



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118923033 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 08

(21) 申请号 202380028598.2

(22) 申请日 2023.03.30

(30) 优先权数据

PCT/JP2022/017090 2022.04.05 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/JP2023/013167 2023.03.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/195411 JA 2023.10.12

(71) 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 佐竹彰 高桥健治 川濑达也

森川浩晖

(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

(51) Int.Cl.

H02P 25/064 (2006.01)

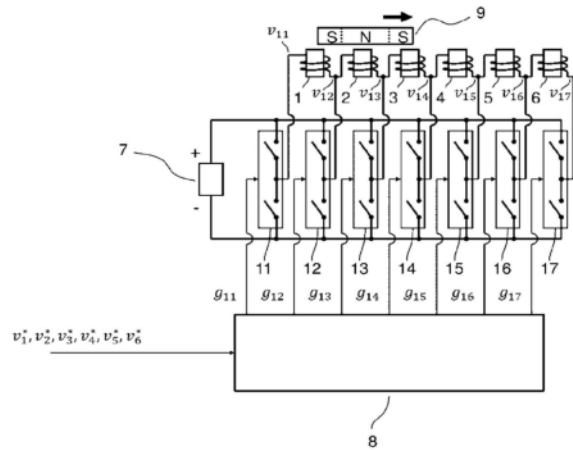
权利要求书2页 说明书14页 附图22页

(54) 发明名称

线性电动机的驱动装置及线性电动机

(57) 摘要

在具有串联地连接的多个线圈(1~6)排列而配置的定子、和多个半桥(11~17),线圈的串联体的两端及线圈彼此的各连接点分别与不同的半桥的输出点连接,对各线圈(1~6)施加交流电压的线性电动机的驱动装置中,具有半桥输出电压运算器(81),其基于对各线圈(1~6)施加的电压的各施加电压指令,通过运算而求出各个半桥(11~17)的输出电压指令,具有开关控制器(8),其使用求出的各个半桥输出电压指令,而求出对各个半桥(11~17)的开关进行控制的开关信号。



1. 一种线性电动机的驱动装置,其具有多个线圈排列而配置的定子、和由个数比所述线圈的个数多1个的多个开关的串联体构成的半桥,

所述多个线圈串联地电连接,该串联地连接的线圈的串联体的两端及线圈彼此的各连接点分别与不同的所述半桥的输出点连接,各个所述半桥的两端与直流源连接,对各线圈施加交流电压,

在该线性电动机的驱动装置中,

具有半桥输出电压运算器,该半桥输出电压运算器基于对所述多个线圈的各线圈施加的电压的各施加电压指令,通过运算求出各个所述半桥的输出电压指令,并且具有开关控制器,该开关控制器使用通过该半桥输出电压运算器求出的针对各个所述半桥的半桥输出电压指令,求出对各个所述半桥的开关进行控制的开关信号而对全部所述半桥的开关的驱动进行控制。

2. 根据权利要求1所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述各施加电压指令作为电压波形而被赋予。

3. 根据权利要求1或2所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述半桥输出电压运算器从所述线圈的串联体的一端所连接的半桥的半桥输出电压指令起,依次使用所述各施加电压指令而求出各个所述半桥输出电压指令。

4. 根据权利要求3所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述半桥输出电压运算器将所述线圈的串联体的一端所连接的半桥的半桥输出电压指令设定为基准电压,从与该半桥连接的所述线圈的另一端所连接的半桥的半桥输出电压指令起,依次直至所述线圈的串联体的另一端所连接的半桥的半桥输出电压指令为止,使用所述各施加电压指令而求出各个所述半桥输出电压指令。

5. 根据权利要求4所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述半桥输出电压运算器将所述基准电压设定为0。

6. 根据权利要求4所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述半桥输出电压运算器基于将所述基准电压设定为0而求出的各个所述半桥输出电压指令对所述基准电压进行校正,求出各个所述半桥输出电压指令。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述各施加电压指令是基于在所述各线圈中流动的电流的测定值和与所述各线圈有关的各个电流指令而创建的。

8. 根据权利要求7所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述各施加电压指令由具有积分运算器的电流控制器创建,该积分运算器将针对所述多个线圈将在该线圈中流动的电流的测定值和该线圈的电流指令的偏差设为输入,所述电流控制器停止与多个所述半桥之中的调制率的绝对值超过1的半桥连接的线圈有关的所述积分运算器的积分运算,或者将所述积分运算器的至此为止的积分值更新为不同的值。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的线性电动机的驱动装置,其中,  
所述定子的线圈的个数大于或等于4。

10. 一种线性电动机,其具有权利要求1至9中任一项所记载的线性电动机的驱动装置,以及与所述定子具有间隔而设置为可动的可动件,  
在该线性电动机中,

所述可动件的磁极间距小于或等于所述定子中的相邻的线圈间距离的2.5倍。

11. 一种线性电动机,其具有权利要求1至9中任一项所记载的线性电动机的驱动装置,以及与所述定子具有间隔而设置为可动的多个可动件,

在该线性电动机中,

所述各施加电压指令包含有在与所述线圈的串联体相对应的位置处至少存在2个可动件的情况下的各施加电压指令。

12. 根据权利要求11所述的线性电动机,其中,

所述可动件的磁极间距小于或等于所述定子中的相邻的线圈间距离的2.5倍。

## 线性电动机的驱动装置及线性电动机

### 技术领域

[0001] 本申请涉及线性电动机的驱动装置及线性电动机。

### 背景技术

[0002] 线性电动机由定子和可动件构成,该定子排列有多个线圈,该可动件与该定子隔开间隔而配置,由在定子的线圈所排列的方向上移动的永磁铁构成。在该线性电动机中,对在定子的各线圈中流动的电流单独地进行控制,由此特别地对多个可动件独立地进行控制,对线性电动机提出新的附加价值的技术实现了产品化。在现有技术中,为了实现各线圈的电流的单独控制而使用下述方式,即,针对每个线圈,将全桥或者半桥的单相逆变器进行连接,对各线圈单独地施加电压(例如专利文献1图2a、图2b)。

[0003] 另外,在直流线性电动机中,已知下述方式的线性电动机的驱动装置,即,将排列的多个线圈串联地电连接,将各个开关串联连接而成的半桥电路的输出点与线圈彼此的连接点进行连接,对各半桥的输入施加直流电源的电压,通过将位置传感器的信号设为输入的逻辑电路对各开关进行控制,在各线圈中流过直流电流而进行驱动(例如专利文献2)。

[0004] 专利文献1:美国专利说明书第2019/0386588号

[0005] 专利文献2:日本特开昭64—1466号公报

### 发明内容

[0006] 在专利文献1所公开的方式中,能够对各线圈施加的电压波形的自由度高,但在1个线圈中如半桥那样使用2个开关的情况下,能够对线圈施加的电压最大值被限制为直流电源的电压的一半。另外,为了对线圈正负地施加直流电源的电压,如全桥那样,在一个线圈中需要4个开关,与使用半桥的情况相比,开关的数量倍增。

[0007] 另一方面,专利文献2所公开的线性电动机的驱动方式,只不过是直流线性电动机中的向电刷所涉及的正电源或者负电源的导通仅替换为半桥的开关切换的驱动方式。因此,无法对各线圈施加任意的电压,可动件的移动的控制的自由度非常低。

[0008] 本申请就是为了解决上述这样的课题而提出的,其目的在于,提供开关的数量少,且对各线圈施加的电压波形的自由度高,能够正负地施加直流电源的电压,可动件的移动的控制的自由度高的线性电动机的驱动装置。

[0009] 本申请中公开的线性电动机的驱动装置具有多个线圈排列而配置的定子和由个数比所述线圈的个数多1个的多个开关的串联体构成的半桥,在所述多个线圈串联地电连接,该串联地连接的线圈的串联体的两端及线圈彼此的各连接点分别与不同的所述半桥的输出点连接,各个所述半桥的两端与直流源连接,对各线圈施加交流电压的线性电动机的驱动装置中,具有半桥输出电压运算器,该半桥输出电压运算器基于对所述多个线圈的各线圈施加的电压的各施加电压指令,通过运算求出各个所述半桥的输出电压指令,并且具有开关控制器,该开关控制器使用通过该半桥输出电压运算器求出的针对各个所述半桥的半桥输出电压指令,求出对各个所述半桥的开关进行控制的开关信号而对全部所述半桥的

开关的驱动进行控制。

[0010] 发明的效果

[0011] 根据本申请,能够提供开关的数量少,且对各线圈施加的电压波形的自由度高,能够正负地施加直流电源的电压,可动件的移动的控制的自由度高的线性电动机的驱动装置。

#### 附图说明

[0012] 图1是表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的结构示意性的电路图。

[0013] 图2是表示一般性的线性电动机的结构的示意图。

[0014] 图3是包含可动件而表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图。

[0015] 图4是表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的开关控制器的构造的图。

[0016] 图5是表示在实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的一个例子的线图。

[0017] 图6是通过波形表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的通断动作的一个例子的图。

[0018] 图7是表示实施方式2所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图。

[0019] 图8是表示在实施方式2所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的一个例子的线图。

[0020] 图9是表示实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置的半桥输出电压运算器81的内部构造的图。

[0021] 图10是表示在实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的一个例子的线图。

[0022] 图11是表示在实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的另一例的线图。

[0023] 图12是表示在实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的又一例的线图。

[0024] 图13是表示实施方式4所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图。

[0025] 图14是表示实施方式4所涉及的线性电动机的驱动装置的另一结构的框图。

[0026] 图15是表示实施方式4所涉及的线性电动机的驱动装置的图14的结构中的线圈电流运算器的内部构造的框图。

[0027] 图16是表示实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图。

[0028] 图17是表示实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的开关控制器的构造的图。

[0029] 图18是表示在实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的一个例子的线图。

[0030] 图19是表示在实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的另一例的线图。

[0031] 图20是表示在实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电

压的波形的又一例的线图。

[0032] 图21是表示在实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈中产生的感应电压的波形的又一例的线图。

[0033] 图22是表示实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的图16的结构中的电流控制器100的内部构造的图。

[0034] 图23是表示实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的图22的结构中的积分运算器1030~1035的内部构造的图。

[0035] 图24是表示对实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈施加的电压及电流波形的一个例子的线图。

[0036] 图25是表示对实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的线圈施加的电压及电流波形的另一例的线图。

[0037] 图26是表示本申请的线性电动机的驱动装置的开关控制器的具体的结构的一个例子的框图。

### 具体实施方式

[0038] 实施方式1.

[0039] 图1是表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的结构示意性的电路图,图2是表示一般性的线性电动机的结构的示意图。线性电动机如图2所示,由定子20和可动件9构成,该可动件9与该定子20隔开间隔而配置,由永磁铁构成。定子20成为将多个线圈排列而配置的结构,可动件9在定子20的线圈所排列的方向上移动。在图1中,线圈1至线圈6是卷绕于线性电动机的定子20的线圈。在一个端配置的线圈1的一端与串联地连接的开关11a和开关11b的连接点连接,线圈1的另一端与线圈2的一端、及串联地连接的开关12a和开关12b的连接点连接。线圈2的另一端与线圈3的一端、及串联地连接的开关13a和开关13b的连接点连接。同样地,线圈3、4、5、6串联地连接,并且同时线圈彼此的连接点与串联地连接的开关14a和开关14b、开关15a和开关15b、开关16a和开关16b各自的连接点连接。在另一个端配置的线圈6的另一端与串联地连接的开关17a和开关17b的连接点连接。另外,串联地连接的开关的两端与共通的直流电源7的正(+)侧及负(-)侧连接而被供电。

[0040] 如上所述,在实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置中,线性电动机定子的各线圈被串联地连接,并且将多个开关串联地连接而成的半桥的输出,与该线圈的串联体的两端及线圈彼此的连接点连接。在图1所示的线性电动机的驱动装置中,示出了线圈数为6的定子的例子,但本申请所公开的线性电动机的驱动装置的线圈的数量是任意的,构成为相对于N个线圈而连接N+1个半桥电路。但是为了将具有多个独立的定子线圈的效果反映于实际的可动件的移动动作中,通常来说线圈数需要大于或等于4,因此本申请所公开的线性电动机的驱动装置变得有效的情况,是线圈数大于或等于4、半桥电路数大于或等于5。

[0041] 对实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的基本的动作进行说明。线圈1、开关11a和11b及开关12a和12b构成全桥电路,因此通过4个开关11a、11b、12a、12b的切换,能够对线圈1在正反方向施加直流电源7的电压V<sub>dc</sub>,另外,通过高速地对开关进行切换,从而在平均情况下,也能够将中间的电压施加给线圈。同样地,由于通过与各线圈的两端连接的开关构成全桥电路,因此根据图1的驱动电路,针对各线圈,例如与专利文献1所记载那样的

现有的全桥电路同样地,能够将振幅的最大电压为 $-V_{dc}$ 至 $+V_{dc}$ 的范围的交流的电压施加给线圈。当然,通过进行控制的可动件的移动,有时对某线圈施加仅交流的正侧或者负侧的电压。

[0042] 另一方面,如果对开关的数量进行比较,则在现有的将1个全桥电路与各个线圈进行连接的结构中,需要线圈数的4倍数量的开关,与此相对,在实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置中,能够通过(线圈数+1)×2的开关构成。例如在图1所示的线圈数6的情况下,在现有的全桥电路中开关需要24个,与此相对,在图1的电路中能够通过开关数14个构成驱动电路,可知能够大幅地削减开关数。

[0043] 接下来,对实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的动作进行说明。图3是表示包含线性电动机的可动件9而表示的实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图。在图3中,示出了线性电动机的可动件9具有永磁铁磁极(N极、S极)的例子,根据该可动件9的位置、速度及希望产生的推力,对各线圈1~6施加的电压发生变化。此外,在图3中,将开关11a和开关11b合并而示出为半桥11,其他半桥12~17也同样地标记。

[0044] 为了对线性电动机进行控制,对各线圈1、2、3、4、5、6施加的各个施加电压指令通过 $v_1^*$ 、 $v_2^*$ 、 $v_3^*$ 、 $v_4^*$ 、 $v_5^*$ 、 $v_6^*$ 表示。开关控制器8基于这些施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 对开关信号 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{13}$ 、 $g_{14}$ 、 $g_{15}$ 、 $g_{16}$ 、 $g_{17}$ 进行计算而输出至各半桥11~17。在各半桥中,如果开关信号为1则将上侧开关设为接通,将下侧开关设为断开,如果开关信号为0,则相反地将上侧开关设为断开,将下侧开关设为接通。

