



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117242694 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 15

(21) 申请号 202280029224.8

(22) 申请日 2022.02.15

(30) 优先权数据

2021-072462 2021.04.22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/005905 2022.02.15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/224559 JA 2022.10.27

(71) 申请人 日立安斯泰莫株式会社

地址 日本茨城县

(72) 发明人 佐藤泰亮 铃木圭介 星野胜洋

关口秀树

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司

公司 31300

专利代理师 肖华

(51) Int.Cl.

H02P 21/05 (2006.01)

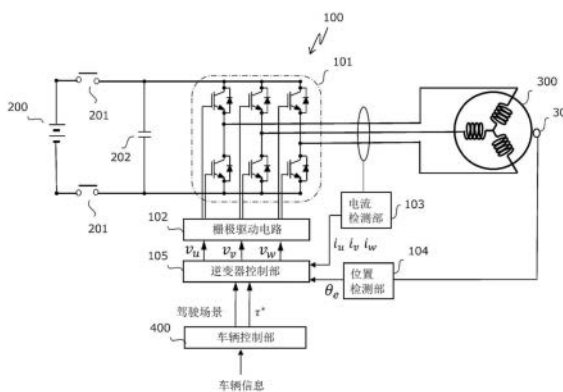
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

## (54) 发明名称

电动机控制装置及电动机控制方法

## (57) 摘要

本发明的电动机控制装置包括：逆变器，其向搭载在车辆上的电动机供给交流电流；电流检测部，其检测所述交流电流；位置检测部，其检测所述电动机的转子相位角；以及逆变器控制部，其基于由所述电流检测部检测出的电流值和由所述位置检测部检测出的所述转子相位角来控制所述逆变器，所述逆变器控制部根据所述车辆的振动的发生时期，变更所述电动机的电流相位角，使所述交流电流的合成电流波形的周期不规则。



1. 一种电动机控制装置,其特征在于,具有:  
逆变器,其向搭载在车辆上的电动机供给交流电流;  
电流检测部,其检测所述交流电流;  
位置检测部,其检测所述电动机的转子相位角;以及  
逆变器控制部,其基于由所述电流检测部检测出的电流值和由所述位置检测部检测出的所述转子相位角来控制所述逆变器,  
所述逆变器控制部根据所述车辆的振动的发生时期,变更所述电动机的电流相位角,使所述交流电流的合成电流波形的周期不规则。
2. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述电动机是三相电动机,  
所述交流电流是三相交流电流。
3. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部通过在所述交流电流的电流控制循环中使所述电流相位角超前或滞后来变更所述电流相位角。
4. 根据权利要求3所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部生成即使变更所述电流相位角也与所述电流相位角变更前的所述电动机的转矩相等的电流指令值。
5. 根据权利要求3所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部根据所述电流相位角及所述转子相位角求出所述电流相位角的变更值。
6. 根据权利要求5所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部在所述交流电流的所述过零附近使所述电流相位角的变更为最大。
7. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部根据所述电动机的转子相位角速度判定所述发生时期。
8. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部根据所述电动机的转速或所述电动机的转矩判定所述发生时期。
9. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其特征在于,  
所述逆变器控制部根据所述车辆的驾驶场景判定所述发生时期。
10. 一种电动机控制装置中的电动机控制方法,所述电动机控制装置具备:逆变器,其向搭载在车辆上的电动机供给交流电流;电流检测部,其检测所述交流电流;位置检测部,其检测所述电动机的转子相位角;以及逆变器控制部,其基于由所述电流检测部检测出的电流值和由所述位置检测部检测出的所述转子相位角来控制所述逆变器,所述电动机控制方法的特征在于,  
根据所述车辆的振动的发生时期,变更所述电动机的电流相位角,使所述交流电流的合成电流波形的周期不规则。

## 电动机控制装置及电动机控制方法

[0001] 本发明涉及电动机控制装置及电动机控制方法。

### 背景技术

[0002] 即使电动机以一定的转矩指令值驱动,也会因依赖于电动机硬件的参数的偏差或变动而产生转矩脉动。在将电动机搭载在车辆上的情况下,如果在连结电动机、齿轮、驱动轴、轮胎的传动线上存在与电动机的转矩脉动的共振点,则即使是微小的转矩脉动也被放大,车辆振动,乘坐舒适性恶化。

[0003] 在专利文献1中公开了一种控制装置,该控制装置在旋转电动机以规定的转矩、规定的转速驱动时,使电流值恒定,通过使正弦波电流的电流相位周期性地变化来降低转矩脉动。

现有技术文献

专利文献

[0004] 专利文献1:国际公开W02018/002731号

### 发明内容

发明要解决的问题

[0005] 专利文献1中记载的控制装置与车辆的振动的发生时期无关地控制电动机,不能降低对车辆的振动的的影响。

解决问题的技术手段

[0006] 本发明的电动机控制装置具有:逆变器,其向搭载在车辆上的电动机供给交流电流;电流检测部,其检测所述交流电流;位置检测部,其检测所述电动机的转子相位角;以及逆变器控制部,其基于由所述电流检测部检测出的电流值和由所述位置检测部检测出的所述转子相位角来控制所述逆变器,所述逆变器控制部根据所述车辆的振动的发生时期,变更所述电动机的电流相位角,使所述交流电流的合成电流波形的周期不规则。

本发明的电动机控制方法是电动机控制装置中的电动机控制方法,所述电动机控制装置具备:逆变器,其向搭载在车辆上的电动机供给交流电流;电流检测部,其检测所述交流电流;位置检测部,其检测所述电动机的转子相位角;以及逆变器控制部,其基于由所述电流检测部检测出的电流值和由所述位置检测部检测出的所述转子相位角来控制所述逆变器,所述电动机控制方法的特征在于,根据所述车辆的振动的发生时期,变更所述电动机的电流相位角,使所述交流电流的合成电流波形的周期不规则。

