



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103181074 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201280002083.7

代理人 朱美红 杨楷

(22) 申请日 2012.04.23

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H02P 27/06 (2006.01)

2011-227803 2011.10.17 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013.01.18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2012/002780 2012.04.23

(87) PCT申请的公布数据

W02013/057854 JA 2013.04.25

(71) 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 中田秀树

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

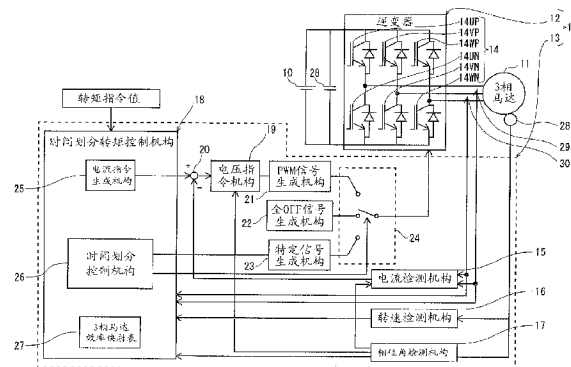
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

马达驱动系统及其控制方法

(57) 摘要

马达驱动系统具备向3相马达供给电力的逆变器和控制开关元件的控制部。控制部有选择地执行:供给控制,控制开关元件,以向3相马达供给交流电流;中断控制,控制开关元件,以将向3相马达的交流电流的供给中断。中断控制是下述控制:使上臂的开关元件中的、与在将向3相马达的交流电流的供给中断的定时3相马达的电流的朝向为向3相马达流入的朝向的相中的至少1相对应的上臂的开关元件持续成为导通状态,并且使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部持续成为非导通状态。



1. 一种马达驱动系统,具备逆变器和控制部;

所述逆变器具备至少 3 个上臂和至少 3 个下臂,用来向 3 相马达供给电力,所述至少 3 个上臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管,所述至少 3 个下臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管;

所述控制部控制上述逆变器具备的上述多个开关元件;

其特征在于,

上述控制部有选择地执行:

供给控制,控制上述多个开关元件,以供给向上述 3 相马达的各相的交流电流;

中断控制,控制上述多个开关元件,以将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断;

上述中断控制是下述控制:使上述上臂的开关元件中的、与在将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断的定时上述 3 相马达的电流的朝向为向上述 3 相马达流入的朝向的相中的至少 1 相对应的上臂的开关元件持续成为导通状态,并且使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部持续成为非导通状态。

2. 如权利要求 1 所述的马达驱动系统,其特征在于,

还具备检测上述 3 相马达的转速的转速检测机构;

上述控制部

如果上述 3 相马达的转速不到规定值,则从上述供给控制向上述中断控制切换;

如果上述 3 相马达的转速是规定值以上,则从上述供给控制向使上述多个开关元件的全部成为非导通状态的控制切换。

3. 如权利要求 1 所述的马达驱动系统,其特征在于,

还具备检测上述 3 相马达的电流值的电流检测机构;

上述控制部

如果上述 3 相马达的电流值不到规定值,则从上述供给控制向使上述多个开关元件的全部成为非导通状态的控制切换;

如果上述 3 相马达的电流值是规定值以上,则从上述供给控制向上述中断控制切换。

4. 如权利要求 1 所述的马达驱动系统,其特征在于,

还具备检测上述 3 相马达的电流值的电流检测机构;

上述控制部在从上述供给控制切换为上述中断控制后,

在上述 3 相马达的电流值为不到规定值的定时,再向使上述多个开关元件的全部成为非导通状态的控制切换。

5. 如权利要求 1 所述的马达驱动系统,其特征在于,

上述控制部在从上述供给控制切换为上述中断控制后,

在从上述中断控制的开始起经过了一定时间的定时,再向使上述多个开关元件的全部成为非导通状态的控制切换。

6. 如权利要求 1 ~ 5 中任一项所述的马达驱动系统,其特征在于,

上述控制部在上述中断控制中,

在将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断的定时上述 3 相马达中的电流的朝

向为向上述 3 相马达流入的朝向的相有两相的情况下,使上述上臂的开关元件中的、与该两相对应的上臂的开关元件持续成为导通状态,使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部成为非导通状态。

7. 如权利要求 1 ~ 5 中任一项所述的马达驱动系统,其特征在于,  
上述控制部在上述中断控制中,

在将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断的定时上述 3 相马达中的电流的朝向为向上述 3 相马达流入的朝向的相有两相的情况下,使上述上臂的开关元件中的、与该两相中的任 1 相对应的上臂的开关元件成为导通状态,使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部成为非导通状态。

8. 一种逆变器的驱动方法,所述逆变器具备至少 3 个上臂和至少 3 个下臂,用来向 3 相马达供给电力,所述至少 3 个上臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管,所述至少 3 个下臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管;

其特征在于,

有选择地执行:

供给控制,控制上述多个开关元件,以供给向上述 3 相马达的各相的交流电流;

中断控制,使上述上臂的开关元件中的、与在将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断的定时上述 3 相马达的电流的朝向为向上述 3 相马达流入的朝向的相中的至少 1 相对应的上臂的开关元件持续成为导通状态,并且使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部持续成为非导通状态,以将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断。

## 马达驱动系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种马达驱动系统,所述马达驱动系统具备用来驱动马达的逆变器和控制部。

### 背景技术

[0002] 近年来,以电动马达为动力源的电动汽车的普及不断进展。电动汽车具备搭载在车辆中、能够产生车辆的行进驱动转矩的马达、生成向马达供给的 3 相交流电流的逆变器、和控制逆变器的控制部。在控制马达的情况下,为了尽可能抑制电力消耗,如何将马达以高效率驱动也是重要的。

[0003] 可是,一般的马达的旋转速度及产生转矩与能量效率的关系是图 10 所示那样的。由该图可知,马达的能量效率根据旋转速度及转矩而不同。即,即使旋转速度为一定,如果转矩变化,能量效率也变化。所以,公开了在马达的高效率的驱动点断续地驱动马达、减少平均的马达的损失而提高整体的能量效率的马达驱动系统(例如,专利文献 1)。

[0004] 图 11 是在专利文献 1 所记载的马达驱动技术中表示转矩的时间变化的时间图。

[0005] 控制部在要求马达带来的行进驱动转矩的动力行进时,交替地设定第 1 驱动期间和第 2 驱动期间,所述第 1 驱动期间是以比基于加速器操作量的要求转矩小的第 1 行进驱动转矩指令值驱动电动马达的期间,所述第 2 驱动期间是以比要求行进驱动转矩大的第 2 行进驱动转矩指令值驱动电动马达的期间。由此,对马达断续地供给 3 相交流电流,并且由马达断续地产生转矩。此外,第 1 及第 2 驱动期间中的第 1 及第 2 行进驱动转矩的时间平均值在规定误差范围内与要求转矩一致,第 2 行进驱动转矩指令值的马达的驱动时的能量效率设定为比要求转矩下的马达的驱动时的能量效率高的值。

[0006] 通过这样驱动马达,能够使将第 1 及第 2 行进驱动时间平均时的整体的能量效率比马达连续输出基于加速器操作量的要求行进驱动转矩的情况下的能量效率高。由此,如图 11 所示,通过设置两个行进驱动转矩指令值、交替地变更指令值、使马达产生转矩变动,能够在没有超过及不足而满足要求行进驱动转矩的同时提高整体的能量效率。

[0007] 可是,对于电动汽车,不仅要求消耗电力量的降低,还要求舒适的乘坐感受的提供。所以,在专利文献 1 中,公开了设定第 1 及第 2 驱动期间、以使将马达的转矩指令值交替地变更的频率为比驱动系统的固有振动频率高足够多的频率的技术。更具体地讲,公开了下述内容:优选的是转矩的频率设定为例如 100Hz 左右或其以上。由于电动汽车的驱动系统的固有振动频率是几 Hz 左右,所以如果将转矩的频率如上述那样设定,则能够抑制因转矩的变动发生的车体的振动等而实现舒适的乘坐感受。另外,这里所述的驱动系统,是指将马达的转矩传递给车轮的装置整体。

[0008] 专利文献 1:特开平 10 - 243680 号公报。

### 发明内容

[0009] 可是,在上述以往的马达驱动系统中,通过以 100Hz 以上的频率断续地产生转矩,

对马达的各相断续地供给 3 相交流电流。如果被断续地供给 3 相交流电流,则在 3 相交流电流的供给中断的期间中,从马达向电源方向流入电流,发生再生动作。例如,在具备与电源并联连接的电容器的情况下,如果通过再生动作而向电容器流入电流,则电容器膨胀,如果然后从电容器流出电流,则电容器收缩。通过这样电容器反复膨胀及收缩,电容器振动,有从电容器产生声音的课题。特别是,在车辆进行低速行进等而行进声音较小时,该声音有可能变得刺耳。

[0010] 本发明是鉴于上述课题而做出的,目的是提供一种即使以较低的频率断续地产生转矩、也不易从电容器产生声音的马达驱动系统。

[0011] 为了解决上述课题,在本说明书中公开的马达驱动系统,具备逆变器和控制部;所述逆变器具备至少 3 个上臂和至少 3 个下臂,用来向 3 相马达供给电力,所述至少 3 个上臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管,所述至少 3 个下臂具有开关元件和并联连接在上述开关元件上的回流二极管;所述控制部控制上述逆变器具备的上述多个开关元件;上述控制部有选择地执行:供给控制,控制上述多个开关元件,以供给向上述 3 相马达的各相的交流电流;中断控制,控制上述多个开关元件,以将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断;上述中断控制是下述控制:使上述上臂的开关元件中的、与在将向上述 3 相马达的各相的交流电流的供给中断的定时上述 3 相马达的电流的朝向为向上述 3 相马达流入的朝向的相中的至少 1 相对应上臂的开关元件持续成为导通状态,并且使除了成为导通状态的上臂的开关元件以外的上臂的开关元件的全部及下臂的开关元件的全部持续成为非导通状态。

