



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102195545 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 25

(21) 申请号 201110057114. 6

页第 5 行至第 17 页第 12 行, 图 2-8.

(22) 申请日 2011. 03. 03

CN 101088703 A, 2007. 12. 19, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 姜娜

2010-048670 2010. 03. 05 JP

(73) 专利权人 山洋电气株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 井出勇治 平田光男 坂田祐寿

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 樊建中

(51) Int. Cl.

H02P 6/08(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2000-92882 A, 2000. 03. 31, 全文.

JP 特开 2004-272883 A, 2004. 09. 30, 全文.

JP 特开 2005-108162 A, 2005. 04. 21, 全文.

WO 02/082194 A1, 2002. 10. 17, 说明书第 8

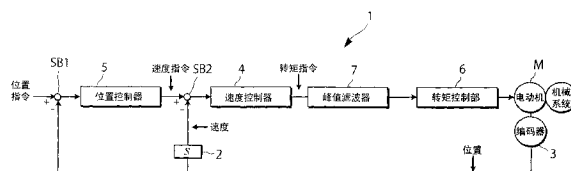
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

电动机的控制装置

(57) 摘要

本发明提供一种在不使用特别的传感器的情况下可抑制控制对象的振动, 且能够高速、高精度地控制控制对象的电动机的控制装置。电动机的控制装置 (1) 包括速度检测器 (2)、构成位置检测器的编码器 (3)、速度控制器 (4)、位置控制器 (5)、转矩控制器 (6)、峰值滤波器 (7)。峰值滤波器 (7) 是按照以下方式来确定传递函数的, 即: 放大在设置有电动机的机座与控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量, 且在反谐振频率分量的频率下使控制对象成为不具备反谐振特性的刚体系统。



1. 一种电动机的控制方法,该控制方法将使驱动控制对象的电动机的速度与由速度指令命令的指令速度之间的偏差经过速度控制器而得到的转矩指令提供给转矩控制器,从而控制所述电动机的转矩,所述电动机的控制方法的特征在于,

将所述转矩指令经过峰值滤波器后提供给所述转矩控制器,该峰值滤波器按照仅将在设置有所述电动机的机座与所述控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量放大,且在所述反谐振频率分量的频率下使所述控制对象成为不具备反谐振特性的刚体系统的方式,来确定传递函数。

2. 根据权利要求 1 所述的电动机的控制方法,其特征在于,
所述传递函数表现为

$$G_{pk} = (s^2 + g_d \cdot 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2) / (s^2 + 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2),$$

其中, ω_{npk} 是固有频率, ζ_{pk} 是衰减系数, g_d 是分母分子的衰减系数之比, $g_d > 1$ 。

3. 一种电动机的控制装置,其包括:位置控制器,其将设置在机座上且驱动控制对象的电动机的动子的位置与位置指令之间的偏差作为输入,输出速度指令;速度控制器,其将所述电动机的速度与由速度指令命令的指令速度之间的偏差作为输入,输出转矩指令;转矩控制器,其将所述转矩指令作为输入,控制电动机的转矩,所述电动机的控制装置的特征在于,

在所述速度控制器和所述转矩控制器之间配置对所述转矩指令进行滤波处理的峰值滤波器,

所述峰值滤波器按照以下方式来确定,即:仅将在设置有所述电动机的机座与所述控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量放大,且在所述反谐振频率分量的频率下使所述控制对象成为不具备反谐振特性的刚体系统。

4. 根据权利要求 3 所述的电动机的控制装置,其特征在于,

所述峰值滤波器按照如下方式确定传递函数,即:放大在设置有所述电动机的机座与
所述控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量,从而控制所述机座振动。

5. 根据权利要求 4 所述的电动机的控制装置,其特征在于,

所述传递函数表现为

$$G_{pk} = (s^2 + g_d \cdot 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2) / (s^2 + 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2),$$

其中, ω_{npk} 是固有频率, ζ_{pk} 是衰减系数, g_d 是分母分子的衰减系数之比, $g_d > 1$ 。

电动机的控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动机的控制装置,特别是涉及一种工作设备等的用于高精度地对位置进行轨迹控制的电动机的控制装置。

背景技术

[0002] 如图 5 所示,在工作设备等加工用设备中,在由调整螺栓(levelingbolt)等支承的机座上固定有电动机。电动机使滚珠丝杠旋转,从而驱动工作台。在机座上构成驱动端铣刀(end-mill)等的主轴。因此,机座与工作台之间的相对位置精度表现为加工精度。电动机的控制装置具有例如图 6 的结构。已知的电动机的控制装置向位置控制器 5 输入位置指令和电动机的动子的位置之间的偏差。位置控制器 5 输出速度指令。另外,向速度控制器 4 输入速度指令与在微分器 2 中对检测电动机 M 的动子的位置的编码器 3 的输出进行微分而得到的速度之间的偏差。速度控制器 4 输出转矩指令。之后,使指令经过转矩控制器 6 来驱动电动机,控制电动机的转矩。在滚珠丝杠的刚性高的情况下,由编码器检测的动子的位置成为工作台与机座之间的相对位置。因此,电动机的控制装置按照该相对位置与位置指令一致的方式控制电动机。

