平 (H)、 S_{mP} 为低电平 (L) 的情况下,半桥逆变器的低电位侧的开关元件 Q_{mNL} 为断开状态,开关元件 Q_{mPL} 成为接通状态,半桥逆变器的高电位侧的开关元件 Q_{mNH} 为接通状态,开关元件 Q_{mPH} 成为断开状态。因此,单相逆变器成为电压输出状态,输出

电压 V_m 成为 $-V_{dm}$ (负电压)。

[0060] 图2所示的单相逆变器是能够对输出电压 V_m 的极性进行切换而输出的情况下的结构。在仅将单极性的输出电压输出至负载的电力转换装置的情况下,单相逆变器的结构不限于图2所示的结构。例如,在仅输出正电压即可的电力转换装置的情况下,也可以将图2中的半桥逆变器21的高电位侧的开关元件 Q_{mNH} 去除而设为开路状态,并且将低电位侧的开关元件 Q_{mNL} 的漏极及源极端子间设为短路状态(也可以去除 Q_{mNL}),仅由半桥逆变器22构成单相逆变器。

[0061] 接下来,对本实施方式的电力转换装置的控制方法进行说明。为了使说明易于理解,举出由4个单相逆变器构成的电力转换装置的例子而进行说明。另外,作为对比例,对4个单相逆变器的输出电压的电压绝对值之比为1:2:4:8的电力转换装置也一并进行说明。

[0062] 图4是表示在本实施方式的电力转换装置中使用正弦波作为输出电压指示波形的情况下的分别输出 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的4个单相逆变器的输出电压波形和被分级控制的总输出电压 V_{sum} 的波形的说明图。另外,图5是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 之比为1:2:4:4。以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 。具体地说, $V_1=11.81V$ 、 $V_2=23.63V$ 、 $V_3=V_4=47.27V$ 。即,4个单相逆变器中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压 $V_{s1}=47.27V$ 。在图5所示的表中,将4个单相逆变器分别接收到电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的输出指示的状态记作“1”,将未接收到输出指示的状态记作“0”。另外,各个单相逆变器在输出电压指示的波形为正电压的期间接收到输出指示“1”的情况下输出正电压,在输出电压指示的波形为负电压的期间接收到输出指示“1”的情况下输出负电压。

[0063] 图6是表示在对比例的电力转换装置中使用正弦波作为输出电压指示波形的情况下的分别输出 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的4个单相逆变器的输出电压的波形和被分级控制的总输出电压 V_{sum} 的波形的说明图。另外,图7是通过表格示出对比例的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的组合的说明图。在对比例的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 之比为1:2:4:8。以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 。具体地说, $V_1=8.66V$ 、 $V_2=17.33V$ 、 $V_3=34.66V$ 、 $V_4=69.33V$ 。

[0064] 在图4及图5所示的本实施方式的电力转换装置中,单相逆变器中电压绝对值最大者为输出被设定为第1共通电压 $V_{s1}=47.27V$ 的 V_3 及 V_4 的2个单相逆变器。如果考虑到通常的MOSFET的开关元件的耐压阵容,则输出 V_3 及 V_4 的单相逆变器的MOSFET的开关元件需要具有大于或等于60V的耐压。另外,关于输出电压次高的 V_2 (23.63V)的单相逆变器,为了防止由通断速度及延迟特性的不同引起的 V_{sum} 波形的精度恶化,也优选使用与输出 V_4 的单相逆变器相同的MOSFET的开关元件。综上所述,在本实施方式的电力转换装置中,关于输出 V_3 和 V_4 的2个单相逆变器,需要具有大于或等于60V的耐压的MOSFET的开关元件。

[0065] 与此相对,在图6及图7所示的对比例的电力转换装置中,单相逆变器中电压绝对值最大者为输出被设定为69.33V的 V_4 的单相逆变器。因此,在对比例的电力转换装置中,输出 V_4 的单相逆变器的MOSFET的开关元件的耐压为60V时是不充分的,如果考虑到MOSFET的开关元件的耐压阵容,则需要具有80V的耐压。另外,关于输出电压次高的 V_3 (34.66V)的单

相逆变器,为了防止 V_{sum} 波形的精度恶化,也优选使用与输出V4的单相逆变器相同的MOSFET的开关元件。综上所述,在对比例的电力转换装置中,关于输出V3和V4的2个单相逆变器,需要具有大于或等于80V的耐压的MOSFET的开关元件。

[0066] 此外,在本实施方式的电力转换装置及对比例的电力转换装置中,由于V1及V2为低电压,因此,关于输出V1及V2的单相逆变器的MOSFET的开关元件,也能够使用耐压为30V的低耐压MOSFET。

[0067] 如果通过图4和图6对输出V4的单相逆变器的输出电压波形进行比较,则在输出电压指示波形即正弦波的1个周期中输出V4的单相逆变器的通断次数在本实施方式的电力转换装置和对比例的电力转换装置中是相同的。但是,由于本实施方式的电力转换装置的V4的电压小于对比例的电力转换装置的V4的电压,所以本实施方式的电力转换装置与对比例的电力转换装置相比能够减小通断损耗。

[0068] 另外,如果通过图4和图6对输出V3的单相逆变器的输出电压波形进行比较,则本实施方式的电力转换装置的V3的电压为对比例的电力转换装置的V3的电压的1.36倍。但是,在输出电压指示波形即正弦波的1个周期中输出V3的单相逆变器的通断次数在本实施方式的电力转换装置中为4次,与此相对,在对比例的电力转换装置中为12次。如果考虑到通断次数和电压值这两者,则关于输出V3的单相逆变器的开关元件,同样地,本实施方式的电力转换装置与对比例的电力转换装置相比能够减小通断损耗。

[0069] 如上所述,在本实施方式的电力转换装置中,大于或等于3个单相逆变器构成为包含输出电压绝对值相同的第1共通电压的至少2个第1共通单相逆变器和输出比第1共通电压小的电压绝对值的至少1个单相逆变器。因此,本实施方式的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。另外,由于本实施方式的电力转换装置能够使用耐压低的MOSFET的开关元件,所以与对比例的电力转换装置相比接通电阻变小,因此,能够减小导通损耗。并且,本实施方式的电力转换装置与对比例的电力转换装置相比还能够减小通断损耗。由于与第1共通单相逆变器连接的直流电源的电压也变低,因此,例如与直流电源并联连接、在第1共通单相逆变器内配置的电容器等也能够使用耐压低的元件。其结果,本实施方式的电力转换装置能够由小型的单相逆变器及小型的散热器构成,因此,能够抑制电力转换装置的大型化、高成本化。

[0070] 此外,第1共通电压需要不是单相逆变器的电压绝对值的最小值。这是因为在第1共通电压被设定为单相逆变器的电压绝对值的最小值的情况下,只要不使分级数大幅减小,就无法使单相逆变器的输出的最大电压低电压化。在本实施方式的电力转换装置中,由于将第1共通电压设定为单相逆变器的电压绝对值的最大值,所以无需使分级数大幅减小就能够抑制电力转换装置的大型化、高成本化。

[0071] 在之前的说明中,作为本实施方式的电力转换装置而说明了由4个单相逆变器构成的电力转换装置。本实施方式的电力转换装置只要由大于或等于3个单相逆变器构成即可。接下来,对由3~5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的特性进行说明。此外,为了比较,对将多个单相逆变器的输出电压的绝对值分别设为大约 2^K 倍($K=0、1、2、\dots$)的对比例的电力转换装置的特性也一并进行说明。

[0072] 图8是将由3~5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。在图8的表中示出V1~V5的电压比率和V1~V5的电压。V1~V5的电压是以总

输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式设定的。如图8所示,在对比例的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:16$ 。

[0073] 在本实施方式的电力转换装置中,实施例1~实施例8的电力转换装置由5个单相逆变器构成,实施例9的电力转换装置由3个单相逆变器构成,实施例10的电力转换装置由4个单相逆变器构成。在实施例1的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:8$ 。在实施例2的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:5:9:9$ 。在实施例3的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:6:10:10$ 。在实施例4的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:7:11:11$ 。在实施例5的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:2:2:2$ 。在实施例6的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:4:4$ 。在实施例7的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:3:9:14:14$ 。在实施例8的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:3:5:5:5$ 。在实施例9的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3=1:2:2$ 。在实施例10的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4=1:2:2:2$ 。实施例1~实施例10的电力转换装置均构成为电压比率包含1及2或电压比率包含1及3。

[0074] 图8所示的实施例1~实施例10的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例1~实施例10的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0075] 这里,在实施例2及实施例7中,为了实现各分级等级,有时在多个单相逆变器中在相同的时间需要不同极性的电压输出。例如,在实施例2中,通过由输出电压绝对值的比率为1的 $V1$ 的单相逆变器输出负电压,由输出电压绝对值的比率为5的 $V3$ 的单相逆变器输出正电压,从而能够实现分级等级4($5-1=4$)。另外,在实施例7中,通过由输出电压绝对值的比率为1的 $V1$ 的单相逆变器输出负电压,由输出电压绝对值的比率为3的 $V2$ 的单相逆变器输出负电压,由输出电压绝对值的比率为9的 $V3$ 的单相逆变器输出正电压,从而能够实现分级等级5($9-3-1=5$)。

[0076] 如上所述,在图8所示的实施例1~实施例10的电力转换装置中,能够在小于或等于各自的最大分级等级的范围向负载输出交流电力。这里,相对于电压绝对值的最小比率1,将第1共通电压的比率设为 J ,将比率小于 J 的电压绝对值的比率的总和设为 K 。例如,在实施例2中, $J=9$ 、 $K=1+2+5=8$, J 与 K 之间的关系为 $J=K+1$ 。另外,在实施例7中, $J=14$ 、 $K=1+3+9=13$, J 与 K 之间的关系为 $J=K+1$ 。如上所述,在实施例1~实施例10的电力转换装置中, $J=K+1$ 的关系全部成立。通过使这样的关系成立,从而本实施方式的电力转换装置能够实现各分级等级的输出的组合的重复,由更少个数的单相逆变器构成,并且,能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件,因此,能够抑制电力转换装置的大型化、高成本化。

[0077] 此外,该 J 与 K 之间的关系在实施例9的由3个单相逆变器构成的电力转换装置及实施例10的由4个单相逆变器构成的电力转换装置中也成立。该 J 与 K 之间的关系在由大于或等于6个单相逆变器构成的电力转换装置中也成立。

[0078] 在实施例1~实施例10的电力转换装置中,将单相逆变器的最大的输出电压设为第1共通电压。在本实施方式的电力转换装置中,第1共通电压也可以不是单相逆变器的最大的输出电压。

[0079] 图9是将由5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成

表的说明图。在图9的表中示出V1~V5的电压比率和V1~V5的电压。V1~V5的电压是以总输出电压Vsum成为 $\pm 130\text{V}$ 的方式设定的。此外,在图9中还示出被设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:16的对比例的电力转换装置。

[0080] 在图9所示的实施例11的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:2:2:4。在实施例12的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:4:8。在实施例13的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:5:5:10。在实施例11~实施例13的电力转换装置中,第1共通电压不是单相逆变器的最大的输出电压。

[0081] 图9所示的实施例11~实施例13的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例11~实施例13的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0082] 此外,在图9所示的实施例11~实施例13的电力转换装置中,J=K+1的关系也成立。例如,在实施例12中,J=4,K=1+2=3,J=K+1。

[0083] 实施方式2

[0084] 在实施方式1涉及的电力转换装置中,在相对于电压绝对值的最小比率1,将第1共通电压的比率设为J,将比率小于J的电压绝对值的比率的总和设为K时,J=K+1的关系成立。在实施方式2中,对J=2K+1的关系成立的电力转换装置进行说明。

[0085] 本实施方式的电力转换装置的结构与实施方式1的图1所示的电力转换装置的结构相同。在本实施方式的电力转换装置中,多个单相逆变器的输出电压与实施方式1的电力转换装置不同。此外,为了使说明易于理解,举出由4个单相逆变器构成的电力转换装置的例子而进行说明。

[0086] 图10是表示在本实施方式的电力转换装置中使用正弦波作为输出电压指示波形的情况下的分别输出V1、V2、V3及V4的4个单相逆变器的输出电压波形和被分级控制的总输出电压Vsum的波形的说明图。另外,图11是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:2:7:7。以总输出电压Vsum的最大电压成为 $\pm 130\text{V}$ 的方式设定V1、V2、V3及V4。具体地说,V1=7.64V、V2=15.29V、V3=V4=53.52V。即,4个单相逆变器中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压Vs1=53.52V。在图11所示的表中,将4个单相逆变器分别接收到电压绝对值V1、V2、V3及V4的输出指示的状态记作“1”或“-1”,将未接收到输出指示的状态记作“0”。各个单相逆变器在输出电压指示的波形为正电压的期间接收到输出指示“1”的情况下输出正电压,在接收到输出指示“-1”的情况下输出负电压。另外,各个单相逆变器在输出电压指示的波形为负电压的期间接收到输出指示“1”的情况下输出负电压,在接收到输出指示“-1”的情况下输出正电压。

[0087] 在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:2:7:7。在这种情况下,J=7,K=3,J=2K+1的关系成立。在实施方式1的图4及图5所示的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:2:4:4。在该电力转换装置中,J=K+1的关系成立。另外,在该电力转换装置中,最大分级等级为11。与此相对,在J=2K+1的关系成立的本实施方式的电力转换装置中,最大分级等级成为17。因此,本实施方式的电力转换装置与实施方式1的电力转换装置相比,能够实现更多的最大分级等

级。

[0088] 本实施方式的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于实施方式1中示出的对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,本实施方式的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件,能够减小导通损耗。

[0089] 如果通过图6和图10对输出V4的单相逆变器的输出电压波形进行比较,则在输出电压指示波形即正弦波的1个周期中输出V4的单相逆变器的通断次数在本实施方式的电力转换装置和对比例的电力转换装置中是相同的。但是,由于本实施方式的电力转换装置的V4的电压小于对比例的电力转换装置的V4的电压,所以本实施方式的电力转换装置与对比例的电力转换装置相比能够减小通断损耗。

[0090] 另外,如果通过图6和图10对输出V3的单相逆变器的输出电压波形进行比较,则本实施方式的电力转换装置的V3的电压是对比例的电力转换装置的V3的电压的1.54倍。但是,在输出电压指示波形即正弦波的1个周期中输出V3的单相逆变器的通断次数在本实施方式的电力转换装置中为4次,与此相对,在对比例的电力转换装置中为12次。如果考虑到通断次数和电压值这两者,则关于输出V3的单相逆变器的开关元件,同样地,本实施方式的电力转换装置与对比例的电力转换装置相比也能够减小通断损耗。

[0091] 此外,如果通过图6和图10对输出V1及V2的单相逆变器的输出电压波形进行比较,则就在输出电压指示波形即正弦波的1个周期中输出V1及V2的单相逆变器的通断次数而言,本实施方式的电力转换装置多于对比例的电力转换装置。但是,V1及V2与V3及V4相比为足够低的电压,因此,输出V1及V2的单相逆变器的通断损耗小于输出V3及V4的单相逆变器的通断损耗。因此,就4个单相逆变器的总通断损耗而言,本实施方式的电力转换装置小于对比例的电力转换装置。

[0092] 图12是表示在本实施方式的电力转换装置中使用正弦波作为输出电压指示波形的情况下的分别输出V1、V2、V3及V4的4个单相逆变器的输出电压的波形和被分级控制的总输出电压Vsum的波形的说明图。另外,图13是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:3:9:9。以总输出电压Vsum的最大电压成为 $\pm 130\text{V}$ 的方式设定V1、V2、V3及V4。具体地说,V1=5.91V、V2=17.72V、V3=V4=53.18V。即,4个单相逆变器中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压Vs1=53.18V。

[0093] 在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:3:9:9。在这种情况下, $J=9$ 、 $K=4$, $J=2K+1$ 的关系成立。在 $J=2K+1$ 的关系成立的本实施方式的电力转换装置中,最大分级等级成为22。因此,本实施方式的电力转换装置与实施方式1的电力转换装置相比能够实现更多的最大分级等级。

[0094] 本实施方式的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于实施方式1中示出的对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,本实施方式的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件,能够减小导通损耗。

[0095] 在之前的说明中,作为本实施方式的电力转换装置而说明了由4个单相逆变器构成的电力转换装置。本实施方式的电力转换装置只要由大于或等于3个单相逆变器构成即可。接下来,对由3~5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的特性进行说明。此

外,为了比较,对将多个单相逆变器的输出电压的绝对值分别设为大约 2^K 倍($K=0、1、2、\dots$)的对比例的电力转换装置的特性也一并进行说明。

[0096] 图14是将由3~5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。在图14的表中示出V1~V5的电压比率和V1~V5的电压。V1~V5的电压是以总输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式设定的。如图14所示,在对比例的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:16。

[0097] 在本实施方式的电力转换装置中,实施例14~实施例18的电力转换装置由5个单相逆变器构成,实施例19的电力转换装置由3个单相逆变器构成,实施例20的电力转换装置由4个单相逆变器构成。在实施例14的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:7:7:7。在实施例15的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:7:21:21。在实施例16的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:3:3:3。在实施例17的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:9:9:9。在实施例18的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:9:27:27。在实施例19的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3=1:3:3。在实施例20的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4=1:3:3:3。实施例14~实施例20的电力转换装置均构成电压比率包含1及2或电压比率包含1及3。

[0098] 图14所示的实施例14~实施例20的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例11~实施例20的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0099] 另外,在实施例14~实施例20的电力转换装置中, $J=2K+1$ 的关系成立。因此,在单相逆变器的最大电压为同等程度的条件下,实施例11~实施例20的电力转换装置与实施方式1的电力转换装置相比能够实现更多的最大分级等级。此外,被设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:9:9:9的实施例17的电力转换装置的最大分级等级为31,与对比例的最大分级等级相等,并且,就3个单相逆变器的电压绝对值而言,最大电压为37.74V,为对比例的最大电压67.1V的大约一半。因此,实施例17的电力转换装置相对于对比例的电力转换装置而言,MOSFET的导通损耗和通断损耗的降低效果最大。这样,通过使电压绝对值的比率包含1、3及9,并且将比率为9的电压设定为第1共通电压,从而能够实现大量的分级等级,并且得到小型且低成本的电力转换装置。