[0012] 根据上述结构,即使以较低的频率断续地产生转矩,也能够抑制从电容器的声音的发生。

#### 附图说明

[0013] 图 1 是表示有关实施方式的马达驱动系统的结构的控制框图。

[0014] 图 2 (a) 是进行时间划分控制的情况下的选择信号和马达电流的波形图的一例,图 2 (b) 是图 2 (a) 的部分放大图。

[0015] 图 3 是表示马达电流波形的时间变化的波形图,图 3 (a) 是有关实施方式的从供给控制向中断控制切换的情况下的电流波形图,图 3 (b) 是有关比较例的从供给控制向非导通控制切换的情况下的电流波形图。

[0016] 图 4 (a) 是表示有关实施方式的非导通控制的逆变器的导通状态的电路图,图 4 (b) 是表示导通控制的逆变器的导通状态的电路图。

[0017] 图 5 (a) 是表示使有关实施方式的 2 相的上臂的开关元件成为导通状态的情况下的马达电流波形的时间变化的波形图,图 5 (b) 是表示为了得到图 5 (a) 的波形而向各开关元件输出的信号的图。

[0018] 图 6 (a) 是表示使有关实施方式的 1 相的上臂的开关元件成为导通状态的情况下的马达电流波形的时间变化的波形图,图 6 (b) 是表示为了得到图 6 (a) 的波形而向各开关元件输出的信号的图。

[0019] 图 7 (a) 是表示使有关比较例的全部的开关元件成为非导通状态的情况下的马达电流波形的时间变化的波形图,图 7 (b) 是表示为了得到图 7 (a) 的波形而向各开关元件

输出的信号的图。

[0020] 图 8 是表示逆变器的导通状态的电路图,图 8 (a) 是使有关实施方式的 2 相的上臂的开关元件成为导通状态的情况下的电路图,图 8 (b) 是使有关实施方式的 1 相的上臂的开关元件成为导通状态的情况下的电路图,图 8 (c) 是使有关比较例的全部的开关元件成为非导通状态的情况下的电路图。

[0021] 图 9 (a) 是表示马达的旋转相位角按照  $60^\circ$  划分的各区间的电流波形的图,图 9 (b) 是表示各区间与控制为导通状态的开关元件的关系的表。

[0022] 图 10 是表示马达的旋转速度、产生转矩与马达效率的关系的图。

[0023] 图 11 是在专利文献 1 所记载的以往的马达驱动技术中表示转矩的时间变化的时间图。

### 具体实施方式

[0024] 可以考虑通过以较低的频率断续地产生转矩、使由电容器产生的声音接近于低频率的声音,所述低频率的声音接近于行进音及具备马达和辅助性的发动机的车辆的发动机的振动音。由此,能够将来自电容器的声音隐藏到行进音等中而变得不刺耳。但是,如果为了使来自电容器的声音变低而使转矩的频率变低、使 3 相交流电流的供给的频率接近于驱动系统的固有振动频率,则电容器的振动的频率也接近于驱动系统的固有振动频率。如果电容器的振动的频率接近于驱动系统的固有振动频率,则驱动系统的振动被放大,有容易发生驱动系统的振动的问题。

[0025] 此外,如果电流从马达流入到电容器中,则马达成为再生动作,所以旋转速度减小,施加制动。通过将转矩产生和制动以较低的频率断续地产生,有更容易发生振动的问题。

[0026] 如果如一般考虑那样,通过使开关元件全部成为非导通状态而将向马达的各相的交流电流的供给中断,则从马达供给的电流经由电流流出的相的上臂的二极管朝向电源,电流的流动成为再生动作。但是,如果通过上述结构将向马达的各相的交流电流的供给中断,则从马达供给的电流的至少一部分经由电流流出的相的上臂的二极管,通过其他相的上臂的导通状态的开关元件向马达返回。这样,由作为向 3 相马达流入的朝向的相的开关元件及马达的绕线和其他相的绕线及二极管形成回流路径。通过电流流到不发生再生动作的回流路径中,流到发生再生动作的路径中的电流变小,能够将急剧的再生动作缓和。另外,通过供给到回流路径内的电流被马达的电阻及导线的电阻消耗,在回流路径内流动的电流在经过某种程度的时间后成为零。

[0027] 如果能够将急剧的再生动作缓和,则例如向在逆变器上装备的电容器流入的电流变小,电容器中的振动被抑制。由此,即使电容器与驱动系统的振动的频率接近,驱动系统的振动也不易被放大,不易发生驱动系统的振动。此外,还能够抑制因电容器中的振动造成的声音的发生。

[0028] 因而,能够提供一种即使以较低的频率使转矩断续地产生、也在抑制驱动系统的振动的发生的同时、不易从电容器产生声音的马达驱动系统。

[0029] 此外,通过将急剧的再生动作缓和,能够抑制通过再生动作发生的制动的振动。

[0030] 以下,使用附图对作为本发明的一实施方式的马达驱动系统进行说明。

## [0031] <实施方式>

### 1. 整体结构

图 1 是表示有关实施方式的马达驱动系统 1 的结构的控制框图。

[0032] 如图 1 所示, 马达驱动系统 1 由逆变器 12 及控制部 13 构成。

[0033] 逆变器 12 具备 3 相电桥电路(以下, 当不需要区别时统称作“开关元件 14”), 所述 3 相电桥电路由 U 相上臂的开关元件 14UP 和回流二极管、U 相下臂的开关元件 14UN 和回流二极管、V 相上臂的开关元件 14VP 和回流二极管、V 相下臂的开关元件 14VN 和回流二极管、W 相上臂的开关元件 14WP 和回流二极管、以及 W 相下臂的开关元件 14WN 和回流二极管构成。各开关元件 14 和回流二极管分别并联连接。作为开关元件 14, 可以使用例如 IGBT(绝缘栅型双极晶体管: Insulated Gate Bipolar Transistor) 或 MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)。IGBT 及 MOSFET 既可以是硅(Si)为原材料的开关元件, 也可以是以碳化硅(SiC)为原材料的开关元件。逆变器 12 在动力行进时将电源 10 输出的直流电力进行直交变换而向马达 11 供给交流电力, 在再生时将由马达 11 产生的交流电力变换为直流电力而向电源 10 供给。

[0034] 电源 10 能够使用例如锂离子电池或镍氢电池那样的二次电池。电容器等电容元件 28 与电源 10 并联连接。

[0035] 3 相马达 11 与逆变器 12 连接, 作为电动汽车的动力源发挥作用。作为 3 相马达 11, 例如可以使用在永久磁铁嵌入型或在表面配置有磁铁的同步马达。

### [0036] 2. 控制部 13 的详细的结构

控制部 13 具备电流检测机构 15、转速检测机构 16、相位角检测机构 17、时间划分转矩控制机构 18、比较器 20、电压指令机构 19、全 OFF 信号生成机构 22、PWM 信号生成机构 21、特定信号生成机构 23、及选择器 24、马达传感器 28、以及电流检测传感器 29、30。马达传感器 28 例如是解析器、编码器、霍尔元件等。

[0037] 电流检测机构 15 检测 U、V、W 各相中的至少某两相的马达电流, 使用它们和由后述的相位角检测机构 17 检测出的马达 11 的旋转相位角进行 dq 变换。将通过 dq 变换得到的 d 轴上的电流和 q 轴上的电流向比较器 20 输出。

[0038] 转速检测机构 16 通过 3 相马达 11 中具备的马达传感器 28 检测 3 相马达 11 的每单位时间的转子的转速, 将该转速向时间划分转矩控制机构 18 输出。通过每单位时间的转速, 能够掌握 3 相马达 11 的实际的旋转速度。

[0039] 相位角检测机构 17 通过 3 相马达 11 中具备的马达传感器 28 检测马达电流的相位角, 将转子的相位角向电流检测机构 15、电压指令机构 19、及时间划分转矩控制机构 18 输出。

[0040] 时间划分转矩控制机构 18 具备电流指令生成机构 25、时间划分控制机构 26、及 3 相马达效率映射表 27。时间划分转矩控制机构基于转矩指令值、马达电流、3 相马达 11 的转速、3 相马达 11 的旋转相位角来决定逆变器 12 的动作。具体而言, 时间划分转矩控制机构 18 决定是执行时间划分控制还是执行通常控制, 所述时间划分控制指反复进行向 3 相马达 11 的各相的交流电流的供给的中断及交流电流的供给, 所述通常控制指连续地实施向 3 相马达 11 的各相的交流电流的供给。该决定例如使用基于转矩指令值的要求转矩、由转速检测机构 16 得到的转速和 3 相马达效率映射表 27、将实施了时间划分控制的情况下的能量

效率与实施了通常控制的情况下的能量效率比较,由此来进行。

[0041] 电流指令生成机构 25 在时间划分控制的情况下,参照 3 相马达效率映射表 27,求出在当前的转速下能量效率为最大的最大效率转矩,生成基于最大效率转矩的 d 轴上及 q 轴上的电流指令。另外,只要是比要求转矩大的转矩就可以,并不限于最大效率转矩,也可以生成基于该指令转矩的电流指令。此外,电流指令生成机构 25 在通常控制的情况下,生成基于要求转矩的 d 轴上及 q 轴上的电流指令。

[0042] 时间划分控制机构 26 生成用来控制选择器 24 的选择信号、和用来控制特定信号生成机构 23 的特定导通指令信号。关于选择信号和特定导通指令信号的生成方法在后面叙述。

[0043] 3 相马达效率映射表 27 是将图 10 所示的马达旋转速度及转矩与马达的效率的关系映射表化的信息。

[0044] 比较器 20 对于 d、q 轴,分别将基于电流检测传感器 29、30 中的采样而电流检测机构 15 得到并输出的马达电流值、与从电流指令生成机构 25 取得的电流指令值比较,运算它们的电流误差,向电压指令机构 19 输出。具体而言,将通过 d 轴上的电流指令值与 d 轴上的马达电流值的比较得到的电流误差、以及通过 q 轴上的电流指令值与 q 轴上的马达电流值的比较得到的电流误差分别向电压指令机构 19 输出。电流误差是实际供给到 3 相马达 11 中的电流与用户希望的驱动所需要的电流的差。

[0045] 电压指令机构 19 基于从比较器 20 输出的电流误差运算电压指令值。具体而言,电压指令机构 19 对 d 轴上及 q 轴上的电流误差实施例如 PI 控制(比例积分控制),分别运算 d 轴上及 q 轴上的电压指令值。并且,电压指令机构 19 使用 d、q 轴上的电压指令值和 3 相马达 11 的旋转相位角进行逆 dq 变换,运算 U、V、W 相的各电压指令值,将其向 PWM 信号生成机构 21 输出。