[0045] 图4是表示实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置的开关控制器8的构造的图。向各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 输入至半桥输出电压运算器81,通过内部的加法器换算为通过下面的算式表示的各半桥输出电压指令 $v_{11}^*$ 、 $v_{12}^*$ 、 $v_{13}^*$ 、 $v_{14}^*$ 、 $v_{15}^*$ 、 $v_{16}^*$ 、 $v_{17}^*$ 。施加电压指令将线圈右侧端子定义为+侧,将线圈左侧端子定义为-侧。在这里,6个线圈的串联体的一端所连接的半桥11(也称为第1半桥)的半桥输出电压指令 $v_{11}^*$ 作为基准电压而设定0。此外,施加电压指令根据可动件相对于各线圈的位置和速度、流过线圈的期望的电流值等,使用线性电动机的特性参数,针对每个线圈进行计算,将计算出的施加电压指令设为 $v_1^* \sim v_6^*$ 。

$$[0046] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0047] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^*$$

$$[0048] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^*$$

$$[0049] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^*$$

$$[0050] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^*$$

$$[0051] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^*$$

$$[0052] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^*$$

[0053] 这些各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 通过调制率运算器82分别设为作为增益的 $2/V_{dc}$ 倍,对各半桥的调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 进行计算。在这里, $V_{dc}$ 是由直流电源7输出的向各半桥的施加电压。

[0054] 载波发生器84产生进行脉宽调制的载波 $c$ 例如三角波,在图4的情况下,根据与调制率运算器82的增益的关系,其三角波在 $-1 \sim 1$ 之间变化。比较器83对从调制率运算器82输入的各半桥调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 和从载波发生器84输入的载波 $c$ 的大小进行比较,在调制率较

大的情况下,将1作为开关信号 $g_{11} \sim g_{17}$ 而输出至各半桥,在载波较大的情况下,将0作为开关信号 $g_{11} \sim g_{17}$ 而输出至各半桥。

[0055] 在如图3所示,可动件9在线圈1~3上以恒定速度移动的情况下,将可动件9的永磁铁磁通在线圈中产生的感应电压的波形在图5中示出。在图5中,线圈1的感应电压通过 $v_1$ 表示,线圈2的感应电压通过 $v_2$ 表示,线圈3的感应电压通过 $v_3$ 表示,横轴表示时刻 $t$ 的经过。在图3所示的线性电动机中,可动件9的磁极间距(N极中央和S极中央之间的距离)与独立地卷绕的相邻的各线圈间的距离相等,因此如图5所示,如果将在可动件9经过某线圈时产生的感应电压设为正弦波1周期量,则相邻的线圈的感应电压成为该正弦波的相位偏移 $180^\circ$ 后的波形。

[0056] 此时,例如为了使得可动件9不产生推力,只要将在各线圈中流动的电流设为0即可,对各线圈施加与感应电压相等的电压即可。在该情况下,在图5的时刻 $t_1$ ,各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 如下所述。此外,在图5中没有示出,但时刻 $t_1$ 的线圈4、5、6的施加电压全部为0。

$$[0057] \quad v_1^* = a$$

$$[0058] \quad v_2^* = -a$$

$$[0059] \quad v_3^* = 0$$

$$[0060] \quad v_4^* = 0$$

$$[0061] \quad v_5^* = 0$$

$$[0062] \quad v_6^* = 0$$

[0063] 该施加电压指令输入至开关控制器8的半桥输出电压运算器81,对下面的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 进行计算。

$$[0064] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0065] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$[0066] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$[0067] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$[0068] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$[0069] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$[0070] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0071] 图6将上述说明的驱动电路的通断动作的例子通过波形表示。调制率运算器82根据该各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 对各半桥调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 进行计算,比较器83通过该调制率和载波 $c$ 生成开关信号 $g_{11} \sim g_{17}$ 。如上述所示,调制率是将半桥输出电压指令设为作为增益的 $2/V_{dc}$ 倍,即将半桥输出电压指令除以 $V_{dc}/2$ 而得到的,例如调制率为0.5的半桥将正侧的开关在载波的周期的50%的期间接通,调制率为 $-0.5$ 的半桥将负侧的开关在载波的周期的50%的期间接通。另外,例如在调制率为1的情况下,半桥将调制率为1的期间的正侧的开关持续接通,在调制率为 $-1$ 的情况下,半桥将调制率为 $-1$ 的期间的负侧的开关持续接通。在调制率超过1的情况下,与调制率为1的情况同样地,半桥将调制率超过1的期间的正侧的开关持续接通。在调制率超过 $-1$ 的情况下,与调制率为 $-1$ 时同样地,半桥将调制率超过 $-1$ 的期间的负侧的开关持续接通。如上所述,调制率是将半桥所具有的正侧或者负侧的开关接通的期间的比例。通过基于该调制率的开关信号对各半桥进行驱动,在图3所示

的半桥输出点将电压 $v_{11} \sim v_{17}$ 施加至线圈1~6的两端。在图6中示出各半桥输出点的电压,但施加至各线圈的电压是与线圈两端连接的半桥输出的电压差,如图6所示的线圈施加电压 $v_1$ 、 $v_2$ 那样,施加平均情况下相当于各线圈的施加电压指令的电压,线圈3、4、5、6的线圈两端的半桥输出点的电压相同,因此线圈施加电压为0。在上述说明中,对将在可动件9中产生的推力设为0的情况进行了说明,但通过对各线圈的施加电压指令进行操作,从而能够使可动件9产生期望的推力,或者进行期望的动作。此外,在以上的说明中,对在 $-V_{dc} \sim +V_{dc}$ 间的中间电压的产生时进行通过三角波实施的脉宽调制的方法进行了说明,但使用其以外的电压生成方法也当然具有效果。

[0072] 通过以上的作用,实施方式1所涉及的线性电动机的驱动装置,与例如使用专利文献1所记载的现有的全桥电路的驱动装置相比,能够大幅地削减所需的开关数,并且与现有的全桥电路同样地,能够针对各线圈施加具有直至直流电源的电压为止的大小的+或者-的任意的电压。由此,能够削减驱动电路的大小、成本,并且实现具有与现有方式相同的控制的自由度的线性电动机的驱动装置。

[0073] 实施方式2.

[0074] 图7是表示实施方式2所涉及的线性电动机的驱动装置的结构框图,示出了对2个可动件9a、9b进行驱动的情况下的例子。将在图7所示的位置处存在可动件9a、9b,分别在箭头的方向上以恒定速度移动,且在可动件9a以可动件9b的一半的速度移动的情况下,可动件的永磁铁磁通在线圈中产生的感应电压的波形在图8示出。在图8中,线圈1的感应电压通过 $v_1$ 表示,线圈2的感应电压通过 $v_2$ 表示,线圈3的感应电压通过 $v_3$ 表示,线圈4的感应电压通过 $v_4$ 表示,线圈5的感应电压通过 $v_5$ 表示,线圈6的感应电压通过 $v_6$ 表示。在图7所示的线性电动机中,可动件的磁极间距和各线圈间距离的关系与图3相同,以恒定速度移动的可动件所产生的感应电压,成为在相邻的线圈中正弦波的相位偏移 $180^\circ$ 后的波形,并且其正弦波的振幅与可动件的移动速度成正比。在图8中,将可动件9b在线圈中产生的感应电压的振幅示出为a。

[0075] 此时,例如为了使得可动件9a、9b不产生推力,只要将在各线圈中流动的电流设为0即可,对各线圈施加与感应电压相等的电压即可。在该情况下,在图8的时刻 $t_2$ ,各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 如下所述。

$$[0076] \quad v_1^* = a/2$$

$$[0077] \quad v_2^* = -a/2$$

$$[0078] \quad v_3^* = 0$$

$$[0079] \quad v_4^* = 0$$

$$[0080] \quad v_5^* = a$$

$$[0081] \quad v_6^* = -a$$

[0082] 该施加电压指令输入至开关控制器8的半桥输出电压运算器81,对下面的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 进行计算

$$[0083] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0084] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/2$$

$$[0085] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$[0086] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$[0087] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$[0088] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = a$$

$$[0089] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0090] 按照以上的各半桥输出电压指令,与实施方式1同样地,各半桥11~17通过由开关控制器8产生的信号进行动作,将期望的电压施加给各线圈。在以上的说明中,对将在可动件9a、9b中产生的推力设为0的情况进行了说明,但通过对各线圈的施加电压指令进行操作,从而能够使可动件9a、9b产生期望的推力,或者进行期望的动作。此外,在上述说明的例子中,对可动件为2个、线圈为6个的情况进行了说明,但即使是更多的多个可动件和线圈的组合,也当然能够动作。即,在与串联连接的线圈的串联体相对应的位置处至少存在2个可动件的情况下的包含各线圈的施加电压指令而进行控制,由此能够使多个可动件进行期望的动作。

[0091] 通过以上的作用,实施方式2所涉及的线性电动机的驱动装置,例如与专利文献1所记载的现有的驱动装置相比,能够大幅地削减所需的开关数,并且可动件的移动的控制的自由度高,与现有的电路同样地,能够使多个可动件进行期望的动作。由此,能够削减驱动电路的大小、成本,并且实现与现有方式相同的功能。

[0092] 实施方式3.

[0093] 图9是表示实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置中的半桥输出电压运算器81的内部构造的图,关于除此以外的部分,与实施方式1及2相同。为了表示图9所示的半桥输出电压运算器81的效果,首先对本申请中的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的特性进行说明。如实施方式1中说明所述,在图3所示的可动件9的磁极间距(N极中央和S极中央之间的距离)与独立地卷绕的相邻的各线圈间的距离相等的线性电动机中,在可动件9在线圈上以恒定速度移动的情况下,可动件9的永磁铁磁通在各线圈中产生图5所示的感应电压,由此如果再次记载时刻 $t_1$ 所需的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ ,则如下所述。

$$[0094] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0095] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$[0096] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$[0097] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$[0098] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$[0099] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$[0100] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0101] 该时刻 $t_1$ 是各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差变得最大的点的一个,各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值为a,最小值为0,已知在该情况下半桥输出电压指令偏向正侧。半桥输出电压指令偏离,由此调制率的绝对值变大。在图6所示的载波和调制率的关系中,如果调制率大于载波的峰值即1,或者小于-1,则半桥输出电压不会追随调制率,无法得到正确的电压输出。

[0102] 在对半桥输出电压指令的偏离进行修正而将半桥输出电压确保最大限度时,只要对作为半桥输出电压指令的基准的 $v_{11}^*$ 不赋予作为基准电压的0,而是赋予适当的值即可。例如 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值为a,最小值为0,因此只要将取消该最大值和最小值的平均即 $a/2$ 的值 $-a/2$ 作为校正后的基准电压而新赋予给半桥11的输出电压指令 $v_{11}^*$ 即可。由此校正

后的校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 如下所述。通过以上的处理,能够如下述的结果那样,维持线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ ,并且将半桥输出电压指令的最大值校正为 $a/2$ ,将最小值校正为 $-a/2$ ,能够理解为半桥输出电压指令的偏离消除。

$$[0103] \quad v_{11}^{**} = -a/2$$

$$[0104] \quad v_{12}^{**} = v_{11}^{**} + v_1^* = a/2$$

$$[0105] \quad v_{13}^{**} = v_{12}^{**} + v_2^* = -a/2$$

$$[0106] \quad v_{14}^{**} = v_{13}^{**} + v_3^* = -a/2$$

$$[0107] \quad v_{15}^{**} = v_{14}^{**} + v_4^* = -a/2$$

$$[0108] \quad v_{16}^{**} = v_{15}^{**} + v_5^* = -a/2$$

$$[0109] \quad v_{17}^{**} = v_{16}^{**} + v_6^* = -a/2$$

[0110] 对图9所示的加入该校正功能的实施方式3所涉及的半桥输出电压运算器81的动作进行说明。根据各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ ,首先将第1半桥输出电压指令 $v_1^*$ 设为0,通过加法器对校正前的半桥输出电压指令 $v_{12}^* \sim v_{17}^*$ 依次进行计算,根据这些半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ ,通过电压校正器85对适当的校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**}$ 进行计算,基于作为该校正后的基准电压的校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**}$ ,通过加法器依次对校正半桥输出电压指令 $v_{12}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 进行计算并输出。

[0111] 在这里,对线性电动机的可动件的磁极间距和各线圈间距离的关系所引起的各线圈感应电压波形的变化进行说明。图5所示的电压波形是可动件的磁极间距与独立地卷绕的相邻的各线圈间的距离相等那样的线性电动机的情况,在该情况下,在相邻的线圈中成为正弦波的相位偏移 $180^\circ$ 后的波形。与图5不同,将磁极间距为相邻的各线圈间的距离的1.5倍的情况下的各线圈的感应电压波形的例子在图10示出。该情况下的时刻 $t_3$ 的校正前的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 如下所述。

$$[0112] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0113] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$[0114] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = a/2$$

$$[0115] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$[0116] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$[0117] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$[0118] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0119] 另外,将磁极间距为相邻的各线圈间的距离的2倍的情况下的各线圈的感应电压波形的例子在图11示出。该情况下的时刻 $t_4$ 的校正前的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 如下所述。

$$[0120] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0121] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/\sqrt{2}$$

$$[0122] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 2a/\sqrt{2}$$

$$[0123] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = a/\sqrt{2}$$

$$[0124] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$[0125] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$[0126] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0127] 并且,将磁极间距为相邻的各线圈间的距离的3倍的情况下的各线圈的感应电压波形的例子在图12示出。该情况下的时刻 $t_5$ 的校正前的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 如下所述。

$$[0128] \quad v_{11}^* = 0$$

$$[0129] \quad v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = \sqrt{3}a/2$$

$$[0130] \quad v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = \sqrt{3}a$$

$$[0131] \quad v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$[0132] \quad v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = \sqrt{3}a/2$$

$$[0133] \quad v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$[0134] \quad v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

[0135] 如图5所示,在可动件的磁极间距与相邻线圈间的距离相等的情况下,各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差等于各线圈的感应电压振幅 $a$ 。另外,如图10所示,在可动件的磁极间距为相邻线圈间的距离的1.5倍的情况下,各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差也等于各线圈的感应电压振幅 $a$ 。在该情况下,如果使用具有实施方式3所涉及的电压校正器85的半桥输出电压运算器81,则直至母线电压 $V_{dc}$ 与线圈感应电压振幅 $a$ 变得相等为止,半桥输出电压能够追随调制率而进行正确的电压输出。这等于全桥电路能够对线圈施加的电压范围。即使如果多个可动件移动,如果可动件移动的方向相同,则如实施方式2所示,所需的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差,也与以最高速移动的可动件的感应电压振幅 $a$ 一致,因此电压输出不会变得困难。此外,在如果可动件向反方向移动的情况下,由于各个感应电压的符号变得相反,因此对输出电压范围产生限制,但多个可动件在反方向上,在由有限数量的线圈构成的同一轨道上高速地移动的情况不易从实际的装置的运动发生,在实际使用上不成为限制。

[0136] 与此相对,如图11所示,在可动件的磁极间距为相邻线圈间的距离的2倍的情况下,各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差成为 $2a/\sqrt{2}$ ,在可动件的磁极间距为相邻线圈间的距离的3倍的情况下,各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的最大值和最小值的差成为 $\sqrt{3}a$ ,超过各线圈的感应电压振幅 $a$ 。在该情况下,本申请的线性电动机的驱动装置能够正常地运转的各线圈的感应电压振幅的范围与现有的全桥电路相比变小,产生减小可动件的最大移动速度等运转上的限制,特别是在可动件的磁极间距为相邻线圈间的距离的3倍的情况下,本申请所涉及的线圈施加电压范围扩大的效果针对半桥电几乎消失。该运转的限制是可动件的磁极间距与相邻线圈间的距离相比越大,则变得越强,因此在应用本申请的线性电动机的驱动装置的线性电动机中,可动件的磁极间距优选小于或等于相邻线圈间的距离的1.5倍,即使考虑成本、尺寸的优点,也设为小于或等于2.5倍,这在设计上是妥当的。

[0137] 此外,关于本申请的线性电动机的驱动装置,通过改变驱动电路和线圈的连接方法,例如将相邻的线圈的卷绕方向设为相反而将产生的感应电压的符号反转,或者将半桥和线圈的连接顺序不是依次,而是与位置分离的线圈交替地连接而将在相邻的半桥间产生的线圈感应电压的符号反转等,从而也能够避免之前所述的半桥输出电压所引起的可动件运转上的限制。在如上所述的驱动电路和线圈连接法中,电压的限制被放宽,另一方面,在半桥中流动的电流增加能够作为设计上的选项而应用。

[0138] 通过以上的作用,实施方式3所涉及的线性电动机的驱动装置,例如与专利文献1所记载的现有的驱动装置相比,关于大幅地削减所需的开关数,并且具有适合的设计条件的线性电动机,能够将与现有的装置相同或者与其接近的电压施加给各线圈。由此,能够削减驱动装置的大小、成本,并且实现与现有方式相同的功能。

[0139] 实施方式4.