发明的效果

[0007] 根据本发明,通过与车辆的振动的发生时期对应的电动机控制,能够降低对车辆的振动的的影响。

### 附图说明

[0008] 图1是包括电动机控制装置的系统构成图。

图2是逆变器控制部的详细方框构成图。

图3是电流矢量图。

图4是表示变更映射图的图表。

图5的(A) (B) (C)是表示应用映射图的图表。

图6的(A) (B) (C)是表示电流相位角、合成电流波形、转子相位角速度的图表。

图7是表示电动机转矩的频率分量的分析结果的图表。

## 具体实施方式

[0009] 图1是包括电动机控制装置100的系统构成图。

二次电池200经由接触器201与电动机控制装置100连接,供给直流电力。在供给的直流电力的正极侧和负极侧之间连接有平滑用的电容器202。从电动机控制装置100输出的三相交流电流被供给电动机300而驱动电动机300。电动机300以三相电动机为例进行说明。

[0010] 电动机控制装置100、二次电池200、电动机300搭载于混合动力汽车或电动汽车等车辆,驱动车辆。

电动机控制装置100具备逆变器101、栅极驱动电路102、电流检测部103、位置检测部104、逆变器控制部105。

[0011] 逆变器101由三相的上下臂电路进行构成。各臂电路具备开关用的功率半导体元件和二极管。功率半导体元件根据从栅极驱动电路102输出的驱动信号进行开关动作。通过功率半导体元件的开关动作,逆变器101基于从二次电池200供给的直流电力输出三相交流电流。

[0012] 电流检测部103检测从逆变器101向电动机300输出的三相交流电流,将各相的电流值 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 向逆变器控制部105输出。

位置检测部104通过分解器301等检测电动机300的旋转位置,将转子相位角 $\theta_e$ 输出到逆变器控制部105。

[0013] 逆变器控制部105根据由电流检测部103检测出的电流值 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 和由位置检测部104检测出的转子相位角 $\theta_e$ ,计算各相的电压指令 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ ,控制逆变器101。详细情况如后所述,逆变器控制部105根据车辆的振动的发生时期,在三相交流电流的过零附近变更电动机300的电流相位角,使三相交流电流的合成电流波形的周期不规则,降低对车辆振动的影响。

[0014] 车辆控制部400基于车辆信息、例如车辆的加速度传感器值、车辆速度、油门踏板的开度、电动机300的旋转速度等,判别车辆的驾驶场景。驾驶场景是产生振动或噪音的驾驶场景,例如是车辆刚起步后、车辆即将停止前、在上坡行驶时等。判别出的驾驶场景向逆变器控制部105输出。另外,车辆控制部400根据车辆信息,向逆变器控制部105输出用于驱动电动机300的转矩指令 $\tau^*$ 。

[0015] 另外,逆变器控制部105、车辆控制部400也可以由具备CPU、存储器等的计算机构成。在这种情况下,计算机通过执行存储在存储器等中的程序来执行处理。另外,也可以通过硬逻辑电路实现全部的处理或一部分的处理。此外,程序可以预先存储在存储介质中来提供。或者,也可以通过网络线路提供程序。可以提供数据信号(载波)等各种形式的计算机可读计算机程序产品。

[0016] 图2是逆变器控制部105的详细方框构成图。

逆变器控制部105具备电流变换部10、d轴变换部11、q轴变换部12、角速度运算部13、dq坐标变换部14、UVW坐标变换部15、变更映射图16、应用映射图17、乘法器18、加法器19。

[0017] 电流变换部10使用以下的式(1)、式(2)、式(3),将输入的转矩指令 $\tau^*$ 和电流相位角最终值 $\alpha^*$ 变换为d轴电流指令值 $i_d^*$ 、q轴电流指令值 $i_q^*$ 。

[数式1]

$$I = \frac{-\frac{\varphi_a}{L_d - L_q} \pm \sqrt{\left(\frac{\varphi_a}{L_d - L_q}\right)^2 - 4 \cos \alpha^* \cdot \sin \alpha^* \left(-\frac{\tau^*}{P_n(L_d - L_q)}\right)}}{2 \cos \alpha^* \cdot \sin \alpha^*} \quad \dots (1)$$

[数式2]

$$i_q^* = I \cos \alpha^* \quad \dots (2)$$

[数式3]

$$i_d^* = I \sin \alpha^* \quad \dots (3)$$

[0018] 这里,  $\varphi_a$ 是交链磁通数,  $P_n$ 是极对数,  $L_d$ 是d轴电感,  $L_q$ 是q轴电感。另外,在不适用后述的变更映射图16的情况下,电流相位角最终值 $\alpha^*$ 是根据来自分解器301的信息计算出的电动机300的电流相位角 $\alpha_1^*$ 。该电流相位角 $\alpha_1^*$ 被设定为考虑到减弱磁场而成为有效的d轴电流指令值 $i_d^*$ 、q轴电流指令值 $i_q^*$ 的电流相位角。

[0019] d轴变换部11根据由角速度运算部13求出的转子相位角速度 $\omega_e$ 和由UVW坐标变换部15求出的d轴电流值 $i_d$ ,将d轴电流指令值 $i_d^*$ 变换为d轴电压指令值 $vd^*$ ,向dq坐标变换部14输出。

q轴变换部12根据由角速度运算部13求出的转子相位角速度 $\omega_e$ 和由UVW坐标变换部15求出的q轴电流值 $i_q$ ,将q轴电流指令值 $i_q^*$ 变换为q轴电压指令值 $vq^*$ ,向dq坐标变换部14输出。

