



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105358410 B

(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201580000549.3

(22)申请日 2015.04.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105358410 A

(43)申请公布日 2016.02.24

(30)优先权数据
2014-111230 2014.05.29 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.10.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/061956 2015.04.20

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/182287 JA 2015.12.03

(73)专利权人 日本精工株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 熊谷绅

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.
B62D 5/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 101378235 A, 2009.03.04,
CN 101378235 A, 2009.03.04,
CN 102025301 A, 2011.04.20,
CN 101981806 A, 2011.02.23,
JP 特开平8-119124 A, 1996.05.14,
JP 2008236975 A, 2008.10.02,
CN 103155401 A, 2013.06.12,

审查员 曾靖

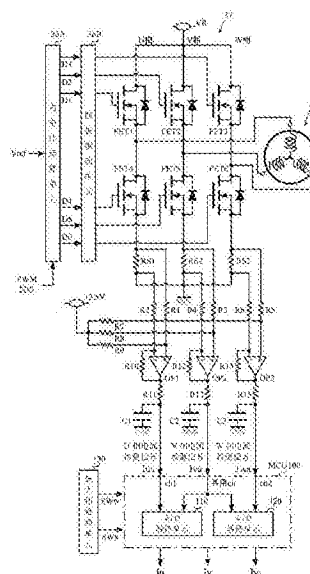
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

电动助力转向装置

(57)摘要

本发明提供一种电动助力转向装置。该电动助力转向装置不需要采样保持电路等外接电路，可以通过依照在电动机旋转时变化的占空比最大相来同时对最大相以外的2相进行采样，来廉价地检测出3分路的电流。本发明的电动助力转向装置通过基于电流指令值通过逆变器来对3相电动机进行PWM控制同时检测出3相电动机的电流并反馈，来进行辅助控制。该电动助力转向装置具备用于检测逆变器的下游3分路的3相电流的电流检测电路和具有共用信道并输入来自电流检测电路的3相电流检测信号的2个A/D转换单元。3相电流检测信号中的某一个信号被输入到共用信道，剩下的2相的电流检测信号被分别输入到2个A/D转换单元的各另一个信道。



1. 一种电动助力转向装置,其通过至少基于转向扭矩运算电流指令值,基于所述电流指令值通过逆变器来对3相电动机进行PWM控制同时检测出所述3相电动机的电流并反馈,来对转向系统进行辅助控制,其特征在于:

具备用于检测所述逆变器的下游3分路的3相电流的电流检测电路和具有共用信道并输入来自所述电流检测电路的3相电流检测信号的2个A/D转换单元,

具有所述3相电流检测信号中的某一个信号被输入到所述共用信道,剩下的2相的电流检测信号被分别输入到所述2个A/D转换单元的各另一个信道的电流检测系统,

还具备用于检测所述PWM控制的占空比最大相的最大相检测单元和用于切换所述3相电流检测信号的对所述2个A/D转换单元的输入的切换单元,

基于所述最大相检测单元的检测结果切换所述切换单元,将与所述占空比最大相以外的2相所对应的所述3相电流检测信号中的两个信号输入到所述2个A/D转换单元的各个A/D转换器并对其进行同时采样。

2. 根据权利要求1所述的电动助力转向装置,其特征在于:从所述2相的电流检测值计算出另一相的电流值并输出3相的电动机电流检测值。

3. 根据权利要求1所述的电动助力转向装置,其特征在于:各个所述电流检测电路由将下游分路电阻的电压降换算为电流值并输出所述电流检测信号的运算放大器和电阻电路构成。

4. 根据权利要求2所述的电动助力转向装置,其特征在于:各个所述电流检测电路由将下游分路电阻的电压降换算为电流值并输出所述电流检测信号的运算放大器和电阻电路构成。

5. 根据权利要求1所述的电动助力转向装置,其特征在于:LPF被分别连接到所述3相电流检测信号的各个输出单元。

6. 根据权利要求2所述的电动助力转向装置,其特征在于:LPF被分别连接到所述3相电流检测信号的各个输出单元。

7. 根据权利要求3所述的电动助力转向装置,其特征在于:LPF被分别连接到所述3相电流检测信号的各个输出单元。

8. 根据权利要求4所述的电动助力转向装置,其特征在于:LPF被分别连接到所述3相电流检测信号的各个输出单元。

电动助力转向装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动助力转向装置,其通过至少基于转向扭矩运算电流指令值,基于电流指令值通过逆变器来对3相电动机进行PWM控制同时检测出3相电动机的电流并反馈,来对转向系统进行辅助控制。本发明尤其涉及一种电动助力转向装置,其不需要外接电路,可廉价地用逆变器的下游3分路方式来检测出3相电动机的电流。

背景技术

[0002] 利用电动机的旋转力对车辆的转向机构施加转向辅助力(辅助扭矩)的电动助力转向装置,将电动机的驱动力经减速装置由齿轮或皮带等传送机构,向转向轴或齿条轴施加转向辅助力。为了准确产生转向辅助力的扭矩,现有的电动助力转向装置(EPS)进行电动机电流的反馈控制。反馈控制调整电动机外加电压,以便使转向辅助指令值(电流指令值)与电动机电流检测值的差变小,电动机外加电压的调整通常用调整PWM(脉冲宽度调制)控制的占空比(Duty)来进行。