[0046] 全 OFF 信号生成机构 22 按照 U、V、W 相生成使各开关元件 14 的全部成为非导通状态的信号(例如,LOW 电平的信号),向选择器 24 输出。

[0047] PWM 信号生成机构 21 基于电压指令,按照 U、V、W 相生成使各开关元件 14 基于 PWM (Pulse Width Modulation:脉冲宽度调制)控制反复导通状态和非导通状态的信号(例如,反复 HIGH 电平和 LOW 电平的信号),向选择器 24 输出。

[0048] 特定信号生成机构 23 基于从时间划分控制机构 26 输出的特定导通指令信号,生成使特定的开关元件 14 持续成为导通状态、使其余的开关元件 14 持续成为非导通状态的信号(例如,对于特定的开关元件 14 是 HIGH 电平的信号,对于其余的开关元件 14 是 LOW 电平的信号),向选择器 24 输出。

[0049] 选择器 24 基于从时间划分控制机构 26 输出的选择信号,选择从全 OFF 信号生成机构 22 输出的信号、从 PWM 信号生成机构 21 输出的信号、以及从特定信号生成机构 23 输出的信号的任一个,向逆变器 12 输出。

[0050] 另外,可以考虑将控制部 13 用 1 个处理器或多个处理器的组合来构成。具体而言,只要使用微型计算机、DSP(数字信号处理器:Digital Signal Processor)、FPGA(现场可编程门阵列:Field Programmable Gate Array)、或专用 IC(集成电路:Integrated Circuit)就可以。另外,控制部 13 也可以不使用这些而构成。

[0051] 3. 动作



接着,一边参照马达电流的波形,一边说明进行时间划分控制的情况下的马达驱动系统的动作。

[0052] 图 2 (a) 是进行时间划分控制的情况下的选择信号和马达电流的波形图的一例,图 2 (b) 是图 2 (a) 的部分放大图。

[0053] 选择信号能够取选择全 OFF 信号生成机构 22 的状态 S1、选择 PWM 信号生成机构 21 的状态 S2、和选择特定信号生成机构 23 的状态 S3 这 3 种状态。以下,在本说明书中,将选择了状态 S1 时的控制也称作非导通控制。

[0054] 特定导通指令信号表示在开关元件 14UP、14VP、14WP、14UN、14VN、14WN 中,当选择信号为状态 S3 时使哪个开关元件成为导通状态。

[0055] 到时刻  $t_1$  为止,选择信号表示状态 S2,所以选择器 24 将从 PWM 信号生成机构 21 输出的信号向逆变器 12 输出。由此,各开关元件 14 基于 PWM 控制反复导通状态和非导通状态,结果,从逆变器 12 输出 3 相交流电流。以下,在本说明书中,将该区间中的控制也称作供给控制。

[0056] 从时刻  $t_1$  到时刻  $t_2$ ,选择信号表示状态 S3,所以选择器 24 将从特定信号生成机构 23 输出的信号向逆变器 12 输出。由此,特定的开关元件 14 持续成为导通状态,其余的开关元件 14 持续成为非导通状态。为导通状态的开关元件 14 由特定导通指令信号的状态 S31 决定。这里,状态 S31 表示使 U 相上臂的开关元件 14UP 成为导通状态、使其余的上臂的开关元件 14VP、14WP、以及下臂的开关元件 14UN、14VN、14WN 的全部成为非导通状态。由此,在时刻  $t_1$  到时刻  $t_2$ ,开关元件 14UP 为导通状态,其余的开关元件 14UN、14VP、14VN、14WP、14WN 为非导通状态。此时,在 U 相中流过向 3 相马达 11 流入的朝向的电流,在 W 相中流过从马达 11 流出的朝向的电流。并且,如图 2 (b) 所示,U 相的电流和 W 相的电流随着时间经过而减小。以下,在本说明书中,将该区间中的控制也称作中断控制。

[0057] 从时刻  $t_2$  到时刻  $t_3$ ,选择信号表示状态 S2,所以与到时刻  $t_1$  为止同样,各开关元件 14 基于 PWM 控制反复导通状态和非导通状态,结果,从逆变器 12 输出 3 相交流电流。在这以后,除了由特定导通指令信号表示的开关元件不同以外,是上述动作的反复。另外,从时刻  $t_2$  到时刻  $t_3$  的期间的长度通过以下的方法决定。

[0058] 首先,时间划分控制机构 26 基于能量效率为最大的最大效率转矩与要求转矩的比率,决定占空比。具体而言,占空比通过占空比 = 要求转矩 / 最大效率转矩的关系式决定。所谓占空比,如果设实施向 3 相马达 11 的电流供给的时间为通电时间,设将向 3 相马达 11 的 3 相交流电流的供给中断的时间为非通电时间,则是通过占空比 = 通电时间 / (通电时间 + 非通电时间) 的关系式决定的比率。另外,在使用最大效率转矩以外的指令转矩的情况下,占空比只要通过占空比 = 要求转矩 / 指令转矩的关系式决定就可以。

[0059] 接着,时间划分控制机构 26 根据通电时间与非通电时间的合计的长度及占空比决定通电时间。通电时间通过通电时间 = 占空比  $\times$  (通电时间 + 非通电时间) 的关系式决定。在本实施方式中,通电时间与非通电时间的合计的长度是一定的,为固定值。

[0060] 并且,时间划分控制机构 26 将所决定的通电时间设定为从时刻  $t_2$  到时刻  $t_3$  的期间的长度。由此,能够使 3 相马达 11 的产生转矩的时间平均接近于要求转矩。

[0061] 另外,控制部 13 也可以构成为,能够执行供给控制、中断控制、及非导通控制以外的控制。例如,也可以在供给控制与中断控制之间执行其他控制。在此情况下,例如只要设

置其他信号生成机构、时间划分控制机构 26 将选择该信号生成机构的选择信号向选择器 24 输出就可以。

#### [0062] 4. 选择信号的生成方法

时间划分控制机构 26 在内部生成脉冲以一定周期上升的脉冲信号,将脉冲的上升的定时作为决定对 3 相马达 11 实施电流供给的定时的基准使用。

[0063] 使用图 3 及图 4,详细地说明控制部 13 被从供给控制向中断控制切换的情况及被从供给控制向非导通控制切换的情况下的控制部 13 的动作。

[0064] 图 3 是表示马达电流波形的时间变化的波形图,图 3 (a) 是有关实施方式的从供给控制向中断控制切换的情况下的电流波形图,图 3 (b) 是有关比较例的从供给控制向非导通控制切换的情况下的电流波形图。图 4 (a) 是表示有关实施方式的非导通控制的逆变器 12 的导通状态的电路图,图 4 (b) 是表示有关比较例的非导通控制的逆变器 12 的导通状态的电路图。U 相、W 相的电流的大小取决于最大效率转矩,转矩和电流的大小大致处于比例关系。

[0065] 在供给控制中,基于对 3 相马达 11 要求的要求转矩,电流流到 U、V、W 各相中。这里,如图 3 (a) 所示,从供给控制向中断控制的切换在 U、V、W 的任 1 相的电流成为大致 0 安培的定时进行。任 1 相成为大致 0A (安培) 的导通相位角对于电气角  $360^\circ$  按照  $60^\circ$  发生 6 次,但在哪个定时中,关于开关元件的控制都是同样的。

[0066] 如图 3 (a) 所示,从供给控制向中断控制切换的时刻  $t_1$  的电流的状态是 U 相的电流为正、W 相的电流为负。(在本实施方式中,设向 3 相马达 11 流入的朝向为正、从 3 相马达 11 流出的朝向为负)。与此对应,在从供给控制向中断控制切换的定时,时间划分控制机构 26 控制选择器 24,以将来自特定信号生成机构 23 的信号向开关元件 14 输出。进而,在该定时,时间划分控制机构 26 对特定信号生成机构 23 输出信号,以便如图 4 (a) 所示,使 U 相上臂的开关元件 14UP 持续成为导通状态、其他开关元件 14VP、14WP、14UN、14VN、14WN 成为非导通状态。这样,形成由 W 相上臂的二极管、U 相上臂的开关元件、U 相的马达的绕线及 W 相的马达的绕线构成的回流路径,电流不流到电容器 28 (电源 10 侧) 中。

[0067] 在从供给控制向中断控制切换的时刻  $t_1$ ,使哪个开关元件 14 导通取决于  $t_1$  的各相的电流的朝向。具体而言,只要使电流以向 3 相马达 11 流入的朝向流动的相的上臂的开关元件 14 成为导通状态就可以。例如,在时刻  $t_1$  的 V 相电流为正时,只要使 V 相上臂的开关元件 14VP 成为导通状态就可以,在时刻  $t_1$  的 W 相电流为正时,只要使 W 相上臂的开关元件 14WP 成为导通状态就可以。

[0068] 到从中断控制再次向供给控制转移为止,保持开关元件 14 的动作。在这个向供给控制的切换的定时,时间划分控制机构 26 控制选择器 24,以将来自 PWM 信号生成机构 21 的信号向开关元件 14 输出。

[0069] 另外,由于各相的马达电流值的合计为 0A,所以在图 1 中,通过检测 3 相的马达电流中的某两相来运算全部的马达电流值,但并不限于该结构。也可以将各相的马达电流值向时间划分转矩控制机构 18 输入而直接检测。

[0070] 另一方面,作为比较例,对于从供给控制向非导通控制切换的情况下的动作,使用图 3 (b) 及图 4 (b) 进行说明。如图 3 (b) 所示,在从供给控制向非导通状态切换的时刻  $t_1$ ,U 相的电流为正,W 相的电流为负。此时,时间划分控制机构 26 如图 3 (b) 所示,对选择

器 24 输出选择信号,以将来自全 OFF 信号生成机构 22 的信号向开关元件 14 输出。由此,使全部的开关元件 14 成为非导通状态。这样,如图 4 (b)所示,形成由 W 相上臂的二极管、电容器、U 相下臂的二极管、U 相的马达的绕线及 W 相的马达的绕线构成的再生路径。通过电流流到电容器 28 中,发生再生动作。