[0020] dq坐标变换部14将d轴电压指令值 $vd^*$ 和q轴电压指令值 $vq^*$ 变换为UVW相的3相的电压指令 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ 。

UVW坐标变换部15将UVW相的3相的电流值 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 变换为d轴电流值 $i_d$ 和q轴电流值 $i_q$ 。

[0021] 变更映射图16是用于在三相交流电流的过零附近变更电动机的电流相位角的映射图,其详细情况将在后面叙述。输入电流相位角 $\alpha_1^*$ 和转子相位角 $\theta_e$ ,输出电流相位变更值 $\alpha_2^*$ 。

[0022] 应用映射图17被输入转子相位角速度 $\omega_e$ 、驾驶场景、转矩指令 $\tau^*$ ,根据被输入的这些信息,判定车辆的振动的发生时期,输出表示应用的程度的增益 $G$ ,其详细情况在后面叙述。

[0023] 乘法器18根据来自应用映射图17的增益 $G$ ,将来自变更映射图16的电流相位变更值 $\alpha_2^*$ 相乘。该乘法运算结果在加法器19中与电流相位角 $\alpha_1^*$ 相加,成为电流相位角最终值 $\alpha^*$ 。

[0024] 逆变器控制部105在根据应用映射图17应用了变更映射图16的情况下,不变更转矩指令 $\tau^*$ ,而根据车辆的振动的发生时期,在三相交流电流的过零附近变更电动机300的电

流相位角 $\alpha_1^*$ ,使三相交流电流的合成电流波形的周期不规则。由此,减少电动机300的转矩脉动对车辆的振动的影晌。

[0025] 图3是电流矢量图。

如图3所示,水平方向是 $\alpha$ 轴,垂直方向是 $\beta$ 轴。从 $\alpha$ 轴偏离转子相位角 $\theta_e$ 的位置是d轴,从d轴偏离90度的位置是q轴。

[0026] 用d轴上的d轴电流指令值 $i_d^*$ 和q轴上的q轴电流指令值 $i_q^*$ 的合成矢量表示电动机300的转矩 $\tau$ 。在本实施方式中,变更电流相位角 $\alpha_1^*$ ,但该变更在最小值 $\alpha_{ph1}^*$ 和最大值 $\alpha_{ph2}^*$ 之间变更。在该变更中,电动机300的转矩 $\tau$ 保持在该转矩 $\tau$ 恒定的等转矩曲线T上。换言之,逆变器控制部105生成即使变更电流相位角也与电流相位角变更前的电动机300的转矩 $\tau$ 相等的电流指令值 $i_d^*$ 、 $i_q^*$ 。另外,如果增大电流相位角 $\alpha_1^*$ 的最小值 $\alpha_{ph1}^*$ 和最大值 $\alpha_{ph2}^*$ ,则虽然与振动抑制有关,但由于能量损失增大,所以例如约 $15^\circ$ 左右是适当的。并且,电流相位角 $\alpha_1^*$ 的变更以在三相交流电流的过零附近为最大的方式进行。图3表示转子相位角 $\theta_e$ +电流相位角 $\alpha_1^*$ 为 $5\pi/6$ 的情况。

[0027] 图4是表示变更映射图16的图表。横轴表示输入侧(转子相位角 $\theta_e$ +电流相位角 $\alpha_1^*$ ),纵轴表示输出侧(电流相位变更值 $\alpha_2^*$ )。在向输入侧输入了转子相位角 $\theta_e$ +电流相位角 $\alpha_1^*$ 的情况下,输出图表所示的对应的电流相位变更值 $\alpha_2^*$ 。

[0028] 在图4的横轴上用虚线表示三相交流电流的电角度为1个周期的电流控制循环 $I_c$ 。电流控制循环 $I_c$ 具有 $\pi/6$ 、 $\pi/2$ 、 $5\pi/6$ 、 $7\pi/6$ 、 $3\pi/2$ 、 $11\pi/6$ 作为三相交流电流的过零点。在过零点的 $\pi/6$ 、 $5\pi/6$ 、 $3\pi/2$ ,电流相位角超前成为最大值 $\alpha_{ph2}^*$ ,在过零点 $\pi/2$ 、 $7\pi/6$ 、 $11\pi/6$ ,电流相位延迟成为最小值 $\alpha_{ph1}^*$ 。通过参照变更映射图16,在三相交流电流的过零附近,能够得到用于在最小值 $\alpha_{ph1}^*$ 和最大值 $\alpha_{ph2}^*$ 的范围内变更电流相位角的电流相位变更值 $\alpha_2^*$ 。根据车辆的振动的发生时期,使用电流相位变更值 $\alpha_2^*$ 使电流相位角超前或滞后地错开,由此抑制电角6次的电流(转矩)脉动,使其扩散为其他分量,降低对车辆的振动的影晌。

[0029] 图5的(A)、图5的(B)、图5的(C)是表示应用映射图17的图表。在横轴的输入侧输入各种信息,根据输入的信息输出纵轴所示的增益G。

图5的(A)中,横轴表示输入侧(转子相位角速度 $\omega_e$ ),纵轴表示输出侧(增益G)。图5的(A)是一例,在转子相位角速度 $\omega_e$ 为 $\omega_{e1}$ 时,增益G为1,在转子相位角速度 $\omega_e$ 为 $\omega_{e2}$ 时,增益G为0.5。电动机300的转子相位角速度 $\omega_e$ 与车辆的振动的关系在该车辆中通过实验等预先求出,并设定为应用映射图17。特别是,在将电动机300搭载于车辆的情况下,如果在连结电动机、齿轮、驱动轴、轮胎的传动线上存在与电动机300的转矩脉动的共振点,则将与该共振点对应的转子相位角速度 $\omega_e$ 设定为 $\omega_{e1}$ 作为车辆的共振频率区域。 $\omega_{e2}$ 例如在产生了依赖于车辆的行驶速度而产生的声音的共振频率的情况下设定。

