



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116885668 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 13

(21) 申请号 202311154924.2

(22) 申请日 2023.09.08

(71) 申请人 中国科学院上海高等研究院
地址 201210 上海市浦东新区张江高科技
园区海科路99号

(72) 发明人 雷阳阳 袁启兵

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002
专利代理师 杨怡清

(51) Int. Cl.
H02H 7/08 (2006.01)
H02H 1/00 (2006.01)

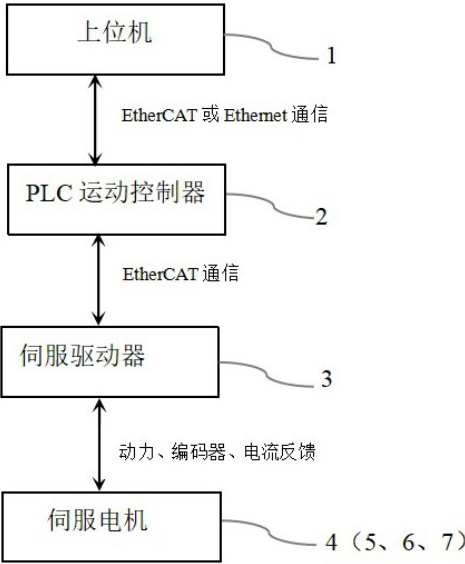
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

一种波荡器运动控制的扭矩保护系统及方法

(57) 摘要

本发明提供一种波荡器运动控制的扭矩保护系统,包括上位机、与上位机连接的PLC运动控制器、与PLC运动控制器连接的伺服驱动器和光栅尺、以及与伺服驱动器连接的多个伺服电机;伺服驱动器设置为提供伺服电机的扭矩反馈值;PLC运动控制器上安装有运动控制模块,运动控制模块设置为波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩反馈值与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩反馈值超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。本发明还提供相应的扭矩保护方法。本发明的扭矩保护系统通过对扭矩变量的检测 and 比较,来控制伺服电机正常运动或者禁止运动,避免大梁发生较大倾角变化或大梁机械碰撞。



1. 一种波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,包括上位机、与上位机连接的PLC运动控制器、与所述PLC运动控制器连接的伺服驱动器和光栅尺、以及与伺服驱动器连接的多个伺服电机;

所述伺服驱动器设置为提供伺服电机的扭矩反馈值;所述PLC运动控制器上安装有运动控制模块,所述运动控制模块设置为波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩反馈值与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩反馈值超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

2. 根据权利要求1所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,所述伺服驱动器的数量为2个,所述伺服电机的数量为4个,且每个伺服驱动器有两个通道,分别用于驱动2个伺服电机。

3. 根据权利要求1所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,所述PLC运动控制器设置为接收伺服电机的扭矩反馈值并作为扭矩变量;

将所有伺服电机的扭矩反馈值与扭矩许可值进行比较,具体包括:将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较。

4. 根据权利要求3所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,所述扭矩变量的数量为4个,包括入口上电机的扭矩值GVL.EnUp_Torque、入口下电机的扭矩值GVL.EnDn_Torque、出口上电机的扭矩值GVL.ExUp_Torque、出口下电机的扭矩值GVL.ExDn_Torque;

所述扭矩许可值通过以下方式获取:

在当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

在当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

根据实时读取结果从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值得到扭矩许可值。

5. 根据权利要求1所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,所述上位机设置为通过其界面接收GAP命令值、Taper命令值和运动速度并传递给PLC运动控制器;并且读取PLC运动控制器的GAP反馈值、反馈运动速度、和Taper状态值以在上位机的界面上显示;

所述的PLC运动控制器还设置为接收限位开关的逻辑保护信号、光栅尺的位置信号和倾角仪的倾角信号,PLC运动控制器根据光栅尺的位置信号来获取GAP反馈值,读取伺服驱动器输出的反馈运动速度,在Taper模式下输出Taper状态值,然后将GAP反馈值、反馈运动速度、Taper状态值传递给上位机。

6. 根据权利要求5所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,其特征在于,所述PLC运动控制器设置为根据GAP命令值、Taper命令值、运动速度,获得相应的控制信号;

所述的伺服驱动器设置为:控制伺服电机的起动、停机、转速;对伺服电机进行各种保护;以及对外部信号做出反应,控制伺服电机的位置、速度、电流、和扭矩,所述外部信号包括PLC运动控制器的控制信号和限位开关的逻辑保护信号。

7. 一种波荡器运动控制的扭矩保护方法,其特征在于,包括:

步骤S1:搭建一种根据权利要求1-6之一所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,使上位机经由PLC运动控制器接收所有伺服电机的扭矩反馈值和光栅尺的位置信号;

步骤S2:基于伺服电机的扭矩反馈值建立4个扭矩变量,并且基于光栅尺的位置信号建立当前间隙变量;

步骤S3:使用GAP模式,在当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4

个扭矩变量；

步骤S4:在当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量；

步骤S5:根据所述步骤S3和步骤S4的实时读取的结果,从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值得到扭矩许可值；

步骤S6:在波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩变量超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

8.根据权利要求7所述的波荡器运动控制的扭矩保护方法,其特征在于,所述步骤S1具体包括:将TwinCAT3开发工具安装于上位机上,在TwinCAT3开发工具下,在伺服驱动器的管理小工具Drive Manager中加载扭矩反馈值,使得PLC运动控制器接收伺服驱动器提供的扭矩反馈值,并进一步发送至上位机。

9.根据权利要求7所述的波荡器运动控制的扭矩保护方法,其特征在于,所述步骤S3还包括:根据所述步骤S3中实时读取的结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图；

所述步骤S4还包括:根据所述步骤S4中实时读取的结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图；

在所述步骤S5中,根据所述的第一类曲线关系图和第二类曲线关系图,从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选取扭矩许可值。

10.根据权利要求7所述的波荡器运动控制的扭矩保护方法,其特征在于,所述扭矩变量的数量为4个,包括入口上电机的扭矩值GVL.EnUp_Torque、入口下电机的扭矩值GVL.EnDn_Torque、出口上电机的扭矩值GVL.ExUp_Torque、出口下电机的扭矩值GVL.ExDn_Torque；

所述步骤S6具体包括：

步骤S61:建立4个扭矩设置许可变量,包括大梁入口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnUp_Torque_Set、大梁入口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnDn_Torque_Set、大梁出口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExUp_Torque_Set及大梁出口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExDn_Torque_Set,然后把扭矩许可值同时赋给这4个扭矩设置许可变量；

步骤S62:通过PLC运动控制器的运动控制模块来判断扭矩变量是否同时满足以下要求,若是,则所有伺服电机继续运动,否则,所有伺服电机禁止运动：

$|GVL.EnUp_Torque| \leq GVL.EnUp_Torque_Set$

$|GVL.EnDn_Torque| \leq GVL.EnDn_Torque_Set$

$|GVL.ExUp_Torque| \leq GVL.ExUp_Torque_Set$

$|GVL.ExDn_Torque| \leq GVL.ExDn_Torque_Set。$

一种波荡器运动控制的扭矩保护系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于运动控制技术领域,具体的涉及波荡器运动控制的扭矩保护系统及方法,其可用于正在建设的上海硬X射线自由电子激光装置(SHINE工程)或先进粒子加速器光源的波荡器。

背景技术

[0002] 波荡器是同步辐射光源及自由电子激光的关键发光部件,辐射光的波长可通过改变上磁极大梁与下磁极大梁之间的间隙来调节。波荡器主要运动控制模式包括:

[0003] (1)间隙(Gap)运动模式

[0004] 如图1所示,通过控制上磁极大梁与下磁极大梁的四个伺服电机4、5、6、7同步运动,分别把扭矩传递给传动轴,实现上磁极大梁与下磁极大梁的沿着y轴异向同步运动,进而实现间距GAP增大或减小。

[0005] (2)锥角(Taper)运动模式

[0006] 如图2所示,Taper调节要求入口两个位置值保持不变(传动轴一和传动轴二保持不动),而传动轴三和传动轴四分别带动上磁极大梁出口(传动轴三)和下磁极大梁出口(传动轴四)沿着y轴异向同步运动,就可调节上磁极大梁与下磁极大梁夹角(Taper),其范围一般是 $0^{\circ} \sim 0.005^{\circ}$

