

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G05B 19/19 (2006.01)
B23G 1/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810081598.6

[43] 公开日 2008年9月10日

[11] 公开号 CN 101261509A

[22] 申请日 2008.3.7

[21] 申请号 200810081598.6

[30] 优先权

[32] 2007.3.8 [33] JP [31] 2007-058442

[71] 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨县

[72] 发明人 前田和臣 园田直人 丰泽雪雄

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司
代理人 许 静

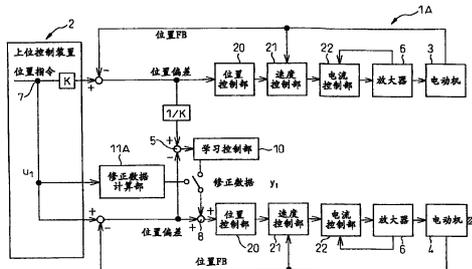
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 10 页

[54] 发明名称

伺服控制装置

[57] 摘要

本发明提供一种伺服控制装置，其对驱动主动轴的主动侧驱动源以及驱动从动轴的从动侧驱动源(4)进行同步控制，其具备：位置控制部，其根据位置偏差进行位置控制，该位置偏差是给予从动侧驱动源(4)的位置指令值与从动侧驱动源反馈的位置检测值的差；运算部，其计算同步误差，该同步误差为主动侧驱动源和从动侧驱动源的位置偏差的差分；以及修正数据计算部，其为了减小同步误差，计算用于修正从动侧驱动源的位置偏差的修正数据。



1. 一种伺服控制装置(1A、1AA、1B、1C、1D), 其对驱动主动轴的主动侧驱动源(3)以及对于所述主动轴按一定的定时驱动从动轴的从动侧驱动源(4)进行同步控制, 其特征在于, 具备:

位置控制部(20), 其根据位置偏差进行位置控制, 所述位置偏差是给予所述从动侧驱动源(4)的位置指令值与从所述从动侧驱动源(4)检测到的反馈值的差;

运算部(5), 其计算同步误差, 该同步误差为所述主动侧驱动源(3)的位置偏差和所述从动侧驱动源(4)的位置偏差的差分; 以及

修正数据计算部(11A、11B、11C、11D、11E), 其为了减小所述同步误差, 根据针对所述从动侧驱动源(4)的所述位置指令值, 计算用于修正所述从动侧驱动源(4)的所述位置偏差的第一修正数据。

2. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1AA), 其特征在于,

设置两个所述从动侧驱动源(4), 各个从动侧驱动源(4)分别驱动相互平行的串联结构的第一从动轴以及第二从动轴。

3. 根据权利要求2所述的伺服控制装置(1AA), 其特征在于,

对于一个所述从动轴计算出的所述第一修正数据还用于另一个所述从动轴。

4. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1A、1AA), 其特征在于,

具备学习控制部(10), 其为了通过学习控制使所述同步误差收敛到0, 计算与所述从动侧驱动源(4)的所述位置误差相加的第二修正数据, 在所述修正数据计算部(11A)中, 使用同定给予所述从动侧驱动源(4)的所述位置指令值与所述第二修正数据的线性关系的传递函数, 根据所述位置指令值计算所述第一修正数据, 使该第一修正数据与所述从动侧驱动源(4)的所述位置偏差相加。

5. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1B), 其特征在于,

具备学习控制部(12), 其为了通过学习控制使所述同步误差收敛到0, 计算与所述从动侧驱动源(4)的所述位置误差相加的第二修正数据, 将由所

述修正计算部(11B)计算出的所述第一修正数据设定为所述学习控制部(12)的初始值,根据该初始值计算所述第二修正数据,并将该第二修正数据与所述从动侧驱动源(4)的所述位置偏差相加。

6. 根据权利要求5所述的伺服控制装置(1B),其特征在于,

在所述修正数据计算部(11B)中,存储有所述位置指令值的指令模式和为了计算所述第二修正数据而参照的基准数据,通过对所述修正数据计算部(12)给予所述位置指令值来求出所述基准数据,根据该基准数据推定作为所述第一修正数据的同步误差。

7. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1C、1D),其特征在于,

所述修正数据计算部(11C、11D、11E),具有计算所述修正数据的补偿器(20)以及根据所述位置指令值和所述同步误差逐次计算该补偿器(20)的参数的自适应运算部(21)。

8. 根据权利要求1所述的伺服控制装置,其特征在于,

所述修正数据计算部(11E)具有:计算所述修正数据的补偿器(20);调整该修正数据的输出的调整器(26);以及根据所述位置指令值、所述同步误差以及所述位置误差逐次计算所述补偿器(20)的参数的自适应运算部(21)。

9. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1A、1AA、1B、1C、1D),其特征在于,

所述主动轴是旋转轴,所述第一从动轴以及所述第二从动轴是进给轴。

10. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1A、1AA、1B、1C、1D),其特征在于,

在上位控制装置中设置有所述运算部(5)。

11. 根据权利要求1所述的伺服控制装置(1A、1AA、1B、1C、1D),其特征在于,

加工是在工件上形成内螺纹的攻螺纹加工。

12. 根据权利要求1所述的伺服控制装置,其特征在于,

加工是在工件的外周表面形成外螺纹的螺纹加工。

伺服控制装置

相关技术的交叉引用

本申请基于先前在2007年3月8日递交的日本专利申请第2007-058442号说明书,并享受其优先权的好处;其全部内容被收容于本申请中,以资参考。

技术领域

本发明涉及一种伺服控制装置,该伺服控制装置,用于对工件进行加工的机床、机器人、压力机、注射模塑成形机等,并用于使主动侧驱动源和从动侧驱动源同步动作,例如像螺纹加工或丝锥加工那样对工件反复进行相同的加工的机械。

背景技术

一般,在对工件的外周表面加工外螺纹时,使在主轴等上夹紧的工件旋转,同时对螺纹切削工具给予规定的切削量,并且使切削工具相对于工件的轴方向直线移动来进行螺纹切削。此时,为了使切削阻力不会变大,将切削量分为数次给予切削工具,按照规定的切削量,反复进行规定通过次数的切削,由此来形成完整的螺纹形状。在使用丝锥对工件加工内螺纹时,在沿X-Y方向移动的工作台上固定工件,一边使安装在主轴上的丝锥旋转,一边给予其旋转轴方向的进给,或者相反,使丝锥保持旋转,对工件给予旋转轴方向的进给来进行螺纹切削。

为了按照规定的螺距连续地形成螺纹牙,根据工件的转速或丝锥的转速决定加工外螺纹时的切削工具的进给速度,和加工内螺纹时的丝锥的进给速度。即,直线移动的切削工具或丝锥的移动指令(进给速度)与旋转的工件或丝锥的旋转指令(转速)为一定的比率。因此,在这样的螺纹切削加工或丝锥加工中,为了按照一定的比率同步驱动双方的驱动源(伺服电动机),根据机床的数值控制装置输出旋转指令以及移动指令。

在此,作为一例,对于以 6000min^{-1} 加工螺距为1mm的螺纹的情况进行说明。设由一方驱动源驱动的进给轴的位置检测单位为10000脉冲/mm,由

另一驱动源驱动的旋转轴的位置检测单位为 4096 脉冲/mm。当考虑进给轴的移动指令时, 6000min^{-1} , 即旋转一圈为 10ms, 前进 1mm, 所以成为 10000 脉冲/10ms。该进给速度为 6m/min。旋转轴在 10ms 期间旋转一圈, 即为 4096 脉冲, 所以成为 4096/10ms。因此, 两个驱动轴的比率为 $K=4096/10000$ 。因此, 如果将驱动进给轴的驱动源的移动指令的 4096/10000 倍作为驱动旋转轴的驱动源的移动指令, 则可以加工 1mm 螺距的螺纹。