[0030] 图5的(B)中,横轴表示输入侧(转矩指令 $\tau^*$ ),纵轴表示输出侧(增益G)。图5的(B)表示转矩指令 $\tau^*$ 为 $\tau_1$ 时增加增益G的例子。在根据转矩指令 $\tau^*$ 确定车辆的振动和转矩脉动的共振点的情况下进行设定。另外,也可以采用使用了转矩指令 $\tau^*$ 和电动机300的转速的二维映射来代替转矩指令 $\tau^*$ 。另外,也可以在应用映射17中设定电动机300的转速与增益G的关系。

[0031] 图5的(C)中,横轴表示输入侧(驾驶场景),纵轴表示输出侧(增益G)。图5的(C)表示驾驶场景在车辆刚起步后S1使增益G增加的例子。另外,作为驾驶场景,也可以是车辆即

将停止之前、在上坡行驶时等产生振动或噪音的场景。

[0032] 在图5的(A)、图5的(B)、图5的(C)中,以通过实验等预先确定的例子说明了应用映射图17,但也可以在车辆行驶时检测车辆的振动,在其共振周点附近使增益G增加。另外,也可以组合转子相位角速度 $\omega_e$ 、转矩指令 $\tau$ 、电动机300的转速、驾驶场景的两个以上来设定应用映射图17,也可以不采用应用映射图17,而在组合两个以上并满足规定条件的情况下,使增益G增加。另外,在以通常的控制使电动机300动作的情况下,只要选择增益G为零的应用映射图17即可。

[0033] 图6的(A)、图6的(B)、图6的(C)是表示电流相位角、合成电流波形、转子相位角速度的图表。

图6的(A)表示电流相位角 $\alpha_1^*$ 和通过应用映射图17应用变更映射图16后的电流相位角最终值 $\alpha^*$ 。如实线所示的电流相位角最终值 $\alpha^*$ 的图表所示,电流相位角超前或滞后,电流相位角偏离虚线所示的电流相位角 $\alpha_1^*$ 。

[0034] 图6的(B)表示未应用变更映射图16的情况下的合成电流波形 $I_{1m}$ 和通过应用映射图17应用了变更映射图16的情况下的合成电流波形 $I_m$ 。合成电流波形 $I_{1m}$ 的周期是规则的,但是合成电流波形 $I_m$ 的周期是不规则的。该合成电流波形 $I_m$ 与施加在电动机300上的转矩相似,错开产生转矩脉动的周期。

[0035] 图6的(C)表示未应用变更映射图16的情况下的转子相位角速度 $\omega_{e1}$ 和通过应用映射图17应用了变更映射图16的情况下的转子相位角速度 $\omega_e$ 。转子相位角速度 $\omega_{e1}$ 与电动机300的旋转速度同步而恒定,但转子相位角速度 $\omega_e$ 暂时与电动机300的旋转速度不同步。

[0036] 图7是表示电动机300的转矩的频率分量的分析结果的图表。横轴是频率,纵轴是频率分量的强度。

表示未应用变更映射图16的情况下的频率分量 $F_{1m}$ 和通过应用映射图17应用了变更映射图16的情况下的频率分量 $F_m$ 。在电动机300以低速且高转矩被驱动的情况等下,在频率分量 $F_{1m}$ 下,电角6次分量的转矩脉动变大。在应用了本实施方式的情况下,能够不改变转矩指令 $\tau^*$ 而如频率分量 $F_m$ 所示那样抑制电角6次分量的转矩脉动。

[0037] 根据以上说明的实施方式,能够得到以下的作用效果。

(1) 电动机控制装置100包括:逆变器101,其向搭载在车辆上的电动机300供给交流电流;电流检测部103,其检测交流电流;位置检测部104,其检测电动机300的转子相位角;以及逆变器控制部105,其基于由电流检测部103检测出的电流值和由位置检测部104检测出的转子相位角来控制逆变器101,逆变器控制部105根据车辆的振动的发生时期,变更电动机300的电流相位角,使交流电流的合成电流波形的周期不规则。由此,通过与车辆的振动的发生时期对应的电动机控制,能够降低对车辆的振动的的影响。

[0038] (2) 电动机控制装置100的电动机控制方法,电动机控制装置100包括:逆变器101,其向搭载在车辆上的电动机300供给交流电流;电流检测部103,其检测交流电流;位置检测部104,其检测电动机300的转子相位角;以及逆变器控制部105,其基于由电流检测部103检测出的电流值和由位置检测部104检测出的转子相位角来控制逆变器101,该电动机控制方法根据车辆的振动的发生时期,变更电动机300的电流相位角,使交流电流的合成电流波形的周期不规则。由此,通过与车辆的振动的发生时期对应的电动机控制,能够降低对车辆的振动的的影响。

[0039] (变形例)

本发明可以将以上说明的实施方式进行如下变形来实施。

(1) 以电动机300是三相电动机、交流电流是三相交流电流的情况为例进行了说明,但这些不限于三相,也可以是多相。

[0040] (2) 以驱动搭载在车辆上的电动机300的情况为例进行了说明,但也可以适用于电动机300再生时。

[0041] 本发明不限于上述实施方式,只要不损害本发明的特征,在本发明的技术思想的范围内考虑的其他方式也包含在本发明的范围内。另外,也可以是组合了上述实施方式和多个变形例的构成。

符号说明

[0042] 10…电流变换部、11…d轴变换部、12…q轴变换部、13…角速度运算部、14…dq坐标变换部、15…UVW坐标变换部、16…变更映射、17…应用映射、18…乘法器、19…加法器、100…电动机控制装置、101…逆变器、102…栅极驱动电路、103…电流检测部、104…位置检测部、105…逆变器控制部、200…二次电池,201…接触器、202…平滑用的电容器、300…电动机、400…车辆控制部。