[0007] 间隙(GAP)运动过程中,要求四个电机保持同步运动,可能会出大梁四套光栅尺反馈位置大小不等,那么上磁极大梁与下磁极大梁不平行,可能导致磁极大梁严重变形,甚至破坏磁极。

[0008] 上磁极大梁与下磁极大梁夹角(Taper)调节过程中,上磁极大梁与下磁极大梁夹角(Taper)一般不允许超出 $0^{\circ} \sim 0.005^{\circ}$ 范围,单梁不允许超过倾角逻辑保护 0.01° ,如果单梁倾角过大,可能导致磁极大梁严重变形,甚至破坏磁极。

[0009] 上磁极大梁与下磁极大梁运动到最大位置或最小位置时,如果光电限位和机电限位没起保护作用,同时程序出现故障,电机如果继续运动,上磁极大梁或下磁极大梁就与硬限位发生严重碰撞,可能导致机械破坏。

[0010] 针对上述问题,现有技术的解决办法如下:

[0011] 1)在运动控制模块加入软件保护,要求大梁四套光栅尺反馈位置,两两差值不允许超过设定差值,从而保证上磁极大梁与下磁极大梁尽可能平行;

[0012] 2)在逻辑控制模块加入倾角保护,一旦单梁倾角超过 0.01° ,就会触发电机停止运动。

[0013] 3)一般在最大位置或最小位置设有光电限位和机电限位,防止超出运动范围。

[0014] 但是在工程实际应用中,可能存在以下故障问题:

[0015] (1)光栅尺和倾角仪器出现故障,当反馈的数据在逻辑上符合要求时,电机可能会继续运动,大梁倾角过大,可能导致磁极大梁严重变形,甚至破坏磁极。

[0016] (2)若光电限位和机电限位出现故障,电机如果继续运动,上磁极大梁或下磁极大

梁就与硬限位发生严重碰撞,可能导致机械破坏。

发明内容

[0017] 本发明的目的在于提供一种波荡器运动控制的扭矩保护系统及方法,以避免在光栅尺、倾角仪器或限位开关故障时大梁损坏。

[0018] 为了实现上述目的,本发明提供一种波荡器运动控制的扭矩保护系统,包括上位机、与上位机连接的PLC运动控制器、与所述PLC运动控制器连接的伺服驱动器和光栅尺、以及与伺服驱动器连接的多个伺服电机;所述伺服驱动器设置为提供伺服电机的扭矩反馈值;所述PLC运动控制器上安装有运动控制模块,所述运动控制模块设置为波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩反馈值与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩反馈值超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

[0019] 所述伺服驱动器的数量为2个,所述伺服电机的数量为4个,且每个伺服驱动器有两个通道,分别用于驱动2个伺服电机。

[0020] 所述PLC运动控制器设置为接收伺服电机的扭矩反馈值并作为扭矩变量;将所有伺服电机的扭矩反馈值与扭矩许可值进行比较,具体包括:将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较。

[0021] 所述扭矩变量的数量为4个,包括入口上电机的扭矩值GVL.EnUp_Torque、入口下电机的扭矩值GVL.EnDn_Torque、出口上电机的扭矩值GVL.ExUp_Torque、出口下电机的扭矩值GVL.ExDn_Torque;

[0022] 所述扭矩许可值通过以下方式获取:在当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;在当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;根据实时读取结果从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选择扭矩许可值。

[0023] 所述上位机设置为通过其界面接收GAP命令值、Taper命令值和运动速度并传递给PLC运动控制器;并且读取PLC运动控制器的GAP反馈值、反馈运动速度、和Taper状态值以在上位机的界面上显示;

[0024] 所述的PLC运动控制器还设置为接收限位开关的逻辑保护信号、光栅尺的位置信号和倾角仪的倾角信号,PLC运动控制器根据光栅尺的位置信号来获取GAP反馈值,读取伺服驱动器输出的反馈运动速度,在Taper模式下输出Taper状态值,然后将GAP反馈值、反馈运动速度、Taper状态值传递给上位机。

[0025] 所述PLC运动控制器设置为根据GAP命令值、Taper命令值、运动速度,获得相应的控制信号;

[0026] 所述的伺服驱动器设置为:控制伺服电机的起动、停机、转速;对伺服电机进行各种保护;以及对外部信号做出反应,控制伺服电机的位置、速度、电流、和扭矩,所述外部信号包括PLC运动控制器的控制信号和限位开关的逻辑保护信号。

[0027] 另一方面,本发明提供一种波荡器运动控制的扭矩保护方法,包括:

[0028] S1:搭建一种根据上文所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,使上位机经由PLC运动控制器接收所有伺服电机的扭矩反馈值和光栅尺的位置信号;

[0029] S2:基于伺服电机的扭矩反馈值建立4个扭矩变量,并且基于光栅尺的位置信号建

立当前间隙变量；

[0030] S3:使用GAP模式,在当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量；

[0031] S4:在当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量；

[0032] S5:根据所述步骤S3和步骤S4的实时读取的结果,从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选取扭矩许可值,而扭矩许可值略大于瞬间扭矩最大值即可；

[0033] S6:在波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩变量超出扭矩许可值；若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

[0034] 所述步骤S1具体包括:将TwinCAT3开发工具安装于上位机上,在TwinCAT3开发工具下,在伺服驱动器的管理小工具Drive Manager中加载扭矩反馈值,使得PLC运动控制器接收伺服驱动器提供的扭矩反馈值,并进一步发送至上位机。

[0035] 所述步骤S3还包括:根据所述步骤S3中实时读取的结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图；

[0036] 所述步骤S4还包括:根据所述步骤S4中实时读取的结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图；

[0037] 在所述步骤S5中,根据所述的第一类曲线关系图和第二类曲线关系图,从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选取扭矩许可值。

[0038] 所述扭矩变量的数量为4个,包括入口上电机的扭矩值GVL.EnUp_Torque、入口下电机的扭矩值GVL.EnDn_Torque、出口上电机的扭矩值GVL.ExUp_Torque、出口下电机的扭矩值GVL.ExDn_Torque；

[0039] 所述步骤S6具体包括：

[0040] 步骤S61:建立4个扭矩设置许可变量,包括大梁入口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnUp_Torque_Set、大梁入口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnDn_Torque_Set、大梁出口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExUp_Torque_Set及大梁出口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExDn_Torque_Set,然后把扭矩许可值同时赋给这4个扭矩设置许可变量；

[0041] 步骤S62:通过PLC运动控制器的运动控制模块来判断扭矩变量是否同时满足以下要求,若是,则所有伺服电机继续运动,否则,所有伺服电机禁止运动：

[0042] $|GVL.EnUp_Torque| \leq GVL.EnUp_Torque_Set$

[0043] $|GVL.EnDn_Torque| \leq GVL.EnUp_Torque_Set$

[0044] $|GVL.ExUp_Torque| \leq GVL.ExUp_Torque_Set$

[0045] $|GVL.ExDn_Torque| \leq GVL.ExDn_Torque_Set。$

[0046] 本发明的波荡器运动控制的扭矩保护系统通过对扭矩变量的检测和比较,来控制伺服电机正常运动或者禁止运动,由此,避免磁极大梁发生较大倾角变化或磁极大梁机械碰撞。

附图说明

[0047] 图1是现有的波荡器的GAP运动模式示意图；

[0048] 图2是现有的波荡器的Taper运动模式示意图；

[0049] 图3 是本发明的波荡器运动控制扭矩保护系统的系统框图；

[0050] 图4是本发明的波荡器运动控制扭矩保护方法的流程图。

[0051] 图5A-图5D是当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图，其中，图5A示出了入口上电机扭矩变化，图5B示出了出口上电机扭矩变化，图5C示出了入口下电机扭矩变化，图5D示出了出口下电机扭矩变化；

[0052] 图6A-图6D是当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图，其中，图6A示出了入口上电机扭矩变化，图6B示出了出口上电机扭矩变化，图6C示出了入口下电机扭矩变化，图6D示出了出口下电机扭矩变化。

[0053] 附图标记：

[0054] 1-上位机，2-PLC运动控制器，3-伺服驱动器，4、5、6、7-伺服电机。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图1-6，给出本发明的较佳实施例，并予以详细描述。应当注意的是，本发明实施例的xyz坐标系为空间直角坐标系，x方向为水平方向，y方向为竖直方向，z方向为入口指向出口方向，这些方向只是为了描述方便，而不是对本发明的限制。

