



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118901200 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 05

(21) 申请号 202380028590.6

(22) 申请日 2023.03.20

(30) 优先权数据

2022-050627 2022.03.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/010992 2023.03.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/182303 JA 2023.09.28

(71) 申请人 新唐科技日本株式会社

地址 日本

(72) 发明人 福田大祐 石井卓也 黑岛伸一

江村纪章

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 蒋巍

(51) Int.Cl.

H02P 27/08 (2006.01)

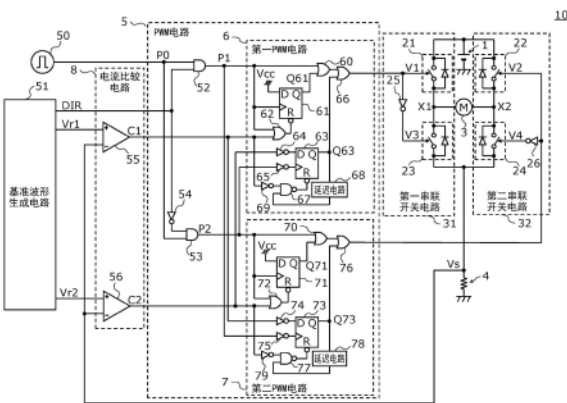
权利要求书2页 说明书16页 附图10页

(54) 发明名称

电机驱动装置

(57) 摘要

电机驱动装置(10)具有生成基准脉冲信号的基准脉冲生成电路(50)、输出与电机电流对应的电流信号的电流检测部、以及生成基准波形信号的生成电路(51)、比较电流信号和基准波形信号的电流比较电路(8)以及输出第一驱动信号和第二驱动信号的PWM电路(5),第一驱动信号包括第一脉冲,所述第一脉冲与基准脉冲信号的开始同步开始,在从基准脉冲信号的开头起经过脉冲持续时间之后且在电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值时结束,第二驱动信号包括第二脉冲,所述第二脉冲是在脉冲持续时间内电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值的情况下,在第一脉冲结束之后开始,并至少在电流信号的绝对值低于基准波形信号的绝对值之前的期间持续。



1. 一种电机驱动装置,对电机进行驱动,其中,具有:

第一串联开关电路,包括第一高侧开关元件和第一低侧开关元件;

第二串联开关电路,包括第二高侧开关元件和第二低侧开关元件,与所述第一串联开关电路并联连接;

基准脉冲生成电路,以规定的周期生成具有大于零的脉冲持续时间的基准脉冲信号;

电流检测部,输出与流过所述电机的电流即电机电流对应的电流信号;

基准波形生成电路,生成与所述电机电流的控制目标值对应的基准波形信号;

电流比较电路,将所述电流信号与所述基准波形信号进行比较,生成比较信号;以及

PWM电路,输入所述基准脉冲信号、所述基准波形信号和所述比较信号,输出第一驱动信号和第二驱动信号,所述PWM电路是脉冲宽度调制电路,

在第一连接点和第二连接点之间连接有所述电机,第一连接点是所述第一高侧开关元件和所述第一低侧开关元件的连接点,所述第二连接点是所述第二高侧开关元件和所述第二低侧开关元件的连接点,

所述第一驱动信号包括第一脉冲,所述第一脉冲与所述基准脉冲信号的开始同步开始,在从所述基准脉冲信号的开头起经过所述脉冲持续时间之后且在所述电流信号的绝对值超过所述基准波形信号的绝对值时结束,

所述第二驱动信号包括第二脉冲,所述第二脉冲在所述电流信号的绝对值在所述脉冲持续时间内超过所述基准波形信号的绝对值的情况下,在所述第一脉冲结束之后开始,并至少在所述电流信号的绝对值低于所述基准波形信号的绝对值之前的期间持续,

所述PWM电路,

在所述电机电流主要从所述第一连接点流向所述第二连接点的第一期间,向所述第一串联开关电路输出所述第一驱动信号,并向所述第二串联开关电路输出所述第二驱动信号,

在所述电机电流主要从所述第二连接点流向所述第一连接点的第二期间,向所述第一串联开关电路输出所述第二驱动信号,并向所述第二串联开关电路输出所述第一驱动信号。

2. 根据权利要求1所述的电机驱动装置,其中,

所述基准波形信号包括第一基准波形信号和第二基准波形信号,所述第一基准波形信号以基准振幅向正负周期性地振动,所述第二基准波形信号相对于所述第一基准波形信号为相反相位,并以所述基准振幅向正负周期性地振动,

所述比较信号包括第一比较信号和第二比较信号,

所述电流比较电路具有:第一比较电路,比较所述电流信号和所述第一基准波形信号并生成所述第一比较信号;以及第二比较电路,比较所述电流信号和所述第二基准波形信号并生成所述第二比较信号,

所述PWM电路具有:

第一脉冲输出电路,输入所述基准脉冲信号,输出包括在所述第一期间输出的脉冲的第一基准脉冲信号;

第二脉冲输出电路,输入所述基准脉冲信号,输出包括在所述第二期间输出的脉冲的第二基准脉冲信号;

第一PWM电路,基于所述第一比较信号、所述第二比较信号、所述第一基准脉冲信号和所述第二基准脉冲信号,在所述第一期间,对所述第一串联开关电路输出所述第一驱动信号,在所述第二期间,输出所述第二驱动信号;

第二PWM电路,基于所述第一比较信号、所述第二比较信号、所述第一基准脉冲信号和所述第二基准脉冲信号,在所述第一期间,对所述第二串联开关电路输出所述第二驱动信号,在所述第二期间,输出所述第一驱动信号。

3. 根据权利要求1所述的电机驱动装置,其中,

所述基准波形生成电路生成信号电平为0以上的基准波形信号,

所述PWM电路具有:

第一切换电路,在所述第一期间向所述第一串联开关电路输出所述第一驱动信号,在所述第二期间向所述第二串联开关电路输出所述第一驱动信号;以及

第二切换电路,在所述第一期间向所述第二串联开关电路输出所述第二驱动信号,在所述第二期间向所述第一串联开关电路输出所述第二驱动信号,

所述电流比较电路在所述第二驱动信号接通所述第一高侧开关元件或所述第二高侧开关元件的情况下,等效地比较所述电流信号和将所述基准波形信号反转为负的信号。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的电机驱动装置,其中,

所述基准波形生成电路向所述PWM电路输出控制所述电机电流的方向的极性指示信号。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的电机驱动装置,其中,

在从所述基准脉冲信号的开始起在所述脉冲持续时间以内所述电流信号的绝对值不超过所述基准波形信号的绝对值的情况下,所述第二驱动信号不包括脉冲。

电机驱动装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种电机驱动装置。

背景技术

[0002] 在电机驱动装置中,要求低噪音、低振动。以低噪音、低振动来驱动电机的电机驱动装置例如有专利文献1所公开的电机驱动装置。专利文献1的电机驱动装置使用电阻来检测由于开关元件的开关动作而流过电机线圈的电流,并且对该电流进行PWM(Pulse Width Modulation:脉冲宽度调制)控制,使得该检测电压的峰值追随基准电压,从而实现低噪音、低振动。这里,基准电压是设定流过电机线圈的电流的目标值的电压。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2007-6563号公报

发明内容

[0006] 本发明要解决的问题

[0007] 在上述现有技术中,需要屏蔽期间,该屏蔽期间是忽略开关元件的接通时的浪涌电流的期间,即停止PWM控制的期间。该屏蔽期间需要设定为用于覆盖可能产生浪涌电流的期间的足够长的期间即最小接通期间,因此不能被缩短到规定的时间以下。通过设置这样的屏蔽期间,在流过电机线圈的电流变为零的零交叉点附近,电流可能超过目标值。因此,专利文献1中还公开了基于在零交叉点附近切换开关动作模式的对策。然而,最小接通期间的设定根据开关元件的特性而不同,由于根据开关元件驱动电路的通用性而将最小接通期间设定得较长且留有余地,因此在零交叉点附近电流波形偏离目标波形的上述问题变得明显。

[0008] 本公开解决了这样的问题,提供一种能够使零交叉点附近的电流波形准确地追随目标波形的电机驱动装置。

[0009] 解决问题的手段

[0010] 鉴于以上情况,本公开的电机驱动装置是驱动电机的电机驱动装置,具有:第一串联开关电路,包括第一高侧开关元件和第一低侧开关元件;第二串联开关电路,包括第二高侧开关元件和第二低侧开关元件,与所述第一串联开关电路并联连接;基准脉冲生成电路,以规定的周期生成具有大于零的脉冲持续时间的基准脉冲信号;电流检测部,输出与流过所述电机的电流即电机电流对应的电流信号;基准波形生成电路,生成与所述电机电流的控制目标值对应的基准波形信号;电流比较电路,将所述电流信号与所述基准波形信号进行比较,生成比较信号;以及PWM电路,输入所述基准脉冲信号、所述基准波形信号和所述比较信号,输出第一驱动信号和第二驱动信号,在作为所述第一高侧开关元件和所述第一低侧开关元件之间的连接点的第一连接点、以及作为所述第二高侧开关元件和所述第二低侧开关元件之间的连接点的第二连接点之间,连接有所述电机,所述第一驱动信号包括第一

脉冲,所述第一脉冲与所述基准脉冲信号的开始同步开始,在从所述基准脉冲信号的开头起经过所述脉冲持续时间之后且在所述电流信号的绝对值超过所述基准波形信号的绝对值时结束,所述第二驱动信号包括第二脉冲,所述第二脉冲在所述脉冲持续时间内所述电流信号的绝对值超过所述基准波形信号的绝对值的情况下,在所述第一脉冲结束之后开始,并至少在所述电流信号的绝对值低于所述基准波形信号的绝对值之前的期间持续,所述PWM电路,在所述电机电流主要从所述第一连接点流向所述第二连接点的第一期间,向所述第一串联开关电路输出所述第一驱动信号,并向所述第二串联开关电路输出所述第二驱动信号,在所述电机电流主要从所述第二连接点流向所述第一连接点的第二期间,向所述第一串联开关电路输出所述第二驱动信号,并向所述第二串联开关电路输出所述第一驱动信号。

[0011] 发明的效果

[0012] 根据本公开,能够提供一种能够使零交叉点附近的电流波形准确地追随目标波形的电机驱动装置。

附图说明

[0013] 图1A是实施方式1的电机驱动装置的电路结构图。

[0014] 图1B是表示实施方式1的极性指示信号、第一基准波形信号以及第二基准波形信号的波形的一例的曲线图。

[0015] 图2是表示图1B的区间A1和A2中的各信号的波形的一例的曲线图。

[0016] 图3A是表示图1B的区间A1中的各开关元件的状态和电流的路径的状态图。

[0017] 图3B是表示图1B的区间A2中的各开关元件的状态和电流的路径的状态图。

[0018] 图4是表示图1B的区间B中的各信号的波形的一例的曲线图。

[0019] 图5是表示图1B的区间B中的各开关元件的状态和流动电流的路径的状态图。

[0020] 图6是表示图1B的区间C中的各信号的波形的一例的曲线图。

[0021] 图7A是实施方式2的电机驱动装置的电路结构图。

[0022] 图7B是表示实施方式2的极性指示信号和基准波形信号的波形的一例的曲线图。

[0023] 图8是表示图7B的区间A1和A2中的各信号的波形的一例的曲线图。

[0024] 图9是表示图7B的区间B中的各信号的波形的一例的曲线图。

[0025] 图10是表示图7B的区间C中的各信号的波形的一例的曲线图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图说明本公开的实施方式。另外,以下说明的实施方式均代表本公开的一个具体例。因此,以下实施方式中示出的数值、形状、材料、构成元素、构成元素的配置位置和连接方式仅是一例,其主旨并非限定本公开。

[0027] 另外,各图均为示意图,并不一定严格地图示。因此,各图中的比例尺等不一定一致。另外,在各图中,对实质上相同的结构标注相同的附图标记,并省略或简化重复的说明。

[0028] (实施方式1)

[0029] 对实施方式1的电机驱动装置进行说明。首先,使用图1A来说明本实施方式的电机驱动装置的电路结构。图1A是本实施方式的电机驱动装置10的电路结构图。图1A还一并示

出了由电机驱动装置10驱动的电机电3和向电机驱动装置10供给直流电力的输入电源1。

[0030] 如图1A所示,输入电源1在电源线和地线之间供给电源电压 V_{cc} 。输入电源1例如是电池。

[0031] 电机驱动装置10是驱动电机3的装置。电机驱动装置10具有第一串联开关电路31、第二串联开关电路32、基准脉冲生成电路50、电流检测电阻4、PWM电路5、基准波形生成电路51和电流比较电路8。