[0100] 在实施例14~实施例20的电力转换装置中,将单相逆变器的最大的输出电压设为第1共通电压。在本实施方式的电力转换装置中,第1共通电压也可以不是单相逆变器的最大的输出电压。

[0101] 图15是将由5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。在图15的表中示出V1~V5的电压比率和V1~V5的电压。V1~V5的电压是以总输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式设定的。此外,在图15中还示出被设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:16的对比例的电力转换装置。

[0102] 在图15所示的实施例21的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:2:7:7:14。在实施例22的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:3:3:9。在实施例23的电力转换装置中,设定为V1:V2:V3:V4:V5=1:3:9:9:18。在实施例21~实施例23的电力转换装置中,第1共通电压不是单相逆变器的最大的输出电压。

[0103] 图15所示的实施例21~实施例23的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小

于对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例21~实施例23的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0104] 实施方式3

[0105] 在实施方式1及2的电力转换装置中,总输出电压 V_{sum} 的分级等级被以电压绝对值的最小比率1的单位进行分级控制。此外,为方便起见,将电压绝对值的最小比率1的单位表达为1级。实施方式3的电力转换装置通过对多个单相逆变器的至少1个单相逆变器进行PWM (Pulse Width Modulation) 控制,从而对总输出电压 V_{sum} 的分级等级等效地以小于1级的单位进行分级控制。

[0106] 图16是本实施方式涉及的电力转换装置的结构图。本实施方式的电力转换装置是向实施方式1的图1所示的电力转换装置的结构追加了输出检测部5和AD转换器(Analog to Digital Converter)6而得到的。输出检测部5对输出至负载10的电压或电流的至少一者进行检测,输出负反馈用信号。此外,在后面,将负反馈用信号记述为OFB(Output Feedback)。AD转换器6将从输出检测部5输出的OFB转换为数字的负反馈用信号,将该数字的负反馈用信号向控制部4输出。此外,在后面,将被转换为数字的负反馈用信号记述为OFB_{adc}。但是,在后述的設置于控制部4的内部第1减法部由模拟电路构成的情况下,也可以没有AD转换器6。

[0107] 图17是对输出至负载的电压进行检测的输出检测部的电路图。输出检测部5設置于单相逆变器2与朝向负载10的输出端子之间。输出检测部5具有由运算放大器51和多个电阻52构成的差动电路。输出检测部5根据施加于负载的电压对差动电压进行检测,输出OFB。

[0108] 图18是对在负载流动的电流进行检测的输出检测部的电路图。输出检测部5設置于单相逆变器2与朝向负载10的输出端子之间。输出检测部5具有与负载10串联连接的电流检测电阻53、由运算放大器51以及多个电阻52构成的差动电路。输出检测部5根据电流检测电阻53的两端的电压对差动电压进行检测,输出OFB。此外,电流检测电阻53也可以設置于负载10与接地电位(GND)之间。

[0109] 本实施方式的电力转换装置1的输出检测部5具有图17及图18所示的电路中的至少一个电路。在输出检测部5对输出至负载10的电压及电流这两者进行检测的情况下,也可以具有图17及图18所示的这两个电路。此外,图17及图18所示的输出检测部的结构为一个例子,例如只要是使用了变压器的结构等能够对输出至负载的电压或电流的至少一者进行检测的结构即可,也可以是其它结构。

[0110] 图19是本实施方式的电力转换装置的分级控制信号生成部的结构图。本实施方式的分级控制信号生成部41具有输出值指示部401、第1减法部402、补偿部403、输出极性判定部404、绝对值化处理部405、整数化处理部406、第2减法部407、脉宽调制部408、加法部409及分级控制信号转换部410。

[0111] 输出值指示部401例如输出正弦波等输出值指示波形 0_{ref} 。第1减法部402输出从输出值指示波形 0_{ref} 减去负反馈用信号OFB_{adc}得到的差分信号 0_{sub} 。补偿部403输出使用比例运算、积分运算或微分运算等对差分信号 0_{sub} 进行补偿得到的补偿差分信号 0_{cmp} 。输出极性判定部404输出根据补偿差分信号 0_{cmp} 对总输出电压 V_{sum} 的正负中的哪一个极性进行判定得到的输出极性指示信号 0_{pol} 。绝对值化处理部405输出将补偿差分信号 0_{cmp} 绝对值化得到的绝对值化信号 0_{abs} 。整数化处理部406输出将绝对值化信号 0_{abs} 整数值化得到

的整数化信号0int。第2减法部407输出从绝对值化信号0abs减去整数化信号0int得到的小数值信号0deci。脉宽调制部408针对小数值信号0deci以载波频率进行脉宽调制而生成小数部PWM信号dPMW,输出该小数部PWM信号dPMW。加法部409输出向整数化信号0int加上小数部PWM信号dPMW得到的输出电压控制信号0cnt。分级控制信号转换部410基于输出极性指示信号0pol和输出电压控制信号0cnt,输出用于对各单相逆变器的开关元件进行通断控制的分级控制信号SmN及SmP($m=1、2、\dots、n$)。

[0112] 输出值指示波形0ref在输出至负载的目标为电压波形的情况下是输出电压指示波形。在输出至负载的目标为电流波形的情况下,输出值指示波形0ref是输出电流指示波形。另外,在输出至负载的目标为功率波形的情况下,输出值指示波形0ref可以是输出电压指示波形和输出电流指示波形这两者,也可以是功率指示波形。

[0113] 对如上所述构成的电力转换装置的动作进行说明。此外,接下来,举出由4个单相逆变器构成的电力转换装置的例子而进行说明。

[0114] 图20是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:2:4:4。以总输出电压Vsum的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定V1、V2、V3及V4。具体地说, $V1=11.81V$ 、 $V2=23.63V$ 、 $V3=V4=47.27V$ 。即,4个单相逆变器中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压Vs1=47.27V。这里,对指示了输出总输出电压Vsum的分级等级为7(+82.67V)至8(+94.48V)之间的等级的情况下的电力转换装置的动作进行说明。

[0115] 图21示出指示了输出总输出电压Vsum的分级等级为7与8之间的等级的情况下的4个单相逆变器的输出电压波形。为了比较,示出没有PWM控制的情况与存在PWM控制的情况下的输出电压波形。在图21中,在没有PWM控制的情况下,总输出电压Vsum无法表现出分级等级7与8之间的分级,在该电压区间中,以分级等级7与8之间的1级进行变化。与此相对,在存在PWM控制的情况下,能够在分级等级7时的各单相逆变器的输出状态V1="1"、V2="1"、V3="1"、V4="0"和分级等级8时的各单相逆变器的输出状态V1="0"、V2="0"、V3="1"、V4="1"之间,以载波频率的倒数的周期单位对其组合进行切换。即,同时对输出V1、V2、V4的3个单相逆变器进行PWM控制。其结果,总输出电压Vsum的电压脉冲被以平均值接近输出值指示波形0ref所指示的电压的方式进行接通和断开的控制。

[0116] 此外,为了将Vsum作为电压脉冲进行控制,同时进行PWM控制的单相逆变器的所需个数根据输出值指示波形0ref所指示的分级等级的级数而不同。例如,在图20中,在使总输出电压Vsum在分级等级0与1之间作为两种电压脉冲进行变化的情况下,只要仅在输出V1的1个单相逆变器中进行PWM控制即可。另外,在使总输出电压Vsum在分级等级1与2之间作为两种电压脉冲进行变化的情况下,只要同时对输出V1及V2的2个单相逆变器进行PWM控制即可。

[0117] 在如上所述构成的电力转换装置中,通过对分级控制追加PWM控制,从而能够等效地以小于1级的电压分辨率对总输出电压Vsum进行分级控制。

[0118] 实施方式4

[0119] 在实施方式3中说明过的向分级控制追加了PWM控制的电力转换装置中,大于或等于3个单相逆变器2中的至少2个第1共通单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通

电压 V_{s1} 。此外,在后面,在由4个单相逆变器构成的电力转换装置中,举出具有2个第1共通单相逆变器的电力转换装置的例子而进行说明。在该电力转换装置中,根据总输出电压 V_{sum} 的输出波形,有时一个第1共通单相逆变器的PWM控制的通断次数变多,另一个第1共通单相逆变器的PWM控制的通断次数变少或不进行通断。在这种情况下,通断损耗集中于一个第1共通单相逆变器。实施方式4的电力转换装置以被设定为第1共通电压 V_{s1} 的2个第1共通单相逆变器的通断次数大致均等的方式进行控制。此外,本实施方式的电力转换装置的结构与实施方式3的电力转换装置的结构相同。

[0120] 图22是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 及 $V4$ 的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 及 $V4$ 之比为1:2:4:4。以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 及 $V4$ 。具体地说, $V1=11.81V$ 、 $V2=23.63V$ 、 $V3=V4=47.27V$ 。这里,在指示了输出总输出电压 V_{sum} 的分级等级为3与4之间的等级的情况下,仅作为第1共通单相逆变器的输出 $V3$ 的单相逆变器进行输出,作为第1共通单相逆变器的输出 $V4$ 的单相逆变器不进行输出。即,仅输出 $V3$ 的单相逆变器进行PWM控制的通断动作,输出 $V4$ 的单相逆变器不进行PWM控制的通断动作。本实施方式的电力转换装置以使集中于一个第1共通单相逆变器的通断动作分散至另一个第1共通单相逆变器的方式进行控制。此外,在后面,将使通断动作在多个第1共通单相逆变器之间分散的处理称为通断分散处理。

[0121] 图23是表示本实施方式的电力转换装置中的控制方法的流程图。图23是表示图19所示的分级控制信号转换部410开始了单位周期的处理时的动作的流程图的流程图。此外,仅限于图23的流程图,设为由 r 个第1共通单相逆变器构成的电力转换装置。

[0122] 如果开始处理,则分级控制信号转换部410在步骤S01中取得输出电压控制信号 $0cnt$ 。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S02中设定初始状态。在步骤S02中,分级控制信号转换部410将 r 个第1共通单相逆变器的输出全部设定为断开,将第1共通单相逆变器的上升控制计数器 uCT 设定为1,将第1共通单相逆变器的下降控制计数器 dCT 设定为1,将参数 h 及 j 设定为0。此外,步骤S02中的初始状态的设定仅在开始最初的单位周期的处理时实施,在下一个控制周期中保持前次的值。

[0123] 接下来,分级控制信号转换部410在步骤S03中基于输出电压控制信号 $0cnt$ 对输出从断开切换为接通的第1共通单相逆变器的个数 g 进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S04中对 h 是否与 g 相等进行判定。在步骤S04中判定为 h 与 g 相等的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S05,将 h 设定为0。在步骤S04中判定为 h 与 g 不相等的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S06,向 h 加上1而设定新的 h 。

[0124] 进入了步骤S06的分级控制信号转换部410在步骤S07中将第 uCT 个第1共通单相逆变器的输出设为接通。然后,分级控制信号转换部410在步骤S08中,在 uCT 与 r 相等时将 uCT 设定为1,在 uCT 小于 r 时向 uCT 加上1而设定新的 uCT 。接下来,分级控制信号转换部410返回步骤S04。

[0125] 进入了步骤S05的分级控制信号转换部410在步骤S09中基于输出电压控制信号 $0cnt$ 对输出从接通切换为断开的第1共通单相逆变器的个数 i 进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S10中对 i 是否与 j 相等进行判定。在步骤S10中判定为 i 与 j 相等的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S11,将 j 设定为0。在步骤S10中判定为 i 与 j 不

相等的情况下(N0),分级控制信号转换部410进入步骤S14,向j加上1而设定新的j。

[0126] 进入了步骤S14的分级控制信号转换部410在步骤S15中将第dCT个第1共通单相逆变器的输出设为断开。然后,分级控制信号转换部410在步骤S16中,在dCT与r相等时,将dCT设定为1,在dCT小于r时,向dCT加上1而设定新的dCT。接下来,分级控制信号转换部410返回步骤S10。

[0127] 进入了步骤S11的分级控制信号转换部410在步骤S12中基于输出极性指示信号0pol对分级控制信号的极性进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S13中输出分级控制信号SmN及SmP($m=1,2,\dots,n$)。

[0128] 分级控制信号转换部410进行这样的控制,从而能够使通断动作在多个第1共通单相逆变器之间进行分散。图24是由4个单相逆变器构成的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。图24是在图22所示的由4个单相逆变器构成的电力转换装置中,使总输出电压Vsum作为分级等级3与4之间的两种电压脉冲进行变化的情况的例子。此外,在图24中还一并示出不进行通断分散处理的情况。

[0129] 如图22所示,分别输出V3及V4的第1共通单相逆变器的输出状态在分级等级为3的情况下是V3="0"、V4="0",在分级等级为4的情况下是V3="1"、V4="0"。因此,在将分级等级在3与4之间进行切换的情况下,仅输出V3的第1共通单相逆变器需要切换输出状态。如图24所示,在不进行通断分散处理的情况下,输出V3的第1共通单相逆变器的输出以载波频率的倒数的周期进行变化,但输出V4的第1共通单相逆变器的输出不变。

[0130] 与此相对,在进行通断分散处理的情况下,输出V3的第1共通单相逆变器的输出电压脉冲在输出V3的第1共通单相逆变器和输出V4的第1共通单相逆变器中交替地分开产生。进行通断分散处理的情况下的总输出电压Vsum的波形与不进行通断分散处理的情况下的总输出电压Vsum的波形相同。即,在本实施方式的电力转换装置中,在将分级等级在3与4之间进行切换的情况下,通过对偏聚于输出V3的第1共通单相逆变器的通断动作进行通断分散处理,从而被均等地分散于输出V3及V4的各第1共通单相逆变器。在使总输出电压Vsum作为分级等级3与4之间的两种电压脉冲进行变化的期间中,相对于通断分散处理前,通断分散处理后的输出V3的单相逆变器的通断次数为大约一半。因此,能够防止通断损耗集中于一个第1共通单相逆变器。

[0131] 对在本实施方式的电力转换装置中进行通断分散处理的效果进一步进行说明。

[0132] 图25是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:2:4:4。以总输出电压Vsum的最大电压成为 $\pm 130\text{V}$ 的方式设定V1、V2、V3及V4。具体地说, $V1=11.81\text{V}$ 、 $V2=23.63\text{V}$ 、 $V3=V4=47.27\text{V}$ 。

[0133] 如图25所示,分别输出V3及V4的第1共通单相逆变器的输出状态在分级等级为7的情况下是V3="1"、V4="0",在分级等级为8的情况下是V3="1"、V4="1"。因此,在将分级等级在7与8之间进行切换的情况下,仅输出V4的第1共通单相逆变器需要切换输出状态。

[0134] 图26是由4个单相逆变器构成的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。图26是在图25所示的由4个单相逆变器构成的电力转换装置中,使总输出电压Vsum作为分级等级7与8这两种电压脉冲进行变化的情况的例子。此外,在图26中还一并示出不进行通断分

散处理的情况。如图26所示,在不进行通断分散处理的情况下,输出V3的第1共通单相逆变器的输出是恒定的,不发生变化,但输出V4的第1共通单相逆变器的输出以载波频率的倒数的周期进行变化。

[0135] 与此相对,在进行通断分散处理的情况下,输出V4的第1共通单相逆变器所输出的电压脉冲成为脉宽更宽的电压脉冲,在输出V3的第1共通单相逆变器和输出V4的第1共通单相逆变器中交替地分开产生。进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形与不进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形相同。即,在本实施方式的电力转换装置中,在将分级等级在7与8之间进行切换的情况下,通过对偏聚于输出V4的第1共通单相逆变器的通断动作进行通断分散处理,从而均等地分散于输出V3及V4的各第1共通单相逆变器。在使总输出电压 V_{sum} 作为分级等级7与8之间的两种电压脉冲进行变化的期间中,相对于通断分散处理前,通断分散处理后的输出V4的单相逆变器的通断次数为大约一半。因此,能够防止通断损耗集中于一个第1共通单相逆变器。

[0136] 如上所述,在本实施方式的电力转换装置中,第1共通单相逆变器构成为分别包含大于或等于1个开关元件,前述控制部使大于或等于2个第1共通单相逆变器各自包含的开关元件的每单位时间的通断次数之差最小。因此,能够防止通断损耗集中于特定的第1共通单相逆变器。

[0137] 此外,在本实施方式的电力转换装置中,在输出值指示波形 0_{ref} 为正弦波的情况下,能够通过通断分散处理使1个周期内的各第1共通单相逆变器的通断次数均等。

[0138] 另外,本实施方式中的通断分散处理是以应用于在实施方式3中说明过的使用了PWM控制的电力转换装置的情况下的波形进行说明。本实施方式中的通断分散处理也能够应用于不使用PWM控制的电力转换装置。例如,在输出值指示波形 0_{ref} 是分级等级被反复切换为7和8的带DC偏移的斜坡波形的电力转换装置的情况下,能够应用本实施方式的通断分散处理。

[0139] 在本实施方式中,通过具有2个第1共通单相逆变器的电力转换装置对通断分散处理的效果进行了说明。如图23的流程图所示,本实施方式的通断分散处理能够应用于具有大于或等于3个第1共通单相逆变器的电力转换装置。

[0140] 如之前所说明的那样,本实施方式的电力转换装置能够使通断次数分散于多个第1共通单相逆变器,因此,能够防止通断损耗集中于1个第1共通单相逆变器。其结果,本实施方式的电力转换装置能够使用小型的散热器等,能够抑制大型化、高成本化。

[0141] 实施方式5

[0142] 图27是实施方式5涉及的电力转换装置的结构图。本实施方式的电力转换装置1的结构与实施方式1的图1所示的电力转换装置的结构相同。在本实施方式的电力转换装置1中,大于或等于4个单相逆变器2中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压 V_{s1} ,并且,另外2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第2共通电压 V_{s2} 。第1共通电压 V_{s1} 被设定为比各单相逆变器的各电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 、 $\dots$ 、 V_{n-2} 的最小值大的值。另外,第2共通电压 V_{s2} 被设定为比第1共通电压 V_{s1} 小的电压。在图27所示的电力转换装置1中,INV $n-1$ 的单相逆变器的电压绝对值 V_{n-1} 和INV n 的单相逆变器的电压绝对值 V_n 被设定为相同的 V_{s1} 。并且,INV1的单相逆变器的电压绝对值 V_1 和INV2的单相逆变器的电压绝对值 V_2 被设定为相同的 V_{s2} 。将电压绝对值被设定为第1共通电压的单相逆变器称为第1共通