[0003] 以往,在使用了金属加工设备的金属加工中,在进行需要轨迹精度的加工的情况下,为了对应位置指令的变化,使电动机的速度变慢,从而以设备的振动不成问题的速度进行了加工。但是,近几年为了能量消耗的削减和制造成本的降低,要求更高速的加工。但是,若利用以往的电动机的控制装置进行高速加工,则存在如下的问题:因调整螺栓的刚性而导致机座晃动,在工作台和机座之间产生了振动,会降低加工精度。作为抑制这样的振动的方法,具有在位置指令的输入部插入以陷波滤波器为代表的 IIR 型预滤器(prefilter)的方法,或如专利文献 1 所示的使用模型追踪控制的方法。但是,在这些方法中,由于无法形成线性相位特性,所以存在不能得到轨迹精度的问题。作为使用该线性相位特性来抑制振动的方法具有专利文献 2。在专利文献 2 公开了一种伺服控制装置,包括:FIR 滤波器部,其校正位置指令信号;设备特性补偿部,其从由 FIR 滤波器部校正后的位置指令信号中,使与驱动对象设备的特性对应的规定频率分量衰减,从而运算位置、速度以及转矩的各前馈信号;反馈补偿部,其根据由设备特性补偿部运算出的位置、速度以及转矩的各前馈信号,对驱动对象设备进行驱动。而且,设备特性补偿部包括:位置指令运算器,其从位置指令信号中使驱动对象设备的反谐振频率分量衰减,从而运算位置的前馈信号;微分器,其对位置指令信号进行微分;速度指令运算器,其从微分器的运算值中使驱动对象设备的反谐振频率分量衰减,从而运算速度的前馈信号;运算器,其对微分器的运算值进行微分的同时相乘驱动对象设备的总惯性;转矩指令运算部,其从运算器的运算值中使驱动对象设备的谐振频率分量衰减,从而运算转矩的前馈信号。但是,在专利文献 2 所记载的方法中,作为预滤器使用了具有线性相位特性的 FIR 滤波器。因此,因滤波器的延迟,位置的控制特性会延迟,在高速驱动的情况下,存在精度恶化的问题。

[0004] 作为抑制工作台与机座之间的振动的其他方法,还有设置检测机座振动的传感

器。但是,由于存在传感器故障等,因此会降低可靠性,还存在成本升高的问题。

[0005] 另一方面,作为抑制周期性扰动的方法,具有使用如非专利文献 1 所示的峰值滤波器的方法。在非专利文献 1 记载的方法中,通过如下式所示的峰值滤波器,抑制电动机产生的周期性扰动。

$$[0006] \quad K_{pk} = k \omega_{kp} / (s^2 + \omega_{pk}^2)$$

[0007] 【专利文献 1】JP 特开 2000-92882 号公报

[0008] 【专利文献 2】JP 特开 2004-272883 号公报

[0009] 【非专利文献 1】第 51 届自动控制联合演讲会 629 (第 51 回目自動制御連合講演会 629)「基于峰值滤波器的 IPM 电动机的周期性速度变动抑制控制 (ピークフィルタによる IPM モータの周期的速度変動抑制制御)」

[0010] 非专利文献 1 记载的由上述式表示的峰值滤波器能够通过改变增益 k 来调整其大小。但是,若调整增益 k ,则滤波器的所有频率下的增益会变化,不能仅改变峰值部分的大小。此外,也不能调整增益高的部分的宽度。图 7 表示该峰值滤波器的频率特性。此外,在非专利文献 1 所记载的技术中,在速度控制器中附加使用峰值滤波器,由比例控制器构成速度控制器。另一方面,为了抑制摩擦扰动等,用于工作设备等的定位用途的速度控制器由比例积分控制器构成。因此,在积分增益高的情况下,会降低峰值滤波器的效果,存在无法充分抑制扰动的问题。因此,即使在工作设备的抑制中直接应用非专利文献 1 所记载的峰值滤波器,也不能充分抑制设备的振动。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于提供一种能够在不使用特别的传感器的情况下抑制控制对象的振动来对控制对象进行高速、高精度的控制的电动机的控制方法及装置。

[0012] 本发明的更具体的目的在于提供一种能够在不使用特别的传感器的情况下抑制工作台与机座之间的振动,对工作设备等的位置的规定进行高速、高精度的控制的电动机的控制方法及装置。

[0013] 本发明的对象是如下的电动机的控制方法,即:将使驱动控制对象的电动机的速度与由速度指令命令的指令速度之间的偏差经过速度控制器而得到的转矩指令提供给转矩控制器,从而控制电动机。控制对象例如包括设置在机座上且通过电动机来驱动的工作台等。此外,电动机除了包括旋转型电动机外,还包括线性电动机。在本发明中,使转矩指令经过峰值滤波器来对转矩指令进行滤波处理,之后将转矩指令提供给转矩控制器,其中,峰值滤波器构成为不具备控制对象的反谐振特性。

[0014] 本发明的电动机的驱动装置包括:位置控制器,其将设置在机座上且驱动控制对象的电动机的动子的位置与位置指令之间的偏差作为输入,输出速度指令;速度控制器,其将电动机的速度与由速度指令命令的指令速度之间的偏差作为输入,输出转矩指令;转矩控制器,其将转矩指令作为输入,控制电动机的转矩。并且,在本发明的电动机的控制装置及方法中,在速度控制器与转矩控制器之间配置对转矩指令进行滤波处理的峰值滤波器。

[0015] 作为峰值滤波器,只要采用按照如下方式确定的传递函数即可,即:放大在设置有电动机的机座与控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量,且在反谐振频率分量的频率下使控制对象成为不具备反谐振特性的刚体系统。