[0140] 图13是表示实施方式4所涉及的线性电动机的驱动装置的结构图。在图3所示的结构的基础上,在本结构中具有:电流传感器21~26,它们对在各线圈1~6中流动的电流进行检测而输出各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ ;以及电流控制器10,其基于各线圈的电流指令(以下设为线圈电流指令) $i_1^* \sim i_6^*$ 和各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ ,对向各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 进行计算并输出。在这里,通过具有与图3或者图7所示的开关控制器8相同的功能的控制器88和电流控制器10构成开关控制器80。为了对由可动件9产生的推力、可动件的位置及速度进行控制而由上位的控制器(未图示)赋予线圈电流指令 $i_1^* \sim i_6^*$ 。电流控制器10是关于各个线圈1~6,对施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 进行操作而进行控制以使得各线圈电流指令 $i_1^* \sim i_6^*$ 和各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 一致的控制器组,且例如是针对各线圈电流对电流指令和电流测定值的偏差进行计算而经由比例积分控制器输出各线圈的施加电压指令的电流反馈控制器。

[0141] 图14是将通过电流传感器21~26进行的电流检测从各线圈1~6变更为各半桥11~16的输出电流,从各电流传感器21~26输出各半桥电流信号 $i_{11} \sim i_{16}$ 。各半桥电流信号 $i_{11} \sim i_{16}$ 输入至线圈电流运算器101,对各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 进行计算并输出。在这里,通过具有与图3或者图7所示的开关控制器8相同的功能的控制器88、电流控制器10及线圈电流运算器101,构成开关控制器80。图15示出了线圈电流运算器101的内部构造。根据各线圈1~6和半桥11~16的连接关系,根据各半桥电流信号 $i_{11} \sim i_{16}$ ,各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 通过下面的式进行计算。

$$[0142] \quad i_1 = i_{11}$$

$$[0143] \quad i_2 = i_1 + i_{12}$$

$$[0144] \quad i_3 = i_2 + i_{13}$$

$$[0145] \quad i_4 = i_3 + i_{14}$$

$$[0146] \quad i_5 = i_4 + i_{15}$$

$$[0147] \quad i_6 = i_5 + i_{16}$$

[0148] 如上述所示,根据半桥电流信号对线圈电流测定值进行计算,由此无需在驱动电路内进行线圈间的连接,能够削减将驱动电路和线圈进行连接的端子。此外,如果能够取代如图14所示将各电流传感器设置于半桥电路输出,而是使用向各半桥和直流电源的一侧端子的连接部插入电流检测用电阻而进行电流检测,通过半桥电路的开关在线圈与直流电源的一侧端子连接的位置处进行电流检测的方式,则能够通过将直流电源的一侧端子设为共通电位的电压信号,而得到与半桥电流信号同等的信号,因此能够通过更低价的部件而实现同等的性能。

[0149] 通过以上的作用,在实施方式4所涉及的线性电动机的驱动装置中,按照电流指令进行控制,以使得各线圈电流与指令值一致,因此能够更高精度地对线性电动机进行控制。另外,使用根据各半桥电路输出电流对各线圈电流进行计算的线圈电流运算器,由此能够

削减驱动电路和线圈的连接端子,并且实现例如与专利文献1所记载的现有方式相同的功能。

#### [0150] 实施方式5

[0151] 图16示出了实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置的结构。在图14所示的结构的基础上,在本结构中,具有与图3或者图7所示的开关控制器8相同的功能,具有:控制器881,其输出各半桥的调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ ;调制率饱和检测器882,其对各半桥的调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 进行检测,输出各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ ;以及线圈电压饱和检测器883,其对各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 进行检测而输出各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 。在本实施方式5中,通过控制器881、调制率饱和检测器882、线圈电压饱和检测器883、图14所示的线圈电流运算器101、基于各线圈电流指令 $i_1^* \sim i_6^*$ 、各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 和由线圈电压饱和检测器883检测出的饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 对,向各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 进行计算的电流控制器100而构成开关控制器880。

[0152] 调制率饱和检测器882具有下述功能,即,对各调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 进行检测,在各调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 的绝对值大于1的情况下,针对各调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ ,各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 输出1,在小于1的情况下,各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 输出0。线圈电压饱和检测器883对由调制率饱和检测器882输出的各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 进行检测,将各调制率饱和信号向线圈电压饱和信号进行换算,由此输出1或者0的各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 。电流控制器100与图14所示的电流控制器10同样地,关于各个线圈1~6,是对施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 进行操作而进行控制,以使得各线圈电流指令 $i_1^* \sim i_6^*$ 与各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 一致的控制器组,且是针对各线圈对电流指令和电流测定值的偏差进行计算,而经由比例运算器及积分运算器输出各线圈的施加电压指令的电流反馈控制器。但是,具有下述功能,即,通过积分运算器对从线圈电压饱和检测器883输出的各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 进行检测,在检测出的各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 为1的情况下,停止积分运算器的积分运算,或者进行更新。

[0153] 图17是表示图16所示的控制器881的内部构造的图,具有与图3或者图7所示的开关控制器8相同的功能,并且具有对由调制率运算器82计算出的各调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 进行输出的功能。

[0154] 为了示出图16所示的电流控制器100的效果,对可动件9经过线圈1~6上,在时刻 $t_6$ 可动件速度成为3/2倍的情况下线圈产生的感应电压超过能够输出的电压的情况进行说明。

[0155] 在图18中示出可动件9经过线圈1~6上,在时刻 $t_6$ 可动件速度成为3/2倍的情况下的在线圈中产生的感应电压波形。在图18中,线圈1的感应电压波形通过 $v_1$ 表示,线圈2的感应电压通过 $v_2$ 表示,线圈3的感应电压通过 $v_3$ 表示,线圈4的感应电压通过 $v_4$ 表示,线圈5的感应电压通过 $v_5$ 表示,线圈6的感应电压通过 $v_6$ 表示,横轴表示时刻 $t$ 的经过。

[0156] 此时,例如为了使得可动件9不产生推力,与实施方式3同样地,只要对各线圈施加与感应电压相等的电压即可。在该情况下,该施加电压指令输入至控制器881的半桥输出电压运算器81,对图19所示的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的波形进行计算。计算出的各半桥输出电压指令 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 的波形输入至电压校正器85,对图20所示的电压校正量进行运算。

[0157] 图21所示的各校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 在电压校正器85中,表示对各半桥输出电压指令 $v_{11}^{*} \sim v_{17}^{*}$ 施加图20所示的电压校正量后的波形。通过施加电压校正量,从而在时刻 $t_6$ 可动件速度成为3/2倍前,各校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 的最大值成为 $a/2$ ,最小值成为 $-a/2$ 。在时刻 $t_6$ 可动件速度成为3/2倍后,各校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 的最大值成为 $3a/4$ ,最小值成为 $-3a/4$ 。

[0158] 此时,在图21中,在时刻 $t_6$ 之后,伴随感应电压上升而各校正半桥输出电压指令 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 上升,通过图17所示的调制率运算器82运算出的各半桥的调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 的绝对值超过1。

[0159] 此时,在时刻 $t_6$ 之后,图16所示的控制器881输出的调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 成为1。线圈电压饱和检测器883输入由调制率饱和检测器882输出的各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ ,输出各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 。各调制率饱和信号 $fm_{11} \sim fm_{17}$ 和各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 的输入输出关系如下所述。

- [0160] • 在 $fm_{11}=1$ 的情况下,输出 $fc_{11}=1$ 。
- [0161] • 在 $fm_{12}=1$ 的情况下,输出 $fc_{11}=1, fc_{12}=1$ 。
- [0162] • 在 $fm_{13}=1$ 的情况下,输出 $fc_{12}=1, fc_{13}=1$ 。
- [0163] • 在 $fm_{14}=1$ 的情况下,输出 $fc_{13}=1, fc_{14}=1$ 。
- [0164] • 在 $fm_{15}=1$ 的情况下,输出 $fc_{14}=1, fc_{15}=1$ 。
- [0165] • 在 $fm_{16}=1$ 的情况下,输出 $fc_{15}=1, fc_{16}=1$ 。
- [0166] • 在 $fm_{17}=1$ 的情况下,输出 $fc_{16}=1$ 。

[0167] 在上述以外的情况下,各线圈电压饱和信号输出0。在上述中,以全部半桥的调制率 $m_{11} \sim m_{17}$ 的绝对值超过1的情况为例,但有时仅一部分半桥的调制率的绝对值超过1。在该情况下,将与超过1的半桥连接的线圈的线圈电压饱和信号设为1。

[0168] 图22是表示用于实现上述所说明的功能的电流控制器100的内部构造的图。电流控制器100具有将使各线圈电流指令 $i_1^{*} \sim i_6^{*}$ 和各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 的偏差成比例倍的比例运算器1020的输出、和进行积分运算的积分运算器1030~1035的输出分别相加的功能。如图22所示,各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 输入至电流控制器100。

[0169] 图23是表示电流控制器100所具有的积分运算器1030~1035的内部构造的图,将积分运算器组示出为100a。各积分运算器1030~1035根据线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ ,将各线圈电流指令 $i_1^{*} \sim i_6^{*}$ 和各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 的偏差输入至积分器(图22中通过 $1/s$ 表示的模块),或将0输入至积分器。对线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 之中的值为1的积分器输入0(即停止积分运算),对线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 之中的值为0的积分器输入线圈电流指令 $i_1^{*} \sim i_6^{*}$ 和线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 的偏差。将各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 之中的作为线圈电压饱和信号而输入1的积分器的输入设为0,由此停止电压饱和区间的积分运算,能够抑制在各线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 从1切换为0时,将在积分器中蓄积的电流累计值释放从而产生的线圈电流测定值的波动。波动是指图24所示的电流跃变的现象。

[0170] 在图24中,示出线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 输出1的区间不停止电流控制器的积分运算的情况下的各线圈的施加电压指令 $v_1^{*} \sim v_6^{*}$ 、线圈4的施加电压指令 $v_4^{*}$ 和线圈施加电压 $v_4^{***}$ 、线圈电流指令 $i_4^{*}$ 和线圈电流测定值 $i_4$ 、在图23所示的积分运算器1033中根据线圈电流指令 $i_4^{*}$ 和线圈电流测定值 $i_4$ 的偏差计算出的电流累计值。线圈4的施加电压

指令 $v_4^*$ 超过能够输出的电压,因此无法施加按照指令的电压,与其相伴,线圈电流测定值 $i_4$ 也无法设为按照指令值的电流。另外,由于在线圈电压饱和信号 $fc_{14}$ 输出1的区间不停止积分运算,因此线圈电流指令 $i_4^*$ 和线圈电流测定值 $i_4$ 的偏差被持续累计,在线圈电压饱和信号 $fc_{14}$ 从1切换为0的瞬间,在积分运算器1033中积蓄的电流累计值被输出,由此在电流测定值 $i_4$ 发生波动,线圈电流测定值 $i_4$ 向线圈电流指令 $i_4^*$ 的收敛变慢。

[0171] 在图25中,示出在线圈电压饱和信号 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 输出1的区间停止电流控制器的积分运算的情况下的线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 、线圈4的施加电压指令 $v_4^*$ 和线圈施加电压 $v_4^* * *$ 、线圈电流指令 $i_4^*$ 和线圈电流测定值 $i_4$ 、在图23所示的积分运算器1033中根据线圈电流指令 $i_4^*$ 和线圈电流测定值 $i_4$ 的偏差而计算出的电流累计值。在线圈电压饱和信号 $fc_{14}$ 输出1的区间停止了积分运算,由此抑制在线圈电压饱和信号 $fc_{14}$ 从1切换为0的瞬间,从积分运算器输出的电流累计值,与图24相比较,抑制线圈电流测定值 $i_4$ 的波动。

[0172] 此时,为了进一步抑制电流测定值 $i_4$ 的波动,优选在线圈电压饱和信号 $fc_{14}$ 输出1的区间不停止积分运算器,将积分运算值更新为与至此为止积分的值不同的值,以使得在从电压饱和区间经过时,成为适当的积分运算值。通过实施该处理,从而能够进一步抑制在从电压饱和区间经过后的电流测定值的波动,线圈电流测定值 $i_4$ 的收敛也提前。

[0173] 如以上所述,根据实施方式5所涉及的线性电动机的驱动装置,各线圈的各施加电压指令由具有积分运算器的电流控制器创建,该积分运算器针对每个线圈,将在该线圈中流动的电流的测定值和与该线圈有关的各个电流指令的偏差设为输入,所述电流控制器将与多个半桥之中的调制率的绝对值超过1的半桥连接的线圈(在如半桥12~16那样在半桥连接有2个线圈的情况下为其2个线圈,在如半桥11及17那样仅连接有1个线圈的两端的半桥的情况下为其1个线圈)有关的积分运算器的积分运算停止,或者将积分运算器的至此为止的积分值更新为不同的值,因此抑制线圈电流的波动。

[0174] 此外,上述各实施方式中的开关控制器,具体地说,如图26所示,具有CPU(Central Processing Unit)等运算处理装置801、与运算处理装置801交换数据的存储装置802、在运算处理装置801和外部之间输入输出信号的输入输出接口803等。作为运算处理装置801,可以还具有ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、IC(Integrated Circuit)、DSP(Digital Signal Processor)、FPGA(Field Programmable Gate Array)及各种信号处理电路等。另外,作为运算处理装置801,可以具有相同种类的装置或者不同的种类的装置,分担地执行各处理。作为存储装置802,具有构成为能够从运算处理装置801读出数据及写入数据的RAM(Random Access Memory)、构成为能够从运算处理装置801读出数据的ROM(Read Only Memory)等。输入输出接口803例如由用于将各线圈的施加电压指令 $v_1^* \sim v_6^*$ 或者电流指令 $i_1^* \sim i_6^*$ 输入至指令运算处理装置801的接口、另外用于将来自电流传感器21~26的各线圈电流测定值 $i_1 \sim i_6$ 输入至运算处理装置801的A/D变换器、用于对各开关元件输出驱动信号的驱动电路等构成。