单相逆变器,将电压绝对值被设定为第2共通电压的单相逆变器称为第2共通单相逆变器。

[0143] 接下来,对本实施方式的电力转换装置的控制方法进行说明。为了使说明易于理解,举出由4个单相逆变器构成的电力转换装置的例子而进行说明。

[0144] 图28是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 之比为1:1:3:3。以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 。具体地说, $V_1 = V_2 = 16.25V$ 、 $V_3 = V_4 = 48.75V$ 。即,4个单相逆变器中的2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压 $V_{s1} = 48.75V$,另外2个单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第2共通电压 $V_{s2} = 16.25V$ 。相对于电压绝对值的最小比率1,在将第1共通电压的比率设为 J ,将比率小于 J 的电压绝对值的比率的总和设为 K 的情况下,在本实施方式中 $J = K + 1$ 成立。

[0145] 在实施方式1的图7所示的对比例的电力转换装置中,电压绝对值最大的单相逆变器的输出电压为69.33V。与此相对,在本实施方式的电力转换装置中,电压绝对值最大的单相逆变器的输出电压为48.75V。因此,本实施方式的电力转换装置与实施方式1的电力转换装置同样地,能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。另外,本实施方式的电力转换装置与实施方式1的电力转换装置同样地,能够减小输出电压绝对值 V_3 及 V_4 的单相逆变器的通断损耗。

[0146] 在之前的说明中,作为本实施方式的电力转换装置,说明了由4个单相逆变器构成的电力转换装置。本实施方式的电力转换装置只要由大于或等于4个单相逆变器构成即可。接下来,对由5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的特性进行说明。此外,为了比较,对将多个单相逆变器的输出电压的绝对值分别设为大约 2^k 倍($k=0,1,2,\dots$)的对比例的电力转换装置的特性也一并进行说明。

[0147] 图29是将由5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。在图29的表中示出 $V_1 \sim V_5$ 的电压比率和 $V_1 \sim V_5$ 的电压。 $V_1 \sim V_5$ 的电压是以总输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式设定的。如图29所示,在对比例的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:2:4:8:16$ 。

[0148] 在本实施方式的电力转换装置中,实施例24~实施例29的电力转换装置由5个单相逆变器构成。在实施例24的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:1:4:4$ 。在实施例25的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:3:3:3$ 。在实施例26的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:3:6:6$ 。在实施例27的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:1:7:7$ 。在实施例28的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:3:11:11$ 。在实施例29的电力转换装置中,设定为 $V_1:V_2:V_3:V_4:V_5=1:1:5:5:5$ 。在实施例24~实施例29的电力转换装置中,第1共通电压被设定为电压绝对值的最大值,第2共通电压被设定为电压绝对值的最小值。

[0149] 图29所示的实施例24~实施例29的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于对比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例24~实施例29的电力转换装置能够使用与对比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0150] 这里,相对于电压绝对值的最小比率1,将第1共通电压的比率设为 J ,将比率小于 J 的电压绝对值的比率的总和设为 K 。在实施例24~实施例26的电力转换装置中, $J = K + 1$ 。在

实施例27~实施例29的电力转换装置中, $J=2K+1$ 。

[0151] 此外,在图29所示的实施例24~实施例29的电力转换装置中,第2共通电压被设定为电压绝对值的最小值。在本实施方式的电力转换装置中,第2共通电压也可以不是电压绝对值的最小值。

[0152] 图30是将由5个单相逆变器构成的本实施方式的电力转换装置的电压结构制作成表的说明图。在图30的表中示出V1~V5的电压比率和V1~V5的电压。V1~V5的电压是以总输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式设定的。如图30所示,在对比比例的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:4:8:16$ 。

[0153] 在本实施方式的电力转换装置中,实施例30~实施例33的电力转换装置由5个单相逆变器构成。在实施例30的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:2:6:6$ 。在实施例31的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:3:3:8:8$ 。在实施例32的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:2:2:11:11$ 。在实施例33的电力转换装置中,设定为 $V1:V2:V3:V4:V5=1:3:3:15:15$ 。在实施例30~实施例33的电力转换装置中,第1共通电压被设定为电压绝对值的最大值,第2共通电压被设定为电压绝对值不是最小值的电压值。

[0154] 图30所示的实施例30~实施例33的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压小于对比比例的电力转换装置中的单相逆变器的最大电压。因此,实施例30~实施例33的电力转换装置能够使用与对比比例的电力转换装置相比耐压低的MOSFET的开关元件。

[0155] 这里,相对于电压绝对值的最小比率1,将第1共通电压的比率设为J,将比率小于J的电压绝对值的比率的总和设为K。在实施例30~实施例31的电力转换装置中, $J=K+1$ 。在实施例32~实施例33的电力转换装置中, $J=2K+1$ 。

[0156] 实施方式6

[0157] 实施方式6的电力转换装置是在向实施方式3中说明过的分级控制追加了PWM控制的电力转换装置中,多个单相逆变器2中的至少2个第1共通单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第1共通电压 V_{s1} ,其它单相逆变器2中的至少2个第2共通单相逆变器的电压绝对值被设定为相同的第2共通电压 V_{s2} 。此外,接下来,举出在由4个单相逆变器构成的电力转换装置中,具有2个第1共通单相逆变器和2个第2共通单相逆变器的电力转换装置的例子而进行说明。在该电力转换装置中,根据总输出电压 V_{sum} 的输出波形,有时一个第2共通单相逆变器的PWM控制的通断次数变多,另一个第2共通单相逆变器的PWM控制的通断次数变少或不进行通断。在这种情况下,通断损耗集中于一个第2共通单相逆变器。本实施方式的电力转换装置以被设定为第2共通电压 V_{s2} 的2个第2共通单相逆变器中的通断次数大致均等的方式进行控制。

[0158] 图31是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比为1:1:3:3。以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定V1、V2、V3及V4。具体地说, $V1=V2=16.25V$ 、 $V3=V4=48.75V$ 。这里,举出指示了输出总输出电压 V_{sum} 的分级等级为0至1之间的等级的情况及指示了输出总输出电压 V_{sum} 的分级等级为1至2之间的等级的情况的例子而进行说明。

[0159] 在指示了输出总输出电压 V_{sum} 的分级等级为0至1之间的等级的情况下,仅作为第2共通单相逆变器的输出V1的单相逆变器进行输出,作为第2共通单相逆变器的输出V2的单

相逆变器不输出。即,仅输出V1的单相逆变器进行PWM控制的通断动作,输出V2的单相逆变器不进行PWM控制的通断动作。

[0160] 在指示了输出总输出电压 V_{sum} 的分级等级为1至2之间的等级的情况下,如图31所示,分别输出V1及V2的第2共通单相逆变器的输出状态在分级等级为1的情况下是 $V1=“1”$ 、 $V2=“0”$,在分级等级为2的情况下是 $V1=“1”$ 、 $V2=“1”$ 。因此,在将分级等级在1与2之间进行切换的情况下,仅输出V2的第2共通单相逆变器需要切换输出状态。本实施方式的电力转换装置以使集中于一个第2共通单相逆变器的通断动作分散于其它第2共通单相逆变器的方式进行控制。

[0161] 图32是表示本实施方式的电力转换装置中的控制方法的流程图。图32是表示分级控制信号转换部410开始了单位周期的处理时的动作的流程图。此外,仅限于图32的流程图,设为由s个第2共通单相逆变器构成的电力转换装置。

[0162] 如果开始处理,则分级控制信号转换部410在步骤S21中取得输出电压控制信号 O_{cnt} 。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S22中设定初始状态。在步骤S22中,分级控制信号转换部410将s个第2共通单相逆变器的输出全部设定为断开,将第2共通单相逆变器的上升控制计数器 u_{CT2} 设定为1,将第2共通单相逆变器的下降控制计数器 d_{CT2} 设定为1,将参数k及m设定为0。此外,步骤S22中的初始状态的设定仅在开始最初的单位周期的处理时实施,在下一个控制周期中保持前次的值。

[0163] 接下来,分级控制信号转换部410在步骤S23中基于输出电压控制信号 O_{cnt} 对输出从断开切换为接通的第2共通单相逆变器的个数a进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S24中对k是否与a相等进行判定。在步骤S24中判定为k与a相等的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S25,将k设定为0。在步骤S24中判定为k与a不相等的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S26,向k加上1而设定新的k。

[0164] 进入了步骤S26的分级控制信号转换部410在步骤S27中将第 u_{CT2} 个第2共通单相逆变器的输出设为接通。然后,分级控制信号转换部410在步骤S28中,在 u_{CT2} 与s相等时,将 u_{CT2} 设定为1,在 u_{CT2} 小于s时,向 u_{CT2} 加上1而设定新的 u_{CT2} 。接下来,分级控制信号转换部410返回步骤S24。

[0165] 进入了步骤S25的分级控制信号转换部410在步骤S29中基于输出电压控制信号 O_{cnt} 对输出从接通切换为断开的第2共通单相逆变器的个数b进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S30中对m是否与b相等进行判定。在步骤S30中判定为m与b相等的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S31,将m设定为0。在步骤S30中判定为m与b不相等的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S34,向m加上1而设定新的m。

[0166] 进入了步骤S34的分级控制信号转换部410在步骤S35中将第 d_{CT2} 个第2共通单相逆变器的输出设为断开。然后,分级控制信号转换部410在步骤S36中,在 d_{CT2} 与s相等时,将 d_{CT2} 设定为1,在 d_{CT2} 小于s时,向 d_{CT2} 加上1而设定新的 d_{CT2} 。接下来,分级控制信号转换部410返回步骤S30。

[0167] 进入了步骤S31的分级控制信号转换部410在步骤S32中基于输出极性指示信号 O_{pol} 对分级控制信号的极性进行判别。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S33中输出分级控制信号 SmN 及 SmP ($m=1、2、\dots、n$)。

[0168] 分级控制信号转换部410进行这样的控制,从而能够使通断动作在多个第2共通单

相逆变器之间分散。图33是由4个单相逆变器构成的电力转换装置中的通断分散处理的说明图。图33是在图31所示的由4个单相逆变器构成的电力转换装置中,使总输出电压 V_{sum} 从分级等级0变化至2的情况的例子。在图33中,是作为在期间1中使分级等级从0变化至1、在期间2中使分级等级从1变化至2的情况下的两种电压脉冲而进行变化的情况的例子。此外,在图33中还一并示出不进行通断分散处理的情况。

[0169] 如图31所示,分别输出V1及V2的第2共通单相逆变器的输出状态在分级等级为0的情况下是 $V1 = "0"$ 、 $V2 = "0"$,在分级等级为1的情况下是 $V1 = "1"$ 、 $V2 = "0"$,在分级等级为2的情况下是 $V1 = "1"$ 、 $V2 = "1"$ 。因此,在将分级等级在0与1之间进行切换的情况下,仅输出V1的第2共通单相逆变器需要切换输出状态。另外,在将分级等级在1与2之间进行切换的情况下,输出V1的第2共通单相逆变器的输出状态不发生变化,与此相对,仅输出V2的第2共通单相逆变器需要切换输出状态。

[0170] 如图33所示,在期间1中不进行通断分散处理的情况下,输出V1的第2共通单相逆变器的输出以载波频率的倒数的周期进行变化,但输出V2的第2共通单相逆变器不进行输出。

[0171] 与此相对,在期间1中进行通断分散处理的情况下,输出V1的第2共通单相逆变器的输出电压脉冲在输出V1的第2共通单相逆变器和输出V2的第2共通单相逆变器中交替地分开产生。进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形与不进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形相同。即,在本实施方式的电力转换装置中,在将分级等级在0与1之间进行切换的情况下,通过对偏聚于输出V1的第2共通单相逆变器的通断动作进行通断分散处理,从而均等地分散于输出V1及V2的各第2共通单相逆变器。在期间1中,相对于通断分散处理前,通断分散处理后的输出V1的单相逆变器的通断次数为大约一半。因此,能够防止通断损耗集中于一个第2共通单相逆变器。

[0172] 另外,如图33所示,在期间2中不进行通断分散处理的情况下,输出V1的第2共通单相逆变器的输出是恒定的,输出V2的第2共通单相逆变器的输出以载波频率的倒数的周期进行变化。

[0173] 与此相对,在期间2中进行通断分散处理的情况下,输出V2的第2共通单相逆变器所输出的电压脉冲成为脉宽更宽的电压脉冲,在输出V1的第2共通单相逆变器和输出V2的第2共通单相逆变器中交替地分开产生。进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形与不进行通断分散处理的情况下的总输出电压 V_{sum} 的波形相同。即,在本实施方式的电力转换装置中,在将分级等级在1与2之间进行切换的情况下,通过对偏聚于输出V2的第2共通单相逆变器的通断动作进行通断分散处理,从而均等地分散于输出V1及V2的各第2共通单相逆变器。在期间2中,相对于通断分散处理前,通断分散处理后的输出V2的单相逆变器的通断次数为大约一半。因此,能够防止通断损耗集中于一个第2共通单相逆变器。

[0174] 如上所述,在本实施方式的电力转换装置中,第2共通单相逆变器构成为分别包含大于或等于1个开关元件,前述控制部将大于或等于2个第2共通单相逆变器各自包含的开关元件的每单位时间的通断次数之差设为最小。因此,能够防止通断损耗集中于特定的第2共通单相逆变器。

[0175] 此外,在本实施方式的电力转换装置中,在输出值指示波形 0_{ref} 为正弦波的情况下,能够通过通断分散处理使1个周期内的各第1共通单相逆变器的通断次数均等。

[0176] 另外,本实施方式中的通断分散处理是以应用于在实施方式3中说明过的使用了PWM控制的电力转换装置的情况下的波形进行说明。本实施方式中的通断分散处理也能够应用于不使用PWM控制的电力转换装置。例如,在输出值指示波形0ref是分级等级被反复切换为0和1或1和2的斜坡波形的电力转换装置的情况下,能够应用本实施方式的通断分散处理。

[0177] 在本实施方式中,通过具有2个第2共通单相逆变器的电力转换装置对通断分散处理的效果进行了说明。如图32的流程图所示,本实施方式的通断分散处理能够应用于具有大于或等于3个第2共通单相逆变器的电力转换装置。

[0178] 在本实施方式的电力转换装置中,在分级等级被从0切换为1的情况和分级等级被从1切换为2的情况下,对第2共通单相逆变器的通断次数的分散处理进行了说明。这样的通断分散处理也能够应用于其它分级等级的切换。即,在多个第2共通单相逆变器中,在分级等级的切换时存在需要通断动作的第2共通单相逆变器和不需要通断动作的第2共通单相逆变器的情况下,能够应用通断分散处理。

[0179] 图34是通过表格示出本实施方式的电力转换装置中的实现分级等级输出的4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4的组合的说明图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值V1、V2、V3及V4之比与图31相同。

[0180] 图34所示的第1组(第1G)如本实施方式的图31所示,是分级等级在0与1之间进行变化的情况或分级等级在1与2之间进行变化的情况,能够对第2共通单相逆变器应用通断分散处理。另外,图34所示的第2组(第2G)是分级等级在3与4之间进行变化的情况或分级等级在4与5之间进行变化的情况。在该第2组中,在分级等级在3与4之间进行变化的情况下,仅输出V1的第2共通单相逆变器需要切换输出状态。另外,在分级等级在4与5之间进行切换的情况下,输出V1的第2共通单相逆变器的输出状态不发生变化,与此相对,仅输出V2的第2共通单相逆变器需要切换输出状态。因此,在该第2组中,也与第1组同样地,能够对第2共通单相逆变器应用通断分散处理。基于相同的理由,在图34所示的第3组(第3G)中,也与第1组同样地,能够对第2共通单相逆变器应用通断分散处理。

[0181] 另外,在本实施方式的电力转换装置中,对第1共通单相逆变器也能够应用通断分散处理。例如,图34所示的第4组(第4G)是分级等级在2与3之间进行变化的情况。在该第4组中,在分级等级在2与3之间进行变化的情况下,仅输出V3的第1共通单相逆变器需要切换输出状态。因此,在该第4组中,能够对第1共通单相逆变器应用通断分散处理。另外,图34所示的第5组(第5G)是分级等级在5与6之间进行变化的情况。在分级等级在5与6之间进行切换的情况下,输出V3的第1共通单相逆变器的输出状态不发生变化,与此相对,仅输出V4的第1共通单相逆变器需要切换输出状态。因此,在该第5组中,也与第4组同样地,能够对第1共通单相逆变器应用通断分散处理。

[0182] 如上所述,在具有第1共通单相逆变器及第2共通单相逆变器的电力转换装置中,能够通过向第1共通单相逆变器及第2共通单相逆变器的至少任一者应用通断分散处理,从而防止通断损耗集中于特定的单相逆变器。

[0183] 实施方式7

[0184] 在实施方式3的图19所示的电力转换装置的分级控制信号生成部中,根据从输出值指示部401输出的输出值指示波形0ref的波形的形状,有时第1共通单相逆变器的一部分

需要更多的通断次数。实施方式7的电力转换装置在维持了各单相逆变器的电压绝对值的比率的状态下,在第1共通单相逆变器的至少1者中,以开关元件的每单位时间的通断次数成为最小或小于或等于阈值的方式对各单相逆变器的直流电源的输出电压进行调整。

[0185] 图35是本实施方式涉及的电力转换装置的结构图。另外,图36是本实施方式涉及的电力转换装置的分级控制信号生成部的结构图。在本实施方式中,分级控制信号生成部41相对于实施方式3的图19所示的分级控制信号生成部,输入至分级控制信号转换部410的信号追加了输出值指示波形0ref。并且,分级控制信号转换部410针对多个直流电源3分别输出该输出电压Vd1、Vd2、• • • Vdn各自的目标电压即直流电压控制信号V1cnt、V2cnt、• • • Vncnt。

[0186] 图37是表示本实施方式涉及的电力转换装置中的控制方法的流程图。图37是表示分级控制信号转换部410开始了单位周期的处理时的动作的流程图。如果开始处理,则分级控制信号转换部410在步骤S41中对输入进来的输出值指示波形0ref是否为初次,或者,输出值指示波形0ref是否存在变更指示进行判别。在步骤S41中判定为输出值指示波形0ref为初次,或者,判定为输出值指示波形0ref存在变更指示的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S42,将W设定为0。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S43中基于输出值指示波形0ref决定接下来的5个项目。第1个为选择成为通断次数的计数对象的第1共通单相逆变器。将选择出的单相逆变器称为计数对象逆变器。第2个为决定目标通断次数(tCT)。第3个为决定直流电源的输出电压的调整方向。这里,输出电压的调整方向是指使电压增加或减小。第4个为决定直流电源的输出电压的调整次数(LMT)。第5个为决定总输出电压Vsum的最大值的调整电压分辨率。