[0016] 若使用这样的峰值滤波器,则在将机座振动的某一机械系统作为控制对象,例如控制机座与工作台间的相对位置的情况下,能够抑制机座与工作台间的机座振动分量。其结果,由于能够抑制机座与工作台间的振动,因此能够实现更高速的加工。其结果,即使不具备检测机座的振动的传感器,也能够高速、高精度地控制工作设备等的位置的轨迹。

[0017] 另外,作为传递函数,优选使用满足下式的函数。

$$G_{pk} = (s^2 + g_d \cdot 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2) / (s^2 + 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2),$$

[0019] 在上式中, ω_{npk} 是固有频率, ζ_{pk} 是衰减系数, g_d 是分子分子的衰减系数之比。在该传递函数中,能够利用固有频率 ω_{npk} 调整陷波的中心频率,能够利用衰减系数 ζ_{pk} 调整陷波的宽度,并且能够利用分子分子的衰减系数之比 g_d 调整陷波的深度。而且, $g_d > 1$ 。若使用这样的传递函数,则能够调整反陷波特特性(谐振峰值特性)。

附图说明

[0020] 图 1 是表示实施本发明的电动机的控制方法的电动机的控制装置的结构框图。

[0021] 图 2 是表示峰值滤波器的频率特性的图。

[0022] 图 3(A) 是表示没有插入峰值滤波器时的位置控制系统的频率响应特性的图, (B) 是表示插入了峰值滤波器时的位置控制系统的频率响应特性的图。

[0023] 图 4(A) 是表示没有插入峰值滤波器时的定位稳定特性的图, (B) 是表示插入了峰值滤波器时的定位稳定特性的图。

[0024] 图 5 是表示在由调整螺栓等支承的机座上固定有电动机的状态的图。

[0025] 图 6 是表示以往的电动机的控制装置的结构的一例的框图。

[0026] 图 7 是表示在非专利文献 1 中所采用的峰值滤波器的频率特性的图。

[0027] 图中: 1- 电动机的控制装置; 2- 速度检测器; 3- 编码器; 4- 速度控制器; 5- 位置控制器; 6- 转矩控制器; 7- 峰值滤波器。

具体实施方式

[0028] 以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。图 1 是表示实施本发明的电动机的控制方法的本发明的电动机的控制装置 1 的结构框图。本实施方式的电动机的控制装置 1 包括速度检测器 2、构成位置检测器的编码器 3、速度控制器 4、位置控制器 5、转矩控制器 6、峰值滤波器 7。在本实施方式中,将图 5 所示的通过滚珠丝杠驱动工作台机械系统作为控制对象。因此,电动机 M 设置在机座上。速度检测器 2 基于来自编码器 3 的输出,检测电动机 M 的转子的旋转速度并输出旋转速度。构成位置检测器的编码器 3 检测电动机 M 的转子的旋转位置。在本实施方式中,将编码器 3 用作速度检测器 2 的检测部(传感器部)。位置偏差运算部 SB1 求出由位置指令命令的位置与编码器 3 输出的旋转位置之间的位置偏差。位置指令是从未图示的上位控制器输出的。位置控制器 5 将位置偏差作为输入,输出速度指令。速度偏差运算部 SB2 求出由速度指令命令的指令速度与速度检测器 2 输出的旋转速度之间的速度偏差。速度控制器 4 将速度偏差运算部 SB2 的输出作为输入,产生转矩指令。转矩控制部 6 将由峰值滤波器 7 滤波处理后的转矩指令作为输入,控制电动机的转矩。

[0029] 峰值滤波器 7 具有传递函数,该传递函数是按照如下方式确定的,即:放大在设置

有电动机 M 的机座与控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量,并且在该频率下使控制对象恰好如不具有反谐振特性的刚性系统那样进行动作。即,峰值滤波器 7 具有能够消除 (cancel) 控制对象的反谐振特性的传递函数。

[0030] 说明峰值滤波器 7 的传递函数的设计。峰值滤波器 7 具有如下式所示的陷波滤波型结构的传递函数。

$$[0031] \quad G_{pk} = (s^2 + g_d \cdot 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2) / (s^2 + 2 \zeta_{pk} \omega_{npk} \cdot s + \omega_{npk}^2)$$

[0032] 在式中, ω_{npk} 是固有频率, ζ_{pk} 是衰减系数, g_d 是分母分子的衰减系数之比。在该传递函数中,能够利用固有频率 ω_{npk} 调整陷波的中心频率,能够利用衰减系数 ζ_{pk} 调整陷波的宽度,并且能够利用分母分子的衰减系数之比 g_d 调整陷波的深度。

[0033] 优选如下式所示那样决定峰值滤波器 7 的各参数。即,固有频率 ω_{npk} 与控制对象的反谐振频率一致。衰减系数 ζ_{pk} 与控制对象的反谐振频率的衰减特性一致。比 g_d 是按照陷波的深度等于控制对象的反谐振频率的增益与将控制对象仅假设为刚体模式时反谐振频率的增益之差的方式决定的。另外, $g_d > 1$ 。