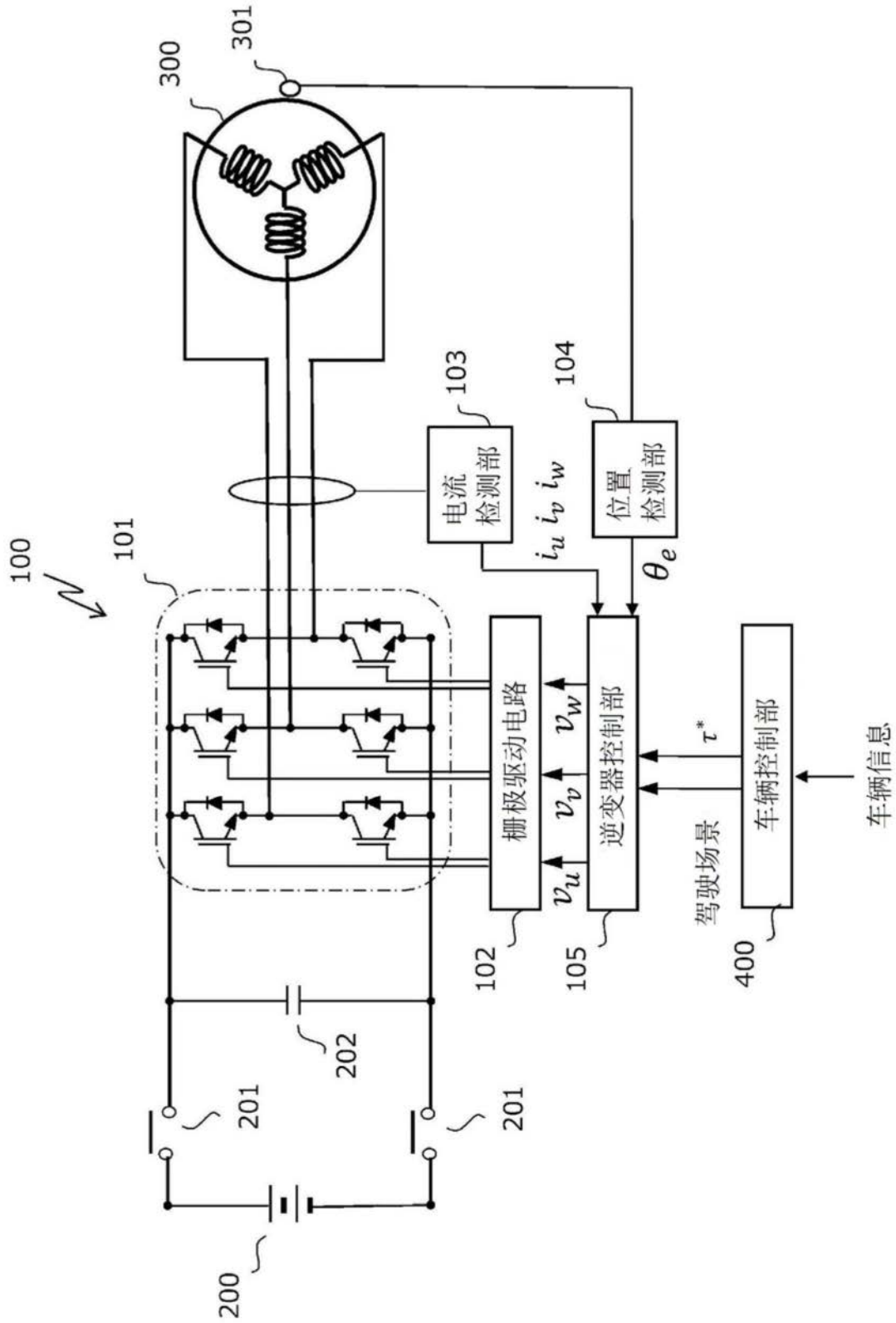


图1

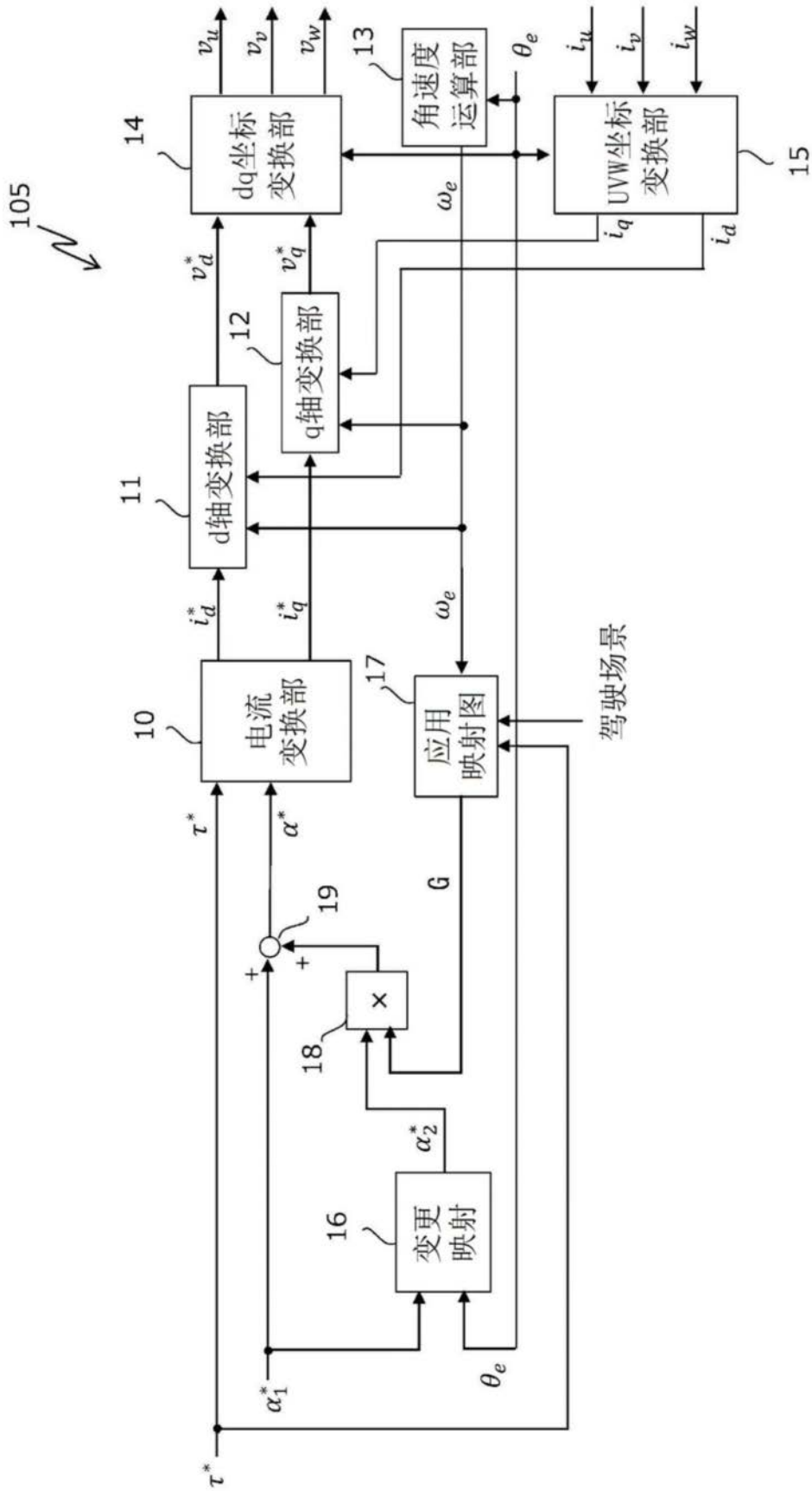