[0187] 在步骤S41中判定为输出值指示波形0ref不是初次,或者,判定为输出值指示波形0ref没有变更指示的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S44。分级控制信号转换部410在步骤S44中接收输出电压控制信号0cnt。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S45中对在步骤S43中选择出的计数对象逆变器的输出电压波形的1个周期的通断次数(swCT)进行测量。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S46中对swCT是否小于或等于tCT进行判定。在步骤S46中判定为swCT小于或等于tCT的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S47。分级控制信号转换部410在步骤S47中维持直流电源的目标电压。

[0188] 在步骤S46中判定为swCT大于tCT的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S48。分级控制信号转换部410在步骤S48中对W是否大于或等于LMT进行判定。在步骤S48中判定为W大于或等于LMT的情况下(YES),分级控制信号转换部410进入步骤S47。在步骤S48中判定为W小于LMT的情况下(NO),分级控制信号转换部410进入步骤S49,向W加上1而设为新的W。接下来,分级控制信号转换部410在步骤S50中对直流电源的目标电压进行变更。最后,分级控制信号转换部410在步骤S51中分别输出直流电源的目标电压即直流电压控制信号V1cnt、V2cnt、• • • Vncnt。

[0189] 分级控制信号转换部410进行这样的控制,从而选择设为通断次数的计数对象的第1共通单相逆变器,能够以选择出的第1共通单相逆变器的通断次数为最小或小于或等于阈值的方式,在维持各单相逆变器的电压绝对值的比率的状态下对各直流电源的输出电压进行调整。

[0190] 图38是由4个单相逆变器构成的电力转换装置中的直流电源的电压调整的说明

图。在本实施方式的电力转换装置中,4个单相逆变器的电压绝对值 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 之比为1:2:4:4。因此,第1共通单相逆变器是输出 V_3 及 V_4 的单相逆变器。另外,在(A)初次时,以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为 $\pm 130V$ 的方式设定 V_1 、 V_2 、 V_3 及 V_4 。具体地说, $V_1=11.81V$ 、 $V_2=23.63V$ 、 $V_3=V_4=47.27V$ 。

[0191] 在图38中示出输出值指示波形 0_{ref} 为正弦波,峰值为 $\pm 90V$ 的输出电压指示波形的情况。但是,在稳态时连续地输出正弦波,但根据负载的变动状况等,有时瞬时地指示 $\pm 130V$ 的输出电压。设为通断次数的计数对象的第1共通单相逆变器仅为输出 V_4 的单相逆变器这1者。前述的正弦波的输出值指示波形 0_{ref} 的1个周期内的构成输出 V_4 的单相逆变器的全部开关元件的目标通断次数设定为0次。直流电源的输出电压的调整方向以从初次的值开始增加的方向进行调整。各直流电源的输出电压的调整次数(LMT)设为10次。在通过10次以内的调整无法实现作为目标通断次数的0次通断次数的情况下,结束各直流电源的电压调整,维持为最后一次调整后的值。另外,就各直流电源的电压调整而言,总输出电压 V_{sum} 的最大值((A)初次为130V)的调整电压分辨率设为5V。

[0192] 如图38所示,(A)初次是以总输出电压 V_{sum} 成为 $\pm 130V$ 的方式 $V_1=11.81V$ 、 $V_2=23.63V$ 、 $V_3=V_4=47.27V$ 。在实施方式3中说明过的电力转换装置中实施PWM控制时,在(A)初次的状态下,在将总输出电压 V_{sum} 的等效电压控制为正弦波的正侧峰值即+90V的情况下,作为分级等级7(82.73V)和分级等级8(94.55V)两种电压脉冲而进行PWM控制。

[0193] 图39是本实施方式的电力转换装置中的直流电源的电压调整的说明图。在前述的正弦波的输出值指示波形 0_{ref} 中,例示了对正侧峰值即+90V附近的输出进行指示的部分的详情。在图39中,在输出值指示波形 0_{ref} 指示了+90V附近的输出的情况下,将可输出总输出电压 V_{sum} 为+90V的等效电压的两种电压脉冲的输出期间设为期间1。在图39的(A)初次的情况下,前述的两种分级等级为7与8之间。另外,在图39的(B)调整后的情况下,前述的两种分级等级为6与7之间。

[0194] 如图39所示,在(A)初次的情况下,在期间1中,以输出分级等级7与8之间的两种电压脉冲的方式进行控制。如图38所示,在分级等级为7与8之间的情况下, V_4 的输出状态分别为“0”和“1”。因此,作为第1共通单相逆变器的输出 V_4 的单相逆变器的通断次数变多。如图39所示,在(A)初次的情况下,在各电压绝对值中,包含 V_4 的第1共通电压为最大的电压。因此,在(A)初次的情况下,输出 V_4 的单相逆变器的通断损耗变大。

[0195] 如前所述,在本实施方式中,在正弦波的输出值指示波形 0_{ref} 的1个周期内,构成输出 V_4 的单相逆变器的全部开关元件的目标通断次数设为0次。因此,从图39的(A)初次的状态开始,按照图37所示的流程图,进行各直流电源的输出电压的调整控制。如前所述,在本实施方式中,将各直流电源的输出电压的调整次数(LMT)设为10次。图39示出在进行10次图37所示的控制流程的处理的期间,输出 V_4 的单相逆变器的目标通断次数达到0次的情况。之后,将通过各直流电源的输出电压调整而实现及维持目标通断次数的状态记作(B)调整后。

[0196] 如图38所示,在(B)调整后的状态中,以总输出电压 V_{sum} 的最大电压成为145V的方式进行各单相逆变器的电压绝对值(=各直流电源的电压) $V_1 \sim V_4$ 的设定。在本实施方式中,能够以5V为单位对总输出电压 V_{sum} 进行调整,因此,在实施了3次图37所示的控制流程的处理之后,输出 V_4 的单相逆变器的通断次数成为目标通断次数即0次。

[0197] 在图38中, (B) 调整后的各直流电源的电压(=电压绝对值) 为 $V1=13.18V$ 、 $V2=26.36V$ 、 $V3=V4=52.72V$ 。如果关注作为第1共通电压的 $V3$ 及 $V4$, 则相对于(A) 初次的状态而增加了 $5.45V$, 调整后的电压增加幅度小。另外, 根据图38, 在(B) 调整后的状态下, 在将总输出电压 V_{sum} 的等效电压控制为正弦波的正侧峰值即 $+90V$ 的情况下, 作为分级等级6($79.09V$) 与分级等级7($92.27V$) 之间的两种电压脉冲而进行PWM控制。

[0198] 根据图39, 在(B) 调整后的情况下, 在期间1中, 以输出分级等级6与7之间的两种电压脉冲的方式进行控制。根据图38, 在分级等级为6与7之间的情况下, $V4$ 的输出状态分别为“0”和“0”。因此, 输出作为第1共通电压的 $V4$ 的单相逆变器在期间1及正弦波的 0_{ref} 的1个周期中, 通断次数成为0次。如上所述, 在将输出值指示波形 0_{ref} 为 $\pm 90V$ 的峰值电压的正弦波作为稳态波形而输出指示的情况下, 能够将作为通断次数的计数对象而设定的输出 $V4$ 的单相逆变器的通断次数设为目标通断次数即0次。其结果, 能够大幅减小输出 $V4$ 的单相逆变器的通断损耗。

[0199] 在本实施方式中, 示出设为计数对象的第1共通单相逆变器是输出 $V4$ 的单相逆变器, 针对构成输出 $V4$ 的单相逆变器的全部开关元件的总通断次数而设定目标通断次数的例子。计数对象也可以设为构成第1共通单相逆变器的一部分的开关元件的通断次数。或者, 也可以如图39的 $V4$ 的波形所例示的那样, 将设为计数对象的第1共通单相逆变器的输出电压脉冲的次数设定为目标次数。

[0200] 另外, 在本实施方式中, 对设为计数对象的第1共通单相逆变器为1个的情况进行了说明, 但例如在正弦波等输出值指示波形 0_{ref} 的1个周期中, 也可以将多个第1共通单相逆变器的合计通断次数设定为目标通断次数。

[0201] 并且, 在本实施方式中, 示出了使各直流电源的电压增加的方向上的调整例, 但也可以与输出值指示波形 0_{ref} 的波形相应地以使电压减小的方向进行调整, 或者在预先确定的调整次数内一边变换电压的减小和增加的方向性, 一边接近作为目标的通断次数。

[0202] 此外, 在本实施方式中, 例示了将目标通断次数设为最小值即0次的情况, 但也可以将目标通断次数设为小于或等于阈值, 将阈值例如设定为3次等。

[0203] 另外, 在本实施方式中, 示出了基于图37所示的流程图对各直流电源的电压进行调整的例子。在稳态地以高频度输出的输出值指示波形 0_{ref} 的波形已决定下来的情况下, 也可以事先手动或自动地进行图37所示的控制, 以在稳态的波形的输出时成为目标通断次数的方式预先设定各直流电源的电压。

[0204] 并且, 在本实施方式中, 通过实施方式3中示出的使用了PWM控制的电力转换装置中的波形例进行了说明, 但在不使用PWM控制的电力转换装置中也能够应用。作为一个例子, 在输出值指示波形 0_{ref} 为在前述(A) 初次的状态下分级等级在7与8之间反复切换的带DC偏移的斜坡波形这样的情况下, 能够应用本实施方式的直流电源的电压控制。

[0205] 如之前所说明的那样, 本实施方式的电力转换装置能够在维持构成的各单相逆变器的电压绝对值的比率的状态下, 以设为对象的第1共通单相逆变器的通断次数成为最小或小于或等于阈值的方式, 对各单相逆变器的直流电源的输出电压进行调整, 或者预先设定各直流电源的输出电压。其结果, 输出电压大的单相逆变器的通断损耗减小, 能够提供更加小型化、低成本化的电力转换装置。

[0206] 此外, 作为硬件的一个例子, 如图40所示, 控制部4由处理器100和存储装置101构

成。虽然未图示,但存储装置具有随机存取存储器等易失性存储装置和闪存等非易失性的辅助存储装置。另外,也可以取代闪存而具有硬盘的辅助存储装置。处理器100执行从存储装置101输入来的程序。在这种情况下,从辅助存储装置经由易失性存储装置向处理器100输入程序。另外,处理器100可以将运算结果等数据输出至存储装置101的易失性存储装置,也可以经由易失性存储装置将数据保存于辅助存储装置。

[0207] 另外,控制部4也可以是FPGA(Field Programmable Gate Array)、MCU(Micro Controller Unit)等数字控制器。或者,控制部4也可以是第1减法部402及输出极性判定部404使用了运算放大器、比较器等模拟电路的混合有模拟电路和数字控制器的结构。

[0208] 本发明记载了各种例示性的实施方式,但1个或多个实施方式所记载的各种特征、方案及功能不限于向特定的实施方式的应用,能够单独或者以各种组合应用于实施方式。

[0209] 因此,在本说明书所公开的技术的范围内,可想到未例示的无数变形例。例如,包含对至少1个结构要素进行变形的情况、进行追加的情况或进行省略的情况,以及提取至少1个结构要素而与其它实施方式的结构要素进行组合的情况。

[0210] 标号的说明

[0211] 1电力转换装置,2单相逆变器,3直流电源,4控制部,5输出检测部,6AD转换器,10负载,21、22半桥逆变器,23开关元件,41分级控制信号生成部,42栅极驱动器,43死区时间生成部,44栅极驱动信号输出部,51运算放大器,52电阻,53电流检测电阻,100处理器,101存储装置,401输出值指示部,402第1减法部,403补偿部,404输出极性判定部,405绝对值化处理部,406整数化处理部,407第2减法部,408脉宽调制部,409加法部,410分级控制信号转换部。