[0034] 在控制具有机座振动的机械系统作为控制对象的情况下,在没有峰值滤波器 7 时的位置控制系统的频率特性中,如图 3(A) 所示,在机座振动频率中,出现了与位置指令对应的增益降低的反谐振点和比该点频率高的位置处的谐振点。因此,不能抑制机座振动产生的反谐振频率的振动。此外,还产生了谐振点的振动。其结果,如图 4(A) 所示,在进行位置控制时在位置偏差中出现振动。相对于此,在本实施方式中,使峰值滤波器 7 的频率与机座振动频率一致,按照改善控制对象的增益的降低的方式确定峰值滤波器 7 的陷波的宽度和陷波的深度。其结果,通过峰值滤波器 7 放大机座振动频率分量,改善机座振动频率中的反谐振的同时消除了谐振点。其结果,在机座振动频率中,位置控制也能对位置指令进行响应。由此,抑制位置偏差中的机座振动频率分量的振动,并且抑制工作台与机座间的振动。

[0035] 图 2 表示该峰值滤波器 7 的频率特性。在该频率特性中,具有在比中心频率低的频率处相位超前、在比中心频率高的频率处相位滞后的特性。由此,适当地抑制因机座振动而降低的增益,改善相位,并抑制机座振动,从而能够实现高速的定位。

[0036] 图 3(B) 表示插入了峰值滤波器 7 时的位置控制系统的频率响应特性。从图 3(B) 可以判断出,减少反谐振频率中的增益的降低的同时消除了谐振点,还改善了机座振动频率中的相位的延迟。图 4(B) 表示插入了峰值滤波器时的定位稳定特性,可知抑制了位置偏差的振动。

[0037] 如以上所述,根据本实施方式,在针对具有机座振动的某一机械系统构成位置控制系统来抑制机座与工作台间的相对位置的电动机的控制装置中,通过在速度控制器的输出中插入峰值滤波器 7,适当地放大机座振动引起的反谐振频率分量,从而抑制了机座与工作台间的机座振动分量。由于抑制了机座与工作台间的振动,因此能够实现更高速的加工。由此,根据本实施方式的电动机的控制装置,即使不具备检测机座的振动的传感器,也能高速、高精度地控制工作设备等的位置轨迹。

[0038] 在上述实施方式中,机械系统是由设置在机座上的滚珠丝杠驱动的工作台,但是在将其他的驱动设备作为控制对象的情况下,当然也可以应用本发明。此外,也可以在速度控制器之前插入峰值滤波器。并且,应用在基于位置指令和位置偏差通过位置控制器直接提供转矩指令的控制系统、或基于加速度指令和加速度反馈通过加速度控制器提供转矩指

令的控制系统中,也能得到同样的效果。此外,本发明也可以应用在检测工作台位置等负载侧位置而非电动机的位置的全封闭控制系统中。

[0039] (产业上的可利用性)

[0040] 根据本发明,通过使转矩指令经过峰值滤波器后被供给到转矩控制器,从而在不使用传感器的情况下,能够减小成为振动产生增益的转矩指令中的峰值部分的大小,来抑制控制对象的振动,其中,所述峰值滤波器是由传递函数确定的,该传递函数放大在设置有电动机的机座与控制对象之间所产生的机座振动中的反谐振频率分量,并且在所述反谐振频率分量的频率下使控制对象成为无反谐振特性的刚体系统。