[0056] 如图1-3所示，波荡器运动控制的扭矩保护系统包括依次连接的一套上位机1、一套PLC运动控制器2、2套伺服驱动器3、4套伺服电机4、5、6、7，此外，所述PLC运动控制器2还与光栅尺连接。如图1所示，4套伺服电机4、5、6、7与现有技术一致，包括与上磁极大梁连接的入口上伺服电机4和出口上伺服电机5与下磁极大梁的四个伺服电机连接的入口下伺服电机6和出口下伺服电机7。

[0057] 其中，所述伺服驱动器3的数量为2个，所述伺服电机的数量为4个，每个伺服驱动器3有两个通道，因此可以用于驱动2个伺服电机。

[0058] 本发明的一种波荡器运动控制的扭矩保护方法，其技术方案原理如下：

[0059] 首先在波荡器在整个GAP运动范围中，PLC运动控制器2实时通过伺服驱动器3、4来读取四个伺服电机4、5、6、7的扭矩，其次获取四个伺服电机4、5、6、7的扭矩最大值作为扭矩极限值（即扭矩许可最大值），然后在运动控制模块中要求四个伺服电机4、5、6、7在运动过程的扭矩值不允许超过扭矩许可最大值，最后在波荡器运动过程中，如果大梁出现较大的倾角或大梁碰到硬限位，伺服电机的扭矩就会增加，一旦超过扭矩许可最大值，就会启动扭矩保护程序，伺服电机4、5、6、7就会立即停止运动。

[0060] 所述的上位机1采用计算机，或所述的上位机1和PLC运动控制器2采用带有PLC运动控制器的控制机柜。所述的上位机1主要用于发送命令、设置参数及状态的读取。具体来说，上位机的输入信号具体包括通过其界面输入的GAP命令值、Taper命令值、运动速度等信号，以及通过Ethernet或EtherCAT协议通信读取的PLC运动控制器2的GAP反馈值、反馈运动速度、Taper状态值。通过界面输入的输入信号直接作为上位机1的输出信号通过Ethernet或EtherCAT协议通信传递给PLC运动控制器2。通过Ethernet或EtherCAT协议通信读取PLC运动控制器2的GAP反馈值、反馈运动速度、Taper状态值具体在上位机的界面上显示。

[0061] 所述的PLC运动控制器2上安装有运动控制模块和逻辑控制模块,其中,运动控制模块用于控制伺服电机的运动,逻辑控制模块用于实现波荡器的保护功能和报警功能,如限位开关安全逻辑保护功能、指示灯显示运动状态功能、报警器故障报警功能、限位开关限位保护功能和急停按钮急停保护功能。

[0062] PLC运动控制器2除了接收上位机1发送的GAP命令值、Taper命令值、运动速度等信号外,还设置为接收限位开关的逻辑保护信号、光栅尺的位置信号、倾角仪的倾角信号、伺服驱动器3的扭矩反馈值等。

[0063] 其中,PLC运动控制器2根据光栅尺的位置信号来计算确定GAP反馈值,读取伺服驱动器3输出的反馈运动速度,在Taper模式下输出Taper状态值,然后将GAP反馈值、反馈运动速度、Taper状态值传递给上位机1。

[0064] 具体来说,PLC运动控制器2读取四套光栅尺的位置值,在其程序中实现当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP和当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP的计算,其中当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP等于入口上光栅尺反馈值GVL.EnUp._Encoder与入口下光栅尺反馈值GVL.EnDn._Encoder之和,当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP等于出口上光栅尺反馈值GVL.ExUp._Encoder与出口下光栅尺反馈值GVL.ExDn._Encoder之和,最后PLC运动控制器2把入口当前GAP值状态和出口当前GAP值状态传送到上位机1。

[0065] 根据GAP模式可知,使用GAP模式时当前入口间隙变量GVL.CURRENT_EnGAP等于当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP,故将当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP进一步作为当前间隙变量CURRENT_GAP。根据Taper模式下,入口GAP(即当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP)不变,出口GAP变化,PLC运动控制器2相应输出Taper状态值,把Taper状态值传送到上位机1。

[0066] 伺服驱动器3具备输出电机速度功能,故 PLC运动控制器2可读取伺服驱动器3输出的反馈运动速度,最后将反馈运动速度传送到上位机以显示反馈运动速度。

[0067] PLC运动控制器2读取2套倾角仪的倾角信号,然后把倾角状态传送到上位机1。

[0068] PLC运动控制器2将限位开关的逻辑保护信号转发给上位机1,并将伺服驱动器3的扭矩信号转发给上位机1。PLC运动控制器2根据GAP命令值、Taper命令值、运动速度的信号,获得相应的控制信号,控制信号里可能包含了转矩信息、转速信息又或者是位置信息。

[0069] 所述的伺服驱动器3设置为:(1)控制伺服电机4、5、6、7的起动、停机、转速等,(2)对伺服电机4、5、6、7进行各种保护(过载,短路,欠压等),(3)通过其内部的编码器对外部信号做出反应,通过内部的PID调节,控制伺服电机(位置、速度、电流、扭矩),所述外部信号一般是PLC运动控制器2的控制信号,也可以是来自限位开关的逻辑保护信号。伺服驱动器3的输入信号主要是220V交流电压,伺服驱动器3的输出信号主要是伺服电机4、5、6、7的三相供电电压反馈、位置反馈、速度反馈、电流反馈、扭矩反馈值等反馈信号。

[0070] 由此,PLC运动控制器2通过EtherCAT网络总线将PLC运动控制器2的控制信号传递到伺服驱动器3上,控制信号里可能包含了转矩信息、转速信息又或者是位置信息。接收到控制命令的伺服驱动器3立即发出指令脉冲给伺服电机4、5、6、7,伺服电机4、5、6、7就按照控制信号的命令内容做出具体的行为。在每个伺服电机工作的同时,该伺服电机也会产生一个脉冲反馈给伺服驱动器3。因此,会存在不一定完全一样的指令脉冲和脉冲反馈两个脉冲。此时,伺服驱动器3内部的编码器设置为:如果指令脉冲和脉冲反馈一致,则不执行任何操作,反之,即两个脉冲不一致,则不断的进行误差纠正,直至指令脉冲和脉冲反馈相同。指

令脉冲和脉冲反馈相同,表明伺服电机严格按照PLC的指令进行工作。

[0071] 所述的伺服电机4、5、6、7用于输出转动扭矩给传动轴,进而带动上磁极大梁和下磁极大梁沿着y轴异向移动。

[0072] 在本发明中,所述伺服驱动器3设置为提供伺服电机的扭矩反馈值,所述PLC运动控制器2设置为接收所述伺服电机的扭矩反馈值以作为扭矩变量。此外,所述PLC运动控制器2上安装有运动控制模块,所述运动控制模块设置为波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩变量超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

[0073] 扭矩许可值的获取方式如下:

[0074] 在当前间隙变量从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

[0075] 在当前间隙变量从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

[0076] 根据实时读取结果从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选取扭矩许可值。

[0077] 下面以具体的伺服电机进行扭矩输出为例,以示例性说明本发明的波荡器运动控制的扭矩保护方法的流程。

[0078] 伺服电机基本参数如下:

[0079] 电机型号:Beckhoff AM8552-0F21

[0080] 标称电压:100~480 V AC

[0081] 静态扭矩:8.2N·m

[0082] 额定扭矩:7.5N·m

[0083] 额定转速:2000 r/min(在400V工作电压下)。

[0084] 本发明的一种波荡器运动控制的扭矩保护方法,包括以下步骤:

[0085] 步骤S1:搭建一种如上所述的波荡器运动控制的扭矩保护系统,使上位机1经由PLC运动控制器2接收所有伺服电机的扭矩反馈值和光栅尺的位置信号;

[0086] 在本实施例中,所述步骤S1具体包括:将TwinCAT3开发工具安装于上位机1上,在TwinCAT3开发工具下,在伺服驱动器3的管理小工具“Drive Manager”中加载扭矩反馈值(Torque feedback value),使得PLC运动控制器2接收伺服驱动器3提供的扭矩反馈值,并进一步发送至上位机1。