此外, 在特开 2004-280772 号公报中, 公开了取得驱动旋转轴和进给轴的驱动源的同步, 反复加工同一形状的现有的一个例子。

在外螺纹或内螺纹加工中, 如果被同步控制的多个驱动源具有相同的伺服特性, 则旋转轴和进给轴具有相同的位置偏差, 理论上不会产生同步误差, 但是随着旋转轴的高刚性化, 旋转轴的惯性增大时, 或者在旋转轴高速旋转时, 旋转轴的伺服特性与进给轴相比会恶化, 有时在旋转轴加速减速时产生大的位置偏差。虽然可以通过学习控制使这样的同步误差缓缓地收敛于较小的值, 但需要反复进行相同的位置指令, 由此来发挥学习控制的学习效果, 因此存在在第一次的控制中无法得到学习效果, 造成同步误差大的问题。因此, 在每次变更位置指令时, 操作者根据进行数次学习控制得到的修正数据, 可以减小同步误差。因此, 当企图从第一次控制开始减小同步误差时, 事先要使学习控制部的存储器的一部分进行退避, 然后在使用该位置指令时, 需要进行返回到原来的多余的操作。

发明内容

本发明的目的在于提供一种在主动侧驱动源和从动侧驱动源之间产生同步误差时, 可以从第一次控制开始减小同步误差的伺服控制装置。

为了达成上述目的, 本发明的一种方式提供一种伺服控制装置, 其对驱动主动轴的主动侧驱动源以及对于所述主动轴按一定的定时驱动从动轴的从动侧驱动源进行同步控制, 该伺服控制装置具备: 位置控制部, 其根据位置偏差进行位置控制, 所述位置偏差是给予所述从动侧驱动源的位置指令值与从所述从动侧驱动源检测到的反馈值的差; 运算部, 其计算同步误差, 该同步误差为所述主动侧驱动源的位置偏差和所述从动侧驱动源的位置偏差的差分; 以及修正数据计算部, 其为了减小所述同步误差, 根据对所述从动侧驱动源给予的所述

位置指令值计算修正所述从动侧驱动源的所述位置偏差的修正数据。

根据上述的结构,修正数据计算部,根据位置指令值计算修正从动侧驱动源的位置偏差的修正数据,并且将该修正数据与从动侧驱动源的位置偏差相加,由此可以进行在主动侧驱动源和从动侧驱动源之间从第一次控制开始减小同步误差的控制。因此,可以从无法得到学习效果的第一次控制开始进行高精度、高效率的加工,可以提高制造品质的可靠性。此外,还可以柔性应对控制方法的变更。

此外,在所述伺服控制装置中,可以设置两个所述从动侧驱动源,通过各个从动侧驱动源分别驱动相互平行的串联结构的第一从动轴以及第二从动轴。由此,使用两个从动侧驱动源分别驱动串联结构的第一进给轴和第二进给轴,由此可以减轻各个驱动源的负荷,可以提高控制的随动性和稳定性。此外,可以使所使用的驱动源小型化,可以提高经济性。

此外,在所述伺服控制装置中,还可以将对所述一个从动轴计算出的所述修正数据用于所述另一从动轴。由此,可以由两个从动侧驱动源公用修正数据计算部,可以避免伺服控制装置的结构变得复杂。

此外,在所述伺服控制装置中,可以具备学习控制部,其为了通过学习控制使所述同步误差收敛为0,计算与所述从动侧驱动源的所述位置误差相加的第二修正数据。而且,在所述修正数据计算部中,使用同定对所述从动侧驱动源给予的所述位置指令值与所述第二修正数据的线性关系的传递函数,根据所述位置指令值计算所述第一修正数据,使该第一修正数据与所述从动侧驱动源的所述位置偏差相加。由此,在学习控制中,虽然在没有参照数据的第一次控制中无法减小同步误差,但可以通过修正数据计算部计算修正位置偏差的修正数据,所以可以从第一次控制开始减小同步误差。

此外,在所述伺服控制装置中,可以具备学习控制部,其为了通过学习控制使所述同步误差收敛为0,计算与所述从动侧驱动源的所述位置误差相加的第二修正数据。并且,将所述修正数据计算部计算出的所述第一修正数据在所述学习控制部的初始值设定部中设定为初始值,可根据该初始值计算所述第二修正数据。使该第二修正数据与所述从动侧驱动源的所述位置偏差相加,由此可以从第一次控制开始减小同步误差。

可以在所述修正数据计算部中存储有为了计算所述位置指令值的指令模式和所述第二修正数据而参照的基准数据,通过对所述修正数据计算部给予所述位置指令值来输出所述基准值,根据该基准值推定作为所述第一修正数据的同步误差。

此外,在所述伺服控制装置中,所述修正数据计算部,还可以具有计算所述修正数据的补偿器以及根据所述位置指令值和所述同步误差逐次计算该补偿器的参数的自适应运算部。根据位置指令值以及同步误差由作为自适应运算部的自适应算法计算计算修正数据的补偿器的参数或滤波系数来决定修正数据,由此可以从第一次控制开始减小同步误差。

此外,在所述伺服控制装置中,所述修正数据计算部,还可以具有:计算所述修正数据的补偿器;调整该修正数据的输出的调整器;以及根据所述位置指令值、所述同步误差以及所述位置偏差逐次计算所述补偿器的参数的自适应运算部。根据位置指令值、同步误差以及位置偏差由作为自适应运算部的自适应算法计算计算修正数据的补偿器的参数或滤波系数来决定修正数据,,在调整器将该修正数据乘以系数来调整修正数据,由此可以从第一次控制开始减小同步误差,并且在同步误差有滞后的情况下也可以简单地调整同步误差的值。

此外,在所述伺服控制装置中,可以将所述主动轴作为旋转轴,将所述第一从动轴和所述第二从动轴作为进给轴。由此,即使旋转轴由于易受到惯性的影响,而造成位置偏差容易变大的情况下,也可以提高同步控制的同步精度。

此外,在所述伺服控制装置中,还可以在所述上位控制装置中设置所述运算部。通过在上位控制装置中设置运算部,可以简化伺服控制装置的电路结构。

此外,在所述伺服控制装置中,可以使所述加工为在工件上形成内螺纹的丝锥加工。因为反复进行的加工是丝锥加工,所以可以减小进行往复动作的刚性丝锥正向旋转时和逆向旋转时的同步误差,可以进行高精度、高效率的加工。

此外,在所述伺服控制装置中,可以使所述加工为在工件的外周表面上形成外螺纹的螺纹加工。因为反复进行的加工是螺纹加工,所以在按照规定的通过次数形成完整的螺纹牙时,可以提高各次通过的重复精度,防止位置偏移,形成高精度的螺纹牙。

附图说明

根据与附图相关联的以下优选实施方式的说明,本发明上述以及其他的目的、特征以及优点将会变得更加明确。在附图中,

图 1 是本发明的伺服控制装置的第一实施方式的框图。

图 2 是表示图 1 的伺服控制装置的学习控制部的结构的说明图。

图 3 是表示图 1 的伺服控制装置的变形例的框图。

图 4 是本发明的伺服控制装置的第二实施方式的框图。

图 5 是表示图 4 的伺服控制装置的学习控制部的结构的说明图。

图 6 表示在图 4 的伺服控制装置的修正数据计算部中,与修正数据列关联起来存储的典型的指令模式的一例。

图 7 是本发明的伺服控制装置的第三实施方式的框图。

图 8 是表示图 7 的伺服控制装置的修正数据计算部的结构的说明图。

图 9 同样是表示图 7 的伺服控制装置的修正数据计算部的变形例的说明图。

图 10 是本发明的伺服控制装置的第四实施方式的框图。

图 11 是表示图 10 的伺服控制装置的修正数据计算部的结构的说明图。

具体实施方式

以下,使用附图对本发明的实施方式的具体例子进行说明。图 1 是本发明的伺服控制装置的第一实施方式的框图。本实施方式的伺服控制装置 1A 经由未图示的公共存储器与上位控制装置 2 相连接。从上位控制装置 2 输出的移动指令值被输入给伺服控制装置,成为同步控制驱动机床主轴(主动轴)的主轴电动机(主动侧伺服电动机)3 和驱动进行直动的从动轴的进给侧伺服电动机(从动侧伺服电动机)4 的指令值。从位置指令值中减去来自位置检测器(未图示)的位置反馈值,来求出位置偏差,位置检测器用于检测伺服电动机 3、4 的位置,安装在伺服电动机 3、4 中。在从动一侧,对位置偏差相加来自学习控制部 10 的修正数据(第二修正数据)来修正位置偏差。在位置控制中,对修正后的位置偏差乘以位置增益来求出速度指令。在速度控制中,从速度指令值中减去来自对伺服电动机 3、4 的速度进行检测的、未图示的速度检测器的反馈值来求出速度偏差,并且通过比例积分控制等由速度偏差求出电流指令。在电流控制中,从电流指令值中减去由未图示的电流检测器检测到的电流