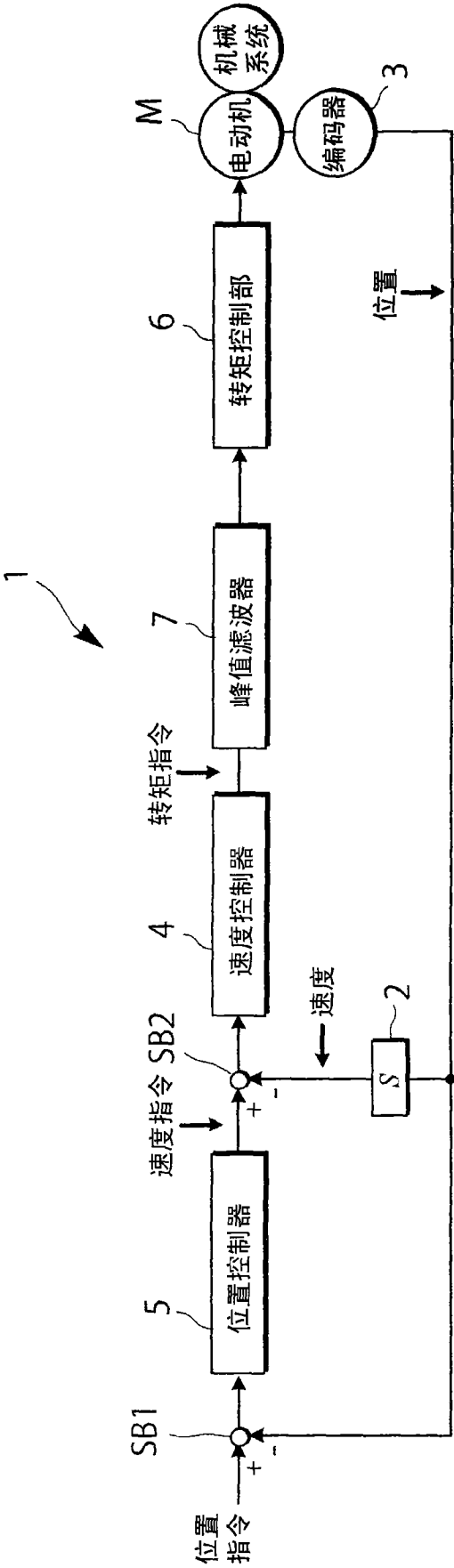


图 1