[0087] 其中,TwinCAT3开发工具版安装在上位机1上,故可利用上位机实现对PLC运动控制器的编程及对PLC运动控制器和伺服驱动器的参数设置修改等,因此利用上位机中的TwinCAT3开发工具可以扫描到驱动器3的硬件配置信息,故在TwinCAT3开发工具的“Drive Manager”中可加载伺服驱动器3的扭矩反馈值(Torque feedback value),而非伺服驱动器3的管理小工具“Drive Manager”。

[0088] 此外,PLC运动控制器2接收所有光栅尺的位置信号并发送给上位机1。在本实施例中,所述光栅尺的位置信号包括入口上光栅尺反馈值GVL.EnUp._Encoder、入口下光栅尺反馈值GVL.EnDn._Encoder、出口上光栅尺反馈值GVL.ExUp._Encoder、出口下光栅尺反馈值GVL.ExDn._Encoder。

[0089] 步骤S2:基于伺服电机的扭矩反馈值建立入口上电机的扭矩值GVL.EnUp_Torque、入口下电机的扭矩值GVL.EnDn_Torque、出口上电机的扭矩值GVL.ExUp_Torque、出口下电

机的扭矩值GVL.ExDn_Torque这4个扭矩变量,并且基于光栅尺的位置信号建立当前间隙变量;

[0090] 所述步骤S2,即建立扭矩值和间隙变量的步骤是在上位机1上进行的,变量建立完成后相应的软件下载到PLC运动控制器2,故随后利用当前间隙变量和扭矩变量所实现的步骤可在PLC运动控制器2中运行。

[0091] 其中,当前间隙变量包括当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP及当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP,当前入口间隙变量CURRENT_EnGAP等于入口上光栅尺反馈值GVL.EnUp._Encoder与入口下光栅尺反馈值GVL.EnDn._Encoder之和,当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP等于出口上光栅尺反馈值GVL.ExUp._Encoder与出口下光栅尺反馈值GVL.ExDn._Encoder之和即:

[0092] $GVL.CURRENT_EnGAP = GVL.EnUp_Encoder + GVL.EnDn_Encoder$ 。

[0093] $GVL.CURRENT_ExGAP = GVL.ExUp_Encoder + GVL.ExDn_Encoder$ 。

[0094] 根据GAP模式可知,使用GAP模式时当前入口间隙变量GVL.CURRENT_EnGAP等于当前出口间隙变量CURRENT_ExGAP。

[0095] 在本实施例中,具体将当前入口间隙变量GVL.CURRENT_EnGAP作为后续步骤所采用的当前间隙变量。

[0096] 步骤S3:使用GAP模式,在当前间隙变量CURRENT_GAP从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

[0097] 所述步骤S3还可以包括:根据实时读取结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图;

[0098] 在本实施例中,由于步骤S1中将TwinCAT3开发工具安装于上位机1上,因此,在步骤S3中,利用TwinCAT3 的Scope View功能,在当前间隙变量CURRENT_GAP从最大GAP变化到最小GAP的过程中实时读取4个扭矩变量,以根据实时读取结果生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图。

[0099] 4个当前间隙变量与扭矩变量的第一类曲线关系图包括CURRENT_GAP与GVL.EnUp_Torque的第一类关系图、CURRENT_GAP与GVL.EnDn_Torque的第一类关系图、CURRENT_GAP与GVL.ExUp_Torque的第一类关系图及CURRENT_GAP与GVL.ExDn_Torque的第一类关系图,分别如图5A、图5B、图5C和图5D所示。

[0100] 最大GAP和最小GAP分别是指波荡器运动范围内的当前间隙变量CURRENT_GAP的最大值Max_GAP和最小值Min_GAP。在最大GAP变化到最小GAP的过程中,上磁极大梁沿着y轴负方向移动,下磁极大梁沿着y轴正方向移动。

[0101] 步骤S4:在当前间隙变量CURRENT_GAP从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量;

[0102] 所述步骤S4还可以包括:根据实时读取结果,以当前间隙变量作为横坐标,以每个扭矩变量作为纵坐标,生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图;

[0103] 在本实施例中,利用TwinCAT3 的Scope View功能,在当前间隙变量CURRENT_GAP从最小GAP变化到最大GAP的过程中实时读取4个扭矩变量,以根据实时读取结果生成4个当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图。

[0104] 其中,4个当前间隙变量与扭矩变量的第二类曲线关系图包括CURRENT_GAP与

GVL.EnUp_Torque的第二类关系图、CURRENT_GAP与GVL.EnDn_Torque的第二类关系图、CURRENT_GAP与GVL.ExUp_Torque的第二类关系图及CURRENT_GAP与GVL.ExDn_Torque的第二类关系图,分别如图6A、图6B、图6C和图6D所示。如图6A、图6B、图6C和图6D所示,因为上下磁极大梁上装有磁铁,所以两个大梁在靠近时会存在磁场力,所以只要随着GAP变化四个电机的扭矩也会相应的变化,不同的当前间隙变量对应不同的电机扭矩值。

[0105] 步骤S5:根据所述步骤S3和步骤S4的实时读取结果,从中获取瞬间扭矩最大值,根据瞬间扭矩最大值选取扭矩许可值Max_Torque_limit。

[0106] 在本实施例中,在所述步骤S5中,根据所述的第一类曲线关系图和第二类曲线关系图,从中获取瞬间扭矩最大值。

[0107] 从图5A、图5B、图5C和图5D、以及图6A、图6B、图6C和图6D可以看出,伺服电机在起动和停止的瞬间,电机的扭矩突然增大。因此,从第一类曲线关系图和第二类曲线关系图的8个曲线图中,根据所有曲线图的所有坐标点的纵坐标来获取到一个扭矩变量的最大值,选取扭矩许可值Max_Torque_limit,要求扭矩许可值Max_Torque_limit略大于瞬间扭矩最大值(如大于一个最小读取精度)。由此,四个伺服电机共用同一个扭矩许可值Max_Torque_limit。

[0108] 在本实施例中,根据图5A-图5D、以及图6A-图6D可以看出,伺服电机在起动加速或停止减速过程中的出现的瞬间扭矩最大值为 $2.3\text{N}\cdot\text{m}$,因此,四个伺服电机起动加速或停止减速过程的扭矩值不超过 $2.4\text{N}\cdot\text{m}$,扭矩许可值Max_Torque_limit为:

[0109] $\text{Max_Torque_limit}=2.4\text{N}\cdot\text{m}$,

[0110] 其中,若扭矩许可值设置为低于或等于 $2.3\text{N}\cdot\text{m}$,电机起动加速或停止减速过程中会提前受到运动控制模块逻辑保护,电机提前触发停止运动;扭矩许可值远大于 $2.3\text{N}\cdot\text{m}$ 就不能实现扭矩保护,故为了实现扭矩保护同时为了保证电机正常运行,则扭矩许可值Max_Torque_limit可以取 $2.4\text{N}\cdot\text{m}$ 。

[0111] 步骤S6:在波荡器的运动过程中将所有伺服电机的扭矩变量与扭矩许可值进行比较,以判断是否存在扭矩变量超出扭矩许可值;若是,则所有伺服电机禁止运动,否则,所有伺服电机继续运动。

[0112] 所述步骤S6是在所述PLC运动控制器2的运动控制模块上执行的,

[0113] 由此,如果扭矩变量均满足要求,则四个伺服电机会根据PLC运动控制器的指令来正常运动。一旦有至少一个扭矩变量不满足要求,四个伺服电机都不会运动,进而避免磁极大梁发生较大倾角变化或磁极大梁机械碰撞。

[0114] 所述步骤S6具体包括:

[0115] 步骤S61:建立4个扭矩设置许可变量,包括大梁入口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnUp_Torque_Set、大梁入口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.EnDn_Torque_Set、大梁出口上伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExUp_Torque_Set及大梁出口下伺服电机扭矩设置许可值GVL.ExDn_Torque_Set,然后把扭矩许可值Max_Torque_limit同时赋给这4个扭矩设置许可变量。

[0116] 这是由于因为Max_Torque_limit是具体的扭矩数值不是变量,GVL.EnUp_Torque_Set、GVL.EnDn_Torque_Set、GVL.ExUp_Torque_Set及GVL.ExDn_Torque_Set是变量。