[0175] 本申请记载了各种例示的实施方式及实施例,但在1个或者多个实施方式中记载的各种特征、方式及功能并不限定于特定的实施方式的应用,也能够单独地或者以各种组合应用于实施方式。因此,没有例示的无数变形例在本申请说明书中公开的技术范围内被设想。例如包含将至少1个结构要素变形的情况、追加的情况或者省略的情况、以及提取至少1个结构要素而与其他实施方式的结构要素组合的情况。

[0176] 标号的说明

[0177] 1、2、3、4、5、6线圈,7直流电源,8、80、880开关控制器,9可动件,10、100电流控制器,11、12、13、14、15、16、17半桥,21、22、23、24、25、26电流传感器,81半桥输出电压运算器,85电压校正器,101线圈电流运算器,1030~1035积分运算器, $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3$ 、 $i_4$ 、 $i_5$ 、 $i_6$ 线圈电流测定值, $i_1^*$ 、 $i_2^*$ 、 $i_3^*$ 、 $i_4^*$ 、 $i_5^*$ 、 $i_6^*$ 线圈电流指令, $v_1^*$ 、 $v_2^*$ 、 $v_3^*$ 、 $v_4^*$ 、 $v_5^*$ 、 $v_6^*$ 施加电压指令, $v_{11}^*$ 、 $v_{12}^*$ 、 $v_{13}^*$ 、 $v_{14}^*$ 、 $v_{15}^*$ 、 $v_{16}^*$ 、 $v_{17}^*$ 半桥输出电压指令, $m_{11}$ 、