[0003] 如图1所示,对电动助力转向装置的一般结构进行说明。转向盘(方向盘)1的柱轴(转向轴或方向盘轴)2经过减速齿轮3、万向节4a和4b、齿臂机构5、转向横拉杆6a和6b,再通过轮毂单元7a和7b,与转向车轮8L和8R连接。另外,在柱轴2上设有检测转向盘1的转向扭矩的扭矩传感器10和检测操舵角 θ 的舵角传感器14,对转向盘1的转向力进行辅助的电动机20通过减速齿轮3与柱轴2连接。电池13对控制电动助力转向装置的控制单元(ECU)30进行供电,同时,经过点火开关11,点火信号被输入到控制单元30。控制单元30基于由扭矩传感器10检测出的转向扭矩 T_h 和由车速传感器12检测出的车速 V_{el} ,进行作为辅助(转向辅助)指令的电流指令值的运算,通过对电流指令值实施补偿等得到的电压控制指令值 V_{ref} ,控制供给电动机20的电流。此外,舵角传感器14不是必须的,可以不设置舵角传感器14。

[0004] 另外,收发车辆的各种信息的CAN(Controller Area Network,控制器局域网)50被连接到控制单元30,车速 V_{el} 也能够从CAN50获得。此外,收发CAN50以外的通信、模拟/数字信号、电波等的非CAN51也可以被连接到控制单元30。

[0005] 控制单元30主要由MCU(也包含MPU等)构成,该MCU内部由程序执行的一般功能,如图2所示。

[0006] 参照图2说明控制单元30的功能和动作。如图2所示,由扭矩传感器10检测出的转向扭矩 T_h 和由车速传感器12检测出的(或来自CAN50的)车速 V_{el} 被输入到用于运算电流指令值 I_{ref1} 的电流指令值运算单元31中。电流指令值运算单元31基于被输入的转向扭矩 T_h 和车速 V_{el} 使用辅助图等运算作为供给电动机20的电流的控制目标值的电流指令值 I_{ref1} 。电流指令值 I_{ref1} 经过加法单元32A被输入到电流限制单元33;被限制了最大电流的电流指令值 I_{refm} 被输入到减法单元32B;减法单元32B运算电流指令值 I_{refm} 与被反馈回来的电动机电流值 I_m 之间的偏差 $I(I_{refm}-I_m)$;该偏差 I 被输入到用于进行转向动作的特性改善的PI控制单元35中。在PI控制单元35中被进行了特性改善的电压控制指令值 V_{ref} 被输入到PWM控制单元36中,再经过作为驱动单元的逆变器37来对电动机20进行PWM驱动。电动机20的电

流值 I_m 由电动机电流检测器38来检测,检测出的电动机电流值 I_m 被反馈到减法单元32B中。在逆变器电路37中作为驱动元件使用电场效应晶体管(FET),逆变器电路37由FET的电桥电路构成。

[0007] 另外,在加法单元32A对来自补偿信号生成单元34的补偿信号CM进行加法运算,通过补偿信号CM的加法运算来进行转向系统的特性补偿,以便改善收敛性和惯性特性等。补偿信号生成单元34先在加法单元344对自对准扭矩(SAT)343和惯性342进行加法运算,然后,在加法单元345再对该加法运算的结果和收敛性341进行加法运算,最后,将加法单元345的加法运算的结果作为补偿信号CM。

[0008] 在电动机20为三相无刷电动机的情况下,PWM控制单元36及逆变器37的详细结构如图3所示。PWM控制单元36由占空比运算单元36A和栅极驱动单元36B构成,其中占空比运算单元36A将电压控制指令值 V_{ref} 按照规定公式与PWM载波进行同步,运算三相的PWM占空比值 $D1 \sim D6$;栅极驱动单元36B通过PWM占空比值 $D1 \sim D6$ 来驱动作为驱动元件的FET的栅极,同时,进行死区时间的补偿并打开或关闭(ON/OFF)FET的栅极。另外,逆变器37由FET1~FET6的三相电桥(高侧FET1~FET3,低侧FET4~FET6)构成,通过基于PWM占空比值 $D1 \sim D6$ 来打开或关闭FET的栅极,以便驱动电动机20。

[0009] 在这样的电动助力转向装置中,需要检测出并反馈电动机20的各相电流,如图4所示,存在一种已知的3分路方式的电流检测电路。也就是说,如图4所示,在逆变器37的下游侧3相分别插入分路电阻 $RS1 \sim RS3$,测定基于分路电阻 $RS1 \sim RS3$ 的电压降(降下电压),通过A/D转换器37U~37W将测定出的电压降转换成数字值(デジタル値)并同时换算为电流值,然后反馈被检测出的3相的电动机电流 I_u 、 I_v 及 I_w 。

[0010] 在下游3分路的电流检测方式中,在低侧FET导通(ON)的定时(タイミング),需要通过进行同时采样来检测出至少2相的电流。如果可以检测出2相的电流的话,就能够基于 $I_u + I_v + I_w = 0$ 的关系检测出剩下的1相的电流。另外,在占空比饱和(最大)时(低侧FET的导通时间极小时)的情况下,因为没有电流流动在低侧的分路电阻,所以存在检测不出那个相的电流的可能性,因此需要考虑占空比饱和时的检测性(検出性),判断3相中的在电动机旋转时变化的占空比饱和的相,检测出占空比未饱和的至少2相的电流。

[0011] 为了满足上述,实施以下的方法。

[0012] 方法(1):如图4所示,在MCU内设置3个A/D转换器,将3相的电流检测信号分别连接到别的单元,同时对占空比未饱和的2相的电流检测信号进行采样。

[0013] 方法(2):在MCU内设置2个A/D转换器,在MCU外部设置复用器(マルチプレクサ),将3相中的占空比未饱和的2相的电流检测信号输出到MCU的各个单元并同时对其进行采样。