[0117] 步骤S62:通过PLC运动控制器2的运动控制模块来判断扭矩变量是否同时满足以

下要求,若是,则所有伺服电机继续运动,否则,所有伺服电机禁止运动:

[0118] $|GVL.EnUp_Torque| \leq GVL.EnUp_Torque_Set$

[0119] $|GVL.EnDn_Torque| \leq GVL.EnUp_Torque_Set$

[0120] $|GVL.ExUp_Torque| \leq GVL.ExUp_Torque_Set$

[0121] $|GVL.ExDn_Torque| \leq GVL.ExDn_Torque_Set$ 。

[0122] 以上所述的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。凡是依据本发明申请的权利要求书和说明书内容所做的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽叙述的均为常规技术内容。

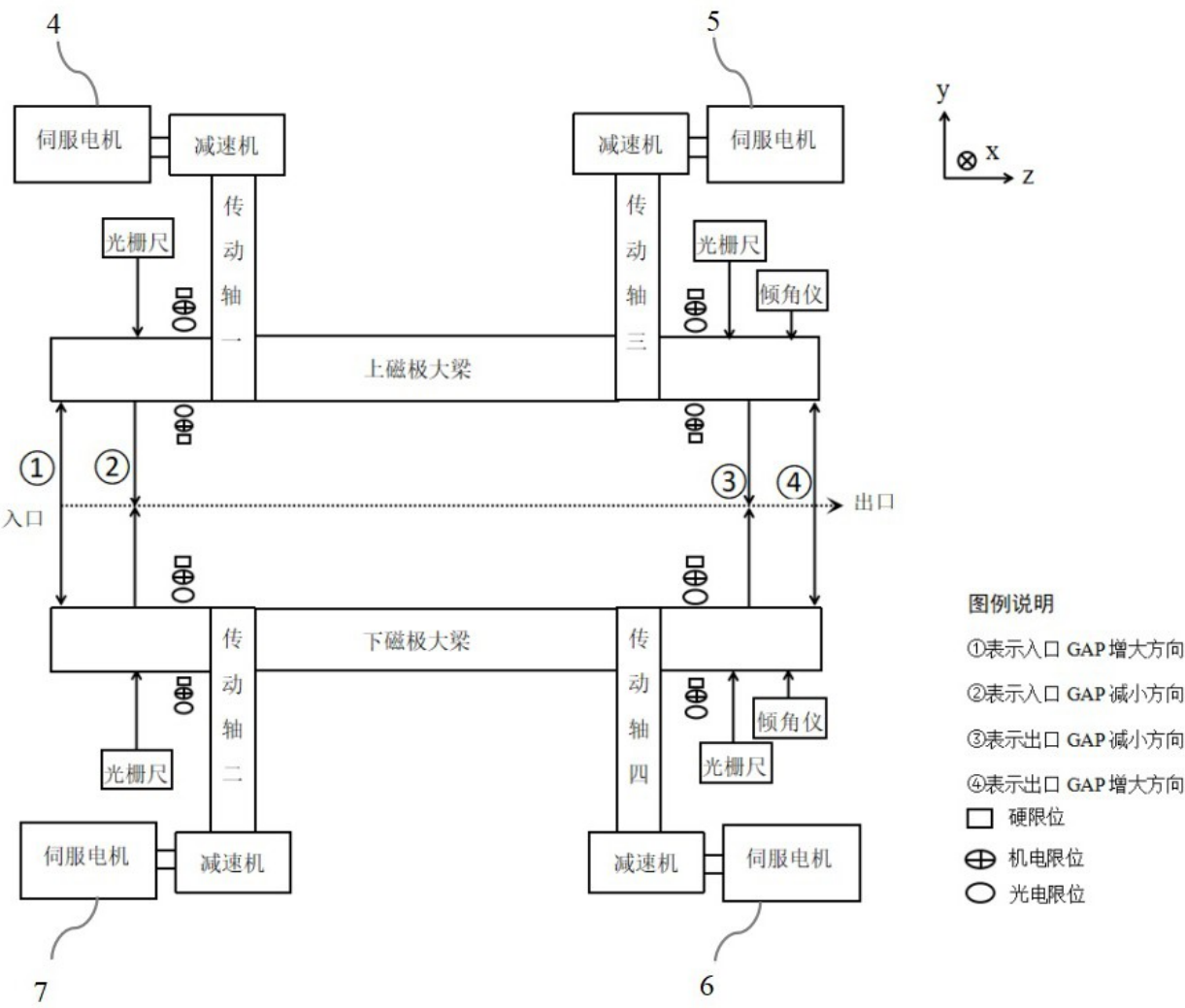


图 1