[0032] 第一串联开关电路31是包括第一高侧开关元件21和第一低侧开关元件23的串联电路。第一高侧开关元件21和第一低侧开关元件23在第一连接点X1处串联连接。第一连接点X1是第一高侧开关元件21和第一低侧开关元件23之间的连接点。在本实施方式中,第一串联开关电路31还具有反相器25。反相器25连接在第一低侧开关元件23的控制端子和第一高侧开关元件21的控制端子之间,将输入到第一高侧开关元件21的控制端子的驱动信号V1的反转信号即驱动信号V3输入第一低侧开关元件23的控制端子。

[0033] 第二串联开关电路32是包括第二高侧开关元件22和第二低侧开关元件24,且与第一串联开关电路31并联连接的串联电路。第二高侧开关元件22和第二低侧开关元件24在第二连接点X2处串联连接。第二连接点X2是第二高侧开关元件22和第二低侧开关元件24之间的连接点。第一高侧开关元件21和第二高侧开关元件22通过电源线连接,第一低侧开关元件23和第二低侧开关元件24连接。在本实施方式中,第二串联开关电路32还具有反相器26。反相器26连接在第二低侧开关元件24的控制端子和第二高侧开关元件22的控制端子之间,将输入到第二高侧开关元件22的控制端子的驱动信号V2的反转信号即驱动信号V4输入到第二低侧开关元件24的控制端子。

[0034] 第一高侧开关元件21、第二高侧开关元件22、第一低侧开关元件23和第二低侧开关元件24的结构没有特别限定。作为各开关元件,例如能够使用N沟道MOSFET。另外,通过将输入到各开关元件的控制端子的信号反转,作为各开关元件还能够使用P沟道MOSFET。在本公开中,作为具有主体二极管并且当高电平(即,H电平)的驱动信号施加到控制端子时第一端子-第二端子之间导通而变为接通状态的理想开关,对各开关元件进行说明。

[0035] 在包括第一串联开关电路31和第二串联开关电路32的桥式电路的第一连接点X1和第二连接点X2之间连接有电机3。

[0036] 电流检测电阻4是电流检测部的一例,该电流检测部输出与作为流过电机3的电流的电机电流 I_L 对应的电流信号。在本实施方式中,电流检测电阻4是连接在第一低侧开关元件23和第二低侧开关元件24的连接点与地线之间的电阻元件。以下,将电流检测电阻4的电阻值表示为 R_s 。

[0037] 如上所述,在电源线和地线 R_u 之间连接有包括第一串联开关电路31和第二串联开关电路32的桥式电路、电机3以及电流检测电阻4。

[0038] 根据如上所述的驱动信号V1~V4,各高侧开关元件和各低侧开关元件交替地通断,实际上为了防止成为开关时同时导通的电源接地,设置有称为死时间的期间,该死时间是各高侧开关元件和各低侧开关元件共同变为断开状态的期间。或者,还有设置使得各高侧开关元件和各低侧开关元件共同变为断开状态的期间的动作模式。然而,这样的动作是众所周知的技术,而不是本公开的要点。因此,在本公开中,为了避免说明变得繁琐,省略了这样的动作的图示和说明,作为各高侧开关元件和各低侧开关元件同时且交替地通断。

[0039] 基准脉冲生成电路50是以规定的周期生成具有大于零的脉冲持续时间(即,脉冲宽度)的基准脉冲信号P0的电路。该脉冲持续时间也称为最小接通期间。脉冲持续时间和规定的周期没有特别限定。在本实施方式中,脉冲持续时间为 $2\mu\text{s}$,规定的周期为 $10\mu\text{s}$ 。

[0040] 基准波形生成电路51是生成与电机电流IL的控制目标值对应的基准波形信号的电路。在本实施方式中,基准波形信号包括第一基准波形信号和第二基准波形信号。根据电机3的旋转位置,生成第一基准波形信号Vr1即流向从第一连接点X1朝向第二连接点X2的方向(以下也称为正向)的电机电流IL的控制目标波形、第二基准波形信号Vr2即流向从第二连接点X2朝向第一连接点X1的方向(以下也称为负向)的电机电流的控制目标波形、以及表示电机电流IL流向的极性的极性指示信号DIR。极性指示信号DIR是控制电机电流IL的方向的信号。极性指示信号DIR输出至PWM电路5。在本实施方式中,在极性指示信号DIR处于高电平的情况下,电机电流IL为正向,在极性指示信号DIR处于低电平(即,L电平)的情况下,电机电流IL为负向。即,极性指示信号DIR处于高电平的期间主要对应于电机电流IL从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间。极性指示信号DIR处于低电平的期间主要对应于电机电流IL从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间。

[0041] 这里,使用图1B说明极性指示信号DIR、第一基准波形信号Vr1和第二基准波形信号Vr2。图1B是表示本实施方式的极性指示信号DIR、第一基准波形信号Vr1和第二基准波形信号Vr2的波形的一例的曲线图。图1B的曲线图(a)是表示极性指示信号DIR的波形的曲线图。图1B的曲线图(b)是表示第一基准波形信号Vr1和第二基准波形信号Vr2的波形的曲线图。各曲线图的横轴表示时间。在曲线图(b)中,实线曲线表示第一基准波形信号Vr1的波形,虚线曲线表示第二基准波形信号Vr2的波形。

[0042] 如图1B所示,第一基准波形信号Vr1是以基准振幅向正负周期性地振动的信号。第二基准波形信号Vr2是相对于第一基准波形信号Vr1以相反相位并以基准振幅向正负周期性地振动的信号。即,第二基准波形信号Vr2是使第一基准波形信号Vr1的正负反转的信号。在图1B所示的示例中,各基准波形信号是梯形波,但也可以是正弦波等波形。另外,各开关元件的开关周期比各基准波形信号的周期充分短,在下文中,以在开关动作的数个周期中各基准波形信号为恒定值来说明。

[0043] 电流比较电路8是比较电流信号和基准波形信号并生成比较信号的电路。在本实施方式中,比较信号包括第一比较信号C1和第二比较信号C2,电流比较电路8具有第一比较电路55和第二比较电路56,所述第一比较电路55比较电流信号和第一基准波形信号Vr1,生成第一比较信号C1,所述第二比较电路56比较电流信号和第二基准波形信号Vr2,并生成第二比较信号C2。作为电流信号,电流检测电阻4的电流检测电压Vs被输入到各比较电路。由于各比较电路具有如上所述的结构,所以第一比较信号C1发生反转是在电机电流IL为第一目标波形值Vr1/Rs时,第二比较信号C2发生反转是在电机电流IL为第二目标波形值Vr2/Rs时。作为第一比较电路55和第二比较电路56,例如能够使用差动放大电路等。

[0044] PWM电路5是输入基准脉冲信号、基准波形信号以及比较信号,并输出第一驱动信号和第二驱动信号的电路。PWM电路5在电机电流IL主要从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间,向第一串联开关电路31输出第一驱动信号,并向第二串联开关电路32输出第二驱动信号。另外,PWM电路5在电机电流IL主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间,向第一串联开关电路31输出第二驱动信号,并向第二串联开关电路32输出第一驱动

信号。

[0045] 第一驱动信号包括第一脉冲,所述第一脉冲与基准脉冲信号的开始同步开始,在从基准脉冲信号的开头起经过脉冲持续时间之后且在电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值时结束。在本实施方式中,第一脉冲包括如下第一脉冲,即,跟随基准脉冲信号的升高而升高,从升高起经过基准脉冲信号的脉冲持续时间之后,在电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值时下降。

[0046] 第二驱动信号包括第二脉冲,所述第二脉冲在基准脉冲信号的脉冲持续时间以内电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值的情况下,在第一脉冲结束之后开始,并至少在电流信号的绝对值低于基准波形信号的绝对值之前的期间持续。当在基准脉冲信号的脉冲持续时间以内电流信号的绝对值没有超过基准波形信号的绝对值的情况下,第二驱动信号不包括脉冲。在本实施方式中,在基准脉冲信号的脉冲持续时间以内电流信号的绝对值没有超过基准波形信号的绝对值的情况下,第二驱动信号维持在低电平。当在基准脉冲信号的脉冲持续时间以内电流信号的绝对值超过基准波形信号的绝对值的情况下,第二驱动信号在第一脉冲结束后第二脉冲升高。

[0047] 在本实施方式中,PWM电路5具有第一脉冲输出电路52、第二脉冲输出电路53、第一PWM电路6和第二PWM电路7。

[0048] 第一脉冲输出电路52是输入基准脉冲信号P0并输出第一基准脉冲信号P1的电路,所述第一基准脉冲信号P1包括电机电流IL主要在从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间输出的脉冲。在本实施方式中,第一脉冲输出电路52输入基准脉冲信号P0和极性指示信号DIR,并输出第一基准脉冲信号P1。作为第一脉冲输出电路52,例如能够使用AND电路。

[0049] 第二脉冲输出电路53是输入基准脉冲信号P0并输出第二基准脉冲信号P2的电路,所述第二基准脉冲信号P2包括在电机电流IL主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间输出的脉冲。在本实施方式中,第二脉冲输出电路53输入基准脉冲信号P0和极性指示信号DIR的反转信号,并输出第二基准脉冲信号P2。作为第二脉冲输出电路53,例如能够使用AND电路。在本实施方式中,极性指示信号DIR的反转信号通过将极性指示信号DIR输入到反相器54来得到。

[0050] 第一PWM电路6是基于第一比较信号C1、第二比较信号C2、第一基准脉冲信号P1和第二基准脉冲信号P2,在电机电流IL主要从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间向第一串联开关电路31输出第一驱动信号,并且在电机电流IL主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间输出第二驱动信号。从第一PWM电路6输出的信号相当于输入到第一高侧开关元件21的控制端子的驱动信号V1。

[0051] 第一PWM电路6具有OR电路60、62、66、D触发器61、63、反相器64、65、69、NAND电路67以及延迟电路68。

[0052] OR电路60被输入第一基准脉冲信号P1和D触发器61的输出信号Q61。

[0053] 在D触发器61中,对D端子施加控制电路电源电压Vcc,对时钟端子输入第一基准脉冲信号P1。

[0054] OR电路62被输入第一基准脉冲信号P1和第一比较信号C1。OR电路62的输出被输入到D触发器61的复位端子。

[0055] D触发器63经由反相器64对D端子输入第二比较信号C2的反转信号,经由反相器65对时钟端子输入第二基准脉冲信号P2的反转信号。

[0056] OR电路66被输入OR电路60的输出和D触发器63的输出信号Q63,并输出驱动信号V1。

[0057] NAND电路67被输入经由延迟电路68得到的D触发器63的输出信号Q63的延迟信号和经由反相器69得到的第一比较信号C1的反转信号。NAND电路67的输出被输入到D触发器63的复位端子。

[0058] 第二PWM电路7基于第一比较信号C1、第二比较信号C2、第一基准脉冲信号P1和第二基准脉冲信号P2,在电机电流IL主要从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间向第二串联开关电路32输出第二驱动信号,并且在电机电流IL主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间输出第一驱动信号。从第二PWM电路7输出的信号相当于输入到第二高侧开关元件22的控制端子的驱动信号V2。

[0059] 第二PWM电路7具有OR电路70、72、76、D触发器71、73、反相器74、75、79、NAND电路77以及延迟电路78。

[0060] OR电路70被输入第二基准脉冲信号P2和D触发器71的输出信号Q71。

[0061] 在D触发器71中,对D端子施加控制电路电源电压Vcc,对时钟端子输入第二基准脉冲信号P2。

[0062] OR电路72被输入第二基准脉冲信号P2和第二比较信号C2。OR电路72的输出被输入到D触发器71的复位端子。

[0063] D触发器73经由反相器74对D端子输入第一比较信号C1的反转信号,经由反相器75对时钟端子输入第一基准脉冲信号P1的反转信号。

[0064] OR电路76被输入OR电路70的输出和D触发器73的输出信号Q73,并输出驱动信号V2。

[0065] NAND电路77被输入经由延迟电路78得到的D触发器73的输出信号Q73的延迟信号和经由反相器79得到的第二比较信号C2的反转信号。NAND电路77的输出被输入到D触发器73的复位端子。