[0014] 方法(3):采用带有采样保持电路的A/D转换器,对被连接到该A/D转换器的3相的电流检测信号同时进行采样/保持并检测。

[0015] 方法(4):在MCU外部设置采样保持电路,对通过在规定定时同时进行采样/保持而得到的3相的电流检测信号进行A/D转换。

[0016] 现有技术文献

[0017] 专利文献

[0018] 专利文献1:日本特开2007-110814号公报

发明内容

[0019] 发明要解决的技术问题

[0020] 在上述方法(1)中,因为需要设置3个A/D转换器,所以存在MCU的成本上升的问题。另外,在上述方法(2)和(4)中,因为需要外接电路,所以既存在成本上升的问题又存在部件配置的空间确保的问题。还有,在上述方法(3)中,因为采用带有采样保持电路的A/D转换器,所以既存在A/D转换的精度差,电流检测精度下降的问题又存在成本高的问题。

[0021] 另外,例如在日本特开2007-110814号公报(专利文献1)中,公开了一种手法,其在下游3分路的电流检测中,即使PWM占空比值变为100%附近,也可以正确检测出电动机相电流。但是,在专利文献1所记载的装置中,没有关于电流检测的手法及A/D转换的定时(采样)的记载。

[0022] 本发明是鉴于上述情况而完成的,本发明的目的在于提供一种电动助力转向装置,其不需要采样保持电路等外接电路,可以通过依照在电动机旋转时变化的占空比饱和相(最大相)来同时对占空比未饱和的2相进行采样,通过2个A/D转换单元来廉价地检测出3分路的电流。

[0023] 解决技术问题的手段

[0024] 本发明涉及一种电动助力转向装置,其通过至少基于转向扭矩运算电流指令值,基于所述电流指令值通过逆变器来对3相电动机进行PWM控制同时检测出所述3相电动机的电流并反馈,来对转向系统进行辅助控制,本发明的上述目的可以通过下述这样实现,即:具备用于检测所述逆变器的下游3分路的3相电流的电流检测电路和具有共用信道并输入来自所述电流检测电路的3相电流检测信号的2个A/D转换单元,具有所述3相电流检测信号中的某一个信号被输入到所述共用信道,剩下的2相的电流检测信号被分别输入到所述2个A/D转换单元的各另一个信道的电流检测系统。

[0025] 本发明的上述目的还可以通过下述这样更有效地实现,即:还具备用于检测所述PWM控制的占空比最大相的最大相检测单元和用于切换所述3相电流检测信号的对所述2个A/D转换单元的输入的切换单元,基于所述最大相检测单元的检测结果切换所述切换单元,将与所述占空比最大相以外的2相所对应的所述3相电流检测信号中的两个信号输入到所述2个A/D转换单元的各个A/D转换器并对其进行同时采样;或,从所述2相的电流检测值计算出另一相的电流值并输出3相的电动机电流检测值;或,所述各个电流检测电路由将下游分路电阻的电压降换算为电流值并输出所述电流检测信号的运算放大器和电阻电路构成;或,LPF被分别连接到所述3相电流检测信号的各个输出单元。

[0026] 发明的效果

[0027] 在本发明的电动助力转向装置中,具备用于检测下游3分路的3相电流的电流检测电路和输入来自电流检测电路的3相电流检测信号的2个A/D转换单元,3相电流检测信号中的某一个信号被输入到共用信道,剩下的2相的电流检测信号被分别输入到2个A/D转换单元的各另一个信道。因此,根据本发明可以用廉价的构成来正确检测出3相的电动机电流。

[0028] 另外,根据本发明的电动助力转向装置,具有不需要采样保持电路等外接电路,可以通过依照在电动机旋转时变化的占空比最大相来同时对占空比最大相以外的2相通过2个A/D转换单元进行采样,来廉价地检测出3分路的电流的优点。

附图说明

- [0029] 图1是表示电动助力转向装置的概要的结构图。
- [0030] 图2是表示电动助力转向装置的控制系统的结构例的结构框图。
- [0031] 图3是表示PWM控制单元及逆变器的结构例的接线框图。
- [0032] 图4是表示电流检测系统的结构例的接线框图。
- [0033] 图5是表示本发明的结构例的接线框图。
- [0034] 图6是表示本发明的MCU的结构例的结构框图。
- [0035] 图7是表示本发明的动作例的流程图。
- [0036] 图8是表示本发明的动作例的时序图。

具体实施方式

[0037] 本发明是一种电动助力转向装置,其通过至少基于转向扭矩运算电流指令值,基于电流指令值通过逆变器来对3相电动机进行PWM控制同时检测出3相电动机的电流并反馈,来对转向系统进行辅助控制;其设有用于检测逆变器的下游3分路的3相电流的电流检测电路和具有共用信道并输入来自电流检测电路的3相电流检测信号的2个A/D转换单元;其具有3相电流检测信号中的某一个信号被输入到共用信道,剩下的2相的电流检测信号被分别输入到2个A/D转换单元的各另一个信道的电流检测系统。

[0038] 另外,本发明具备用于检测PWM控制的占空比最大相(高侧)的最大相检测单元和用于切换3相电流检测信号的对2个A/D转换单元的输入的切换单元,基于最大相检测单元的检测结果切换切换单元,将与占空比最大相以外的2相所对应的3相电流检测信号中的两个信号输入到2个A/D转换单元的各个A/D转换器并对2相同时进行采样。通过电流运算来运算另一相,输出3相的电动机电流检测信号并反馈。

[0039] 下面,参照附图来详细说明本发明的实施方式。

[0040] 对应于图3和图4的图5表示本发明的结构例。如图5所示,分路电阻RS1~RS3被连接到逆变器37的3相下游侧,电流检测电路被连接到这些分路电阻RS1~RS3。用于将因流过分路电阻RS1、RS2、RS3的各两端部的电流而下降的电压降换算为电流值并检测的运算放大器(差分放大器)OP1、OP2、OP3分别经过输入电阻R1、R2和R3、R4和R5、R6被连接。另外,反馈电阻R10、R12、R14被分别连接到运算放大器OP1、OP2、OP3,与电源(+2.5V)连接的平衡电阻(バランス抵抗)R7、R8、R9被分别连接到运算放大器OP1、OP2、OP3的输入端子。由运算放大器OP1、OP2、OP3和连接电阻(接続抵抗)的运算动作来检测出流过分路电阻RS1、RS2、RS3的电流。