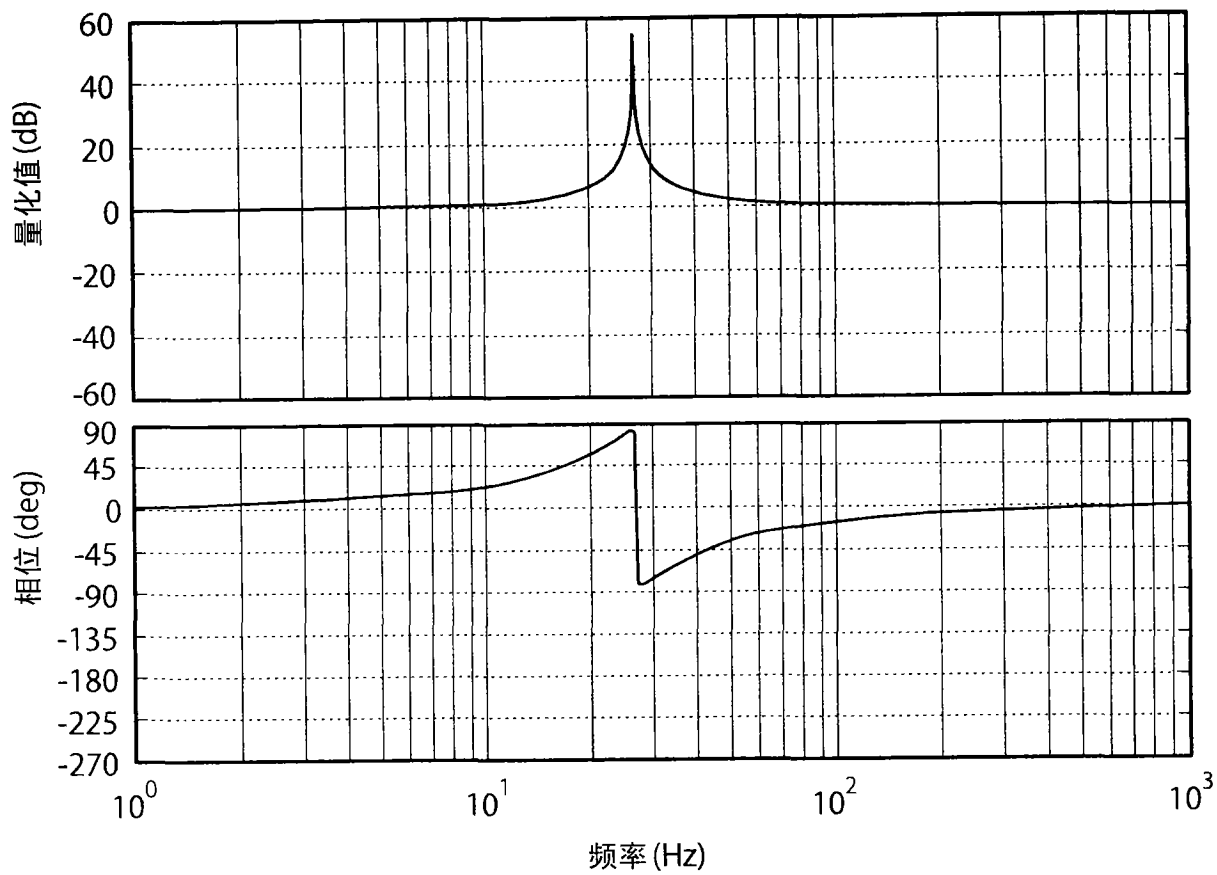
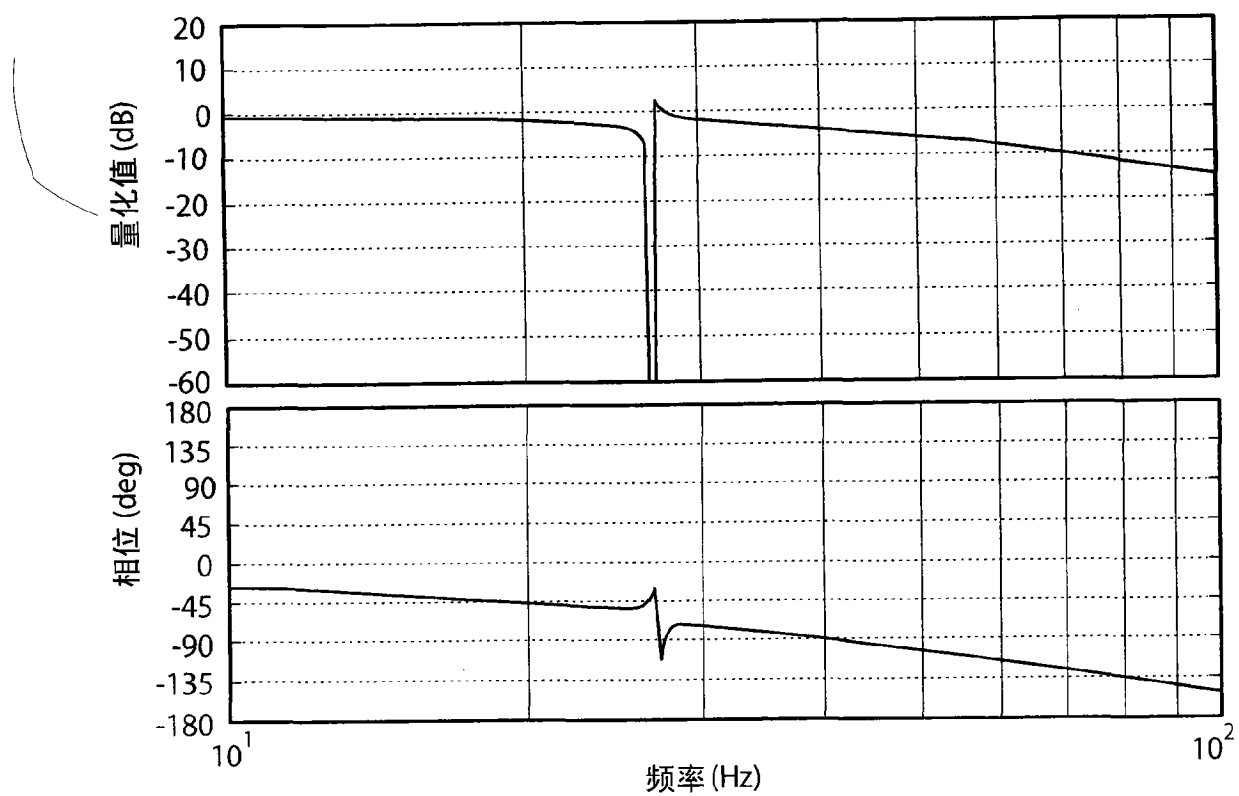