[0066] 接着,说明本实施方式的电机驱动装置10的动作。首先,使用图1A~图3B说明电机驱动装置10在基准波形信号的峰值附近的动作。图2是表示图1B的区间A1和A2中的极性指示信号DIR、基准脉冲信号P0、第一比较信号C1、第二比较信号C2、D触发器61的输出信号Q61、D触发器63的输出信号Q63、D触发器71的输出信号Q71、D触发器73的输出信号Q73、驱动信号V1~V4、电流检测电压Vs和电机电流IL的波形的一例的曲线图。图2的横轴表示时间。图3A和图3B分别是表示图1B的区间A1和A2中的开关元件的状态和电流的路径的状态图。

[0067] 如区间A1所示,在极性指示信号DIR为高电平(H)即电机电流IL为正向的情况下,当基准脉冲信号P0在时刻t0升高时,第一基准脉冲信号P1也升高,驱动信号V1也经由OR电路60和OR电路66升高。伴随于此,如图3A的状态图(a)所示,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号V2下降,并且第一低侧开关元件23变为断开状态。由于在将高电平的第一比较信号C1输入到复位端子的状态下第一基准脉冲信号P1被时钟输入,D触发器61的输出信号Q61升高。由于成为时钟输入的第二基准脉冲信号P2的反转信号固定为高电平,因此D触发器63的输出信号Q63维持为低电平(L)。另外,由于第二基准脉冲信号P2处于低电

平,因此没有时钟输入的D触发器71的输出信号Q71维持为低电平。将高电平的第二比较信号C2的反转信号输入到D端子的D触发器73的输出信号Q73也维持为低电平。因此作为它们的逻辑和的驱动信号V2也维持为低电平,第二高侧开关元件22处于断开状态,第二低侧开关元件24为接通状态。与第一高侧开关元件21的接通一起,从输入电源1的正极流过第一高侧开关元件21、电机3、第二低侧开关元件24、电流检测电阻4、输入电源1的负极的电流在以浪涌状振动的同时增加,因此电流检测电压Vs也振动,第一比较信号C1也在高电平和低电平之间振动。然而,电流检测电压Vs在OR电路62中取与第一基准脉冲信号P1的高电平之间的逻辑和、在NAND电路77中取与后述的延迟电路78的延迟信号的低电平之间的否定逻辑积,因此不影响电路动作。该状态至少维持到第一基准脉冲信号P1处于高电平的时刻t1,被正向施加电源电压的电机3的电机电流IL正向增加。如上所述,基准脉冲信号P0的脉冲持续时间是作为屏蔽期间的最小值的最小接通期间Tm。

[0068] 在最小接通期间Tm之后的时刻t1,第一基准脉冲信号P1与基准脉冲信号P0一起下降。此时,电流检测电压Vs未到达第一基准波形信号Vr1,第一比较信号C1保持为高电平,因此D触发器61不复位,状态维持到时刻t2。也就是说,各开关元件等在时刻t0~t2维持在图3A的状态图(a)的状态。

[0069] 在时刻t2,当随着电机电流IL的增加而上升的电流检测电压Vs到达第一基准波形信号Vr1时,第一比较信号C1下降,D触发器61复位,输出信号Q61变为低电平。因此,OR电路60、66的所有输入都变为低电平,驱动信号V1下降,第一高侧开关元件21变为断开状态,驱动信号V3升高,第一低侧开关元件23变为接通状态。此时,如图3A的状态图(b)所示,由于第一低侧开关元件23和第二低侧开关元件24变为接通状态,所以电机3的两端变为短路状态,电流不流过电流检测电阻4。对电机3的电机线圈仅施加反电动势,电机电流IL减少。这种状态被称为慢速衰减(slow decay)。

[0070] 接下来,在时刻t3,当基准脉冲信号P0再次升高时,重复在时刻t0说明的动作。在时刻t2~t3,各开关元件等维持在图3A的状态图(b)的状态。

[0071] 如上所述,在图1B所示的区间A1中,第二高侧开关元件22固定处于断开状态,第二低侧开关元件24固定处于接通状态,第一高侧开关元件21和第一低侧开关元件23以规定的开关周期交替地通断。第一高侧开关元件21的接通期间为最小接通期间Tm以上且控制为电机电流IL的峰值达到目标波形值Vr1/Rs之前的期间。

[0072] 图1B的区间A2是基准波形信号的正负相对于上述的区间A1反转后的峰值附近的区间,动作在第一PWM电路6和第二PWM电路7的作用互换,区间A2的时刻t0~t3对应于上述的区间A1的时刻t0~t3。即,第一高侧开关元件21固定为断开的状态并且第一低侧开关元件23固定为接通的状态,第二高侧开关元件22和第二低侧开关元件24以规定的开关周期交替地通断。第二高侧开关元件22的接通期间为最小接通期间Tm以上,控制为电机电流IL的峰值达到目标波形值Vr2/Rs之前的期间。各开关元件等在时刻T0~T2维持为图3B的状态图(a)所示的状态,在时刻T2~T3维持为图3B的状态图(b)所示的状态。

[0073] 接下来,说明如图1B的区间B所示那样在基准波形信号动态地衰减的情况下的动作。由于电机驱动装置10以电机电流IL追随基准波形信号的衰减的方式控制,因此第一高侧开关元件21的接通期间也减少,为了不比最小接通期间Tm短,电机电流IL的峰值增大超过控制目标值。这里,使用图4和图5来说明对超过控制目标值的电机电流IL的峰值进行校

正的过程。

[0074] 图4是表示图1B的区间B中的极性指示信号DIR、基准脉冲信号P0、第一比较信号C1、第二比较信号C2、D触发器61的输出信号Q61、D触发器63的输出信号Q63、D触发器71的输出信号Q71、D触发器73的输出信号Q73、驱动信号V1~V4、电流检测电压Vs和电机电流IL的波形的一例的曲线图。图5是表示图1B的区间B中的各开关元件的状态和流动电流的路径的状态图。

[0075] 在图4的时刻t4,在电机电流IL超过控制目标值的状态下,第一基准脉冲信号P1跟随基准脉冲信号P0下降。此时,由于电机电流IL超过控制目标值并且第一比较信号C1处于低电平,因此D触发器61复位且输出信号Q61下降。因此,驱动信号V1也下降,第一高侧开关元件21成为断开状态,第一低侧开关元件23成为接通状态。此外,D触发器73在第一比较信号C1的反转信号即高电平的信号施加到D端子的状态下,在第一基准脉冲信号P1的下降沿处时钟输入,因此输出信号Q73升高。由于输出信号Q73的升高,驱动信号V2经由OR电路76升高,第二高侧开关元件22变为接通状态,并且第二低侧开关元件24变为断开状态。因此,电源电压Vcc向负向施加于电机3,电机电流IL转为减少。各开关元件的状态从图5的状态图(a)的状态转变为状态图(b)的状态,从输入电源1供给并流过电流检测电阻4的电流反向流动,成为再生电流。与前述的电机3两端短路的慢速衰减状态相反,在该状态下,电机电流IL由于施加反向电压而快速减少,因此该状态被称为快速衰减(fast decay)状态。另外,此时,由于再生电流低于与第二基准波形信号Vr2对应的控制目标值 $Vr2/Rs$,因此第二比较信号C2变为高电平。

[0076] D触发器73的输出信号Q73经由延迟电路78和NAND电路77输入到D触发器73的复位端子。在延迟时间之后的时刻t5,延迟电路78的输出下降,但由于电机电流IL仍然为控制目标值以上并且第二比较信号C2的反转信号处于低电平,因此NAND电路77的输出维持在高电平,D触发器73不复位,维持各开关元件的状态。

[0077] 在时刻t6,当上升(绝对值减少)的电流检测电压Vs到达第二基准波形信号Vr2时,第二比较信号C2下降至低电平,D触发器73复位,输出信号Q73也下降。因此,驱动信号V2下降,第二高侧开关元件22变为断开状态,并且第二低侧开关元件24变为接通状态,开关的状态如图5的状态图(b)的状态转变为状态图(c)的慢速衰减状态。

[0078] 当基准脉冲信号P0在时刻t7升高时,第一基准脉冲信号P1也升高,驱动信号V1也经由OR电路60和OR电路66升高,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号V2下降,第一低侧开关元件23变为断开状态。各开关元件的状态回到图5的状态图(a)的状态,正向施加电源电压的电机3的电机电流IL正向增加。与前周期(包括时刻t4的周期)相比,电机电流IL因快速衰减状态而衰减,电流检测电压Vs的电平也降低。

[0079] 然而,第一基准波形信号Vr1的电平也较低,在基准脉冲信号P0和第一基准脉冲信号P1在时刻t8到达最小接通期间 Tm 并下降时,电机电流IL超过控制目标值,第一高侧开关元件21变为断开状态,各开关元件的状态再次变为图5的状态图(b)的快速衰减状态。在该周期中,在快速衰减状态的时刻t9,电机电流IL低于控制目标值 $-Vr2/Rs$ (电流检测电压Vs超过第二基准波形信号Vr2),第二比较信号C2下降,但D触发器73的输出信号Q73的延迟信号未到达因此状态不改变。

[0080] 在时刻t10,当D触发器73的输出信号Q73的延迟信号升高时,D触发器73复位,输出

信号Q73下降,第二高侧开关元件22变为断开状态。各开关元件的状态再次变为图5的状态图(c)的慢速衰减状态。即,延迟电路78对D触发器73的输出信号Q73的延迟时间是快速衰减状态的最小期间。此后,重复这样的动作,电机电流IL收敛于目标波形。

[0081] 接下来,使用图6说明图1B的区间C的动作。图6是表示图1B的区间C中的极性指示信号DIR、基准脉冲信号P0、第一比较信号C1、第二比较信号C2、D触发器61的输出信号Q61、D触发器63的输出信号Q63、D触发器71的输出信号Q71、D触发器73的输出信号Q73、驱动信号V1~V4、电流检测电压Vs和电机电流IL的波形的一例的曲线图。区间C为极性指示信号DIR从高电平变化为低电平且要使电机电流IL跨零的区域,第一基准波形信号Vr1和第二基准波形信号Vr2几乎为零。

[0082] 在时刻t11,当基准脉冲信号P0升高时,驱动信号V1也升高,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号V2下降,第一低侧开关元件23变为断开状态。由于第一基准波形信号Vr1和第二基准波形信号Vr2几乎为零,因此第一比较信号C1和第二比较信号C2变为低电平。

[0083] 在时刻t12,当到达最小接通期间Tm并且第一基准脉冲信号P1下降时,D触发器61复位并且驱动信号V1与输出信号Q61一起变为低电平,第一高侧开关元件21变为断开状态,第一低侧开关元件23变为接通状态。另一方面,D触发器73由于第一基准脉冲信号P1的下降而被时钟输入,升高输出信号Q73。由此,驱动信号V2也变为高电平,第二高侧开关元件22变为接通状态,第二低侧开关元件24变为断开状态。各开关元件的状态从图5状态图(a)的状态转变为状态图(b)的快速衰减状态。电机电流IL减少,电流检测电压Vs变为负,第一比较信号C1和第二比较信号C2变为高电平。

[0084] 当电机电流IL和电流检测电压Vs在延迟电路78的延迟时间之后的时刻t13变为控制目标值的零时,第一比较信号C1和第二比较信号C2变为低电平,D触发器73复位并且输出信号Q73变为低电平。由此,驱动信号V2也变为低电平,第二高侧开关元件22变为断开状态,第二低侧开关元件24变为接通状态。各开关元件的状态从图5的状态图(b)的状态转变为状态图(c)的慢速衰减状态。

[0085] 另外,时刻t13是在延迟电路78的延迟时间之后,但也有电机电流IL首先到达零,之后经过延迟时间而各开关元件的状态转变为慢速衰减状态的情况。在这种情况下,电机电流IL流向负向,但在慢速衰减状态下,电机电流IL衰减。虽然根据电机3的特性和状态而不同,但在跨零附近反电动势小,慢速衰减状态下的电机电流IL也衰减为零或小的值。

[0086] 此外,在慢速衰减状态下电流检测电阻4中不流过电流,电流检测电压Vs与控制目标值同样为零,因此第一比较信号C1和第二比较信号C2不确定。然而,在慢速衰减状态下,不参照第一比较信号C1和第二比较信号C2,对动作没有影响。在想要避免这种不确定状态的情况下,可以在第一比较电路55和第二比较电路56中设定滞后或偏移。