反馈值来求出电流偏差,通过电流放大器对该电流偏差进行放大来驱动控制伺服电动机。

如上所述,伺服控制装置 1A 大体的控制流程与现有的控制流程大致相同,但本实施方式的伺服控制装置 1A 与现有的伺服控制装置的不同点在于:对主动侧和从动侧的同步误差进行学习控制,来计算修正数据;以及具备可以从无法得到学习效果的第一次控制开始减小同步误差的单元(修正数据计算单元)。

在上位装置 2 上连接了未图示的可编程序控制器、操作板、周边装置等。公共存储器是用于将从上位控制装置 2 输出的信息交给伺服控制装置 1A 的处理器,或者相反,将从伺服控制器 1A 输出的各种信息交给上位控制装置 2 的存储装置。

伺服控制装置 1A 具有处理器、ROM、RAM 等来形成了数字伺服电路,具备:运算器 5,其计算一对伺服电动机 3、4 的同步误差;学习控制部 10,其根据同步误差计算修正数据;修正数据计算部 11A,其在无法得到学习控制的效果的第一次控制中,计算修正数据(第一修正数据)。伺服控制装置 1A 具备学习控制部 10,由此进给侧伺服电动机 4 对于主轴电动机 3 的随动性明显提高,可以进行高精度、高效率的加工。伺服控制装置 1A 具备修正数据计算部 11A,由此可以从无法得到学习效果的第一次控制开始,以小的同步误差进行精度良好的加工。

数字伺服电路与现有的数字伺服电路相同,其是根据反馈信号分别对旋转驱动主轴的主轴电动机 3 以及沿着进给轴对未图示的切削工具进行进给的进给侧伺服电动机 4 进行位置环控制、速度环控制,并且根据来自晶体管变换器等放大器 6 的电流反馈信号,对上述主轴电动机 3 以及进给侧伺服电动机 4 进行电流环控制的电路。

在具备具有数字伺服电路的伺服控制装置的机床中,例如可以通过未图示的在主轴上夹紧的丝锥对固定在工作台上的工件加工内螺纹。在为该加工时,对进给侧伺服电动机 4 进行同步控制,以使丝锥按照将主轴电动机 3 的转速乘以作为换算系数的螺距得到的进给速度,在轴方向上进行移动。

根据图 1 详细说明伺服控制装置 1A 针对主轴电动机 3 以及进给侧伺服电

动机 4 的控制流程。

首先，从上位控制装置 2 输出的每单位时间的移动（位置）指令值在分支点 7 分支为两个方向，其中一方的移动指令值在乘以一定比率的换算系数 K 之后，被输出给伺服控制装置 1A 的控制主轴电动机 3 的主轴侧电路，另一方移动指令值被直接输出给伺服控制装置 1A 的控制进给侧伺服电动机 4 的进给轴侧电路。

在主轴侧电路中，从乘以换算系数 K 之后的移动指令值中减去从检测主轴电动机 3 的位置的脉冲编码器等位置检测器输出的位置反馈值，来求出位置偏差（位置环控制）。然后，在位置控制部 20 中对该位置偏差乘以位置环增益来求出速度指令值。然后，在速度控制部 21 中，在从该速度指令值中减去从检测主轴电动机 3 的速度的速度检测器输出的速度反馈值，来求出速度偏差之后（速度环控制），对该速度偏差进行比例积分控制（PI 控制），求出电流指令值（转矩指令）。然后，在电流控制部 22 中，从该电流指令值中减去来自放大器 6 的电流反馈值来求出电流偏差（电流环控制），经由放大器 6 驱动主轴电动机 3，经由未图示的减速机构使工件旋转。

在进给轴侧电路中也和主轴侧电路一样，进行位置环控制、速度环控制、电流环控制，经由放大器 6 驱动进给侧伺服电动机 4，通过未图示的减速机构使进给丝杠进行旋转，在轴方向上使丝锥进给。

在运算器 5 中求出同步误差，该同步误差为主轴侧电路和进给侧电路各自的位置偏差的差分。为了转换为与进给侧电路的位置偏差相同的单位，对主轴电动机 3 的位置偏差乘以逆换算系数 (K^{-1})，来求出主轴侧电路的位置偏差。如此，通过使主轴侧电路和进给侧电路的位置偏差为相同的单位，可以求出由于两个电动机 3、4 的伺服特性的不同引起的同步误差。

学习控制部 10 从运算器 7 得到得同步误差，根据该同步误差计算修正进给侧伺服电动机 4 的位置偏差的修正数据（第二修正数据）。将该计算出的修正数据在加法运算点 8 与位置偏差相加，由此进行了减小两个电动机 3、4 之间的同步误差的处理。根据修正后的位置偏差，在对于主轴电动机 3 维持一定比率的定时的状态下驱动进给侧伺服电动机 4。

下面进一步详细说明，如图 2 所示，学习控制部具有：用于限制频带的滤

波部 15; 存储修正数据的存储部 16; 以及对作为控制对象的进给侧伺服电动机 4 的相位延迟、增益下降进行补偿的动态特性补偿要素 17。存储器 16 具有与取样数对应的存储区域, 在按照规定的切削量对工件进行加工时, 把根据在规定的取样时间检测到的同步误差计算出的多个修正数据存储到与各个取样时间对应的存储区域中。

在按照与上次加工相同的路径进行移动的下次加工时, 在每个规定的采样时间读出存储部 16 中存储的旧的修正数据, 使其与运算器 5 求出的、与规定的定时时间对应的同步误差进行相加, 来进行滤波处理, 作为更新后的新的修正数据存储到存储部 16 中。另一方面, 对从存储部 16 读出的旧的修正数据进行相位延迟、增益降低的补偿, 在加法运算点 8 与位置偏差相加。由此, 在每次重复加工时, 进行使两个电动机 3、4 的同步误差减小的处理, 带来高精度的加工。但是, 学习控制具有在第一控制中无法减小同步误差的问题。

修正数据计算部 11A 是用于补偿学习控制的第一次控制的单元。在修正数据计算部 11A 中, 根据来自上位控制装置 2 的位置指令值, 计算使主轴电动机 3 和进给侧电动机 4 的同步误差减小的修正数据。输入的位置指令和输出的修正数据, 通过传递函数关联起来。根据过去的典型的丝锥加工的学习控制进行同定(推定), 由此来求出传递函数。具体地说, 在典型的学习控制中, 将每个取样的位置指令值列 u_1 作为输入, 将同步误差收敛于 0 时的修正数据列 y_1 作为输出, 根据以下的式子同定传递函数 G 。

$$y_1 = G \cdot u_1 + H \cdot e$$

在此, e 为噪音源, H 为噪音特性。

在同定模型中考虑 ARX 模型、ARMAX 模型、输出误差(OE)模型、Box-Jenkins 模型、状态空间模型等各种模型, 但是在本实施方式中, 作为一个例子, 以 ARX 模型 (autor egressive model with exogenous input) 为例进行说明。模型由以下的线性差分方程来表示。

$$A(z) y_1(t) = B(z) u_1(t-nk) + e(t)$$

$$A(z) = 1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_{na} z^{-na}$$

$$B(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_{nb} z^{-nb}$$

在此, na 为极点的数量, nb 为零点的数量, nk 为延迟。 nk 为系统的纯粹

的时间延迟（死区时间）。因此，如果对于控制系统没有死区的时间，一般 n_k 为 1。对于多个输入系统， n_b 和 n_k 为行矢量，参数 a_i ， b_i 使用最小二乘法进行计算。由此，推定传递函数 $G=B(z)/A(z)$ 。