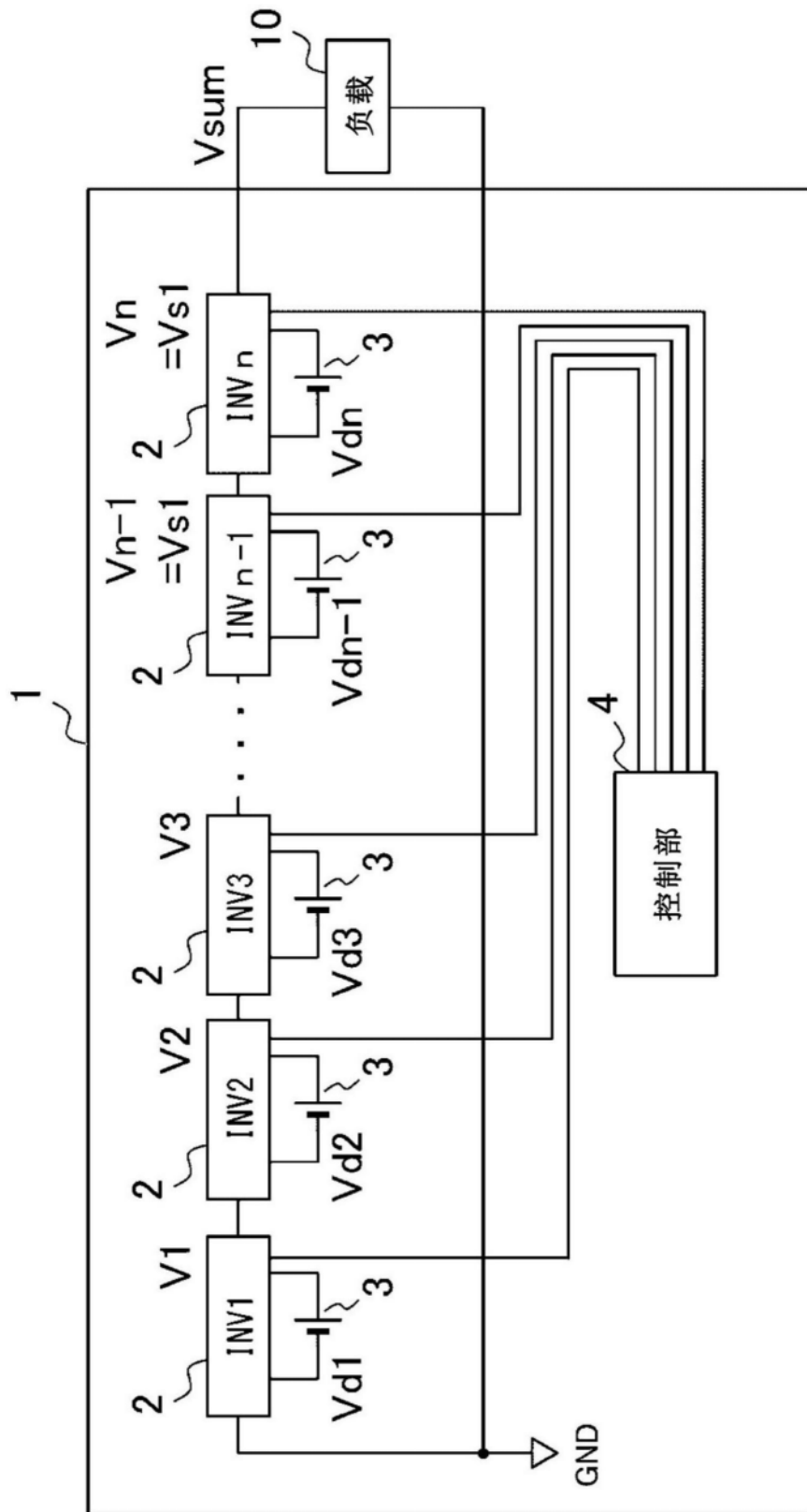


图1

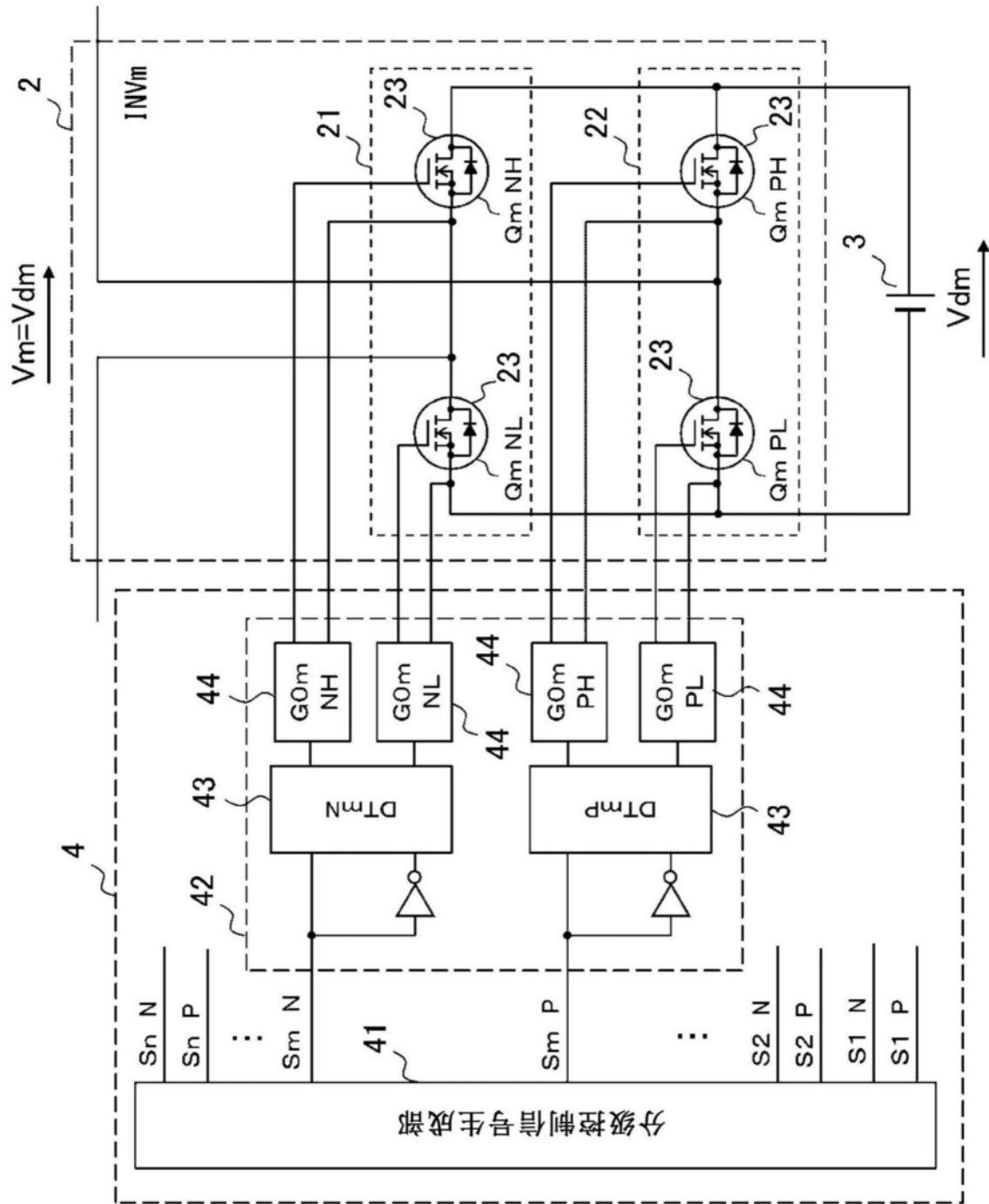


图2

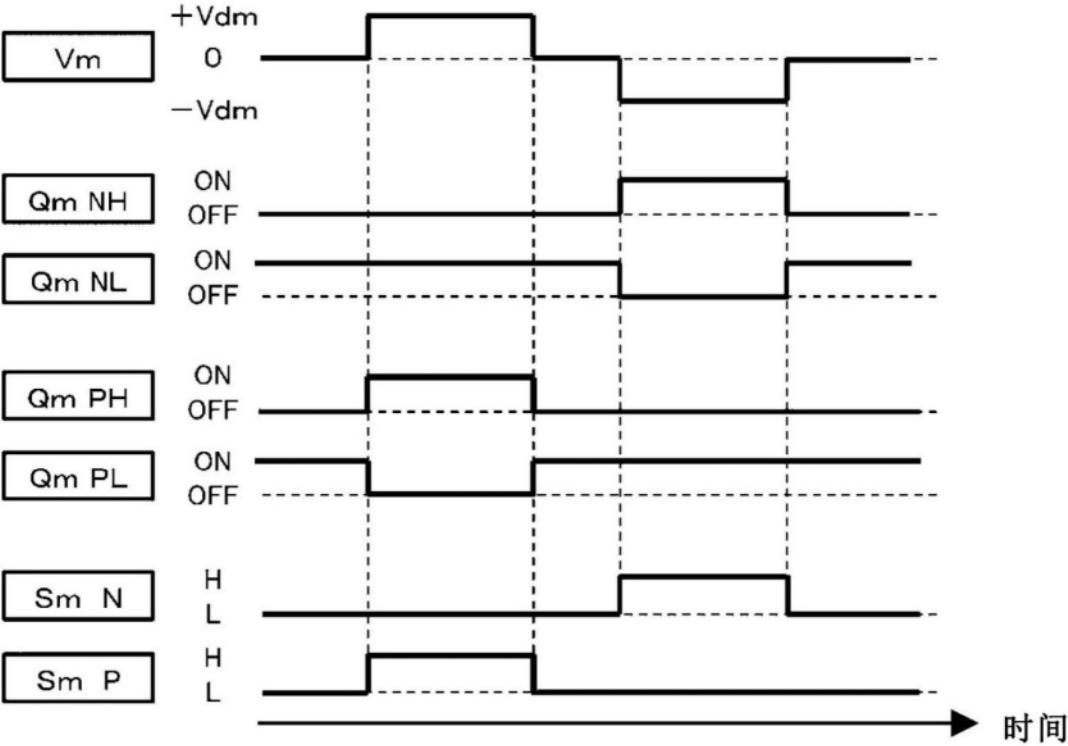


图3

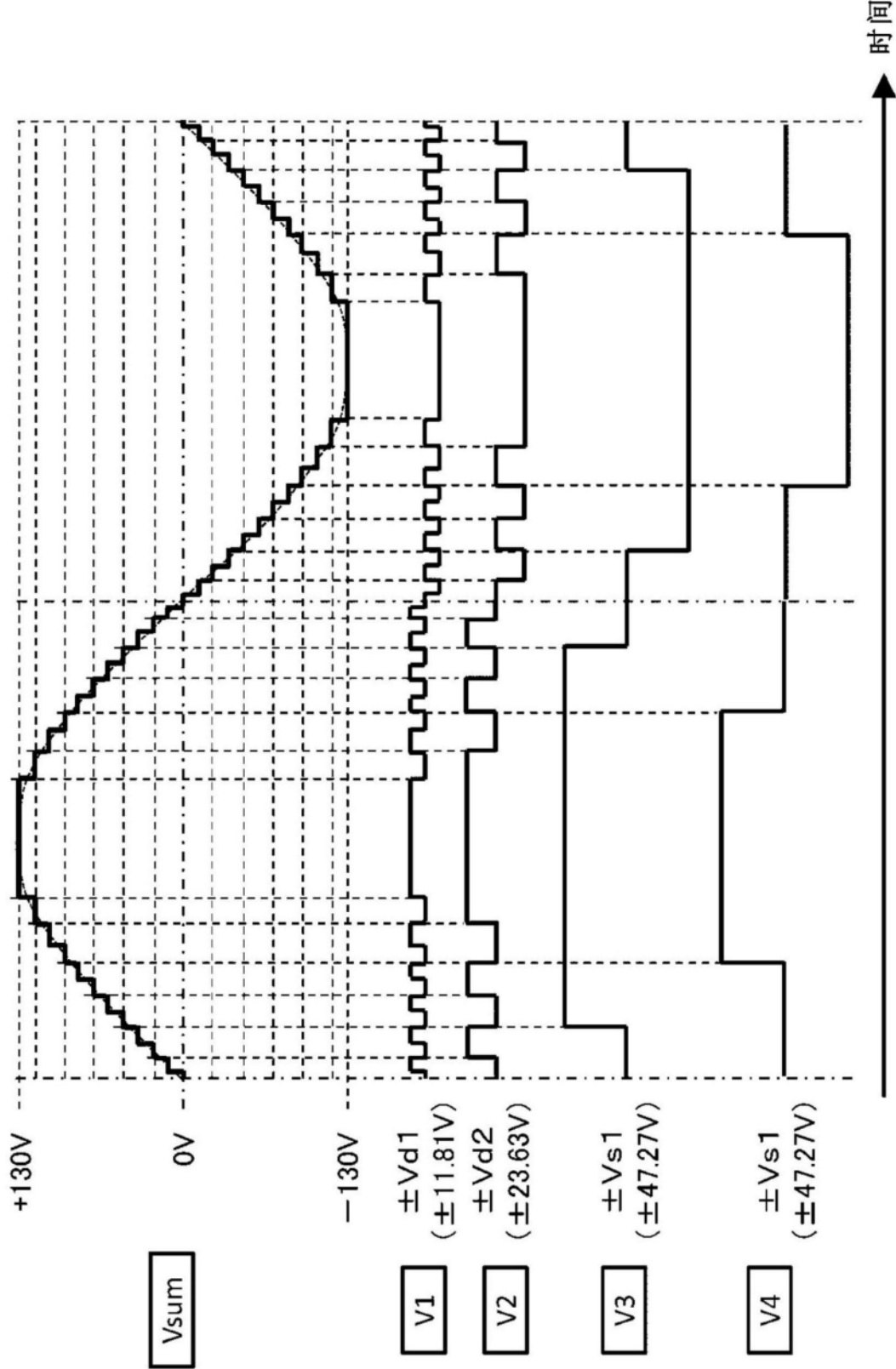


图4

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	11.81V	23.63V	47.27V	47.27V
	比率			
	1	2	4	4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	1	1
9	1	0	1	1
10	0	1	1	1
11	1	1	1	1

图5

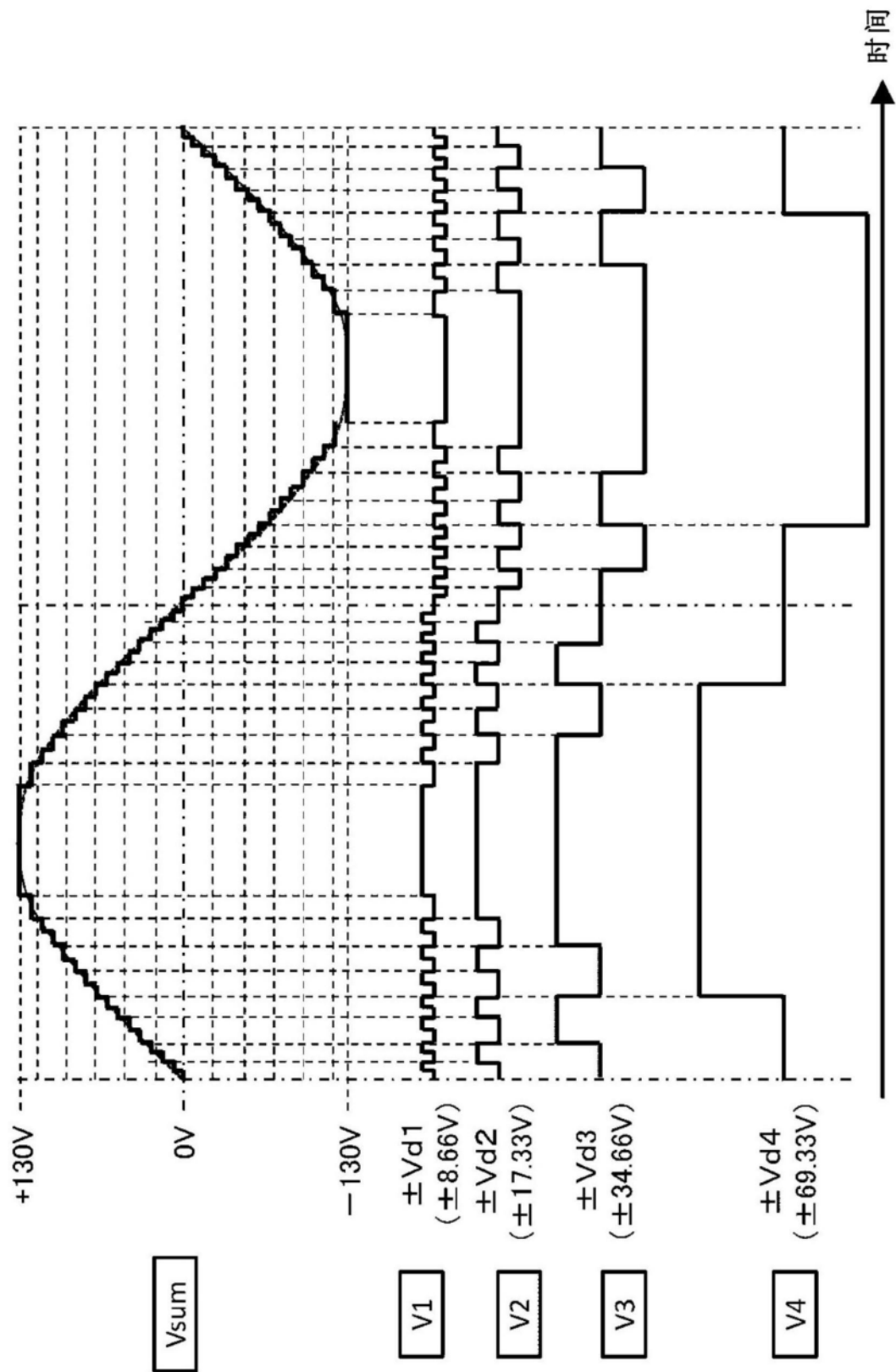


图6

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	8.66V	17.33V	34.66V	69.33V
	比率			
	1	2	4	8
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1
10	0	1	0	1
11	1	1	0	1
12	0	0	1	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1

图7

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例1	23	1	2	4	8	8	5.65	11.30	22.61	45.22	45.22
实施例2	26	1	2	5	9	9	5.00	10.00	25.00	45.00	45.00
实施例3	29	1	2	6	10	10	4.48	8.97	26.90	44.83	44.83
实施例4	32	1	2	7	11	11	4.06	8.13	28.44	44.69	44.69
实施例5	9	1	2	2	2	2	14.44	28.89	28.89	28.89	28.89
实施例6	15	1	2	4	4	4	8.67	17.33	34.67	34.67	34.67
实施例7	41	1	3	9	14	14	3.17	9.51	28.54	44.39	44.39
实施例8	19	1	3	5	5	5	6.84	20.53	34.21	34.21	34.21
实施例9	5	1	2	2	/		26.00	52.00	52.00	/	
实施例10	7	1	2	2	2	2	18.57	37.14	37.14	37.14	37.14

图8

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例11	11	1	2	2	2	4	11.82	23.64	23.64	23.64	47.27
实施例12	19	1	2	4	4	8	6.84	13.68	27.37	27.37	54.74
实施例13	24	1	3	5	5	10	5.42	16.25	27.08	27.08	54.17

图9

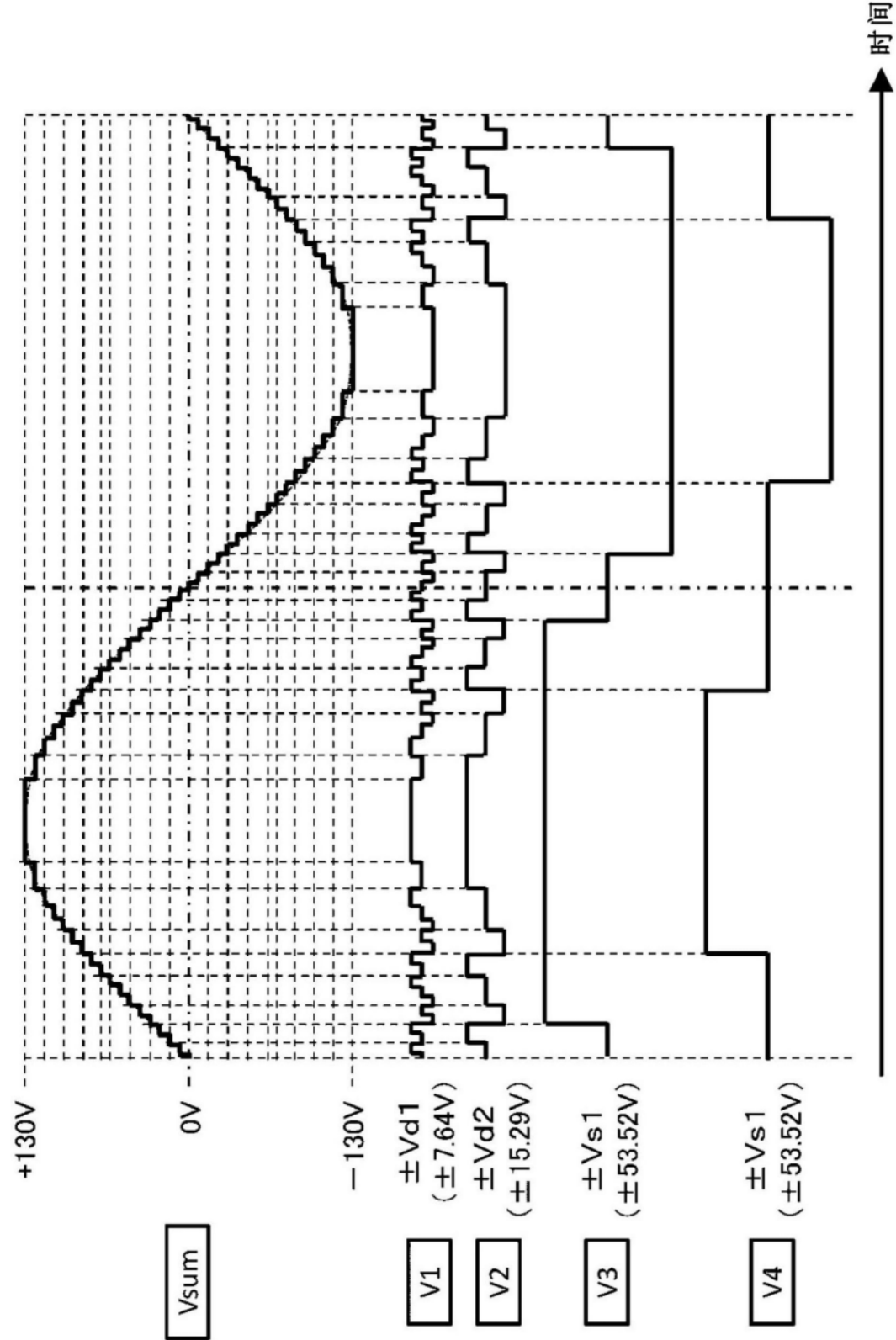


图10

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	7.64V	15.29V	53.52V	53.52V
	比率			
	1	2	7	7
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	—1	—1	1	0
5	0	—1	1	0
6	—1	0	1	0
7	0	0	1	0
8	1	0	1	0
9	0	1	1	0
10	1	1	1	0
11	—1	—1	1	1
12	0	—1	1	1
13	—1	0	1	1
14	0	0	1	1
15	1	0	1	1
16	0	1	1	1
17	1	1	1	1