[0087] 当极性指示信号DIR在时刻t14转为低电平时,状态转为第一基准脉冲信号P1固定为低电平,基准脉冲信号P0输出到第二基准脉冲信号P2。当基准脉冲信号P0在此后的时刻t15升高时,D触发器71被时钟输入,输出信号Q71升高,驱动信号V2经由OR电路70、76而升高。因此,第二高侧开关元件22变为接通状态,第二低侧开关元件24变为断开状态。电源电压Vcc向负向施加于电机3,电机电流IL向负向增加。

[0088] 在时刻t16,第二高侧开关元件22变为断开状态,第一高侧开关元件21变为接通状

态,各开关元件的状态转为快速衰减,在时刻 t_{17} ,第一高侧开关元件21变为断开状态并转为慢速衰减状态。以上的动作虽然在从第一PWM电路6向第二PWM电路7转变作用这方面有所不同,但动作与上述相同,电机电流 I_L 顺畅地正负逆转。

[0089] 如上所述,根据本实施方式的电机驱动装置10,在检测从输入电源1供给的电机电流 I_L 并且向正向追随第一目标波形值 V_{r1}/R_s 且向负向追随第二目标波形值 V_{r2}/R_s 的峰值电流控制中,当在最小接通期间 T_m 超过目标电流的情况下,通过设置在减少到目标电流之前变为快速衰减状态的期间,即使在跨零附近也能够维持目标电流波形。

[0090] (实施方式2)

[0091] 对实施方式2的电机驱动装置进行说明。本实施方式的电机驱动装置与实施方式1的电机驱动装置10的主要不同之处在于,基准波形生成电路仅生成一个基准波形信号。以下,以与实施方式1的电机驱动装置10的不同之处为中心,参照图7A~图10说明本实施方式的电机驱动装置。

[0092] 图7A是本实施方式的电机驱动装置110的电路结构图。在图7A中,对与图1A中相同的构成元素赋予相同的附图标记,并省略对它们的说明。

[0093] 如图7A所示,本实施方式的电机驱动装置110具有第一串联开关电路31、第二串联开关电路32、基准脉冲生成电路50、电流检测电阻4、PWM电路5A、基准波形生成电路51A和电流比较电路57。在本实施方式中,电机驱动装置110还具有放大器40、电阻41、42、44、45以及开关43。

[0094] 本实施方式的基准波形生成电路51A生成0以上的信号电平的基准波形信号 V_r 。使用图7B说明基准波形信号 V_r 。图7B是表示本实施方式的极性指示信号DIR和基准波形信号 V_r 的波形的一例的曲线图。图7B的曲线图(a)是表示极性指示信号DIR的波形的一例的曲线图。图7B的曲线图(b)是表示基准波形信号 V_r 的波形的一例的曲线图。各曲线图的横轴表示时间。如图7B所示,基准波形信号 V_r 维持0以上的信号电平并且不包括负的信号。

[0095] 本实施方式的PWM电路5A除了与实施方式1的第一PWM电路6相同的电路之外,还具有第一切换电路58和第二切换电路59。

[0096] PWM电路5A被输入基准脉冲信号P0来代替实施方式1的第一基准脉冲信号P1和第二基准脉冲信号P2。此外,PWM电路5A不具有OR电路66,OR电路60的输出和D触发器63的输出信号Q63被输入到第一切换电路58和第二切换电路59。

[0097] 第一切换电路58在电机电流 I_L 主要从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间向第一串联开关电路31输出第一驱动信号,并在电机电流 I_L 主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间向第二串联开关电路32输出第一驱动信号。第一切换电路58被输入来自基准波形生成电路51A的极性指示信号DIR、OR电路60的输出信号、以及D触发器63的输出信号Q63,并根据极性指示信号DIR,向第一串联开关电路31输出OR电路60的输出信号或D触发器63的输出信号Q63。

[0098] 第二切换电路59在电机电流 I_L 主要从第一连接点X1流向第二连接点X2的第一期间向第二串联开关电路32输出第二驱动信号,并在电机电流 I_L 主要从第二连接点X2流向第一连接点X1的第二期间向第一串联开关电路31输出第二驱动信号。第二切换电路59被输入来自基准波形生成电路51A的极性指示信号DIR、OR电路60的输出信号、以及D触发器63的输出信号Q63,并根据极性指示信号DIR,向第一串联开关电路31输出OR电路60的输出信号或D

触发器63的输出信号Q63。

[0099] 在极性指示信号DIR为高电平的情况下,PWM电路5A的OR电路60的输出经由第一切换电路58变为驱动信号V1,在极性指令信号DIR为低电平的情况下,PWM电路5A的OR电路60的输出经由第二切换电路59变为驱动信号V2。另一方面,在极性指示信号DIR为高电平的情况下,D触发器63的输出信号Q63经由第二切换电路59变为驱动信号V2,在极性指示信号DIR为低电平的情况下,D触发器63的输出信号Q63经由第一切换电路58变为驱动信号V1。

[0100] 此外,在本实施方式中,在电流比较电路57中进行比较的对象中,也与实施方式1不同。在实施方式1中,将电流检测电阻4的电流检测电压Vs与第一基准波形信号Vr1进行比较,但是在本实施方式中,将基准波形信号Vr通过放大器40暂时放大N倍,然后通过电阻41和电阻42进行分压,再次返回基准波形信号Vr并输入到电流比较电路57。另一方面,从电流检测电阻4的电压Vs经由电阻值R5的电阻45而得的检测电压VsA被输入到电流比较电路57,与上述基准波形信号(分压电压)Vr进行比较,输出比较信号C3。此外,根据D触发器63的输出信号Q63而开闭的开关43和电阻值R4的电阻44的串联电路连接在放大器40的输出(电压 $N \cdot Vr$)和电阻45(电压VsA)之间。

[0101] 通过这样的结构,在D触发器63的输出信号Q63为低电平时,即并非快速衰减状态时,开关43处于断开状态,并且 $VsA = Vs$ 。换句话说,电流比较电路57输出的比较信号C3是电流检测电压Vs和基准波形信号Vr的比较结果。另一方面,在D触发器63的输出信号Q63处于高电平时,即快速衰减状态时,开关43处于接通状态,并且检测电压VsA由于放大器40的输出 $N \cdot Vr$ 而偏置,如下式所示。

$$[0102] \quad VsA = (R4 \cdot Vs + R5 \cdot N \cdot Vr) / (R4 + R5)$$

[0103] 由于将该电压VsA与基准波形信号Vr进行比较,因此当根据 $VsA = Vr$ 求出Vs时,得到以下关系。

$$[0104] \quad Vs = \{1 - (N - 1) \cdot R5 / R4\} \cdot Vr$$

[0105] 这里,通过设定 $(N - 1) \cdot R5 / R4 = 2$ (例如, $N = 3, R4 = R5$),在 $Vs = -Vr$ 处比较信号C3反转。即,在快速衰减状态时,电流比较电路57输出的比较信号C3等效地成为电流检测电压Vs与负的基准波形信号 $-Vr$ 的比较结果。也就是说,在第二驱动信号接通第一高侧开关元件或第二高侧开关元件的情况(即,在第二驱动信号处于高电平的情况)下,电流比较电路57等效地对电流检测电压Vs(即,电流信号)与将基准波形信号Vr反转为负的信号进行比较。

[0106] 以下,使用图8~图10来说明本实施方式的电机驱动装置110的动作。图8是表示图7B的区间A1和A2中的极性指示信号DIR、基准脉冲信号P0、比较信号C3、D触发器61的输出信号Q61、D触发器63的输出信号Q63、驱动信号V1~V4、电流检测电压Vs和电机电流IL的波形的一例的曲线图。各开关元件的状态和流动电流的路径与图3A和3B相同。以下,使用图7A、图7B和图8,说明基准波形峰值附近的动作。

[0107] 当极性指示信号DIR为高电平时,即电机电流IL为正向,且基准脉冲信号P0在时刻 t_0 升高时,驱动信号V1也经由OR电路60和第一切换电路58升高,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号V2下降,第一低侧开关元件23变为断开状态。由于D触发器61在将高电平的比较信号C3输入到复位端子的状态下基准脉冲信号P0被时钟输入,因此D触发器61的输出信号Q61也升高。另一方面,将高电平的比较信号C3的反转信号输入到D端子的D触发器63的输出信号Q63处于低电平,输出信号Q63经由第二切换电路59变为驱动信号V2,因

此,第二高侧开关元件22变为断开状态,第二低侧开关元件24变为接通状态。随着第一高侧开关元件21的接通,从输入电源1的正极流过第一高侧开关元件21、电机3、第二低侧开关元件24、电流检测电阻4、输入电源1的负极的电流在以浪涌状振动的同时增加,因此电流检测电压 V_s 也振动,比较信号C3也在高电平和低电平之间振动。然而,电流检测电压 V_s 在OR电路62中取与基准脉冲信号P0的高电平之间的逻辑和、在NAND电路67中取与后述的延迟电路68的延迟信号的低电平之间的否定逻辑积,因此不影响电路动作。该状态至少维持到基准脉冲信号P0处于高电平的时刻 t_1 ,正向施加电源电压的电机3的电机电流 I_L 正向增加。如上所述,基准脉冲信号P0的脉冲持续时间是作为屏蔽期间的最小值的最小接通期间 T_m 。

[0108] 在最小接通期间 T_m 之后的时刻 t_1 ,基准脉冲信号P0下降。此时,电流检测电压 V_s 未到达基准波形信号 V_r ,比较信号C3保持为高电平,因此D触发器61不复位,状态维持到时刻 t_2 。各开关元件等在时刻 $t_0 \sim t_2$ 维持在图3A的状态图(a)的状态。

[0109] 在时刻 t_2 ,当随着电机电流 I_L 的增加而上升的电流检测电压 V_s 到达基准波形信号 V_r 时,比较信号C3下降,D触发器61复位,输出信号Q61变为低电平。因此,OR电路60的输入都变为低电平,驱动信号V1下降,第一高侧开关元件21变为断开状态,驱动信号V3升高,第一低侧开关元件23变为接通状态。

[0110] 由于第一低侧开关元件23和第二低侧开关元件24变为接通状态,所以电机3的两端变为短路状态,电流不流过电流检测电阻4。仅将反电动势电压施加到电机线圈上,变为电机电流 I_L 减少的慢速衰减状态。

[0111] 接下来,在时刻 t_3 ,当基准脉冲信号P0再次升高时,重复在时刻 t_0 说明的动作。各开关元件等在时刻 $t_2 \sim t_3$ 维持在图3A的状态图(b)的状态。

[0112] 如上所述,在图7B的区间A1中,第二高侧开关元件22固定处于断开状态,第二低侧开关元件24固定处于接通状态,第一高侧开关元件21和第一低侧开关元件23以规定的开关周期交替地通断。第一高侧开关元件21的接通期间为最小接通期间 T_m 以上且控制为电机电流 I_L 的峰值达到目标波形值 V_r/R_s 之前的期间。

[0113] 在图7B的区间A2中,PWM电路5A的动作与上述区间A1的动作相同,但是由于极性指示信号DIR为低电平,所以第一切换电路58和第二切换电路59的状态与区间A1不同,OR电路60的输出信号变为驱动信号V2,D触发器63的输出信号Q63变为驱动信号V1。区间A2的时刻 $T_0 \sim T_3$ 对应于上述的区间A1的时刻 $t_0 \sim t_3$,第一高侧开关元件21固定处于断开状态,第一低侧开关元件23固定处于接通状态,第二高侧开关元件22和第二低侧开关元件24以规定的开关周期交替地通断。第二高侧开关元件22的接通期间为最小接通期间 T_m 以上且控制为电机电流 I_L 的峰值达到目标波形值 V_r/R_s 之前的期间。各开关元件等在时刻 $T_0 \sim T_2$ 维持在图3B的状态图(a)的状态,在时刻 $T_2 \sim T_3$ 维持在图3B的状态图(b)的状态。

[0114] 接下来,说明如图7B的区间B所示那样基准波形信号动态地衰减的情况下的动作。由于电机驱动装置110以电机电流 I_L 追随基准波形信号的衰减的方式进行控制,因此第一高侧开关元件21的接通期间也减少,但为了不比最小接通期间 T_m 短,电机电流 I_L 的峰值增大超过控制目标值。这里,使用图9来说明对超过控制目标值的电机电流 I_L 的峰值进行校正的过程。

[0115] 图9是表示图7B的区间B中的极性指示信号DIR、基准脉冲信号P0、比较信号C3、D触发器61的输出信号Q61、D触发器63的输出信号Q63、驱动信号V1~V4、电流检测电压 V_s 和电