图 3 表示第一实施方式的变形例，伺服控制控制 1AA 控制两个进给侧的伺服电动机 4A、4B。具有两个进给侧伺服电动机 4A、4B 的串联（tandem）构造的机床 25 为一般的机床，通过两个伺服电动机 4A、4B 减轻负荷，被驱动物的稳定性良好，此外，可以进行对于主动侧的主轴电动机 3 随动性良好的驱动。因此，还可以使电动机 4A、4B 小型化。相反，通过具备多个电动机 4A、4B，还可以应对机床 25 的高输出化。

在图 3 中，伺服控制装置 1AA 与伺服控制装置 1A 的不同点在于具备两个修正数据计算部 11A、11A。各个修正数据计算部 11A 与第一实施方式的修正数据计算部 11A 相同，根据位置指令值计算修正数据。两个电动机 4A、4B 分别通过修正数据计算部 11A 修正位置偏差，由此可以使用串联构造的机床 25 进行高精度的加工。

如上所述，根据本实施方式，虽然仅通过学习控制在第一次的控制中无法减小同步误差，但在修正数据计算部 11A 中，通过传递函数当输入了位置指令值时可以求出修正数据，可以从第一次控制开始减小同步误差，可以进行高效率、高精度的加工。

然后，参照图 4~图 7，对本发明的伺服控制装置的第二实施方式进行说明。在学习控制中，无法从第一次控制开始得到学习效果的原因在于在学习控制部 12 的存储部 16 中没有参照的数据（同步误差的数据）。本实施方式的修正数据计算部 11B，在第一次控制中，对学习控制部 12 的初始值设定部 18 提供参照的数据，由此，本实施方式的伺服控制装置 1B 可以从第一次控制开始减小同步误差。

如图 5 所示，学习控制部 12，除了具备用于限制频带的滤波部 15、存储修正数据的存储部 16、以及对作为控制对象的进给侧伺服电动机 4 的相位延迟、增益降低进行补偿的动态特性补偿要素 17 之外，还具有把从修正数据计算部 11B 输出的数据（同步误差）设定为初始值的初始值设定部 18。

把通过学习控制同步误差接近 0 时得到的学习控制部 12 的修正数据与针

对进给侧伺服电动机 4 的位置指令值的指令模式一起作为基准数据存储在修正数据计算部 11B 中。然后,修正数据计算部 11B,根据位置指令的加减速模式,并且根据基准数据推定同步误差,将该同步误差输出给学习控制部。指令模式的一个周期,典型地如图 6 所示,表示为矩形的波形。波形由第一停止部 a、第一加速部 b、第一定速部 c、第一减速部 d、第二停止部 e、第二加速部 f、第二定速部 g、第二减速部 h、以及第三停止部 i 的九个区域构成。在各个区域中,具有以时间为基准的修正数据列。与各个区域相关联的修正数据列被保存在修正数据计算部 11B 中。

作为一个例子,对于从上位控制装置 2 输出了丝锥指令(位置指令)时的控制流程进行说明。为了简单,举出螺纹长度不同,但为相同的丝锥加工的例子进行说明。在指令了典型的丝锥指令时,判断该指令与图 6 的哪个区域(区间)相当。最初,因为输出第一停止部 a 的指令,所以经由初始值设定部 18 将停止部 a 的基准数据列设为学习存储器的初始值。然后,在第一加速部 b 的指令到来之前监视指令。在第一加速部 b 的指令到来时,将第一加速部 b 的基准数据列设为学习存储器的初始值。然后,同样地在第一定速部 c 的指令到来之前监视指令,在第一定速部 c 的指令到来时,在学习存储器中将定速部 c 的基准数据列设为初始值。以下同样地,直到第三停止部 i 为止,将基准数据列设为学习存储器的初始值。由此,作为学习存储器的初始值,可以设置典型的丝锥指令时的基准数据,可以从学习控制部 12 输出修正数据,可以从第一次控制开始减小同步误差。

此外,省略本实施方式与第一实施方式共同构成部分的重复说明。此外,在本实施方式中,也可以与第一实施方式相同,提供可应用于串联构造的伺服控制装置 1B。

如此,根据第二实施方式,可以通过对进给侧电动机 4 给予位置指令值的指令值模式来推定基准数据(同步误差),可以将推定出的基准数据作为学习控制的初始值来提供,所以可以进行从无法得到学习效果的第一次控制开始减小同步误差的控制。

然后,参照图 7~图 9 对本发明的伺服控制装置的第三实施方式进行说明。本实施方式的伺服控制装置 1C 与第一以及第二实施方式的不同点在于,修正

数据计算部 11C 通过自适应控制计算修正数据。

如图 8 所示, 修正数据计算部 11C 具有: 作为数字滤波器的补偿器 20; 决定补偿器 20 的参数以及滤波系数的自适应运算部 21。补偿器 20 由 FIR 型或 IIR 型的滤波器构成。自适应运算部 21 为了使同步误差为最小, 使用自适应算法决定补偿器 20 的参数, 即滤波系数。对自适应运算部 21 输入位置指令值和同步误差。自适应算法为了使包含同步误差的评价函数收敛为 0, 使用最速下降法进行逐次计算。例如, 滤波系数 A_x 通过以下的式子进行计算。

$$A_x(n+1) = A_x(n) + K \cdot u(n) \cdot e(n)$$

在此, x 为滤波器 1~ m 次的次数, K 为常数, u 为位置指令, e 为同步误差。第 $n+1$ 次的滤波系数可以根据第 n 次的滤波系数、位置指令值以及同步误差求出。

图 9 中表示本实施方式的修正数据计算部的变形例。该变形例的修正数据计算部 11D 具有: 作为数字滤波器的补偿器 20; 决定补偿器 20 的参数以及滤波系数的自适应运算部 21; 学习控制部 22; 以及开关 23。对自适应运算部 21 输入位置指令值, 对学习控制部 22 输入同步误差。

学习控制部 22, 相当于第一、第二实施方式的学习控制部 10、12。该修正数据计算部 11D, 通过切换开关 23, 可以选择性地切换自适应控制和学习控制。由此, 修正数据计算部 11D, 可以在无法得到学习控制部 22 的学习效果时选择自适应控制, 在反复进行控制得到学习效果时选择学习控制部。

然后, 参照图 10~图 11 对本发明的伺服控制装置的第四实施方式进行说明。本实施方式的伺服控制装置 1D, 可以推定没有延迟的同步误差。修正数据计算部 11E 除了补偿器 20 和自适应运算部 21 之外, 还具有调整器 26 和 ON-OFF 切换开关 24。修正数据计算部 11E, 在进行自适应控制而使推定误差收敛之后, 使开关 24 为 ON 来停止自适应运算部 21 的运算, 并且固定滤波系数来进行控制。并且, 在同步误差中包含延迟时, 根据位置指令值推定推定位置偏差, 由此可以减小同步误差。

此外, 本发明并不限于上述的实施方式, 可以进行各种变形来实施。例如, 在第三、第四实施方式中, 也可以与第一实施方式相同, 提供可应用于串联构造的伺服控制装置。