图2

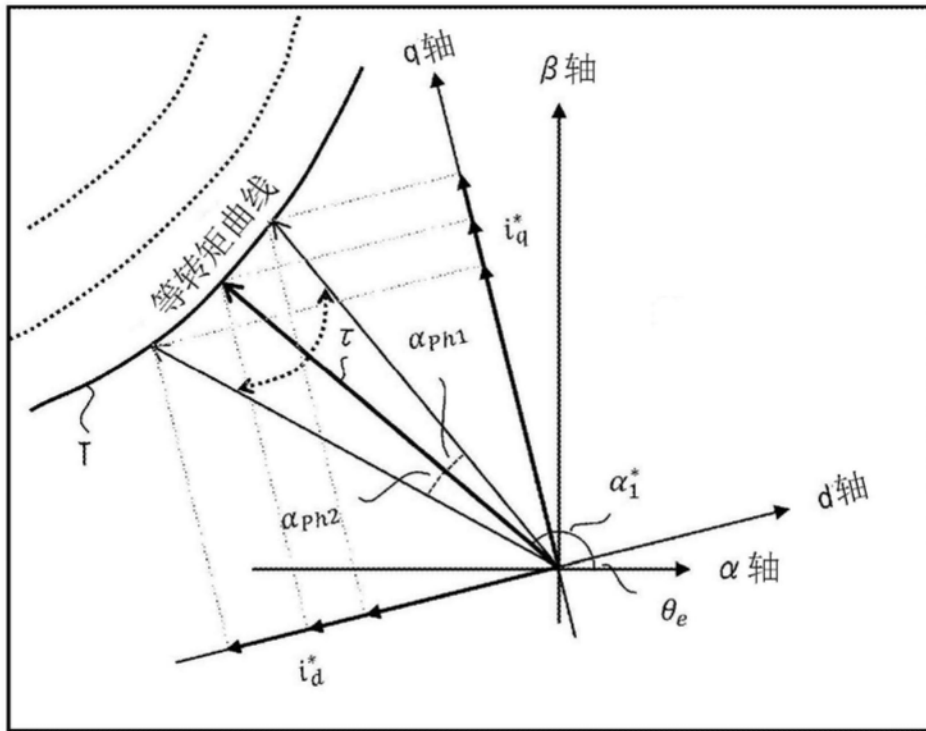


图3

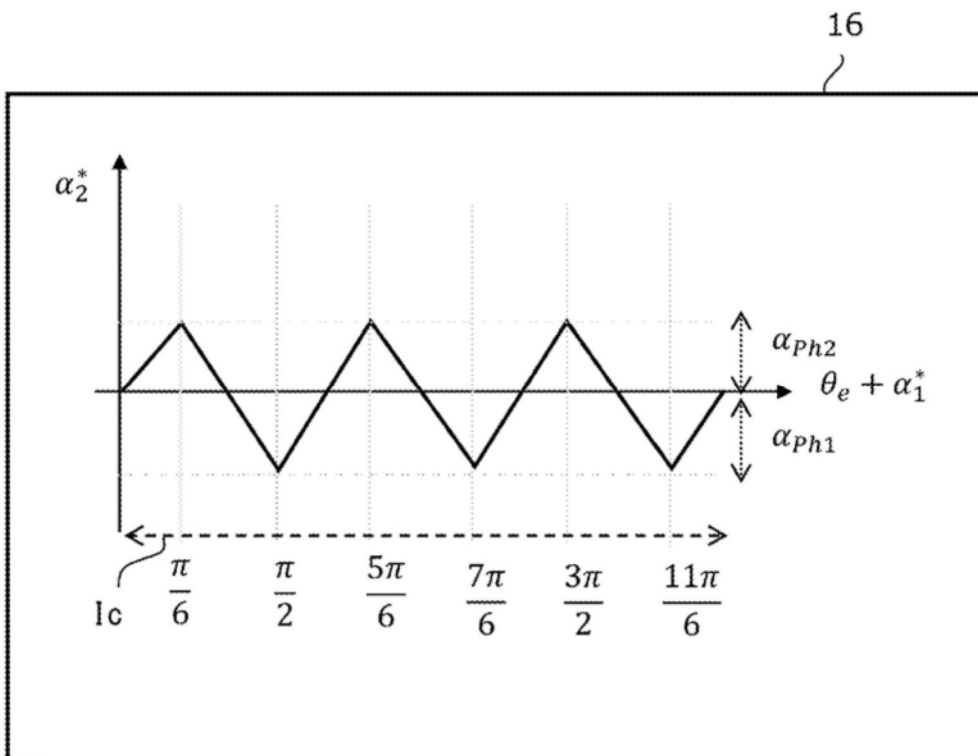