[0041] 由电阻R11和电容器C1、电阻R13和电容器C2、电阻R15和电容器C3构成的LPF(低通滤波器)被分别配设各个电流检测电路的输出单元,从各个电流检测电路输出的电流检测信号Iua、Iva、Iwa经过各个LPF被输入到MCU100中。去除了噪声的电流检测信号Iua、Iva、Iwa被输入到MCU100中。MCU100内设有两个A/D转换单元110和120,A/D转换单元110和120具有用于输入电流检测信号Iva的共用信道(共用ch),并且,用于输入电流检测信号Iua的信道1(ch1)被连接到A/D转换单元110,用于输入电流检测信号Iwa的信道2(ch2)被连接到A/D转换单元120。

[0042] 检测出占空比的最大相并输出切换信号 SW_x 和 SW_w 的最大相检测单元130被连接到MCU100,MCU100输出检测出的3相的电动机电流检测值 I_u 、 I_v 、 I_w 。由占空比运算单元36A运算出的各相占空比被输入到最大相检测单元130。

[0043] MCU100的详细结构如图6所示,A/D转换单元110由切换单元111和A/D转换器112构成,A/D转换单元120由切换单元121和A/D转换器122构成。基于来自最大相检测单元130的切换信号 SW_x 和 SW_w 来分别切换切换单元111和121,A/D转换器112和122的被采样后的电动机电流检测值被输入到电流运算单元101,基于3相信号的总计值为零,运算出另一相的电动机电流检测值并输出。因此,MCU100输出3相的电动机电流检测值 I_u 、 I_v 、 I_w 。

[0044] 在这样的结构中,参照图7的流程图来说明其动作例。

[0045] 首先,基于转向扭矩和车速运算电流指令值(步骤S1),如前所述,运算用于PWM控制的占空比(步骤S2),逆变器37驱动电动机20(步骤S3)。由于基于逆变器37的电动机20的驱动,所以电流流过被连接到逆变器37的下游侧的分路电阻 $RS1 \sim RS3$,因此,各相电流检测电路检测出电流检测信号 I_{ua} 、 I_{va} 、 I_{wa} 并将其输入到MCU100(步骤S4)。

[0046] 最大相检测单元130基于由占空比运算单元36A运算出的各相占空比检测出高侧FET的占空比的最大相(步骤S5),输出用于将切换单元111和121切换到占空比最大相以外的2相的切换信号 SW_x 和 SW_w (步骤S6)。因为高侧FET的占空比最大相变为低侧FET的导通时间最小的相,所以检测出占空比最大相,并对占空比最大相以外的2相进行同时采样(步骤S7)。

[0047] 也就是说,当U相为占空比最大的相的时候,因为对U相以外的V相和W相同时进行采样,所以最大相检测单元130根据切换信号 SW_x 和 SW_w ,将切换单元111的接点作为111b并将V相电流检测信号 I_{va} 输入到A/D转换器112,将切换单元121的接点作为121a并将W相电流检测信号 I_{wa} 输入到A/D转换器122。另外,当V相为占空比最大的相的时候,因为对V相以外的U相和W相同时进行采样,所以最大相检测单元130根据切换信号 SW_x 和 SW_w ,将切换单元111的接点作为111a并将U相电流检测信号 I_{ua} 输入到A/D转换器112,将切换单元121的接点作为121a并将W相电流检测信号 I_{wa} 输入到A/D转换器122。还有,当W相为占空比最大的相的时候,因为对W相以外的U相和V相同时进行采样,所以最大相检测单元130根据切换信号 SW_x 和 SW_w ,将切换单元111的接点作为111a并将U相电流检测信号 I_{ua} 输入到A/D转换器112,将切换单元121的接点作为121b并将V相电流检测信号 I_{va} 输入到A/D转换器122。

[0048] 以此方式,将占空比最大相以外的2相的电流检测信号输入到两个A/D转换器112和122中并对其进行A/D转换(步骤S7),获得2相的电动机电流检测值,然后,电流运算单元101基于2相的电动机电流检测值运算剩下的1相的电流(步骤S8),MCU100输出3相的电动机电流检测值 I_u 、 I_v 、 I_w (步骤S9)。重复上述动作直到结束的判定为止(步骤S10)。

[0049] 图8表示电流检测的采样的示例,显示了与如图8(A)所示的PWM载波进行同步,在时刻 t_1 对作为高侧FET的占空比的最大相的U相以外的2相的V相及W相进行采样,获得V相和W相的电动机电流检测值,在稍微延迟的时刻 t_2 基于V相和W相的电动机电流检测值运算占空比最大的U相的电动机电流检测值的样子。图8(B)和(C)表示逆变器的高侧和低侧的各个FET的导通/断开状态(ON/OFF状态),电平(レベル)低侧为断开(OFF),电平高侧为导通(ON)。