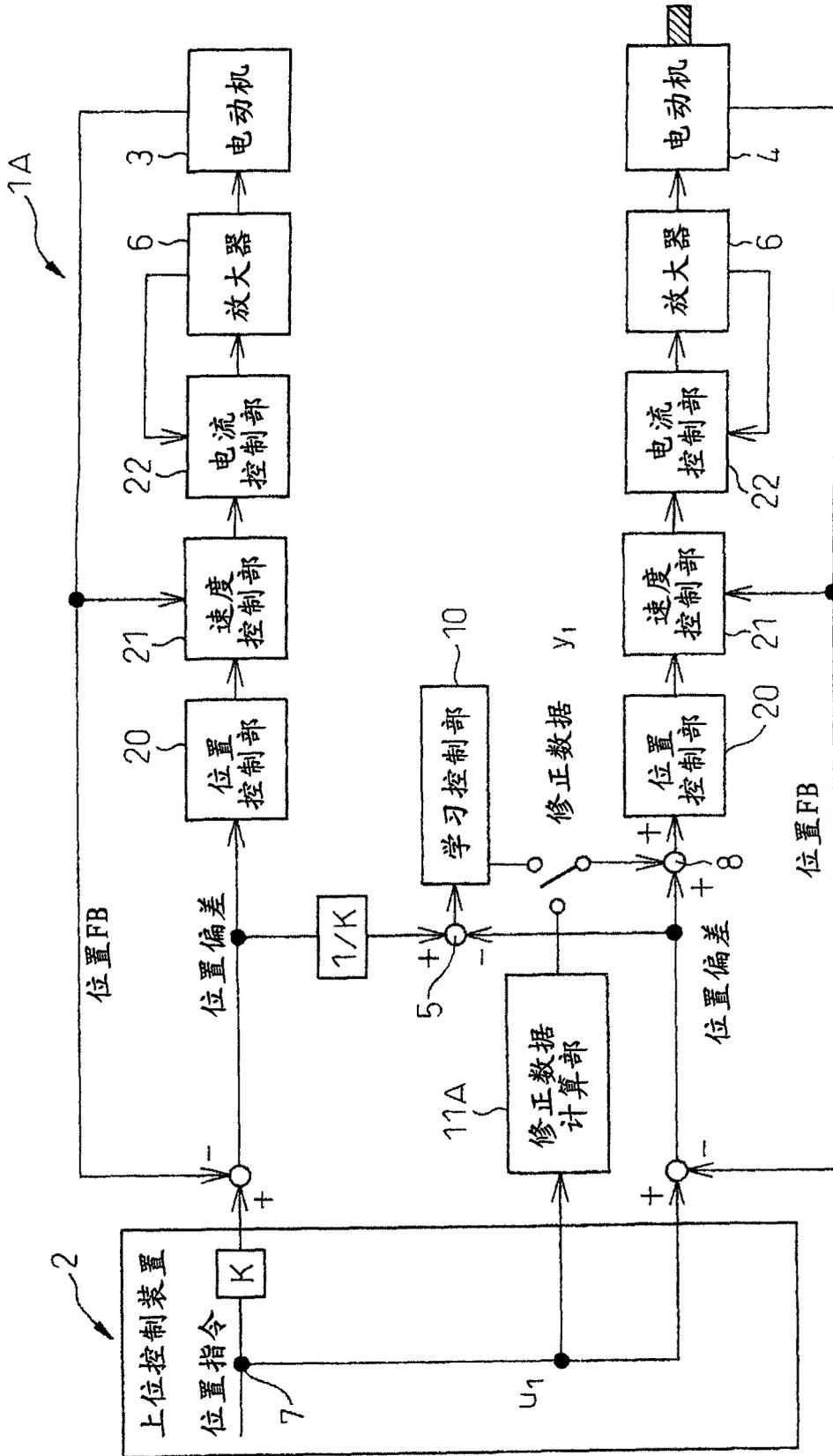


图 1

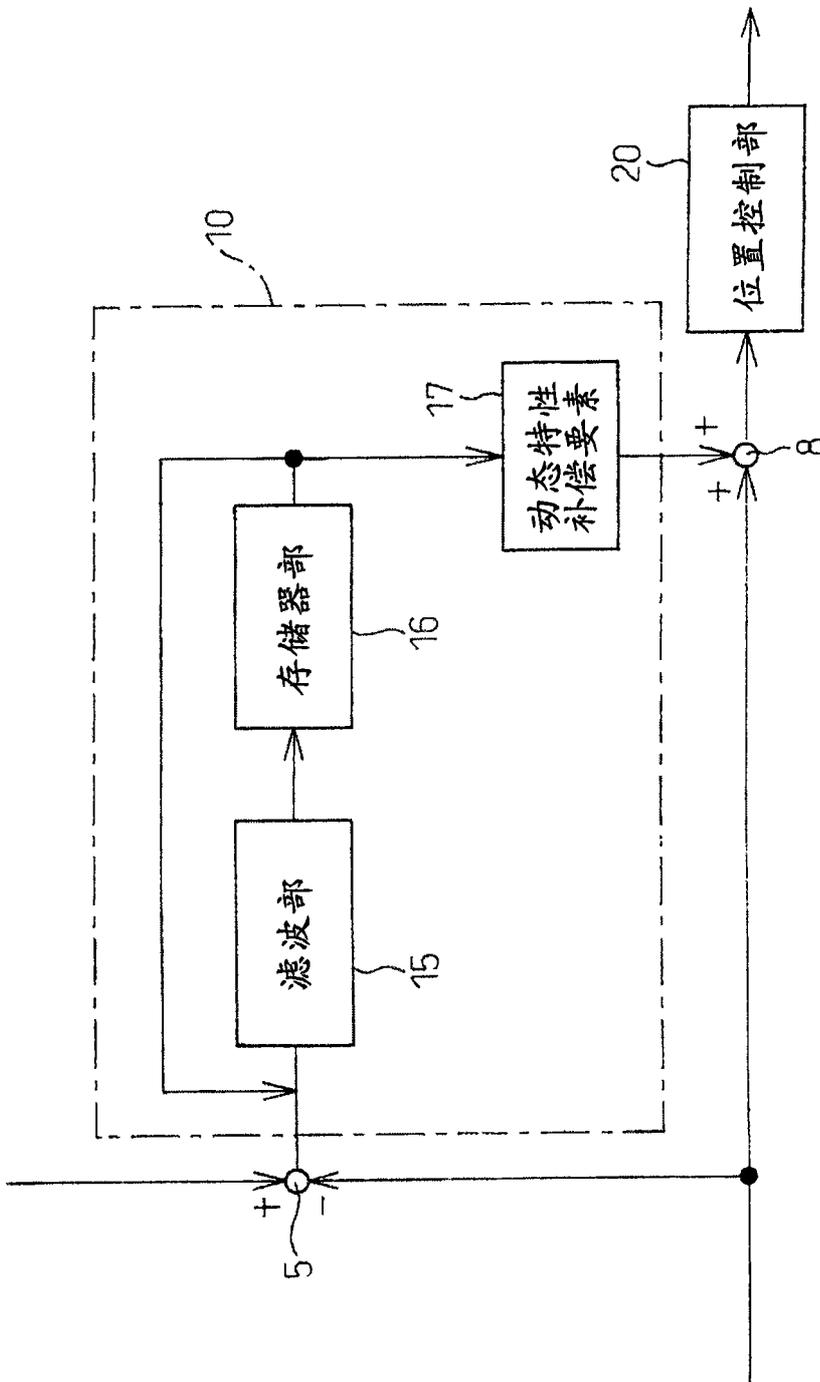


图 2

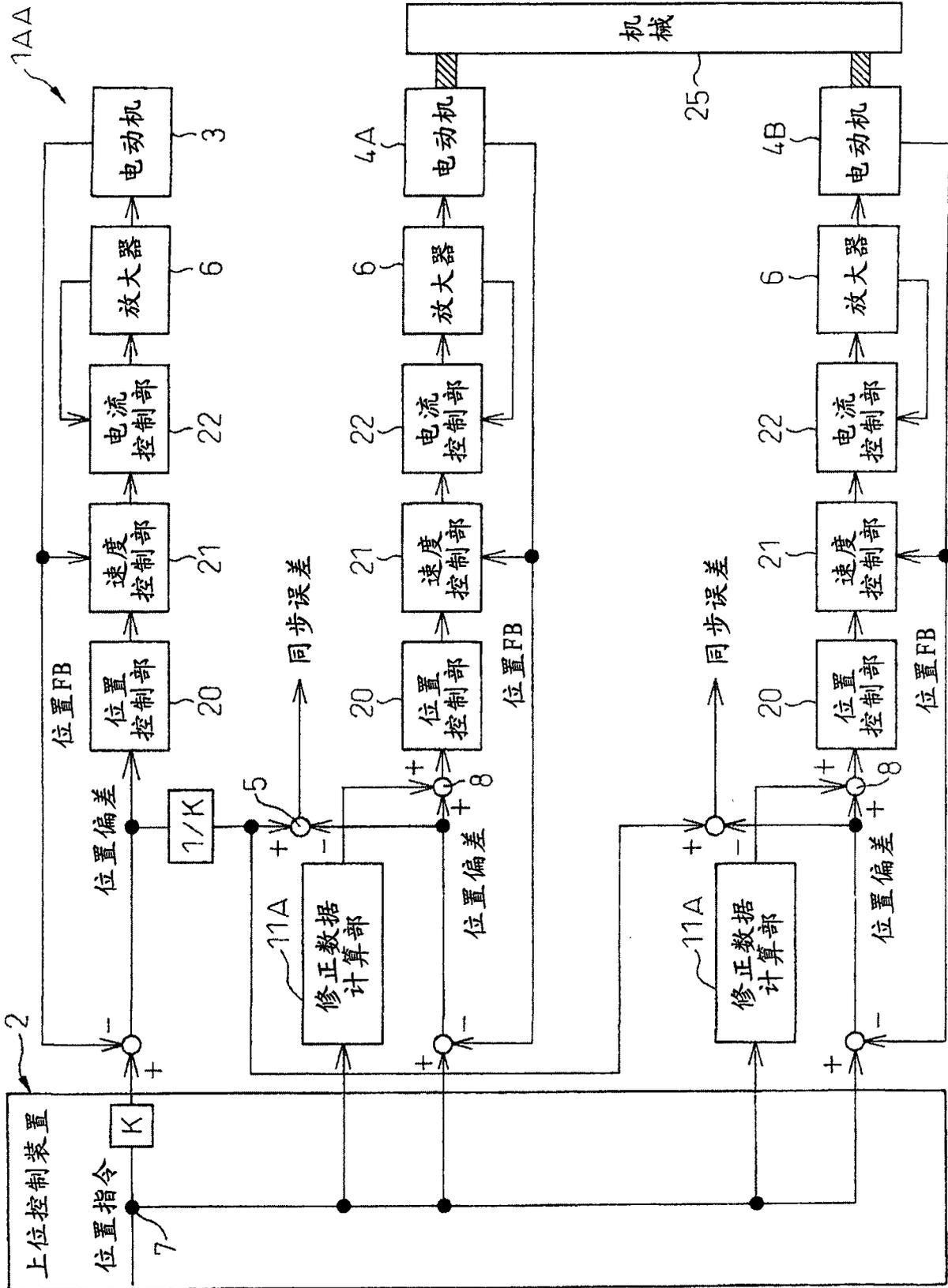