[0178]  $m_{12}$ 、 $m_{13}$ 、 $m_{14}$ 、 $m_{15}$ 、 $m_{16}$ 、 $m_{17}$ 半桥的调制率

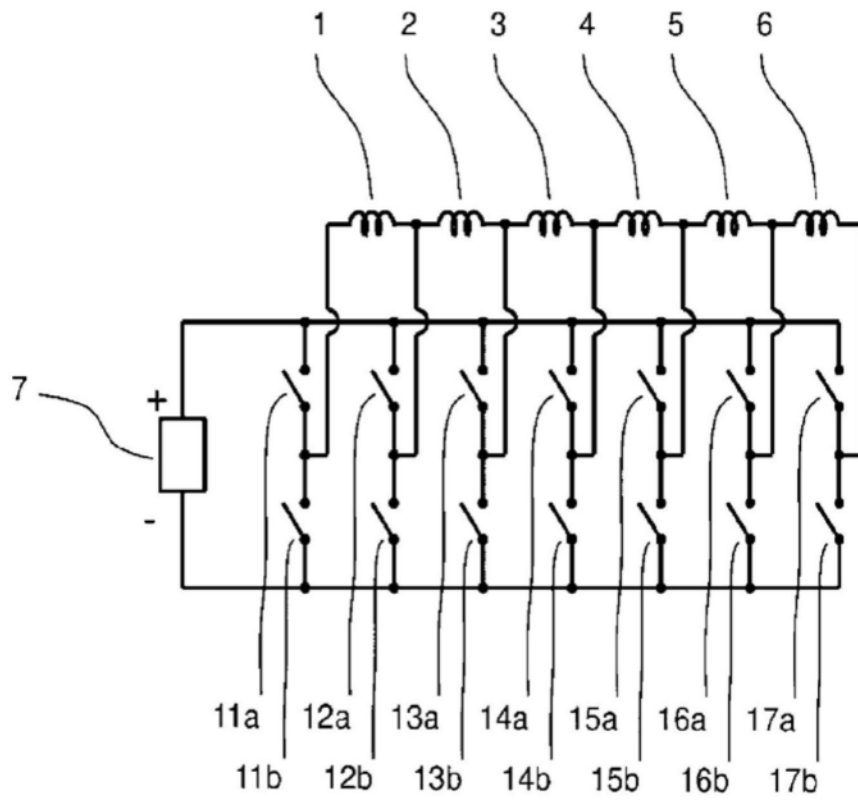


图1

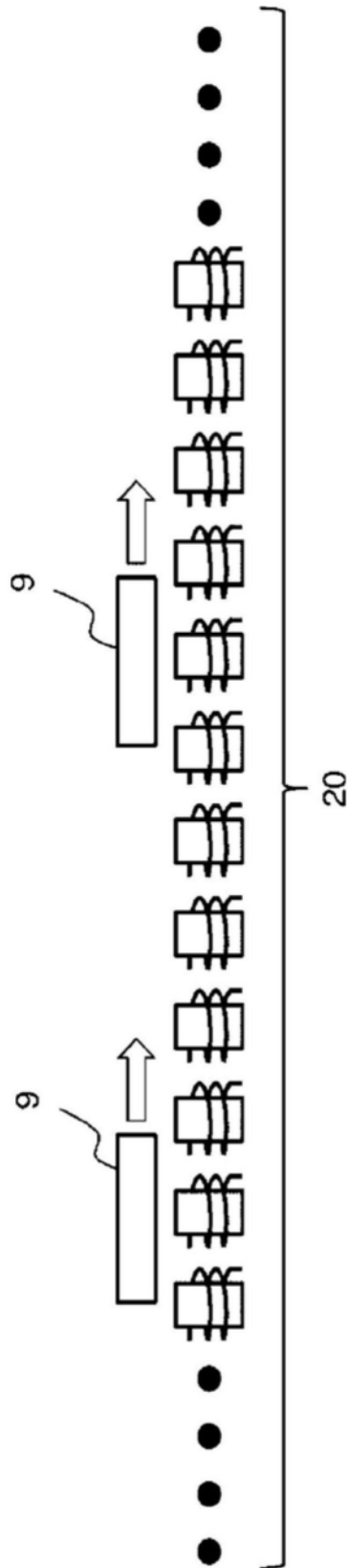


图2

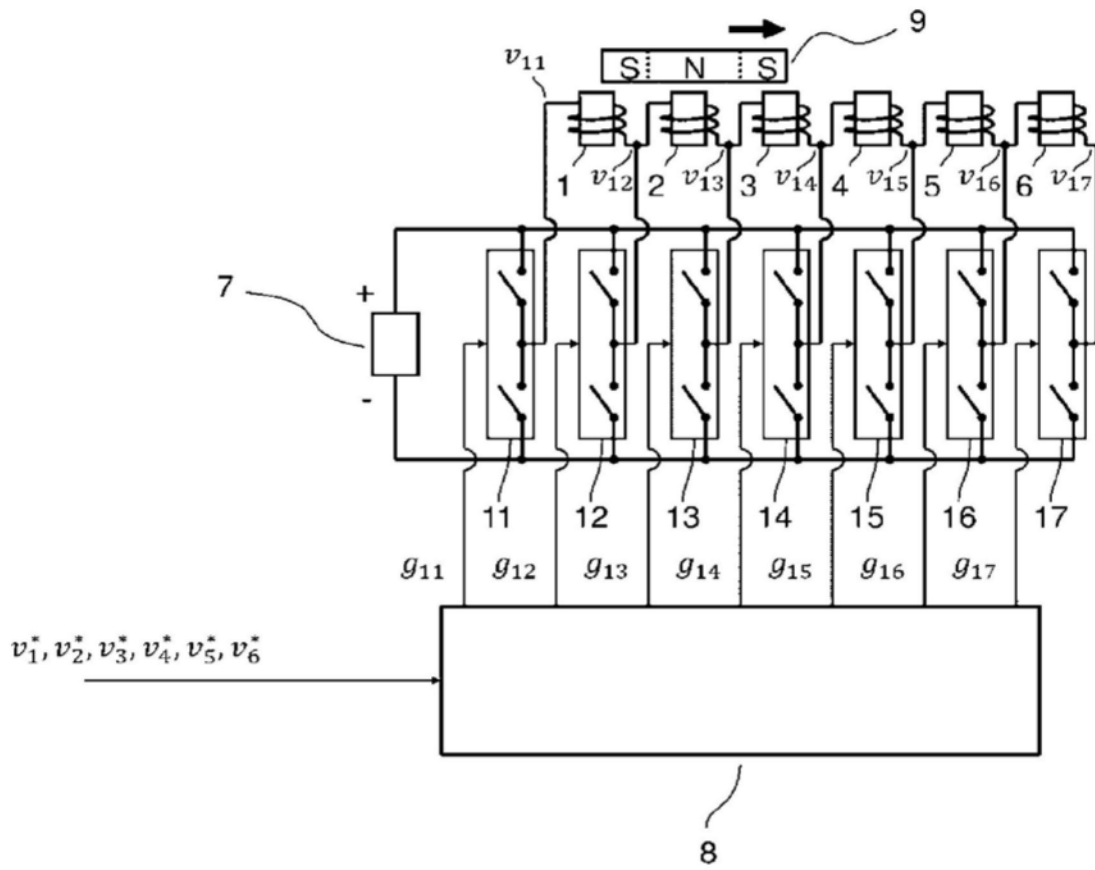


图3

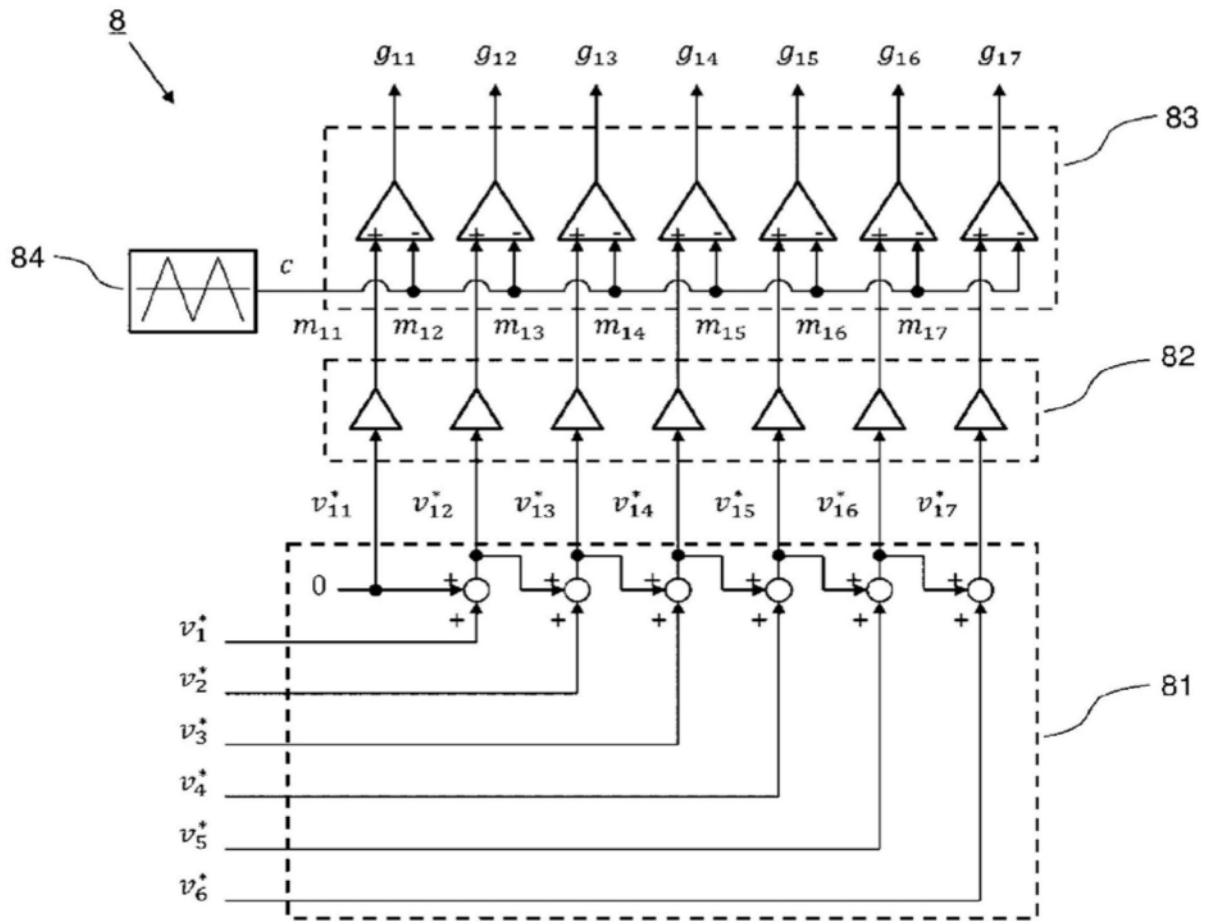


图4

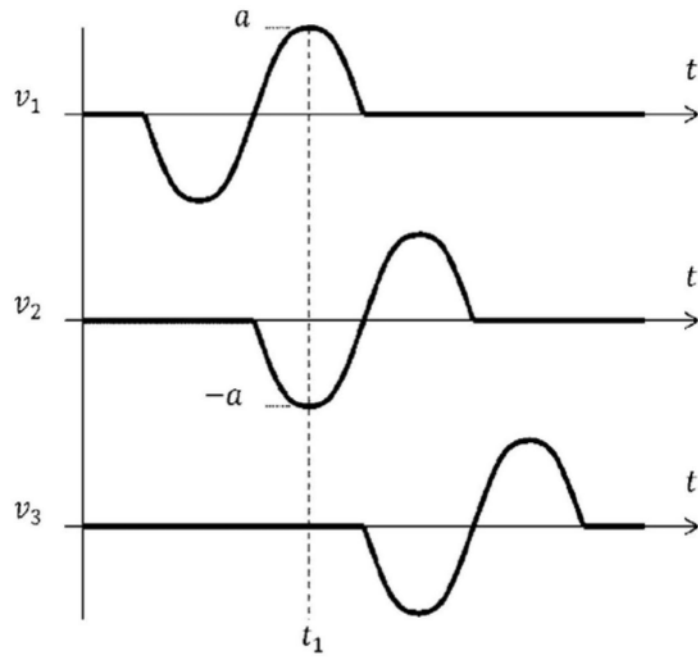


图5