[0071] 与从中断控制再次向供给控制切换的情况同样,到从非导通控制再次向供给控制转移为止,保持开关元件 14 的动作。关于然后的控制,也与从中断控制切换的情况是同样的。

[0072] 在中断控制中,由 3 相马达 11 产生的能量没有被电容器 28 回收,所以电流从马达流出的期间较长,3 相马达 11 成为较弱的再生动作,施加较弱的制动。在非导通控制中,从 3 相马达 11 流出的电流向装备在逆变器 12 的输入侧的电容器 28 流入。因而,在非导通控制中,与中断控制相比,电流从 3 相马达 11 流出的期间被缩短,并且由 3 相马达 11 产生的能量被电容器 28 回收。因此,在电流从 3 相马达 11 流出的期间中,3 相马达 11 成为急剧的再生动作,施加较强的制动。这样,能够通过使供给控制以外的期间为供给控制或者非导通控制来选择 3 相马达 11 的再生动作的强度。

[0073] 另外,在图 4 (a)的例子中,偶然也有虽然时刻  $t_1$  下的 V 相的电流值是零、但在对 3 相马达 11 实施电流供给的定时哪个相的电流值都不为零的情况。例如,在图 2 (a)所示的时刻  $t_3$ ,U 相、V 相、W 相的哪个的电流值都不是零。对该情况进行说明。

[0074] 图 5 至图 7 是表示马达电流波形的时间变化的波形图。图 8 是表示逆变器的导通相位的电路图。图 5 及图 8 (a)对应于使有关实施方式的 2 相的上臂的开关元件 14 成为导通状态的情况,图 6 及图 8 (b)对应于使有关实施方式的 1 相的上臂的开关元件 14 成为导通状态的情况,图 7 及图 8 (c)对应于使有关比较例的全部的开关元件 14 成为非导通状态的情况。

[0075] 在从供给控制向中断控制的切换的时刻  $t_3$ ,在这些例子中,U 相及 V 相的电流以向 3 相马达 11 流入的朝向流动,W 相的电流以从 3 相马达 11 流出的朝向流动。

[0076] 如图 8 (a)所示,在从供给控制向中断控制的切换的定时,使 U 相及 V 相的上臂的开关元件 14UP、14VP 持续成为导通状态,使其他开关元件 14WP、14UN、14VN、14WN 成为非导通状态。作为具体的控制,如图 5 (b)所示,到时刻  $t_3$  为止,对开关元件 14 的全部反复输出接通信号和断开信号。接着,从时刻  $t_3$  起,对开关元件 14UP、14VP 输出接通信号,对开关元件 14UN、14VN、14WP、14WN 输出断开信号。由此,如图 5 (a)所示,首先,U 相的电流成为 0A,然后,V 相及 W 相的电流同时成为 0A。

[0077] 如图 8 (b)所示,在从供给控制向中断控制的切换的定时,使 U 相的上臂的开关元件 14UP 持续成为导通状态,使其他的开关元件 14VP、14WP、14UN、14VN、14WN 成为非导通状态。作为具体的控制,如图 6 (b)所示,到时刻  $t_3$  为止,对开关元件 14 的全部反复输出接通信号和断开信号。接着,从时刻  $t_3$  起,对开关元件 14UP 输出接通信号,对开关元件 14UN、14VP、14VN、14WP、14WN 输出断开信号。由此,如图 6 (a)所示,首先,U 相的电流成为 0A,然后,V 相及 W 相的电流同时成为 0A。

[0078] 如图 8 (c)所示,在从供给控制向非导通控制的切换的定时,使全部的开关元件 14 成为非导通状态。作为具体的控制,如图 7(b)所示,到时刻  $t_3$  为止,对开关元件 14 的全部反复输出接通信号和断开信号。接着,从时刻  $t_3$  起,对开关元件 14 的全部输出断开信号。

由此,如图 7 (a) 所示,首先,U 相的电流成为 0A,然后,V 相及 W 相的电流同时成为 0A。

[0079] 从时刻  $t_3$  到全部的相的电流成为 0A 的时刻  $t_4$  的时间,以使 2 相的上臂的开关元件成为导通状态时、使 1 相的上臂的开关元件成为导通状态时、使全部的开关元件成为非导通状态时的顺序变短。

[0080] 另外,在上述记载中,表示了 U 相及 V 相的电流为正的例子,但并不限于此。图 9 是表示将马达的旋转相位角按照  $60^\circ$  划分的各区间、和在各区间中设为导通状态的开关元件的图。图 9 (a) 的区间 1 ~ 6 对应于图 9 (b) 的区间 1 ~ 6。区间 1 的相位角是  $0^\circ$  以上不到  $60^\circ$ , 区间 2 的相位角是  $60^\circ$  以上不到  $120^\circ$ , 以下同样。在图 9 (b) 中,“ON”表示能够设为导通状态的开关元件。例如,如果将 3 相马达 11 的 3 相交流电流的供给中断的定时包含在区间 1 中,则使 V 相上臂的开关元件 14VP 和 W 相上臂的开关元件 14WP 的至少 1 个成为导通状态,使其余的开关元件 14UP、14UN、14VN、14WN 成为非导通状态。另外,图 2 (a) 的时刻  $t_1$  的相位角是相位角  $240^\circ$ , 包含在区间 5 中。这样,当 1 相的电流是 0A 时,使正的电流流过的相的上臂的开关元件 1 个成为导通状态,使其余的开关元件成为非导通状态。此外,图 2 (b) 的时刻  $t_3$  的相位角是相位角  $290^\circ$  附近,包含在区间 5 中。

#### [0081] 4. 效果

这样,通过控制部 13 进行使电流向 3 相马达 11 流入的相的上臂的开关元件 14 成为导通状态、使其以外的开关元件 14 成为非导通状态的中断控制,3 相马达 11 的动作成为较弱的再生动作,能够提供一种即使以较低的频率断续地产生转矩、也能够在抑制驱动系统的振动的发生的同时不易从电容器产生声音的马达驱动系统。

[0082] 能够抑制驱动系统的振动的发生是因为,如果向逆变器 12 上装备的电容器 28 流入的电流变小而急剧的再生动作被缓和,则向电容器 28 流入的电流变小,所以电容器 28 中的振动被抑制。由此,即使电容器 28 与驱动系统的振动的频率接近,驱动系统的振动也不易被放大,能够抑制驱动系统的振动的发生。

[0083] 此外,如上述那样,能够通过使供给控制以外的期间成为中断控制或非导通控制来选择 3 相马达 11 的再生动作的强度,所以能够抑制通过再生动作发生的制动的振动。这里所述的制动,是在从马达将马达电流向电容器回收时发生的,是通过电流持续流动的期间中的马达的再生动作带来的制动。

#### [0084] < 变形例 >

##### 1. 从供给控制向中断控制或非导通控制的选择的切换

在实施方式中,说明了从供给控制向中断控制切换的马达驱动系统的具体的动作。在本变形例中,说明从供给控制向中断控制或非导通控制有选择地切换的动作。在中断控制中,由于 3 相马达 11 的动作是较弱的再生动作,所以能够抑制振动的发生,另一方面,向电容器 28 回收的电流在原理上是 0。相对于此,在非导通控制中,由于 3 相马达 11 的动作总是较强的再生动作,所以虽然不能抑制振动的发生,但向电容器 28 回收的电流较多。因此,通过能够选择中断控制或非导通控制,能够实现根据情况而重视振动的发生的抑制、或重视电力回收的控制。以下,作为选择供给控制或中断控制的某个的条件,对使用马达的转速或马达电流的情况进行说明。

##### [0085] 1-1. 马达的转速

对根据马达的转速设定从供给控制向非导通控制的切换定时的实施例进行说明。

[0086] 一般而言,在使全部的开关元件 14 成为非导通状态、将从 3 相马达 11 流出的电流的全部向电容器 28 回收的情况下,电容器 28 回收的能量由马达电流值决定。这是因为,回收的能量是由 3 相马达 11 产生的惯性能量的一部分,通过马达电流值决定电容器 28 回收的能量。因此,电容器 28 回收的能量不取决于 3 相马达 11 的转速。另一方面,3 相马达 11 的转速越高,具有越大的惯性能量。

[0087] 这里,比较从 3 相马达 11 流出的电流值是同等的大小、并且转速不同的两种情况。在 3 相马达 11 的转速较低的情况下,惯性能量原本较小,向电容器 28 回收的能量相对于原本拥有的惯性能量的比例变大。因此,因向电容器 28 回收的能量而失去的旋转力的比例变大。另一方面,在 3 相马达 11 的转速较高的情况下,即使将与马达的转速较低的情况相同的量的能量向电容器 28 回收,失去的旋转力的比例也变小。这样,在 3 相马达 11 的转速较低的情况下,由再生带来的转速的变化较大,所以在从供给控制向非导通控制的切换时发生的振动变大,在 3 相马达 11 的转速较高的情况下,转速的变化较小,所以在该切换时发生的振动变小。

[0088] 因而,只要根据发生的振动的大小决定 3 相马达 11 的转速的规定值就可以。在 3 相马达 11 的转速是规定值以上的情况下,通过切换为非导通控制,能够将能量向电容器 28 回收而降低能量损失。另一方面,在 3 相马达 11 的转速比规定值低的情况下,通过切换为中断控制,能够抑制振动发生。

#### [0089] 1 - 2. 马达电流

对根据马达电流值设定从供给控制向非导通控制的切换定时的实施例进行说明。

[0090] 由于向电容器 28 回收的能量与电流值的大小成比例,所以因向电容器 28 的能量回收而失去的惯性能量取决于马达电流的大小。因而,也可以基于马达电流的大小来选择切换为中断控制或非导通控制的哪个。

[0091] 更具体地讲,在马达电流值较小的情况下,即使将能量向电容器 28 回收,也由于回收的能量较小,所以惯性能量的减少也较小,振动变小。因而,只要根据发生的振动的大小决定 3 相马达 11 的电流值的规定值、在马达电流比规定值小的情况下向非导通控制切换就可以。另一方面,在马达电流较大的情况下,由于向电容器 28 回收的能量较大,所以惯性能量的减少也较大,振动等变大。因而,在马达电流是规定值以上的情况下,只要向中断控制切换就可以。