机电流 I_L 的波形的一例的曲线图。各开关元件的状态和流动电流的路径与图5所示的状态图相同。

[0116] 在图9的时刻 t_4 ,在电机电流 I_L 超过控制目标值 V_r/R_s 的状态下,基准脉冲信号 P_0 跟随基准脉冲信号 P_0 下降。此时,电机电流 I_L 超过控制目标值,比较信号 C_3 处于低电平,因此D触发器61复位,输出信号 Q_{61} 下降。因此,驱动信号 V_1 也下降,第一高侧开关元件21变为断开状态,并且第一低侧开关元件23变为接通状态。另外,D触发器63在作为比较信号 C_3 的反转信号的高电平信号被输入到D端子的状态下,在基准脉冲信号 P_0 的下降沿处时钟输入,因此输出信号 Q_{63} 升高。当输出信号 Q_{63} 变为高电平时,驱动信号 V_2 经由第二切换电路59升高,第二高侧开关元件22变为接通状态,并且第二低侧开关元件24变为断开状态。因此,电源电压 V_{cc} 向负向施加于电机3,电机电流 I_L 转为减少。各开关元件的状态变为图5的状态图(b)的快速衰减状态,是从输入电源1供给并流过电流检测电阻4的电流逆流并成为再生电流的状态。另外,当D触发器63的输出信号 Q_{63} 变为高电平时,开关43变为接通状态,比较信号 C_3 等效地变为电流检测电压 V_s 和负的基准波形信号 $-V_r$ 的比较结果。

[0117] D触发器63的输出信号 Q_{63} 经由延迟电路68和NAND电路67输入到D触发器63的复位端子。在延迟时间之后的时刻 t_5 ,延迟电路68的输出下降,但由于电机电流 I_L 仍然为控制目标值以上且比较信号 C_3 的反转信号处于低电平,因此NAND电路67的输出维持高电平,D触发器63不复位并维持开关的状态。

[0118] 在时刻 t_6 ,当上升(绝对值减少)的电流检测电压 V_s 到达负的基准波形信号 $-V_r$ 时,比较信号 C_3 下降至低电平,D触发器63复位,输出信号 Q_{63} 也下降。因此,驱动信号 V_2 下降,第二高侧开关元件22变为断开状态,并且第二低侧开关元件24变为接通状态,转变为状态图(c)的慢速衰减状态。

[0119] 当在时刻 t_7 基准脉冲信号 P_0 升高时,驱动信号 V_1 经由OR电路60和第一切换电路58也升高,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号 V_3 下降,第一低侧开关元件23变为断开状态,向正向被施加电源电压 V_{cc} 的电机3的电机电流 I_L 向正向增加(图5的状态图(a))。与前周期相比,电机电流 I_L 因快速衰减状态而衰减,电流检测电压 V_s 的电平也降低。

[0120] 然而,由于基准波形信号 V_r 的电平也低,因此当在时刻 t_8 到达最小接通期间 T_m 并且基准脉冲信号 P_0 下降时,电机电流 I_L 超过控制目标值。因此,第一高侧开关元件21变为断开状态,再次变为快速衰减状态(图5的状态图(b))。在本周期中,在快速衰减状态的时刻 t_9 ,电机电流 I_L 低于控制目标值(即电流检测电压 V_s 超过基准波形信号 V_r),比较信号 C_3 下降,但由于D触发器63的输出信号 Q_{63} 的延迟信号还没有到来,因此状态不变。

[0121] 在时刻 t_{10} ,当D触发器63的输出信号 Q_{63} 的延迟信号升高时,D触发器63复位,输出信号 Q_{63} 下降,第二高侧开关元件22变为断开状态,且变为慢速衰减状态。即,延迟电路68对D触发器63的输出信号 Q_{63} 的延迟时间是快速衰减状态的最小期间。此后,重复这样的动作,电机电流 I_L 收敛于目标波形。

[0122] 接下来,使用图10说明图7B的区间C的动作。图10是表示图7B的区间C中的极性指示信号 DIR 、基准脉冲信号 P_0 、比较信号 C_3 、D触发器61的输出信号 Q_{61} 、D触发器63的输出信号 Q_{63} 、驱动信号 $V_1 \sim V_4$ 、电流检测电压 V_s 和电机电流 I_L 的波形的一例的曲线图。

[0123] 区间C是极性指示信号 DIR 从高电平变化为低电平且要使电机电流 I_L 跨零的区域,基准波形信号 V_r 几乎为零。

[0124] 在时刻 t_{11} ,当基准脉冲信号 P_0 升高时,驱动信号 V_1 也升高,第一高侧开关元件21变为接通状态。同时,驱动信号 V_2 下降,第一低侧开关元件23变为断开状态。由于基准波形信号 V_r 几乎为零,所以比较信号 C_3 变为低电平。

[0125] 在时刻 t_{12} ,当到达最小接通期间 T_m 且基准脉冲信号 P_0 下降时,D触发器61复位并且驱动信号 V_1 与输出信号 Q_{61} 一起变为低电平,第一高侧开关元件21变为断开状态,第一低侧开关元件23变为接通状态。另一方面,D触发器63由基准脉冲信号 P_0 的下降沿时钟输入,升高输出信号 Q_{63} 。由此,驱动信号 V_2 也变为高电平,第二高侧开关元件22变为接通状态,第二低侧开关元件24变为断开状态。各开关元件的状态转变为快速衰减状态,因此电机电流 I_L 减少,电流检测电压 V_s 变为负,比较信号 C_3 变为高电平。此外,当D触发器63的输出信号 Q_{63} 变为高电平时,开关43变为接通状态,比较信号 C_3 等效地变为电流检测电压 V_s 和负的基准电压 $-V_r$ 的比较结果。

[0126] 当电机电流 I_L 和电流检测电压 V_s 在延迟电路68的延迟时间之后的时刻 t_{13} 变为控制目标值的零时,比较信号 C_3 变为低电平,D触发器63复位并且输出信号 Q_{63} 变为低电平。由此,驱动信号 V_2 也变为低电平,第二高侧开关元件22变为断开状态,第二低侧开关元件24变为接通状态。各开关元件的状态转变为慢速衰减状态。

[0127] 另外,时刻 t_{13} 是在延迟电路68的延迟时间之后,但也有电机电流 I_L 首先到达零,之后经过延迟时间而开关元件的状态转变为慢速衰减状态的情况。在这种情况下,电机电流 I_L 流向负向,但在慢速衰减状态下电流衰减。虽然根据电机3的特性和状态而定,但在跨零附近反电动势小,慢速衰减状态下的电机电流也衰减为零或小的值。

[0128] 此外,在慢速衰减状态下电流检测电阻4中不流过电流,电流检测电压 V_s 与控制目标值同样为零,因此比较信号 C_3 不确定。然而,在慢速衰减状态下,不参照比较信号 C_3 ,对动作没有影响。在想要避免这种不确定状态的情况下,可以在电流比较电路57中设定滞后或偏移。

[0129] 当极性指示信号 DIR 在时刻 t_{14} 变为低电平时,第一切换电路58和第二切换电路59的状态被切换,OR电路60的输出变为驱动信号 V_2 ,D触发器63的输出信号 Q_{63} 变为驱动信号 V_1 。当基准脉冲信号 P_0 在此后的时刻 t_{15} 升高时,时钟被输入到D触发器61,输出信号 Q_{61} 升高,驱动信号 V_2 经由OR电路60和第一切换电路58升高。因此,第二高侧开关元件22变为接通状态,第二低侧开关元件24变为断开状态。电源电压 V_{cc} 向负向施加于电机3,电机电流 I_L 向负向增加。

[0130] 在时刻 t_{16} ,第二高侧开关元件22变为断开状态,第一高侧开关元件21变为接通状态并转为快速衰减状态,在时刻 t_{17} ,第一高侧开关元件21变为断开状态并转为慢速衰减状态。如上所述,通过切换第一切换电路58和第二切换电路59的状态,电机电流 I_L 顺畅地正负逆转。

[0131] 如上所述,根据本实施方式的电机驱动装置110,在检测从输入电源1供给的电机电流 I_L 并且向正向追随目标波形值 V_r/R_s 且向负向追随目标波形值 $-V_r/R_s$ 的峰值电流控制中,当在最小接通期间 T_m 超过目标电流的情况下,通过设置在减少到目标电流之前变为快速衰减状态的期间,即使在跨零附近也能够维持目标电流波形。

[0132] 另外,为了简化控制,在通常的动作中也可以使用快速衰减来代替慢速衰减,但是在快速衰减中,电机电流的纹波增加。纹波电流的增加会导致伴随电流有效值的增大的导

通损失的增加和开关频率噪音的增大。因此,在本公开中,仅是为了最小接通期间超过电流目标值的校正而设置快速衰减状态。

[0133] (其他变形例)

[0134] 以上,基于实施方式说明了本公开,但本公开不限于上述实施方式。

[0135] 例如,在上述各实施方式中,也可以使各信号的高电平和低电平反转,根据各信号来变更电路结构。

[0136] 另外,对各实施方式实施本领域技术人员想到的各种变形而得到的方式、通过在不脱离本公开的主旨的范围内任意组合各实施方式和变形例中的构成元素和功能而实现的方式也包括在本公开中。

[0137] 工业实用性

[0138] 本公开的电机驱动装置例如能够作为能够低噪音、低振动地驱动的电机驱动装置而应用于以车载用为首的各种用途的电机。

[0139] 附图标记说明

[0140] 1输入电源

[0141] 3电机

[0142] 4电流检测电阻 (电流检测部)

[0143] 5、5A PWM电路

[0144] 6第一PWM电路

[0145] 7第二PWM电路

[0146] 8、57电流比较电路

[0147] 10、110电机驱动装置

[0148] 21第一高侧开关元件

[0149] 22第二高侧开关元件

[0150] 23第一低侧开关元件

[0151] 24第二低边开关元件

[0152] 25、26、54、64、65、69、74、75、79反相器

[0153] 31第一串联开关电路

[0154] 32第二串联开关电路

[0155] 40放大器

[0156] 41、42、44、45电阻

[0157] 43开关

[0158] 50基准脉冲发生电路

[0159] 51、51A基准波形生成电路

[0160] 52第一脉冲输出电路

[0161] 53第二脉冲输出电路

[0162] 55第一比较电路

[0163] 56第二比较电路

[0164] 58第一切换电路

[0165] 59第二切换电路

- [0166] 60、62、66、70、72、76OR电路
- [0167] 61、63、71、73D触发器
- [0168] 67、77NAND电路
- [0169] 68、78延迟电路