图 3

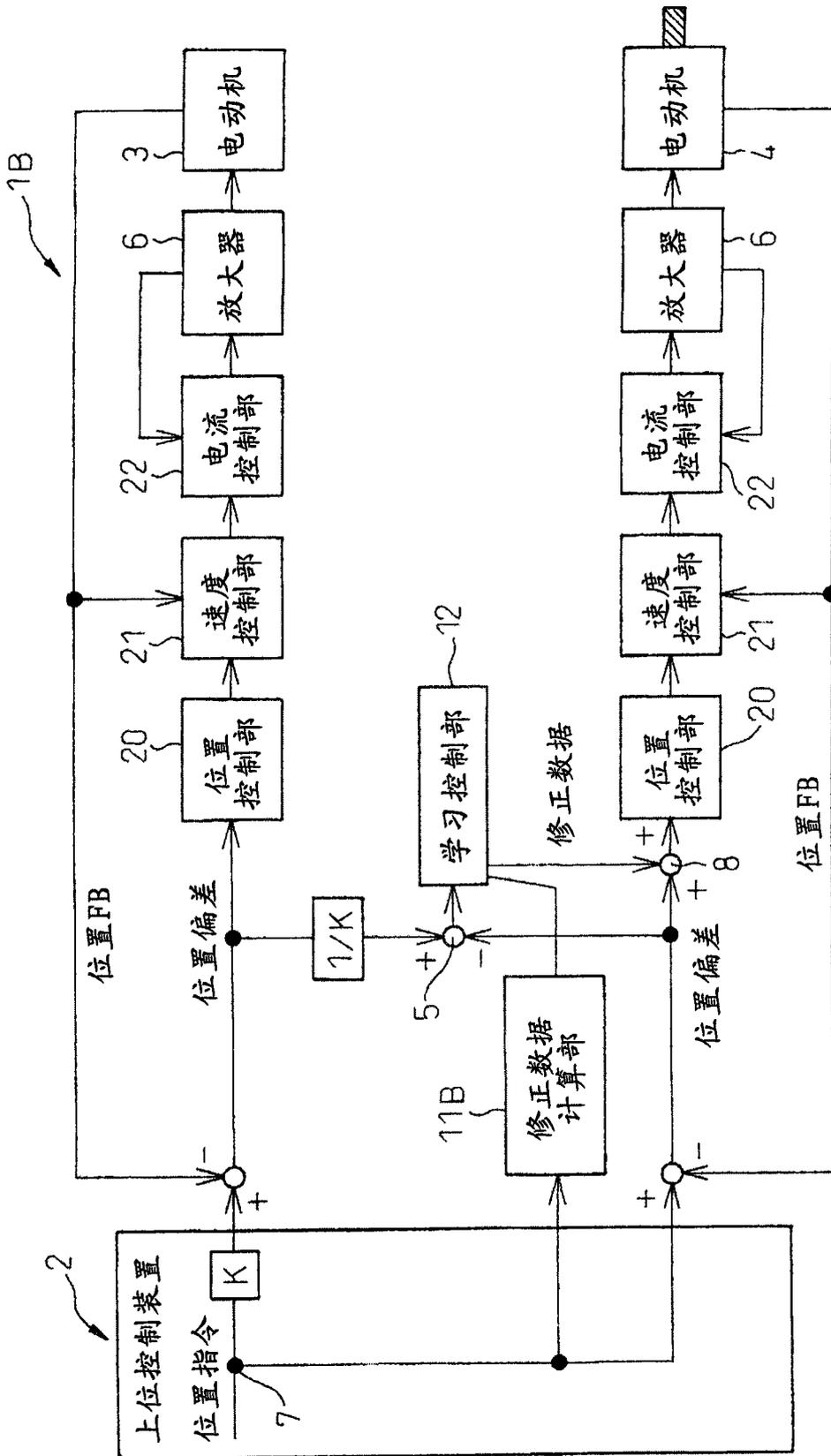


图 4

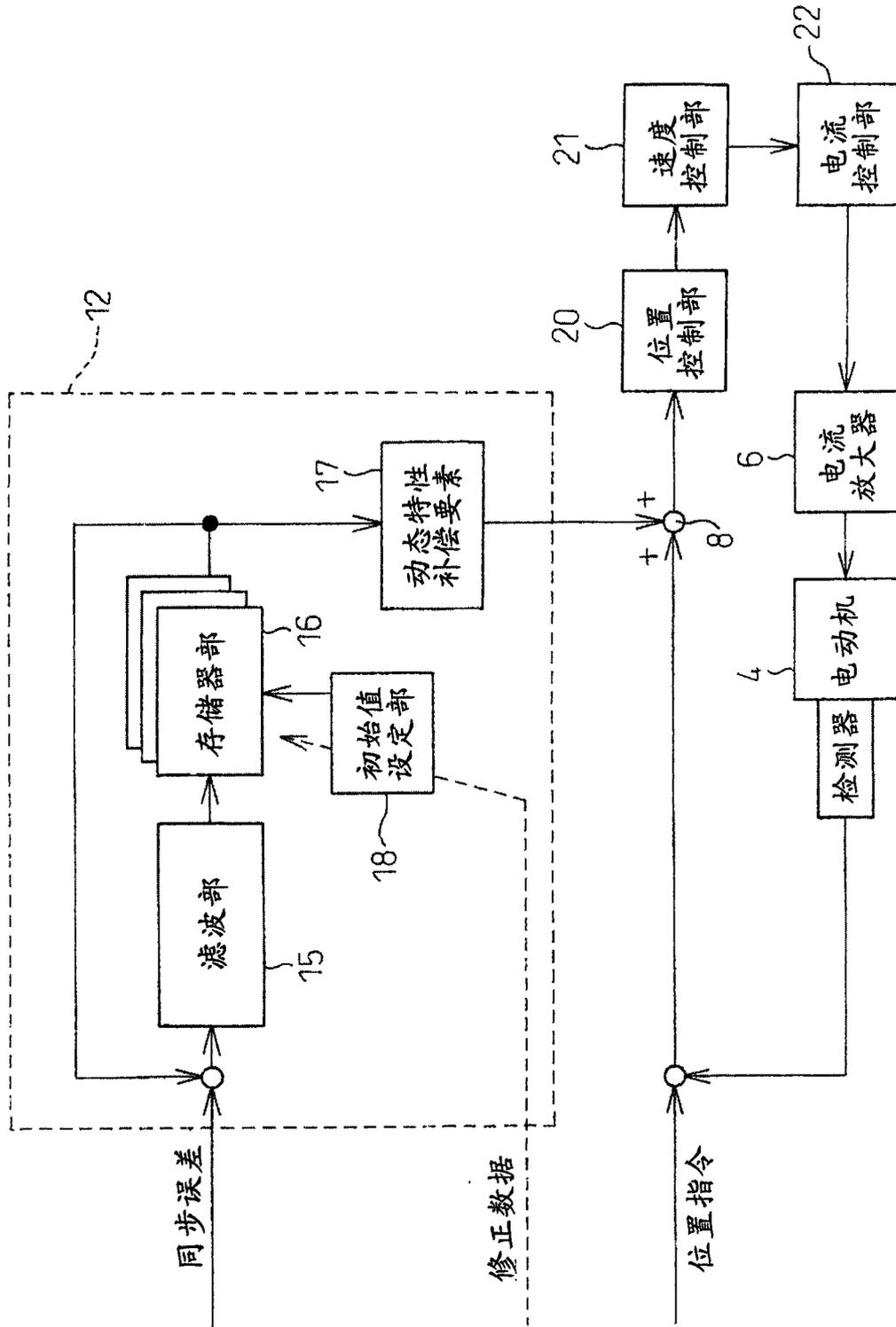


图 5