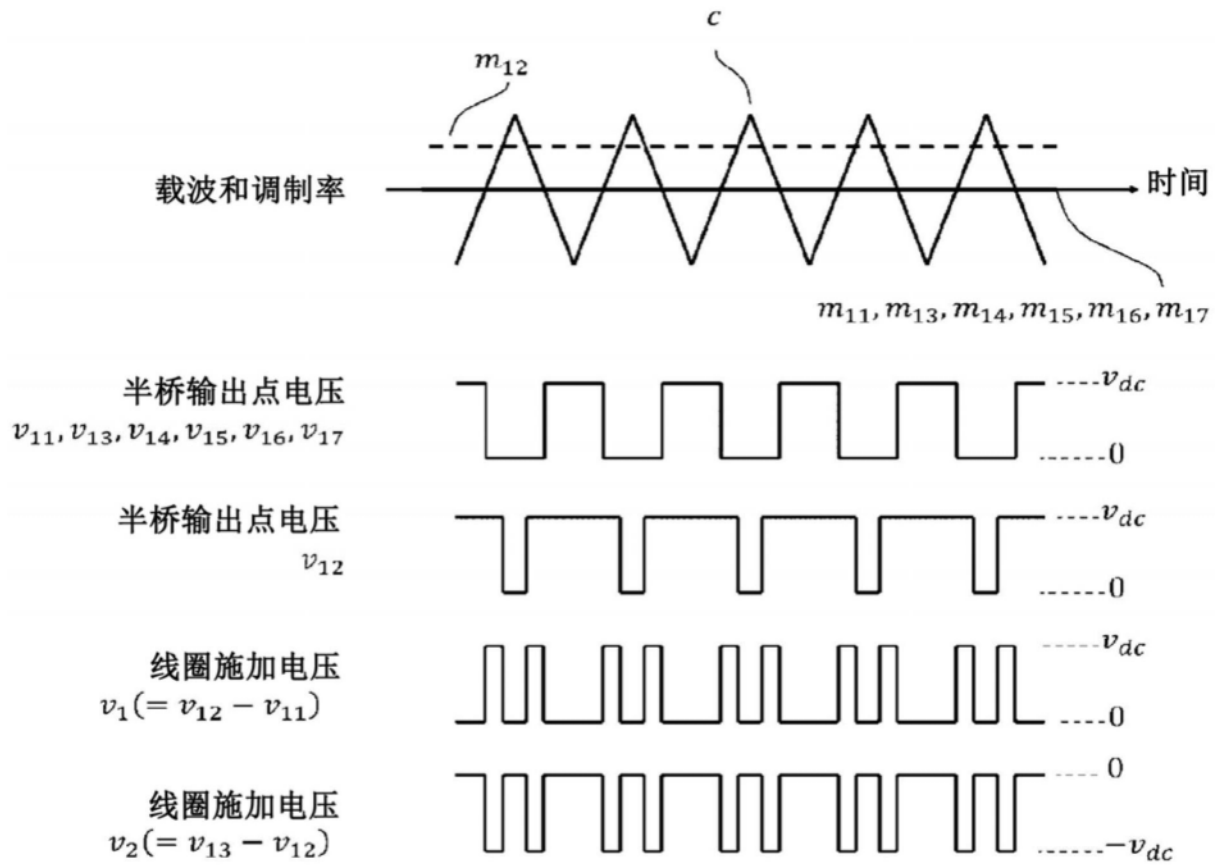


图6

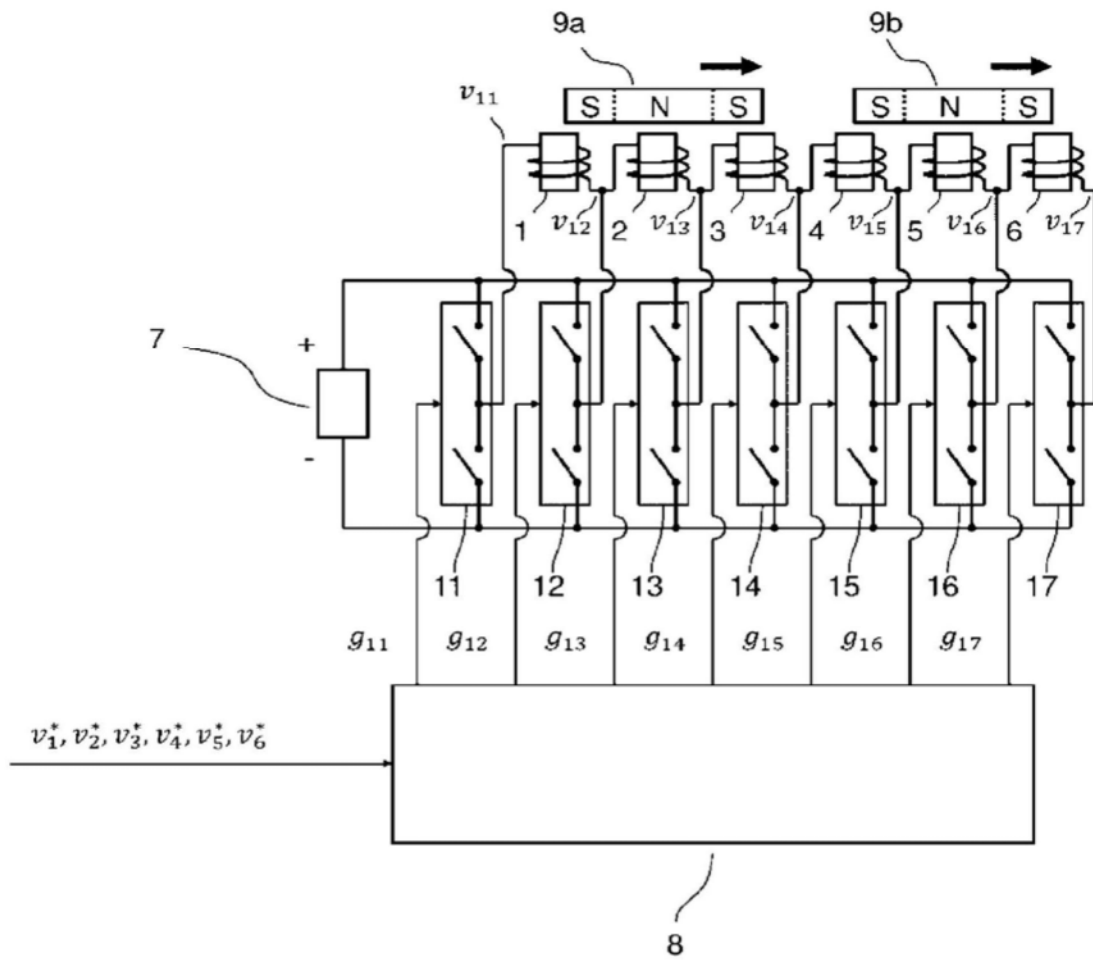


图7

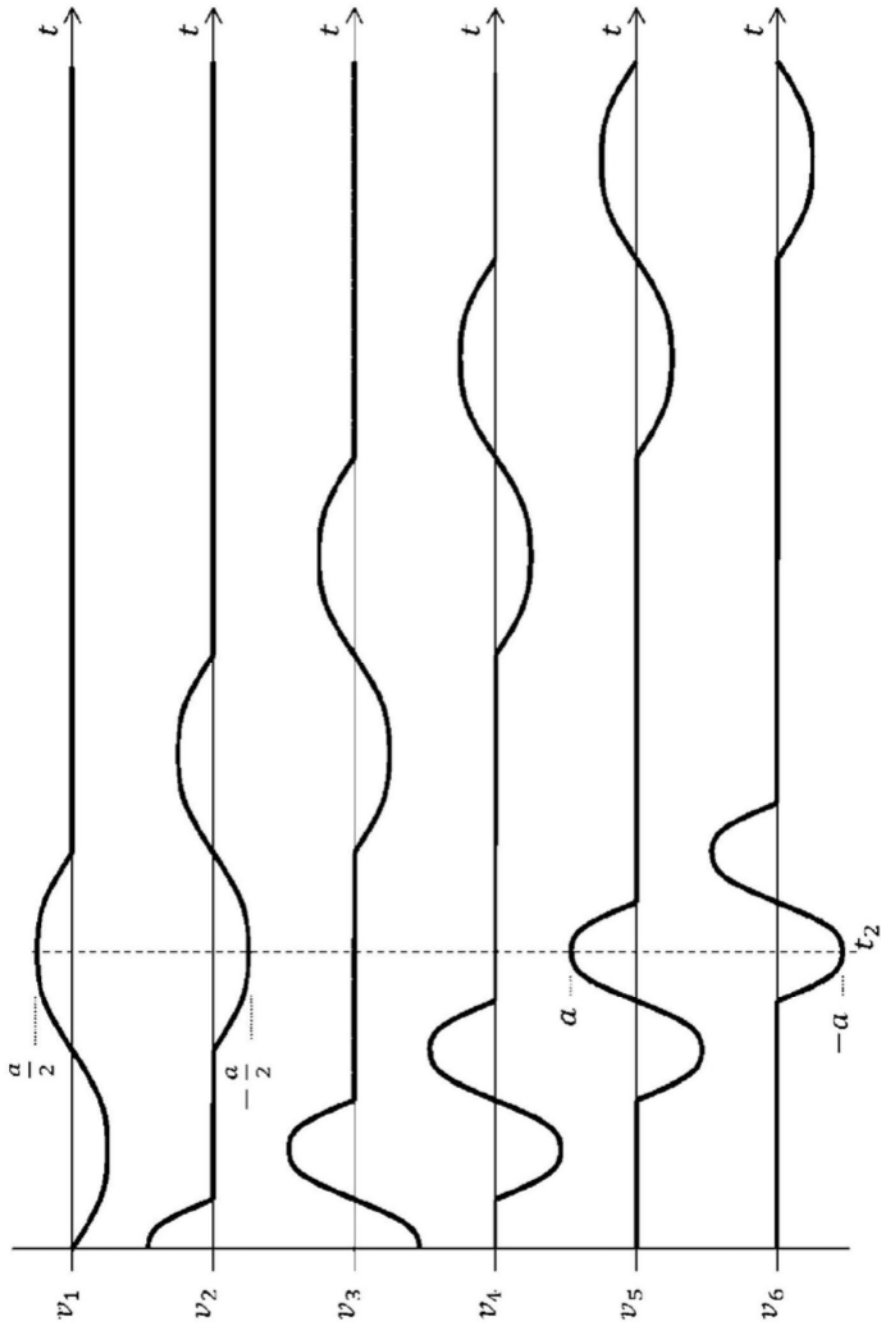


图8

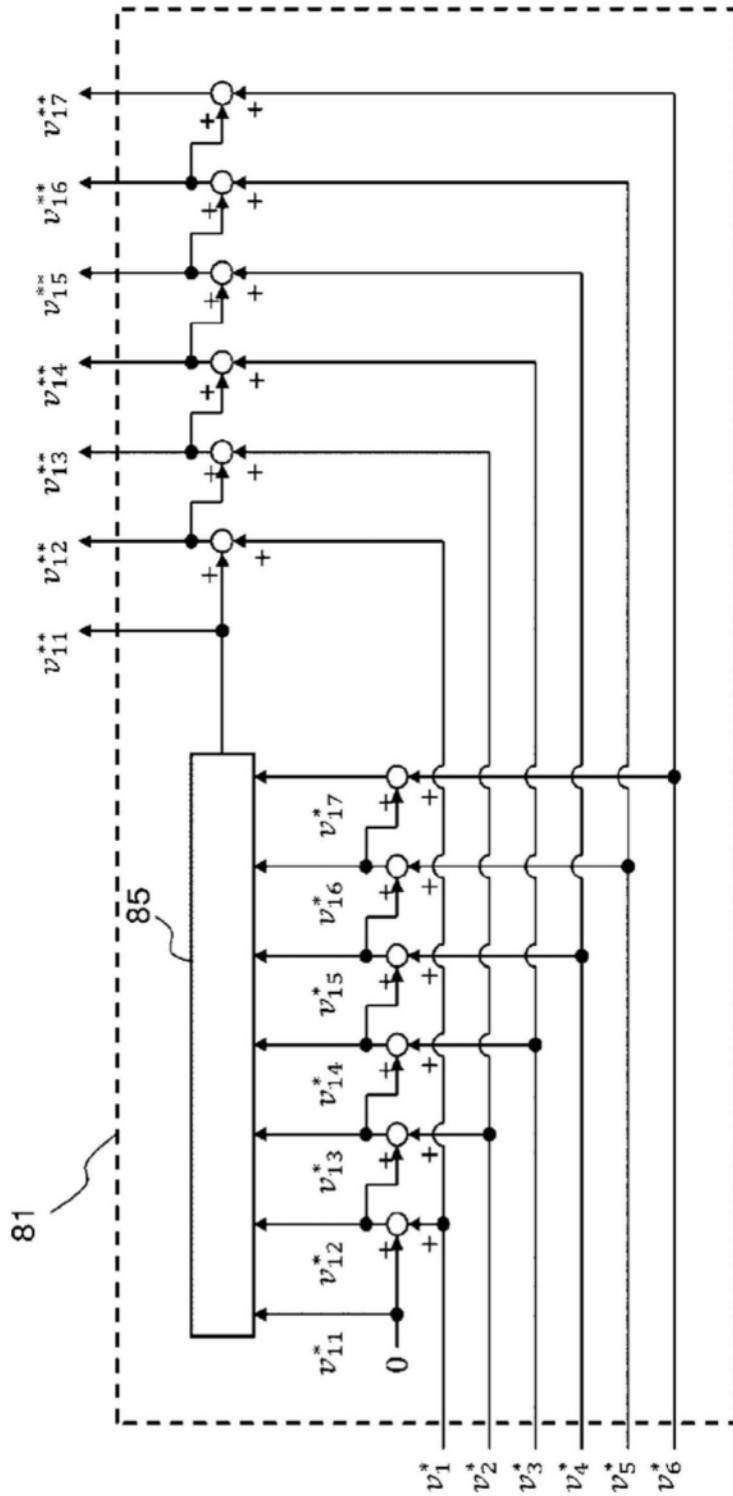


图9

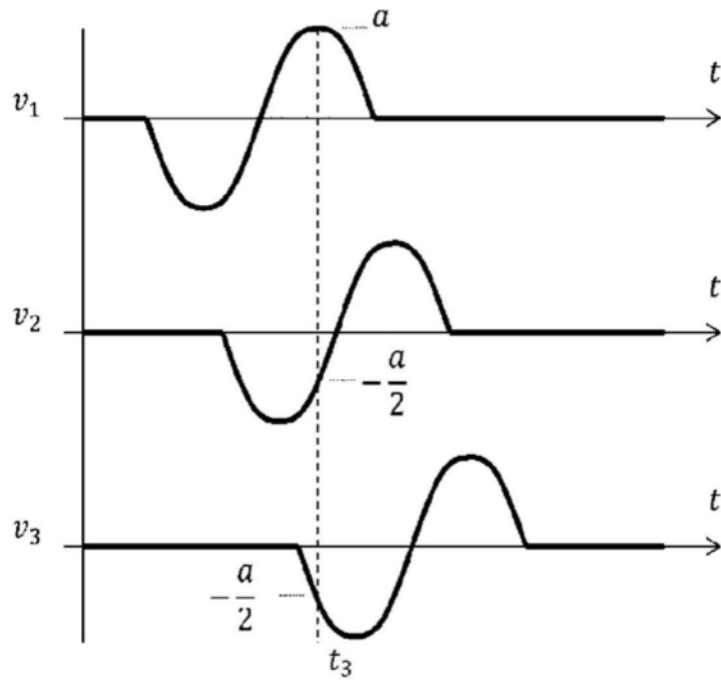


图10

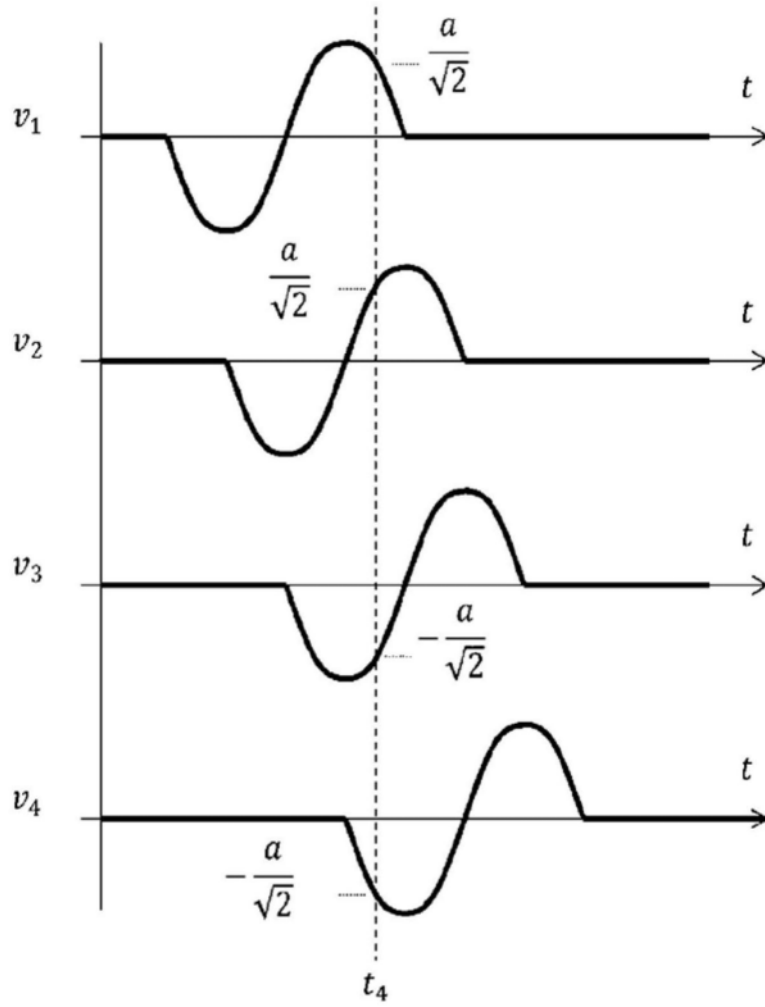


图11

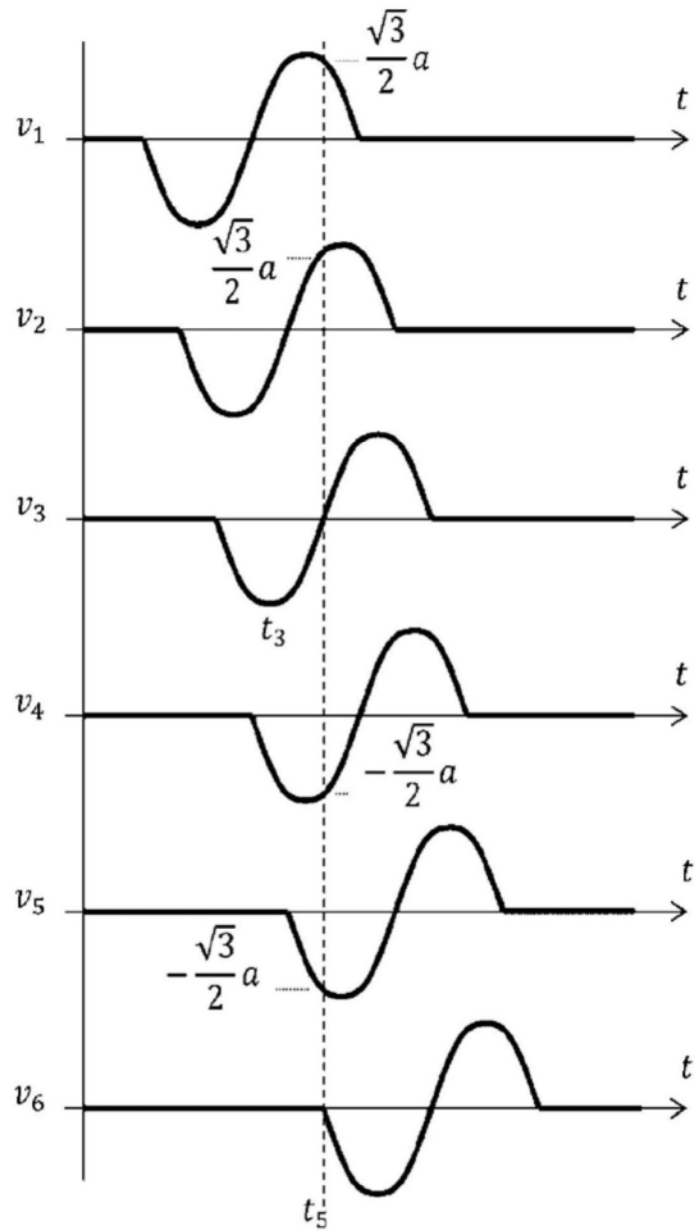


图12