图11

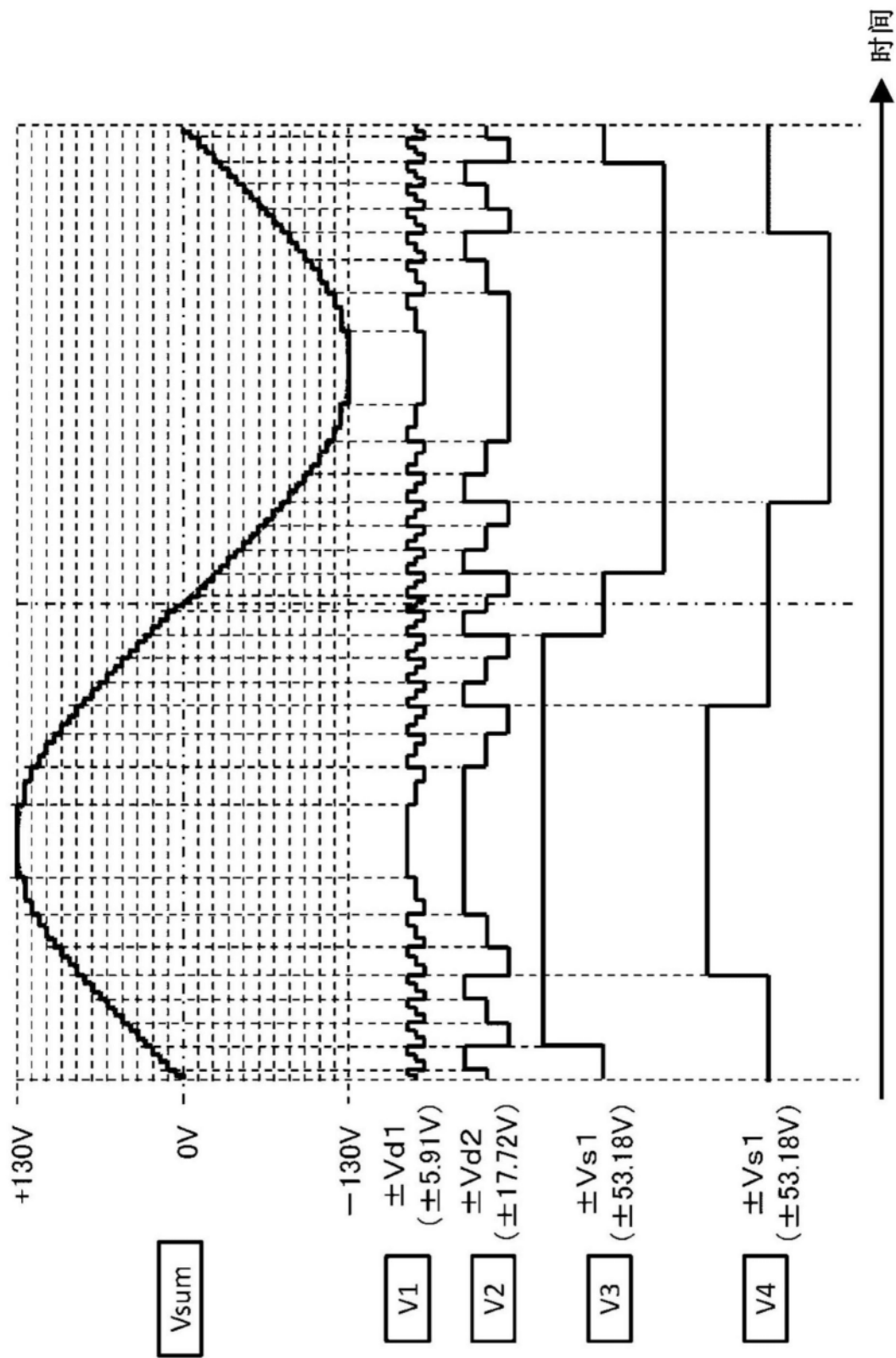


图12

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	5.91V	17.72V	53.18V	53.18V
	比率			
	1	3	9	9
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	-1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	1	1	0	0
5	-1	-1	1	0
6	0	-1	1	0
7	1	-1	1	0
8	-1	0	1	0
9	0	0	1	0
10	1	0	1	0
11	-1	1	1	0
12	0	1	1	0
13	1	1	1	0
14	-1	-1	1	1
15	0	-1	1	1
16	1	-1	1	1
17	-1	0	1	1
18	0	0	1	1
19	1	0	1	1
20	-1	1	1	1
21	0	1	1	1
22	1	1	1	1

图13

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例14	24	1	2	7	7	7	5.42	10.83	37.92	37.92	37.92
实施例15	52	1	2	7	21	21	2.50	5.00	17.50	52.50	52.50
实施例16	13	1	3	3	3	3	10.00	30.00	30.00	30.00	30.00
实施例17	31	1	3	9	9	9	4.19	12.58	37.74	37.74	37.74
实施例18	67	1	3	9	27	27	1.94	5.82	17.46	52.39	52.39
实施例19	7	1	3	3	/		18.57	55.71	55.71	/	
实施例20	10	1	3	3	3	3	13.00	39.00	39.00	39.00	39.00

图14

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例21	31	1	2	7	7	14	4.19	8.39	29.35	29.35	58.71
实施例22	19	1	3	3	3	9	6.84	20.53	20.53	20.53	61.58
实施例23	40	1	3	9	9	18	3.25	9.75	29.25	29.25	58.50

图15

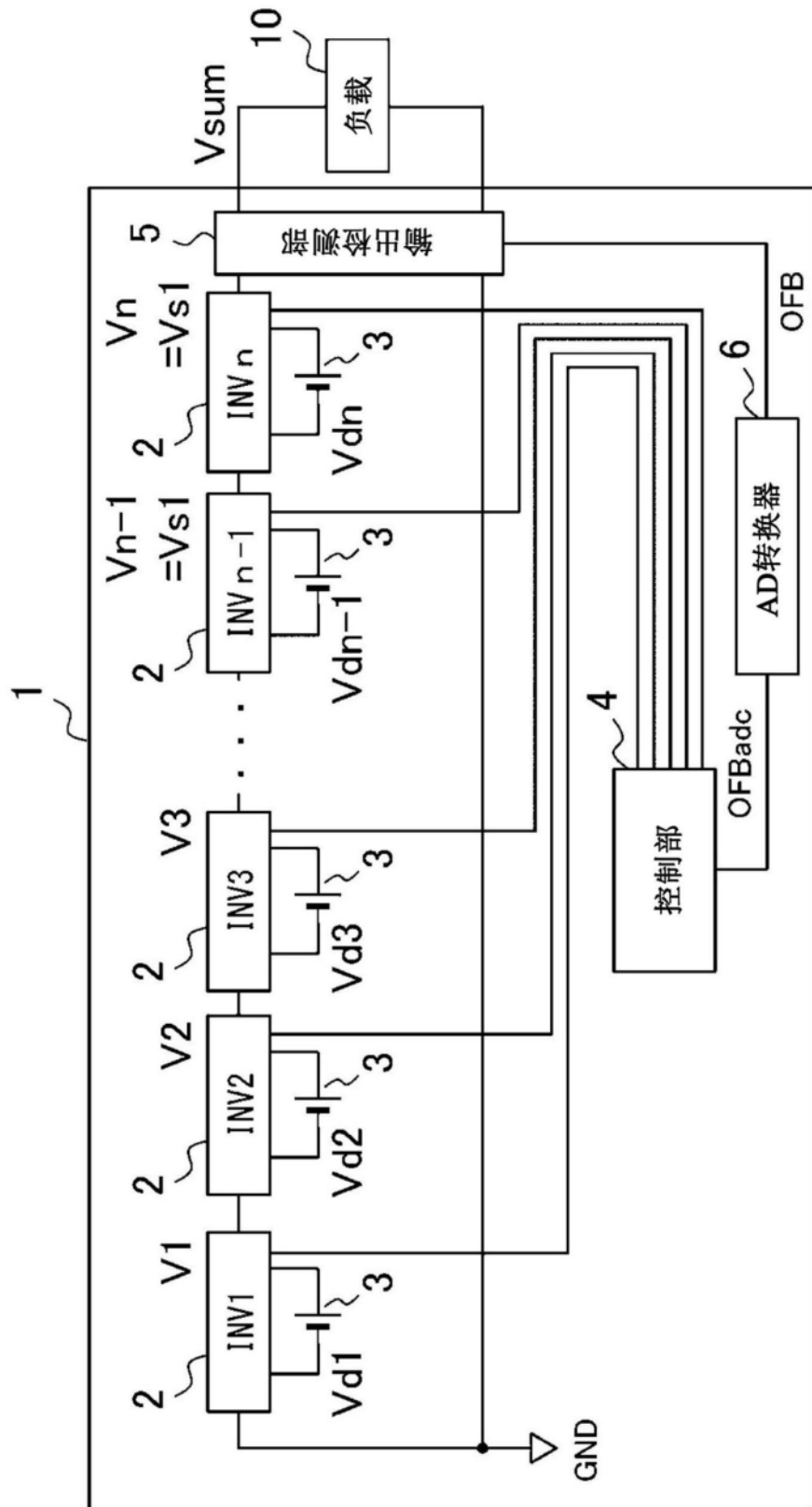


图16

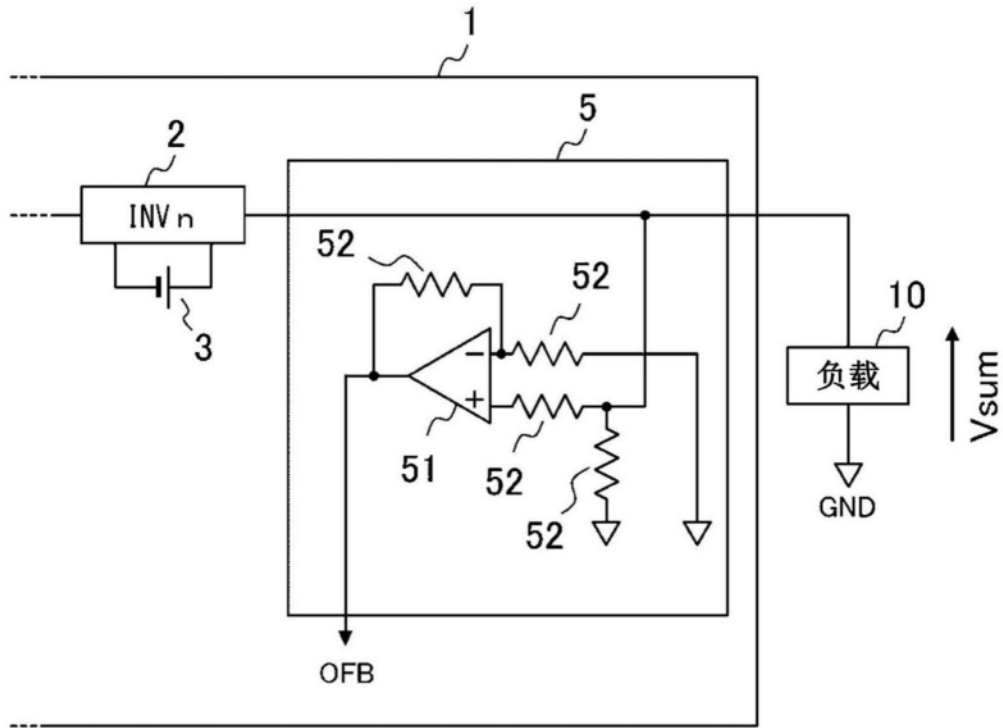


图17

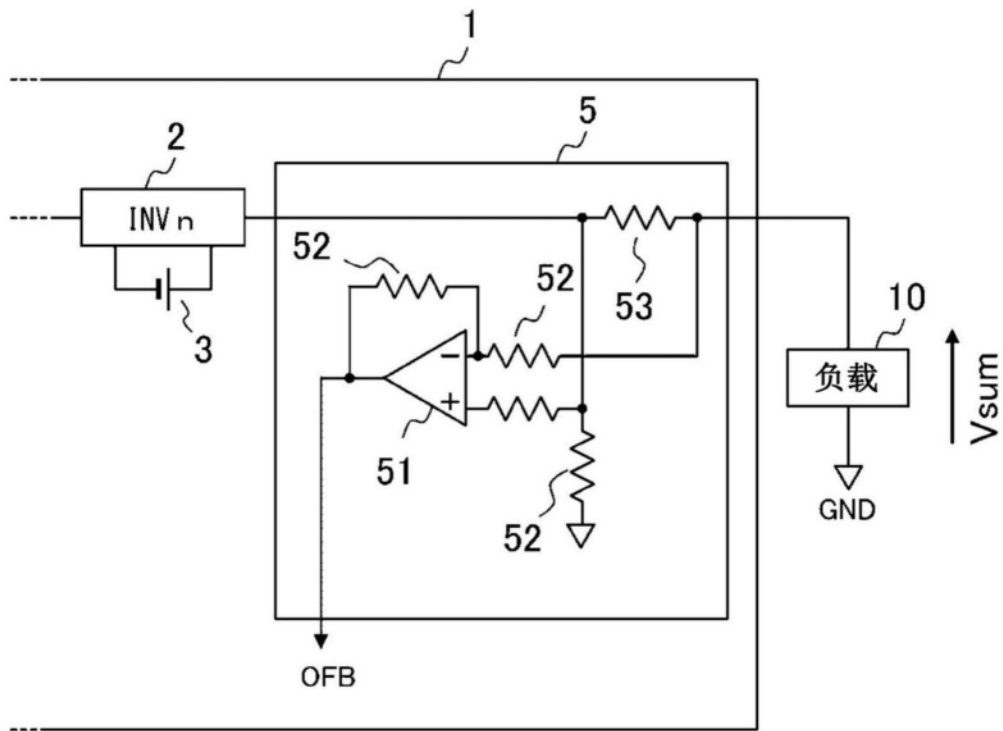


图18

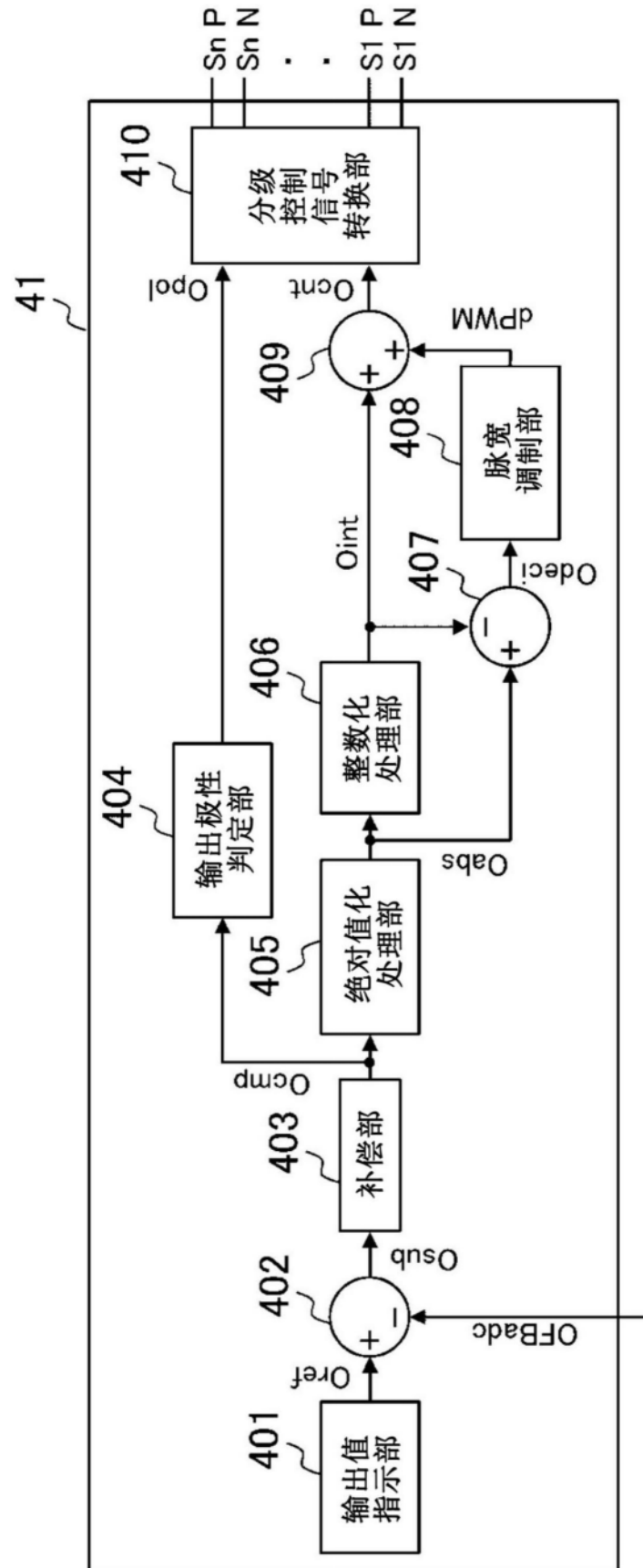


图19

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	11.81V	23.63V	47.27V	47.27V
	比率			
	1	2	4	4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	1	1
9	1	0	1	1
10	0	1	1	1
11	1	1	1	1

图20

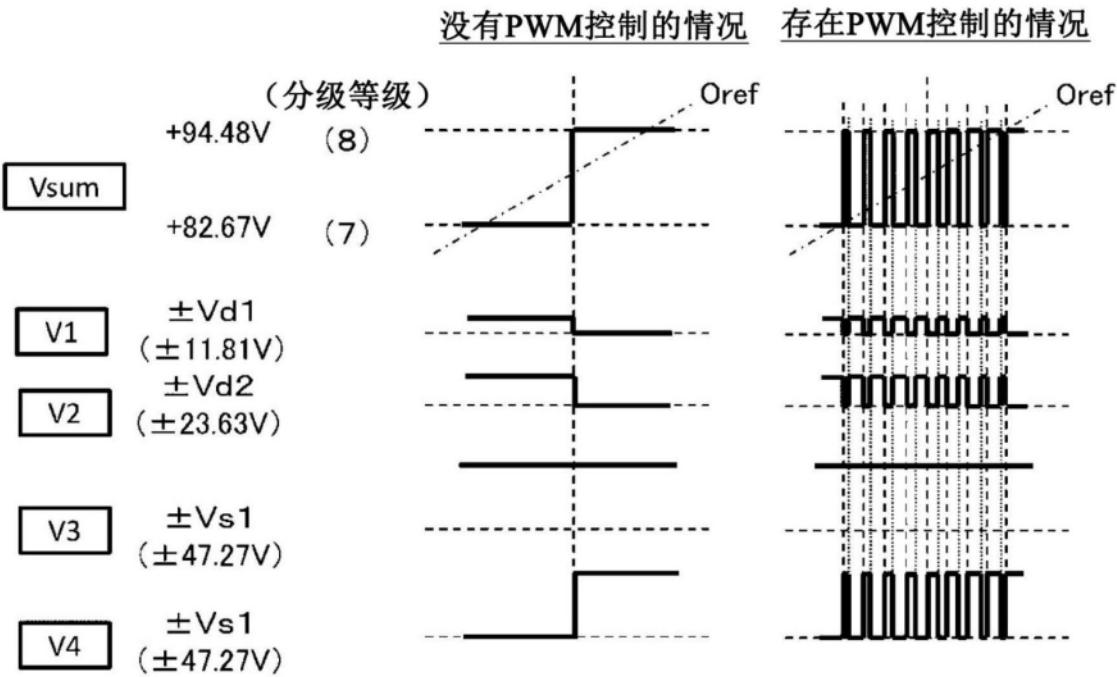


图21

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	11.81V	23.63V	47.27V	47.27V
	比率			
	1	2	4	4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	1	1
9	1	0	1	1
10	0	1	1	1
11	1	1	1	1