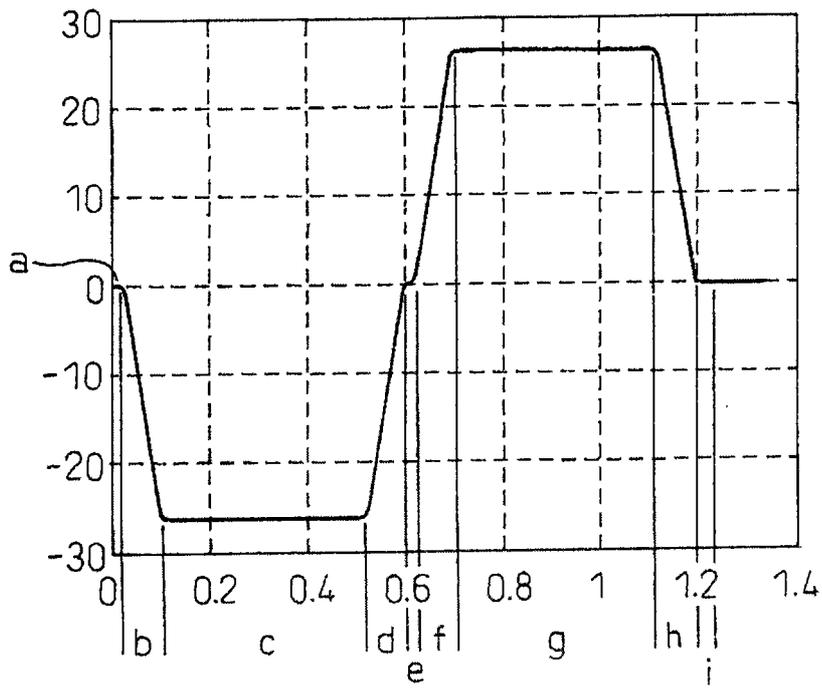


图 6

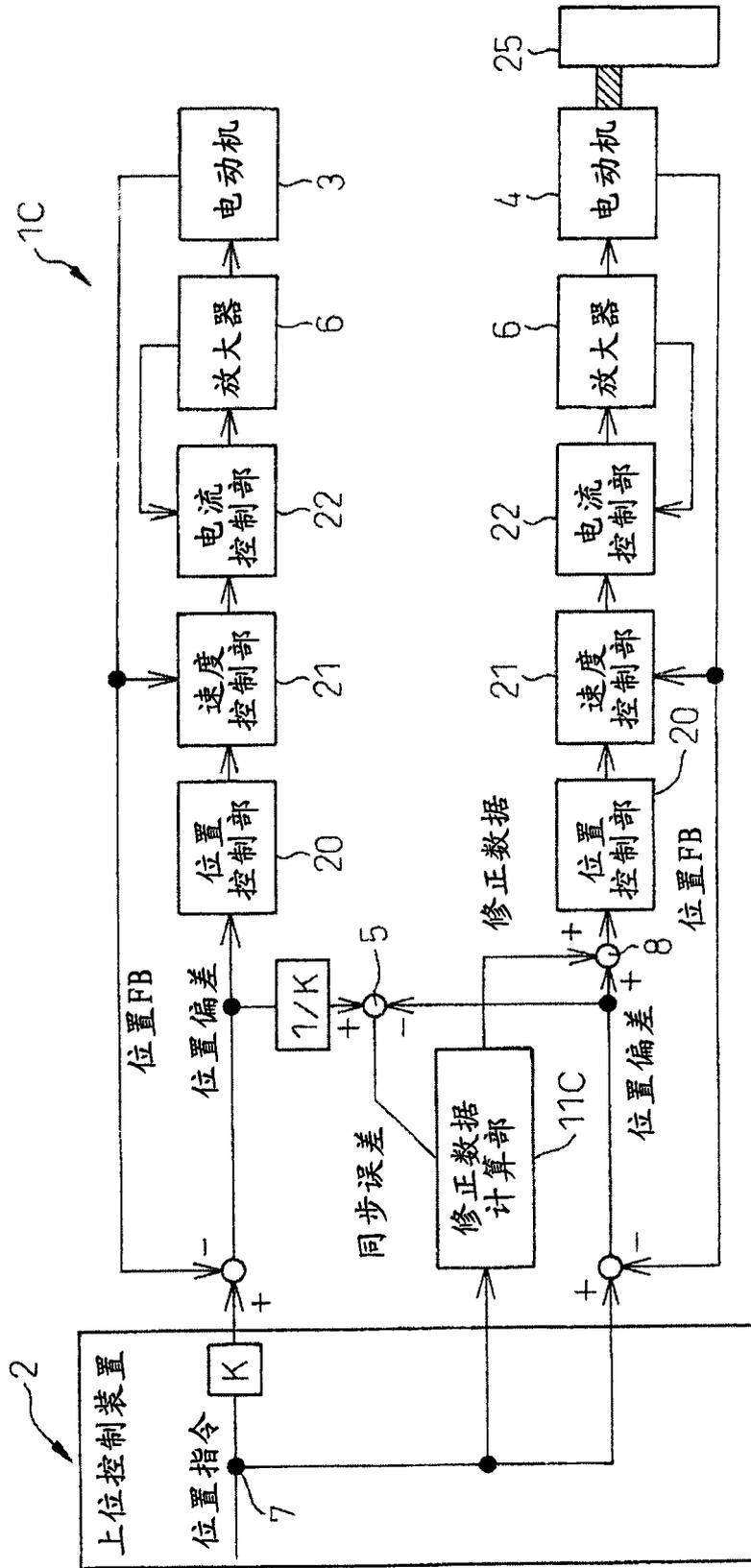


图 7

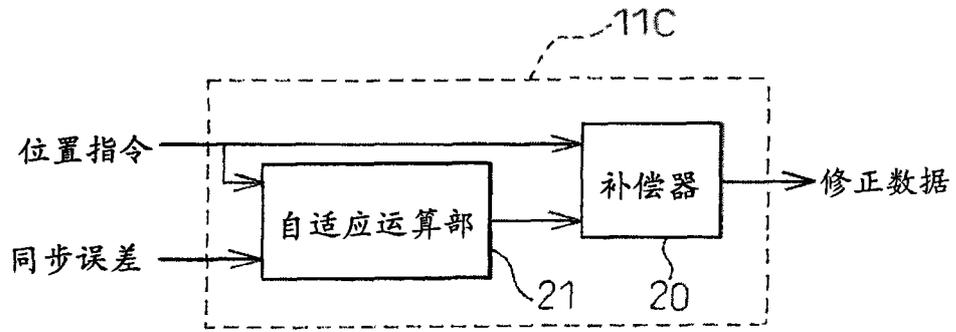