10

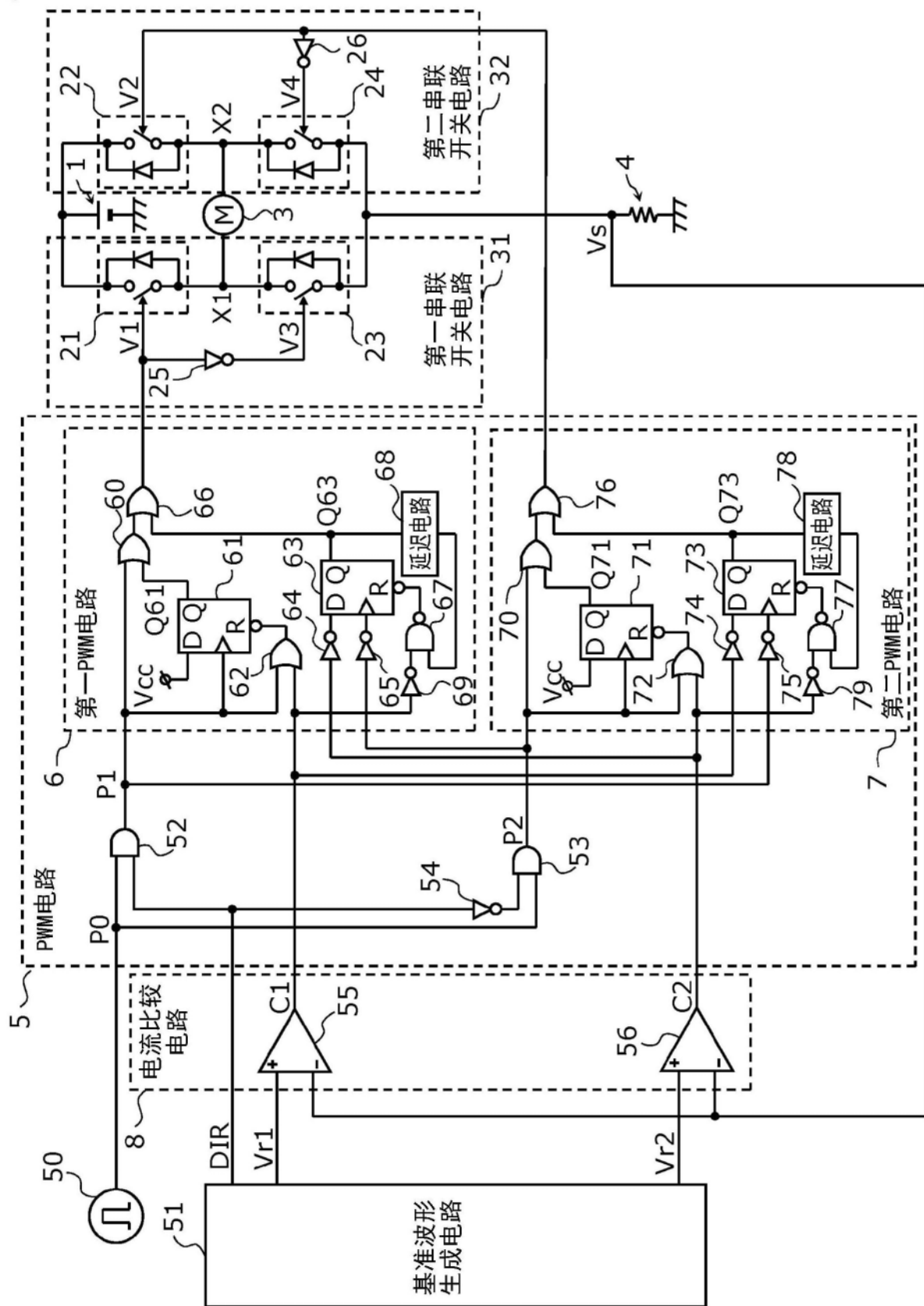


图1A

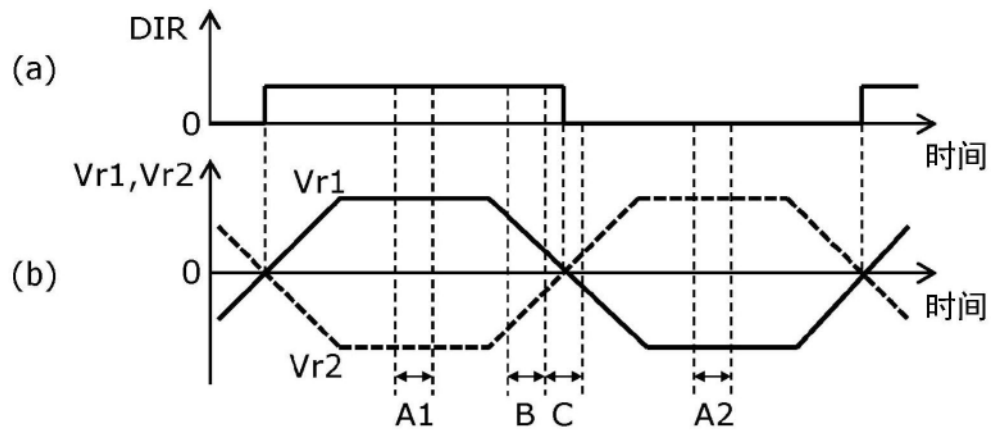


图1B

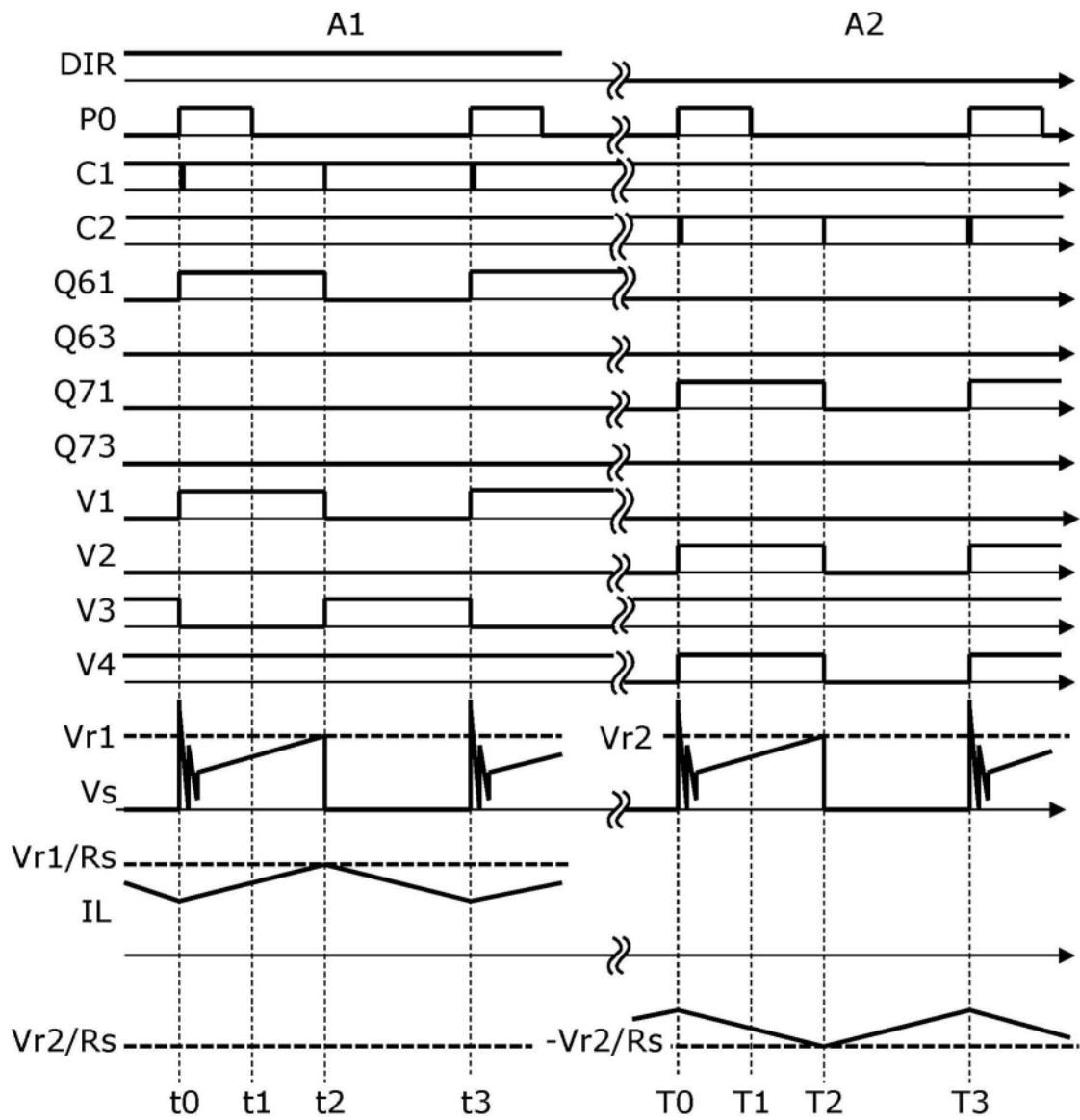


图2

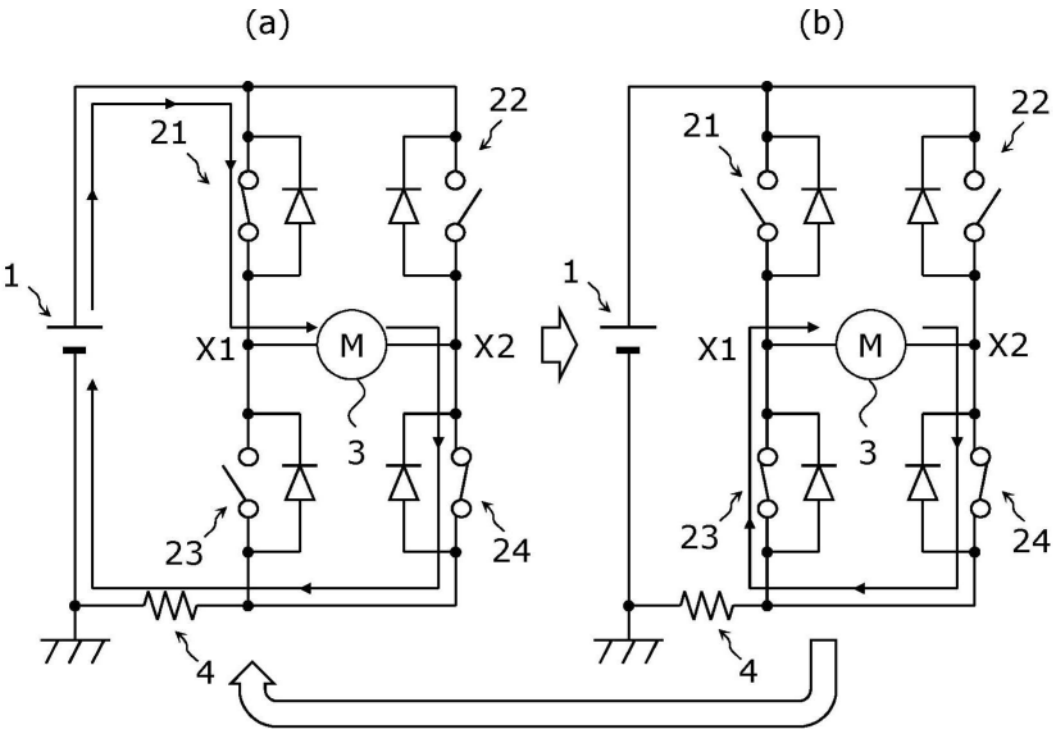


图3A