图22

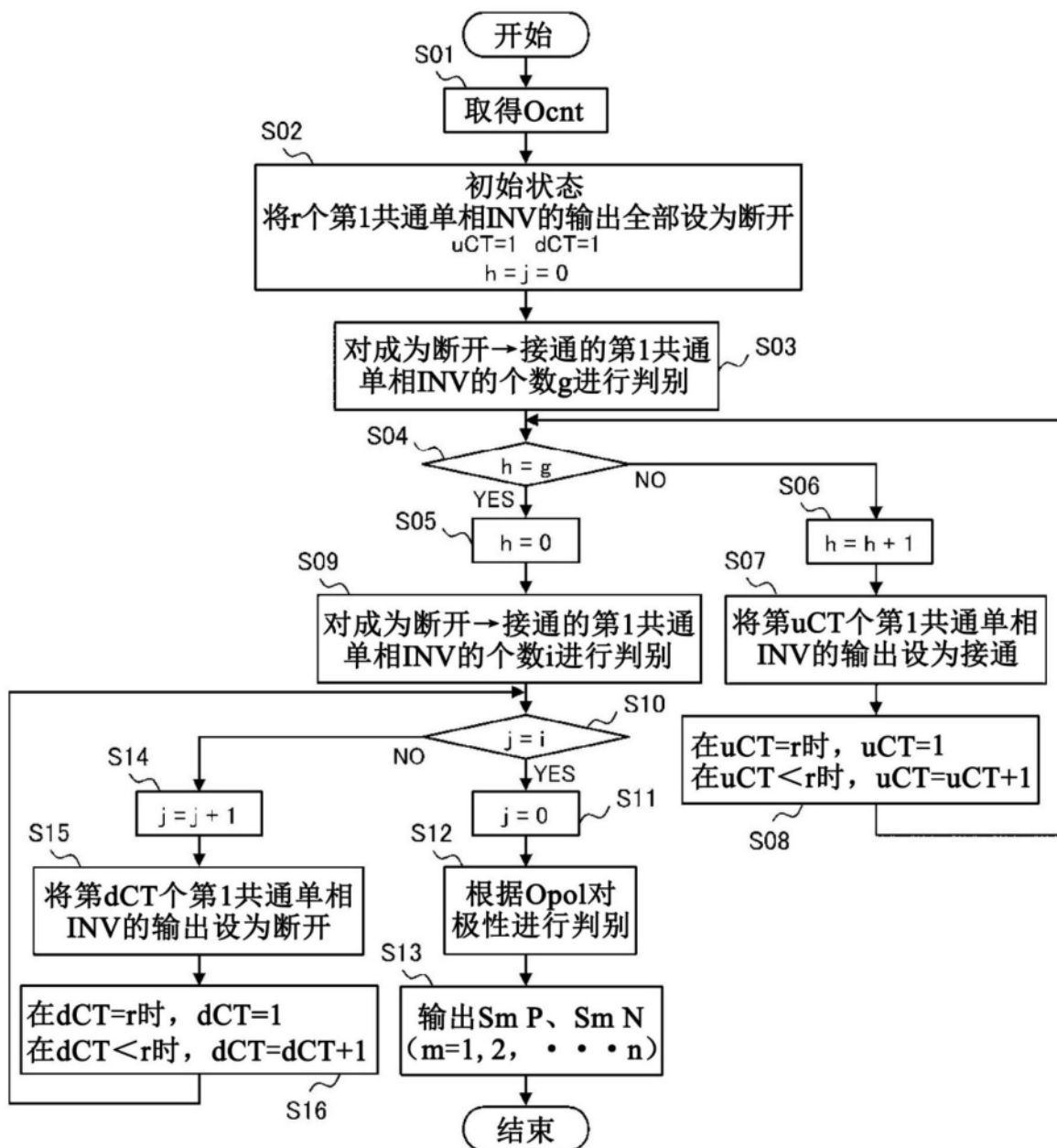


图23

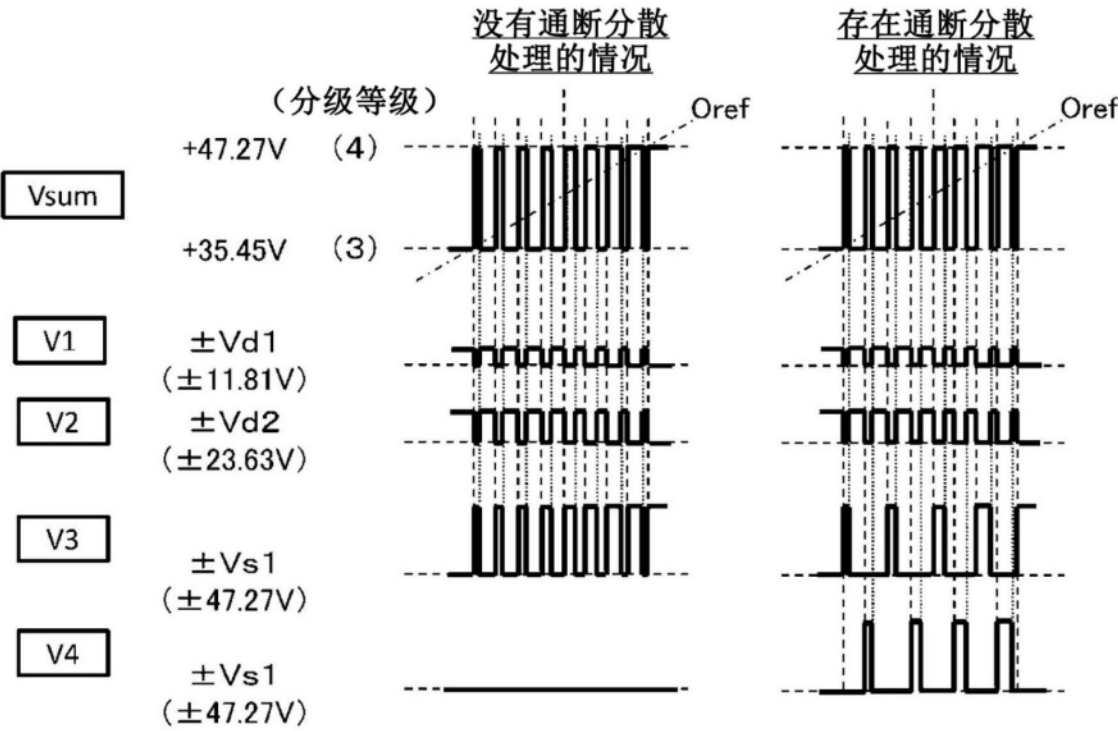


图24

分级等级	V 1	V2	V3	V4
	11.81V	23.63V	47.27V	47.27V
	比率			
	1	2	4	4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	1	1
9	1	0	1	1
10	0	1	1	1
11	1	1	1	1

图25

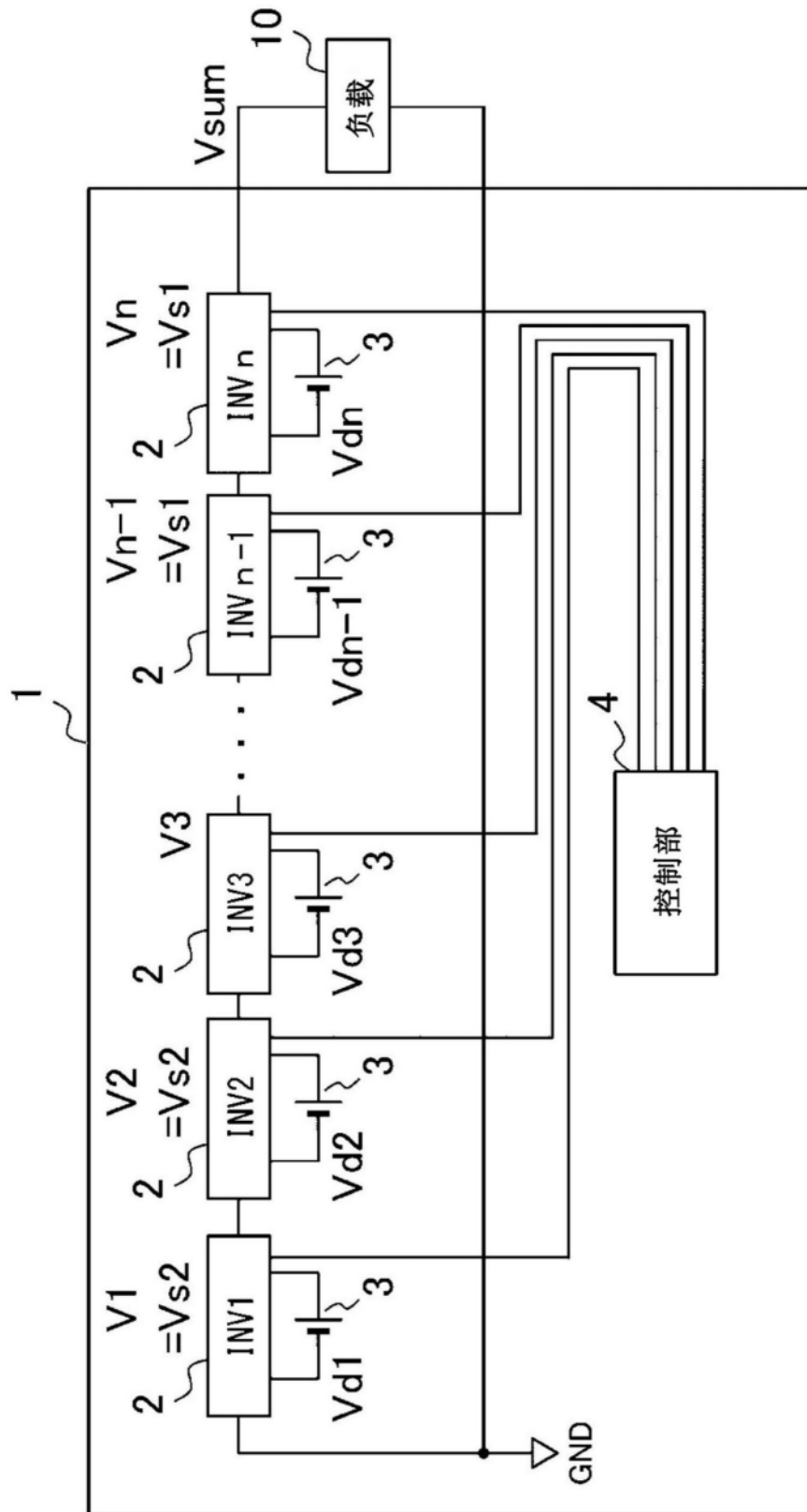


图27

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	16.25V	16.25V	48.75V	48.75V
	比率			
	1	1	3	3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	0	1	0
4	1	0	1	0
5	1	1	1	0
6	0	0	1	1
7	1	0	1	1
8	1	1	1	1

图28

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例24	11	1	1	1	4	4	11.82	11.82	11.82	47.27	47.27
实施例25	11	1	1	3	3	3	11.82	11.82	35.45	35.45	35.45
实施例26	17	1	1	3	6	6	7.65	7.65	22.94	45.88	45.88
实施例27	17	1	1	1	7	7	7.65	7.65	7.65	53.53	53.53
实施例28	27	1	1	3	11	11	4.81	4.81	14.44	52.96	52.96
实施例29	17	1	1	5	5	5	7.65	7.65	38.24	38.24	38.24

图29

	最大分级 等级	V1~V5比率					V1~V5电压 (V)				
		V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
对比例	31	1	2	4	8	16	4.19	8.39	16.77	33.55	67.10
实施例30	17	1	2	2	6	6	7.65	15.29	15.29	45.88	45.88
实施例31	23	1	3	3	8	8	5.65	16.96	16.96	45.22	45.22
实施例32	27	1	2	2	11	11	4.81	9.63	9.63	52.96	52.96
实施例33	37	1	3	3	15	15	3.51	10.54	10.54	52.70	52.70

图30

分级 等级	V 1	V2	V3	V4
	16.25V	16.25V	48.75V	48.75V
	比率			
	1	1	3	3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	0	1	0
4	1	0	1	0
5	1	1	1	0
6	0	0	1	1
7	1	0	1	1
8	1	1	1	1

图31

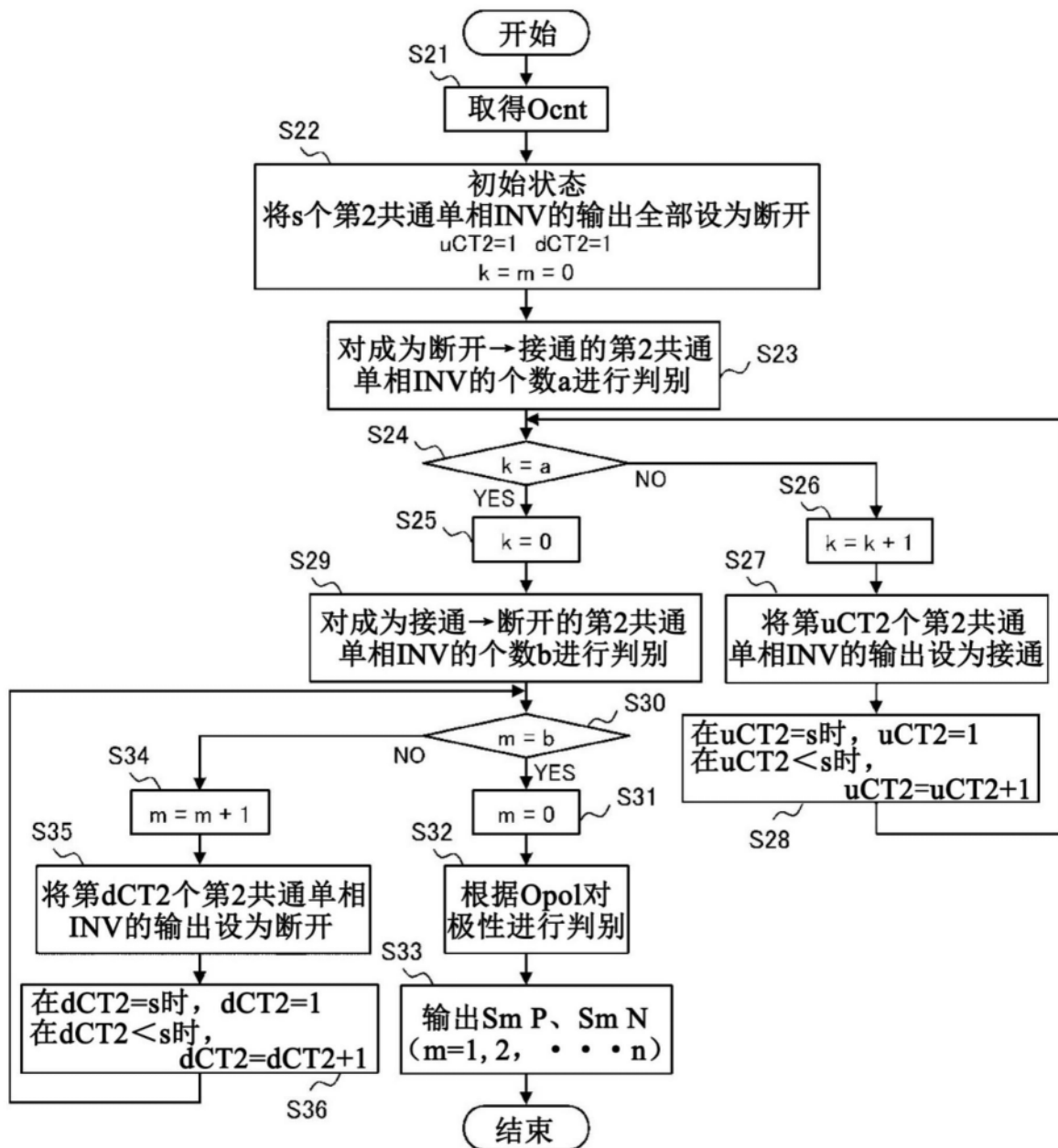


图32

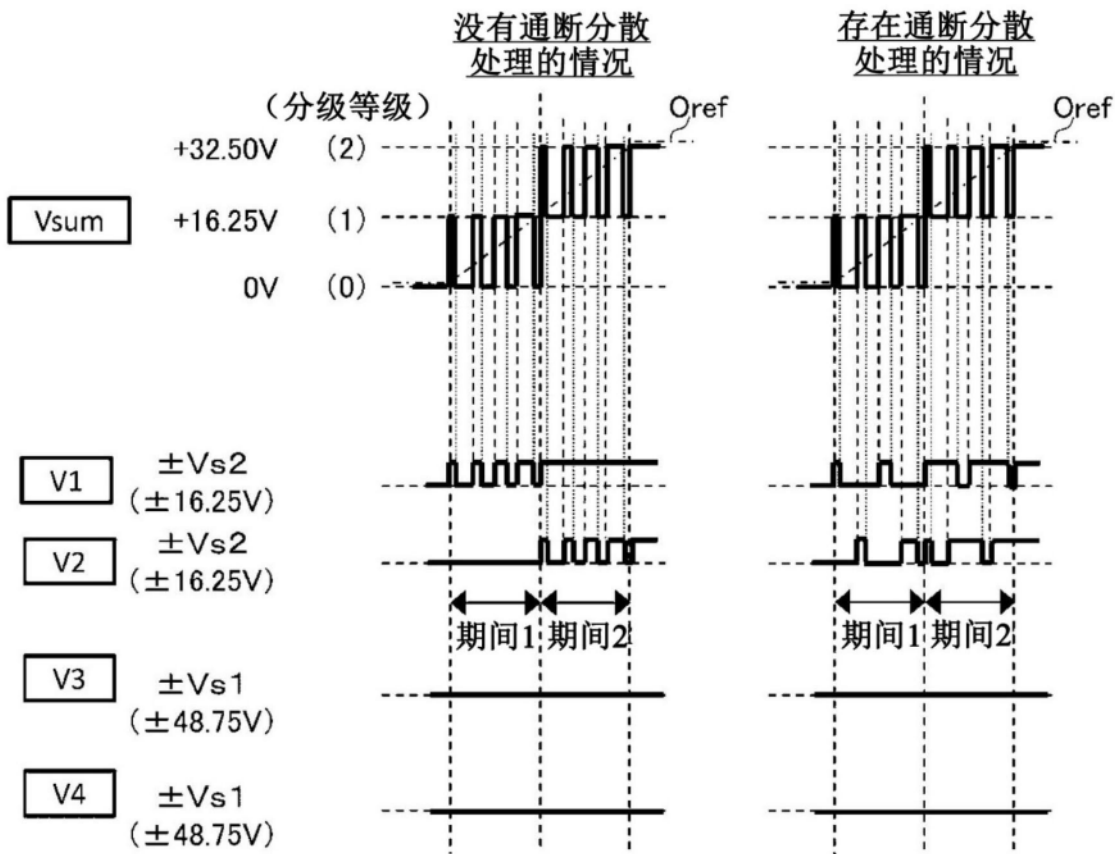


图33

第2共通单相 INV通断分散		分级等级				比率				第1共通单相 INV通断分散	
		V1	V2	V3	V4						
		16.25V	16.25V	48.75V	48.75V						
		1	1	3	3						
第1G	0	0	0	0	0	第4G	0	0	第5G	0	0
	1	1	0	0	0		0	0		0	0
	2	1	1	0	0		0	0		0	0
第2G	3	0	0	1	0	第5G	1	0		1	0
	4	1	0	1	0		1	0		1	0
	5	1	1	1	0		1	0		1	0
第3G	6	0	0	1	1	第5G	1	1		1	1
	7	1	0	1	1		1	1		1	1
	8	1	1	1	1		1	1		1	1