[0050] 如上所述,在下游3分路的电流检测方式中,在低侧FET导通的定时,通过进行同时

采样来检测出高侧FET变为占空比最大相的相以外的2相的电流。

[0051] 此外,A/D转换器和切换单元在物理上也是可以分离的,只要具有两个A/D转换功能及切换功能,也可以是一体型。

[0052] 附图标记说明

[0053]	1	转向盘(方向盘)
[0054]	2	柱轴(转向轴或方向盘轴)
[0055]	10	扭矩传感器
[0056]	12	车速传感器
[0057]	14	舵角传感器
[0058]	20	电动机
[0059]	30	控制单元(ECU)
[0060]	31	电流指令值运算单元
[0061]	33	电流限制单元
[0062]	34	补偿信号生成单元
[0063]	35	PI控制单元
[0064]	36	PWM控制单元
[0065]	37	逆变器
[0066]	50	CAN
[0067]	100	MCU
[0068]	101	电流运算单元
[0069]	110、120	A/D转换单元
[0070]	112、122	A/D转换器
[0071]	111、121	切换单元
[0072]	130	最大相检测单元

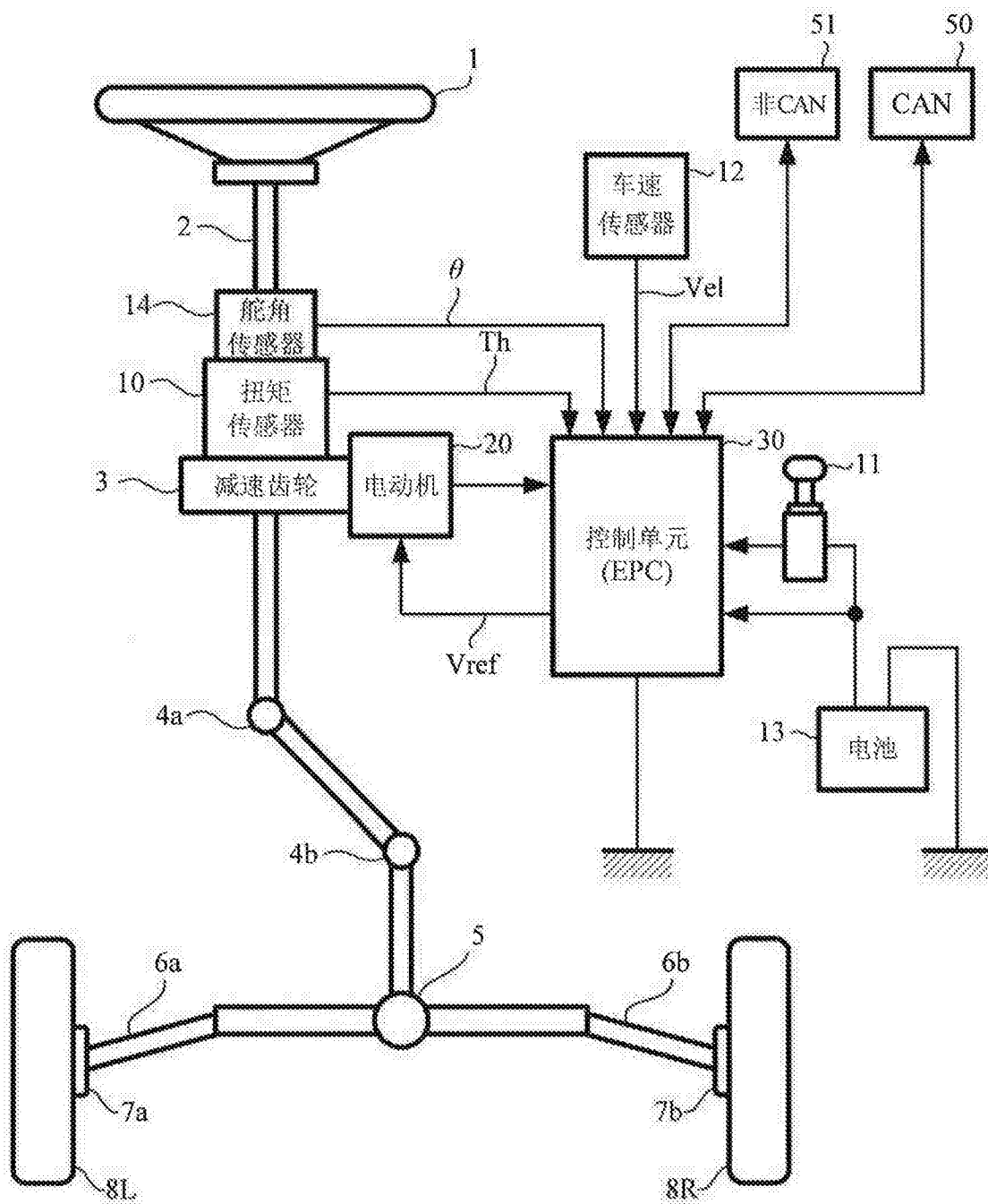


图1

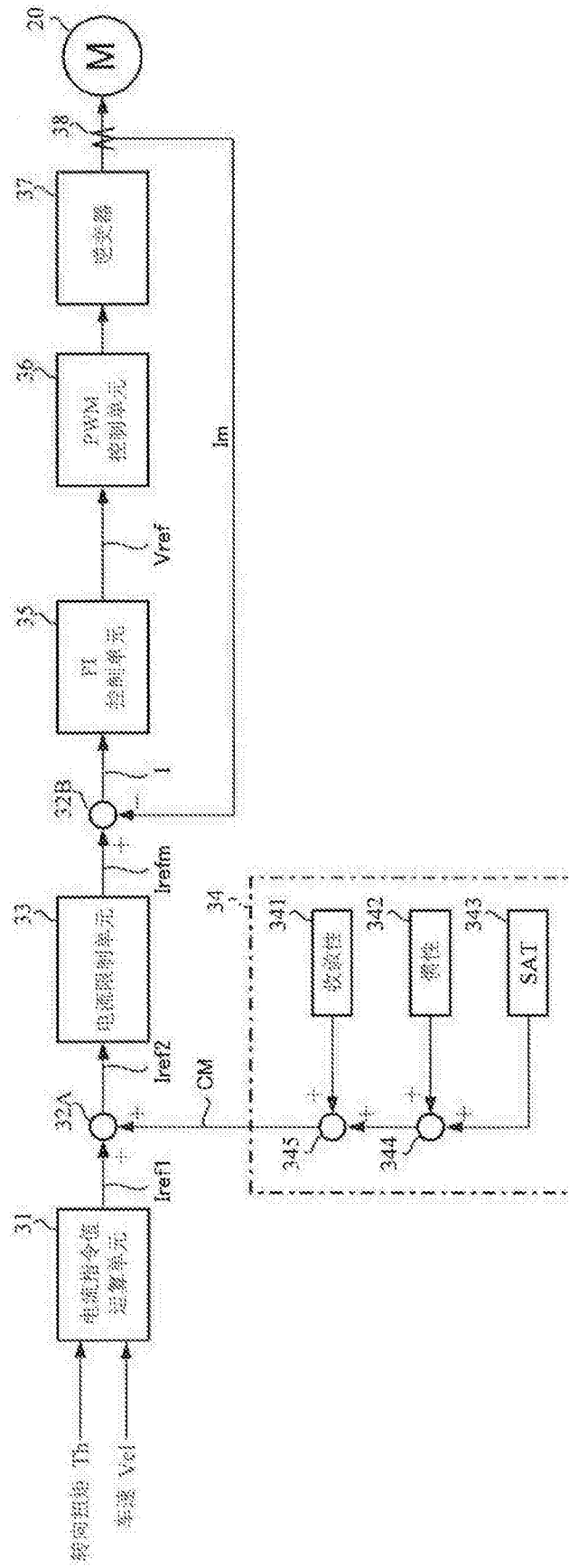


图2

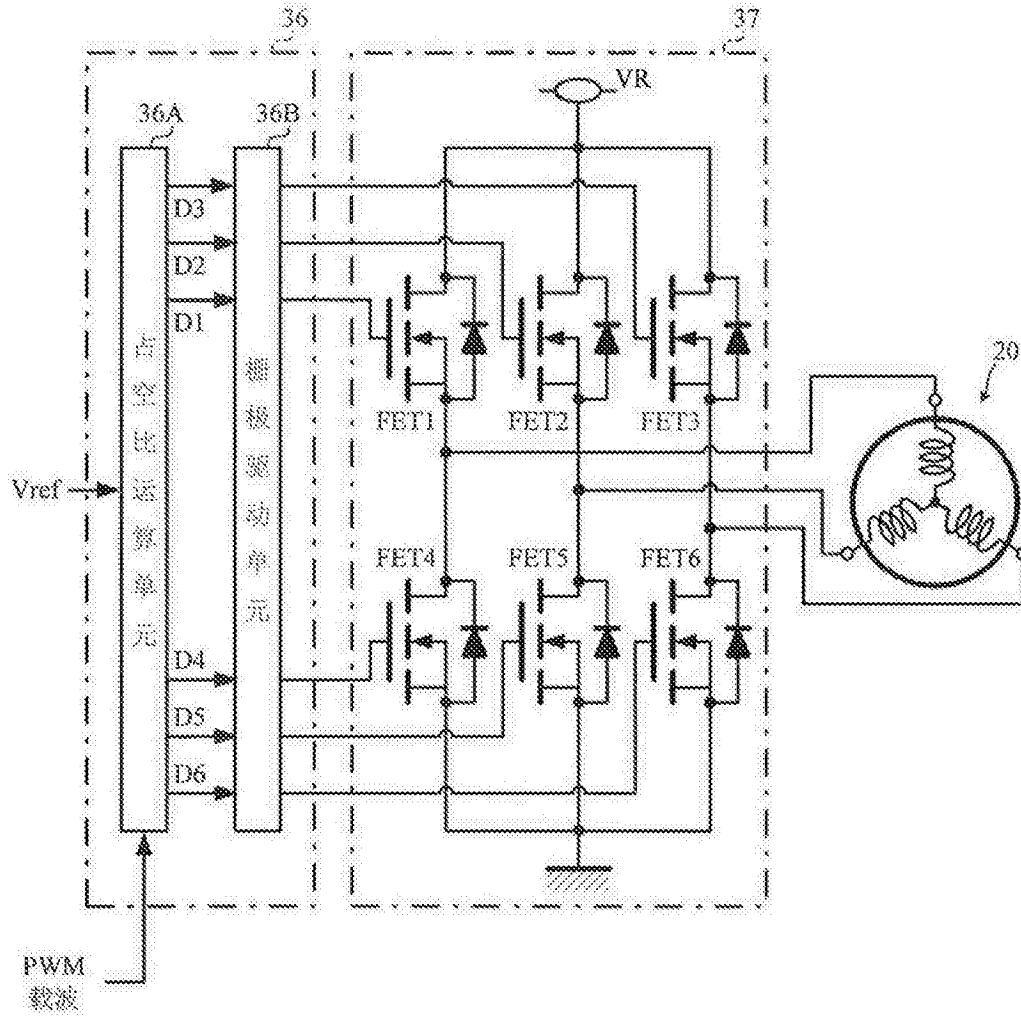