图4

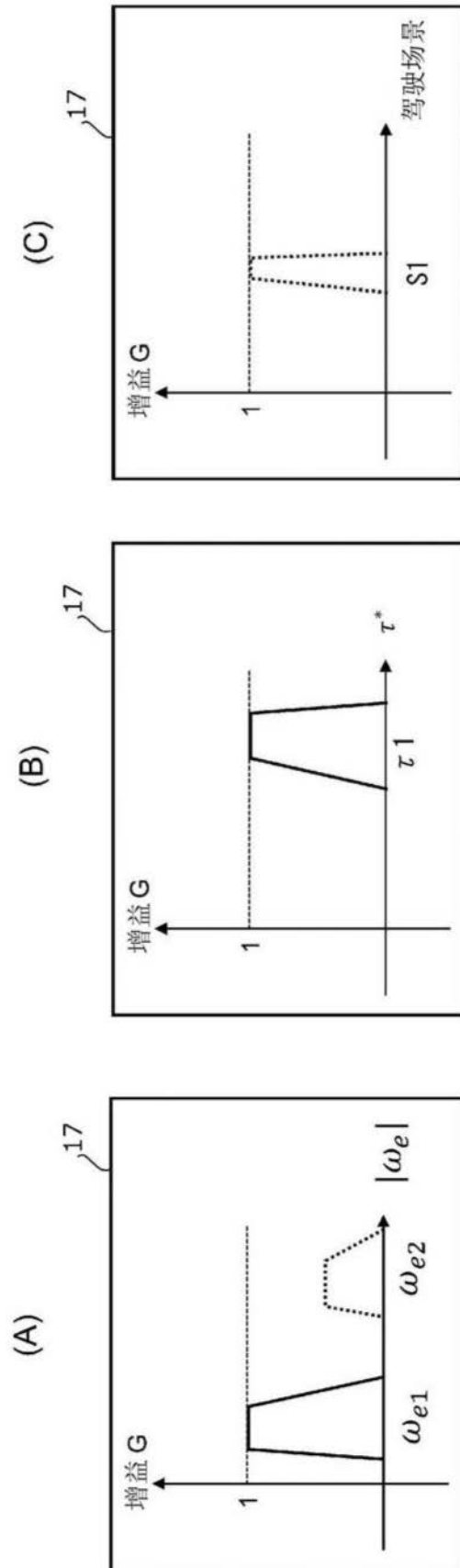


图5