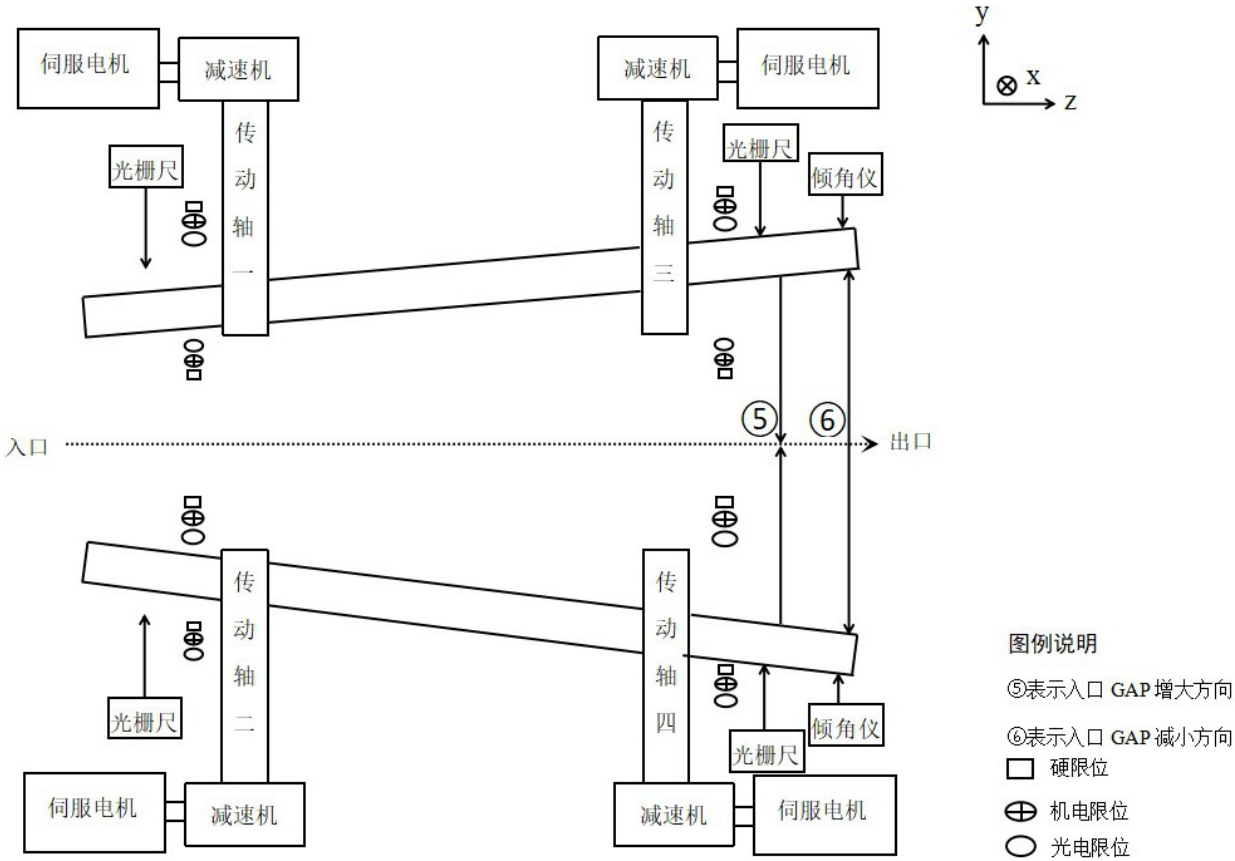


图 2

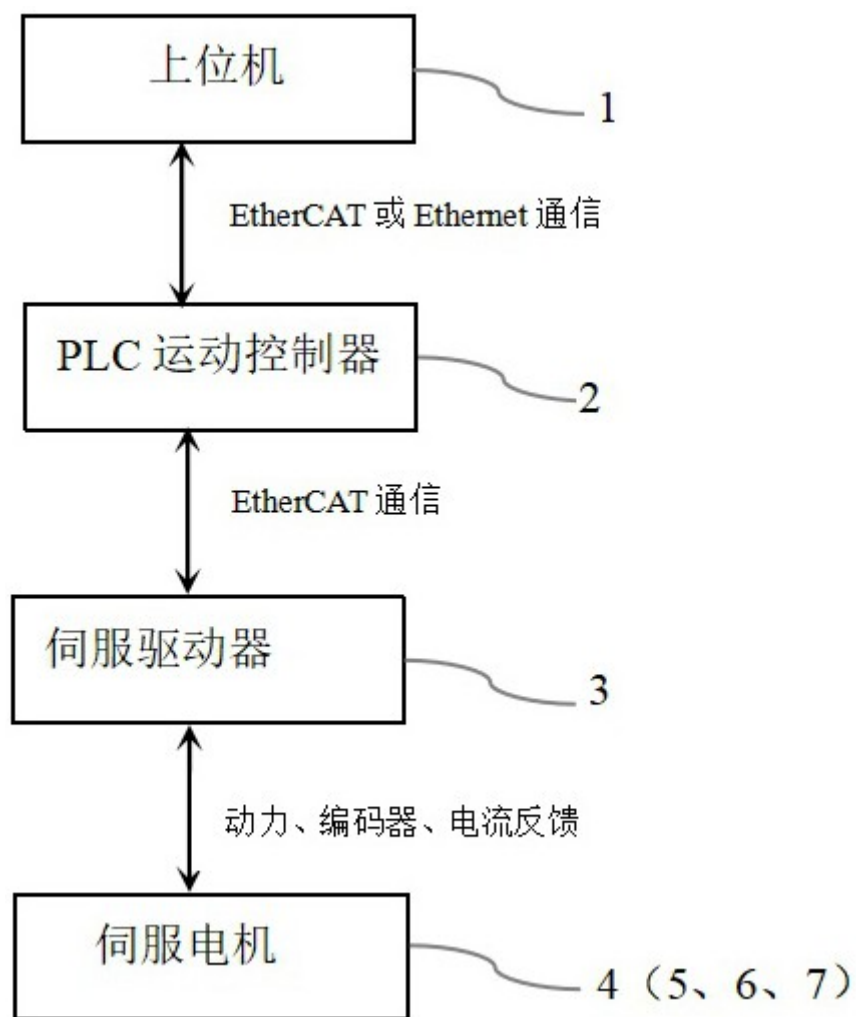


图 3

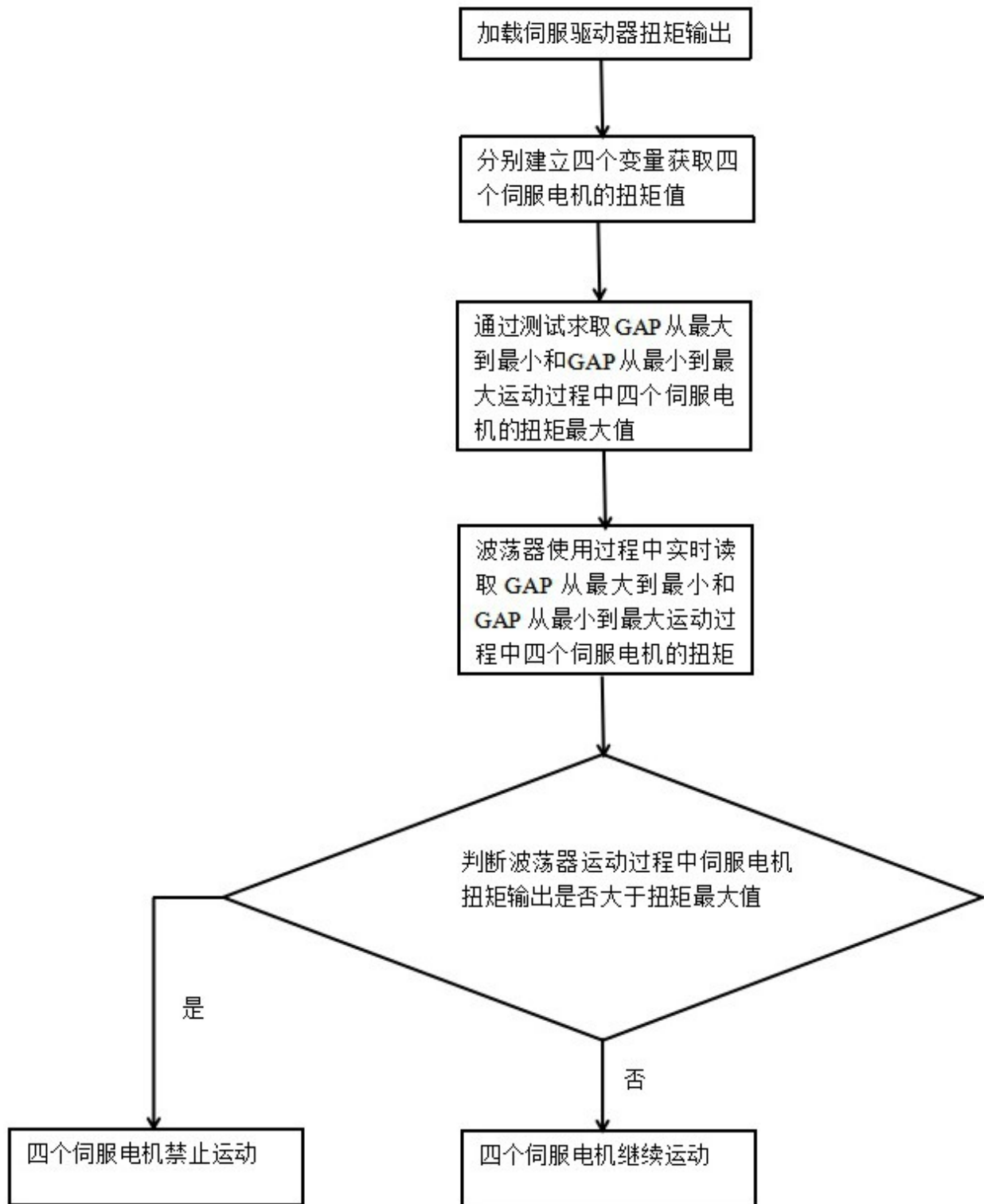


图 4

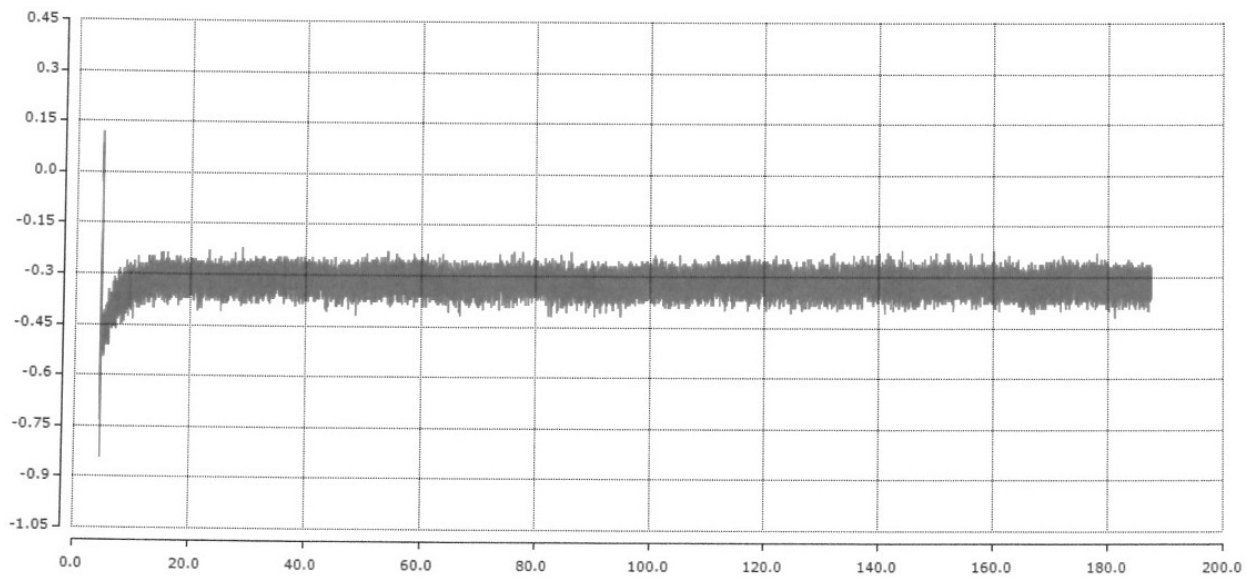


图 5A

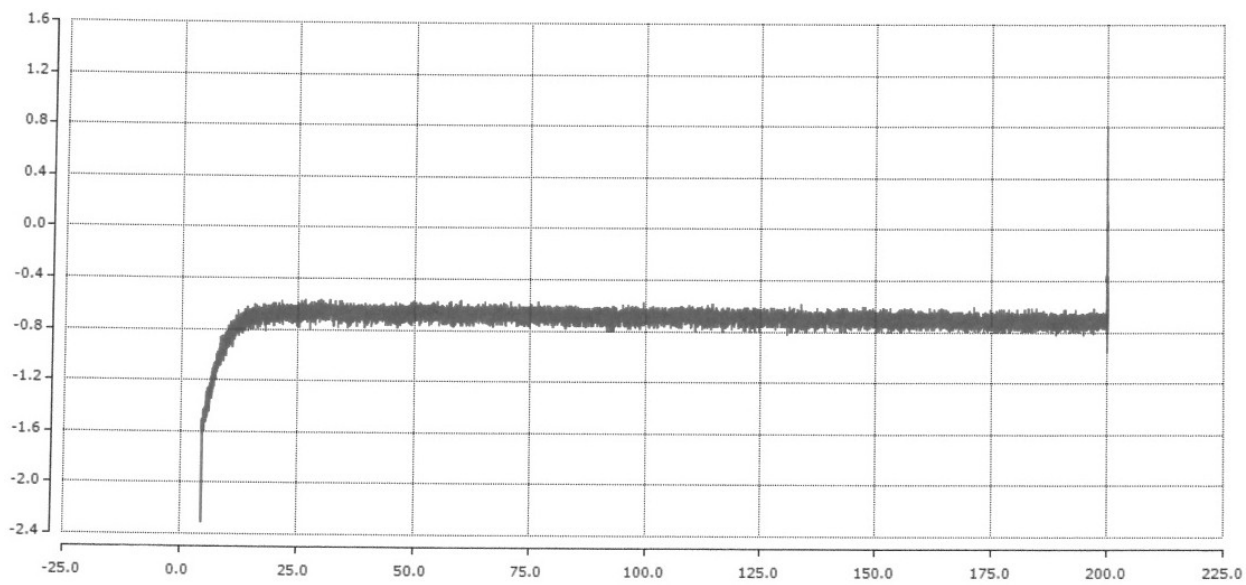


图 5B

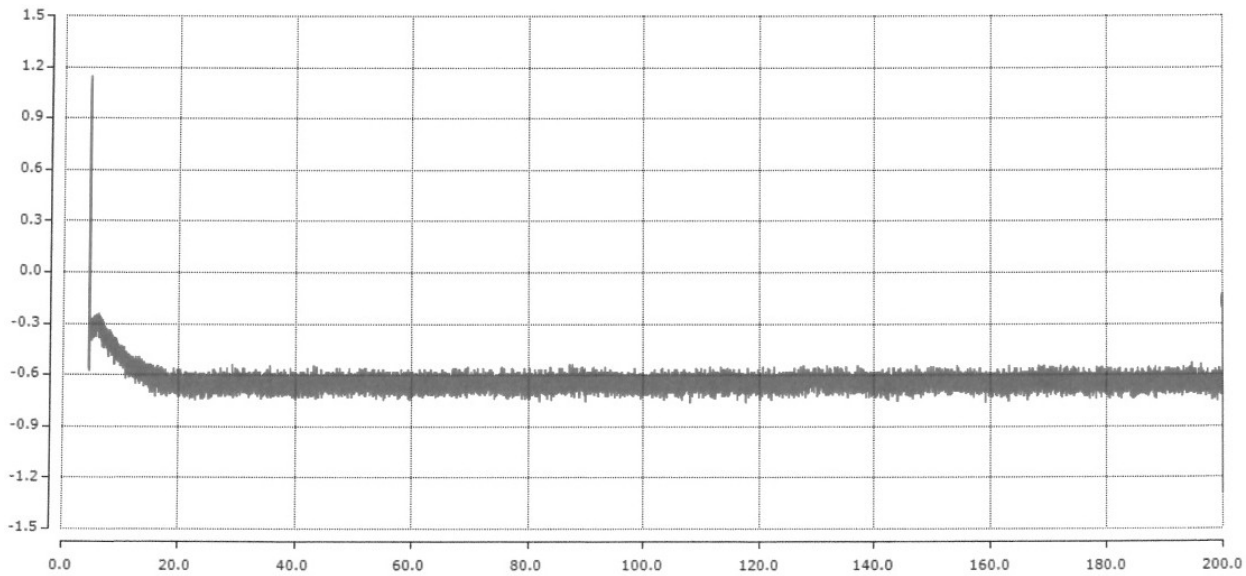