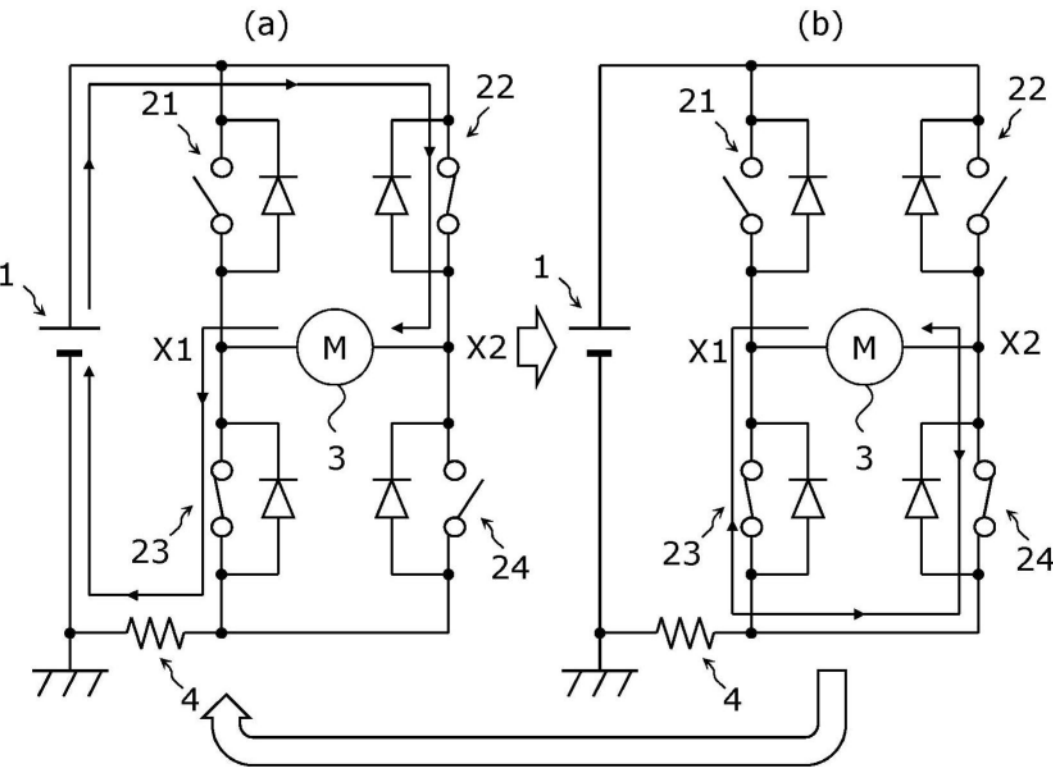


图3B

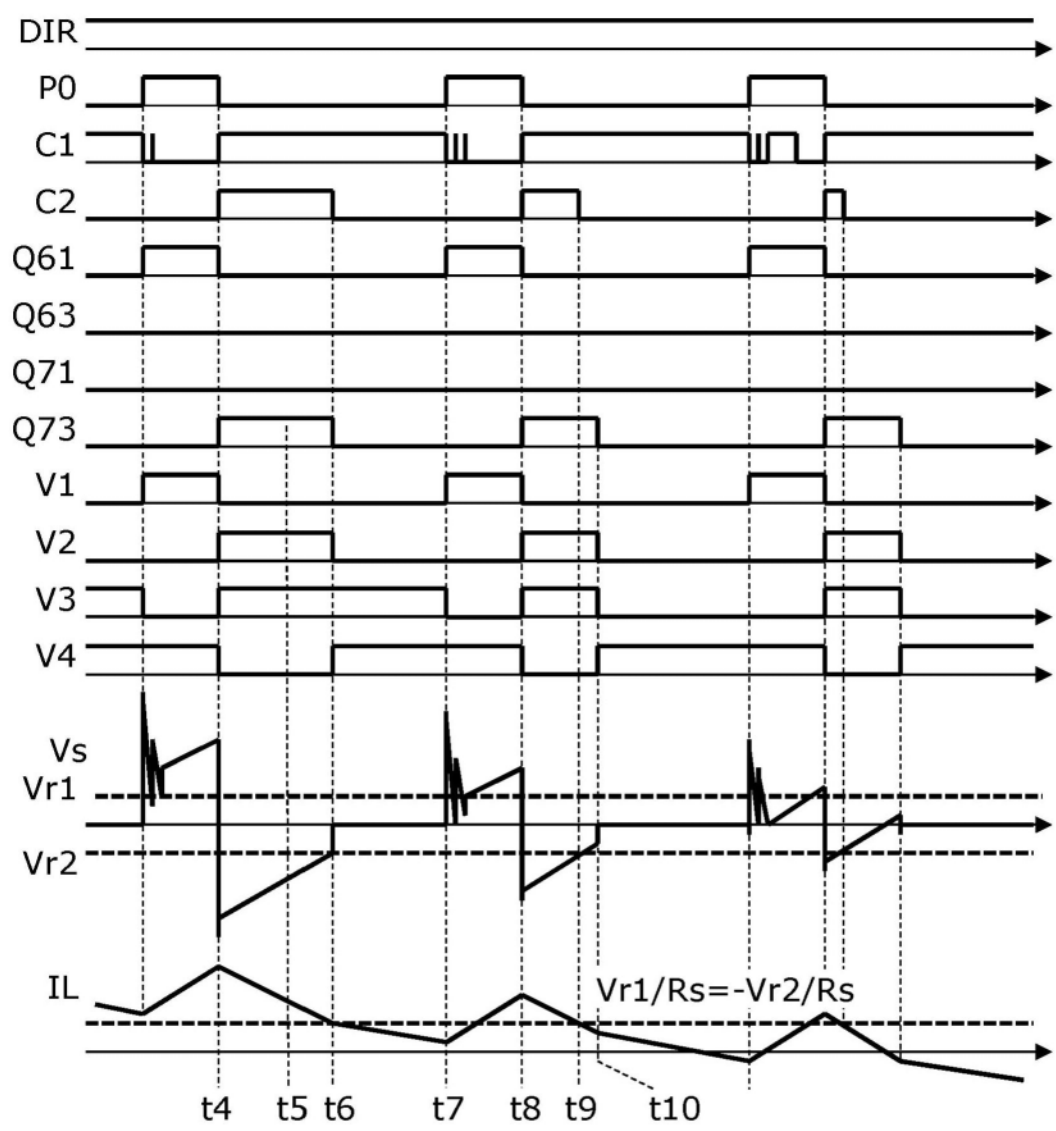


图4

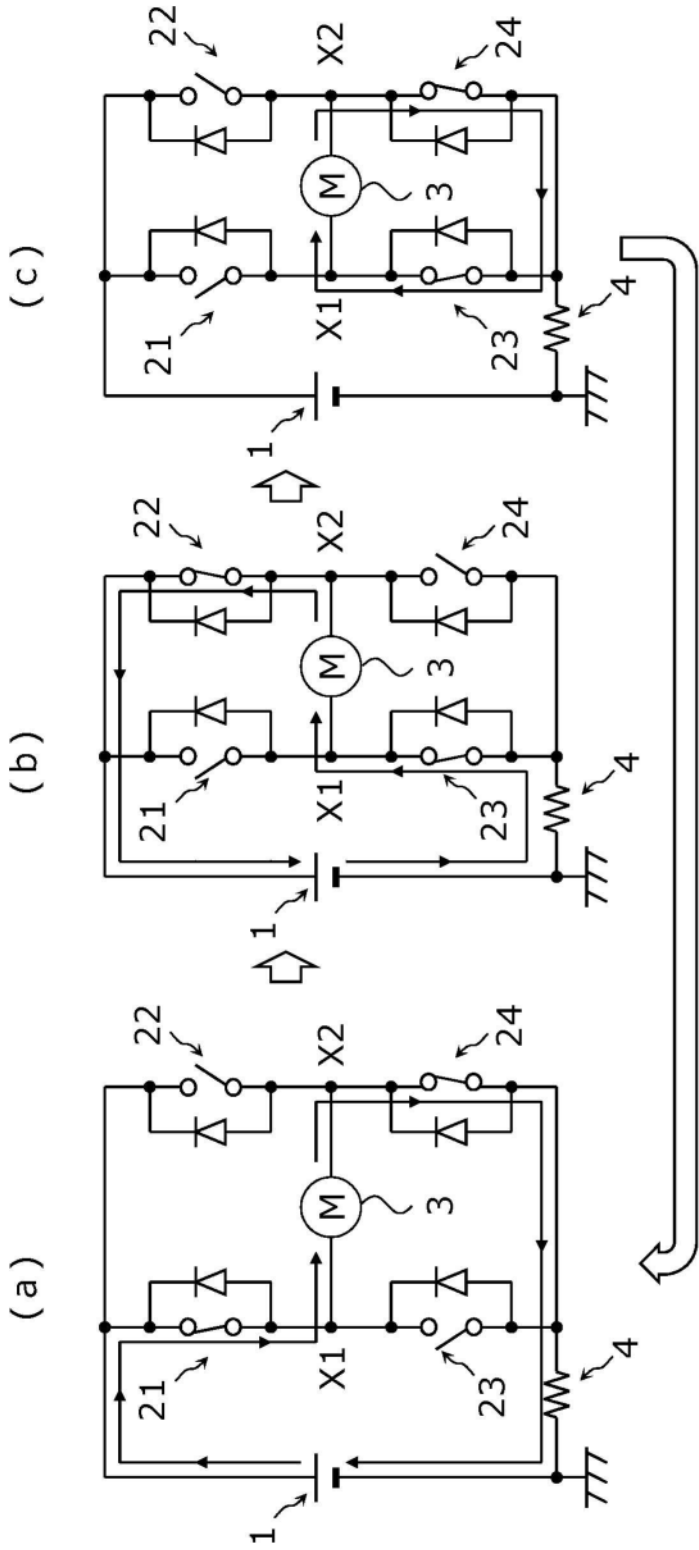


图5

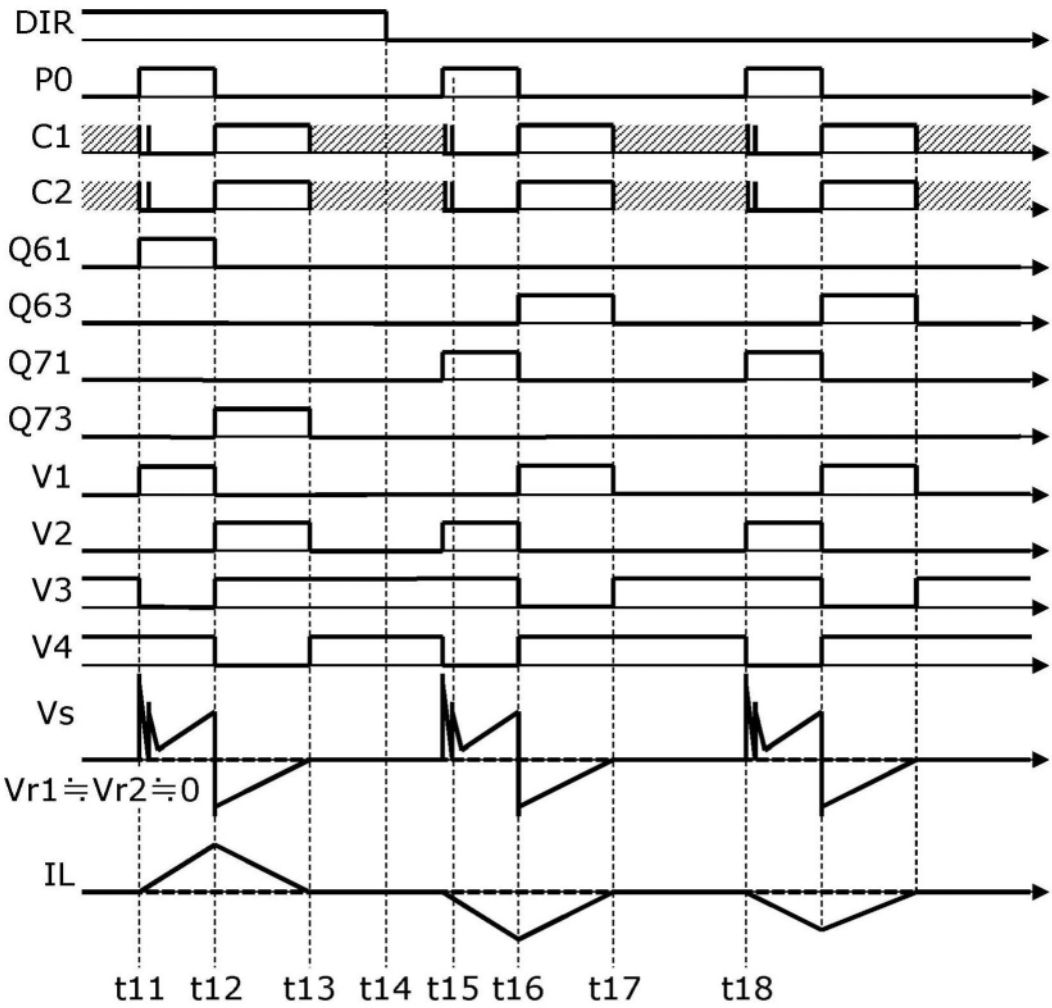


图6

110

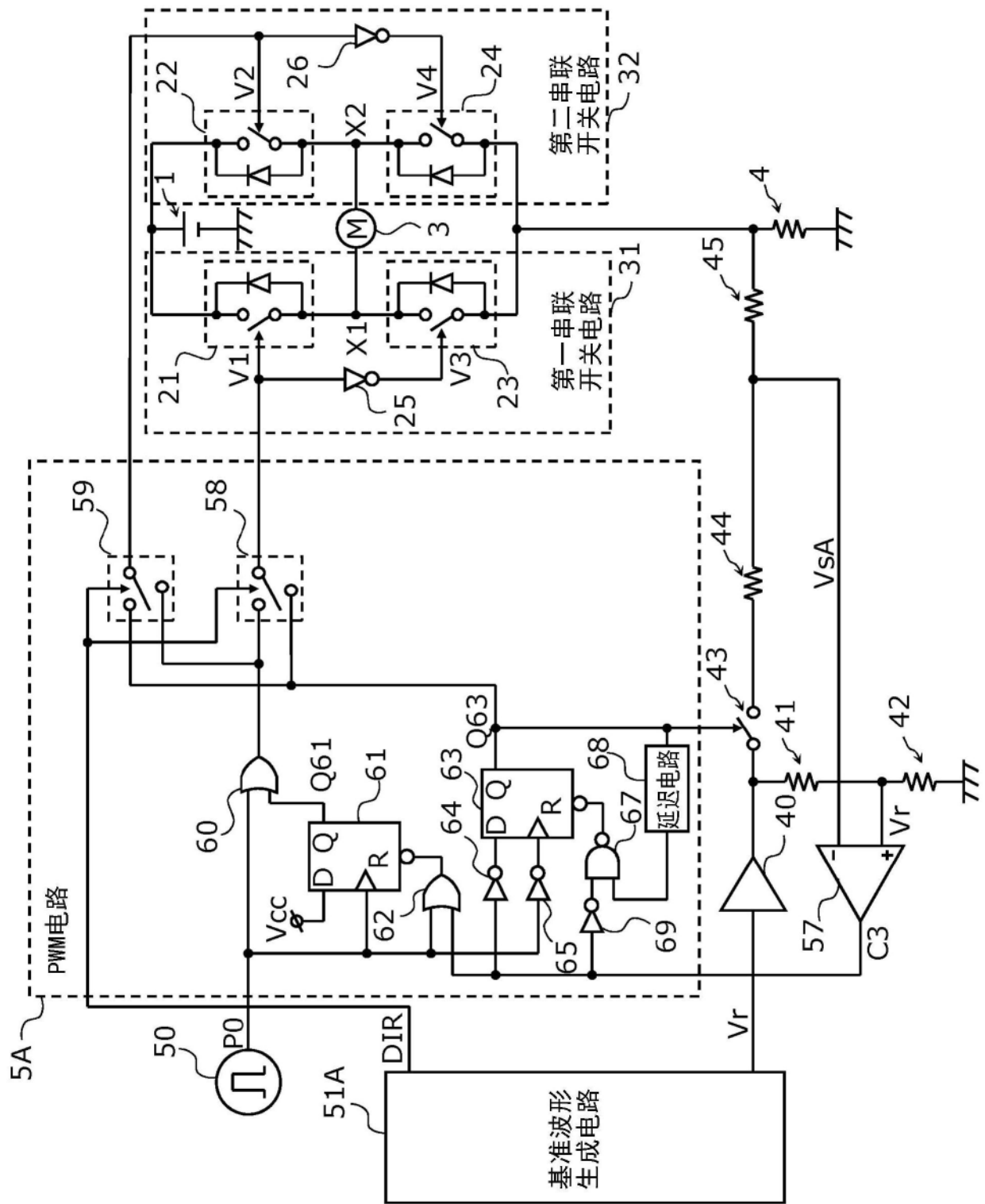