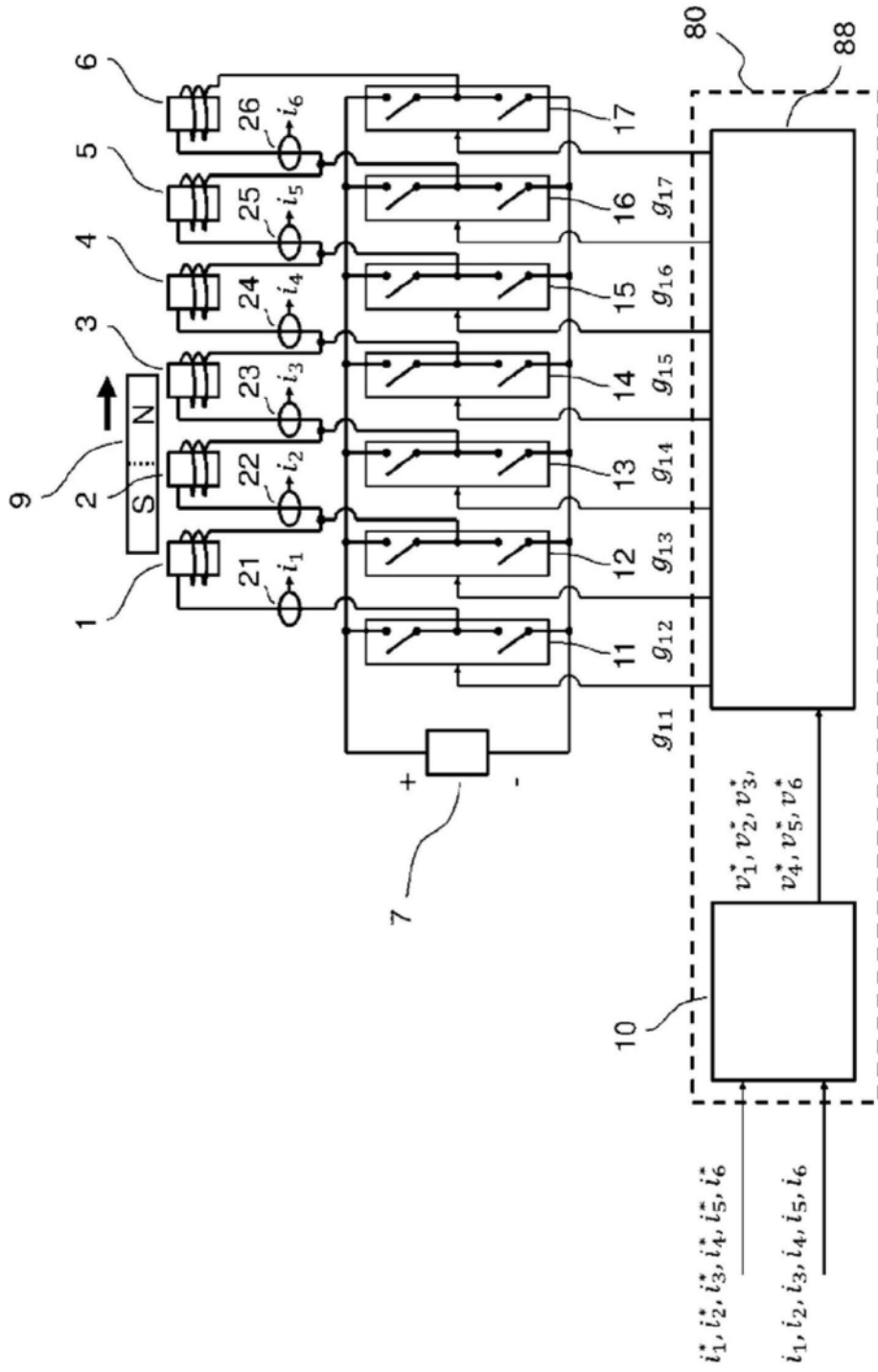


图13

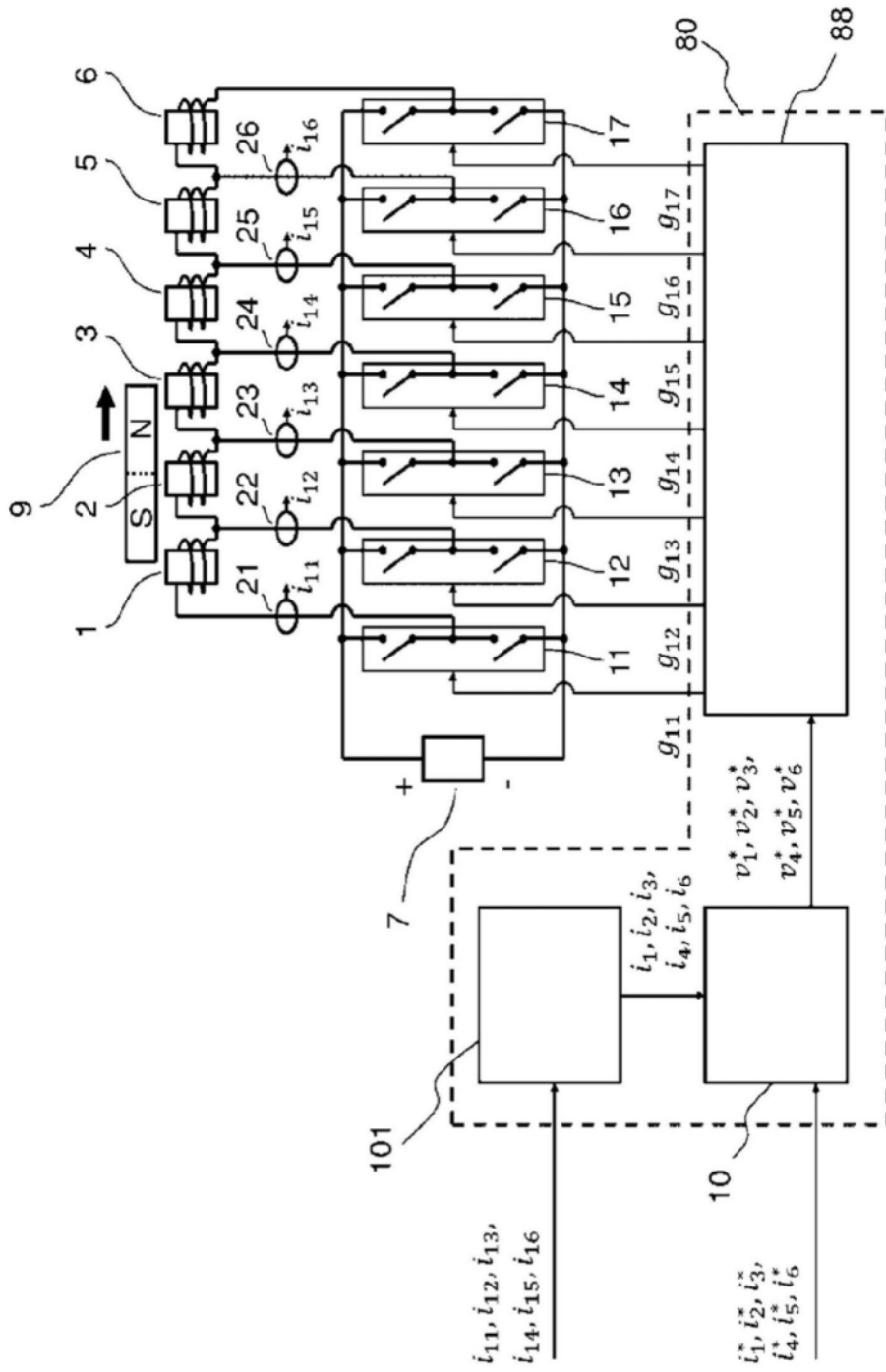


图14

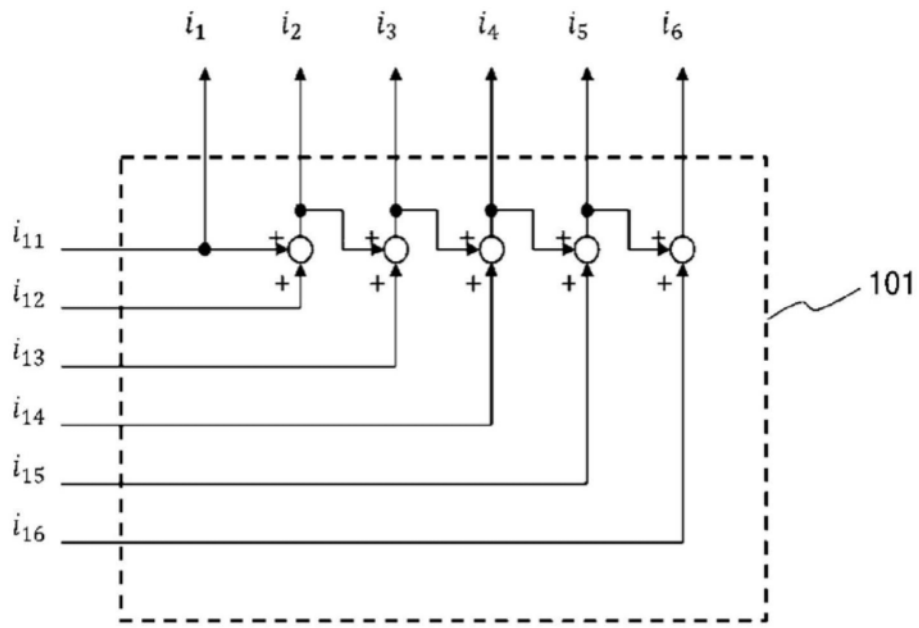


图15

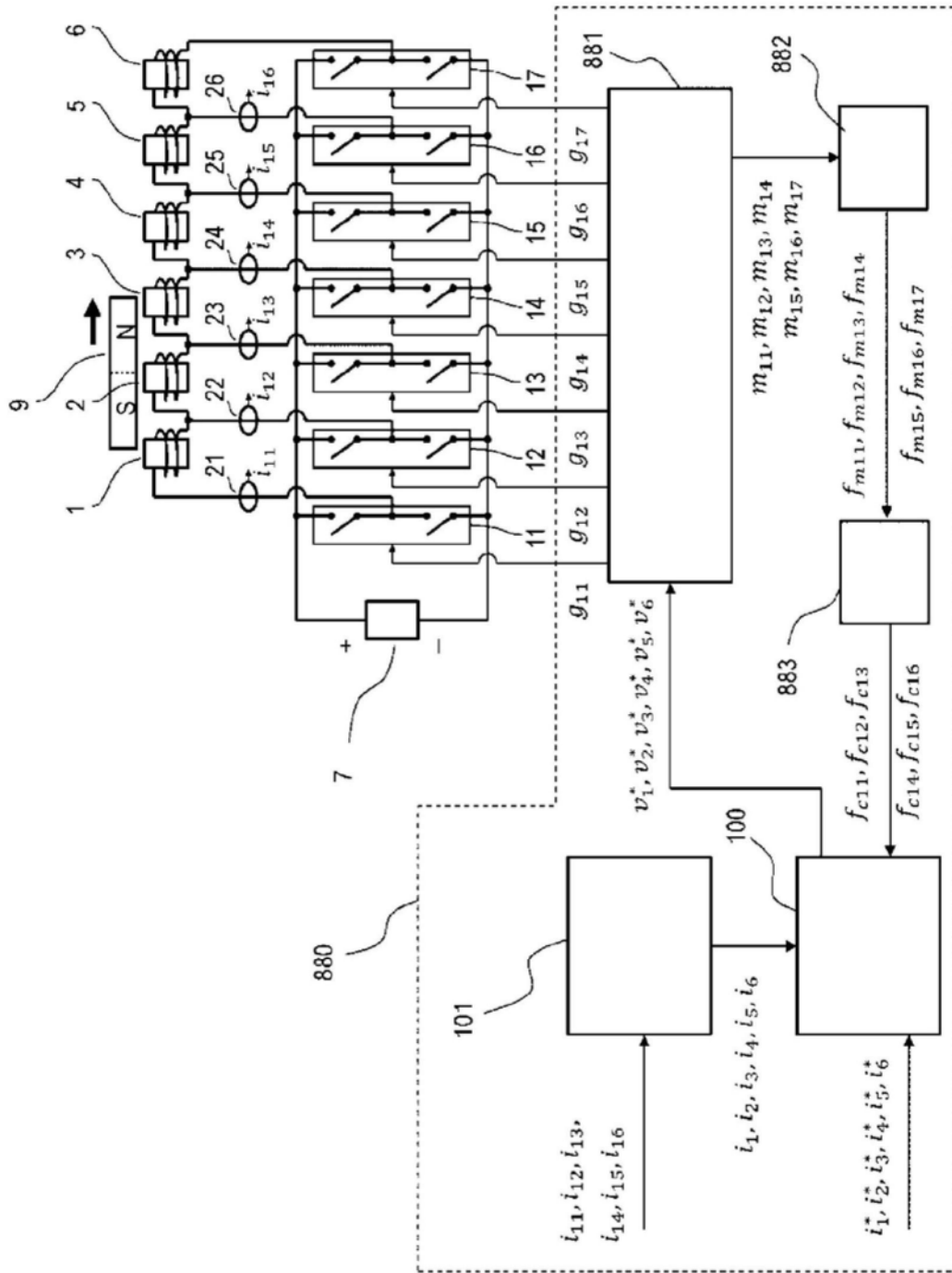


图16

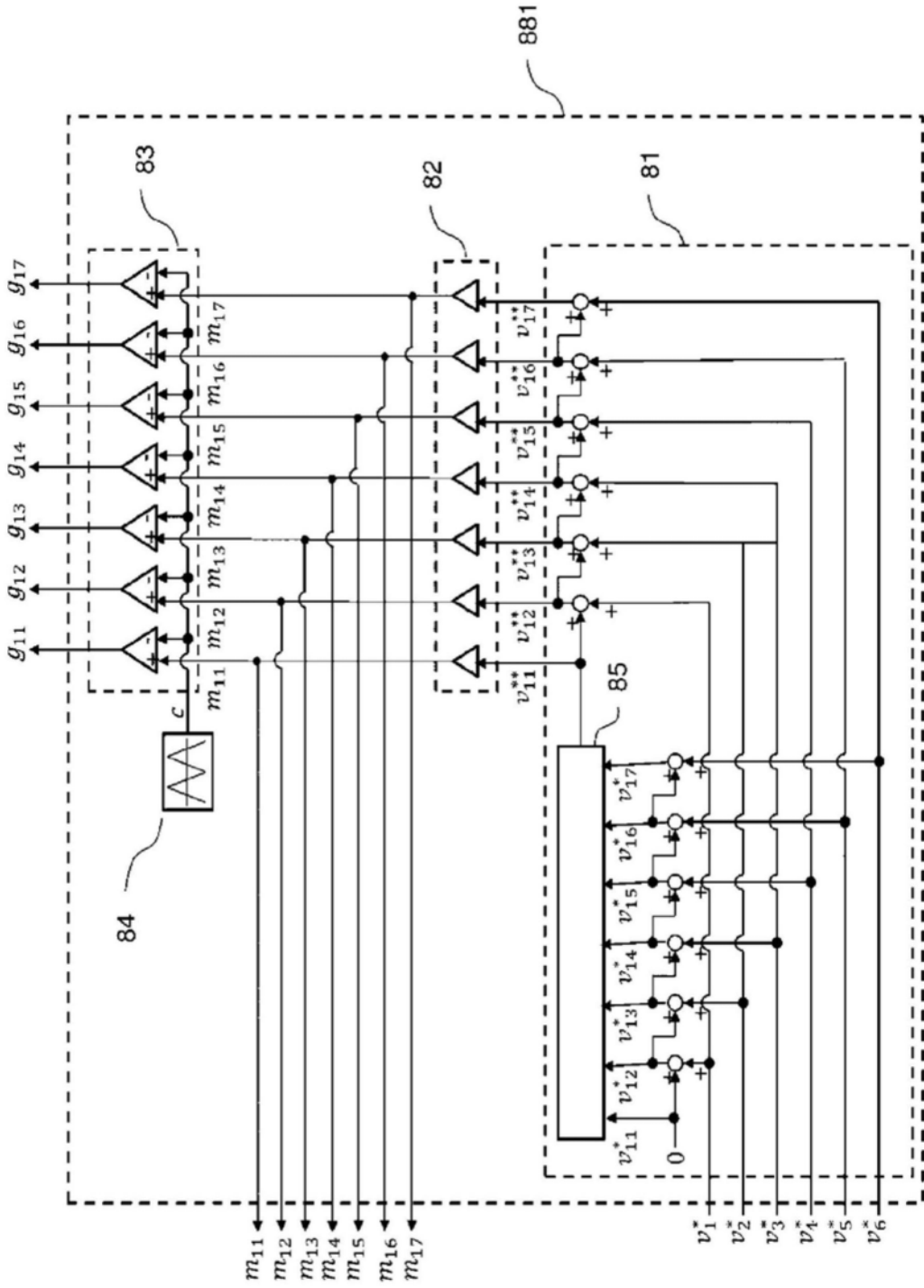


图17

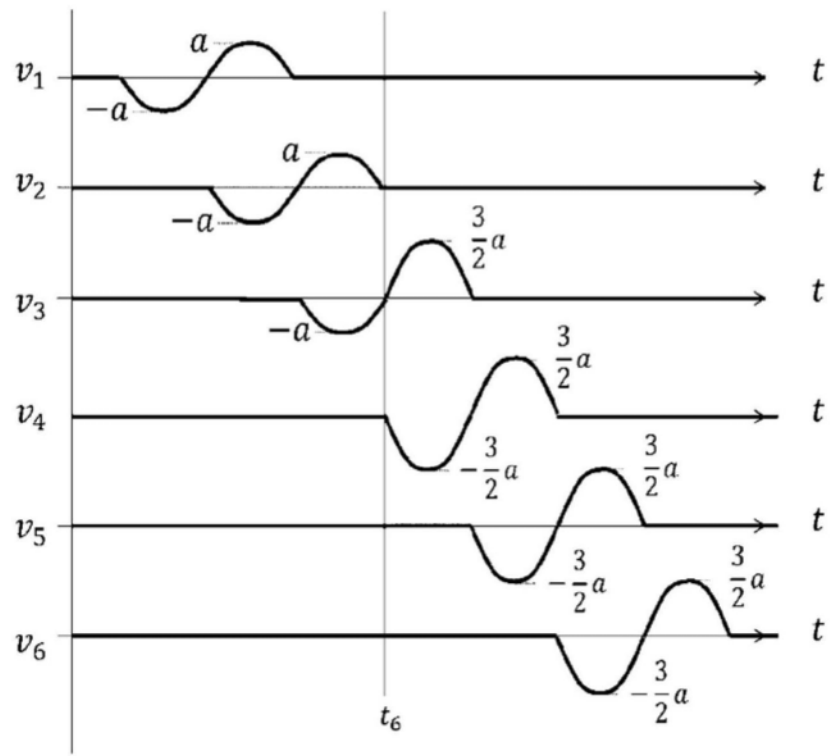


图18

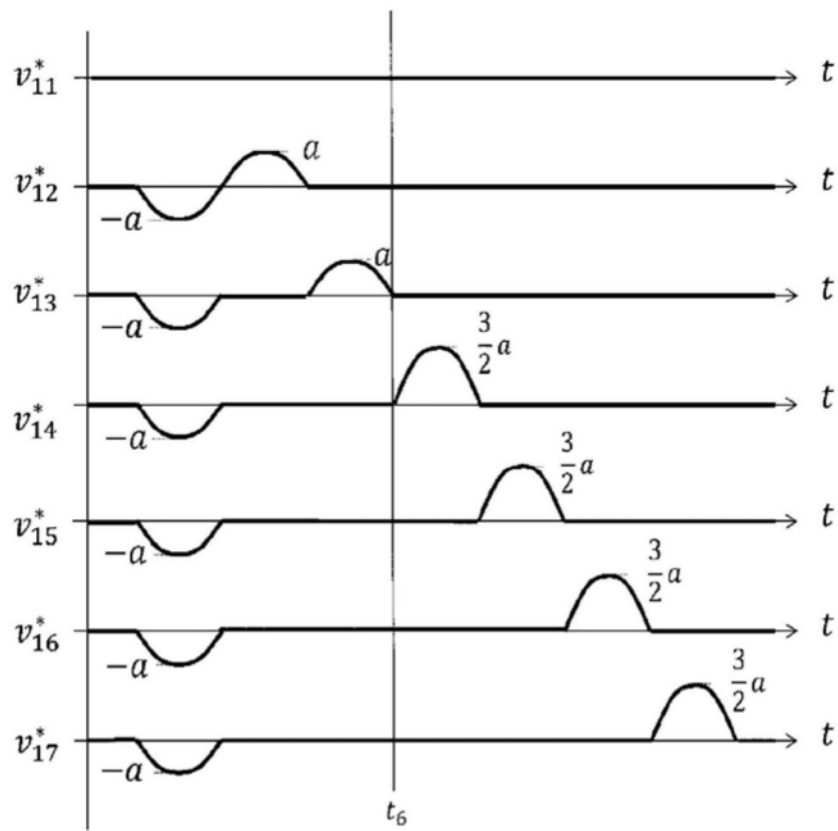


图19