图 5C

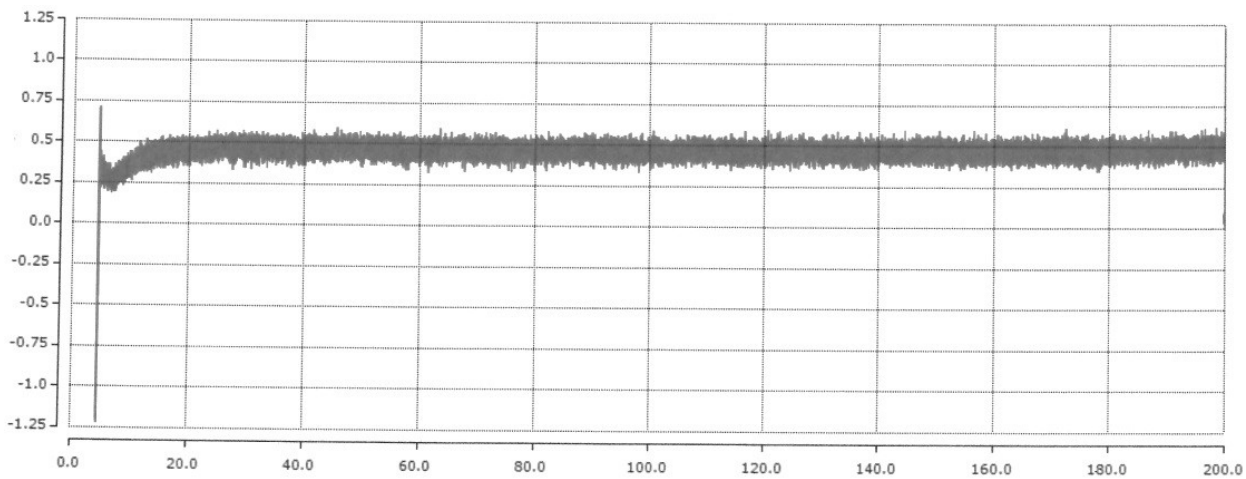


图 5D

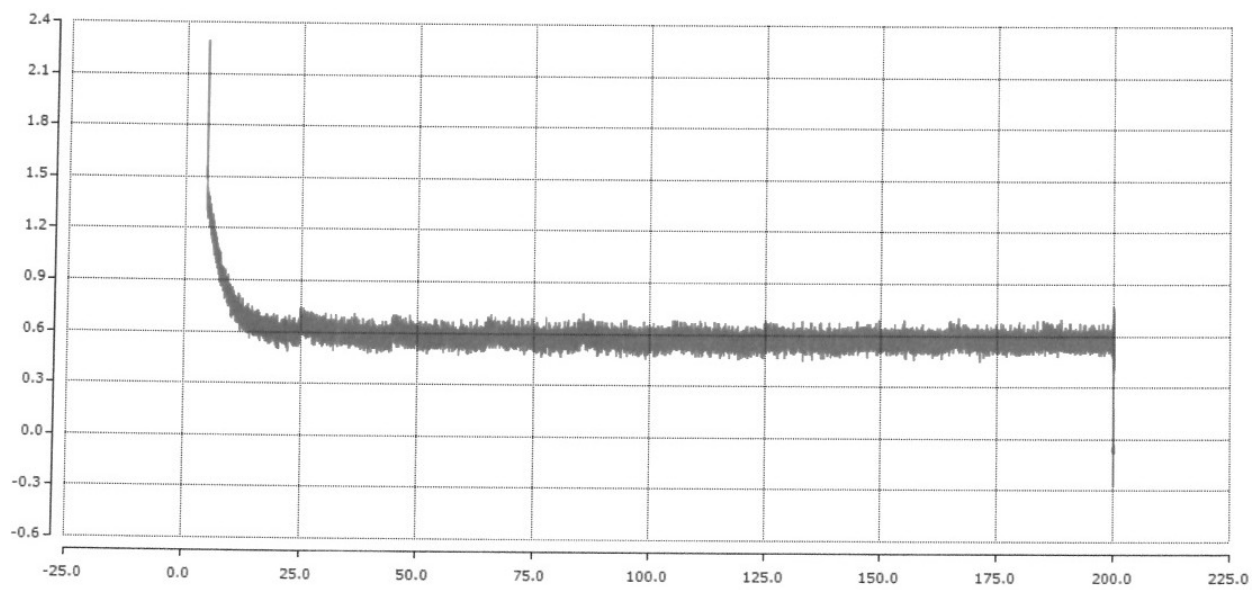


图 6A

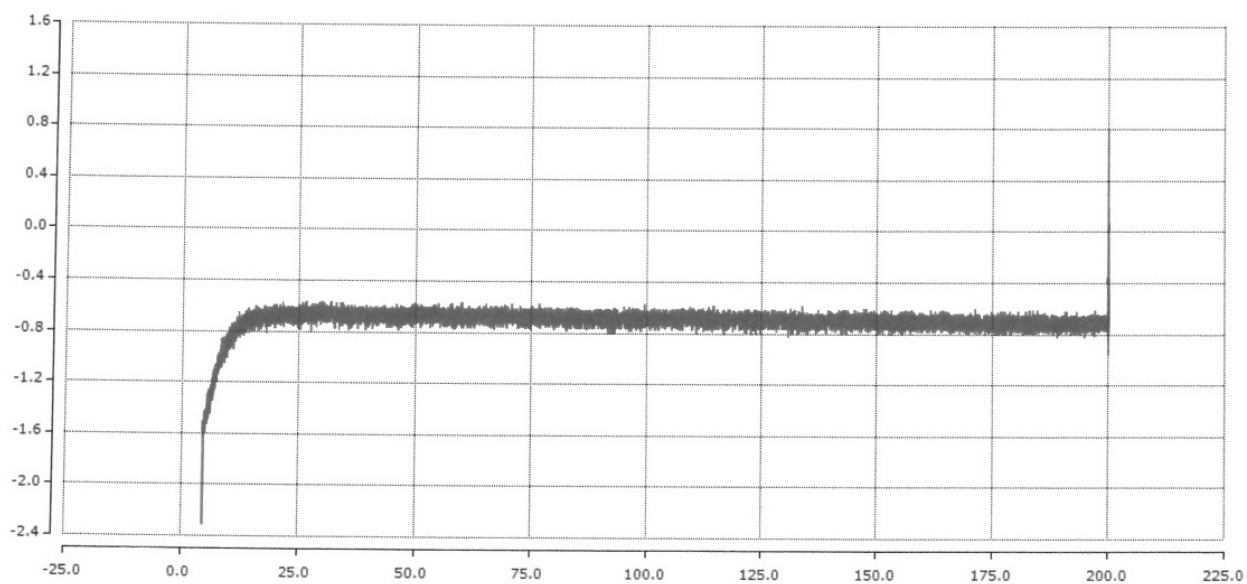


图 6B

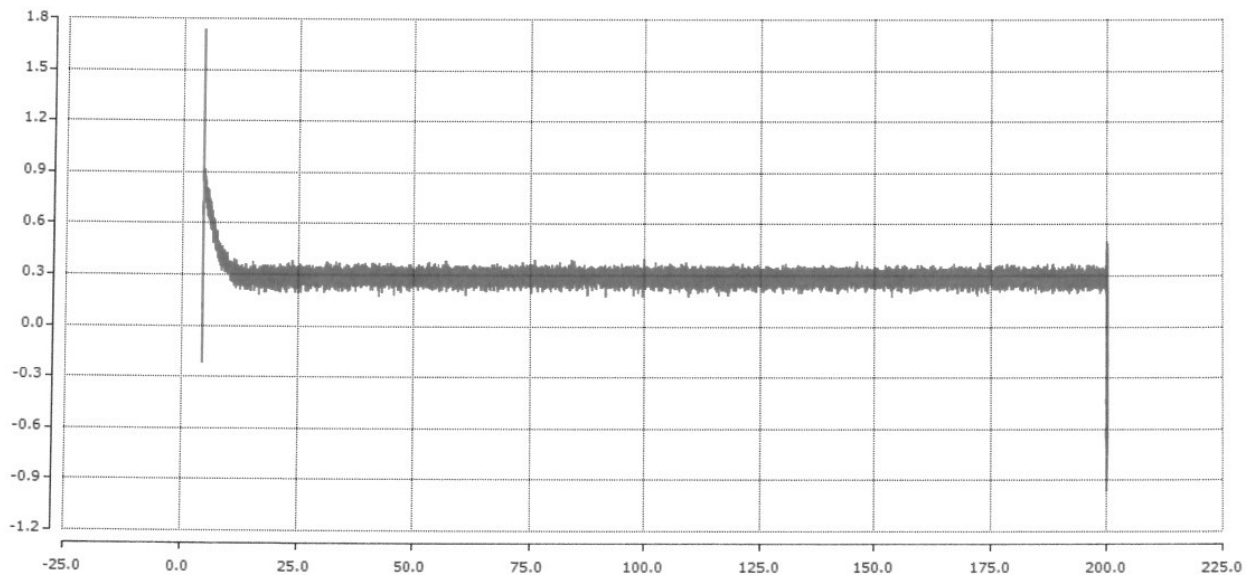


图 6C

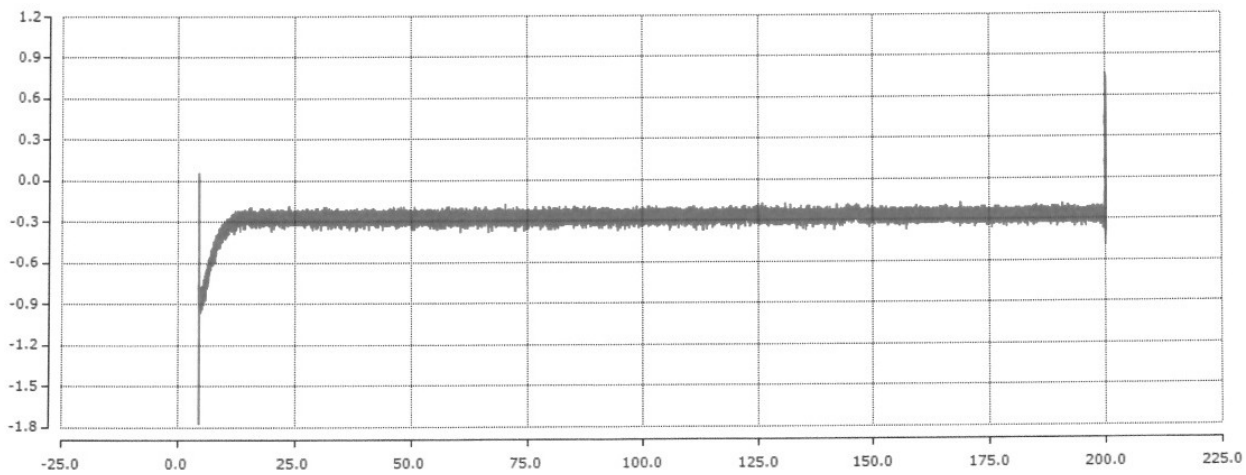


图 6D