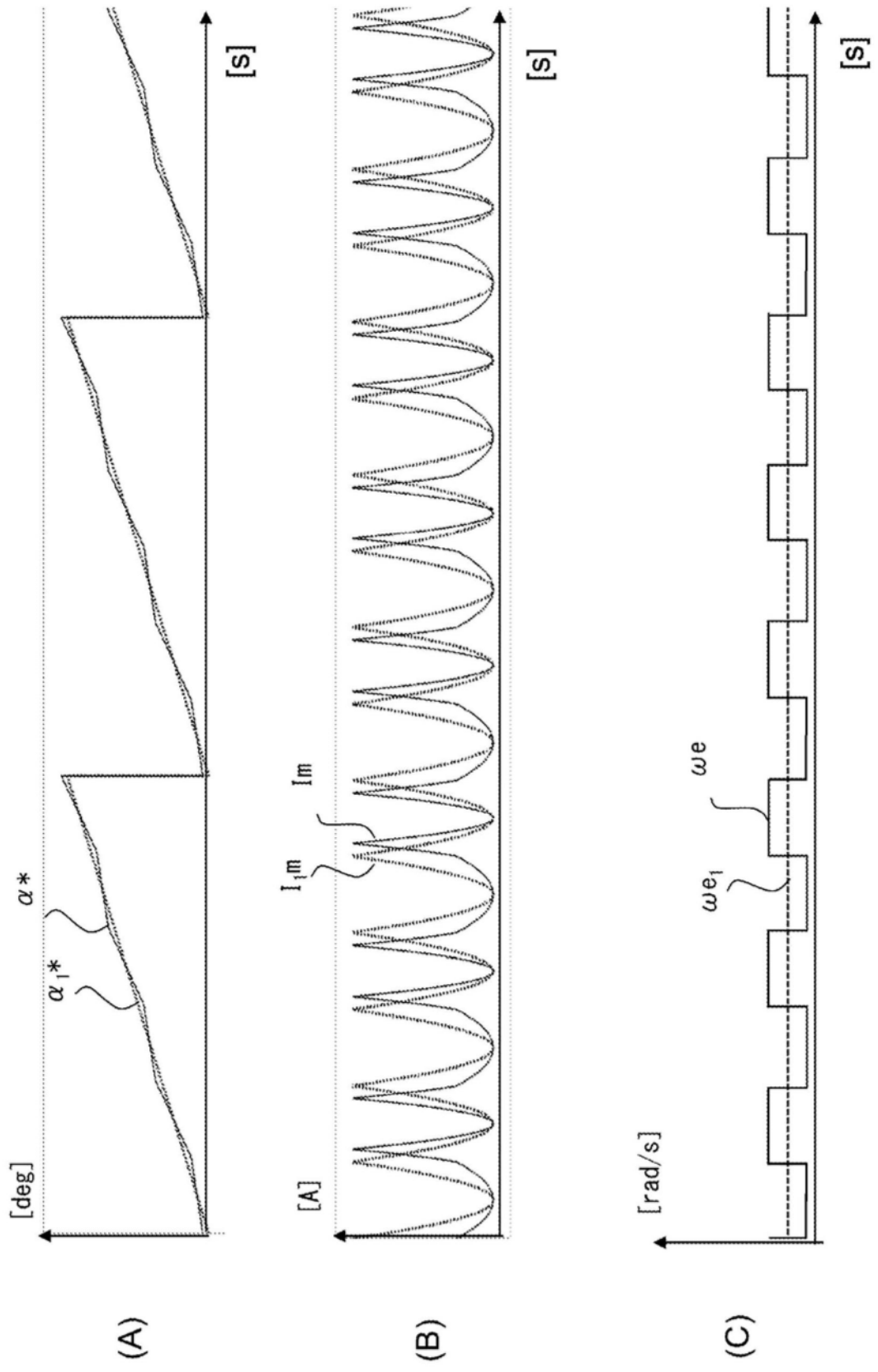


图6

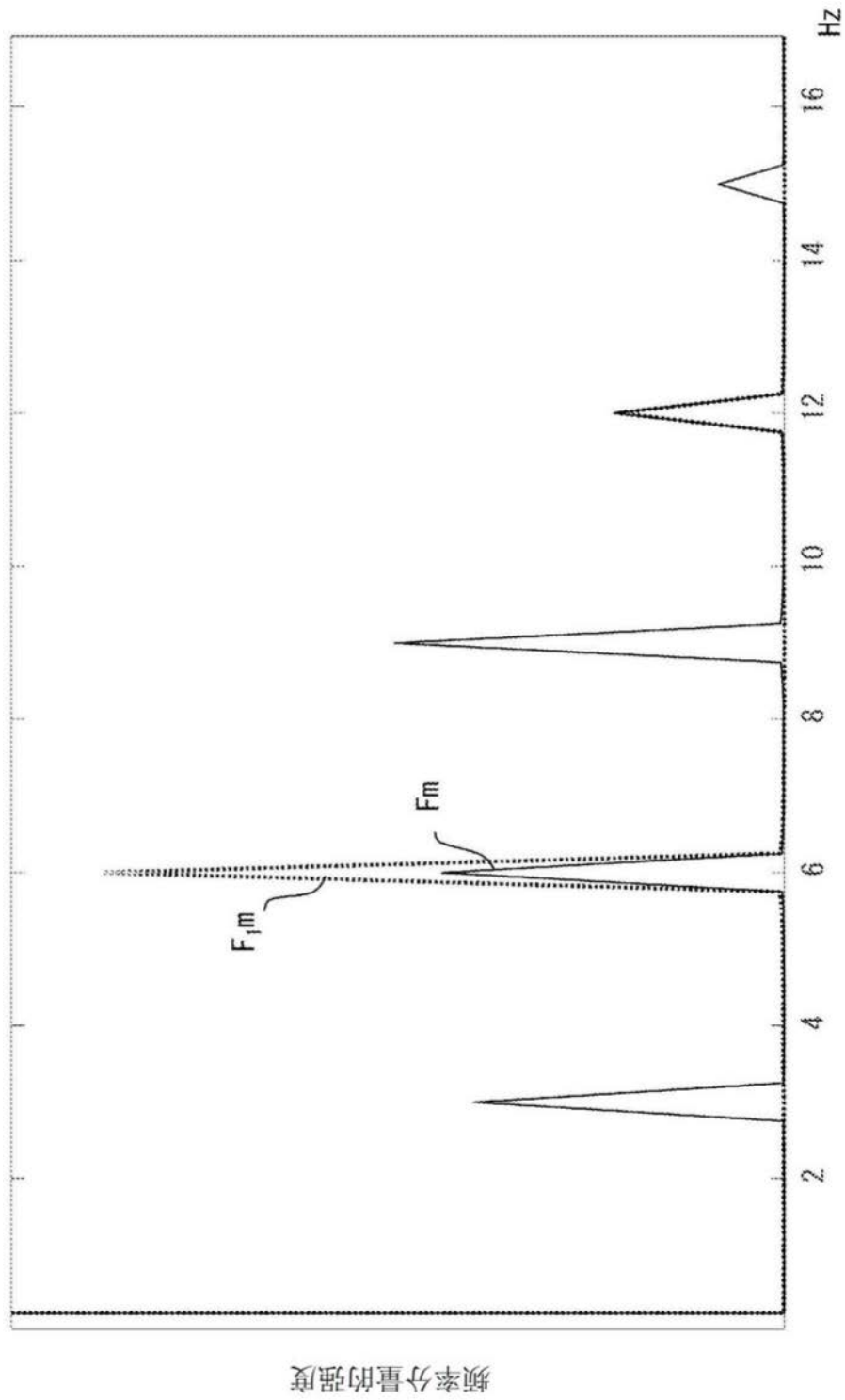


图7