#### [0092] 2. 从供给控制经由中断控制向非导通控制的切换

在实施方式中,说明了从供给控制向中断控制切换的马达驱动系统的具体的动作。在此情况下,在中断控制的动作中不回收马达电流。相对于此,在本变形例中,从供给控制向中断控制切换,在经过一定时间后向非导通控制切换。这样,通过设置非导通控制,能够将马达电流的一部分向电容器 28 回收。另外,一定时间设定为虽然通过中断控制而电流下降但不达到零的程度的时间。因此,能够提供一种能够在中断控制中抑制振动、同时非导通控制中减少能量损失的马达驱动系统。

[0093] 另外,上述实施方式及变形例使用马达传感器实施马达的相位角及转速的检测,但本发明并不限于此。例如,也可以是使用马达电流和马达参数推定相位角及转速的所谓无传感器控制方式。此外,在图 1 中,用电流检测传感器 29、30 这两个传感器检测马达电流,但本发明并不限于此。例如,通过将电阻值较低的电阻、所谓的分流电阻连接到逆变

器 12 与电源 10 之间、与逆变器 12 的 PWM 控制的状态连动而检测作用在上述电阻上的电压来检测流到 3 相马达 11 中的电流的方式已实用化。在本发明中,也可以在马达电流的检测中使用分流电阻。此外,本实施方式将检测出的马达电流进行 dq 变换,基于与 d 轴上及 q 轴上的电流指令的误差来进行电压控制,但本发明并不限于此。只要是马达输出由转矩指令值生成的要求转矩的控制方式就可以。即,由于转矩指令与电流指令大致处于比例关系,所以只要是构成反馈控制环以使马达电流成为马达电流指令值那样的控制方式就可以。

[0094] 产业上的可利用性

有关本发明的马达驱动系统例如能够在空调机的压缩机逆变器控制、冰箱用逆变器控制、热泵热水器的逆变器控制、产业用伺服放大器的逆变器控制、电动汽车及混合动力汽车的逆变器控制等中广泛应用。

[0095] 附图标记说明

- 11 3 相马达
- 12 逆变器
- 13 控制部
- 14 开关元件
- 21 PWM 信号生成机构
- 22 全 OFF 信号生成机构
- 23 特定信号生成机构
- 24 选择器
- 26 时间划分控制机构。

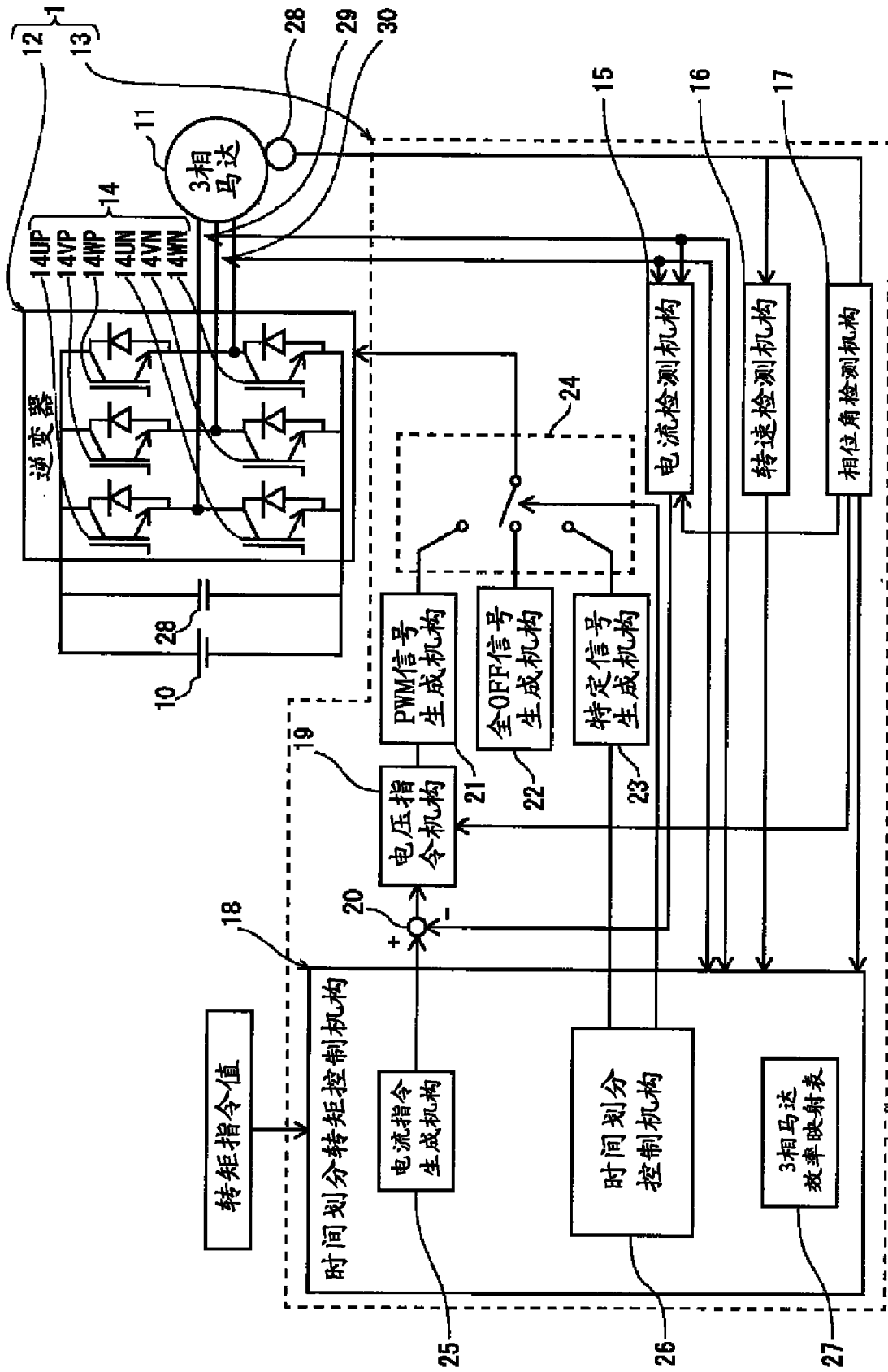
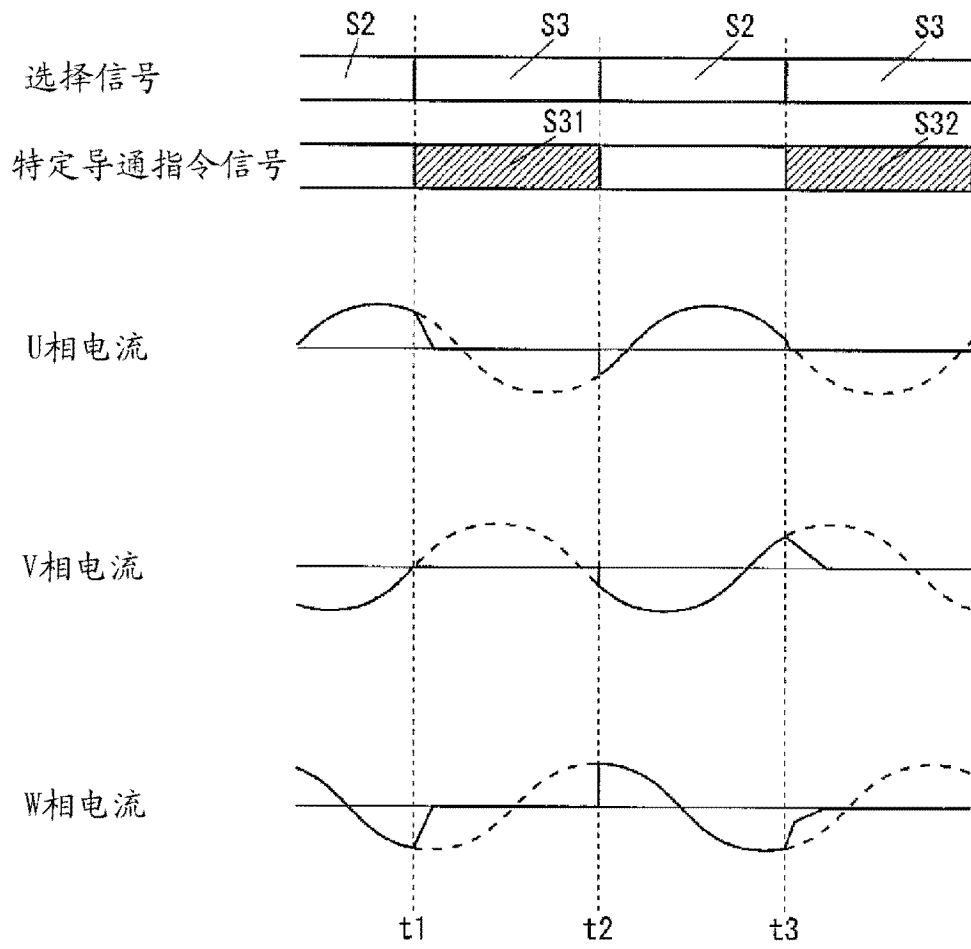


图 1

(a)



(b)