图3

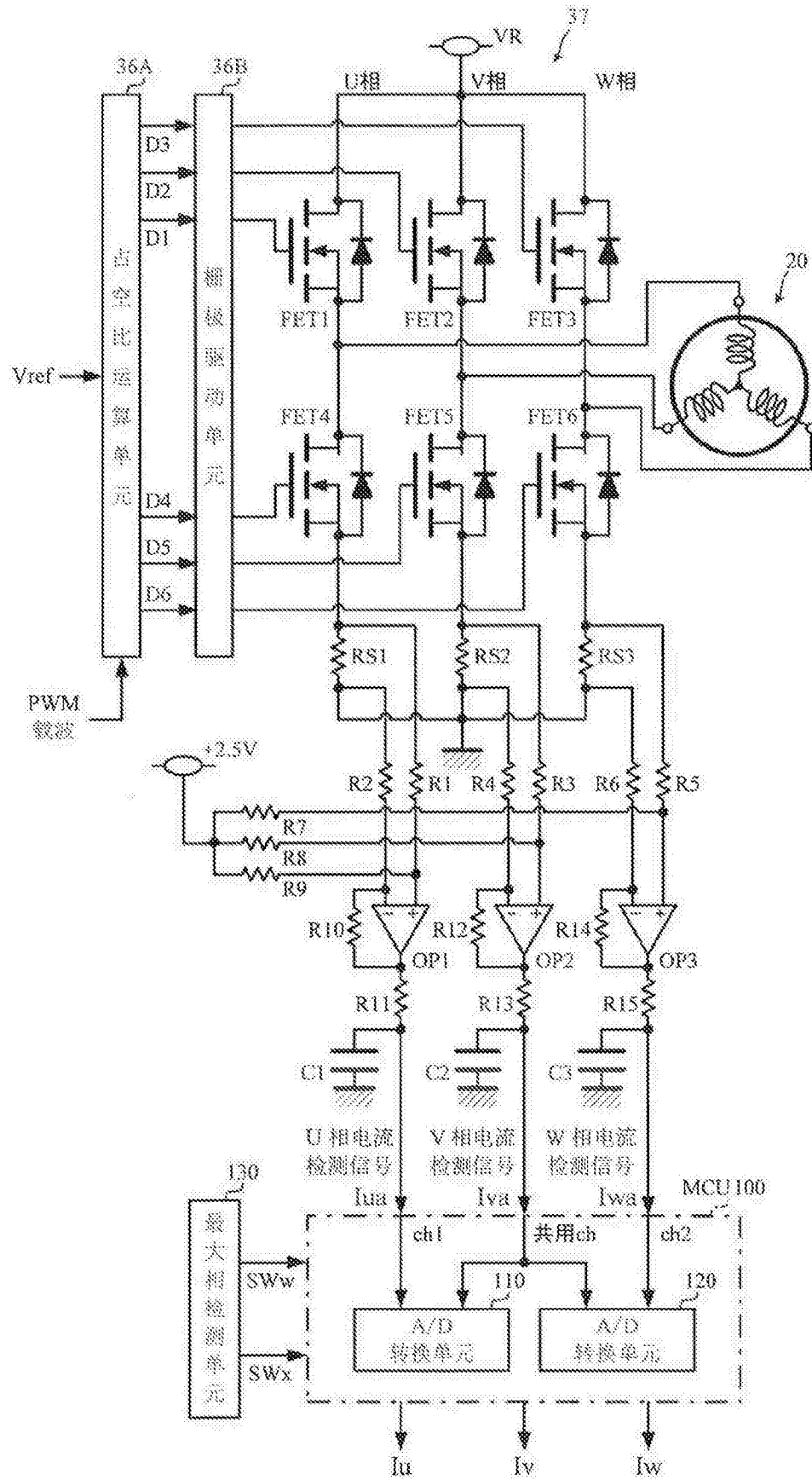


图5

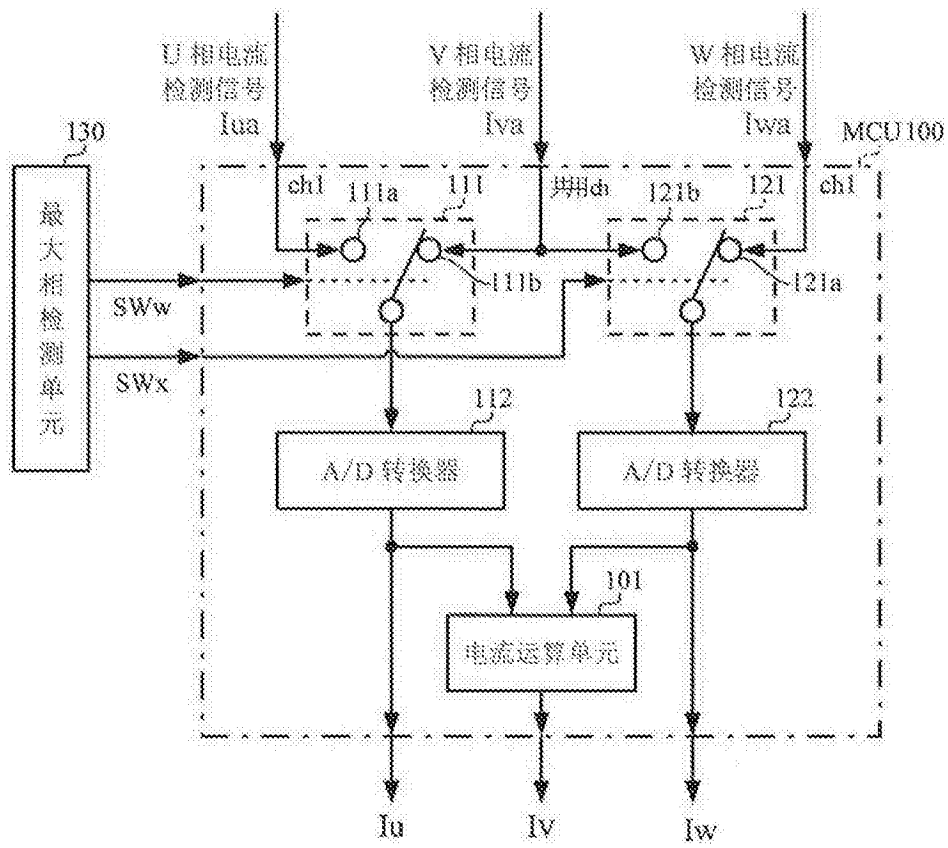


图6

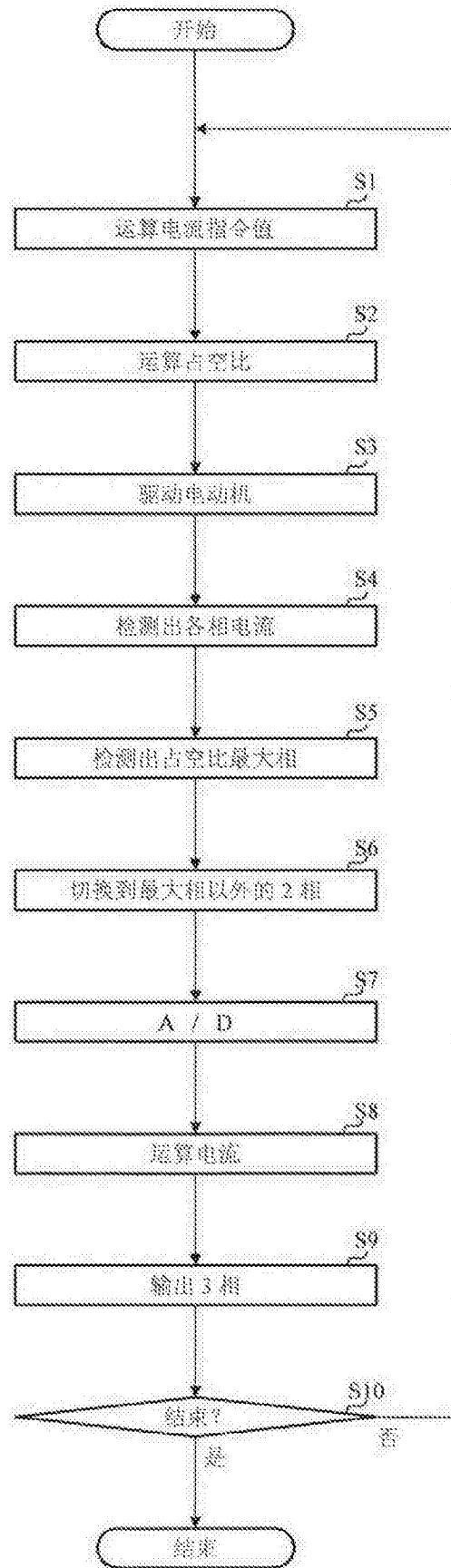


图7

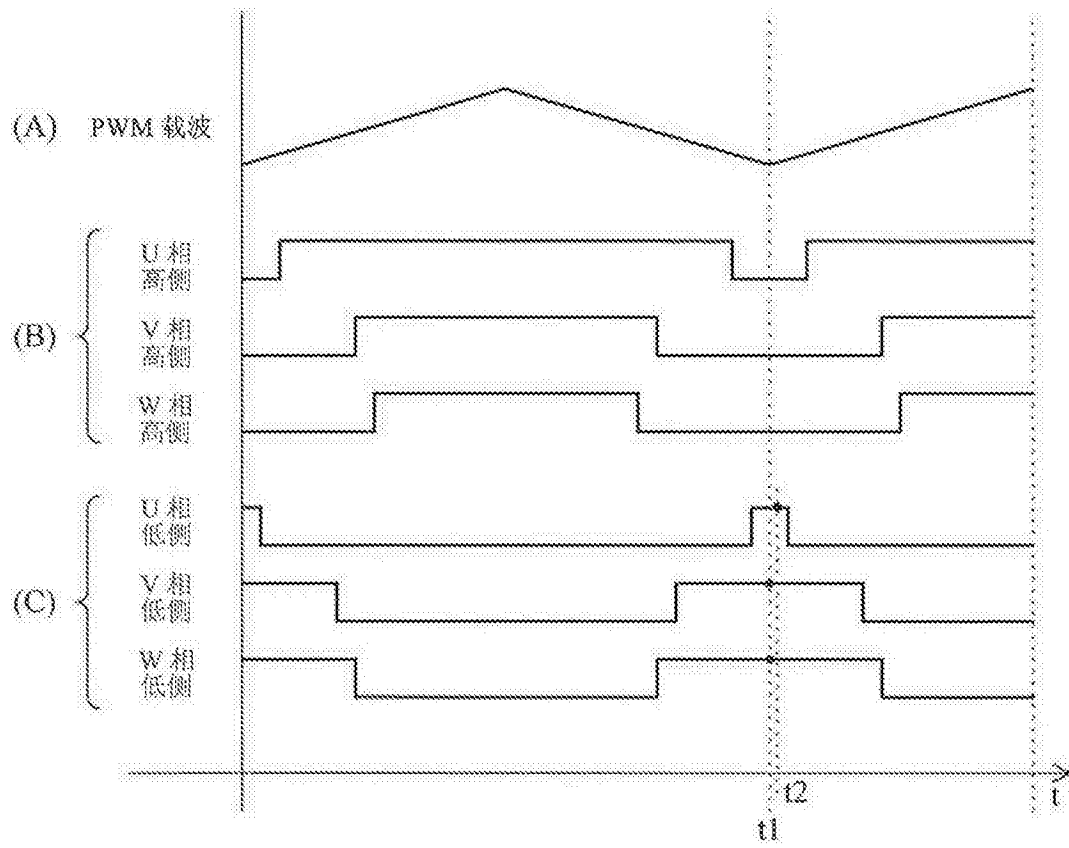


图8