图7A

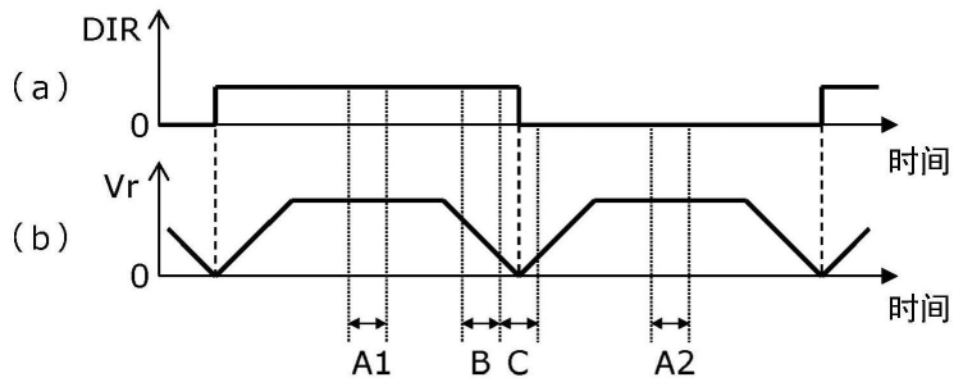


图7B

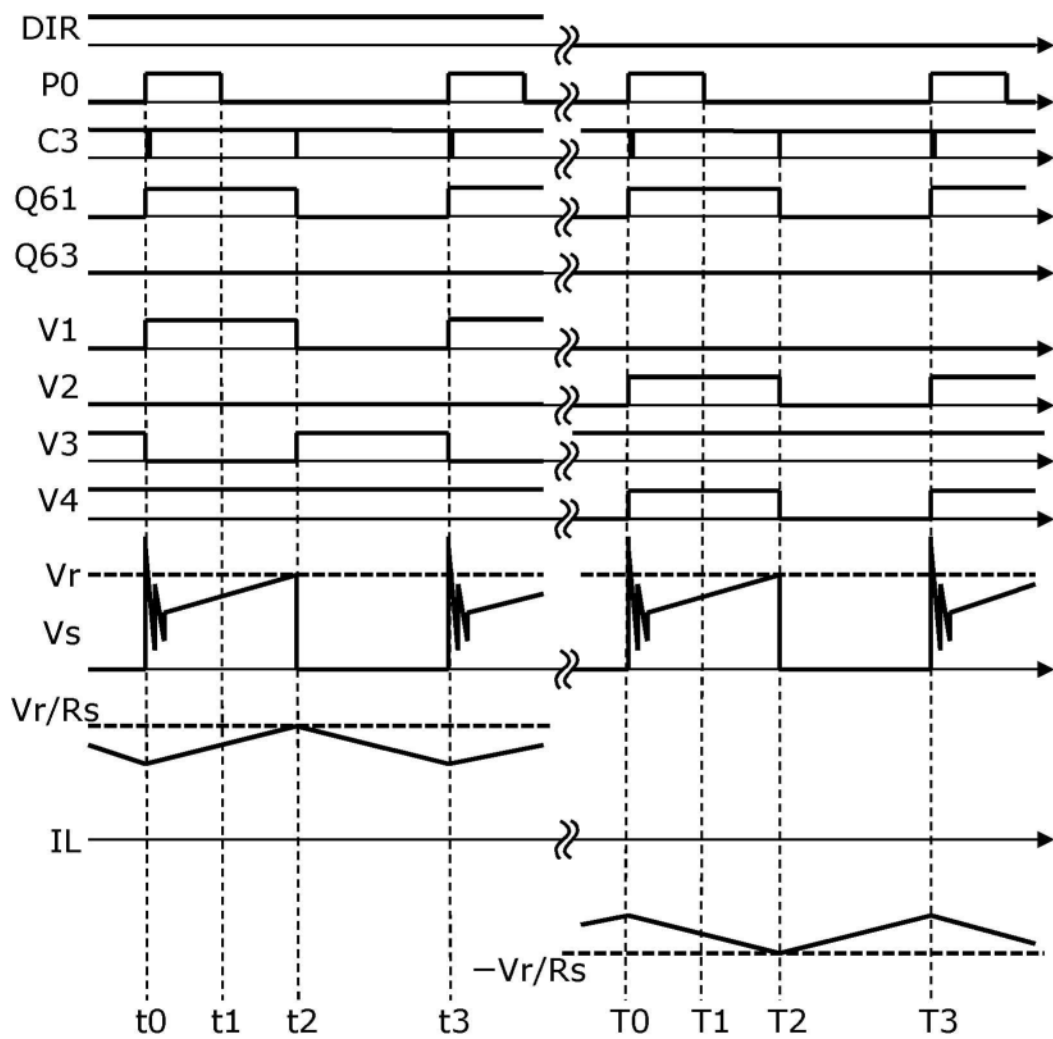


图8

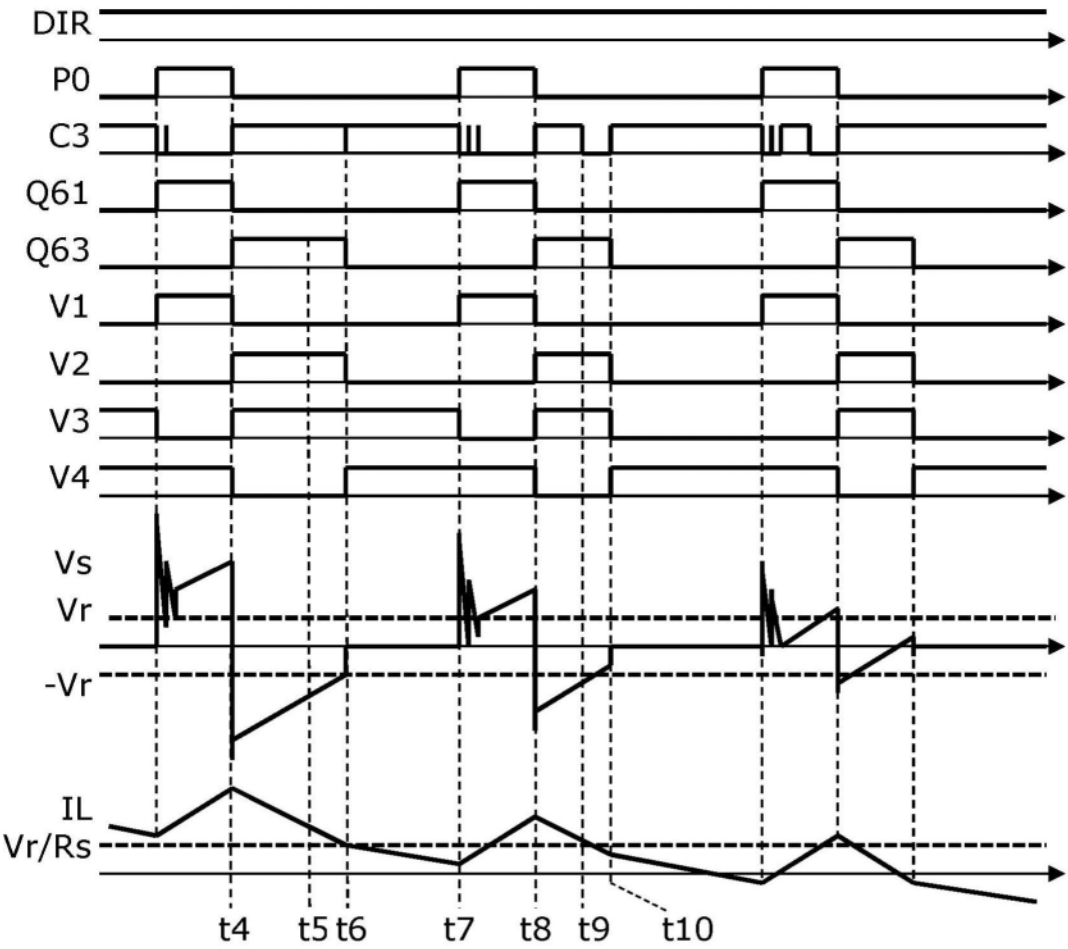


图9

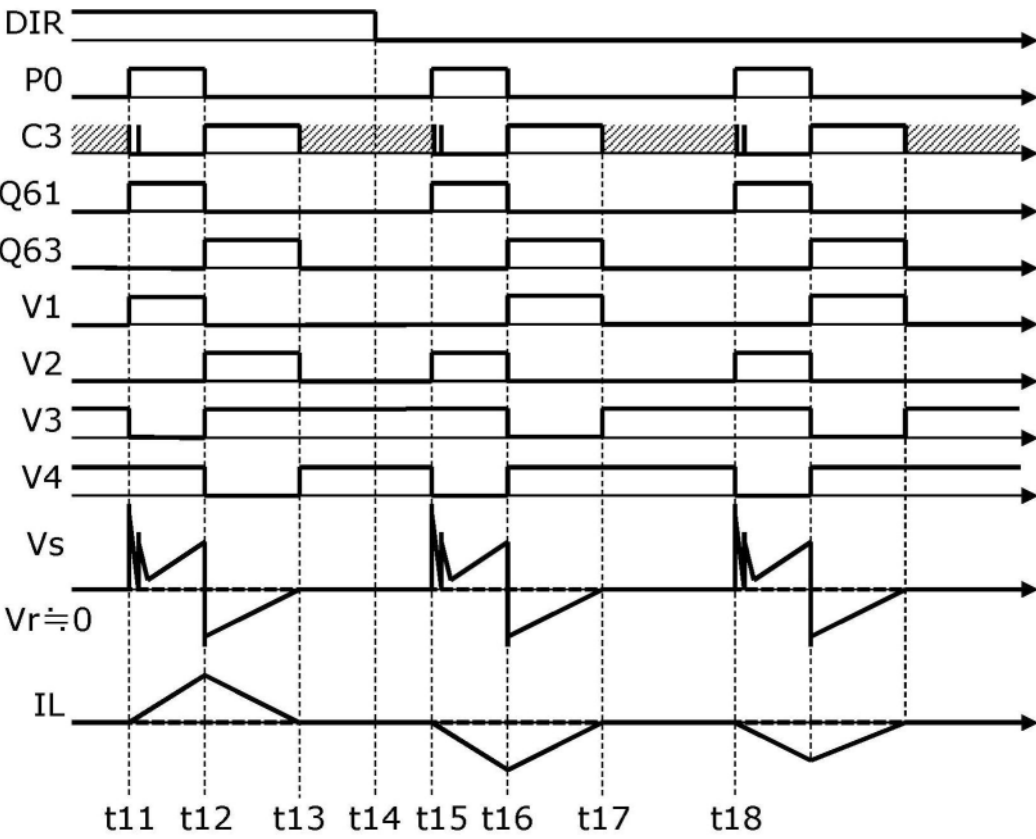


图10