图 2

(A)



(B)

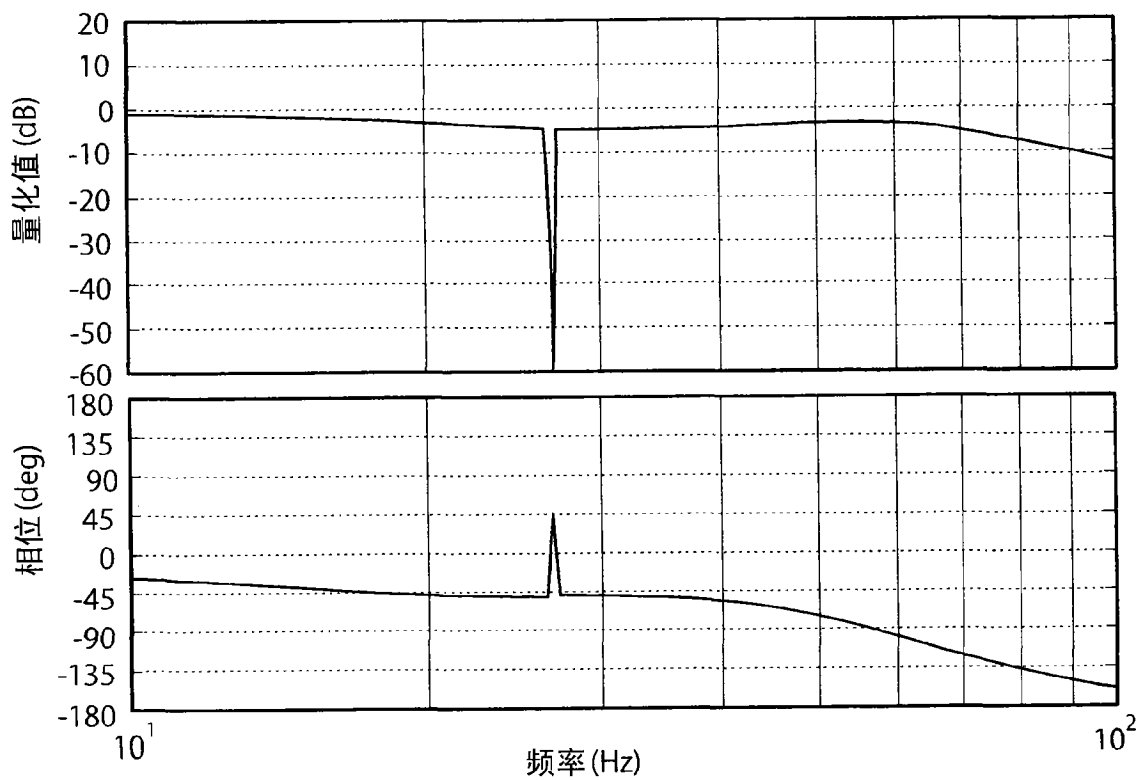


图 3

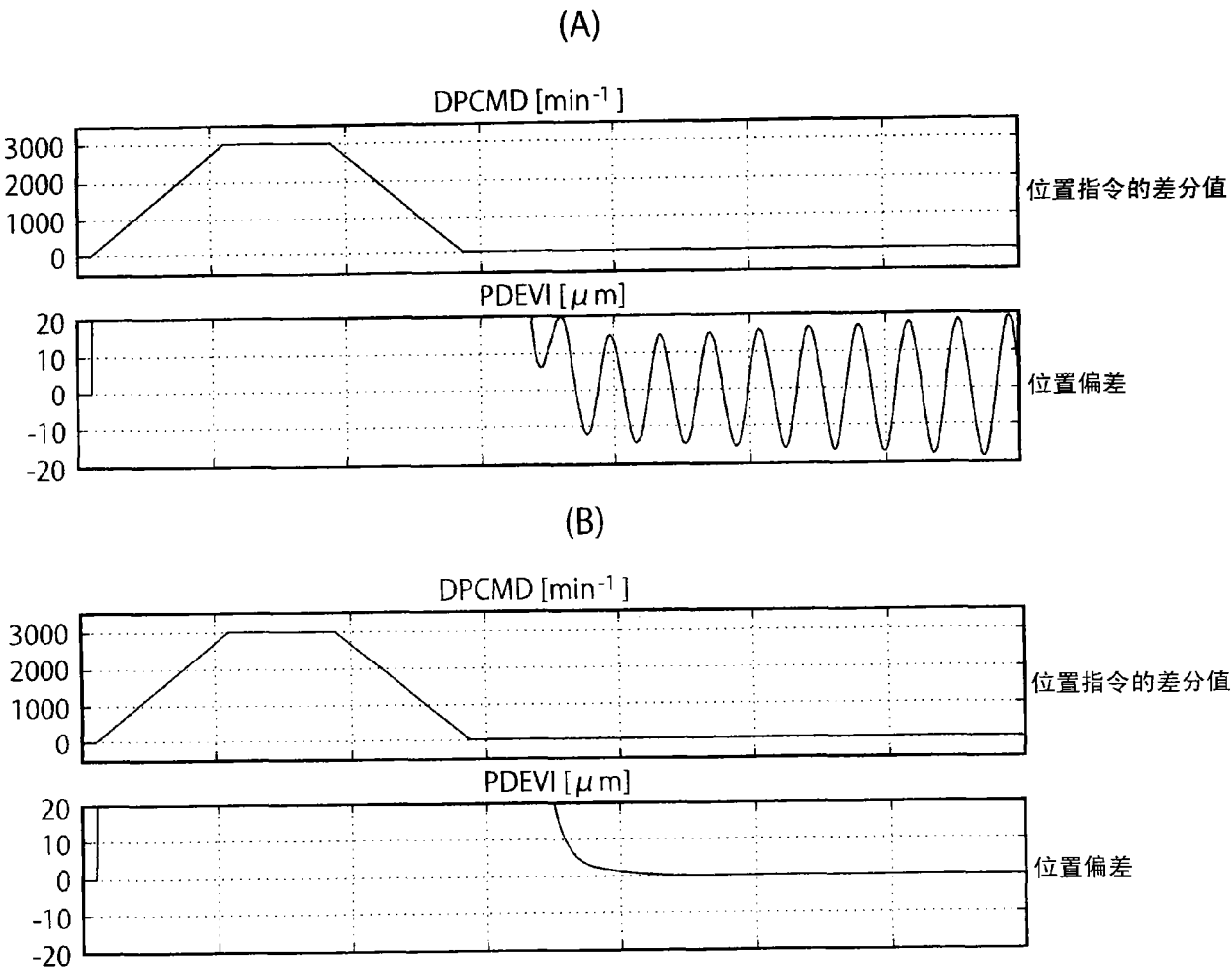


图 4