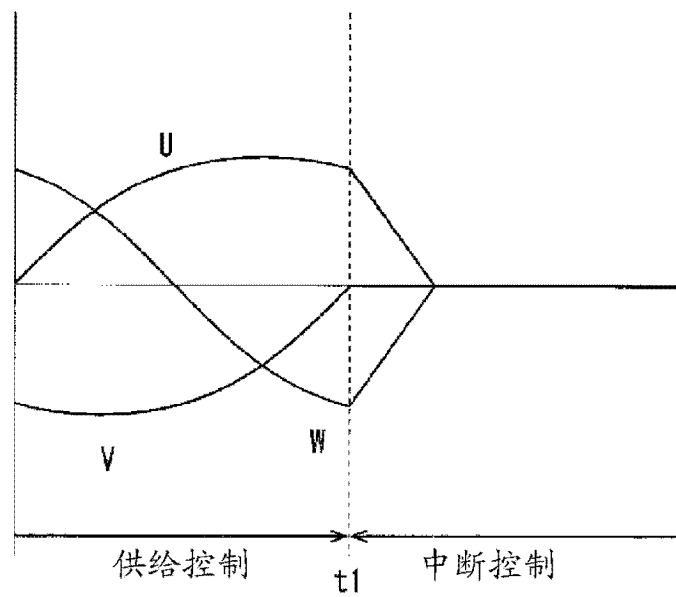
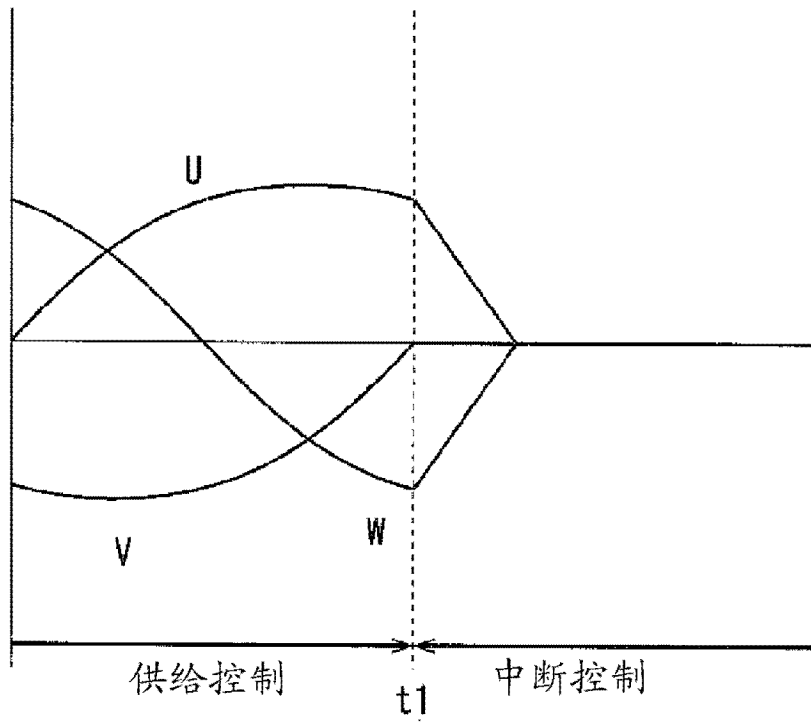


图 2



(a)



(b)

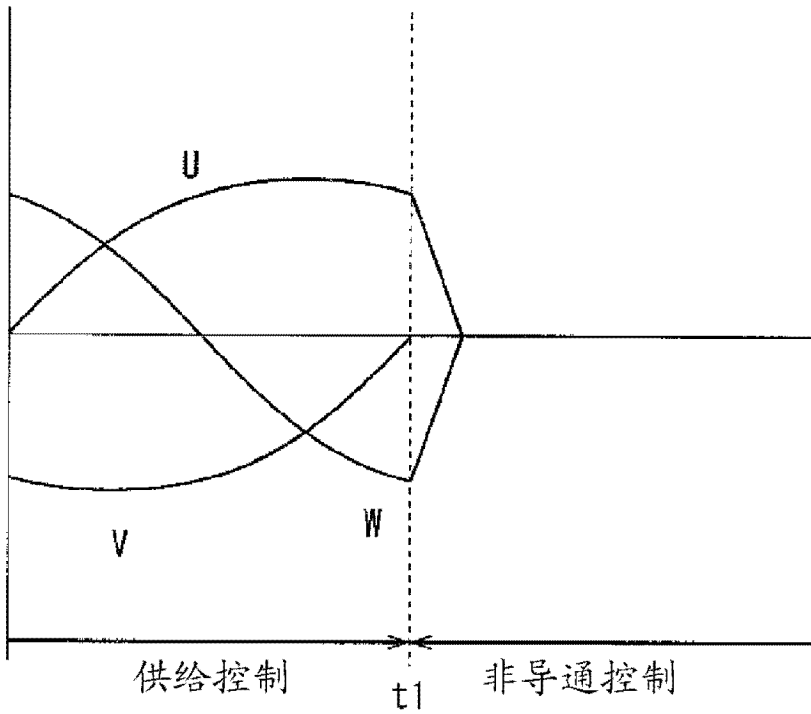
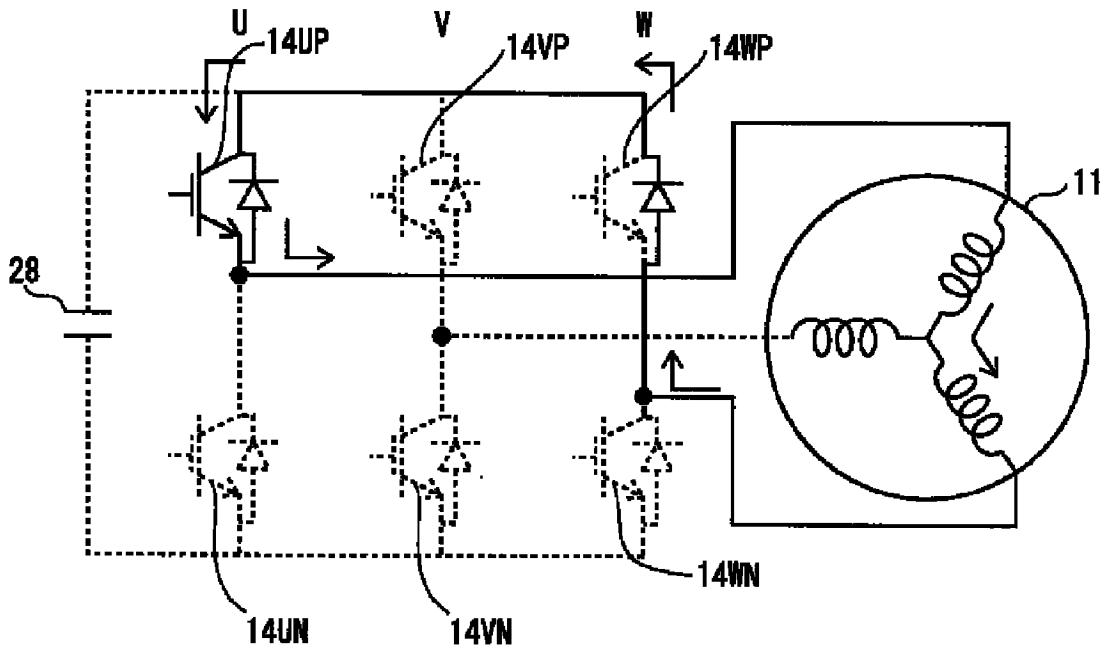


图 3

(a)



(b)

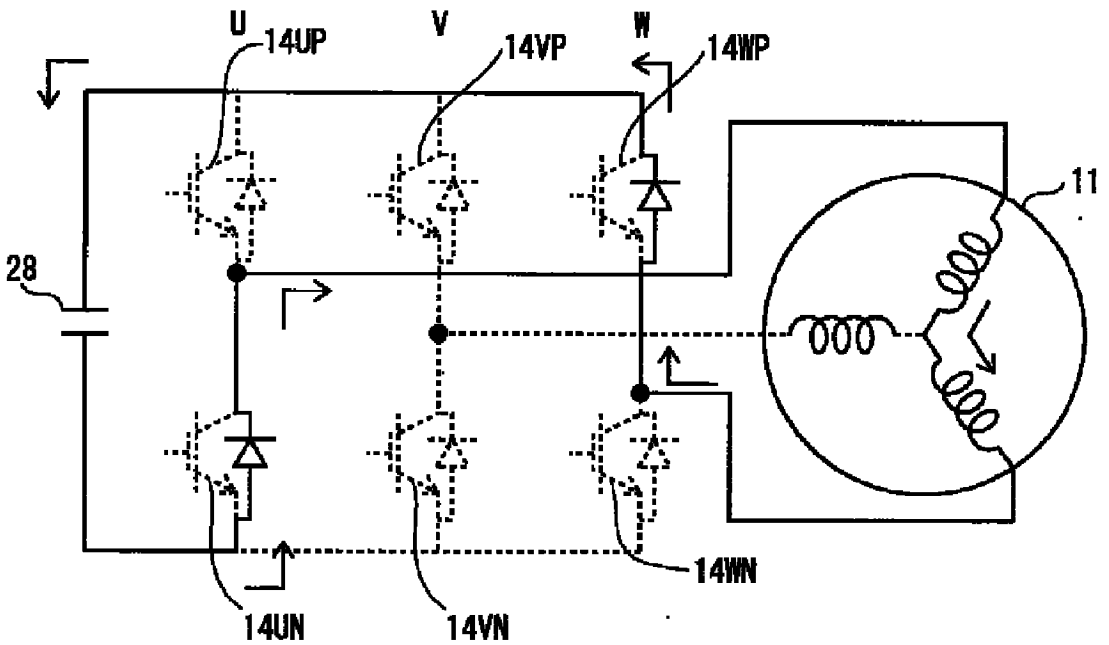
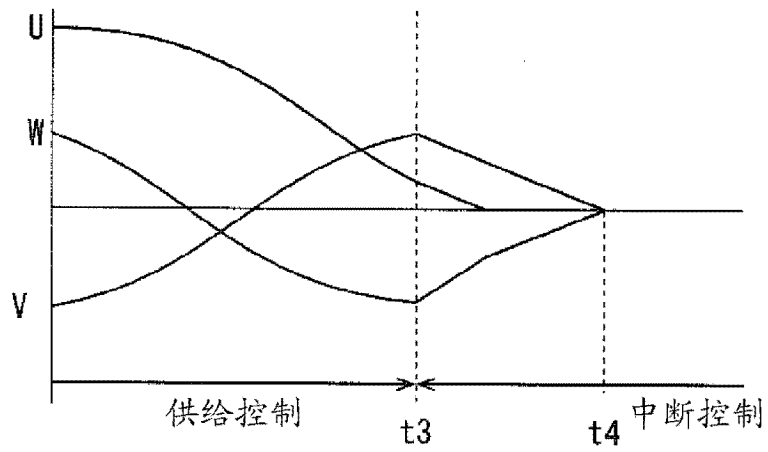


图 4

(a)



(b)