图 8

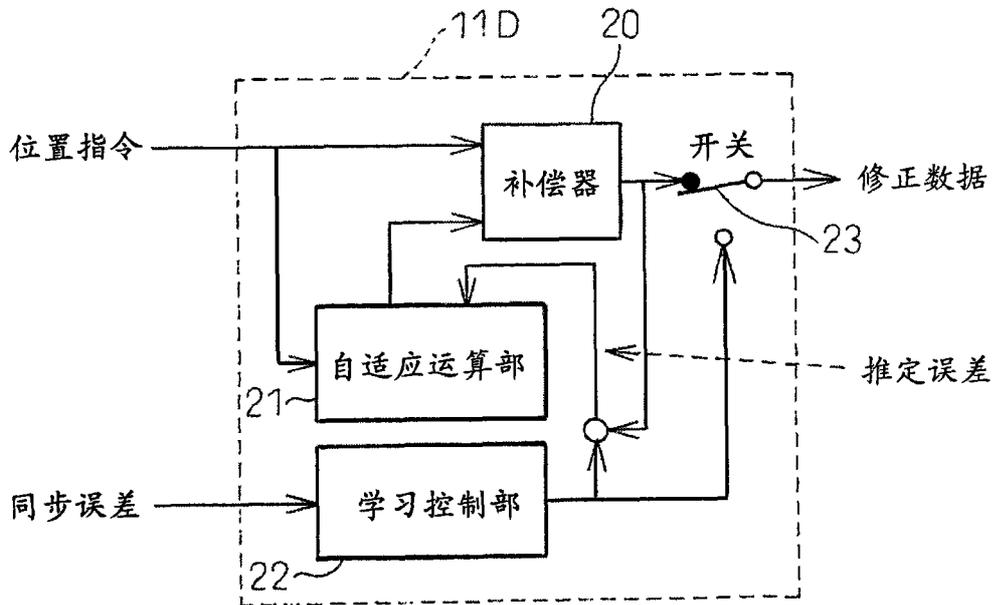


图 9

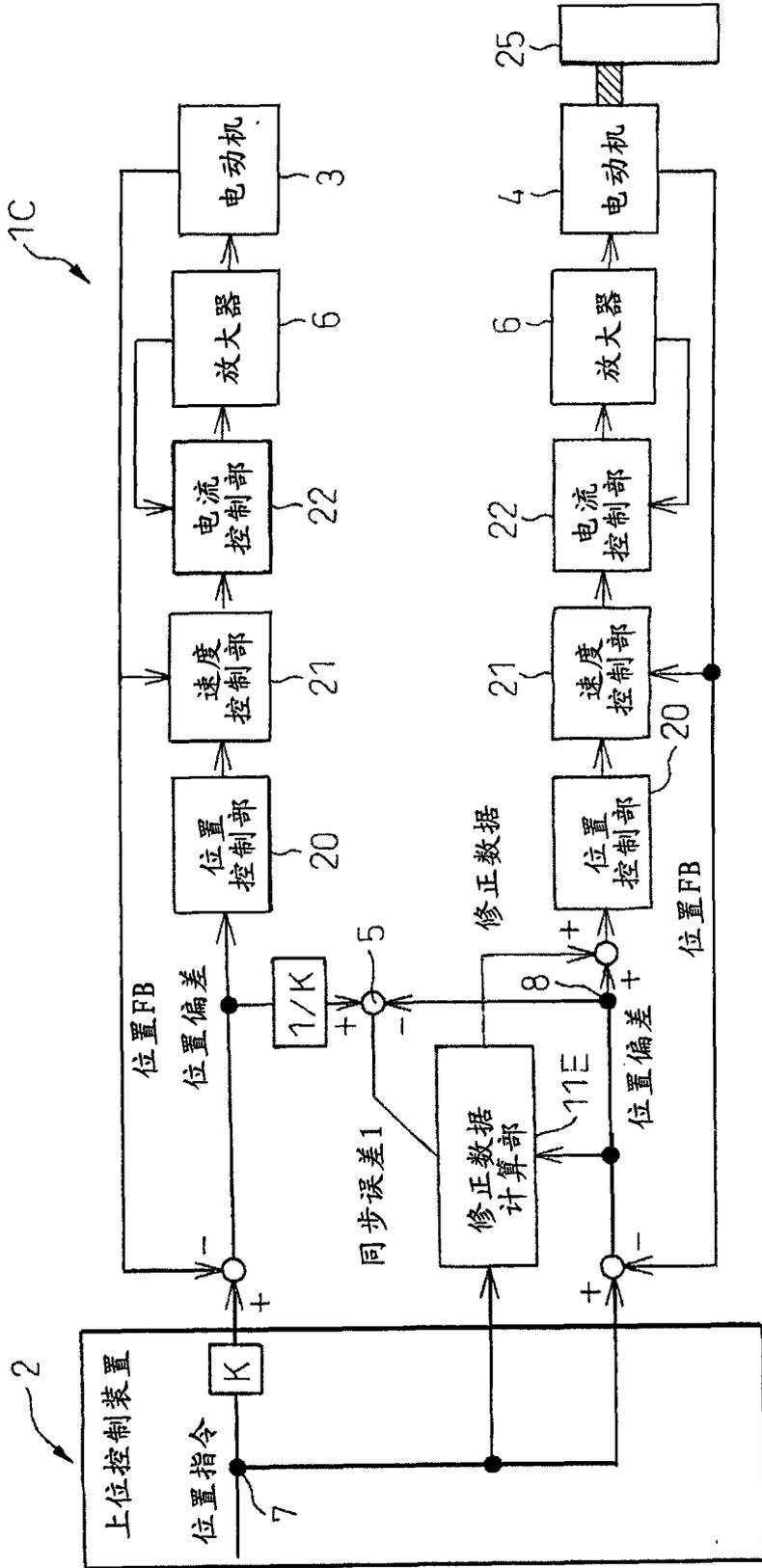


图 10