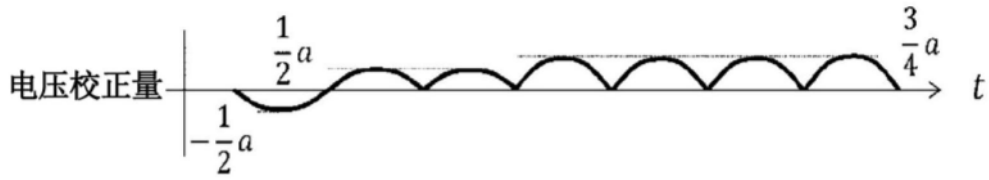


图20

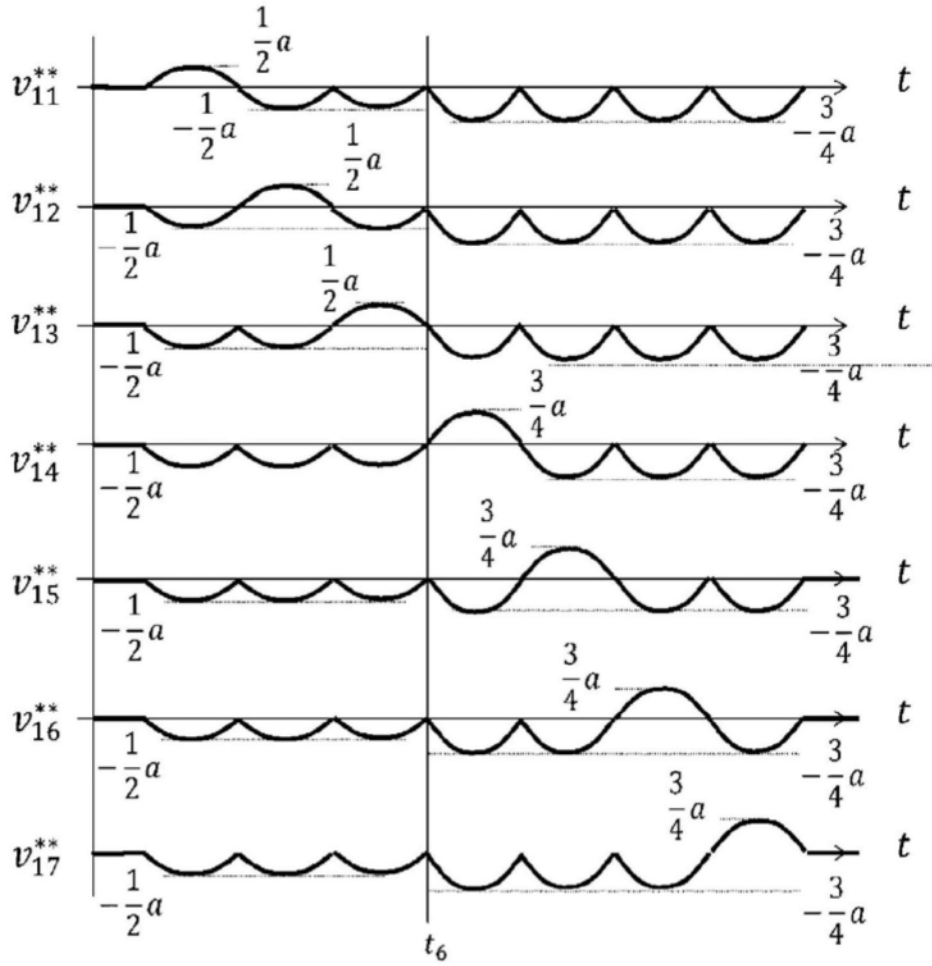


图21

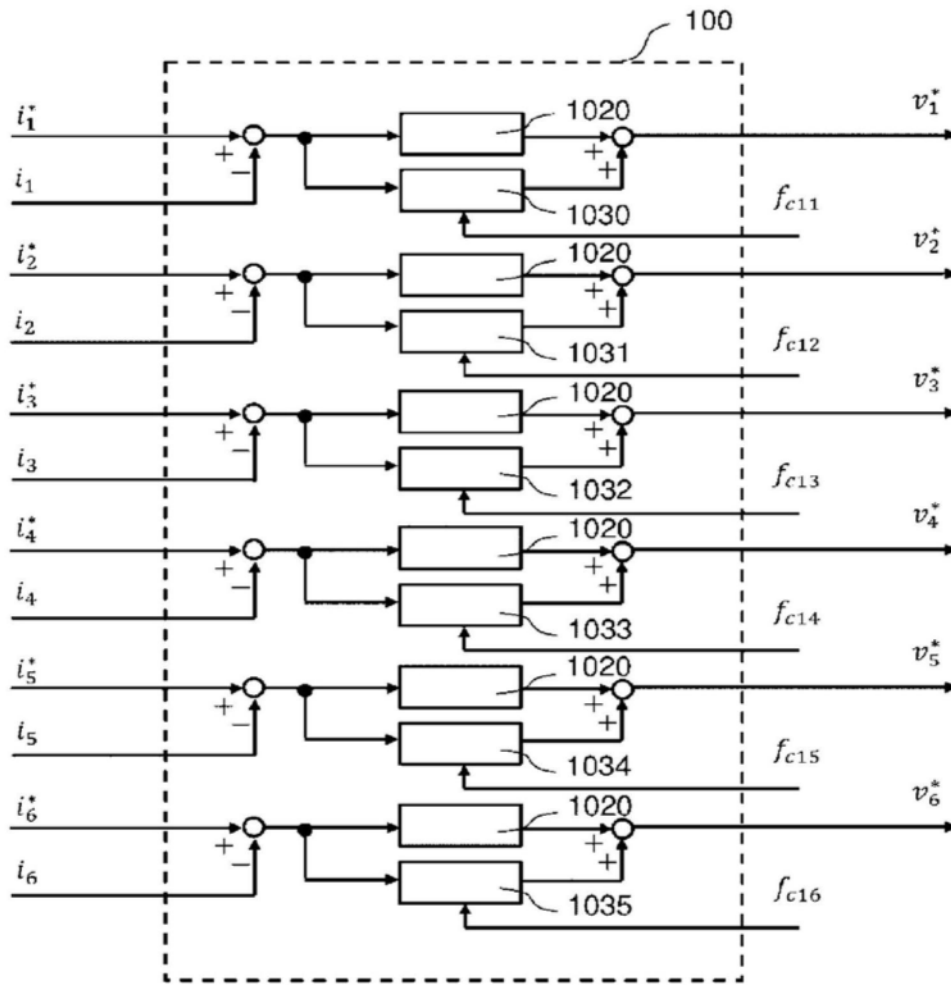


图22

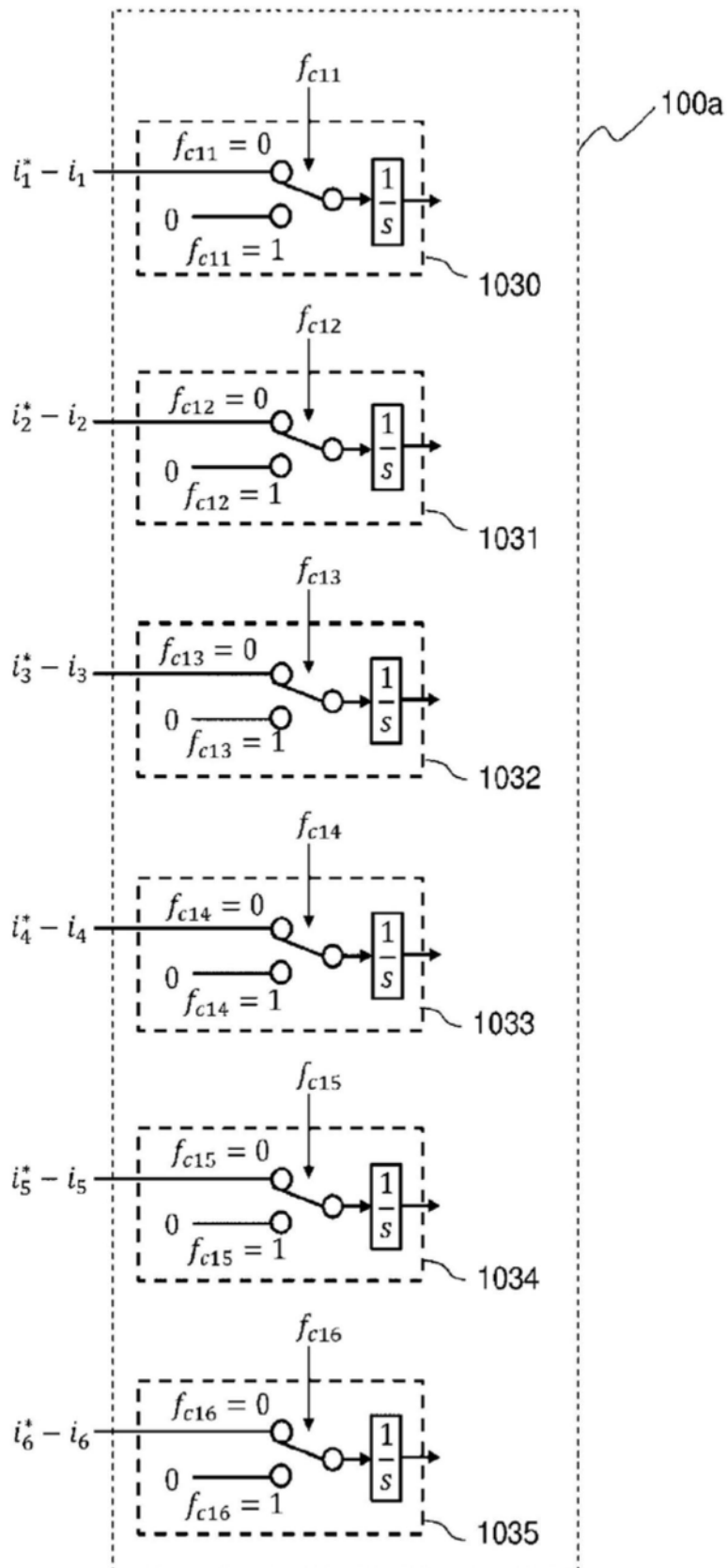


图23

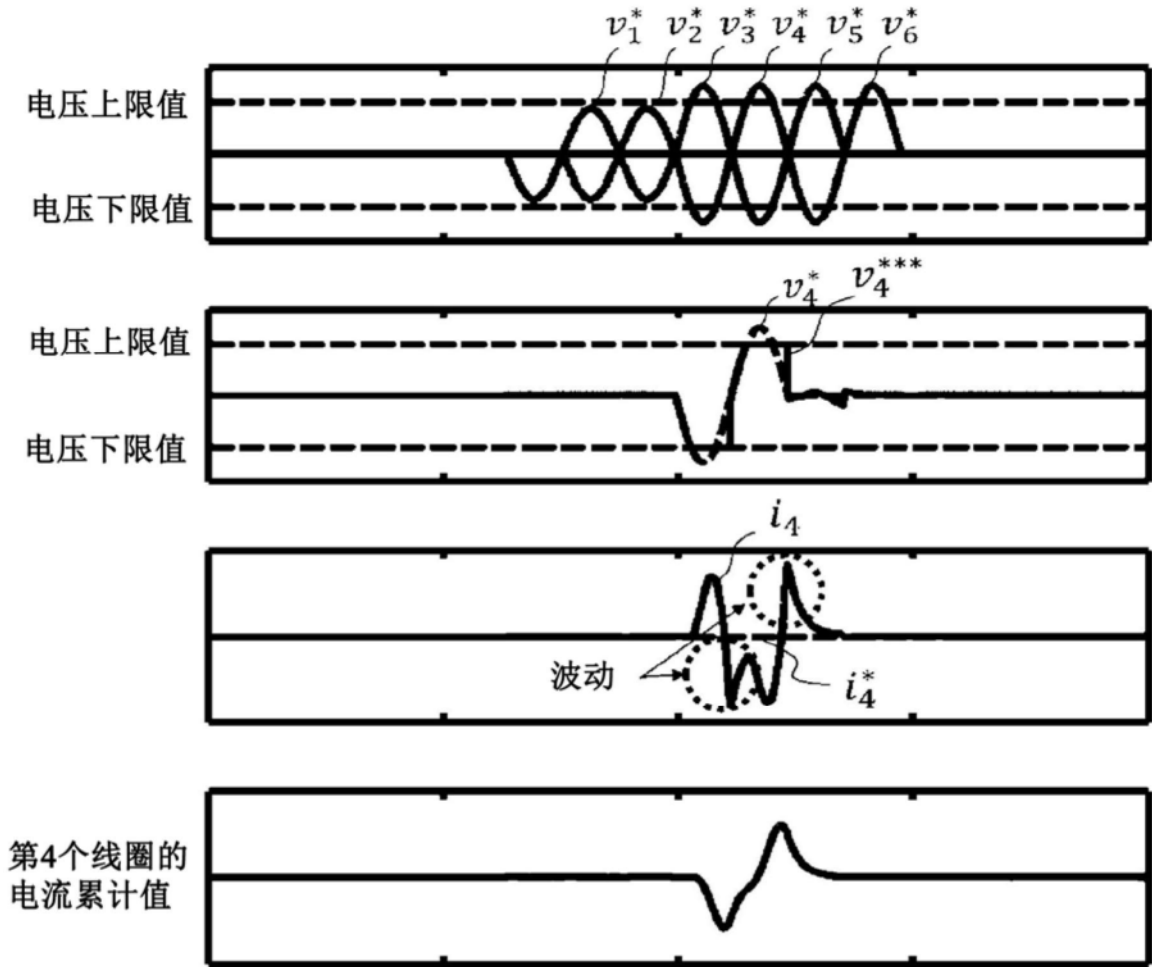


图24

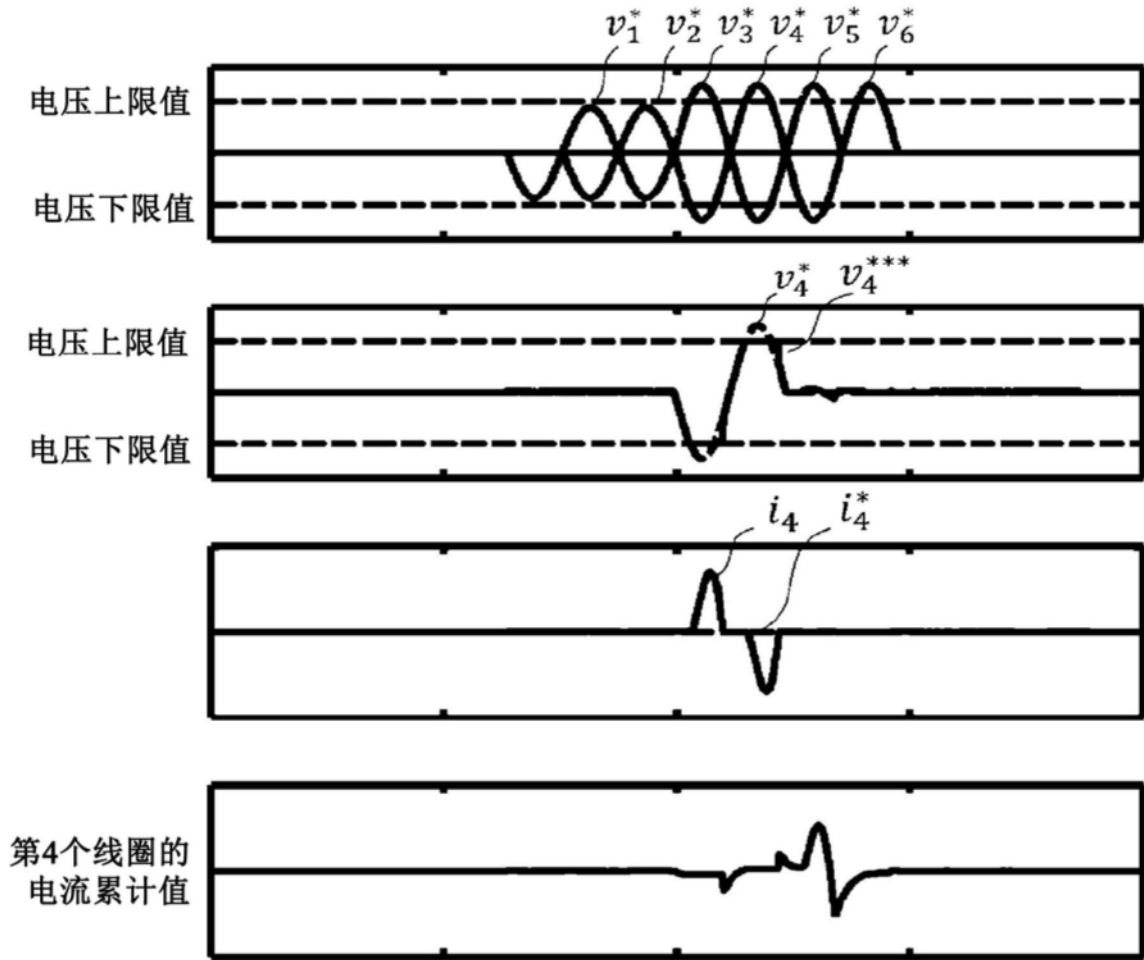


图25

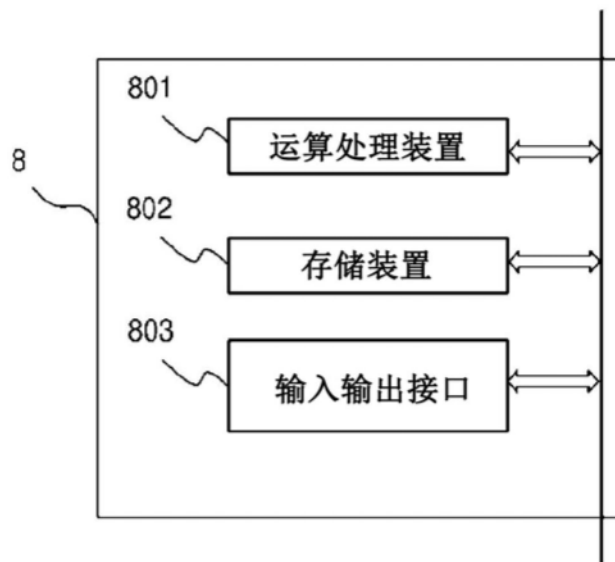


图26