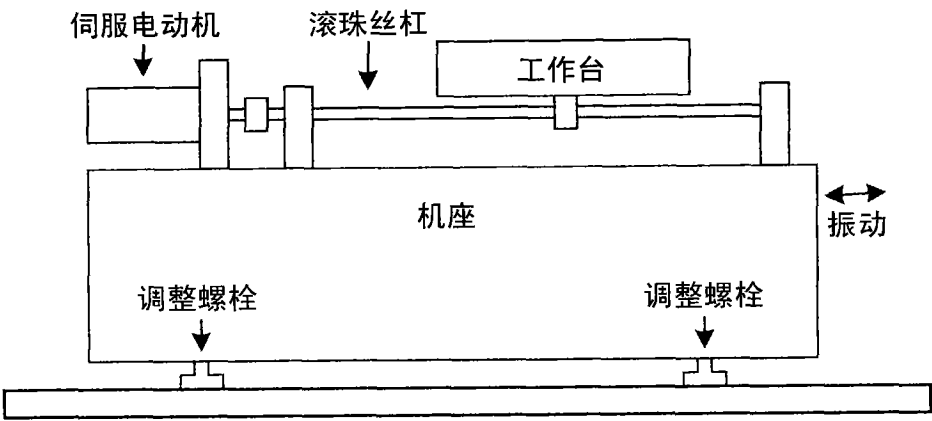


图 5

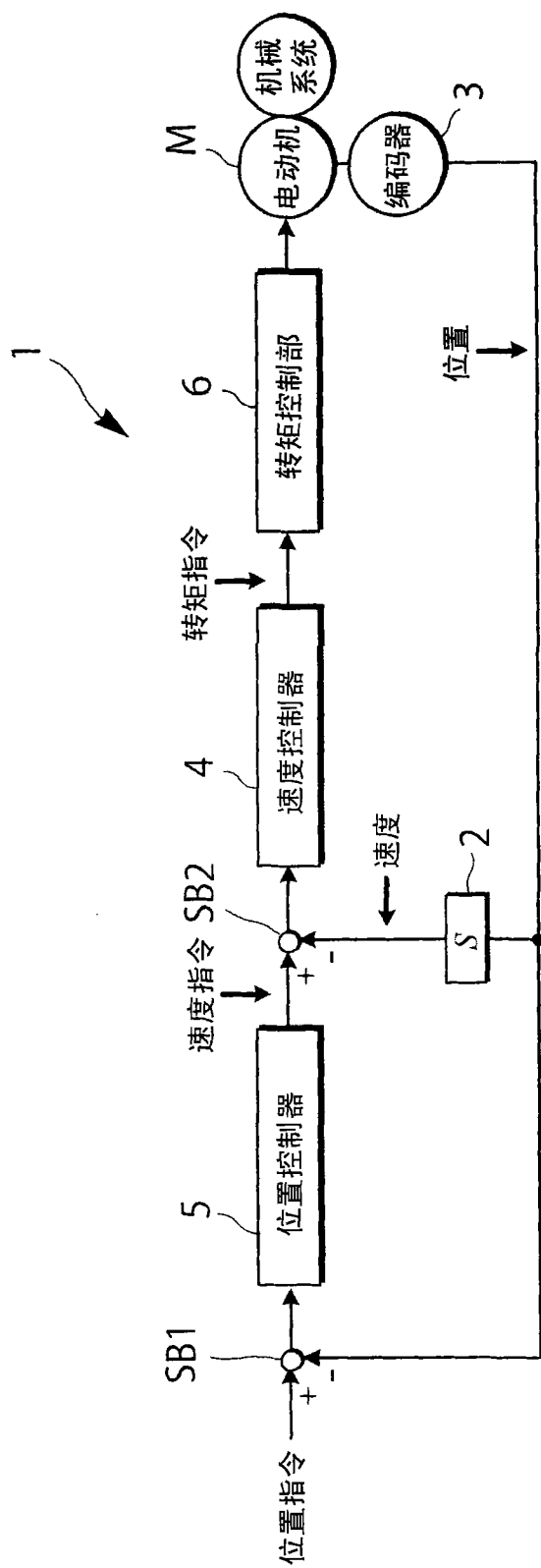


图 6

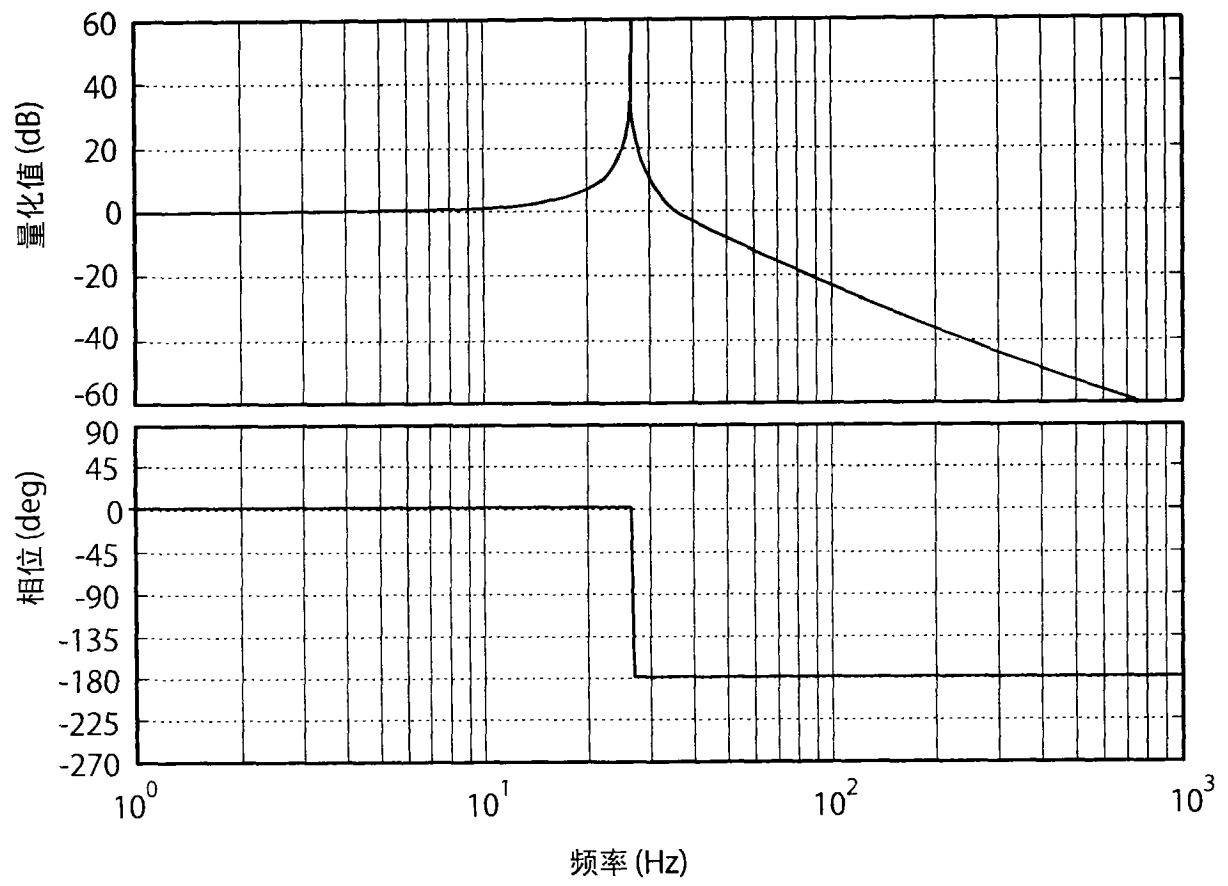


图 7