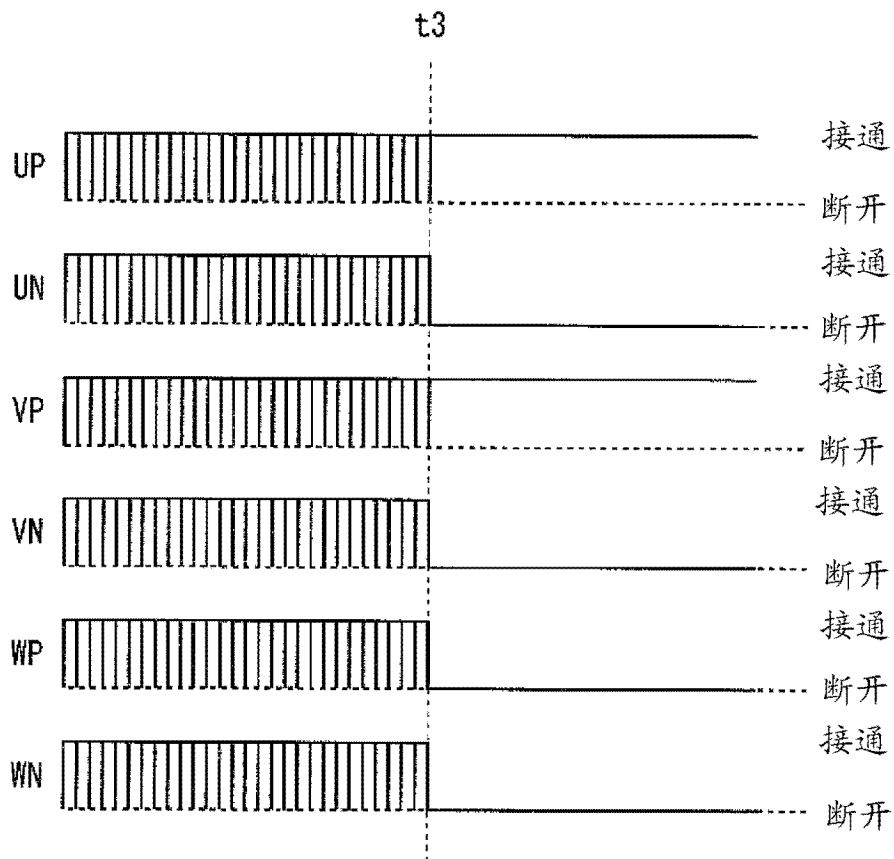
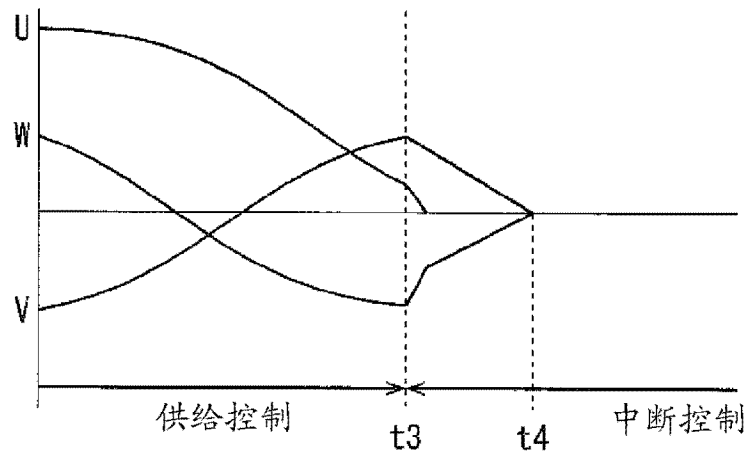


图 5

(a)



(b)

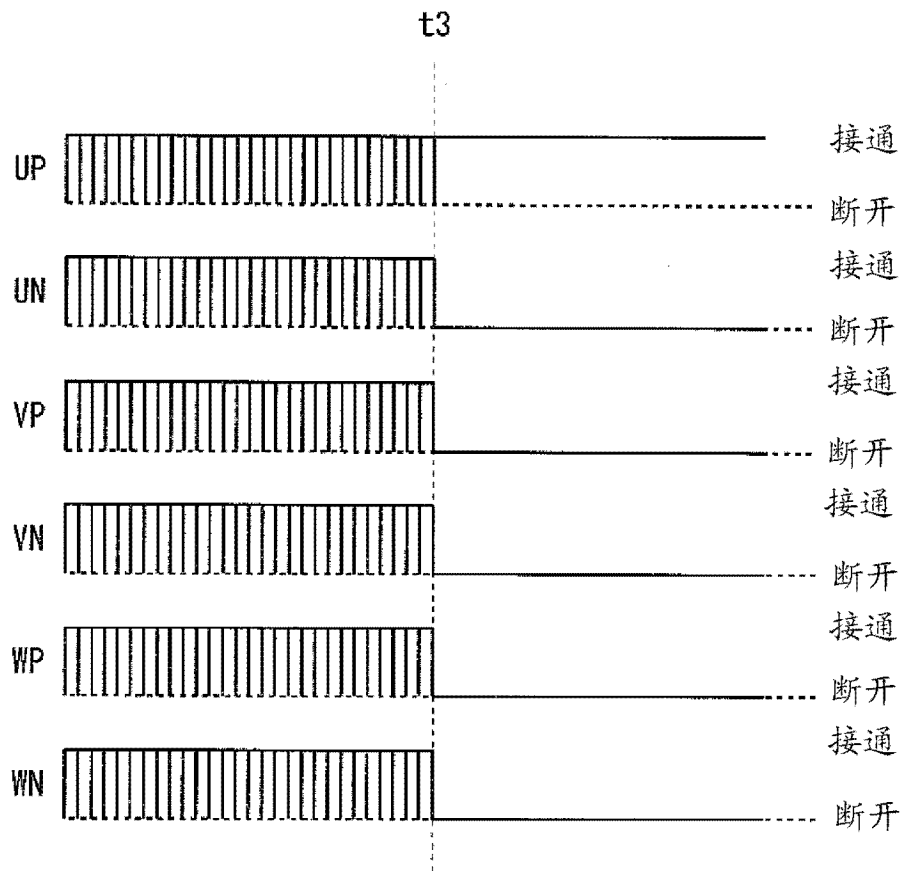
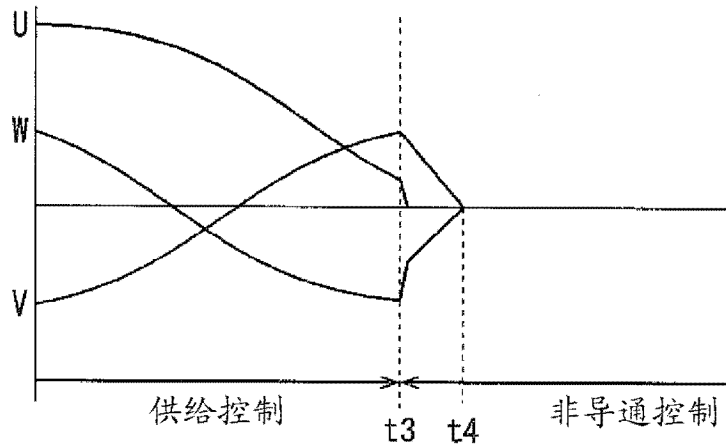


图 6

(a)



(b)