图34

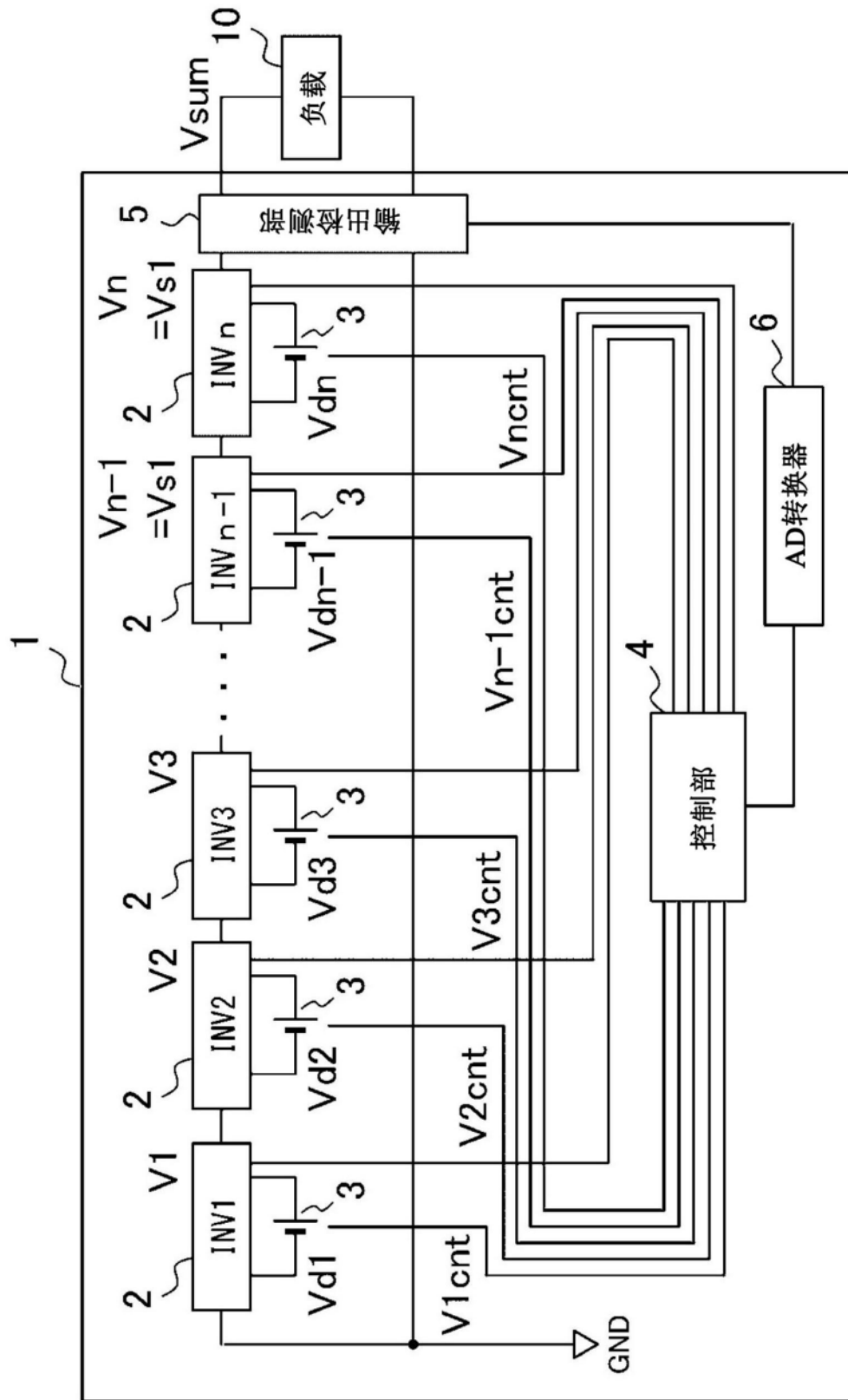


图35

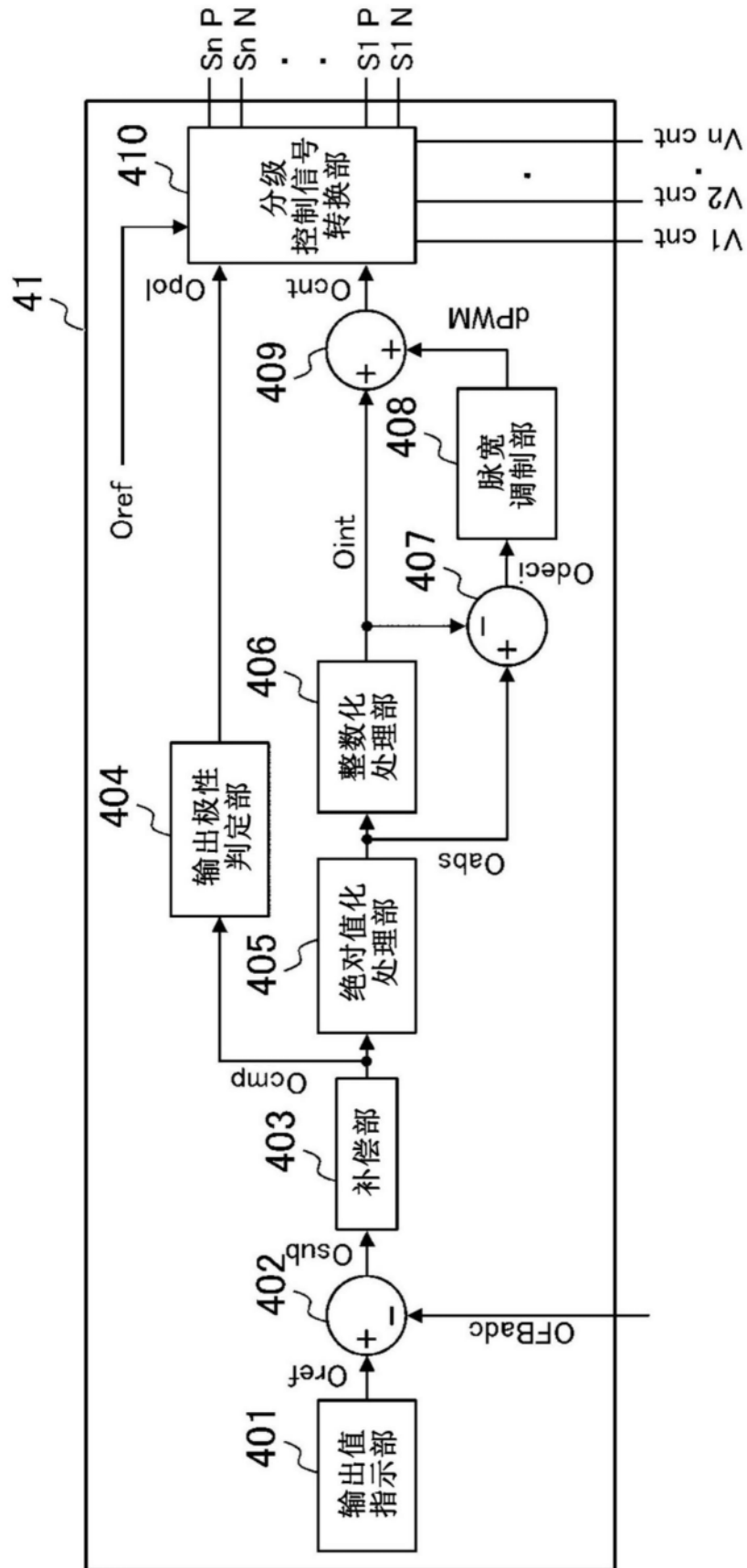


图36

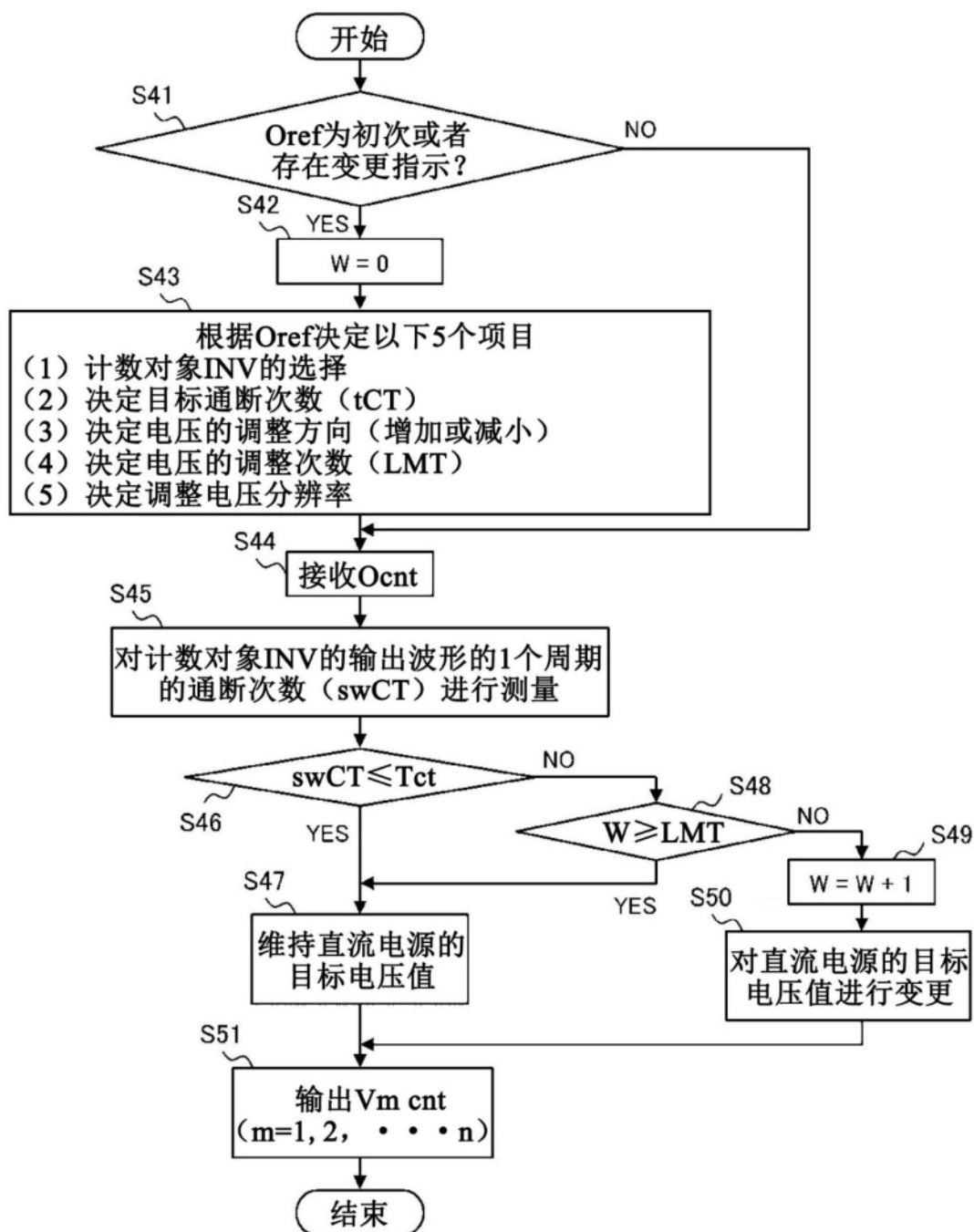


图37

分级 等级	电压绝对值	V 1	V 2	V 3	V 4
	(A) 初次	11.81V	23.63V	47.27V	47.27V
	(B) 调整后	13.18V	26.36V	52.72V	52.72V
	比率	1	2	4	4
0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	0	0
3	1	1	1	0	0
4	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	0
6	0	1	1	1	0
7	1	1	1	1	0
8	0	0	1	1	1
9	1	0	1	1	1
10	0	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1

初次	调整后
Vsum最大值	
130V	145V
Vsum	
59.09	65.91
70.91	79.09
82.73	92.27
94.55	105.45
106.36	118.64

图38

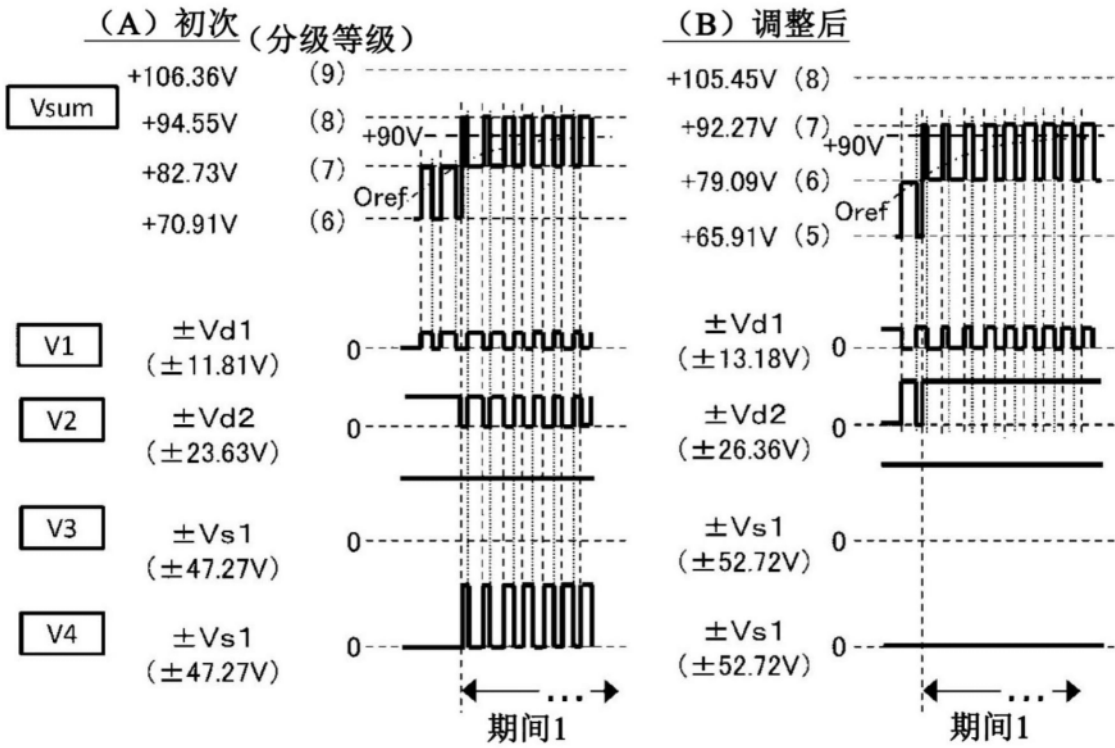


图39

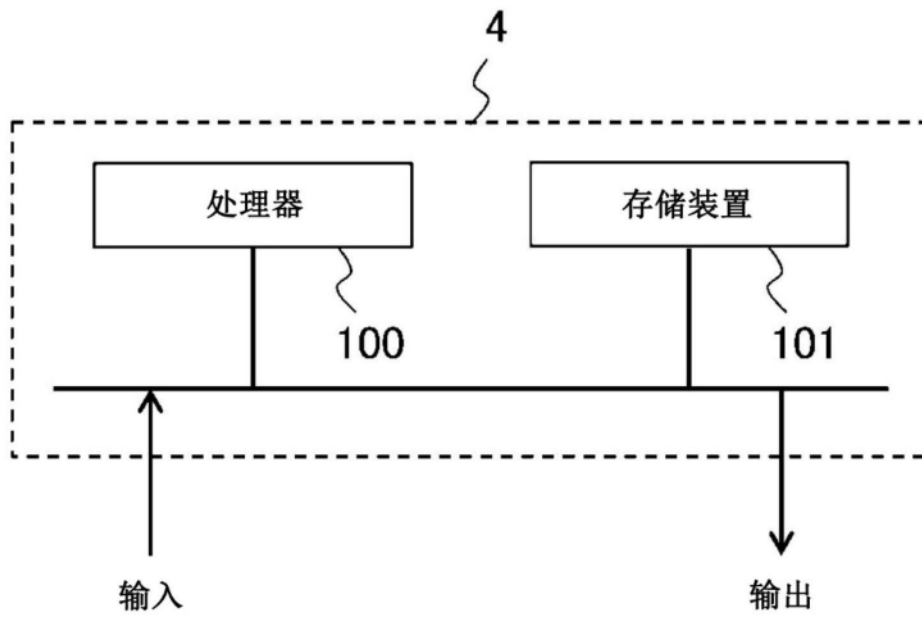


图40