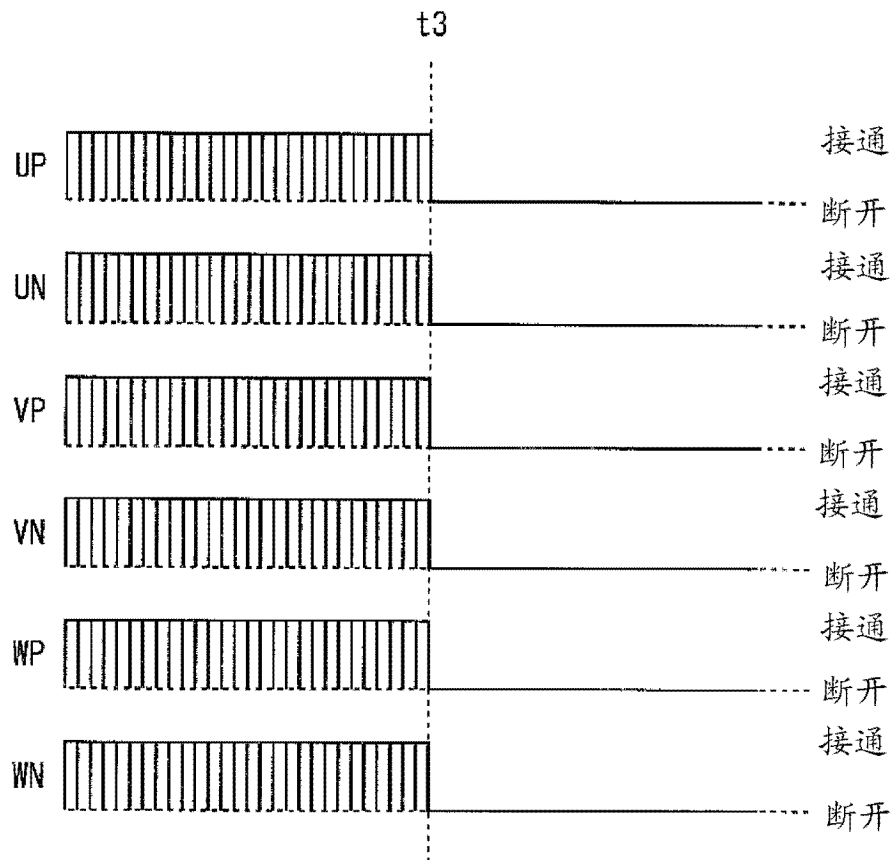


图 7

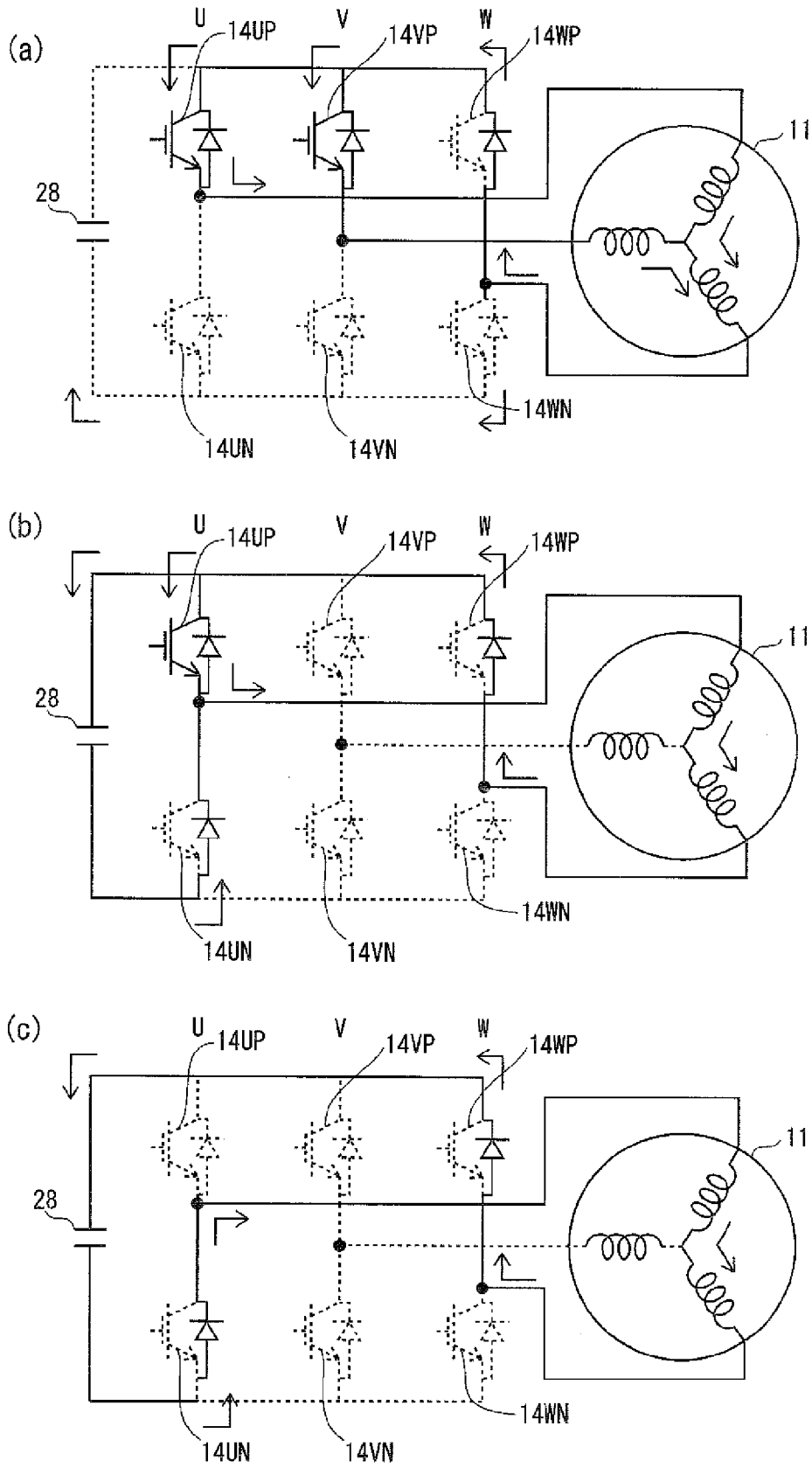
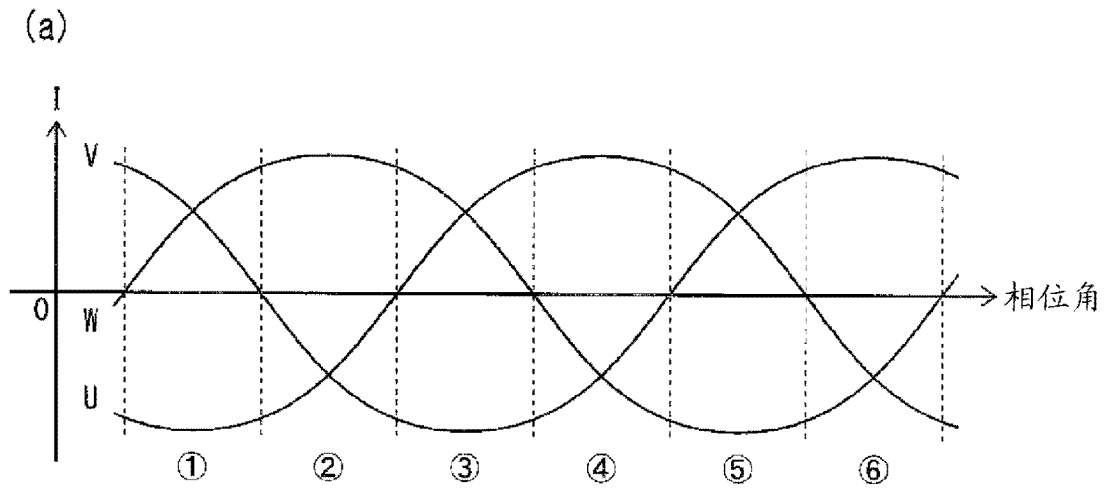


图 8



(b)

区间	14UP	14UN	14VP	14VN	14WP	14WN
①	—	—	ON	—	ON	—
②	—	—	—	—	ON	—
③	ON	—	—	—	ON	—
④	ON	—	—	—	—	—
⑤	ON	—	ON	—	—	—
⑥	—	—	ON	—	—	—

图 9

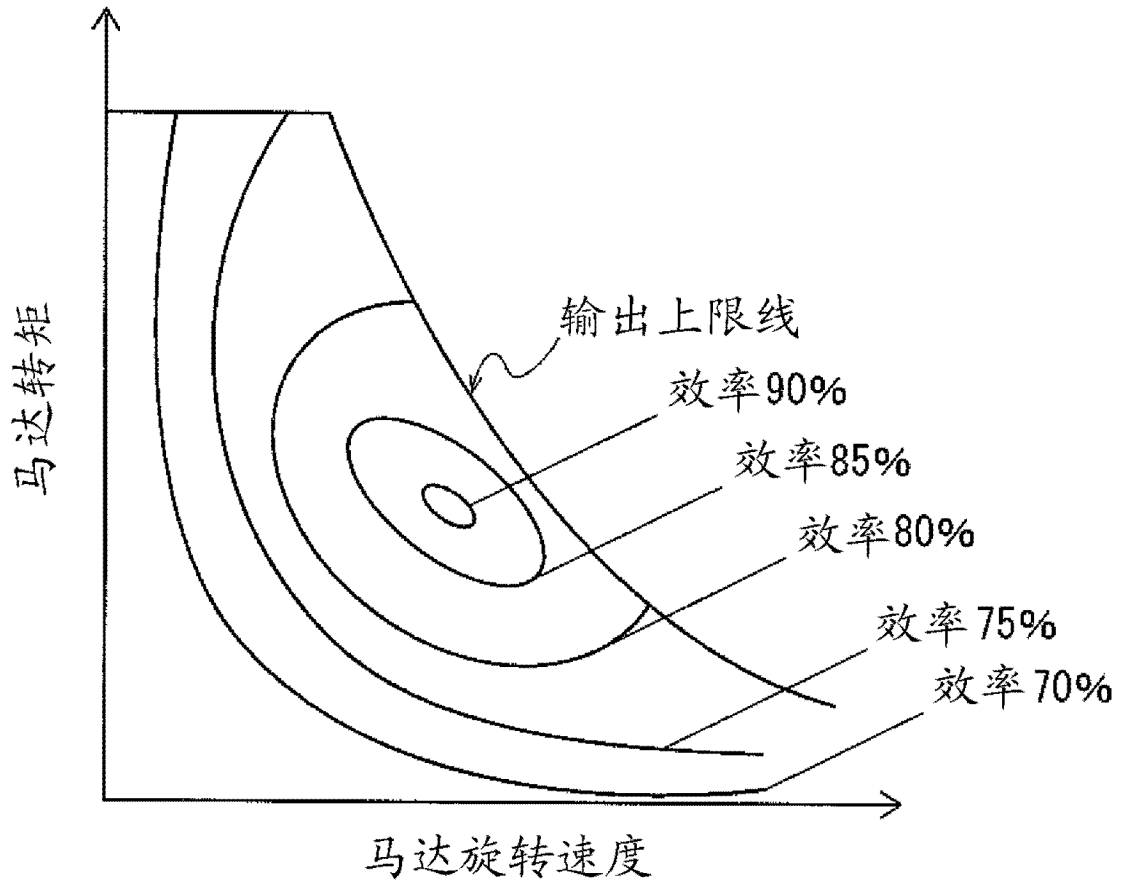


图 10



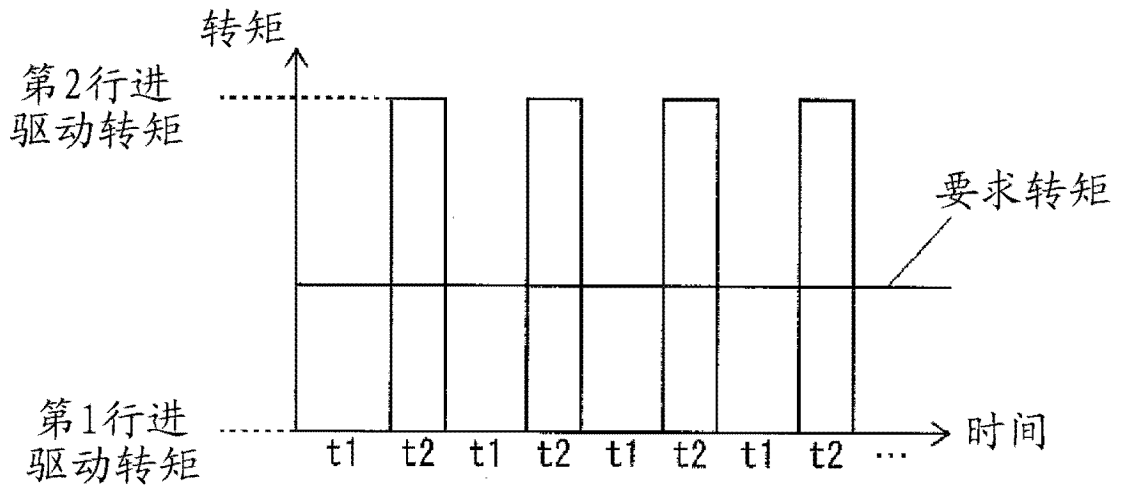


图 11